

13-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
2-oji užduotis Nr. FT13-2 / 2019 07 29 – 2019 08 25

Sąlyga / FT13-2 ▼

Sprogusi raketa

Stačiai aukštyn nuo žemės paviršiaus skriejanti raketa, pasiekusi didžiausią pakilimo aukštį, lygų 127 m, sprogo į dvi skeveldras, kurių masių santykis lygus 2. Lengvesnė skeveldra judėdama stačiai žemyn pasiekė žemės paviršių po sprogo praėjus 2,3 s. Neatsižvelgdami į oro pasipriešinimą skeveldrų judėjimui, apskaičiuokite:

- 1) lengvesnės skeveldros pradinį greitį po sprogo;
- 2) skeveldrų greitį viena kitos atžvilgiu, kol abi laisvai krinta;
- 3) greitį, kuriuo sunkesnė skeveldra pasiekia žemės paviršių;
- 4) kiek vėliau nukrinta sunkesnė skeveldra palyginus su lengvesniąja?

Laikykite, kad laisvojo kritimo pagreitis yra $9,8 \text{ m/s}^2$.

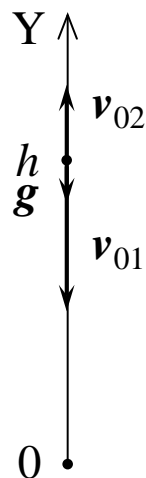
Užduotį parengė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 07 29.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT13-2 ▼

Duota: $h = 127 \text{ m}$; $m_2 = 2m_1$; $t_1 = 2,3 \text{ s}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Rasti: v_{01} ; v_{21} ; v_2 ; Δt .



Lengvesnės skeveldros koordinatės priklausomybė nuo laiko:

$$y_1 = h - v_{01}t - \frac{gt^2}{2}.$$

Jai nukritus $y_1 = 0$, tai randame skeveldros pradinį greitį:

$$v_{01} = \frac{h}{t_1} - \frac{gt_1}{2}; v_{01} = \frac{127}{2,3} - \frac{9,8 \cdot 2,3}{2} \approx 44 \text{ (m/s)}.$$

Pagal impulso tvermės dėsnį, kai raketa sprogs didžiausiame pakilimo aukštyje nebeturėdama greičio:

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = 0.$$

Suprojektuojame skeveldrų pradinių greičių vektorius į pasirinktą stačią ašį Y :

$$-m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = 0; v_{02} = \frac{m_1}{m_2} v_{01}; v_{02} \approx \frac{44}{2} = 22 \text{ (m/s)}.$$

Skeveldrų greičių projekcijų į ašį Y priklausomybės nuo laiko:

$$v_{1Y} = -v_{01} - gt; v_{2Y} = v_{02} - gt.$$

Sunkesnės skeveldros greitis lengvesnės skeveldros atžvilgiu:

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1;$$

$$v_{21} = v_{2Y} - v_{1Y} = v_{02} + v_{01} = \left(\frac{m_1}{m_2} + 1\right) v_{01}; v_{21} \approx \left(\frac{1}{2} + 1\right) 44 = 66 \text{ (m/s)}.$$

Sunkesnės skeveldros greitis ties žemės paviršiumi:

$$v_2 = \sqrt{v_{02}^2 + 2gh}; v_2 \approx \sqrt{22^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 127} \approx 54,5 \text{ (m/s)}.$$

Sunkesnės skeveldros koordinatės priklausomybė nuo laiko:

$$y_2 = h + v_{02}t - \frac{gt^2}{2}.$$

Jai nukritus $y_2 = 0$, tai randame kritimo laiką t_2 ir vėlavimo laiką Δt :

$$\frac{gt_2^2}{2} - v_{02}t_2 - h = 0; \Delta t = t_2 - t_1 = \frac{v_{02}}{g} + \sqrt{\frac{v_{02}^2}{g^2} + \frac{2h}{g}} - t_1;$$

$$\Delta t \approx \frac{22}{9,8} + \sqrt{\frac{22^2}{9,8^2} + \frac{2 \cdot 127}{9,8}} - 2,3 \approx 5,5 \text{ (s)}.$$

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 09 03.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT13-2 ▼

Dauguma turnyro dalyvių pateikė sprendimus, analogiškus pristatytam aiškinamajame sprendime, kai pirmiausia surandamas lengvesnės skeveldros pradinis greitis, o po to jo verte pasinaudojama kitiems ieškomiems fizikiniams dydžiams skaičiuoti. Taip spręsti yra paprasčiau, nei

kiekvieną kitą ieškomą dydį išreikšti per pradinius užduoties sąlygos duomenis, bet yra rizikinga, jei suklystama randant lengvesnės skeveldros pradinį greitį. Tokia rizika nepasiteisino trims turnyro dalyviams. Kiti trys turnyro dalyviai laisvą kritimą aiškino vykstant nuo to laiko momento, kai abi skeveldros jau leidžiasi žemyn po sunkesnės skeveldros pakilimo iki didžiausio aukščio, nors iš tikrųjų abi skeveldros laisvai krinta iškart po raketos sprogo. Suprantama, kad toks aiškinimas nepakenkė skeveldrų greičio viena kitos atžvilgiu radimui, bet vertinant sprendimą buvo fiksuotas kaipo netikslumas. Dar du turnyro dalyviai, nors ir teisingai surado skeveldrų pradinių greičių modulius, bet nenagrinėjo priešingos krypties greičių vektorių vektorinio skirtumo, kurio modulis lygus skeveldrų greičių modulių sumai – tiesiog skaičiavo tik tų greičių modulių skirtumą. Vienas turnyro dalyvis skeveldrų greitį viena kitos atžvilgiu išreiškė jų pradinių greičių santykiu, kuris mūsų atveju yra atvirkščias skeveldrų masių santykiui, taigi nenagrinėjo priešingų krypčių vektorių skirtumo modulio, kitas gi bandė sulygtinti ne skeveldrų impulsų modulius, o jų kinetines energijas.

Maloniai nustebino ir gaila, kad tai padarė tik vienas turnyro dalyvis, pateikęs tvarkingą aiškinamąjį brėžinį. Daugumai braižyba, o ir užduoties sprendimo teksto, ypač formulių, surinkimas kompiuteriu kol kas yra aktuali problema.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 09 03.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT13-2 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Apskaičiuotas lengvesnės skeveldros pradinis greitis	2
2.	Apskaičiuotas skeveldrų greitis viena kitos atžvilgiu	3
3.	Apskaičiuotas sunkesnės skeveldros greitis ties žemės paviršiumi	2
4.	Apskaičiuota vėlavimo trukmė	3
5	Nepakankamas sprendimo paaiškinimas, pateikiant galutines formules	iki (-1)
6	Nepateikti dydžių skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-4)	-0,3
7.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	iki (-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 2019 09 03.