

Vaja 32: Skopljeno nihalo

Matevž Demšar

Januar 2024

Opis. Pri vaji opazujemo nihanje skopljenega nihala, torej dveh med seboj z vzmetjo povezanih nihali, ki med nihanjem vplivata eden na drugega.

Uvodne meritve. Najprej moramo izmeriti dolžini (d), masi ($m_p + m_u$) ter nihajna časa (t_0) nihala, koeficient vzmeti (k), ki ju povezuje in oddaljenost prijemališč vzmeti od osi nihala (d_0).

Nihalo 1:

$$t_0 = 1,85 \text{ s}$$

$$d = 96,5 \text{ cm}$$

$$d_0 = 20,0 \text{ cm}$$

$$m_p = 204 \text{ g}$$

$$m_u = 1026 \text{ g}$$

Nihalo 2:

$$t_0 = 1,85 \text{ s}$$

$$d = 97,0 \text{ cm}$$

$$d_0 = 20,2 \text{ cm}$$

$$m_p = 202 \text{ g}$$

$$m_u = 1023 \text{ g}$$

Vzmet:

$F[N]$	$\Delta x[cm]$
0,5	2,0
1,0	4,0
1,5	6,0
2,0	8,0

$$k = 0,25 \text{ N/cm} \pm 0,01 \text{ N/cm}$$

$$k = 25 \text{ N/m} \pm 1 \text{ N/m}$$

Sklopljeno nihanje. Sklopljeno nihanje lahko merimo na tri načine: Nihali lahko zanihamo v isto smer, v nasprotnih smereh ali pa pustimo eno nihalo v mirovanju in zanihamo drugega. Na vsak način bomo opravili pet meritev nihajnega časa.

Način 1. Obe nihali zanihamo v isto smer. Pričakujemo lahko, da nihali ne bosta znatno vplivali eno na drugega, saj se vzmet ne razteguje ali krči. Za večjo natančnost meritve bomo izmerili čas, potreben za 40 nihajev.

$$t_1 = 74,96 \text{ s}$$

$$t_2 = 74,15 \text{ s}$$

$$t_3 = 75,78 \text{ s}$$

$$t_4 = 74,05 \text{ s}$$

$$t_5 = 74,05 \text{ s}$$

$$\overline{t_{01}} = 1,86 \text{ s}$$

$$\omega = 3,39 \text{ s}^{-1}$$

Način 2. Nihali zanihamo v nasprotni smeri. Ponovno izmerimo čas, potreben za 40 nihajev.

$$t_1 = 67,08 \text{ s}$$

$$t_2 = 67,11 \text{ s}$$

$$t_3 = 67,09 \text{ s}$$

$$t_4 = 67,11 \text{ s}$$

$$t_5 = 67,98 \text{ s}$$

$$\overline{t_{02}} = 1,68 \text{ s}$$

$$\omega = 3,75 \text{ s}^{-1}$$

Način 3. Eno od nihali pridržimo v ravnovesni legi, drugega pa zanihamo. Petkrat izmerimo čas 20 nihajev, nato izmerimo še utripno frekvenco.

$$t_1 = 37,06 \text{ s}$$

$$t_2 = 36,81 \text{ s}$$

$$t_3 = 37,00 \text{ s}$$

$$t_4 = 36,99 \text{ s}$$

$$t_5 = 36,87 \text{ s}$$

$$\overline{t'_0} = 1,87 \text{ s}$$

$$\omega' = 3,36 \text{ s}^{-1}$$

Izmerimo še frekvenco utripanja oziroma frekvenco nihanja maksimalne amplitude posameznega nihala. Opravimo štiri meritve, vsako nihalo zanihamo po dvakrat. Za večjo natančnost izmerimo čas petih utripov.

Nihalo 1	Nihalo 2
$T_1 = 93,30 \text{ s}$	$T_1 = 92,73 \text{ s}$
$T_2 = 92,99 \text{ s}$	$T_2 = 92,69 \text{ s}$
$\overline{T_u} = 18,63 \text{ s}$	$\overline{T_u} = 18,54 \text{ s}$
$\overline{w_u} = 0,33 \text{ s}^{-1}$	$\overline{w_u} = 0,34 \text{ s}^{-1}$

Izračuni. Na podlagi lastnosti nihala in vzmeti lahko rezultate merjenj predvidimo tudi računsko.

$$D = mgd$$

Pri čemer je d dolžina palice.

