

KAPITOLA 2: Funkce - úvod

reálná funkce (jedné) reálné proměnné ... $f : A \rightarrow \mathbb{R}$...

... zobrazení množiny $A \subset \mathbb{R}$ do množiny reálných čísel \mathbb{R}

funkční hodnota ... $y = f(x)$ (x – argument)

(tj. reálná funkce $f : A \rightarrow \mathbb{R}$ je „předpis“, který každému číslu x z množiny A přiřazuje právě jedno reálné číslo $y = f(x)$)

definiční obor ... $D(f) (= A)$

(není-li výslovně uveden, bereme za $D(f)$ největší množinu, na níž má daný předpis smysl - tzv. *maximální definiční obor*)

obor hodnot ... $H(f) = \{y \in \mathbb{R} \mid y = f(x) \text{ pro nějaké } x \in A\}$

$D(g) = A_1 \subset D(f) = A_2, \quad f(x) = g(x) \quad \forall x \in D(g) \quad \dots \quad \begin{cases} g & - \text{zúžení funkce } f ((z A_2) \text{ na } A_1), \\ f & - \text{rozšíření funkce } g ((z A_1) \text{ na } A_2) \end{cases}$

Příklady: 1) $D(f) = \mathbb{N}$... posloupnost (více o posloupnostech bude v kapitole 13)

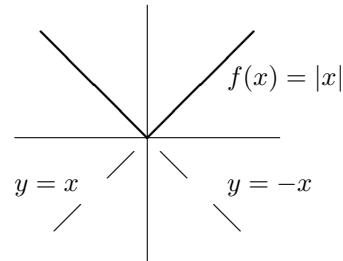
2) $f(x) = a$ ($\in \mathbb{R}$), $D(f) = \mathbb{R}$... konstantní funkce

3) $f(x) = \sin x$... $D(f) = \mathbb{R}; \quad g(x) = \sin x, \quad x \in \langle -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \rangle \quad \dots \quad D(g) = \langle -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \rangle$
 g – zúžení funkce f , f – rozšíření funkce g

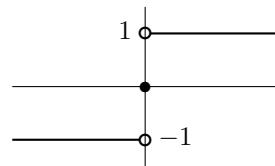
4) $f(x) = \operatorname{sgn} x = \begin{cases} -1 & \text{pro } x < 0 \\ 0 & \text{pro } x = 0 \\ 1 & \text{pro } x > 0 \end{cases} \quad \dots \quad \text{signum (znaménko)}$

graf funkce f ... $\{(x, f(x)) \mid x \in D(f)\}$

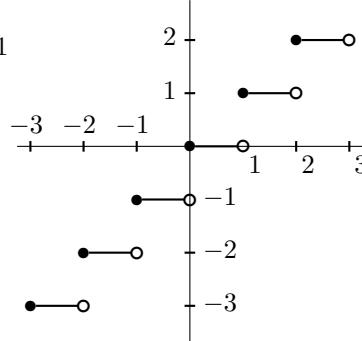
Příklady: 1) $f(x) = |x|$ ($x \geq 0 : f(x) = x; \quad x \leq 0 : f(x) = -x$)



2) $f(x) = \operatorname{sgn} x$



3) $f(x) = [x]$



$f \leq g$ na M ... $M \subset D(f) \cap D(g)$ a $f(x) \leq g(x) \quad \forall x \in M$ (analogicky ostatní nerovnosti)

Operace s funkcemi

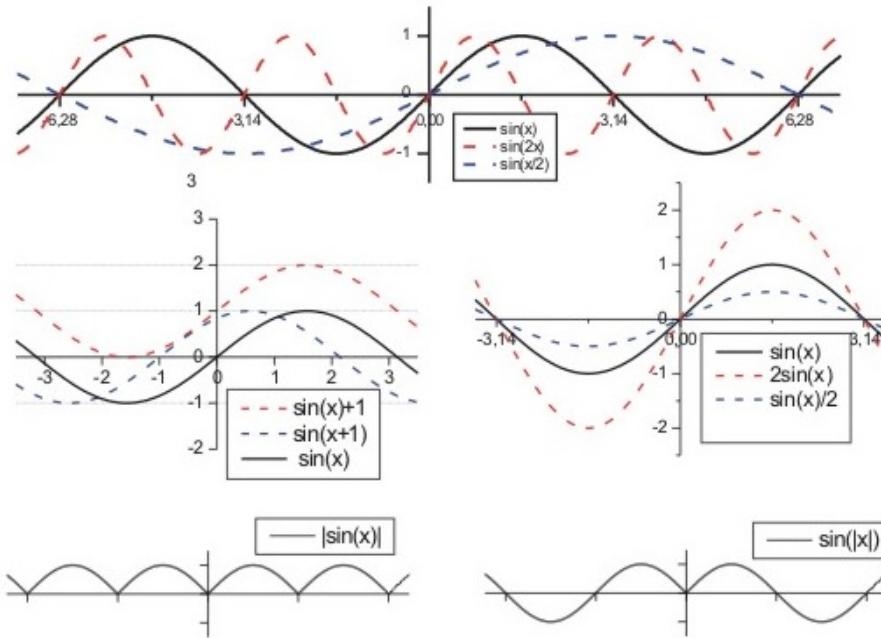
	h	$h(x)$	$D(h)$
součet	$f + g$	$f(x) + g(x)$	$D(f) \cap D(g)$
rozdíl	$f - g$	$f(x) - g(x)$	$D(f) \cap D(g)$
součin	$f \cdot g$	$f(x) \cdot g(x)$	$D(f) \cap D(g)$
podíl	$\frac{f}{g}$	$\frac{f(x)}{g(x)}$	$(D(f) \cap D(g)) \setminus \{x \mid g(x) = 0\}$
násobek ($a \in \mathbb{R}$)	$a \cdot f$	$a \cdot f(x)$	$D(f)$

