

# Kalkulus 1 - letní semestr 2025–2026

## 3 Metrické prostory

### 3.1 Základní pojmy

**Definice.** Necht'  $X$  je množina a  $\varrho: X \times X \rightarrow [0, \infty)$  je funkce splňující následující tři podmínky:

- (a)  $\forall x, y \in X: \varrho(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$ ,
- (b)  $\forall x, y \in X: \varrho(x, y) = \varrho(y, x)$ ,
- (c)  $\forall x, y, z \in X: \varrho(x, z) \leq \varrho(x, y) + \varrho(y, z)$ .

Potom funkci  $\varrho$  nazýváme **metrikou** na  $X$  a dvojici  $(X, \varrho)$  nazýváme **metrickým prostorem**. Jsou-li  $x, y$  prvky množiny  $X$ , pak nezáporné číslo  $\varrho(x, y)$  nazýváme jejich **vzdáleností**.

### Příklady metrických prostorů

**Příklady.** 1. Definujme funkci  $\varrho$  na  $\mathbb{R} \times \mathbb{R}$  předpisem

$$\varrho(x, y) = |x - y|, \quad x, y \in \mathbb{R}.$$

V dalším textu budeme na metrickém prostoru  $\mathbb{R}$  vždy uvažovat metriku  $\varrho$ , pokud nebude výslovně řečeno jinak.

2. Necht'  $n \in \mathbb{N}$ . Na  $\mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n$  definujme

- $$\varrho_2(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2},$$

kde  $x = [x_1, \dots, x_n]$ ,  $y = [y_1, \dots, y_n]$ .

Funkci  $\varrho_2$  nazýváme **eukleidovskou metrikou** na  $\mathbb{R}^n$ . Pro  $n = 1$  splývá metrika  $\varrho_2$  na  $\mathbb{R}$  s metrikou  $|x - y|$ .

Pokud budeme pracovat s prostorem  $\mathbb{R}^n$ , budeme na něm vždy uvažovat metriku  $\varrho_2$ , nebude-li výslovně řečeno jinak.

- $$\varrho_1(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|, \tag{1}$$

kde  $x = [x_1, \dots, x_n]$  a  $y = [y_1, \dots, y_n]$ .

- Necht  $n \in \mathbb{N}$ . Definujme funkci  $\varrho_\infty$  na  $\mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^n$  předpisem

$$\varrho_\infty(x, y) = \max\{|x_i - y_i|; i \in \{1, \dots, n\}\}, \quad (2)$$

kde  $x = [x_1, \dots, x_n]$  a  $y = [y_1, \dots, y_n]$ .

3. Necht  $a, b \in \mathbb{R}$ ,  $a < b$ . Označme symbolem  $\mathcal{C}([a, b])$  množinu všech spojitých reálných funkcí definovaných na intervalu  $[a, b]$ .

Na  $\mathcal{C}([a, b]) \times \mathcal{C}([a, b])$  definujme

- 

$$\varrho_{\text{sup}}(f, g) = \sup_{x \in [a, b]} |f(x) - g(x)|.$$

Funkci  $\varrho_{\text{sup}}$  nazýváme **supremovou metrikou** na  $\mathcal{C}([a, b])$ .

- 

$$\varrho_{\text{int}}(f, g) = (R) \int_a^b |f(x) - g(x)| dx.$$

Funkci  $\varrho_{\text{int}}$  nazýváme **integrální metrikou** na  $\mathcal{C}([a, b])$ .

4. Necht  $X$  je libovolná množina. Definujme funkci  $\varrho_{\text{diskr}}: X \times X \rightarrow [0, \infty)$  předpisem

$$\varrho_{\text{diskr}}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{pokud } x \neq y, \\ 0, & \text{pokud } x = y. \end{cases}$$

Funkci  $\varrho_{\text{diskr}}$  nazýváme **diskrétní metrikou** na  $X$  a  $(X, \varrho_{\text{diskr}})$  **diskrétním metrickým prostorem**.

