Domácí úkol 1

Upozornění: příklady byly náhodně vygenerovány odpovědníkem „Domácí úkol 1“. Nabízené řešení bylo zpracováno Lukášem Másilkem.

Příklad 1: Vypočítejte limitu posloupnosti:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{5\cdot(n+1)!}{3\cdot(n+1)!+2\cdot(n-1)!}$$

Řešení:

$$\begin{aligned}
\lim_{n\to\infty} \frac{5\cdot(n+1)!}{3\cdot(n+1)!+2\cdot(n-1)!} &=_1 \lim_{n\to\infty} \frac{5\cdot(n+1)\cdot n\cdot(n-1)!}{3\cdot(n+1)\cdot n\cdot(n-1)!+2\cdot(n-1)!} \\
&=_2 \lim_{n\to\infty} \frac{5\cdot(n+1)\cdot n\cdot(n-1)!}{(n-1)!\cdot[3\cdot(n+1)\cdot n+2]} \\
&=_3 \lim_{n\to\infty} \frac{5\cdot(n+1)\cdot n}{3\cdot(n+1)\cdot n+2} \\
&=_4 \lim_{n\to\infty} \frac{5n^2+5n}{3n^2+3n+2} = \frac{5}{3}
\end{aligned}$$

Poznámky k výpočtu: **1. krok** ($=_1$): úprava obou faktoriálů $(n+1)!$ tak, aby vyjádřeny se stejným podvýrazem $(n-1)!$ jako sčítanec ve jmenovateli vpravo; **2. krok** ($=_2$): vytknutí podvýrazu $(n-1)!$ v čitateli i jmenovateli zlomku; **3. krok** ($=_3$): krácení výrazu $(n-1)!$; **4. krok** ($=_4$): Roznásobení závorek a následný výpočet limity (nahoře i dole jsou polynomy stejného stupně, tudíž výsledkem je podíl vedoucích koeficientů).

Příklad 2: Vypočítejte limitu posloupnosti:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\binom{n}{2}}{3+5+7+\cdots+(2n+1)}$$

Řešení:

$$\begin{aligned}
\lim_{n\to\infty} \frac{\binom{n}{2}}{3+5+7+\cdots+(2n+1)} &=_1 \lim_{n\to\infty} \frac{\frac{n\cdot(n-1)}{2}}{\frac{n}{2}\cdot(3+2n+1)} \\
&=_2 \frac{n\cdot(n-1)}{2\cdot\frac{n}{2}\cdot(4+2n)} \\
&=_3 \frac{n\cdot(n-1)}{n\cdot(2n+4)} \\
&=_4 \frac{n^2-n}{2n^2+4n} = \frac{1}{2}
\end{aligned}$$

Poznámky k výpočtu: **1. krok** ($=_1$): vyjádření kombinačního čísla $\binom{n}{2}$ v čitateli a použití vzorce pro součet prvních n členů aritmetické posloupnosti ve jmenovateli; **2. krok** ($=_2$): přenesení čísla 2 z čitatele do jmenovatele; **3. krok** ($=_3$): krácení výrazu ve jmenovateli; **4. krok** ($=_4$): roznásobení závorek a následný výpočet limity (nahoře i dole jsou polynomy stejného stupně, tudíž výsledkem je podíl vedoucích koeficientů).

Příklad 3: Vypočítejte limitu posloupnosti:

$$\lim_{n\to\infty}\left(\frac{n-3}{n}\right)^n$$

Nápověda: $\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n = e$.

Řešení:

$\lim_{n\to\infty}\left(\frac{n-3}{n}\right)^n =_1 \lim_{n\to\infty}\left(1-\frac{3}{n}\right)^n =_{(*)}$

Substituce: $-\frac{3}{n}=\frac{1}{k}$, z čehož $n=-3k$, tedy

$=_{(*)} \lim_{k\to\infty}\left(1+\frac{1}{k}\right)^{-3k} =_2 \left(\lim_{k\to\infty}\left(1+\frac{1}{k}\right)^k\right)^{-3} =_3 e^{-3}$

Poznámky k výpočtu: **1. krok** ($=_1$): vydělení polynomů v čitateli a jmenovateli; **2. krok** ($=_2$): úprava zápisu exponentu a limitní přechod k vnitřní funkci $\left(1+\frac{1}{k}\right)^k$; **3. krok** ($=_3$): využití nápovědy a stanovení výsledku limity.

Příklad 4: Určete všechny hromadné body, limitu superior a limitu inferior posloupnosti

$$a_n = (-1)^n \cdot \cos\left(\frac{n\pi}{3}\right)$$

Řešení: Nejprve si spočítáme několik prvních členů, abychom si udělali představu o možných podposloupnostech.