složená funkce ... $h = g \circ f$... $h(x) = g(f(x))$... f – vnitřní funkce, g – vnější funkce

(musí platit $H(f) \subset D(g)$, proto u f někdy neuvažujeme maximální definiční obor)

vliv skládání na změnu grafu funkce ... zde je pro ilustraci pár obrázků, více viz skripta [JT-DIP] str. 28, Věta 3.31

(z technických důvodů jsou v obrázcích znázorněny násobky čísla 3, 14 místo násobků čísla π)



2.1 Vlastnosti funkcí

prostá funkce ... $f(x_1) \neq f(x_2)$ pro $x_1 \neq x_2$ (tj. $f(x_1) = f(x_2) \Rightarrow x_1 = x_2$)

inverzní funkce ... $f^{-1}(x) = y \Leftrightarrow f(y) = x$... $D(f^{-1}) = H(f)$ (f musí být prostá)

Definice:

Řekneme, že funkce f je na množině $A \subset D(f)$

omezená, jestliže existuje $S \in \mathbb{R}$ tak, že pro všechna $x \in A$ platí: $|f(x)| \leq S$,

zdola omezená, jestliže existuje $L \in \mathbb{R}$ tak, že pro všechna $x \in A$ platí: $L \leq f(x)$,

shora omezená, jestliže existuje $K \in \mathbb{R}$ tak, že pro všechna $x \in A$ platí: $f(x) \leq K$.

(Je-li $A = D(f)$, vynecháváme v názvu: „na množině A “. Podobně i u dalších pojmu.)

Poznámka: Funkce je na množině A omezená, právě když je na ní omezená zdola i shora. Funkce je omezená právě tehdy, když je její obor hodnot omezená množina (analogicky funkce omezené z jedné strany).

Příklad 2.1: Funkce $f(x) = \frac{1}{x^2 + 1}$ je omezená. Pro každé $x \in \mathbb{R} = D(f)$ totiž platí např. $0 \leq \frac{1}{x^2+1} \leq 1$ nebo také $|f(x)| \leq 1$.

Definice:

Řekneme, že funkce f je na množině $A \subset D(f)$

neklesající, jestliže $f(x_1) \leq f(x_2)$ $\forall x_1, x_2 \in A$, $x_1 < x_2$,

nerostoucí, jestliže $f(x_1) \geq f(x_2)$ $\forall x_1, x_2 \in A$, $x_1 < x_2$,

monotonní, je-li na A neklesající nebo nerostoucí,

rostoucí, jestliže $f(x_1) < f(x_2)$ $\forall x_1, x_2 \in A$, $x_1 < x_2$,

klesající, jestliže $f(x_1) > f(x_2)$ $\forall x_1, x_2 \in A$, $x_1 < x_2$,

ryze monotonní, je-li na A rostoucí nebo klesající.

Poznámka: Každá funkce rostoucí na A je na A neklesající, každá funkce klesající na A je na A nerostoucí, a tedy každá funkce ryze monotonní na A je na A monotonní. Zřejmě žádná funkce není na jedné množině rostoucí a klesající zároveň, nerostoucí a zároveň neklesající jsou jen konstantní funkce.

Platí: Pokud je funkce f ryze monotonní na $D(f)$, pak je prostá a existuje k ní inverzní funkce f_{-1} . Funkce f_{-1} má přitom stejný typ monotonie jako f . Abychom si to ověřili, uvažujme např. funkci f , která je klesající (pro rostoucí funkci bychom postupovali analogicky), a libovolnou dvojici různých čísel $u_1, u_2 \in D(f_{-1})$. Označíme-li $f_{-1}(u_1) = v_1$, $f_{-1}(u_2) = v_2$, pak z definice inverzní funkce máme $v_1, v_2 \in D(f)$ a $f(v_1) = u_1, f(v_2) = u_2$. Funkce f je klesající, tedy rozdíly $v_2 - v_1$ a $f(v_2) - f(v_1)$ mají různá znaménka. Protože $(f(v_1) - f(v_2))(v_1 - v_2) = (u_1 - u_2)(f_{-1}(u_1) - f_{-1}(u_2))$, mají různá znaménka i rozdíly $u_2 - u_1$ a $f(u_1) - f(u_2)$. Takže funkce f_{-1} je také klesající.