## Normované lineární prostory

**Poznámka** (vektorový prostor). Pro porozumění následující definici je třeba znát pojem **vektorového prostoru nad  $\mathbb{F}$** . **Vektorový prostor nad  $\mathbb{F}$**  chápeme jako trojici  $(X, +, \cdot)$ , kde  $X$  je množina,  $+$  je operace sčítání na  $X$  a  $\cdot$  je operace násobení prvků  $X$  prvky z  $\mathbb{F}$ . Nulový prvek budeme značit symbolem  $0$ .

**Definice.** Necht  $X$  je vektorový prostor nad  $\mathbb{F}$ . Zobrazení  $\|\cdot\|: X \rightarrow [0, \infty)$  nazýváme **normou** na  $X$ , jestliže jsou splněny následující tři podmínky:

- (a)  $\forall x \in X: \|x\| = 0 \Leftrightarrow x = 0$ ,
- (b)  $\forall x \in X \forall \lambda \in \mathbb{F}: \|\lambda x\| = |\lambda| \cdot \|x\|$ ,
- (c)  $\forall x, y \in X: \|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$ .

Dvojici  $(X, \|\cdot\|)$  pak nazýváme **normovaným lineárním prostorem** nad tělesem  $\mathbb{F}$ .

konec 18. přednášky (22. 4. 2026)

**Věta 3.1** (metrika a norma). *Necht  $(X, \|\cdot\|)$  je normovaný lineární prostor nad  $\mathbb{F}$ . Definujme zobrazení  $\varrho: X \times X \rightarrow [0, \infty)$  předpisem  $\varrho(x, y) = \|x - y\|$ . Potom  $\varrho$  je metrika na  $X$ .*

*Důkaz.* Necht  $x, y \in X$ . Potom zřejmě  $\varrho(x, y) \in [0, \infty)$ . Ověříme podmínky (a)—(c) z definice metriky. Rovnost  $\varrho(x, y) = 0$  nastává právě tehdy, když  $\|x - y\| = 0$ , což nastává právě tehdy, když  $x - y = 0$ , neboli  $x = y$ . Použijeme-li podmínku (b) z definice **normy** pro speciální volbu  $\lambda = -1$ , dostaneme

$$\begin{aligned}\varrho(x, y) &= \|x - y\| = \|(-1)(y - x)\| = |(-1)| \cdot \|y - x\| \\ &= \|y - x\| = \varrho(y, x),\end{aligned}$$

tedy podmínka (b) z definice metriky je splněna. Pro každé  $x, y, z \in X$  platí díky podmínce (c) z definice metriky

$$\begin{aligned}\varrho(x, z) &= \|x - z\| = \|(x - y) + (y - z)\| \leq \|x - y\| + \|y - z\| \\ &= \varrho(x, y) + \varrho(y, z).\end{aligned}$$

Ověřili jsme tedy i podmínku (c) z definice metriky. Tím je důkaz dokončen.  $\square$

**Příklady.** 1. Necht  $n \in \mathbb{N}$ . Sčítání prvků z  $\mathbb{R}^n$  je definováno po složkách, stejně tak násobení prvků z  $\mathbb{R}^n$  reálnými čísly. Pro  $x = [x_1, \dots, x_n] \in \mathbb{R}^n$ ,  $y = [y_1, \dots, y_n] \in \mathbb{R}^n$  a  $\alpha \in \mathbb{R}$  tedy klademe  $x + y = [x_1 + y_1, \dots, x_n + y_n]$  a  $\alpha x = [\alpha x_1, \dots, \alpha x_n]$ . Definujme funkci  $\|\cdot\|: \mathbb{R}^n \rightarrow [0, \infty)$  předpisem

$$\|x\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2},$$

kde  $x = [x_1, \dots, x_n]$ .

Funkci  $\|\cdot\|$  nazýváme **eukleidovskou normou na  $\mathbb{R}^n$** .

