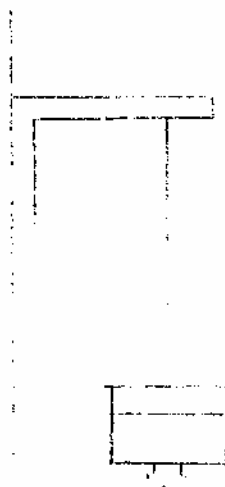


Tallinna Tehnikaülikool

Füüsikainstituut

Üliõpilane: <input type="text"/>	Teostatud: <input type="text"/>
Õpperühm: <input type="text"/>	Kaitstud: <input type="text"/>
Töö nr. 12 ¹³	OT allkiri: <input type="text"/>
NIHKEMOODUL	
Töö eesmärk: Traadi nihkemooduli määramine keeravõnkumisel	Töövahendid: Keerdpendel, lisaraskus, nihik, kruvik, ajamõõtja, tehnilised kaalud

Skeem



mille inertsimoment J avaldatakse valega:

$J = \frac{1}{2} m(r_1^2 + r_2^2)$, kus m on ketta mass, r_1 - ketta välis-
rajo raadius, r_2 - ketta sis- raadius. Süsteemi inerti-
moment ketta liikumisel avaldub naga $J_2 = J_1 + \frac{1}{2} m(r_1^2 + r_2^2)$
kus J_1 on niisama inertsimoment lihtkettale.

Näemeit $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{J_1}{J_2}$ ja $J_2 = J_1 + \frac{1}{2} m(r_1^2 + r_2^2)$ järgneb
 $J_1 = \frac{m T_1^2 (r_1^2 + r_2^2)}{2(T_2^2 - T_1^2)}$.

Asetatades saadud avaldised valemisse $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{g}}$ saadakse

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{g}} = 2\pi T_1 \sqrt{\frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2(T_2^2 - T_1^2)g}} \quad \text{millest}$$

$$g = \frac{2\pi^2 m(r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)}$$

$$\text{Nihkemoodul avaldatakse valemiga: } G = \frac{2\pi^2}{T_1 r^4} =$$

$$= \frac{4\pi^2 m(r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)}$$

4. TÖÖ KÄIK.

1) Määrake ketta raadius r . Selleks mõõtki ketta
töömööd α kruurkuga kolmest kohast (igast kohast kolm
ristmikis). Ketta pikkus L on antud töökojal. Tulemused
kandke tabelisse.

4.2. Töötamise teise seadmega

2) Määrake ketta pöörumise periood T_1 juhtude ja poolt antud
 n täispöörde aja kaudu, kui ketta pöörates ainult
põhiketas (sõnitaot välisem ketas). Tulemused kandke
tabelisse.

3) Mõõtki lennuketta ja tema aia töömöödud D_1 ja D_2
ning mass m .

4) Asetae lisaketas põhikettale ja määrake periood T_2

5) Arvutage nihkemoodul ja tema niga

TRAADI LÄBIMÕÖT

$$L = 1,25 \pm 0,0003 \text{ m}$$

KATSE NR.	$d, \text{ mm}$	$d - \bar{d}, \text{ mm}$	$(d - \bar{d})^2, \text{ mm}^2$
1	1,22	+0,05	0,0025
2	1,00	-0,17	0,0289
3	1,20	0,03	0,0009
4	1,19	0,02	0,0004
5	1,20	0,03	0,0009
6	1,20	0,03	0,0009

$$\bar{d} = 1,17$$

$$0,0345$$

$$d = 1,17 \pm 0,09 \text{ mm}$$

KATSE NR.	PÕHIKETA			PÕHIKETA + LISAKETA		
	n	$t_1, \text{ s}$	$T_1, \text{ s}$	n	$t_2, \text{ s}$	$T_2, \text{ s}$
1	20	37,52	1,876	20	63,11	3,1555
2	20	35,50	1,775	20	65,91	3,2955
3	20	38,33	1,9165	20	61,66	3,083
4	20	36,24	1,812	20	62,47	3,1235
5	20	38,36	1,918	20	62,42	3,121
		$\bar{t}_1 = 37,19$	$\bar{T}_1 = 1,8595$		$\bar{t}_2 = 63,114$	$\bar{T}_2 = 3,1557$
		$\Delta \bar{t}_1 = 0,97$	$\Delta \bar{T}_1 = 0,0485$		$\Delta \bar{t}_2 = 2,1$	$\Delta \bar{T}_2 = 0,105$



