

**5-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**9-oji užduotis Nr. FT5-9 / 2011 12 27 – 2012 01 23**

**Užduoties sąlyga / FT5-9 ▼**

**Varinis kubelis ant ledo**

Ritinio formos indas, kurio vidinis skersmuo  $d = 6$  cm, o aukštis  $h = 10$  cm, iki pusės užpildytas išalusi ledo stulpeliu. Ledo ir aplinkos temperatūra  $t = 0^\circ\text{C}$ . Ant ledo paviršiaus padedamas varinis kubelis, kurio briaunos ilgis  $l = 4$  cm, o temperatūra  $t' = 50^\circ\text{C}$ .

- 1) Kaip keisis laikui bėgant kubelio slėgis į ledo paviršių?
- 2) Kokį mažiausią darbą atlikus galima iškelti kubelį iš indo:
  - a) jį tik įdėjus į indą,
  - b) po gana ilgo laiko tarpo?

*Užduotį parengė mokyklos „Fizikos olimpas“ steigėjų tarybos narys, ilgametis mokyklos direktorius (11 m.) ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo spresti 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 2011 12 27.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT5-9 ▼**

1) Panaudojame tokius rodiklius: vario tankis  $\rho = 8900$  kg/m<sup>3</sup>, vandens tankis  $\rho' = 1000$  kg/m<sup>3</sup>, ledo tankis  $\rho'' = 900$  kg/m<sup>3</sup>, vario savitoji šiluma  $c = 380$  J/kg·K, ledo lydymosi šiluma  $\lambda = 330000$  J/kg, laisvojo kritimo pagreitis  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

Tik padėjus kubelį slėgis

$$p = \rho g l, \quad p = 3490 \text{ Pa.}$$

Kadangi vario šilumos laidumas yra žymiai didesnis, negu ledo, vandens ar oro šilumos laidumas, ledas lydosi tik betarpiškai po kubeliu, o susidaręs vanduo, kurio temperatūra  $0^\circ\text{C}$ , išteka iš po kubelio, ir kubelis leidžiasi žemyn, kol jo temperatūra tampa  $0^\circ\text{C}$ . Vandens masė  $m$  (išsilydžiusio ledo masė) nustatoma iš šilumos balanso lygties:

$$c\rho l^3(t'-t) = m\lambda.$$

Kubelis nusileidžia žemiau pradinio ledo paviršiaus aukščiu

$$h_1 = \frac{m}{\rho' \left( \frac{\pi d^2}{4} - l^2 \right)}, \quad h_1 = 0,023 \text{ cm.}$$

Ištekėjęs iš po kubelio vanduo pilnai apsemia kubelį. Susidaro pavaizduota paveiksle padėtis.

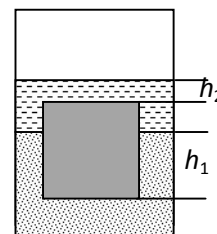
$$h_2 = \frac{4m}{\rho' \pi d^2} - (l - h_1) \left( 1 - \frac{4l^2}{\pi d^2} \right), \quad h_2 = 0,004 \text{ m.}$$

Kubelį veiks Archimedo jėga

$$F = \rho' g l^3.$$

Ji sumažins kubelio slėgį į ledo paviršių. Todėl

$$p' = p - \frac{F}{l^2} = (\rho - \rho') g l, \quad p' = 3100 \text{ Pa.}$$



2) Kubelį iškeliant iš indo jis turi būti pakeltas iki indo krašto, t.y., į aukštį  $h = 10$  cm. Tuoju padėjus kubelis keliamas nuo ledo paviršiaus, atliekamas darbas

$$A_1 = \frac{\rho g l^3 h}{2}, \quad A_1 = 0,279 \text{ J.}$$

Praėjus pakankamai laiko ir susidarius paveiksle pavaizduotai padėčiai kubelį tenka kelti į aukštį

$$h' = \frac{h}{2} + h_1.$$

Keliant kubelį iš pradžių jį veiks pastovi Archimedo jėga  $F$ , o kubeliui išnirus iš vandens Archimedo jėga kubeliui kylant mažės ir išnyks kubeliui pasiekus aukštį

$$h'' = h_1 \rho'' / \rho'.$$

Gauname tokį darbą:

$$A_2 = \rho g l^3 \left( h' - \frac{F}{2} \left( h'' + \frac{h_2 \pi d^2}{4l^2} \right) \right), \quad A_2 = 0,41 \text{ J.}$$

*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 06 12.

#### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT5-9 ▼**

1) Pirmąją dalį dauguma sprendusiųjų suprato ir gavo teisingą atsakymą.

Antrojoje dalyje daugelis neatsižvelgė, kad vario šilumos laidumas yra žymiai didesnis, negu ledo, vandens ar oro šilumos laidumas, ledas lydosi tik betarpiškai po kubeliu, o susidaręs vanduo, kurio temperatūra  $0^\circ\text{C}$ , išteka iš po kubelio. Laikant, kad ledas lydosi visame viršutiniame paviršiuje gaunamas žemesnis vandens lygis, o tuo pačiu – mažesnė Archimedo jėga. Taip pat nekorektiška prielaida, kad išsilyginus temperatūrai po kubeliu nebelieka vandens, nes vanduo sušlapina ir varį, ir ledą.

2) Į pirmąją dalį dauguma sprendusiųjų gavo teisingą atsakymą.

Antrojoje dalyje daugelis netiksliai įvertino Archimedo jėgos atliktą darbą.

*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 06 12.

**Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT5-9 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Gauta kubelio slėgio vertė tik padėjus kubelį ant ledo paviršiaus	1
2.	Gauta kubelio slėgio vertė išsilyginus temperatūrai atsižvelgus į Archimedo jėgą	3
3	Gauta darbo iškeliant kubelį iš indo vertė tik padėjus kubelį ant ledo paviršiaus	1
4	Gauta darbo iškeliant kubelį iš indo vertė išsilyginus temperatūrai atsižvelgus į Archimedo jėgą	5
Didžiausias galimas sprendimo įvertinimas		10

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius dr. Egidijus Anisimovas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2012 06 12.