

3-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
5-oji užduotis Nr. FT3-5 / 2009 09 28 – 2009 10 25

Sąlyga / FT3-5 ▼

Viralas iš ledo

Elektriniu šildytuvu inde buvo pradėtas šildyti -10°C temperatūros ledas. Po 6 min ir 40 s nuo šildymo pradžios ištirpo pusė ledo, po 12 min ir 10 s ištirpo jau visas ledas, o po 27 min ir 10 s vanduo užvirė. Neatsižvelgdami į šilumos nuostolius raskite:

- 1) šildytuvo galią;
- 2) indo šiluminę talpą;
- 3) ledo masę.

Ledo savitoji šiluma lygi $2,1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, jo savitoji lydymosi šiluma lygi $330 \text{ kJ}/\text{kg}$, o vandens savitoji šiluma 2 kartus didesnė nei ledo.

Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir šio Fizikos turnyro užduočių parengimo, jų pateikimo spręsti ir sprendimų vertinimo komisijos pirmininko pavaduotojas dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 09 28.

Aiškinamasis sprendimas / FT3-5 ▼

Duota: $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$; $\tau_1 = 6 \text{ min } 40 \text{ s} = 400 \text{ s}$; $\tau_2 = 12 \text{ min } 10 \text{ s} = 730 \text{ s}$;
 $\tau_3 = 27 \text{ min } 10 \text{ s} = 1630 \text{ s}$; $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $c_2 = 2c_1$; $\lambda = 330 \text{ kJ}/\text{kg} = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$.

Rasti: P , C , m .

Per laiko tarpą τ_1 iššildomi indas ir ledas iki 0°C bei ištirpinama pusė ledo:

$$P\tau_1 = C(t_2 - t_1) + c_1 m(t_2 - t_1) + 0,5\lambda m.$$

Per laiko tarpą $\tau_2 - \tau_1$ ištirpinama kita pusė ledo:

$$P(\tau_2 - \tau_1) = 0,5\lambda m,$$

o per laiko tarpą $\tau_3 - \tau_2$ iššildomi indas ir vanduo iki virimo temperatūros t_3 :

$$P(\tau_3 - \tau_2) = C(t_3 - t_2) + 2c_1 m(t_3 - t_2).$$

Iš antros lygties

$$\frac{P}{m} = \frac{0,5\lambda}{\tau_2 - \tau_1}, \quad \frac{P}{m} = \frac{0,5 \cdot 3,3 \cdot 10^5}{730 - 400} = 500 \text{ (W/kg)}.$$

Taigi, didesnei masei ledo išlydyti per duotą laiką reikia ir didesnės galios šildytuvo, o iš pirmos lygties seka, kad šiuo atveju ir indo šiluminė talpa yra tiesiai proporcinga ledo masei:

$$\frac{C}{m} = \frac{P\tau_1}{m(t_2 - t_1)} - c_1 - \frac{0,5\lambda}{t_2 - t_1}, \quad \frac{C}{m} = \frac{500 \cdot 400}{10} - 2,1 \cdot 10^3 - \frac{0,5 \cdot 3,3 \cdot 10^5}{10} = 1400 \text{ [J}/(\text{kg}\cdot\text{K})].$$

Pavyzdžiui, viralui iš 200 g ledo $280 \text{ J}/\text{K}$ šiluminės talpos inde gauti reikia 100 W galios šildytuvo.

Iš trečios lygties randame virimo temperatūrą:

$$t_3 = \frac{P(\tau_3 - \tau_2)}{C + 2c_1 m}, \quad t_3 = \frac{500(1630 - 730)}{1400 + 4,2 \cdot 10^3} \approx 80,4 \text{ [}^{\circ}\text{C]},$$

kuri yra mažesnė nei mums įprasta 100°C temperatūra esant normaliam atmosferos slėgiui. Tai pasiekama aukštai kalnuose, kur oro slėgis yra žemas (apie pusė normaliosios atmosferos), arba uždarame inde oro siurbliu.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 11 16.

Sprendimų aptarimas / FT3-5 ▼

Didžioji sprendusiųjų dauguma buvo įsitikinę, kad vanduo būtinai turi užvirti esant įprastai 100°C temperatūrai, tad susikūrė problemų su užrašytų šilumos balanso lygčių sistemos sprendimu. Užduoties duomenys (čia yra itin svarbūs duoti laiko parametrai) buvo taip parinkti, kad vanduo užvirtų būtent žemesnėje temperatūroje, kad sprendėjai prisimintų vandens virimo temperatūros priklausomybę nuo slėgio – jos mažėjimą mažėjant slėgiui.

Tiems, kurie itin tvirtai laikėsi įsikibę tų 100°C, teko kurti ir kintamos galios šildytuvą, ir kintamos šiluminės talpos, net kintamo fazinio būvio indą, kaltinti užduotį laiko ar kitų duomenų netikrumu. Kai kas pasirinko ir tokį sprendinį: $P = C = m = 0$, nors užduoties sąlygoje buvo aiškiai parašyta, kad yra šildytuvai, yra ir indas su ledu.

Keletui turnyro dalyvių vėl tenka priminti, kad užduočių sprendimus reikia pateikti pagal turnyro reikalavimus (pageidaujamas *.doc formatas).

Užduoties sprendimo aptarimą parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 11 16.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT3-5 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Pateiktos šilumos balanso lygtys	3
2.	Nustatytas ieškomų dydžių sąryšis	4
3.	Rasta virimo temperatūra	2
4.	Paašškintos virimo sąlygos	1
5.	Kitos alternatyvos p.2 - 4, kai virimo temperatūra pasirinkta 100°C	iki 3
6.	Netikslumai kiekvienam p.1 - 3	iki -2
7.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
Maksimalus sprendimo įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2009 11 16.