

## 8.2.8 Úlohy s geometrickou posloupností

**Předpoklady:** 8203, 8207

**Pedagogická poznámka:** Při řešení příkladů postupujeme tak, aby Ti nejpomalejší spočítali alespoň příklady 1, 3, 4, 5.

Souhrn vzorců a pravidel pro geometrickou posloupnost:

$$a_{n+1} = a_n \cdot q \quad - \text{poznávací znamení}$$

$$a_n = a_1 \cdot q^{n-1} \quad - \text{vzorec pro } n\text{-tý člen}$$

$$a_s = a_r \cdot q^{s-r} \quad - \text{vztah mezi } a_s \text{ a } a_r$$

$$s_n = a_1 + a_2 + \dots + a_{n-1} + a_n = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1} \text{ pro } q \neq 1, \quad s_n = nq \text{ pro } q = 1 \quad - \text{součet prvních } n \text{ členů}$$

**Př. 1:** Urči  $a_1$  a  $q$  geometrické posloupnosti, pro kterou platí  $a_1 - a_3 = -16$ ;  $a_1 + a_2 = 8$ .

Máme zdánlivě neřešitelný problém: tři neznámé, ale pouze dvě rovnice.

Řešení: všechny členy geometrické posloupnosti můžeme vyjádřit pomocí  $a_1$  a  $q \Rightarrow$  provedeme toto nahrazení a dostane soustavu dvou rovnic o dvou neznámých:

$$a_2 = a_1 \cdot q$$

$$a_3 = a_1 \cdot q^2$$

Dosadíme do rovnic:

$$a_1 - a_3 = -16 \Rightarrow a_1 - a_1 \cdot q^2 = -16$$

$$a_1 + a_2 = 8 \Rightarrow a_1 + a_1 \cdot q = 8$$

Upravíme rovnice:

$$a_1(1 - q^2) = -16$$

$a_1(1 + q) = 8 \Rightarrow a_1$  i  $(1 - q)$  jsou nenulová čísla (jinak by na pravé straně rovnice byla 0)  $\Rightarrow$  rovnice vydělíme:

$$\frac{a_1(1 - q^2)}{a_1(1 + q)} = \frac{-16}{8}$$

$$1 - q = -2 \Rightarrow q = 3$$

Dosazením do druhé rovnice určíme  $a_1$ :  $a_1(1 + q) = a_1(1 + 3) = 8 \Rightarrow a_1 = 2$

Pro hledanou posloupnost platí:  $a_1 = 2$ ,  $q = 3$ .

**Poznámka:** Příklad jsme samozřejmě mohli řešit také dosazovací metodou:  $a_1(1 + q) = 8 \Rightarrow$

$$a_1 = \frac{8}{1 - q} \text{ a dosadit do první rovnice.}$$

**Př. 2:** Urči  $a_1$  a  $q$  geometrické posloupnosti, pro kterou platí  $a_7 - a_3 = 15$ ;  $a_6 - a_4 = -6$ .

Máme zdánlivě neřešitelný problém: čtyři neznámé, ale pouze dvě rovnice.

Řešení: všechny členy geometrické posloupnosti můžeme vyjádřit pomocí  $a_1$  a  $q \Rightarrow$  provedeme toto nahrazení a dostane soustavu dvou rovnic o dvou neznámých:

$$a_3 = a_1 \cdot q^2, a_4 = a_1 \cdot q^3, a_6 = a_1 \cdot q^5, a_7 = a_1 \cdot q^6$$

Dosadíme do rovnic:

$$a_7 - a_3 = 15 \Rightarrow a_1 \cdot q^6 - a_1 \cdot q^2 = 15$$

$$a_6 - a_4 = -6 \Rightarrow a_1 \cdot q^5 - a_1 \cdot q^3 = -6$$

Upravíme rovnice:

$$a_1 \cdot q^2 (q^4 - 1) = 15$$

$$a_1 \cdot q^3 (q^2 - 1) = -6 \Rightarrow a_1 \text{ i } (1 - q) \text{ jsou nenulová čísla (jinak by na pravé straně rovnice byla}$$

