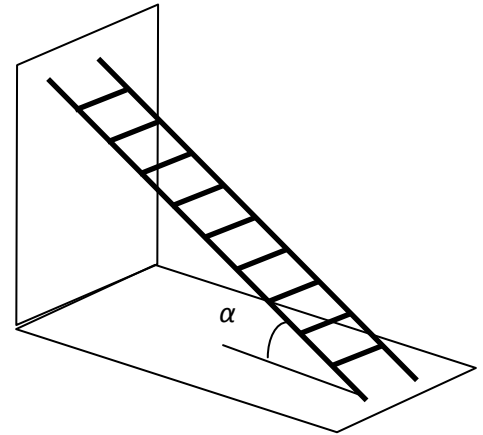


8-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
4-oji užduotis Nr. FT8-4 / 2014 09 12 – 2014 10 09

Sąlyga / FT8-4 ▼

Kopėčios prie sienos: slysti ar neslysti?

Kopėčios, kurių masė $m = 5$ kg, o ilgis $l = 4$ m, turi 9 skersinius, vienodai paskirstytus išilgai kopėčių. Skersinių masė sudaro 20 % visos kopėčių masės. Kopėčios atremtos į sieną, kaip parodyta paveiksle. Trinties koeficientas tarp kopėčių ir grindų bei sienos $\mu = 0,3$. Kopėčias pakopas sudarančių skersinių strypų storis yra mažas.



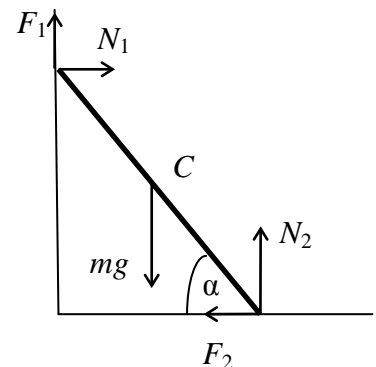
- 1) Kokiam mažiausiam kampui α esant atremtos kopėčios nejudės?
- 2) Kopėčios atremiamos į sieną esant $\alpha = 45^\circ$ ir paleidžiamos be pradinio greičio. Koku pagreičiu pradės judėti kopėčių masės centras?

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2014 09 12.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT8-4 ▼

- 1) Pav. 1 pateiktos kopėčias veikiančios jėgos: masės centrą C veikia sunkio jėga mg , viršutinį galą – sienos reakcijos jėga N_1 ir jos sukurta trinties jėga $F_1 = \mu N_1$, apatinį – grindų reakcijos jėga N_2 ir jos sukurta trinties jėga $F_2 = \mu N_2$. Kad kopėčios nejudėtų, jas veikiančių jėgų ir jėgos momentų sumos turi būti nuliai. Imame jėgos momentą apatinio taško atžvilgiu.



Pav. 1

$$\frac{l}{2} mg \cos \alpha = l(N_1 \sin \alpha + F_1 \cos \alpha)$$

$$N_1 = \frac{mg \cos \alpha}{2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

Veikiančios jėgos duoda

$$\begin{aligned} N_1 &= F_2 \\ mg &= N_2 + F_1, \end{aligned}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \mu$$

$$N_2 = \frac{mg(2 \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

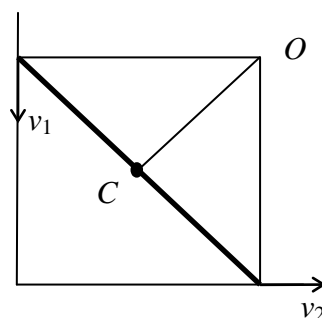
$$\tan \alpha = \frac{1 - \mu^2}{2\mu}, \quad \alpha = 56,6^\circ.$$

- 2) Paleistų kopėčių galai slysi siena ir grindimis, jų greičiai (ir pagreičių kryptys) pavaizduoti pav. 2. Taigi, kopėčios kaip kietas kūnas sukis apie momentinį sukimosi centrą O .
Kampinis pagreitis

$$\varepsilon = \frac{M_O}{I_O},$$

čia M_O – kopėčias veikiantis jėgos momentas taško O atžvilgiu, I_O – kopėčių inercijos momentas taško O atžvilgiu.

$$M_O = \frac{mgl\sqrt{2}}{4} - \frac{(F_1 + F_2)l}{\sqrt{2}}.$$



Pav. 2

Kadangi

$$F_1 = F_2 = \frac{\mu mg}{2},$$

Gauname

$$M_O = \frac{mgl(1-2\mu)}{2\sqrt{2}}.$$

Kopėčių inercijos momentas taško O atžvilgiu

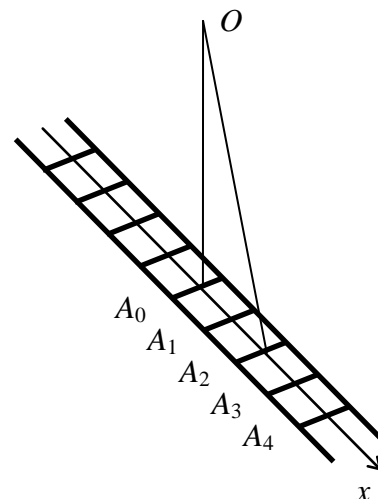
$$I_O = 2 \int_0^{\frac{l}{2}} \frac{0,8m}{l} (x^2 + (l/2)^2) dx + \frac{0,2m}{9} [(A_0O)^2 + 2(A_1O)^2 + 2(A_2O)^2 + 2(A_3O)^2 + 2(A_4O)^2] = 0,301ml^2.$$

Tada

$$\varepsilon = \frac{mgl(1-2\mu)}{2\sqrt{2} \cdot 0,301ml^2} = \frac{0,47g}{l},$$

o kopėčių masės centro pagreitis

$$a = \frac{\varepsilon l}{2} = 0,235g = 2,3 \frac{m}{s^2}.$$



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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2016 04 07.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT8-4 ▼

- 1) Pirmąją užduotį dauguma sprendusiųjų išsprendė teisingai.
- 2) Nė vienas sprendusiųjų tiksliai užduoties neišsprendė. Daugelis nesuvokė, kad reikia nagrinėti kopėčių ir slenkamąjį, ir sukamąjį judėjimą, o paprasčiausiai tai padaryti nagrinėjant sukimąsi apie momentinį sukimosi centrą.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2016 04 07.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT8-4 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1	Patekti kopėčias veikiančių jėgų ir jėgos momentų sąryšiai.	2
2	Nustatytas mažiausias kampas neslystančioms kopėčioms.	2
3	Nustatytas kopėčias veikiantis jėgos momentas momentinio sukimosi centro atžvilgiu.	2
4	Nustatytas kopėčių inercijos momentas momentinio sukimosi centro atžvilgiu.	2
5	Nustatytas kopėčių masės centro pagreitis.	2
Didžiausias galimas sprendimo 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 2016 04 07.