

16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
3-oji užduotis Nr. FT16-23 / 2022 08 15 – 2022 09 21

Sąlyga / FT16-3 ▼

Pasvarai ant skridinių

Ant dviejų nekilnojamųjų ir vieno kilnojamojo lengvų skridinių viename lygyje buvo pakabinti ir paleisti judėjimui stačia kryptimi trys pasvarai, kurių masės $m_1 = 80$ g, $m_2 = 60$ g ir $m_3 = 100$ g. Laikydami, kad per skridinius permestas siūlas, kurio galuose pakabinti pirmasis ir trečiasis pasvarai, yra lengvas ir netąsus, o ir neatsižvelgdami į trintį, raskite:

- 1) siūlo įtempimo jėgą;
- 2) pasvarų pagreičių vektorių projekcijas į stačią ašį Y;
- 3) pasvarų svorius, susieję su jų pagreičiais;
- 4) trečiojo pasvaro greitį kitų pasvarų atžvilgiu po 0,2 s nuo judėjimo pradžios.

Gravitacinio lauko stipris $g = 9,8$ N/kg.

Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 08 15.

Aiškinamasis sprendimas / FT16-3 ▼

Duota: $m_1 = 0,08$ kg; $m_2 = 0,06$ kg; $m_3 = 0,1$ kg; $t_1 = 0,2$ s; $g = 9,8$ N/kg.

Rasti: T ; a_{1Y} ; a_{2Y} ; a_{3Y} ; P_1 ; P_2 ; P_3 ; v_{31} ; v_{32} .

Pasvarėlius veikia sunkio jėgos $m_1\vec{g}$, $m_2\vec{g}$ ir $m_3\vec{g}$ bei siūlo įtempimo jėga \vec{T} . Pagal antrąjį Niutono dėsnį:

$$m_1\vec{g} + \vec{T} = m_1\vec{a}_1; m_2\vec{g} + 2\vec{T} = m_2\vec{a}_2; m_3\vec{g} + \vec{T} = m_3\vec{a}_3.$$

Suprojektavę jėgas į ašį Y, gauname:

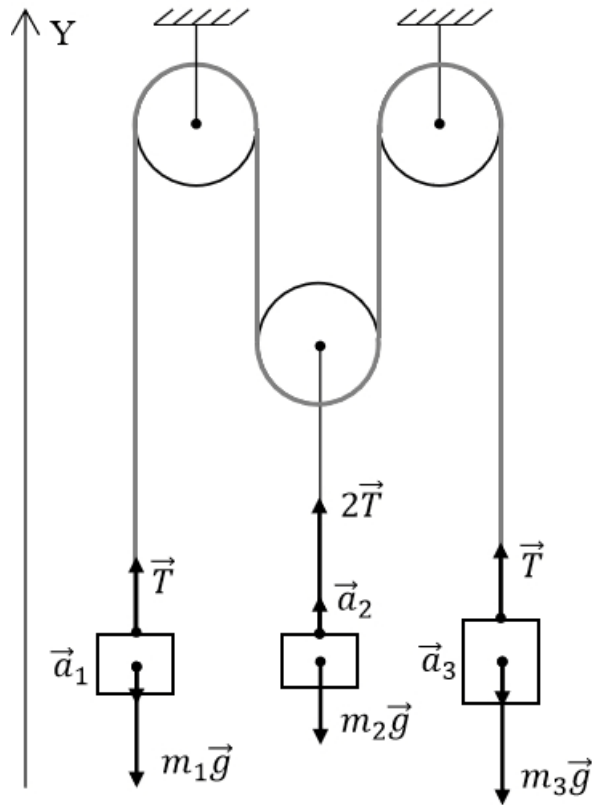
$$-m_1g + T = m_1a_{1Y}; -m_2g + 2T = m_2a_{2Y}; -m_3g + T = m_3a_{3Y}.$$

Siūlas netąsus, tai jo keturių dalių poslinkiai stačia kryptimi kompensuojasi, o iš to randame pasvarėlių pagreičių sąryšį, įtempimo jėgą ir pagreičių projekcijas į ašį Y:

$$a_{1Y} \frac{t^2}{2} + 2a_{2Y} \frac{t^2}{2} + a_{3Y} \frac{t^2}{2} = 0; -g + \frac{T}{m_1} + 2\left(-g + \frac{2T}{m_2}\right) - g + \frac{T}{m_3} = 0;$$

$$T = \frac{4m_1m_2m_3g}{4m_1m_3 + m_2(m_1 + m_3)}; T = \frac{4 \cdot 0,08 \cdot 0,06 \cdot 0,1 \cdot 9,8}{4 \cdot 0,08 \cdot 0,1 + 0,06(0,08 + 0,1)} \approx 0,44 \text{ (N)}.$$

$$a_{1Y} = -9,8 + \frac{0,44}{0,08} \approx -4,3 \text{ (m/s}^2\text{)}; a_{2Y} = -9,8 + \frac{2 \cdot 0,44}{0,06} \approx 4,9 \text{ (m/s}^2\text{)};$$



$$a_{3Y} = -9,8 + \frac{0,44}{0,1} = -5,4 \text{ (m/s}^2\text{)}.$$

Taigi, pirmasis ir trečiasis pasvarėliai leidžiasi žemyn, o antrasis – kyla aukštyn.