Příklady: 1) Funkce $f(x) = [x]$ je neklesající na celém svém $D(f) = \mathbb{R}$, je ale také rostoucí např. na \mathbb{Z} (protože $f(k) = k$ pro $k \in \mathbb{Z}$) nebo na $\{k + \frac{1}{2} \mid k \in \mathbb{Z}\}$ (neboť $f(k + \frac{1}{2}) = k$ pro $k \in \mathbb{Z}$).

2) Funkce $f(x) = \frac{1}{x}$ není klesající na celém definičním oboru $D(f) = (-\infty, 0) \cup (0, \infty)$, protože např. $-1 < 1$ a $f(-1) = -1 \not> 1 = f(1)$. Tato funkce je ale klesající na každém z intervalů $(-\infty, 0)$ a na $(0, \infty)$. Je-li totiž $x > y$, pak $f(x) - f(y) = (\frac{1}{x} - \frac{1}{y}) = \frac{y-x}{xy} = (y-x) \cdot \frac{1}{xy}$, kde $(y-x) < 0$ a pro $\operatorname{sgn} x = \operatorname{sgn} y$ platí $\frac{1}{xy} > 0$.

Poznámka: Budeme-li dále mluvit o intervalech, nebudeme brát v úvahu intervaly jednobodové (tj. typu $\langle a, a \rangle$).

Definice:

Řekneme, že funkce f je **sudá**, jestliže pro každé $x \in D(f)$ platí: $-x \in D(f)$ a $f(-x) = f(x)$.

Řekneme, že funkce f je **lichá**, jestliže pro každé $x \in D(f)$ platí: $-x \in D(f)$ a $f(-x) = -f(x)$.

Poznámky: 1) Pokud je funkce f lichá a $0 \in D(f)$, pak $f(0) = 0$. Je-li f sudá a $D(f) \neq \{0\}$, pak f není prostá.
 2) „sudá · sudá = lichá · lichá = sudá“, „sudá · lichá = lichá · sudá = lichá“

Definice:

Řekneme, že funkce f je **periodická s periodou $T > 0$** , jestliže pro každé $x \in D(f)$ platí

$$x \pm T \in D(f) \quad \text{and} \quad f(x+T) = f(x) \quad (= f(x-T))$$

základní perioda ... **nejmenší perioda** (pokud existuje)

- nemají ji např.: **konstantní** funkce (periodou je každé kladné číslo),

Dirichletova funkce: $f(x) = 1$ pro $x \in \mathbb{Q}$, $f(x) = 0$ pro $x \notin \mathbb{Q}$ (periodou je každé kladné racionální číslo)

Poznámka: Pokud je T perioda funkce f a $k \in \mathbb{N}$, pak $k \cdot T$ je také perioda funkce f .

2.3 Elementární funkce

podrobně viz skripta [JT-DIP] strany 30 - 40 (32 - 42) (je potřeba znát dobré grafy!)

1. Mocnina. Funkce x^α , a^x , $\log_a x$

Mocniny s racionálními exponenty

Mocniny s reálnými exponenty

Pro $a > 0$ definujeme: $a^\alpha = \lim_{n \rightarrow \infty} a^{\alpha_n}$, kde $(\alpha_n)_{n=1}^\infty \subset \mathbb{Q}$ je taková posloupnost, že $\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \alpha$.

Poznámka: Lze ukázat, že taková posloupnost konvergující k α vždy existuje a že na jejím výběru uvedená limita nezávisí. Dále zřejmě vždy dostaneme $a^\alpha > 0$.

(Pokud jste se ještě nesetkali s limitami posloupnosti, vratěte se k této definici a poznámce, až budeme probírat posloupnosti na přednášce.)

Vlastnosti jsou stejné jako u racionálních exponentů ($a, b > 0$, $r, s \in \mathbb{R}$):

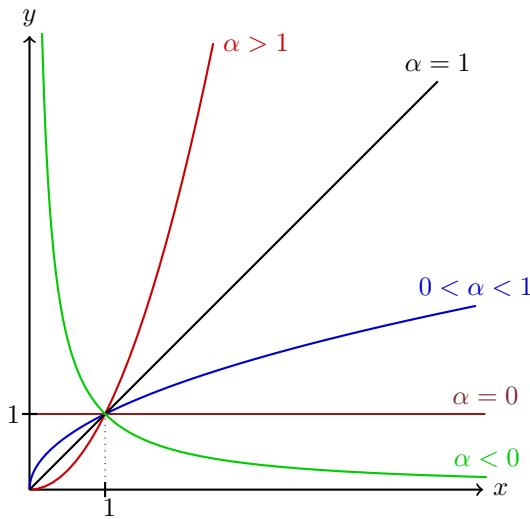
- $(ab)^r = a^r b^r$; $\left(\frac{a}{b}\right)^r = \frac{a^r}{b^r}$
- $a^{r+s} = a^r a^s$
- $a^{rs} = (a^r)^s$
- $a^{-r} = \frac{1}{a^r}$