$$D_1 = 1,230 \text{ kg} \times 9,81 \text{ ms}^{-2} \times 0,965 \text{ m}$$

$$D_1 = 11,6 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$$

$$D_2 = 1,225 \text{ kg} \times 9,81 \text{ ms}^{-2} \times 0,970 \text{ m}$$

$$D_2 = 11,7 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$$

$$D' = kr^2$$

Pri čemer je k koeficient vzmeti in r razdalja med osjo nihala in prijemališčem vzmeti.

$$D'_1 = 25 \text{ kgs}^{-2} \times (0,200 \text{ m})^2$$

$$D'_1 = 1,0 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$$

$$D'_2 = 25 \text{ kgs}^{-2} \times (0,202 \text{ m})^2$$

$$D'_2 = 1,0 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$$

$$\begin{aligned}
t_0 &= 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}} \\
J &= \frac{t_0^2 \times D}{4\pi^2} \\
J_1 &= \frac{3,42 \text{ s}^2 \times 11,64 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}}{9,81 \text{ ms}^{-2}} \\
J_1 &= 1,0 \text{ kgm}^2 \\
J_2 &= \frac{3,42 \text{ s}^2 \times 11,66 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}}{9,81 \text{ ms}^{-2}} \\
J_2 &= 1,0 \text{ kgm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_1 &= 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}} \\
t_1 &= 1,85 \text{ s} \\
\omega_1 &= \sqrt{\frac{D}{J}} \\
\omega_1 &= 3,39 \text{ s} \\
\omega_2 &= \sqrt{\frac{D + 2D'}{J}} \\
\omega_2 &= \sqrt{\frac{11,65 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2} + 2 \times 1,01 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}}{1,01 \text{ kgm}^2}} \\
\omega_2 &= 3,67 \text{ s}^{-1} \\
t_2 &= 1,70 \\
\omega' &= \frac{w_1 + w_2}{2} \\
\omega' &= 3,53 \text{ s}^{-1} \\
t' &= 1,78 \text{ s} \\
T_u &= \frac{2\pi}{w_2 - w_1} \\
T_u &= \frac{2\pi}{0,28 \text{ s}^{-1}} \\
T_u &= 22,44 \text{ s} \\
\omega_u &= 0,27 \text{ s}^{-1}
\end{aligned}$$

	Izračunano	Izmerjeno
t_1	1,85	1,86
t_2	1,70	1,68
t'	1,78	1,87
T	22,44	18,69
ω_1	3,39	3,39
ω_2	3,67	3,75
ω'	3,53	3,36
ω_u	0,27	0,34

Faktor slopitve.

$$K = \frac{D'}{D + D'} = \frac{1 - (w_1/w_2)^2}{1 + (w_1/w_2)^2}$$

$$\frac{D'}{D + D'} = \frac{1,01}{11,65 + 1,01}$$

$$\frac{D'}{D + D'} = 0,08$$

$$\frac{1 - (w_1/w_2)^2}{1 + (w_1/w_2)^2} = \frac{1 - (3,39/3,75)^2}{1 + (3,39/3,75)^2}$$

$$\frac{1 - (w_1/w_2)^2}{1 + (w_1/w_2)^2} = 0,10$$

Zapis rezultata z napako. Do merskih napak je lahko prišlo pri merjenju vrednosti t_0, d, d_0, m_p ali m_u . Njihove vrednosti ocenimo na:

$$\Delta d = \pm 1 \text{ cm}$$

$$\Delta d_0 = \pm 1 \text{ cm}$$

$$\Delta m_p = \pm 1 \text{ g}$$

$$\Delta m_u = \pm 1 \text{ g}$$

Napaka pri merjenju t_0 je v primerjavi z ostalimi napakami zanemarljiva.

Predvidimo lahko napako ostalih vrednosti:

$$\Delta D_1 = \pm 1,4 \text{ } kgm^2s^{-2}$$

$$\Delta D_2 = \pm 1,4 \text{ } kgm^2s^{-2}$$

$$\Delta D'_1 = \pm 0,1 \text{ } kgm^2s^{-2}$$

$$\Delta D'_2 = \pm 0,1 \text{ } kgm^2s^{-2}$$

$$\Delta J = 0,1 kgm^2s^{-2}$$

$$t_1 = 1,8 \text{ } s \pm 0,37 \text{ } s$$

$$t_2 = 1,7 \text{ } s \pm 0,37 \text{ } s$$

$$t' = 1,8 \text{ } s \pm 0,90 \text{ } s$$

$$T_u = 20 \text{ } s \pm 115,3 \text{ } s$$

Zaključek. Izmerjeni nihajni časi in krožne frekvence se niso vedno ujemale s predvidenimi. Najbolj je odstopala vrednost T_u , a tudi to odstopanje je v okviru merske napake.