2. Necht  $a, b \in \mathbb{R}$ ,  $a < b$ . Množinu  $\mathcal{C}([a, b])$  opatříme obvyklým sčítáním funkcí a obvyklým násobením funkce reálným číslem. Definujme funkci  $\|\cdot\|_{\text{sup}}$  na  $\mathcal{C}([a, b])$  předpisem  $\|f\|_{\text{sup}} = \sup_{[a, b]} |f|$ . Pak  $(\mathcal{C}([a, b]), \|\cdot\|_{\text{sup}})$  je reálný normovaný lineární prostor.
3. Definujme  $\ell_\infty$  jako množinu všech omezených posloupností reálných čísel. Sčítání prvků z  $\ell_\infty$  je definováno po složkách, stejně tak násobení prvků z  $\ell_\infty$  reálnými čísly. Pro  $x = \{x_n\} \in \ell_\infty$ ,  $y = \{y_n\} \in \ell_\infty$  a  $\alpha \in \mathbb{R}$  tedy klademe  $x + y = \{x_n + y_n\}$  a  $\alpha x = \{\alpha x_n\}$ . Dále pro  $x = \{x_n\} \in \ell_\infty$  položme  $\|x\|_\infty = \sup\{|x_n|; n \in \mathbb{N}\}$ . Pak dvojice  $(\ell_\infty, \|\cdot\|_\infty)$  tvoří reálný normovaný lineární prostor.
4. Definujme  $c_0$  jako množinu všech posloupností reálných čísel  $\{x_n\}_{n=1}^\infty$  splňující  $\lim x_n = 0$ . Sčítání prvků z  $c_0$  je definováno po složkách, stejně tak násobení prvků z  $c_0$  reálnými čísly. Pro  $x = \{x_n\} \in c_0$ ,  $y = \{y_n\} \in c_0$  a  $\alpha \in \mathbb{R}$  tedy klademe  $x + y = \{x_n + y_n\}$  a  $\alpha x = \{\alpha x_n\}$ . Dále pro  $x = \{x_n\} \in c_0$  položme  $\|x\|_\infty = \sup\{|x_n|; n \in \mathbb{N}\}$ . Pak dvojice  $(c_0, \|\cdot\|_\infty)$  tvoří reálný normovaný lineární prostor.

### Podprostor, otevřená koule a diametr

**Definice.** Necht  $(X, \varrho)$  je metrický prostor a  $M \subset X$ . Potom dvojici  $(M, \varrho|_{M \times M})$  nazýváme **metrickým podprostorem** metrického prostoru  $(X, \varrho)$ . Metriku  $\varrho|_{M \times M}$  na prostoru  $M$  nazýváme **indukovanou** nebo též **zděděnou** metrikou z prostoru  $(X, \varrho)$  a značíme ji opět pouze symbolem  $\varrho$ .

**Definice.** Necht'  $(X, \varrho)$  je metrický prostor,  $x \in X$  a  $r > 0$ . Potom množinu  $B(x, r)$  definovanou předpisem

$$B(x, r) = \{y \in X; \varrho(x, y) < r\}$$

nazýváme **otevřenou koulí se středem  $x$  a poloměrem  $r$** .

**Definice.** Necht'  $(X, \varrho)$  je metrický prostor. **Diametr prostoru  $X$**  definujeme předpisem

$$\text{diam } X = \sup\{\varrho(x, y); x, y \in X\},$$

pokud je  $X$  neprázdný, a klademe  $\text{diam } \emptyset = 0$ . **Diametrem množiny  $A \subset X$**  rozumíme diametr metrického prostoru  $(A, \varrho)$ .

**Definice.** Řekneme, že metrický prostor  $X$  je **omezený**, jestliže platí  $\text{diam } X < \infty$ . Řekneme, že podmnožina  $A$  prostoru  $X$  je **omezená**, jestliže je metrický prostor  $(A, \varrho)$  omezený.

### 3.2 Konvergence v metrických prostorech

**Definice.** Necht'  $(X, \varrho)$  je metrický prostor. Řekneme, že posloupnost  $\{x_n\}$  prvků  $X$  **konverguje** k prvku  $x \in X$  v prostoru  $(X, \varrho)$ , jestliže platí  $\lim_{n \rightarrow \infty} \varrho(x_n, x) = 0$ . Prvek  $x$  nazýváme **limitou posloupnosti  $\{x_n\}$  v  $(X, \varrho)$** . **Konvergentní posloupností v  $(X, \varrho)$**  rozumíme posloupnost, která má limitu v  $(X, \varrho)$ .

konec 19. přednášky (24. 4. 2026)

**Definice.** Necht'  $\{x_n\}$  je posloupnost prvků metrického prostoru  $(X, \varrho)$ . Jestliže  $\{n_k\}_{k=1}^{\infty}$  je rostoucí posloupnost přirozených čísel, pak říkáme, že  $\{x_{n_k}\}_{k=1}^{\infty}$  je **podposloupnost** posloupnosti  $\{x_n\}$ , případně **vybranou posloupností**, z posloupnosti  $\{x_n\}$ .

