

**3-IASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**8-oji užduotis Nr. FT3-8 / 2009 11 30 – 2009 12 27**

**Sąlyga / FT3-8 ▼**

**Dujų sprogdinimas**

Į tvirtą storasienį plieninį balioną, kurio tūris 50 L, įleista 10 g vandenilio ir 20 g deguonies, esant 20 °C temperatūrai. Mišinys susprogdintas sukėlus kibirkštį. Vandeniliui jungiantis su deguonimi susidaro vandens garai ir, susidarant kiekvienam moliui vandens, išsiskiria 240 kJ energijos.

- 1) Koks buvo dujų slėgis balione prieš sprogdimą?
- 2) Koks buvo dujų slėgis balione tuoj po sprogdimo?
- 3) Koks slėgis balione nusistovėjo balionui ir jo turiniui atvėsus iki pradinės temperatūros?

Užduotį parengė mokyklos “Fizikos olimpas” steigėjų tarybos narys, šio Fizikos turnyro užduočių parengimo spęsti ir sprendimų vertinimo komisijos pirmininkas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2009 11 30.

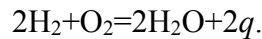
**Aiškinamasis sprendimas / FT3-8 ▼**

- 1) Pradinį slėgį nustatome iš dujų būvio lygties:

$$p = \frac{RT}{V} \left( \frac{m_H}{M_{H_2}} + \frac{m_O}{M_{O_2}} \right), \quad p=274 \text{ kPa,}$$

čia  $R$  – dujų konstanta,  $T=293 \text{ K}$ ,  $V=0,05 \text{ m}^3$ ,  $m_H=10 \text{ g}$ ,  $M_{H_2}=2 \text{ g}$ ,  $m_O=20 \text{ g}$ ,  $M_{O_2}=32 \text{ g}$ .

- 2) Vyksta cheminė reakcija



Reaguojant 2 moliam vandenilio su 1 molium deguonies  $q=240 \text{ kJ}$ . Matome, kad vandens kiekį mūsų atveju lemia deguonies molekulių skaičius  $m_{H_2O}/M_{H_2O} = m_O/M_O$ ,  $M_O = 16 \text{ g}$ , po sprogdimo liks  $m'_H$  nesureagavusio vandenilio:

$$\frac{m'_H}{M_{H_2}} = \frac{m_H}{M_{H_2}} - \frac{m_O}{M_O},$$

o išsiskyrusios šilumos kiekis

$$Q = qm_O/M_O.$$

Tuoj po sprogdimo ta šiluma pasiskirsto vandens garuose ir likusiame po reakcijos vandenilyje padidindama jų temperatūrą iki  $T'$ . Panaudojame energijos tvermės dėsnį.

$$U_H(T) + U_O(T) + Q = U_H(T') + U_{H_2O}(T'),$$

čia  $U$  – dujų vidinė energija. Gauname:

$$\left( \frac{i_{H_2} m_H}{M_{H_2}} + \frac{i_{O_2} m_O}{M_{O_2}} \right) \frac{RT}{2} + Q = \left( \frac{i_{H_2} m'_H}{M_{H_2}} + \frac{i_{H_2O} m_O}{M_O} \right) RT',$$

$$T' = T + \frac{\left( \frac{i_{H_2} m_H}{M_{H_2}} + \frac{i_{O_2} m_O}{M_{O_2}} \right) \frac{T}{2} + \frac{qm_O}{RM_O}}{\frac{i_{H_2} m'_H}{M_{H_2}} + \frac{i_{H_2O} m_O}{M_O}};$$

čia  $i_{H_2} = i_{O_2} = 5$ ,  $i_{H_2O} = 6$  yra atitinkamai vandenilio, deguonies ir vandens molekulių laisvės laipsnių skaičiai.

Apskaičiavę gauname:

$$T' = 3000 \text{ K} .$$

Tada slėgis

$$p' = \frac{RT'}{V} \left( \frac{m'_H}{M_{H_2}} + \frac{m'_O}{M_O} \right), \quad p' = 2,53 \text{ MPa}.$$

Po sproginimo susidariusi temperatūra yra aukštesnė už plieno lydimosi temperatūrą (1400°C), tačiau galima apskaičiuoti, kad dujų temperatūrai sumažėjus iki tos temperatūros, išsiskyrusios šilumos pakaktų įkaitinti ir išlydyti tik apie 0,04 mm storio plieno sluoksnį baliono viduje. Iš tikrųjų šiluma po sproginimo iš dujų plienui bus perduodama ne momentaliai, nes dujų šilumos laidumas gana mažas, o plieno – žymiai didesnis, ir dujų sluoksnis prie plieno paviršiaus atvės greičiau, negu plienas pradės lydėtis. Taip pat reikia pažymėti, kad esant 3000 K temperatūrai, dalis vandenilio ir vandens molekulių suskyla – į tai sąlygoje neatsižvelgta.

3) Temperatūrai sumažėjus iki 20°C dalis vandens garų kondensuos, liks sotiųjų vandens garai, jų masė  $m'_g = 0,9 \text{ g}$ , slėgis  $p_g = 2,33 \text{ kPa}$ .

Taigi, balionui ir dujoms atvėsus iki  $t = 20^\circ\text{C}$ , vandeniliui turėsime dujų būvio lygtį

$$p''V = \frac{m'_H}{M_{H_2}} RT, \quad p'' = 183 \text{ kPa} ,$$

ir balione esančių dujų slėgis

$$p_3 = p'' + p_g, \quad p_3 = 185 \text{ kPa} .$$

Į susidariusio vandens užimamą tūrį neatsižvelgiame, jis neviršija 22 ml.

*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 2010 01 19.

### **Sprendimų aptarimas / FT3-8 ▼**

Į 1-ąją klausimą dauguma sprendusiųjų (apie 80%) atsakė teisingai.

Į 2-ąją klausimą visiškai atsakė tik apie 40 % sprendusiųjų. Kiek daugiau teisingai apskaičiavo susidariusį šilumos kiekį, bet nesugebėjo apskaičiuoti temperatūros.

Į 3-iąją klausimą visiškai atsakė apie ketvirtadalis sprendusiųjų. Dauguma suklydo vertindami vandens garų slėgį: į garų slėgį visai neatsižvelgė ar pagal idealiųjų dujų būsenos lygtį apskaičiavo visai vandens masei atitinkantį slėgį. Net helio sukurtą slėgį teisingai apskaičiavo tik apie 70 % sprendusiųjų.

*Užduoties sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2010 01 19.

**Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT3-8 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Pagal idealiųjų dujų būvio lygtį apskaičiuotas pradinis slėgis balione.	2
2.	Pagal vandenilio ir deguonies reakciją apskaičiuotas šilumos kiekis.	2
3.	Pagal energijos tvermės dėsnį apskaičiuota temperatūra po sprogo.	2,5
4.	Pagal idealiųjų dujų būvio lygtį apskaičiuotas slėgis balione po sprogo.	1
5.	Nustatytas vandens sočiųjų garų slėgis atvėsus.	1
6.	Pagal idealiųjų dujų būvio lygtį apskaičiuotas vandenilio slėgis balione.	1
7.	Gautas galutinis slėgis.	0,5
8.	Klaidingai atlikti matematiniai veiksmai (kiekvienai išraiškai)	-0,5
Maksimalus sprendimo įvertinimas		10

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2010 01 19.