A) MOCNINNÁ FUNKCE

$$f(x) = x^\alpha \quad \dots \quad \alpha \in \mathbb{R} \quad - \quad \text{pevné}$$

pro α racionální: $D(f)$ a $H(f)$ závisí na α (viz výše), vždy $(0, \infty) \subset D(f)$ a pro $\alpha \neq 0$ též $(0, \infty) \subset H(f)$

pro α iracionální: $D(f) = (0, \infty)$, $H(f) = (0, \infty)$



graf zúžení funkce $f(x) = x^\alpha$ na interval $(0, \infty)$ resp. $(0, \infty)$

B) EXPONENCIÁLNÍ FUNKCE (o základu a)

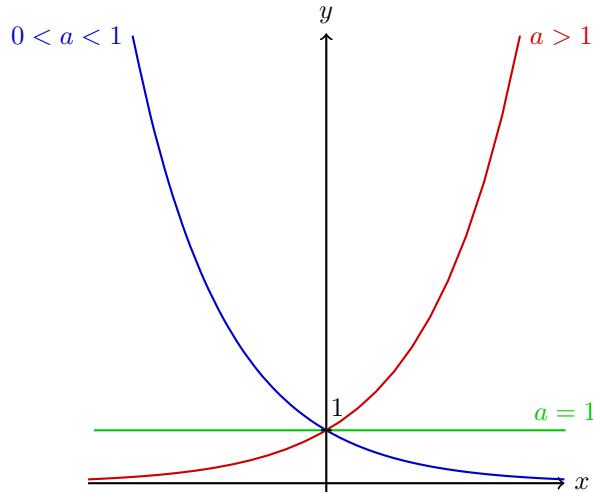
$$f(x) = a^x \quad \dots \quad a > 0 \quad - \quad \text{pevné}$$

$D(f) = \mathbb{R}$, $H(f) = (0, \infty)$ pro $a \neq 1$, $H(f) = \{1\}$ pro $a = 1$

speciálně pro $a = e$ (Eulerovo číslo) značíme $e^x = \exp(x)$... exponenciální funkce

($e \doteq 2,718$, definuje se předpisem $e = \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$ - viz skripta [JT-DIP] příklad 2.36)

Poznámka: Kdybychom zúžili definiční obor funkce a^x na přirozená čísla, dostali bychom geometrickou posloupnost $(a^n)_{n=1}^\infty$ s prvním členem a a kvocientem také a .



graf funkce $f(x) = a^x$

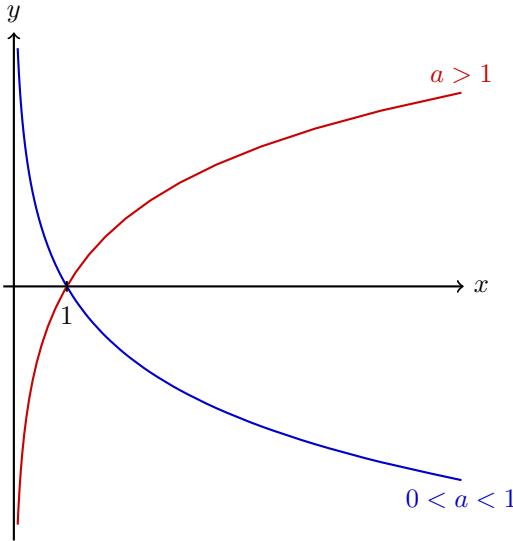
C) LOGARITMICKÁ FUNKCE (o základu a)

(inverzní funkce k exponenciální funkci)

$\log_a x = y \Leftrightarrow a^y = x \quad \dots \quad a > 0, a \neq 1 - \text{pevné} \quad (\text{pro } a = 1 \text{ není funkce } a^x \text{ prostá!})$

$$D(f) = (0, \infty), \quad H(f) = \mathbb{R}$$

speciálně pro $a = e$ značíme $\log_e x = \ln x \dots$ přirozený logaritmus



graf funkce $f(x) = \log_a x$

Vlastnosti logaritmů ($a, b > 0, a, b \neq 1; x, y > 0; r \in \mathbb{R}$):

- $\log_a \left(\frac{1}{x} \right) = -\log_a x$
- $\log_a(x y) = \log_a x + \log_a y$
- $\log_a \left(\frac{x}{y} \right) = \log_a x - \log_a y$
- $\log_a x^r = r \log_a x$
- $\log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a}, \quad \text{speciálně: } \log_a x = \frac{\ln x}{\ln a}$

(máme $\log_a x = y \Leftrightarrow x = a^y \Leftrightarrow \log_b x = \log_b a^y \Leftrightarrow \log_b x = y \log_b a^y \Leftrightarrow \log_b x = \log_a x \cdot \log_b a$)

Platí: $a^x = e^{x \ln a}$ pro $a > 0$, $x \in \mathbb{R}$

(protože $e^{x \ln a} = e^{\ln a^x}$ a přirozený logaritmus je funkce inverzní k e^x)

