

14-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
3-ioji užduotis Nr. FT14-3 / 2020 08 31 – 2020 09 27

Plūduriuojanti dėžė

Sąlyga / FT14-3 ▼

Ritinio formos skardinė dėžė, kurios masė lygi 3 kg, o skersmuo yra 5 kartus didesnis už aukštį, plūduriuoja 1/3 tūrio dalimi panirusi į vandenį. Koks yra šios dėžės skersmuo? Apskaičiuokite, kokį mažiausią darbą reikia atlikti: 1) ją visiškai panardinant; 2) iškeliant virš vandens. Vandens tankis yra 1 t/m^3 , o gravitacinio lauko stipris – $9,8 \text{ N/kg}$.

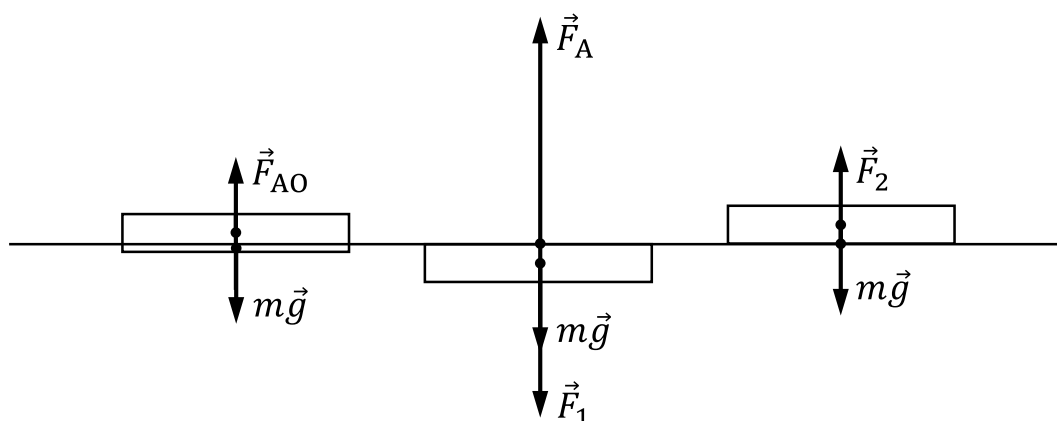
Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 08 31.

Aiškinamasis sprendimas / FT14-3 ▼

Duota: $m = 3 \text{ kg}$; $d = 5h$; $h_0 = h/3$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Rasti: d ; A_1 ; A_2 .



Plūduriuojančią dėžę veikiančią sunkio jėgą $m\vec{g}$ atveria keliamoji jėga \vec{F}_{A0} , kuri pagal Archimedo dėsnį lygi jos panirusios dalies išstumto vandens svoriui m_1g . Dėžės dugno plotas $S = \pi d^2/4$, panirusios dalies tūris $V_1 = Sh_0 = \pi d^3/60$, išstumto vandens masė $m_1 = \rho V_1$, tai:

$$\rho \frac{\pi d^3}{60} = m; \quad d = \sqrt[3]{\frac{60m}{\pi\rho}}; \quad d = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 3}{3,14 \cdot 1000}} \approx 38,6 \text{ (cm)}.$$

Jei vandens telkinys yra labai didelis, tai panardinant dėžę į vandens lygio padidėjimą jame galima neatsižvelgti. Tada dėžė stačiai žemyn stumiama atstumu $h - h_0$ tolygiai didinant ją veikiančią jėgą nuo nulio iki $F_1 = F_A - mg$, kur keliamoji jėga pilnai panardinus $F_A = \rho Shg$. Vidutinės panardinančios jėgos darbas:

$$A_1 = \frac{0 + F_1}{2} (h - h_0) = \frac{\rho S g}{2} (h - h_0)^2 = \frac{\rho \pi d^4 g}{450} = \frac{m g}{7,5} \sqrt[3]{\frac{60m}{\pi\rho}};$$

$$A_1 = \frac{3 \cdot 9,8}{7,5} \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 3}{3,14 \cdot 1000}} \approx 1,51 \text{ (J)}.$$

Iškeliant virš vandens atstumu h_0 ją veikianti iškelianti jėga tolygiai didėja nuo nulio iki dydžio F_2 , lygaus dėžės sunkiui mg , tai vidutinės iškeliančios jėgos darbas:

$$A_2 = \frac{0 + F_2}{2} h_0 = \frac{mg}{2} h_0 = \frac{mg}{30} \sqrt{\frac{60m}{\pi\rho}};$$

$$A_2 = \frac{3 \cdot 9,8}{30} \sqrt{\frac{60 \cdot 3}{3,14 \cdot 1000}} \approx 0,38 \text{ (J)}.$$

Atkreipkime dėmesį, kad plūduriuojančią dėžę visiškai panardinant yra atliekamas keturis kartus didesnis darbas nei ją iškeliant iš vandens, nes vidutinė ją veikianti jėga ir jos poslinkis jėgos veikimo kryptimi yra du kartus didesni panardinant nei iškeliant.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 10 09.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT14-3 ▼

Užduotį teisingai išsprendė dauguma turnyro dalyvių, nagrinėdami dėžės plūduriavimą ir darbą veikiant jėga, didėjančia tiesiai proporcingai poslinkiui vandens atžvilgiu. Atrodytų paprasta smulkmena, bet šeši dalyviai priešingai, nei užduoties sąlygoje duota, braižė artimo skersmeniui ar net žymiai didesnio už jį aukščio dėžes. Du dalyviai rado darbus su minuso ženklu, nors to neturėtų būti, kai nardinant ir iškeliant dėžę veikiančios jėgos ir poslinkio kryptys sutampa.

Reiktų vengti vektorių prilyginimo skaliarams ($\vec{F}_A = \rho V g$ ir kt.) ir „padidinto“ tikslumo ($d = 0,38551 \text{ m}$; $A = 0,37783 \text{ J}$).

Užduoties sprendimui buvo duota pakankamai (keturios savaitės) laiko, bet net šeši turnyro dalyviai vėlavo, todėl jų sprendimų vertinime buvo pritaikyta ir ateityje numatyta taikyti p.5 įvestą drausminantį kriterijų.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 10 09.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT14-3 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Dėžės skersmuo	4
2.	Darbas visiškai panardinant	3
3.	Darbas iškeliant virš vandens	3
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
5.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
6.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-2)
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 2020 10 09.