

# Seminár 17

## Téma

Algebraické výrazy a (ne)rovnice IV – zložitejšie nerovnosti

## Ciele

Zoznámiť a precvičiť so študentami riešenie úloh zameraných na dokazovanie zložitejších nerovností, AG-nerovnosť

## Úlohy a riešenia

**Úloha 17.1.** [66-II-4] Dokážte, že pre všetky kladné reálne čísla  $a \leq b \leq c$  platí

$$(-a + b + c) \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \geq 3.$$

**Riešenie\*.** Nerovnosť vynásobíme kladným výrazom  $abc$  a po roznásobení ju postupne (ekvivalentne) upravíme:

$$\begin{aligned} -a(bc + ac + ab) + b(bc + ac + ab) + c(bc + ac + ab) &\geq 3abc, \\ -abc - a^2c - a^2b + b^2c + abc + ab^2 + bc^2 + ac^2 + abc &\geq 3abc, \\ (b^2c - abc) + (bc^2 - abc) + (ac^2 - a^2c) + (ab^2 - a^2b) &\geq 0, \\ bc(b - a) + bc(c - a) + ac(c - a) + ab(b - a) &\geq 0. \end{aligned}$$

Vzhľadom na predpoklad  $0 < a \leq b \leq c$  je výsledná, a teda aj pôvodná nerovnosť splnená.

**Iné riešenie.** Dokazovanú nerovnosť postupne upravíme, pričom využijeme známu nerovnosť  $b/c + c/b = 2$ , ktorá je pre kladné čísla  $b, c$  ekvivalentná s nerovnosťou  $(b - c)^2 \geq 0$ :

$$\begin{aligned} (-a + b + c) \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) &= 1 + \left( \frac{b}{a} - \frac{a}{b} \right) + \left( \frac{c}{a} - \frac{a}{c} \right) + \left( \frac{b}{c} + \frac{c}{b} \right) \geq \\ &\geq 1 + \frac{b^2 - a^2}{ab} + \frac{c^2 - a^2}{ac} + 2 \geq 3, \end{aligned}$$

pretože zrejme platí aj  $a^2 \leq b^2 \leq c^2$ .

**Iné riešenie.** Podľa predpokladov úlohy platia nerovnosti  $-a + b + c \geq c$  a  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \geq \frac{2}{b} + \frac{1}{c}$ . Obe nerovnosti (s kladnými stranami) medzi sebou vynásobíme a získame tak

$$(-a + b + c) \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) \geq c \left( \frac{2}{b} + \frac{1}{c} \right) = 1 + \frac{2c}{b} \geq 3$$

pretože  $c/b \geq 1$  podľa zadania.

**Komentár.** Úvodná úloha slúži na opakovanie, pripomenutie naučených postupov a overenie toho, čo sa študenti doteraz naučili o nerovnostiach. Považujeme za vhodné ukázať všetky tri zmienené postupy riešenia, keďže ekvivalentné úpravy rovníc, využívanie známych rovností aj sčítanie dvoch a viac rovností sú všetko užitočné metódy, ktoré sa oplatí mať v našej riešiteľskej zásobe.