

## Транснеравенство

Если  $a_1 \geq \dots \geq a_n$ ,  $b_1 \geq \dots \geq b_n$  и  $\{i_1, \dots, i_n\} = \{1, \dots, n\}$ , то

$$a_1 b_1 + \dots + a_n b_n \geq a_1 b_{i_1} + \dots + a_n b_{i_n} \geq a_1 b_n + \dots + a_n b_1.$$

1.  $a, b, c$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$a \cdot 2^a + b \cdot 2^b + c \cdot 2^c \geq a \cdot 2^b + b \cdot 2^c + c \cdot 2^a.$$

2.  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$\frac{x_1^2}{x_2} + \frac{x_2^2}{x_3} + \frac{x_3^2}{x_4} + \frac{x_4^2}{x_5} + \frac{x_5^2}{x_1} \geq x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5.$$

3.  $a, b, c$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$a + b + c \geq \frac{a(b+1)}{a+1} + \frac{b(c+1)}{b+1} + \frac{c(a+1)}{c+1}.$$

4. Пусть  $\{a_n\}$  — последовательность различных натуральных чисел. Докажите неравенство

$$\frac{a_1}{1^2} + \frac{a_2}{2^2} + \dots + \frac{a_n}{n^2} \geq 1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n}.$$

5. *Неравенство Чебышёва.* Докажите, что для чисел  $a_1 \geq \dots \geq a_n$ ,  $b_1 \geq \dots \geq b_n$  справедливо неравенство

$$n \cdot (a_1 b_1 + \dots + a_n b_n) \geq (a_1 + \dots + a_n) \cdot (b_1 + \dots + b_n) \geq n \cdot (a_1 b_n + \dots + a_n b_1).$$

6. Пусть  $a, b, c$  — стороны треугольника, а  $\alpha, \beta, \gamma$  — соответствующие углы того же треугольника. Докажите неравенство

$$\alpha a + \beta b + \gamma c \geq \frac{1}{2}(ab + \beta c + \gamma b + \alpha c + \beta a + \gamma a).$$

7. Для положительных  $a_i$  докажите неравенство.

$$\sum_{i < j} \sqrt{a_i a_j} \leq \frac{n-1}{2} \sum_{i=1}^n a_i.$$

8. Пусть  $a, b, c, d$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{4}{c} + \frac{16}{d} \geq \frac{64}{a+b+c+d}.$$

## Транснеравенство

Если  $a_1 \geq \dots \geq a_n$ ,  $b_1 \geq \dots \geq b_n$  и  $\{i_1, \dots, i_n\} = \{1, \dots, n\}$ , то

$$a_1 b_1 + \dots + a_n b_n \geq a_1 b_{i_1} + \dots + a_n b_{i_n} \geq a_1 b_n + \dots + a_n b_1.$$

1.  $a, b, c$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$a \cdot 2^a + b \cdot 2^b + c \cdot 2^c \geq a \cdot 2^b + b \cdot 2^c + c \cdot 2^a.$$

2.  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$\frac{x_1^2}{x_2} + \frac{x_2^2}{x_3} + \frac{x_3^2}{x_4} + \frac{x_4^2}{x_5} + \frac{x_5^2}{x_1} \geq x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5.$$

3.  $a, b, c$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$a + b + c \geq \frac{a(b+1)}{a+1} + \frac{b(c+1)}{b+1} + \frac{c(a+1)}{c+1}.$$

4. Пусть  $\{a_n\}$  — последовательность различных натуральных чисел. Докажите неравенство

$$\frac{a_1}{1^2} + \frac{a_2}{2^2} + \dots + \frac{a_n}{n^2} \geq 1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n}.$$

5. *Неравенство Чебышёва.* Докажите, что для чисел  $a_1 \geq \dots \geq a_n$ ,  $b_1 \geq \dots \geq b_n$  справедливо неравенство

$$n \cdot (a_1 b_1 + \dots + a_n b_n) \geq (a_1 + \dots + a_n) \cdot (b_1 + \dots + b_n) \geq n \cdot (a_1 b_n + \dots + a_n b_1).$$

6. Пусть  $a, b, c$  — стороны треугольника, а  $\alpha, \beta, \gamma$  — соответствующие углы того же треугольника. Докажите неравенство

$$\alpha a + \beta b + \gamma c \geq \frac{1}{2}(ab + \beta c + \gamma b + \alpha c + \beta a + \gamma a).$$

7. Для положительных  $a_i$  докажите неравенство.

$$\sum_{i < j} \sqrt{a_i a_j} \leq \frac{n-1}{2} \sum_{i=1}^n a_i.$$

8. Пусть  $a, b, c, d$  — положительные числа. Докажите неравенство

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{4}{c} + \frac{16}{d} \geq \frac{64}{a+b+c+d}.$$