0)  $\Rightarrow$  rovnice vydělíme:

$$\frac{a_1 \cdot q^2 (q^4 - 1)}{a_1 \cdot q^3 (q^2 - 1)} = \frac{15}{-6}$$

$$\frac{(q^2 - 1)(q^2 + 1)}{q(q^2 - 1)} = -\frac{5}{2}$$

$$\frac{q^2 + 1}{q} = -\frac{5}{2} \quad / \cdot 2q$$

$$2q^2 + 2 = -5q$$

$$2q^2 + 5q + 2 = 0$$

$$q_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-5 \pm \sqrt{5^2 - 4 \cdot 2 \cdot 2}}{2 \cdot 2} = \frac{-5 \pm 3}{4}$$

$$q_1 = \frac{-5 + 3}{4} = -\frac{1}{2}$$

Dosazením do jedné z rovnic dopočítám  $a_1$ :

$$a_1 \cdot q^2 (q^4 - 1) = a_1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)^2 \left[\left(-\frac{1}{2}\right)^4 - 1\right] = 15$$

$$\frac{a_1}{4} \left[\frac{1}{16} - 1\right] = \frac{a_1}{4} \left(-\frac{15}{16}\right) = 15 \Rightarrow a_1 = -64$$

$$q_2 = \frac{-5 - 3}{4} = -2$$

Dosazením do jedné z rovnic dopočítám  $a_1$ :

$$a_1 \cdot q^2 (q^4 - 1) = a_1 \cdot (-2)^2 [(-2)^4 - 1] = 15$$

$$4a_1 (16 - 1) = 4a_1 \cdot 15 = 15 \Rightarrow a_1 = \frac{1}{4}$$

Zadání vyhovují dvě geometrické posloupnosti:  $a_1 = -64$ ,  $q = -\frac{1}{2}$  a  $a_1 = \frac{1}{4}$ ,  $q = -2$

**Poznámka:** Příklad jsme mohli řešit také vyjádřením všech členů posloupnosti pomocí  $a_3$  a  $q$ .

**Př. 3:** Urči  $a_1$  a  $q$  geometrické posloupnosti, pro kterou platí  $a_2 \cdot a_4 = 36$ ;  $a_2 + a_4 = 13$ .

Zdánlivě stejný příklad jako dva předchozí, ale pozor jsou zde dva rozdíly:

- v rovnicích figurují pouze dva členy posloupnosti
- v jedné z rovnic je součin těchto členů

$\Rightarrow$  dosazení  $a_1$  a  $q$  do rovnic by situaci zkomplikovalo (jedna z rovnic by byla kvadratická pro obě neznámé)  $\Rightarrow$  určíme ze soustavy členy  $a_2$  a  $a_4$  a s jejich pomocí pak určíme členy posloupnosti

Řeším soustavu:

$$a_2 \cdot a_4 = 36$$

$$a_2 + a_4 = 13 \Rightarrow a_2 = 13 - a_4 \text{ dosadím do první rovnice}$$

$$(13 - a_4) a_4 = 36 \quad \text{dále značím neznámou už pouze jako } a$$

$$13a - a^2 = 36$$

$$a^2 - 13a + 36 = 0$$

$$(a - 9)(a - 4) = 0$$

$\Rightarrow$  2. řešení

### 1. řešení

$$a_4 = 9, a_2 = 13 - a_4 = 13 - 9 = 4$$

použijeme vztah mezi členy  $a_r$  a  $a_s$ :  $a_s = a_r \cdot q^{s-r}$

$$a_4 = a_2 \cdot q^{4-2}$$

$$9 = 4 \cdot q^2$$

$$q^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow q = \pm \frac{3}{2}$$

$$a_2 = a_1 \cdot q \quad a_1 = \frac{a_2}{q} = \frac{4}{\frac{3}{2}} = \frac{8}{3}$$

$$a_2 = a_1 \cdot q \quad a_1 = \frac{a_2}{q} = \frac{4}{-\frac{3}{2}} = -\frac{8}{3}$$

Pro hledanou posloupnost platí:  $a_1 = \frac{8}{3}, q = \frac{3}{2}$  nebo  $a_1 = -\frac{8}{3}, q = -\frac{3}{2}$

### 2. řešení

$$a_4 = 4, a_2 = 13 - a_4 = 13 - 4 = 9$$

použijeme vztah mezi členy  $a_r$  a  $a_s$ :  $a_s = a_r \cdot q^{s-r}$

$$a_4 = a_2 \cdot q^{4-2}$$

$$4 = 9 \cdot q^2$$

$$q^2 = \frac{4}{9} \Rightarrow q = \pm \frac{2}{3}$$

$$a_2 = a_1 \cdot q \quad a_1 = \frac{a_2}{q} = \frac{9}{\frac{2}{3}} = \frac{27}{2}$$

$$a_2 = a_1 \cdot q \quad a_1 = \frac{a_2}{q} = \frac{9}{-\frac{2}{3}} = -\frac{27}{2}$$

Pro hledanou posloupnost platí:  $a_1 = \frac{27}{2}$ ,  $q = \frac{2}{3}$  nebo  $a_1 = -\frac{27}{2}$ ,  $q = -\frac{2}{3}$

**Pedagogická poznámka:** Studenti často zapomínají na řešení se zápornými koeficienty. Jinak příklad je podle mě hezký právě proto, že vyžaduje orientaci v rychle rostoucí množině řešení.