2. Goniometrické a cyklotomické funkce

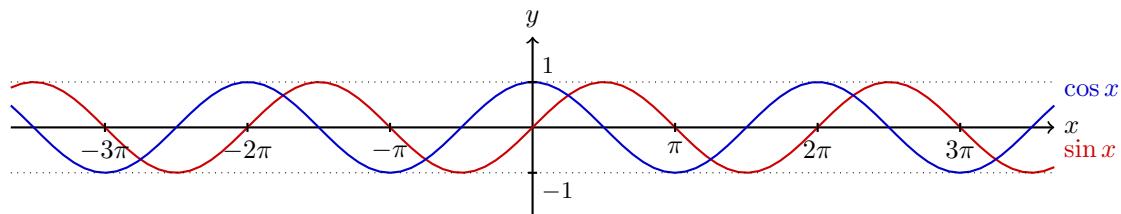
A) GONIOMETRICKÉ FUNKCE

$\sin x \dots D(f) = \mathbb{R}, H(f) = \langle -1, 1 \rangle$, lichá, 2π -periodická

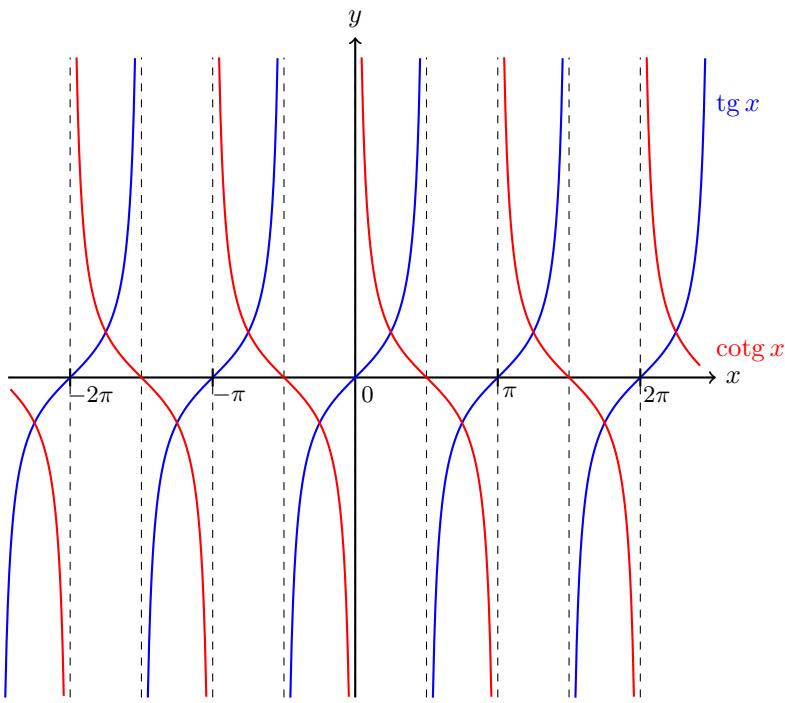
$\cos x \dots D(f) = \mathbb{R}, H(f) = \langle -1, 1 \rangle$, sudá, 2π -periodická

$$\operatorname{tg} x = \frac{\sin x}{\cos x} \dots D(f) = \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} \left(-\frac{\pi}{2} + k\pi, \frac{\pi}{2} + k\pi \right), H(f) = \mathbb{R}, \text{ lichá, } \pi\text{-periodická}$$

$$\operatorname{cotg} x = \frac{\cos x}{\sin x} \dots D(f) = \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} (k\pi, (k+1)\pi), H(f) = \mathbb{R}, \text{ lichá, } \pi\text{-periodická}$$



grafy funkcí $\sin x$ a $\cos x$



grafy funkcí $\operatorname{tg} x$ a $\operatorname{cotg} x$

Vybrané vlastnosti funkcí $\sin x$ a $\cos x$:

- $\sin x = \cos(x - \frac{\pi}{2})$ $\cos x = \sin(x + \frac{\pi}{2})$
- $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$
- $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$ $\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$
- $\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x)$ $\cos^2 x = \frac{1}{2}(1 + \cos 2x)$

- $\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$
- $\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$
- $\sin x + \sin y = 2 \sin \frac{x+y}{2} \cos \frac{x-y}{2}$
- $\sin x - \sin y = 2 \cos \frac{x+y}{2} \sin \frac{x-y}{2}$
- $\cos x + \cos y = 2 \cos \frac{x+y}{2} \cos \frac{x-y}{2}$
- $\cos x - \cos y = -2 \sin \frac{x+y}{2} \sin \frac{x-y}{2}$

Ze vzorce pro součet sinů máme

$$\sin A \cdot \cos B = \frac{1}{2} (\sin x + \sin y),$$

kde $A = \frac{x+y}{2}$, $B = \frac{x-y}{2}$, tj. $x = A + B$, $y = A - B$. Tedy

$$\sin A \cdot \cos B = \frac{1}{2} (\sin(A+B) + \sin(A-B)).$$

Podobně lze převést na součet nebo rozdíl i součin sinů a součin kosinů – dostaneme:

$$\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2} (\cos(A+B) + \cos(A-B)) \quad \text{a} \quad \sin A \cdot \sin B = -\frac{1}{2} (\cos(A+B) - \cos(A-B)).$$

(Tento přepis se hodí při integraci uvedených součinů).

