

RAVNOVEŠJE TOGEGA TELES

1. UVOD

Za ravnovesje togega telesa morata biti izpolnjena dva pogoja:

1. Vsota vseh zunanjih sil mora biti nič
2. Vsota navorov zunanjih sil mora biti nič

2. NALOGA

Opazuj ravnovesje lesene palice v različnih legah!

3. POTREBŠČINE

- palica
- silomer (2)
- meter
- geotrikotnik

4. POTEK DELA, MERITVE, RAČUNI

A

Palico na levi strani sva pridržala tako, da se lahko vrti okrog krajišča. Na desnem krajišču sva jo vlekla s silomerom pravokotno na palico tako, da se je ravno še dotikala tal (se še ni dvignila). Izmerila sva silo ter rezultat meritve preverila še računsko. Manjkajoče količine za izračun sva izmerila. Izračunala sva silo v osi.

Palico sva dvigovala okrog osi tako, da sva vlekla silomer še vedno navpično navzgor. Silo, s katero sva vlekla, sva izmerila ter jo izračunala pri kotih 30° in 45° .

φ	F
0°	3,6 N
30°	3,5 N
45°	3,5 N



- **$\delta = 0^\circ$**
(izmerjena sila: $F_S = 3,6\text{N}$)

$$r_G = \frac{d}{2}$$

$$r_S = d$$

SILA (izračunana):

$$M_G = M_S$$

$$F_G \cdot r_G = F_S \cdot r_S$$

$$F_S = \frac{F_G \cdot r_G}{r_S} = \frac{7 \text{ N} \cdot 32,5 \text{ cm}}{65 \text{ cm}} = 3,5 \text{ N}$$

Pri izračunu sile v osi velja, da mora biti vsota seh zunanjih sil enaka nič:

$$F_G = F_0 + F_S \rightarrow F_0 = 3,5 \text{ N}$$

2.

$$\cos \delta = \frac{r_G}{\frac{d}{2}} \rightarrow r_G = \frac{\cos \delta \cdot d}{2} \quad \cos \delta = \frac{r_S}{d} \rightarrow r_S = \cos \delta \cdot d$$

SILA V OSI za oba primera: $F_G = F_0 + F_S \rightarrow F_0 = 3,5 \text{ N}$

- **$\delta = 30^\circ$**

SILA (izmerjena: $F_S = 3,5 \text{ N}$)

SILA (izračunana):

$$M_G = M_S$$

$$F_G \cdot r_G = F_S \cdot r_S$$

$$F_S = \frac{F_G \cdot \frac{\cos \delta \cdot d}{2}}{\cos \delta \cdot d} = \frac{F_G}{2} = \frac{7 \text{ N}}{2} = 3,5 \text{ N}$$

- **$\delta = 45^\circ$**

SILA (izmerjena): $F_s = 3,5\text{N}$

SILA (izračunana):

$$M_G = M_S$$
$$F_s = \frac{F_G}{2} = \frac{7\text{N}}{2} = 3,5\text{N}$$

Če vlečemo silomer navpično navzgor, je sila, s katero vlečemo palico, neodvisna od kota in vedno enaka. Izračunane vrednosti in izmerjene vrednosti so skoraj povsem enake, tako da sva vajo naredila zelo natančno.

B

Palico sem dvigoval okrog osi tako, da je bil silomer ves čas pravokoten na palico (delovni list, skica 3). Izmeril sem silo pri kotih 30° in 60° . Silo sem tudi izračunal.

φ	F
30°	3,1 N
60°	1,9 N



$$r_s = d$$

$$r_G = \frac{\cos \delta \cdot d}{2}$$

- **$\delta = 30^\circ$**

SILA (izmerjena): $F_s = 3,1\text{ N}$

SILA (izračunana):

$$M_G = M_S$$
$$F_G \cdot r_G = F_s \cdot r_s$$
$$F_s = \frac{F_G \cdot r_G}{r_s} = \frac{7\text{N} \cdot \frac{\cos \delta \cdot d}{2}}{d} = \frac{7\text{N} \cdot \cos 30^\circ}{2} = 3,03\text{N}$$

- **$\delta = 60^\circ$**

SILA (izmerjena): $F_s = 3,1\text{ N}$

SILA (izračunana):

$$\begin{aligned}M_G &= M_S \\F_G \cdot r_G &= F_S \cdot r_S \\F_S &= \frac{F_G \cdot r_G}{r_S} = \frac{7 \text{ N} \cdot \frac{\cos \delta \cdot d}{2}}{d} = \frac{7 \text{ N} \cdot \cos 60^\circ}{2} = 1,75 \text{ N}\end{aligned}$$

• **SILA**
V
OSI:

Za izračun sile v osi, razstavimo silo F_0 in F_s na komponente:

$$\begin{aligned}F_{0X} &= F_{SX} \\ \rightarrow F_{SX} &\rightarrow \cos(90^\circ - \delta) = \frac{F_{SX}}{F_S}\end{aligned}$$