Lisaketas: $m = 613 \text{ g}$

$$\Delta m = \frac{2 \cdot 0,5}{3} = 0,3$$

$$m = 613 \pm 0,3 \text{ g}$$

$$D_1 = 15,0 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$D_2 = 4,7 \text{ mm} = 0,0047 \text{ m}$$

$$\bar{t}_1 = 37,19 \text{ s}$$

$$\Delta t_{1, \text{juh}} = 2,8 \sqrt{\frac{\sum (t_1 - \bar{t}_1)^2}{n(n-1)}} = 2,8 \sqrt{\frac{6,536}{20}} = 0,915$$

$$\Delta t_{1, \text{sis}} = 2,0 \frac{0,5}{3} = 0,33$$

$$\Delta t_1 = \sqrt{0,915^2 + 0,33^2} = 0,97$$

$$t_1 = 37,19 \pm 1,05$$

$$\bar{t}_2 = 63,114$$

$$\Delta t_{2, \text{juh}} = 2,8 \sqrt{\frac{10,828}{20}} = 2,06$$

$$\Delta t_{2, \text{sis}} = 0,33$$

$$\Delta t_2 = \sqrt{2,06^2 + 0,33^2} = 2,1$$

$$t_2 = 63,11 \pm 2,1 \text{ s}$$

$$\Delta T_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial T_1}{\partial t_1} \Delta t_1\right)^2}$$

$$T_1 = \frac{t_1}{n}$$

$$\Delta T_1 = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \Delta t_1\right)^2}$$

$$\Delta T_1 = \frac{1}{20} \cdot 1 = 0,05$$

$$\Delta T_2 = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \Delta t_2\right)^2}$$

$$\Delta T_2 = \frac{1}{20} \cdot 2,1 = 0,105$$

$$T_1 = 1,86 \pm 0,05 \text{ s}$$

$$T_2 = 3,16 \pm 0,11 \text{ s}$$

... Traadi läbimõõt ja raadius

$$1) \quad r = \frac{d}{2}$$

$$r_1 = \frac{1,22}{2} = 0,61$$

$$2) \quad r_2 = \frac{1,0}{2} = 0,5$$

$$3) \quad r_3 = \frac{1,20}{2} = 0,6$$

$$4) \quad r_4 = \frac{1,19}{2} = 0,595$$

$$5) \quad r_5 = \frac{1,20}{2} = 0,6$$

$$6) \quad r_6 = \frac{1,20}{2} = 0,6$$

$$\bar{r} = 0,5825 \text{ mm}$$

$$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \Delta d\right)^2} = 0,045$$

$$r = 0,58 \pm 0,05 \text{ mm}$$

Nihkemoodul: $G = \frac{4\pi L M (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)}$

$$L = 1,25 \text{ m} \quad M = 0,613 \quad r = 0,58 \text{ (traadi raadius)} = 0,00058 \text{ m}$$

$$r_1 = \frac{0,45}{2} - 0,0047 = 0,0703 \text{ m (ketta välisema raadius)}$$

$$r_2 = \frac{0,0047}{2} = 0,00235 \text{ m (ketta auk raadius)}$$

$$G_1 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot \overset{0,613}{M} (0,0703^2 + 0,00235^2)}{(0,00058)^4 (3,1565^2 - 1,876^2)} = 6,5 \cdot 10^{10} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$G_2 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot \overset{0,613}{M} (0,0703^2 - 0,00235^2)}{(0,00058)^4 (3,2955^2 - 1,775^2)} = 5,5 \cdot 10^{10}$$

$$G_3 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot \overset{0,613}{M} (0,0703^2 - 0,00235^2)}{(0,00058)^4 (3,083^2 - 1,9165^2)} = 7,2 \cdot 10^{10}$$

$$G_4 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot 0,613 (0,0703^2 - 0,00235^2)}{(0,00058)^2 (3,1235^2 - 1,812^2)} = 6,5 \cdot 10^{10}$$

$$G_5 = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 1,25 \cdot 0,613 (0,0703^2 - 0,00235^2)}{(0,00058)^2 (3,1235^2 - 1,812^2)} = 6,9 \cdot 10^{10}$$

