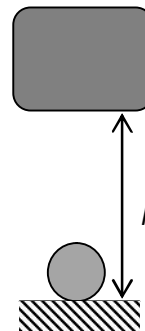


**5-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**13-oji užduotis Nr. FT5-13 / 2012 03 19 – 2012 04 16**

***Užduoties sąlyga / FT5-13 ▼***

**Krintančio metalinio pasvarėlio smūgis guminiam rutuliukui**

Ant standaus pagrindo padėtas guminis rutuliukas, kurio spindulys  $r = 1,5$  cm, masė  $m = 17$  g. Iš  $h = 50$  cm aukščio ant rutuliuko krinta metalinis pasvarėlis, kurio masė  $M = 50$  g, ir tampriai atšoka vertikaliai aukštyn. Į smūgio trukmę ir rutuliuko virpesius neatsižvelgiame.



- 1) Į kokį aukštį pakyla atšokęs pasvarėlis?
- 2) Koks laiko tarpas praeina tarp pirmojo ir antrojo pasvarėlio ir rutuliuko sąlyčių?
- 3) Kaip pasikeis rezultatai, jei guminis rutuliukas nėra absoliučiai tamprus ir po deformacijos atstatydamas pradinę formą praranda  $n = 20\%$  deformacijai panaudotos energijos?

*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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 03 19.

***Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT5-13 ▼***

1) Nukritus pasvarėliui guminis rutuliukas tampriai suspaudžiamas. Atstatydamas pradinę formą jis suteikia pasvarėliui greitį  $v$ . Tokiu greičiu pasvarėliui atsiskiriant juda ir rutuliuko viršutinis taškas, o rutuliuko masės centras tuo metu juda greičiu  $v/2$ . Panaudojame energijos tvermės dėsnį atsiskyrimo momentui ir pasvarėlio pakilimo į didžiausią aukštį  $h'$  momentui.

$$Mg(h - 2r) = \frac{Mv^2}{2} + \frac{mv^2}{8}, \quad Mg(h' - 2r) = \frac{Mv^2}{2}, \quad h' = \frac{Mh + mr/2}{M + m/4}, \quad h' = 46 \text{ cm.}$$

2) Kadangi rutuliuko greitis yra dvigubai mažesnis už pasvarėlio greitį, pašokęs nuo pagrindo rutuliukas nukris atgal per dvigubai trumpesnę laiką, negu pasvarėlis. Vėl atsimušęs į pagrindą rutuliukas dar kartą pašoks ir nukris atgal jau kartu su pasvarėliu. Taigi, antras pasvarėlio ir rutuliuko sąlytis įvyks praėjus laiko tarpui

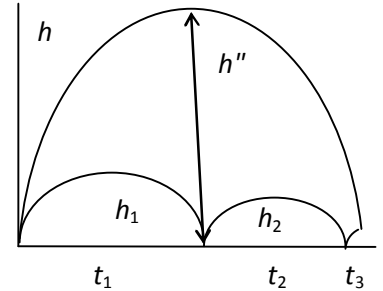
$$t = 2\sqrt{2(h' - 2r)/g}, \quad t = 0,59 \text{ s.}$$

3) I. Po pasvarėlio ir rutuliuko smūgio jiems atsiskiriant bus prasta  $n$  energijos, todėl atsiskyrimo momentui gauname pakeistą energijos tvermės dėsnio išraišką.

$$(1-n)Mg(h-2r) = \frac{Mv^2}{2} + \frac{mv^2}{8}, \quad Mg(h''-2r) = \frac{Mv^2}{2},$$

$$h'' = \frac{(1-n)\left(Mh + \frac{mr}{2}\right)}{M + \frac{m}{4}} = (1-n)h', \quad h'' = 37 \text{ cm.}$$

II. Po antrojo smūgio į pagrindą rutuliukas vėl praras energijos, jo lėkimo laikas iki trečiojo smūgio į pagrindą bus mažesnis, negu laikas iki antrojo smūgio. Rutuliukas pašoks ir kildamas susidurs su krintančiu pasvarėliu. Kokybinis aukščių kitimo vaizdas pateiktas paveiksle.



$$t_1 = \sqrt{2h''/g}, \quad h_1 = h''/4, \quad v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{gh''/2},$$

$$h_2 = (1-n)h_1, \quad t_2 = 2\sqrt{2h_2/g}, \quad t_2 = t_1\sqrt{1-n} = \sqrt{2h''(1-n)/g},$$

$$v_2 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{(1-n)gh''/2},$$

$$h'' = g(t_2 + t_3)^2/2 + (1-n)\sqrt{gh''/2}t_3 - gt_3^2/2 = gt_2^2/2 + gt_2t_3 + (1-n)\sqrt{gh''/2}t_3,$$

$$t_3 = \frac{h'' - gt_2^2/2}{gt_2 + (1-n)\sqrt{gh''/2}},$$

$$t'' = t_1 + t_2 + t_3, \dots t'' = 0,54 \text{ s.}$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 07 18.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT5-13 ▼**

Dalis sprendusiųjų pasvarėlio ir rutuliuko judėjimui aprašyti naudojo energijos ir judesio kiekio tvermės dėsnius. Tačiau judesio kiekio tvermės dėsnis čia negalioja, nes pagrindas laikomas nejudančiu, smūgio į pagrindą metu judesio kiekis kinta.

Skaičiuojant pasvarėlio pakilimo aukštį kai kurie sprendusieji pateikia atstumą ne nuo pagrindo, o nuo rutuliuko paviršiaus, tačiau to nenurodo, nors iš  $h$  vertės rutuliuko skersmenį atima.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 07 18.

### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT5-13 ▼**

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Panaudojant energijos tvermės dėsnį gautas pasvarėlio pakilimo aukštis	2
2.	Panaudojant laisvojo kritimo dėsnius nustatytas pasvarėlio ir rutuliuko	2

	judėjimo laikas	
3.	Panaudojant energijos tvermės dėsnį ir atsižvelgiant į energijos nuostolius gautas pasvarėlio pakilimo aukštis	2
4.	Panaudojant energijos tvermės dėsnį ir atsižvelgiant į energijos nuostolius nustatytas pasvarėlio ir rutuliuko judėjimo laikas	4
5.	Fizikiniai netikslumai	iki -2
6.	Matematiniai netikslumai	iki -1
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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 07 18.