

**4-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**15-oji užduotis Nr. FT4-15 / 2011 05 02 – 2011 05 29**

**Užduoties sąlyga / FT4-15 ▼**

**Vandenilio liepsnoms nurimus**

Plieniniame balione, kurio tūris  $V=50$  l, yra  $m_1 = 5$  g vandenilio ir  $m_2 = 2$  g deguonies. Vandenilio kaloringumas  $q = 1,2 \cdot 10^8$  J/kg, dujų mišinio temperatūra yra  $t = 18$  °C. Mišinys padegamas, ir įvyksta greita cheminė reakcija.

- 1) Koks dujų slėgis buvo balione prieš padegant?
- 2) Koks dujų slėgis ir temperatūra susidarytų įvykus reakcijai, jei dujos į aplinką šilumos neperduotų?
- 3) Koks dujų slėgis susidarė balione dujoms atvėsus iki pradinės temperatūros?
- 4) Kokį šilumos kiekį dujos atvėsdamos atidavė aplinkai?

*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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 05 02.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT4-15 ▼**

1) Pažymime vandenilio ir deguonies molekulių mases  $M_{H_2} = 2$  g,  $M_{O_2} = 32$  g. Pradžioje balione buvo atitinkamai  $n_1 = \frac{m_1}{m_{H_2}} = 2,5$  ir  $n_2 = \frac{m_2}{m_{O_2}} = 0,0625$  vandenilio ir deguonies molekulių.

Todėl  $p = (n_1 + n_2) \frac{RT}{V}$ ,  $T = t + 273$ ,  $p = 124$  kPa.

2) Pradžioje dujų energija buvo  $E_1 = \frac{t_2}{2}(n_1 + n_2)RT$ , čia dviatomės molekulės laisvės laipsnių skaičius  $i_2 = 5$ . Vykstant reakcijai  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  du moliai vandenilio sureaguoja su vienu molekule deguonies ir susidaro du moliai vandens. Taigi, po reakcijos liks  $n'_1 = n_1 - 2n_2$  molekulių nesureagavusio vandenilio ir susidarys  $n'_2 = 2n_2$  molekulių vandens, kurio triatomės molekulės turi  $i_3 = 6$  laisvės laipsnius. Susidariusių dujų energija

$E_2 = \frac{1}{2}(i_2 n'_1 + i_3 n'_2)RT' = E_1 + 2n_2 M_{H_2} q$ . Gauname:

$$T' = \frac{E_1 + 2n_2 M_{H_2} q}{\frac{1}{2}(i_2 n'_1 + i_3 n'_2)R}, \quad T' = 867 \text{ K}, \quad t' = 594 \text{ °C}.$$

Dujų slėgis

$$p' = (n'_1 + n'_2) \frac{RT'}{V}, \quad p' = 360 \text{ kPa}.$$

3) Po reakcijos susidarė  $m'_2 = n'_2 M_{\text{H}_2\text{O}} = 2,25 \text{ g}$  vandens (čia vandens molio masė  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g}$ ). Tačiau esant  $18^\circ\text{C}$  temperatūrai vandens sočiųjų garų tankis yra  $\rho = 15,4 \text{ g/m}^3$ , jų slėgis  $p_g = 2000 \text{ Pa}$ . Balione gali būti  $m''_2 = \rho V = 0,77 \text{ g}$  garų. Taigi, dalis garų kondensuos (į susidariusio vandens užimamą tūrį neatsižvelgiant). Taigi, balione susidarys slėgis

$$p'' = n'_1 \frac{RT}{V} + p_g, \quad p'' = 1,17 \text{ kPa}.$$

4) Jei balione esančios dujos tik atvėstų, į aplinką išsiskirtų šilumos kiekį

$$Q = \frac{1}{2} (i_2 n'_1 + i_3 n'_2) R (T' - T), \quad Q = 30,2 \text{ kJ}.$$

Kadangi dalis vandens garų kondensuojasi, išsiskiria kondensacijos šiluma

$$Q' = (m'_2 - m''_2) L,$$

čia  $L = 2,3 \text{ MJ/kg}$  yra savitoji vandens garavimo šiluma. Tada  $Q' = 3,4 \text{ kJ}$ .

Kadangi vandens savitoji šiluma  $c = 4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$  skiriasi nuo garų savitosios šilumos  $c' = 1400 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , vėstant vandeniui išsiskirs į aplinką šilumos kiekis, dydžiu  $Q''$  didesnis, negu išskirtų vėsdami tokios pat masės garai:

$$\Delta Q'' = (c - c') \Delta m \Delta T.$$

Garai pradės kondensuotis, kai jų tankis  $\rho = m'_2 / V = 45 \text{ g/m}^3$  taps didesnis, negu atitinkamos temperatūros sočiųjų garų tankis. Tai atitinka  $t'' = 37^\circ\text{C}$ . Garai kondensuos palaipsniui temperatūrai mažėjant,  $\Delta Q''$  išraiškoje  $\Delta m$  ir  $\Delta T$  palaipsniui didės. Tačiau net imant maksimalias reikšmes  $\Delta m = m'_2$  ir  $\Delta T = t'' - t$  šilumos pokytis nereikšmingas:  $\Delta Q'' = 78 \text{ J}$ . Taigi, visas į aplinką išsiskyrusios šilumos kiekis

$$Q_v = Q + Q' = 33,6 \text{ kJ}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 06 29.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT4-15 ▼**

Užduotį 2) daugelis sprendusiųjų išsprendė netiksliai, naudodami šilumos balanso lygtį. Taip sprendžiant neatsižvelgiama į susidariusio vandens šilimo ypatumus (vandens savitoji šiluma, garavimo šiluma bei vandens garų savitoji šiluma priklauso nuo slėgio ir temperatūros).

Užduotyje 3) dalis sprendusiųjų neatsižvelgė į vandens sočiųjų garų slėgį.

Užduotyje 4) dalis sprendusiųjų atsižvelgė tik į šilumą, atiduotą dujoms vėstant, neatsižvelgė į kitus procesus (vandens kondensaciją bei vandens ir garų savitųjų šilumų skirtumą).

*Užduoties sprendimo aptarimą parengė užduoties autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 06 29.

**Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT4-15 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Nustatytas pradinis dujų slėgis pagal dujų būvio lygtį	2
2.	Nustatyta dujų temperatūra po reakcijos pagal energijos tvermės dėsnį	2
3.	Nustatytas dujų slėgis po reakcijos pagal dujų būvio lygtį	2
4.	Nustatytas dujų slėgis dujoms atvėsus: vandenilio – pagal dujų būvio lygtį, vandens – pagal sočiųjų garų slėgio lentelę	2
5.	Nustatytas atiduotos į aplinką šilumos kiekis vėstant vandeniliui ir vandens garams bei vandens garams kondensuojantis	2
6.	Netikslumai ir klaidos (1-5 p.)	nuo -0,5 iki -1,5
7.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
Maksimalus 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](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 06 29.