**Věta 3.2** (vlastnosti konvergence). *Necht'  $(X, \varrho)$  je metrický prostor a  $\{x_n\}$  je posloupnost prvků  $X$ .*

- (a) *Pak má posloupnost  $\{x_n\}$  v  $(X, \varrho)$  nejvýše jednu limitu.*
- (b) *Necht'  $\{x_{n_k}\}$  je vybraná posloupnost z posloupnosti  $\{x_n\}$ . Jestliže  $x \in X$  je limitou posloupnosti  $\{x_n\}$  v  $(X, \varrho)$ , pak  $x$  je také limitou posloupnosti  $\{x_{n_k}\}$ .*

*Důkaz.* Bez Dk. □

**Příklad.** Necht'  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  je posloupnost prvků z  $\mathbb{R}^d$  a  $y \in \mathbb{R}^d$ . Potom platí  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = y$  právě tehdy, když pro každé  $i \in \{1, \dots, d\}$  platí  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n^i = y^i$ .

### 3.3 Topologické pojmy v metrických prostorech

**Definice.** Necht'  $(X, \varrho)$  je metrický prostor,  $M \subset X$  a  $x \in X$ . Řekneme, že  $x$  je **vnitřním bodem** množiny  $M$ , jestliže existuje  $r > 0$  takové, že  $B(x, r) \subset M$ . Množinu všech vnitřních bodů množiny  $M$  nazýváme **vnitřkem** množiny  $M$  a označujeme symbolem  $\text{Int } M$  podle latinského slova interior (vnitřek).

Řekneme, že množina  $M$  je **otevřená** v  $(X, \varrho)$ , jestliže každý její bod je jejím vnitřním bodem.

**Věta 3.3** (vlastnosti otevřených množin). *Nechť  $(X, \rho)$  je metrický prostor.*

- (a) *Prázdná množina a  $X$  jsou otevřené množiny v  $(X, \rho)$ .*
- (b) *Nechť  $\mathcal{G}$  je systém otevřených množin v  $(X, \rho)$ . Potom je množina  $\bigcup \mathcal{G}$  otevřená v  $(X, \rho)$ .*
- (c) *Nechť  $m \in \mathbb{N}$ . Předpokládejme, že množiny  $G_1, \dots, G_m$  jsou otevřené v  $(X, \rho)$ . Potom je množina  $\bigcap_{i=1}^m G_i$  otevřená v  $(X, \rho)$ .*

*Důkaz.* (a) Tvrzení plyne bezprostředně z definice otevřené množiny.

(b) Předpokládejme, že  $x \in \bigcup \mathcal{G}$ . Nalezneme  $G \in \mathcal{G}$  takovou, že  $x \in G$ . Protože  $G$  je otevřená množina, nalezneme  $r > 0$  takové, že  $B(x, r) \subset G$ . Tedy  $B(x, r) \subset \bigcup \mathcal{G}$ . Odtud plyne, že  $\bigcup \mathcal{G}$  je otevřená množina.

(c) Nechť  $x \in \bigcap_{i=1}^m G_i$ . Potom  $x \in G_i$  pro každé  $i \in \{1, \dots, m\}$ . Pro každé  $i \in \{1, \dots, m\}$  je množina  $G_i$  otevřená, tedy existuje  $r_i > 0$  takové, že  $B(x, r_i) \subset G_i$ . Položme  $r = \min\{r_i; i \in \{1, \dots, m\}\}$ . Potom zřejmě platí  $B(x, r) \subset B(x, r_i)$  pro každé  $i \in \{1, \dots, m\}$ , a tedy  $B(x, r) \subset G_i$ , takže  $B(x, r) \subset \bigcap_{i=1}^m G_i$ . Množina  $\bigcap_{i=1}^m G_i$  je tudíž otevřená.  $\square$

**Poznámka.** V tvrzení Věty 3.3(c) je důležité, že počet množin, které pronikáme, je konečný. Pro nekonečný systém otevřených množin obdobné tvrzení neplatí, tj. průnik nekonečně mnoha otevřených množin nemusí být otevřenou množinou. Příkladem je prostor  $\mathbb{R}$ , kde pro  $n \in \mathbb{N}$  definujeme  $G_n = (0, 1 + \frac{1}{n})$ . Potom je pro každé  $n \in \mathbb{N}$  množina  $G_n$  otevřená, ale  $\bigcap_{n=1}^{\infty} G_n = (0, 1]$ , což není otevřená množina.