Základní hodnoty goniometrických funkcí

	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{7\pi}{4}$
$\sin x$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	0	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$
$\cos x$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	-1	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	0	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$\operatorname{tg} x$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	\times	-1	0	1	\times	-1
$\operatorname{cotg} x$	\times	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	-1	\times	1	0	-1

B) CYKLOMETRICKÉ FUNKCE

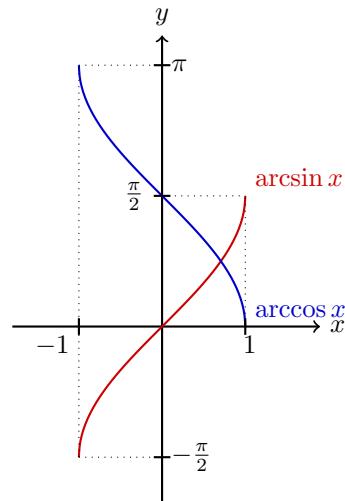
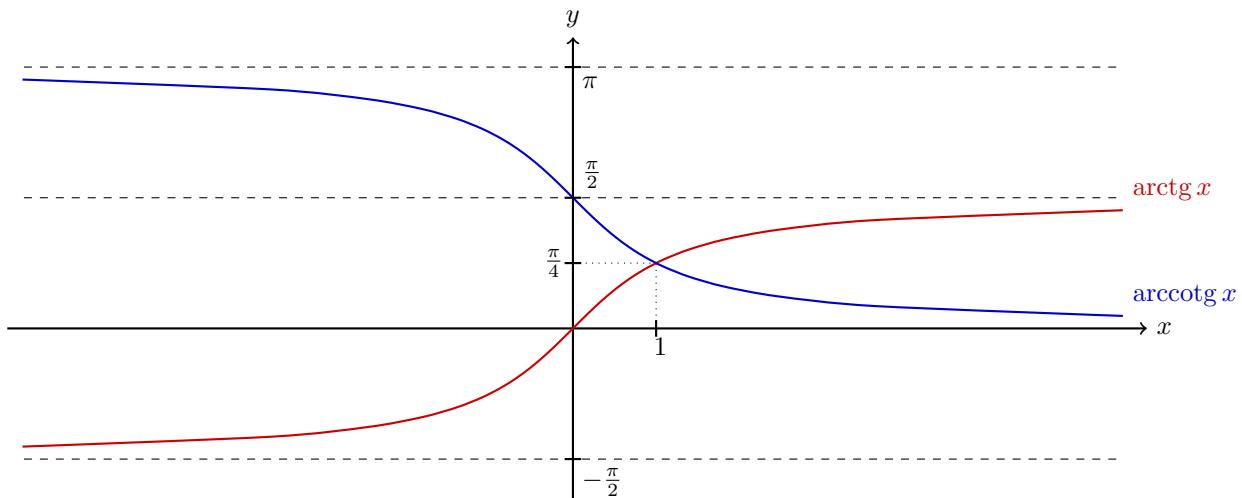
(inverzní ke goniometrickým zúženým na vhodný interval)

f	$D(f)$	$H(f)$	f_{-1}	$D(f_{-1})$	$H(f_{-1})$
$\sin x$	$\left\langle -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right\rangle$	$\langle -1, 1 \rangle$	$\arcsin x$	$\langle -1, 1 \rangle$	$\left\langle -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right\rangle$
$\cos x$	$\langle 0, \pi \rangle$	$\langle -1, 1 \rangle$	$\arccos x$	$\langle -1, 1 \rangle$	$\langle 0, \pi \rangle$
$\operatorname{tg} x$	$\left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right)$	\mathbb{R}	$\operatorname{arctg} x$	\mathbb{R}	$\left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right)$
$\operatorname{cotg} x$	$(0, \pi)$	\mathbb{R}	$\operatorname{arccotg} x$	\mathbb{R}	$(0, \pi)$

Poznámka: Je potřeba mít na paměti, že cyklotrické funkce nejsou inverzními funkcemi ke goniometrickým funkcím jako takovým, ale jen k jejich zúžením na určitý interval. Máme tak sice např. $\arcsin(\sin 0) = \arcsin 0 = 0$, ale $\arcsin(\sin(\pi)) = \arcsin 0 = 0 \neq \pi$, $\arcsin(\sin(\frac{3}{2}\pi)) = \arcsin(-1) = -\frac{\pi}{2} \neq \frac{3}{2}\pi$. Rozmyslete si, že pro funkci arctg platí:

Je-li $x \in (-\frac{\pi}{2} + k\pi, \frac{\pi}{2} + k\pi)$, kde $k \in \mathbb{Z}$, pak $x = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} x) + k\pi$.