**Př. 4:** Urči tři reálná čísla větší než 32 a menší než 162 taková, že spolu s čísly 32 a 162 tvoří pět po sobě jdoucích členů geometrické posloupnosti.

Vypíšeme si, jak by hledaná posloupnost vypadala:

$$a_1 = 32, a_2 = ?, a_3 = ?, a_4 = ?, a_5 = 162$$

Známe členy  $a_1$  a  $a_5$ , člen  $a_5$  musí jít vyjádřit pomocí vzorce pro  $n$ -tý člen:  $a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$

$$a_5 = a_1 \cdot q^{5-1}$$

$$162 = 32 \cdot q^4$$

$$q^4 = \frac{162}{32} = \frac{81}{16} \Rightarrow q = \pm \frac{3}{2}, \text{ zápornou hodnotu } q \text{ můžeme vyloučit protože druhý člen}$$

posloupnosti by byl záporný a tím menší než 32, což zakazuje zadání

Teď můžeme snadno dopočítat zbývající členy posloupnosti:

$$a_2 = a_1 \cdot q = 32 \cdot \frac{3}{2} = 48$$

$$a_3 = a_2 \cdot q = 48 \cdot \frac{3}{2} = 72$$

$$a_4 = a_3 \cdot q = 72 \cdot \frac{3}{2} = 108$$

$$\text{pro kontrolu: } a_5 = a_4 \cdot q = 108 \cdot \frac{3}{2} = 162$$

Hledaná čísla jsou 48, 72, 108.

**Př. 5:** Urči  $a_1$  v geometrické posloupnosti s kvocientem  $q = 2$ , jestliže platí:  $a_n = 384$  a  $s_n = 765$ .

Pro součet geometrické řady  $s_n$  platí vzorec  $s_n = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1}$  a platí  $s_n = 765 \Rightarrow$  sestavíme

$$\text{rovnici: } a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1} = 765$$

$$\text{Dosadíme } q = 2: a_1 \frac{2^n - 1}{2 - 1} = 765$$

$$a_1 (2^n - 1) = 765$$

Neznáme  $n$ , zkusíme hodnotu určit z rovnice pro  $n$ -tý člen:  $a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$

$384 = a_1 \cdot 2^{n-1} \Rightarrow$  pokud bychom chtěli určit přímo  $n$ , museli bychom logaritmovat, ale nám stačí určit hodnotu  $2^n$ , to z předchozí rovnice půjde:  $384 = a_1 \cdot 2^{n-1} \quad / \cdot \frac{2}{a_1}$

$$\frac{768}{a_1} = 2^n \Rightarrow \text{dosadíme do rovnice } a_1(2^n - 1) = 765$$

$$a_1 \left( \frac{768}{a_1} - 1 \right) = 765$$

$$768 - a_1 = 765$$

$$a_1 = 3$$

Prvním členem posloupnosti je číslo 3.

**Př. 6:** Vyřeš rovnici:  $x - 3x + 9x - 27x + \dots + 729x = 2735$ .

Na levé straně je součet prvních  $n$  členů geometrické řady:  $a_1 = x$ ;  $q = -3$ ;  $a_n = 729x$ .

Všechny členy pravé strany můžeme sečíst pomocí vzorce:  $s_n = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1}$ .

Musíme dopočítat hodnotu  $n$  pomocí členu  $a_n = 729x$ :  $a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$

$$729x = x \cdot (-3)^{n-1}$$

$$729 = (-3)^{n-1}$$

$$(-3)^6 = (-3)^{n-1} \Rightarrow n - 1 = 6 \Rightarrow n = 7$$

Dosadíme do vztahu pro součet:  $s_n = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1} = x \frac{(-3)^7 - 1}{(-3) - 1} = x \frac{-2188}{-4} = 547x$

Sestavíme rovnici:  $547x = 2735$

$$x = \frac{2735}{547} = 5$$

Řešením rovnice je číslo 5.

**Př. 7:** Petáková:

strana 68/cvičení 20 c) e)

strana 68/cvičení 33

strana 69/cvičení 44

strana 69/cvičení 46

strana 70/cvičení 51 d) e)

strana 70/cvičení 53 b)

**Shrnutí:**