~~Teada lähimäär:~~

~~$$1) \Delta d_j = 2,6 \cdot \sqrt{0,0025/30} = 0,0232$$~~

~~$$\Delta d_s = 2,0 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{3} = 0,0013$$~~

~~$$\Delta d_1 = \sqrt{(0,0013)^2 + (0,0232)^2} = 0,02$$~~

~~$$2) \Delta d_j = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{0,0289}{30}} = 0,08076$$~~

~~$$\Delta d_s = 0,0013$$~~

Teada lähimäär

$$\Delta d_j = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{0,0345}{30}} = 0,088$$

$$\Delta d_s = 2,0 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{3} = 0,0013$$

$$\Delta d = \sqrt{0,0013^2 + 0,088^2} = 0,088$$

$$d = 1,17 \pm 0,09 \text{ mm}$$

$$G = \frac{4\pi L m (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)}$$

$$\frac{\partial G}{\partial r_1} = \frac{8\pi L m r_1}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta r_1$$

$$\frac{\partial G}{\partial r} = \frac{-4(4\pi L m r_1^2 + 4\pi L m r_2^2)}{r^5 (T_2^2 - T_1^2)} =$$

$$\frac{\partial G}{\partial r_2} = \frac{8\pi L m r_2}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta r_2$$

$$= \frac{-16\pi L m (r_1^2 + r_2^2)}{r^5 (T_2^2 - T_1^2)}$$

$$\frac{\partial G}{\partial T_1} = - \frac{4\pi L m (r_1^2 + r_2^2) (-2r^4 T_1)}{(T_2^2 r^4 - T_1^2 r^4)^2} \cdot \Delta T_1$$

$$\frac{\partial G}{\partial T_2} = - \frac{4\pi L m (r_1^2 + r_2^2) (2r^4 T_2)}{(T_2^2 r^4 - T_1^2 r^4)^2} \cdot \Delta T_2$$

$$\frac{\partial G}{\partial m} = \frac{4\pi L (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta m$$

$$\frac{\partial G}{\partial L} = \frac{4\pi m (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta L$$

$$\Delta G = \sqrt{\left(\frac{8\pi L m r_1}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \Delta r_1\right)^2 + \left(\frac{8\pi L m r_2}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \Delta r_2\right)^2 + \left(\frac{-16\pi L m (r_1^2 + r_2^2)}{r^5 (T_2^2 - T_1^2)} \Delta r\right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{-4\pi L m (r_1^2 + r_2^2) (2r^4 T_2)}{(T_2^2 r^4 - T_1^2 r^4)^2} \Delta T_2\right)^2 + \left(\frac{-4\pi L m (r_1^2 + r_2^2) (-2r^4 T_1)}{(T_2^2 r^4 - T_1^2 r^4)^2} \Delta T_1\right)^2 +$$

$$+ \left(\frac{4\pi L (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{4\pi m (r_1^2 + r_2^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \Delta L\right)^2}$$

$$\Delta G = \sqrt{3,0214 \cdot 10^{18} + 3,376 \cdot 10^{16} + 4,7473 \cdot 10^{20} + 4,2984 \cdot 10^{19} + 3,18 \cdot 10^{18} +$$

$$+ 9,957 \cdot 10^{10} + 2,395 \cdot 10^{14}} = \sqrt{5,9629 \cdot 10^{20}} = 2,4 \cdot 10^{10}$$

$$\bar{G} = 6,52 \cdot 10^{10}$$

$$G = 6,52 \pm 2,4 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^{-2}$$

Järeldus: Leidnin kraadi nihkemooduli kind-
võrkumisel. See langeb enam-vähem kokku (sarnas-
muusjõuku) korretiline tihane nihkemooduliga

$$G = (0,8 \div 0,9) \cdot 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$