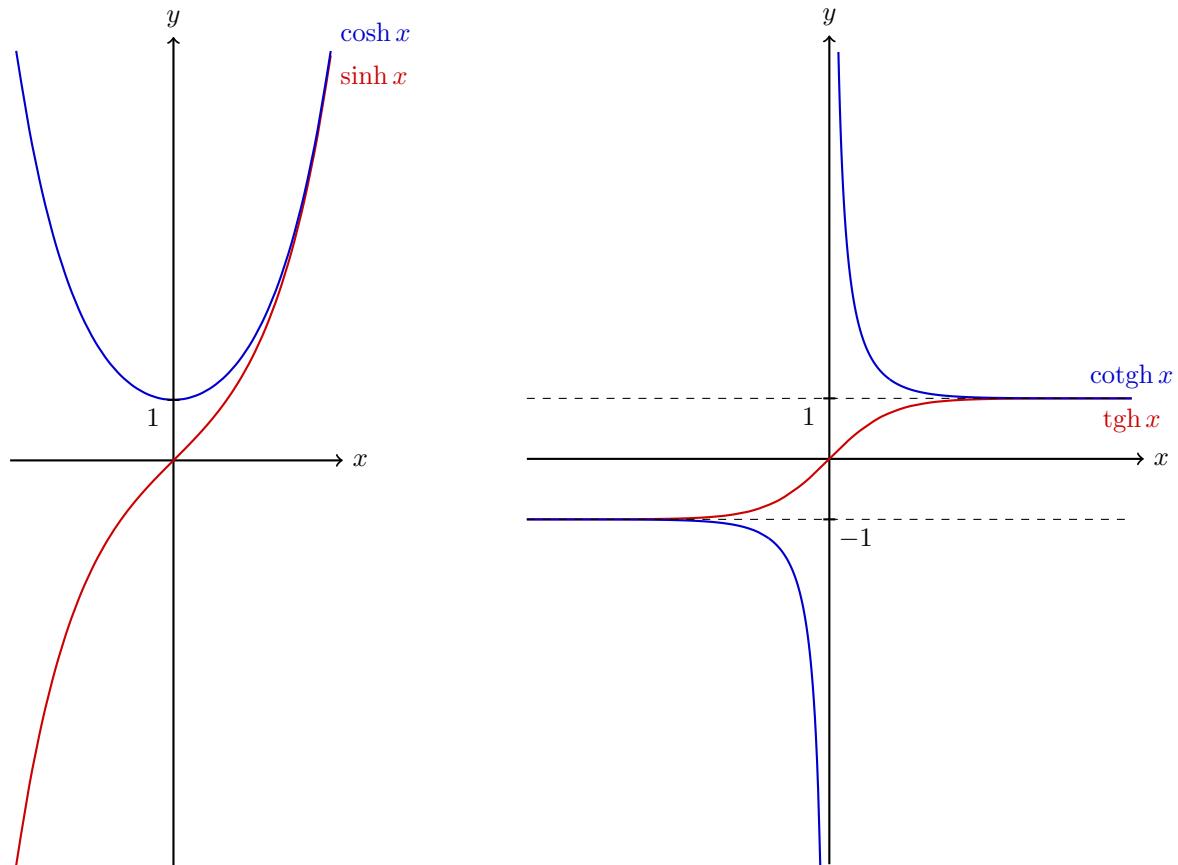
Bude se nám to hodit, až budeme počítat integrály pomocí metody substituce a použitím substituci $t = \operatorname{tg} x$.

grafy funkcií $\arcsin x$ a $\arccos x$ grafy funkcií $\arctg x$ a $\text{arccotg } x$

3. Hyperbolické a hyperbolometrické funkce

A) HYPERBOLICKÉ FUNKCE

f	$D(f)$	$H(f)$
$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$	\mathbb{R}	\mathbb{R}
$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$	\mathbb{R}	$(1, \infty)$
$\tgh x = \frac{\sinh x}{\cosh x} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	\mathbb{R}	$(-1, 1)$
$\cotgh x = \frac{\cosh x}{\sinh x} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$	$\mathbb{R} \setminus \{0\}$	$(-\infty, -1) \cup (1, \infty)$