**Definice.** Nechť  $(X, \rho)$  je metrický prostor a  $M \subset X$ . Řekneme, že množina  $M$  je **uzavřená** v  $(X, \rho)$ , jestliže pro každou konvergentní posloupnost  $\{x_n\}$  prvků množiny  $M$  je limita této posloupnosti prvkem  $M$ .

**Věta 3.4** (vlastnosti uzavřených množin). *Nechť  $(X, \rho)$  je metrický prostor.*

- (a) *Prázdná množina a celý prostor  $X$  jsou uzavřené množiny v  $(X, \rho)$ .*
- (b) *Nechť  $\mathcal{F}$  je neprázdný systém uzavřených množin. Potom je množina  $\bigcap \mathcal{F}$  uzavřená v  $(X, \rho)$ .*
- (c) *Nechť  $m \in \mathbb{N}$ . Předpokládejme, že množiny  $F_1, \dots, F_m$  jsou uzavřené. Potom je množina  $\bigcup_{i=1}^m F_i$  uzavřená v  $(X, \rho)$ .*

*Důkaz.* **Bez Dk.**  $\square$

**Poznámka.** V tvrzení (c) Věty 3.4 je důležité, že systém množin, které sjednocujeme, je konečný. Bez tohoto předpokladu obdobné tvrzení neplatí. Uvažujme množiny  $F_n = [\frac{1}{n}, 1]$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Potom  $\bigcup_{n=1}^{\infty} [\frac{1}{n}, 1] = (0, 1]$ . Každá z množin  $F_n$  je uzavřená, ale množina  $\bigcup_{n=1}^{\infty} [\frac{1}{n}, 1]$  není uzavřená.

**konec 20. přednášky (29. 4. 2026)**

**Věta 3.5** (vztah otevřených a uzavřených množin). *Nechť  $(X, \rho)$  je metrický prostor a  $M \subset X$ . Potom množina  $M$  je otevřená právě tehdy, když  $X \setminus M$  je uzavřená.*

*Důkaz.* Bez Dk. □

**Věta 3.6** (otevřené podmnožiny  $\mathbb{R}$ ). *Množina  $G \subset \mathbb{R}$  je otevřená právě tehdy, když  $G$  je spočetným disjunktivním sjednocením otevřených intervalů.*

*Důkaz.* Bez Dk. □

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  je metrický prostor,  $M \subset X$  a  $x \in X$ . Řekneme, že  $x$  je **hraničním bodem** množiny  $M$ , jestliže pro každé  $r > 0$  platí  $B(x, r) \cap M \neq \emptyset$  a  $B(x, r) \cap (X \setminus M) \neq \emptyset$ . Množinu všech hraničních bodů množiny  $M$  nazýváme **hranicí** množiny  $M$  a značíme ji  $\partial M$ .

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  je metrický prostor a  $M \subset X$ . Označme  $\overline{M} = M \cup \partial M$ . Potom množinu  $\overline{M}$  nazýváme **uzávěrem** množiny  $M$  v prostoru  $(X, \rho)$ .

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  je metrický prostor,  $M \subset X$  a  $a \in X$ . Řekneme, že  $a$  je **hromadným bodem množiny  $M$** , jestliže pro každé  $\varepsilon > 0$  platí

$$M \cap (B(a, \varepsilon) \setminus \{a\}) \neq \emptyset.$$

Množinu všech hromadných bodů množiny  $M$  nazýváme **derivací množiny  $M$**  a značíme ji symbolem  $M'$ . Řekneme, že  $a$  je **izolovaným bodem množiny  $M$** , jestliže  $a \in M \setminus M'$ .

