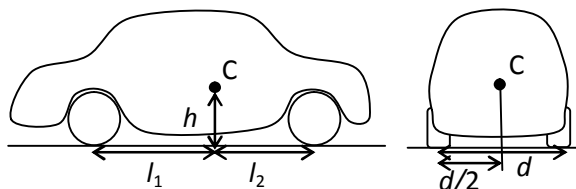


5-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
11-oji užduotis Nr. FT5-11 / 2012 02 06 – 2012 03 05

Užduoties sąlyga / FT5-11 ▼

Automobilis su triukais

Paveiksle pateiktas schematinis automobilio vaizdas (C – automobilio masės centras). Automobilio masė $m = 1250$ kg, matuojant oro slėgį padangose matuoklis parodė 200 kPa, $l_1 = 1,5$ m, $l_2 = 1,1$ m, $h = 0,5$ m, $d = 1,6$ m. Automobilio padangos plonos ir lanksčios.



1) Kokie nejudančio automobilio priekinių ir užpakalinių ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai?

Automobilis pradeda važiuoti ir per $t = 10$ s tolygiai greitėdamas pasiekia $v = 72$ km/h greitį.

2) Kokie automobilio priekinių ir užpakalinių ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai automobiliui įsibėgėjant?

3) Kokiam mažiausiam automobilio ratų ir kelio paviršiaus trinties koeficientui esant galimas aprašytas judėjimas, jei automobilio varantieji ratai yra:

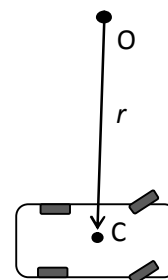
- a) priekiniai?
- b) užpakaliniai?
- c) visi keturi?

Judėdamas pastoviu $v' = 30$ km/h greičiu horizontaliu keliu automobilis suka į kairę taip, kad jo masės centro trajektorija yra spindulio $r = 30$ m apskritimo lankas.

4) Kokie automobilio ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai automobiliui darant posūkį?

5) Kokiam mažiausiam automobilio ratų ir kelio paviršiaus trinties koeficientui esant galimas aprašytas judėjimas automobiliui neslystant?

6) Mažiausias automobilio posūkio spindulys pagal išorinio jo rato trajektoriją $R = 7$ m. Vairuotojas demonstruoja važiavimą ant dviejų ratų triuką. Kokiu mažiausiu greičiu turėtų važiuoti automobilis?



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 2012 02 06.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT5-11 ▼

1) Priekinių ratų parametrus žymėsime indeksu p , užpakalinių – u , kairės ir dešinės pusės – atitinkamai k ir d , vieno rato sąlyčio su keliu plotą žymėsime S . Automobilio sunkio jėga mg pasiskirsto užpakaliniams ratams F_u ir priekiniams ratams F_p :

$$F_u = \frac{mgl_2}{l_1 + l_2} = 2pS_u, \quad S_u = \frac{mgl_2}{2p(l_1 + l_2)}, \quad S_p = \frac{mgl_1}{2p(l_1 + l_2)},$$

$$S_u = 0,0130 \text{ m}^2, S_p = 0,0177 \text{ m}^2.$$

2) Automobilis juda pagreičiu $a = \frac{v}{t}$, todėl jį veikia horizontali kelio ir ratų sukibimo jėga $F = mv/t$. Kadangi jėga F neina per automobilio masės centrą, susidaro jėgos momentas $N = Fh$, kuris kompensuojamas priekinių ir užpakalinių ratų ir kelio sąveikos jėgų pokyčio ΔF , pakeičiančio jų sąlyčio plotą dydžiu ΔS :

$$\Delta F = \frac{N}{l_1 + l_2}, \Delta S = \frac{\Delta F}{p} = \frac{mvh}{pt(l_1 + l_2)}, \Delta S = 0,0024 \text{ m}^2.$$

Tokiu dydžiu pakinta automobilio ratų ir kelio paviršiaus sąlyčio plotas: priekinių ratų sumažėja, užpakalinių – padidėja. Taigi, vieno priekinio rato sąlyčio su kelio paviršiumi plotas

$$S_p' = S_p - \frac{\Delta S}{2}, S_p' = 0,0165 \text{ m}^2,$$

vieno užpakalinio –

$$S_u' = S_u + \frac{\Delta S}{2}, S_u' = 0,0142 \text{ m}^2.$$

- 3)
- a) $F = 2p\mu_a S_p'$, $\mu_a = \frac{l_1 + l_2}{\frac{gtl_1}{v} - h}$, $\mu_a = 0,38$.
- b) $F = 2p\mu_b S_u'$, $\mu_b = \frac{l_1 + l_2}{\frac{gtl_2}{v} + h}$, $\mu_b = 0,44$.
- c) $F = 2p\mu_c (S_p' + S_u')$, $\mu_c = \frac{v}{gt}$, $\mu_c = 0,20$.

