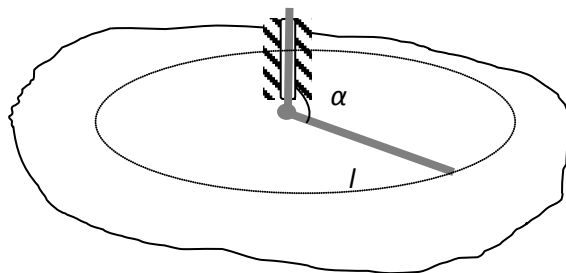


9-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
5-oji užduotis Nr. FT9-5 / 2015 10 13 – 2015 11 09

Sukis, strype, sukis!

Sąlyga / FT9-5 ▼

Prie vertikalios ašies lankstu pritvirtintas plonas strypas, kurio kitas galas remiasi į šiurkštų horizontalų paviršių. Lankstas leidžia laisvai keistis kampui α . Strypo ilgis $l = 30$ cm, jo masė $m = 35$ g, kampas $\alpha = 130^\circ$, trinties koeficientas tarp strypo ir paviršiaus $\mu = 0,3$.



- 1) Kokiu mažiausiu jėgos momentu veikiant ašį strypas pradės sukstis?
- 2) Kokiu kampiniu pagreičiu pradės sukstis strypas, ašį veikiant jėgos momentu $M = 0,015$ Nm?
- 3) Kokiose ribose keisis strypo kampinis pagreitis, veikiant nurodytam jėgos momentui?

Užduotį parengė mokyklos „Fizikos olimpas“ steigėjų tarybos narys, ilgametis mokyklos direktorius (11 m.) ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo spręsti ir jų sprendimų vertinimo komisijos pirmininkas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2015 10 13.

Aiškinamasis sprendimas / FT9-5 ▼

Nejudantį strypą veikia sunkio jėga mg , paviršiaus reakcijos jėga N ir lanksto reakcijos jėga N' . Akivaizdu, jog $N = N' = mg/2$. Maksimali trinties jėga $F_{tr} = \mu mg/2$. Strypas pradės sukstis, kai ašį veikiantis jėgos momentas M_{min} bus didesnis už trinties jėgos sukurtą jėgos momentą:

$$M_{min} > \mu \frac{mg}{2} l \sin(\pi - \alpha),$$

$$M_{min} = 0,3 \frac{0,035 \cdot 9,8}{2} 0,3 \sin 50^\circ, \quad M_{min} = 0,012 \text{ N.}$$

Ieškomasis kampinis pagreitis

$$\varepsilon = \frac{M - M_{min}}{I_\alpha}.$$

Čia I_α – strypo inercijos momentas sukimosi ašies atžvilgiu,

$$I_\alpha = \frac{ml^2 \sin^2(\pi - \alpha)}{3} = 0,000616 \text{ kg m}^2.$$

Tada

$$\varepsilon = \frac{M - \mu \frac{mg}{2} l \sin(\pi - \alpha)}{\frac{ml^2 \sin^2(\pi - \alpha)}{3}},$$

$$\varepsilon = \frac{0,015 - 0,3 \frac{0,035 \cdot 9,8}{2} 0,3 \sin 50^\circ}{\frac{0,035 \cdot 0,3^2 \sin^2 50^\circ}{3}} = 4,87 \text{ (s}^{-2}\text{)}.$$

Strypui sukantis atsiranda išcentrinė jėga, kuri mažina strypo prispaudimo prie paviršiaus jėgą, stabdančią strypo sukimąsi. Todėl strypo kampinis pagreitis didėja nuo nustatyto antroje užduotyje ε iki ε_{max} , kai išcentrinė jėga pilnai kompensuoja sunkio jėgą esant kampui α :

$$\varepsilon_{max} = \frac{M}{I_\alpha} = \frac{M}{\frac{ml^2 \sin^2(\pi - \alpha)}{3}}, \quad \varepsilon_{max} = \frac{0,015}{\frac{0,035 \cdot 0,3^2 \sin^2 50^\circ}{3}} = 24,4 \text{ (s}^{-2}\text{)}.$$

Toliau didėjant sukimosi greičiui strypo galas pakyla virš paviršiaus, kampas α mažėja, todėl didėja strypo inercijos momentas ir mažėja kampinis pagreitis, mažiausia vertė atitinka $\alpha = \pi/2$. Patikriname, ar kampinis pagreitis netampa mažesniu už aukščiau nustatytą ε .

$$\varepsilon' = \frac{M}{I_{\frac{\pi}{2}}} = \frac{M}{\frac{ml^2}{3}}, \quad \varepsilon' = \frac{0,015}{\frac{0,035 \cdot 0,3^2}{3}} = 14,3 \text{ (s}^{-2}\text{)}.$$

Matome, kad $\varepsilon < \varepsilon'$. Taigi, kampinis pagreitis kinta nuo $\varepsilon_{min} = \varepsilon = 4,87 \text{ s}^{-2}$ iki

$$\varepsilon_{max} = 24,4 \text{ s}^{-2}.$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT9-5 ▼

Su pirmąja užduoties dalimi dauguma sprendusiųjų susitvarkė. Antroje užduoties dalyje ne visi naudojo sukamojo judėjimo dinamiką ir strypo inercijos momentą. Tik du sprendėjai pateikė pilną strypo sukimosi dinamikos tyrimą: kampinis pagreitis didėja, pasiekia maksimumą, mažėja, bet nepasiekia pradinės vertės.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT9-5 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Jėgos momentas, kuriam veikiant strypas pradės sukintis	2
2.	Strypo inercijos momentas sukimosi ašies atžvilgiu	2
	Kampinis pagreitis, ašį veikiant jėgos momentu $M = 0,015 \text{ Nm}$	2
3.	Maksimalus kampinis pagreitis, kai išcentrinė jėga kompensuoja sunkio jėgą	2
	Kampinis pagreitis, esant maksimaliam inercijos momentui	2
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
5.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 25.