

## Cvičenie 6: Počítanie súm

Pri počítaní súm sa snažíme nájsť výraz s rovnakou hodnotou, akú má počítaná suma. Výsledný výraz nesmie obsahovať žiadnu sumu alebo súčin s premenným počtom členov. Aké metódy môžeme použiť na dokazovanie súm?

1. Vypočítať si niekoľko prvých členov, na základe nich si tipnúť výsledok a následne dokázať jeho správnosť (napr. matematickou indukciou). Veľa výsledkov je však takých, že nevidno dobre z nich, čo sú zač.
2. Použiť pri výpočte inú, už známu sumu. Často si to vyžaduje upraviť sumu do tvaru vhodného pre aplikáciu známej sumy. To často obnáša
  - použiť kombinatorické identity;
  - rozpísať si kombinačné čísla cez faktoriály a upraviť ich tak, aby sme dostali kombinačné číslo (čísla) vhodné pre sumáciu;
  - vyňatie konštanty pred sumu ( $\sum c \cdot a_k = c \sum a_k$ );
  - rozdelenie sumy na viac súm ( $\sum (a_k + b_k) = \sum a_k + \sum b_k$ );
  - substituovať premenné, upraviť tým sumačný rozsah.
3. Upraviť známu sumu obsahujúcu reálnu premennú  $x$  (napr. Binomickú vetu) do vhodného tvaru aplikovaním operácie ako sú derivácia alebo integrácia.
4. Nájsť kombinatorickú interpretáciu sumy (teda nejakú úlohu kde počet možností možno počítať riešenou sumou) a prísť k počtu možností iným, jednoduchším spôsobom. Teda ide o to, čo sme trénovali na cvičení 5, len s tým, že máme len jednu stranu rovnosti.

Pri používaní známych súm príde najviac vhod binomická veta.

**Veta 1** (Binomická veta). *Pre všetky  $x \in \mathbb{R}$  a  $n \in \mathbb{N}$  platí*

$$(1+x)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k.$$

Môžete však používať aj iné známe sumy, napr. tie, čo sa uvádzajú v skriptách alebo v cvičení 5. Ak však používate sumu z cvičenia, ktorá nemá názov, tak súčasťou úplného riešenia by mal byť aj jej dôkaz. Keď používate sumu, ktorá je pomenovaná (napr. Cauchyho sčítací vzorec), uveďte jej názov – vtedy je vidno, že sa odvolávate na niečo známe a taktiež na aké presne tvrdenie sa odvolávate, teda nemusíte písať do riešenia aj dôkaz.

**Úloha 1.** Kombinatoricky interpretujte binomickú vetu pre  $x \in \mathbb{N}$ .

**Úloha 2.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \binom{n}{k}.$$

**Úloha 3.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} (-1)^k \binom{n}{k}.$$

**Úloha 4.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} 3^k \binom{n}{k}.$$

**Úloha 5.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} k \binom{n}{k}.$$

**Úloha 6.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} (3k+1) \binom{n}{k}.$$

**Úloha 7.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} k 2^k \binom{n}{k}.$$

**Úloha 8.** Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} k(k-1) \binom{n}{k}.$$

Úloha 9. Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} k^2 \binom{n}{k}.$$

Úloha 10. Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \frac{1}{k+1} \binom{n}{k}.$$

Úloha 11. Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \frac{(-1)^k}{k+1} \binom{n}{k}.$$

Úloha 12. Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \binom{n}{2k}.$$

Úloha 13. (\*) Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \binom{n}{4k}.$$

Úloha 14. (\*) Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \binom{n}{5k}.$$

Úloha 15. (\*) Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} (-1)^k \binom{n}{4k}.$$

Úloha 16. (\*) Vypočítajte

$$\sum_{k \in \mathbb{N}} \frac{2^k}{k+1} \binom{n}{4k}.$$

Úloha 17. Vypočítajte

$$\sum_{k=0}^m \binom{n}{k} \binom{n}{m-k}.$$

Úloha 18. Vypočítajte pre  $n \in \mathbb{N}$ ,  $n \geq 3$ :

$$\sum_{k=2}^{n-1} \binom{n}{k} \binom{k}{2} (n-k)$$

## Riešenia

- 1.
2.  $2^n$
3. 0
4.  $4^n$
5.  $n \cdot 2^{n-1}$
6.  $3n \cdot 2^{n-1} + 2^n$
7.  $2n \cdot 3^{n-1}$
8.  $n(n-1) \cdot 2^{n-2}$
9.  $n \cdot 2^{n-1} + n(n-1) \cdot 2^{n-2}$
10.  $\frac{2^{n+1} - 1}{n+1}$

11.  $\frac{1}{n+1}$

12.  $2^{n-1}$

13.

14.

15.

16.

17.  $\binom{2n}{n}$

18.  $\frac{n(n-1)(n-2)}{2} \cdot 2^{n-3}$  Zdroj: <http://www.dcs.fmph.uniba.sk/~kompisova/uktg1819/du/du02-ries>