$a_1 = (-1)^1 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$ (kosinus z úhlu $\frac{\pi}{3}$ v 1. kvadrantu je kladný)

$a_2 = (-1)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$ (kosinus z úhlu $\frac{2\pi}{3}$ v 2. kvadrantu je záporný)

$a_3 = (-1)^3 \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{3}\right) = 1$ (kosinus z úhlu π je -1)

$a_4 = (-1)^4 \cdot \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$ (kosinus z úhlu $\frac{4\pi}{3}$ v 3. kvadrantu je záporný)

$a_5 = (-1)^5 \cdot \cos\left(\frac{5\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$ (kosinus z úhlu $\frac{5\pi}{3}$ ve 4. kvadrantu je kladný)

$a_6 = (-1)^6 \cdot \cos\left(\frac{6\pi}{3}\right) = 1$ (kosinus z úhlu 2π je 1)

$a_7 = a_1, a_8 = a_2, \ldots$

Podposloupnosti:

1. $n = 6k+1,\ k\in\mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+1}\cdot\cos\left(\frac{(6k+1)\cdot\pi}{3}\right) = -\lim_{k\to\infty}\cos\left(\frac{\pi}{3}+2k\pi\right) = -\cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$, tedy $-\frac{1}{2}\in H(a_n)$.

2. $n = 6k+2,\ k\in\mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+2}\cdot\cos\left(\frac{(6k+2)\cdot\pi}{3}\right) = \lim_{k\to\infty}\cos\left(\frac{2\pi}{3}+2k\pi\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$.

3. $n = 6k+3,\ k\in\mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+3}\cdot\cos\left(\frac{(6k+3)\cdot\pi}{3}\right) = -\lim_{k\to\infty}\cos\left(\frac{3\pi}{3}+2k\pi\right) = -\cos(\pi) = 1$, tedy $1\in H(a_n)$.

4. $n = 6k+4,\ k \in \mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+4} \cdot \cos\left(\frac{(6k+4)\cdot\pi}{3}\right) = \lim_{k\to\infty} \cos\left(\frac{4\pi}{3} + 2k\pi\right) = \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$.

5. $n = 6k+5,\ k \in \mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+5} \cdot \cos\left(\frac{(6k+5)\cdot\pi}{3}\right) = -\lim_{k\to\infty} \cos\left(\frac{5\pi}{3} + 2k\pi\right) = -\cos\left(\frac{5\pi}{3}\right) = -\frac{1}{2}$.

6. $n = 6k+6,\ k \in \mathbb{N}_0$: $\lim_{n\to\infty} a_n = \lim_{k\to\infty}(-1)^{6k+6} \cdot \cos\left(\frac{(6k+6)\cdot\pi}{3}\right) = -\lim_{k\to\infty} \cos\left(\frac{6\pi}{3} + 2k\pi\right) = -\cos(2\pi) = 1$.

Závěr: $H(a_n) = \left\{-\frac{1}{2}, 1\right\}$, $\liminf a_n = -\frac{1}{2}$, $\limsup a_n = 1$.

Příklad 5: Vypočítejte limitu funkce pomocí běžných úprav, nikoliv L'Hospitalovým pravidlem.

$$\lim_{x\to-3} \frac{x^2+7x+12}{x^2+2x-3}$$

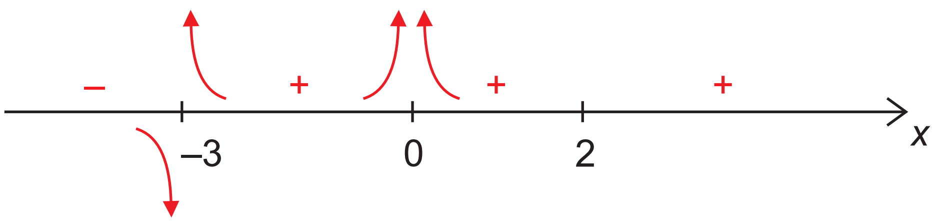
Řešení: Po dosazení -3 do limitního výrazu vyjde neurčitý výraz $\left[\frac{0}{0}\right]$. Oba polynomy v čitateli a jmenovateli však lze rozložit na součin kořenových činitelů (pomocí Vietových vztahů či diskriminantu):

$$\lim_{x\to-3} \frac{x^2+7x+12}{x^2+2x-3} = \lim_{x\to-3} \frac{(x+3)\cdot(x+4)}{(x-1)\cdot(x+3)} = \lim_{x\to-3} \frac{x+4}{x-1} = -\frac{1}{4}$$

Příklad 6: U zadané funkce určete jednostranné limity v bodech nespojitosti:

$$f(x) = \frac{(x-2)^2}{x^2\cdot(x+3)^5}$$

Řešení: Výrazy v čitateli i jmenovateli jsou již ve tvaru kořenových činitelů, nelze je tedy nijak zkrátit. Body $x_1 = -3$ a $x_2 = 0$ jsou body nespojitosti 2. typu a jejich jednostranné limity budou vycházet $\pm\infty$. Spočítejme znaménka funkce nanesením nulových bodů a bodů nespojitosti na reálnou číselnou osu:



- V levém okolí bodu nespojitosti $x_1 = -3$ je funkce záporná, je tedy $\lim_{x\to-3^-} f(x) = -\infty$.
- V pravém okolí bodu nespojitosti $x_1 = -3$ je funkce kladná, je tedy $\lim_{x\to-3^+} f(x) = \infty$.
- V levém i pravém okolí bodu nespojitosti $x_2 = 0$ je funkce kladná, je tedy $\lim_{x\to0^-} f(x) = \lim_{x\to0^+} f(x) = \infty$.