

3-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
Užduotis Nr. FT3-2 / 2009 07 27 – 2009 08 24

Sąlyga / FT3-2 ▼

Ant judančios plokštės šokinėjantis rutuliukas

Mažas rutuliukas, paleistas be pradinio greičio, krinta į plokštę, pakreiptą 45° kampu nuo vertikalės, ir nuo jos tampriai atsoka. Paleidimo momentu rutuliukas buvo 1 m aukštyje nuo pirmojo smūgio į plokštę vietos. Kiek yra nutolę viena nuo kitos pirmojo ir antrojo smūgių į plokštę vietos, jei plokštė juda:

1. aukštyn 1 m/s greičiu;
 2. žemyn tuo pačiu greičiu?
- Laisvojo kritimo pagreitis yra $9,8 \text{ m/s}^2$.

Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo, jų pateikimo spręsti ir sprendimų vertinimo komisijos pirmininko pavaduotojas dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 07 27.

Aiškinamasis sprendimas / FT3-2 ▼

Duota: $h = 1 \text{ m}$, $v_p = 1 \text{ m/s}$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Reikia rasti: l .

Užduotį patogiau spręsti nagrinėjant rutuliuko judėjimą plokštės atžvilgiu, t. y. inercinėje atskaitos sistemoje, kurioje plokštė nejuda. Tada kylant plokštei rutuliukas jos atžvilgiu turi pradinį greitį, nukreiptą žemyn ir dydžiu lygų plokštės greičiui, o leidžiantis – aukštyn nukreiptą to paties dydžio pradinį greitį. Jei rutuliuko masė m , tai pagal mechaninės energijos tvermės dėsnį

$$mgh + \frac{mv_p^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$$

jis pasiekia plokštę greičiu

$$v_1 = \sqrt{2gh + v_p^2}$$

ir atsokęs juda gulsčiai to paties dydžio greičiu.

Analogiškai FT3-1 užduoties sprendimui

$$\frac{l}{\sqrt{2}} = \sqrt{2gh + v_p^2} t, \quad \frac{l}{\sqrt{2}} = \frac{gt^2}{2},$$

todėl

$$l = 2\sqrt{2} \left(2h + \frac{v_p^2}{g} \right), \quad l = 2\sqrt{2} \left(2 \cdot 1 + \frac{1}{9,8} \right) \approx 5,9 \text{ (m)}.$$

Taigi, nepriklausomai nuo plokštės judėjimo aukštyn ar žemyn to paties dydžio greičiu, nuotolis tarp smūgių vietų yra vienodas. Atkreipkime dėmesį, kad jis yra didesnis nei FT3-1 užduotyje duotas nuotolis, kai plokštė nejuda.

Jei rūpėtų sunkiau išmatuojamas nuotolis tarp smūgių vietų Žemės atžvilgiu, tai rastume, kad per laiko tarpą tarp smūgių plokštė ir tuo pačiu rutuliuko antrojo smūgio į ją vieta stačiaja kryptimi pasislenka

$$\Delta y = v_p t = \frac{2v_p}{g} \sqrt{2gh + v_p^2},$$

$$\Delta y = \frac{2 \cdot 1}{9,8} \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1 + 1} \approx 0,93 \text{ (m)}.$$

Plokštei kylant aukštyn gautume

$$l_1 = \sqrt{\frac{l^2}{2} + \left(\frac{l}{\sqrt{2}} - \Delta y\right)^2}, \quad l_1 \approx 5,3 \text{ m,}$$

o leidžiantis žemyn

$$l_2 = \sqrt{\frac{l^2}{2} + \left(\frac{l}{\sqrt{2}} + \Delta y\right)^2}, \quad l_2 \approx 6,6 \text{ m.}$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 09 16.

Sprendimų aptarimas / FT3-2 ▼

Dauguma sprendusiųjų šią užduotį nagrinėjo rutuliuko ir plokštės judėjimą Žemės atžvilgiu, kuomet kylant plokštei

$$h = \frac{gt_1^2}{2} + v_p t_1,$$

o leidžiantis

$$h + v_p t_1 = \frac{gt_1^2}{2};$$

iš šių lygčių atitinkamai

$$t_1 = \frac{-v_p + \sqrt{v_p^2 + 2gh}}{g} \quad \text{ir} \quad t_1 = \frac{v_p + \sqrt{v_p^2 + 2gh}}{g}.$$

Radus rutuliuko greitį $v_1 = gt_1$ bei greitį plokštės atžvilgiu (ir atitinkamai jo greitį plokštės atžvilgiu po pirmojo tamprus smūgio) paaiškėja, kad jis vienodas:

$$v = \sqrt{v_p^2 + 2gh},$$

nes $v = v_1 + v_p$ plokštei kylant, o $v = v_1 - v_p$ jai leidžiantis.

Sprendžiant užduotį toliau, Žemės atžvilgiu reikia nagrinėti rutuliuko, mesto kampu

$$\alpha = \arctg \frac{v_p}{v}$$

virš gulsčios krypties, judėjimo uždavinį, jei plokštė kyla, arba tuo pačiu kampu žemiau gulsčios krypties, jei ji leidžiasi.

Nagrinėjant kūno, mesto kampu į horizontą, judėjimą ir įvertinus tai, kad antrojo smūgio vietoje abi koordinatės kinta tuo pačiu greičiu v_p , buvo galima gauti abiem atvejais tą pati nuotolį $l \approx 5,9$ m. Deja, sprendusiųjų buvo suskaičiuoti įvairiausi nuotoliai plokštėje. Ieškant sunkiau eksperimentiškai randamo ir čia nebūtino nuotolio tarp pirmojo ir antrojo

smūgių į plokštę vietų erdvėje, parašius net ir tinkamas kampų į horizontą mesto rutuliuko judėjimo lygtis, antrojo smūgio į plokštę vietos koordinatės dažnai įrašomos neįvertinus to, kad jos kinta dėl plokštės judėjimo. Mažiau patyrę turnyro dalyviai nesėkmingai išsivelia į trigonometriją, toliau nesusieja iš pradžių tinkamai parašytų formulių.

Kito, nei buvo pateiktas turnyro užduoties FT3-1 aiškinamajame sprendime, brėžinio čia nereikia. Turėtų būti neįjauku šios užduoties sprendimuose pateikti brėžinius be kampo, vizualiai artimesnio 45° kampui, taip pat be savo masteliu artimų tikrovei vektorių ar nuotolių.

Turnyro dalyvių užduoties sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 09 16.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT3-2 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nuotolio radimas plokštei kylant	5,5
2.	Nuotolio radimas plokštei leidžiantis	3,5
3.	Nuotolis ir plokštėje, ir erdvėje	1
4.	Netikslus brėžinys	iki -1
5.	Nepateikti skaičiavimai	-0,5
6.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
7.	Kiti netikslumai (p. 1-3)	po -0,5
Maksimalus sprendimo įvertinimas		10

Turnyro dalyvių užduoties sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 09 16.