

7-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
9-oji užduotis Nr. FT7-9 / 2013 12 23 – 2014 01 20

Sąlyga / FT7-9 ▼

Povandeninio laivo nardinimas

Povandeninio laivo masė $m = 1500$ t, pilnai paniręs jis išstumia $V = 1800$ m³ vandens. Laivo plūdrumui valdyti įrengta balasto cisterna, kurios tūris $V' = 400$ m³. Cisterna vožtuvais gali būti sujunginama su aplinkiniu vandeniu, su oru (laivui esant vandens paviršiuje) bei su suslėgto oro rezervuaru vandeniui iš cisternos išstumti. Aplinkos (oro ir vandens) temperatūra $t = 10^{\circ}\text{C}$, atmosferos slėgis $p = 100$ kPa, jūros vandens tankis $\rho = 1025$ kg/m³, į slėgio pokyčius dėl laivo matmenų neatsižvelgiame.

- 1) Balasto cisterna sujunginama su aplinkiniu vandeniu ir oru, vanduo pradeda tekėti į cisterną. Kokiam vandens kiekiui įtekėjus į cisterną laivas pilnai panirs? Laikome, kad vandens ir oro temperatūra nekinta.
- 2) Laivui panirus 1-ojoje užduotyje pateiktomis sąlygomis, balasto cisternos vožtuvai uždaromi, laivas veikiant varikliui ir gilumos vairams leidžiasi gilyn ir atsigula ant jūros dugno nugrimzdęs į $h = 100$ m gylį. Kokį vandens kiekį reikia išstumti iš balasto cisternos, kad laivas pradėtų kilti į viršų $a = 0,2$ m/s² pagreičiu?
- 3) Laivui kilti balasto cisterna sujunginama su suslėgto oro rezervuaru. Slėgiui cisternoje susilyginus su išorinio vandens slėgiu, atidaromas vožtuvas vandeniui į cisterną įleisti ir išleisti. Kokį darbą vandeniui išstumti atlieka besiveržiantis iš rezervuaro oras 2-ojoje užduotyje aprašyto proceso metu, jei procesas izoterminis?

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 nuolat skelbiamas nuo 2013 12 23.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT7-9 ▼

- 1) Vandens kiekį balasto cisternoje pažymime V'' . Laivą veikia sunkio jėga ir Archimedo jėga, kurios turi būti lygios. Gauname:

$$m + V''\rho = V\rho, V'' = V - m/\rho, V'' = 337 \text{ m}^3.$$

- 2) Vandens kiekį, kurį reikia išstumti iš balasto cisternos, pažymime V''' . Pagreitį gauname pagal antrąjį Newton'o dėsnį, imdami Archimedo jėgos ir sunkio jėgos skirtumą. Gauname:

$$a = \frac{[\rho V - m - \rho(V'' - V''')]g}{m + \rho(V'' - V''')}, \quad V''' = V'' - \frac{Vg}{a + g} + \frac{m}{p}, \quad V''' = 36 \text{ m}^3.$$

- 3) Laivui panirus balasto cisternoje esančio oro tūris

$$V_0 = V' - V'',$$

o jo slėgis p .

Prijungus cisterną prie suslėgto oro rezervuaro, slėgis cisternoje padidinamas iki

$$p' = p + \rho gh.$$

Tokio proceso metu atliekamas darbas

$$A_1 = - \int_p^{p'} p_1 dV_1.$$

Kadangi procesas izoterminis, galioja sąryšis

$$pV_0 = p_1V_1,$$

todėl

$$dV_1 = -\frac{pV_0 dp_1}{p_1^2},$$

$$A_1 = pV_0 \ln \frac{p'}{p}.$$

Toliau išstumiamas vandens tūris V''' , esant pastoviam slėgiui, atliekant darbą

$$A_2 = pV''.$$

Taigi, visas atliktas darbas

$$A = A_1 + A_2 = pV_0 \ln \frac{p}{p + \rho gh} + (p + \rho gh)V''', \quad A = 55 \text{ MJ}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2014 02 13.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT7-9 ▼

1-ąją ir 2-ąją užduotis išsprendė visi sprendusieji.

3-ojoje užduotyje niekas neatsižvelgė, kad panirusio laivo balasto cisternoje yra oro slėgis, lygus atmosferiniam, o iki išorinio slėgio jis padidėja atlikus tam tikrą darbą.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2014 02 13.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT7-9 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nustatytas į balasto cisterną įleidžiamo vandens kiekis	2
2.	Nustatytas iš balasto cisternos išstumiamo vandens kiekis	3
3.1.	Nustatytas darbas, kurį reikia atlikti sulyginant oro slėgį balasto cisternoje su išoriniu slėgiu	2
3.2.	Nustatytas darbas išstumiant vandenį	3
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 nuolat skelbiamas nuo 2014 02 13.