grafy hyperbolických funkcí

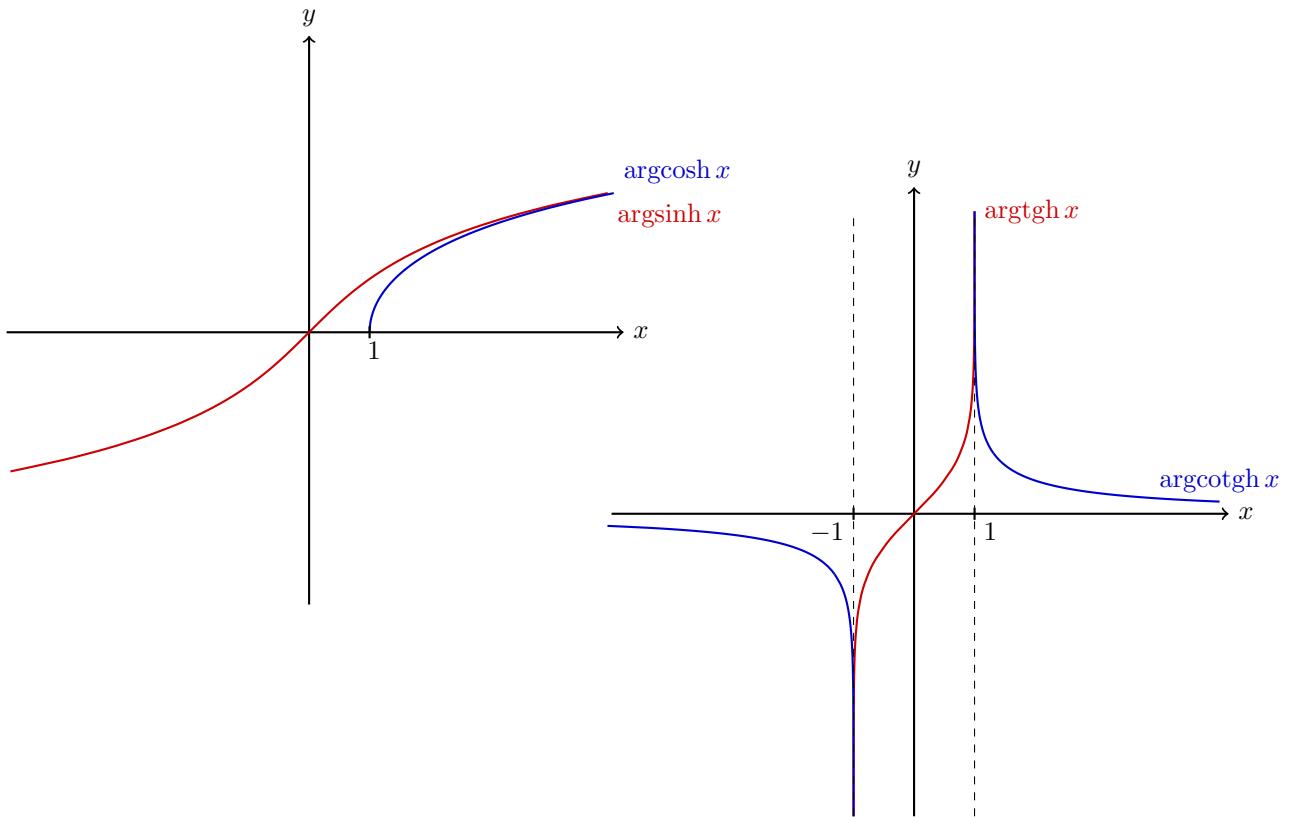
Vybrané vlastnosti funkcí $\sinh x$ a $\cosh x$:

- $|\sinh x| < \cosh x$
- $\cosh^2 x - \sinh^2 x = 1$
- $\sinh 2x = 2 \sinh x \cosh x$
 $\cosh 2x = \cosh^2 x + \sinh^2 x$

B) HYPERBOLOMETRICKÉ FUNKCE

(inverzní k hyperbolickým, případně zúženým na vhodný interval)

f	$D(f)$	$H(f)$	f_{-1}	$D(f_{-1})$	$H(f_{-1})$
$\sinh x$	\mathbb{R}	\mathbb{R}	$\operatorname{argsinh} x$	\mathbb{R}	\mathbb{R}
$\cosh x$	$(0, \infty)$	$(1, \infty)$	$\operatorname{argcosh} x$	$(1, \infty)$	$(0, \infty)$
$\operatorname{tgh} x$	\mathbb{R}	$(-1, 1)$	$\operatorname{argtgh} x$	$(-1, 1)$	\mathbb{R}
$\operatorname{cotgh} x$	$\mathbb{R} \setminus \{0\}$	$(-\infty, -1) \cup (1, \infty)$	$\operatorname{argcotgh} x$	$(-\infty, -1) \cup (1, \infty)$	$\mathbb{R} \setminus \{0\}$



grafy hyperbolometrických funkcí

Vyjádření hyperbolometrických funkcí pomocí logaritmů

- $\operatorname{argsinh} x = \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$, $x \in \mathbb{R}$
- $\operatorname{argcosh} x = \ln(x + \sqrt{x^2 - 1})$, $x \in (1, \infty)$
- $\operatorname{argtgh} x = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$, $x \in (-1, 1)$ (viz Příklad 2.2)
- $\operatorname{argcotgh} x = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+x}{x-1}\right)$, $x \in (-\infty, -1) \cup (1, \infty)$

Příklad 2.2: Pro $|x| < 1$ vyjádřete $\operatorname{argtgh} x$ pomocí logaritmické funkce.

Řešení: Označíme $y = \operatorname{argtgh} x$. Pak

$$x = \operatorname{tgh} y = \frac{e^y - e^{-y}}{e^y + e^{-y}}.$$

Po rozšíření zlomku výrazem e^y postupně dostáváme

$$\begin{aligned} x &= \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1} \\ (e^{2y} + 1)x &= e^{2y} - 1 \\ (x - 1)e^{2y} &= -1 - x \\ e^{2y} &= \frac{-1 - x}{x - 1} \\ e^{2y} &= \frac{1 + x}{1 - x} \\ 2y &= \ln\left(\frac{1 + x}{1 - x}\right). \end{aligned}$$

Tedy

$$\operatorname{argtgh} x = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right).$$