4) Automobilio inercijos momentas jo masės centro atžvilgiu $I_C \sim ml_i^2$ yra žymiai mažesnis už inercijos momentą kelio kreivumo centro atžvilgiu, į jį neatsižvelgiame. Taip pat neatsižvelgiame į priekinių ratų posūkio kampą. Automobilis sukant veikiamas įcentrinės jėgos $F' = mv'^2/r$, kurią sukuria ratų trintis į kelio paviršių. Kadangi jėga F' neina per automobilio masės centrą, susidaro jėgos momentas $N' = F'h$, kuris kompensuojamas ratų ir kelio sąveikos jėgų pokyčio $\Delta F'$, pakeičiančio jų sąlyčio plotą dydžiu $\Delta S'$:

$$\Delta F' = \frac{N'}{d}, \Delta S' = \frac{\Delta F'}{p} = \frac{mv'^2 h}{prd}, \Delta S' = 0,0045 \text{ m}^2.$$

Tokiu dydžiu pakinta suminis dviejų automobilio ratų ir kelio paviršiaus sąlyčio plotas: kairės pusės ratų sumažėja, dešinės – padidėja. Priekinių ir užpakalinių ratų sąlyčio ploto pokyčių santykis yra

$$\frac{\Delta S_p}{\Delta S_u} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Tada

$$\Delta S_p = \frac{mv'^2 h l_1}{prd(l_1 + l_2)}, \Delta S_u = \frac{mv'^2 h l_2}{prd(l_1 + l_2)}.$$

Gauname:

$$S_{pk} = S_p - \Delta S_p = \frac{mgl_2}{2p(l_1 + l_2)} - \frac{mv'^2 hl_1}{prd(l_1 + l_2)}, S_{pk} = 0,0151 \text{ m}^2,$$

$$S_{pd} = S_p + \Delta S_p = \frac{mgl_2}{2p(l_1 + l_2)} + \frac{mv'^2 hl_1}{prd(l_1 + l_2)}, S_{pd} = 0,0203 \text{ m}^2,$$

$$S_{uk} = S_u - \Delta S_u = \frac{mgl_1}{2p(l_1 + l_2)} - \frac{mv'^2 hl_2}{prd(l_1 + l_2)}, S_{uk} = 0,0111 \text{ m}^2,$$

$$S_{ud} = S_u + \Delta S_u = \frac{mgl_1}{2p(l_1 + l_2)} + \frac{mv'^2 hl_2}{prd(l_1 + l_2)}, S_{ud} = 0,0149 \text{ m}^2.$$

5) Turi būti patenkintos tokios sąlygos jėgoms ir jėgų momentams:

$$F' \leq \mu' p(S_{pk} + S_{pd} + S_{uk} + S_{ud}),$$

$$F' l_2 \leq \mu' p(S_{uk} + S_{ud})(l_1 + l_2),$$

$$F' l_1 \leq \mu' p(S_{pk} + S_{pd})(l_1 + l_2).$$

Iš bet kurios nelygybės gauname $\mu' \geq 0,24$.

6) Važiuojant staigiai sukama, automobilis dėl išcentrinės jėgos pradeda virsti. Vairuotojas važiuoja pasvirusiu automobiliu išlaikydamas jo masių centrą ties šoninių ratų atramos linija ir vairuodamas kaip važiuojant dviračiu. Kad automobilis pradėtų virst ant šono, išcentrinės jėgos sukurtas momentas turi viršyti sunkio jėgos sukurtą momentą:

$$\frac{mgd}{2} \leq \frac{mv'^2 h}{R - \frac{d}{2}}, v' = \sqrt{\frac{gd(2R - d)}{4h}}, v' = 9,9 \text{ m/s}, v' = 36 \text{ km/h}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2012 06 18.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT5-11 ▼

Antrojoje užduotyje dalis sprendusiųjų sudėjo sunkio jėgą ir pagreičio sąlygotą inercinę jėgą ir gautą rezultatinę jėgą panaudojo kaip automobilio prispaudimo prie kelio jėgą. Taip padidėtų ir priekinių, ir užpakalinių ratų prispaudimas.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2012 06 18.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT5-11 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nustatyti nejudančio automobilio priekinių ir užpakalinių ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai.	1
2.	Nustatyti automobilio priekinių ir užpakalinių ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai automobiliui įsibėgėjant.	1
3.	Nustatytas automobilio ratų ir kelio paviršiaus trinties koeficientas kai automobilio varantieji ratai yra: a) priekiniai, b) užpakaliniai, c) visi keturi.	1 1 1
4.	Nustatyti automobilio ratų sąlyčio su kelio paviršiumi plotai automobiliui darant posūkį.	2
5.	Nustatytas automobilio ratų ir kelio paviršiaus trinties koeficientas automobiliui neslystant.	1
6.	Nustatytas greitis, kuriuo važiuodamas automobilis gali pasvirti ir remtis tik dviem ratais.	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 2012 06 18.