Pasvarėlių svoriai randami pagal trečiąją Niutono dėsnį:

$$\vec{P}_1 = -\vec{T}; \vec{P}_2 = -2\vec{T}; \vec{P}_3 = -\vec{T};$$

$$P_1 = T = m_1(g + a_{1Y}); P_1 = 0,08(9,8 - 4,3) \approx 0,44 \text{ (N)};$$

$$P_2 = 2T = m_2(g + a_{2Y}); P_2 = 0,06(9,8 + 4,9) \approx 0,88 \text{ (N)};$$

$$P_3 = T = m_3(g + a_{3Y}); P_3 = 0,1(9,8 - 5,4) = 0,44 \text{ (N)}.$$

Taigi, nors visų pasvarėlių masės yra skirtingos, pirmojo ir trečiojo pasvarėlių svoriai yra vienodi, o tų svorių suma lygi antrojo pasvarėlio svoriui.

Pasvarėlių įgyti greičiai ir trečiojo pasvarėlio greitis kitų atžvilgiu:

$$\vec{v}_1 = \vec{a}_1 t_1; \vec{v}_2 = \vec{a}_2 t_1; \vec{v}_3 = \vec{a}_3 t_1;$$

$$\vec{v}_{31} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1; \vec{v}_{32} = \vec{v}_3 - \vec{v}_2;$$

$$v_{31Y} = (a_{3Y} - a_{1Y})t_1; v_{31Y} = (-5,4 + 4,3)0,2 = -0,22 \text{ (m/s)};$$

$$v_{32Y} = (a_{3Y} - a_{2Y})t_1; v_{32Y} = (-5,4 - 4,9)0,2 = -2,06 \text{ (m/s)}.$$

Taigi, trečiasis pasvarėlis antrojo pasvarėlio atžvilgiu juda apie 9,4 karto greičiau, nei pirmojo pasvarėlio atžvilgiu.

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 10 04.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-3 ▼

Penki turnyro dalyviai pateikė nepriekaištingus sprendimus, o kiti įvairiai klydo.

Sprendžiant užduotį eko pritaikyti antrąjį Niutono dėsnį pasvarėliams, kai siūlas yra įtemptas vienodai ir netąsus – tada didesnius pasvarėlius veikė vienodos siūlo įtempimo jėgos ir jie leidosi žemyn, į mažesnę pasvarėlį per lengvą kilnojamąjį skridinį buvo perduota dviguba įtempimo jėga ir pastarasis kildamas aukštyn pasislinko tiek, koks yra didesnių pasvarėlių poslinkių vidurkis. Taigi, mažesnis pasvarėlis negalėjo būti žemiau nei kiti, kaip tai savo pateikiamuose paveiksluose parodė šeši turnyro dalyviai, ypač kai užduoties sąlygoje duota, kad visi pasvarėliai pradžioje buvo viename lygyje. Papildomų sunkumų atsiranda ir tada, kai turnyro dalyviai parodo kilnojamąjį skridinį, kabantį ant nelygiagrečių siūlo dalių.

Penki dalyviai pradėjo spręsti teisingai, bet negavo reikalingų atsakymų. Kiti du dalyviai pasvarėlių svorius prilygino jų sunkiams, o dar kiti du - antrojo pasvarėlio pagreitį rado duotomis sąlygomis neįmanomai didelį: $9,8 \text{ m/s}^2$ ir $19,237 \text{ m/s}^2$ (pastarąjį, jei ir būtų galimas toks, patartina apvalinti iki $19,2 \text{ m/s}^2$). Keturi dalyviai nesilaikė reikalavimo pateikti sprendimą PDF formatu.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 10 04.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-3 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Įtempimo jėga	3
2.	Pagreičiai	2
3.	Pasvarėlių svoriai	2
4.	Santykinis greitis	3
5.	Nerodomi skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	-0,5
6.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
7.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	iki (-1)
8.	Neįskaitomas ar per vėlai atsiųstas sprendimas	0,1
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2022 10 04.