X:

$$\begin{aligned}F_G &= F_{SY} + F_{0Y} \\ \rightarrow F_{SY} &\rightarrow \cos \delta = \frac{F_{SY}}{F_S}\end{aligned}$$

Y:

$\delta = 30^\circ$

$$\begin{aligned}F_0^2 &= F_{0X}^2 + F_{0Y}^2 \\ F_{0; } &= \sqrt{F_{0X}^2 + F_{0Y}^2} = \sqrt{(\cos 60^\circ \cdot F_S)^2 + (F_G - \cos 30^\circ \cdot F_S)^2} = \\ &= \sqrt{(\cos 60^\circ \cdot 3,03 \text{ N})^2 + (7 \text{ N} - \cos 30^\circ \cdot 3,03 \text{ N})^2} = 4,63 \text{ N}\end{aligned}$$

$\delta = 60^\circ$

$$\begin{aligned}F_0^2 &= F_{0X}^2 + F_{0Y}^2 \\ F_{0; } &= \sqrt{F_{0X}^2 + F_{0Y}^2} = \sqrt{(\cos 30^\circ \cdot F_S)^2 + (F_G - \cos 60^\circ \cdot F_S)^2} = \\ &= \sqrt{(\cos 30^\circ \cdot 1,75 \text{ N})^2 + (7 \text{ N} - \cos 60^\circ \cdot 1,75 \text{ N})^2} = 6,31 \text{ N}\end{aligned}$$

C

Silomer sva vpela za kaveljček ter izmerila in izračunala silo, s katero sva vlekla silomer pravokotno na palico, ta pa se ravno še ni dvignila (delovni list, skica 4). Meritve sva ponovila tudi pri drugem kaveljčku.

kaveljček	F
I.	5 N
II.	4,7 N



$r_{s1} = 40\text{cm}$

SILA (izmerjena): $F_{s1} = 5\text{N}$

SILA (izračunana):

$$\begin{aligned}M_G &= M_S \\F_G \cdot r_G &= F_{s1} \cdot r_{s1} \\F_{s1} &= \frac{F_G \cdot r_G}{r_{s1}} = \frac{7\text{N} \cdot 32,5\text{cm}}{40\text{cm}} = 5,7\text{N}\end{aligned}$$

$r_{s2} = 45\text{cm}$

SILA (izmerjena): $F_{s1} = 4,2\text{N}$

SILA (izračunana):

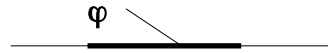
$$\begin{aligned}M_G &= M_S \\F_G \cdot r_G &= F_{s2} \cdot r_{s2} \\F_{s2} &= \frac{F_G \cdot r_G}{r_{s2}} = \frac{7\text{N} \cdot 32,5\text{cm}}{45\text{cm}} = 5,05\text{N}\end{aligned}$$

V tej nalogi so se prvič pojavila večja odstopanja med izmerjeno in izračunano silo. V primeru, ko je ročica dolga 40 cm, sta se vrednosti razlikovali za 0,7N, oziroma 14%, v drugem primeru, ko je dolžina ročice 45cm, pa za 0,75N, oziroma 20%. To je najverjetneje predvsem posledica nenatančnega silomera.

D

Silomer iz primera C sem vlekel pod kotom 30° glede na palico tako, da se ta ravno še ni dvignil (delovni list, skica 5). Izmeril sem silo in jo tudi izračunal.

φ	F
30°	10 N



$$\sin \alpha = \frac{r_s}{r_{s1}} \rightarrow r_s = \sin \alpha \cdot r_{s1} \rightarrow r_s = \sin 30^\circ \cdot 40 \text{ cm} = 0,5 \cdot 40 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

SILA (izmerjena): $F_{s1} = 10 \text{ N}$

SILA (izračunana):

$$\begin{aligned} M_G &= M_S \\ F_G \cdot r_G &= F_S \cdot r_s = \\ F_S &= \frac{F_G \cdot r_G}{r_s} = \frac{7 \text{ N} \cdot 32,5 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 11,38 \text{ N} \end{aligned}$$

5. KOMENTAR

Pri tej vaji sta bila glavna vzroka za pozneje dokazano napako pri merjenju dva. Prvi je bil merjenje sile s silomer, ki na žalost ni elektronsko, temveč je popolnoma odvisno od najine subjektivne ocene. Na skali do 10N pa se že desetinke newtona hitro spregledajo. Drugi vzrok je bilo merjenje kota z geotrikotnikom, pri čemer je bilo zopet na naju, da kar se da natančno zadeneva točen kot. Samoumevno je, da je pri takem merjenju vse, kar je na stopinjo natančno, že lep uspeh. Ne glede na to so rezultati kar točni, vsaj pri prvih primerih.