

6-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
14-oji užduotis Nr. FT6-14 / 2013 04 02 – 2013 04 29

Sąlyga / FT6-14 ▼

Įmantrus kambario šildymas elektra

Jonas pagaliau sulitavo visas savo turėtas detales į jo žiniomis, optimaliausią kompiuteriu valdomos įtampos šaltinį, kurio naudingumo koeficientas yra 90 procentų nepriklausomai nuo apkrovos, ir prie jo prijungęs 10 omų elektrinės varžos palyginti mažos šiluminės talpos šildytuvą, 10 minučių kaitino jį 10 voltų įtampa, po to dar 10 minučių tolygiai mažėjančia įtampa liovėsi jį maitinti.

Kiek išsiskyrė šilumos? Įvertinkite, kiek laipsnių Jonui tas $3 \times 4 \times 2,6$ m kambarys galėtų sušilti, jei Jonas būtų laiku susirūpinęs labai geru to kambario apšiltinimu?

Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2013 04 02.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT6-14 ▼

Duota: $\eta = 90\% = 0,9$; $R_s = 10 \Omega$; $\tau = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$; $U = 10 \text{ V}$; $a = 3 \text{ m}$; $b = 4 \text{ m}$,
 $c = 2,6 \text{ m}$; $R = 8,31 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$.

Rasti: $Q; \Delta t$.

Kambarį šildo ne tik elektrinis šildytuvas, bet ir Jono pagamintas šaltinis, todėl šildymo galia

$$P = \frac{U^2}{R_s \eta}.$$

Per pirmąsias dešimt minučių išsiskyrusios šilumos kiekis $Q_1 = P\tau$, po to įtampa mažėja greičiu $v = U/\tau$, todėl visas šilumos kiekis

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{U^2 \tau}{R_s \eta} + \frac{1}{R_s \eta} \int_0^\tau (U - vt) dt = \frac{4U^2 \tau}{3R_s \eta}; \quad Q = \frac{4 \cdot 10^2 \cdot 600}{3 \cdot 10 \cdot 0,9} \approx 8,9 \text{ (kJ)}.$$

Kambarys nėra sandarus, todėl galime teigti, kad jį šildant yra izobarinis vyksmas. Tegu čia buvo ne per karšta ir pradinė temperatūra yra apie $T = 300 \text{ K}$ (17°C), o oro slėgis p yra artimas normaliam, apie $0,1 \text{ MPa}$. Pagal Klapeirono ir Mendelejevo lygtį tūrio $V = abc$ kambaryje esančio oro kiekis moliais yra:

$$\nu = \frac{pabc}{RT}.$$

Orą galima laikyti dviatomėmis dujomis (laisvės laipsnių skaičius $i = 5$), nes jo sudėtyje vyrauja dviatomiai azotas ir deguonis, tad savitoji molinė šiluma pastoviam slėgiui yra artima

$$C_p = \frac{i+2}{i} R = 3,5R,$$

o ieškomas temperatūros pokytis

$$\Delta t = \frac{Q}{\nu C_p} = \frac{8U^2 \tau T}{21R \eta p abc}; \quad \Delta t = \frac{8 \cdot 10^2 \cdot 600 \cdot 300}{21 \cdot 8,31 \cdot 0,9 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 2,6} \approx 0,24 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Toks nežymus temperatūros padidėjimas Jonui pašildant kambarį neturėtų prasmės jam laiku nesusirūpinus kambario apšiltinimu – menkiausias šalto vėjo gūsis į kambario sieną su langais niekais paverstų tą jo eksperimentą, o jei nepatinka čia laisvai pasirinkta pradinė kambario temperatūra, tai galima pasirinkti bet kurią kambarįje galimą kitą ir įsitikinti, kad galutiniam rezultatui tokio pasirinkimo įtaka yra nežymi, nes oro temperatūra Kelvino skalėje kitam pasirinkimui pakis nežymiai.

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2013 06 03.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT6-14 ▼

Tik du iš šių turnyrą iki šiol ištvėrusių dalyvių prisiminė Omo dėsnį uždarai (visai) elektros srovės grandinei, suprasdami, kad kambarį šildo ne tik prie šaltinio prijungtas elektrinis šildytuvas, bet ir pats šaltinis, kai Jonas eksperimentuoja tame kambarįje.

Temperatūros pokytis kambarįje gali būti teisingai apskaičiuotas ir kitu būdu – oro gautą šilumos kiekį padalijus iš žinyuose rastų oro savitosios šilumos ir jo tankio bei iš visų duotų kambario matmenų.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2013 06 03.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT6-14 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nustatyta, kad kambarį šildo ir šaltinis	3
2.	Apskaičiuotas šilumos kiekis	5
3.	Rastas temperatūros pokytis	2
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
5.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimo įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2013 06 03.