### Spojitosť zobrazení

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  a  $(Q, \sigma)$  jsou metrické prostory,  $f$  je zobrazení z  $X$  do  $Q$ ,  $a \in X$  a  $M \subset X$ . Řekneme, že zobrazení  $f$  je

(a) **spojité v bodě  $a$  vzhledem k množině  $M$** , jestliže  $a \in M$  a platí

$$\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in M: (\rho(x, a) < \delta \Rightarrow \sigma(f(x), f(a)) < \varepsilon), \quad (3)$$

(b) **spojité v bodě  $a$** , jestliže je spojitě v  $a$  vzhledem k  $X$ ,

(c) **spojité na množině  $M$** , jestliže je spojitě v každém bodě  $x \in M$  vzhledem k  $M$ ,

(d) **spojité**, jestliže je spojitě na  $X$ .

**Příklad.** Necht  $i, n \in \mathbb{N}$ ,  $i \leq n$ , a  $\pi_i: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  je zobrazení definované předpisem  $\pi_i(x) = x_i$ . Pak  $\pi_i$  je spojitě.

**Věta 3.7** (charakterizace spojitosti). *Necht  $(X, \rho)$  a  $(Q, \sigma)$  jsou metrické prostory a  $f: X \rightarrow Q$ . Potom jsou následující tři výroky ekvivalentní.*

(i) Zobrazení  $f$  je spojitě na  $X$ .

(ii) Pro každou množinu  $G$  otevřenou v  $Q$  je množina  $f^{-1}(G)$  otevřená v  $X$ .

(iii) Pro každou množinu  $F$  uzavřenou v  $Q$  je množina  $f^{-1}(F)$  uzavřená v  $X$ .

*Důkaz.* Bez Dk. □

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  a  $(Q, \sigma)$  jsou metrické prostory a  $f: X \rightarrow Q$  je zobrazení. Řekneme, že  $f$  je **lipschitzovské**, jestliže existuje  $K > 0$  takové, že pro každá  $x, y \in X$  platí

$$\sigma(f(x), f(y)) \leq K \rho(x, y).$$

~~Řekneme, že  $f$  je **stejněměrně spojitě**, jestliže~~

$$\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x, y \in X, \rho(x, y) \leq \delta \Rightarrow \sigma(f(x), f(y)) < \varepsilon.$$

**Věta 3.8** (lipschitzovské a stejněměrně spojitě zobrazení). ~~Neht  $(X, \rho)$  a  $(Q, \sigma)$  jsou metrické prostory a  $f: X \rightarrow Q$  je lipschitzovské zobrazení. Potom je  $f$  stejněměrně spojitě.~~

*Důkaz.* ~~Zvolme  $\varepsilon > 0$  a položme  $\delta = \frac{\varepsilon}{K}$ .~~ □

**Poznámka.** ~~Ne každé stejněměrně spojitě zobrazení je lipschitzovské. Příkladem je funkce  $f(x) = \sqrt{x}$  na  $[0, 1]$ . Ta je spojitá, a tedy stejněměrně spojitá na  $[0, 1]$ , není ale lipschitzovská.~~

### Limita zobrazení

**Definice.** Necht  $(X, \rho)$  a  $(Q, \sigma)$  jsou metrické prostory,  $f$  je zobrazení z  $X$  do  $Q$ ,  $A \subset X$ ,  $a \in A$  a  $b \in Q$ . Řekneme, že zobrazení  $f$  **má v bodě  $a$  limitu  $b$  vzhledem k množině  $A$** , jestliže platí

$$\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in A: (0 < \rho(x, a) < \delta \Rightarrow \sigma(f(x), b) < \varepsilon).$$

~~Jestliže  $A = X$ , pak říkáme, že  $f$  **má v bodě  $a$  limitu  $b$** .~~

konec 21. přednášky (6. 5. 2026)

## Obsah

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>3</b> | <b>Metrické prostory</b>                            | <b>1</b> |
| 3.1      | Základní pojmy . . . . .                            | 1        |
| 3.2      | Konvergence v metrických prostorech . . . . .       | 4        |
| 3.3      | Topologické pojmy v metrických prostorech . . . . . | 4        |