

**13-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**5-oji užduotis Nr. FT13-5 / 2019 09 30 – 2019 10 27**

**Sąlyga / FT13-5 ▼**

**Degunies šaldymas ir šildymas**

Degunies dujos, kurių masė lygi 24 g, o pradinė temperatūra lygi 77 °C, yra cilindre su stūmokliu, kurį galima nejudamai įtvirtinti specialiu fiksatoriumi arba paleisti slinkti be trinties, atleidus fiksatorių. Dujos, kurios iš pradžių buvo izochoriškai šaldomos, o po to, atleidus fiksatorių, izobariškai (slėgis lygus 100 kPa) šildomos iki pradinės temperatūros, gavo 436,3 J šilumos. Kiek kartų buvo sumažintas dujų slėgis ir kiek laipsnių pakito jų temperatūra šaldant? Kiek sumažėjo degunies molekulių koncentracija šildant?

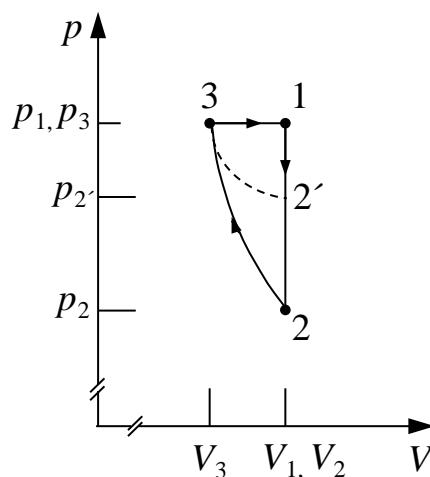
*Užduotį parengė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 09 30.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT13-5 ▼**

Duota:  $m = 0,024$  kg;  $M = 0,032$  kg/mol;  $T_1 = 350$  K;  $p_1 = 1 \cdot 10^5$  Pa;  $Q = 436,3$  J;  $R = 8,31$  J/(K·mol);  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ /mol.

Rasti:  $p_2/p_1$ ;  $\Delta T$ ;  $\Delta n$ .



Pagal Šarlio dėsnį izochoriniam ( $V_1 = V_2$ ) vyksmui, kai dujos atšąla iki temperatūros  $T_2$ :

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}.$$

Atleidus fiksatorių, atmosferos oras cilindro stūmokliu staigiai suspaudžia deguonį iki slėgio  $p_3$ , čia vyksmą galima laikyti adiabatiniu, nes šilumos mainai su aplinka nespėja įvykti ir degunies temperatūra padidėja nuo  $T_2$  iki  $T_3$  pagal lygtį:

$$p_2^{1-\gamma} T_2^\gamma = p_3^{1-\gamma} T_3^\gamma.$$

Tokia lygtis lengvai parašoma remiantis Puasono ir Mendelejevo-Klapeirono lygtimis:

$$p_2 V_2^\gamma = p_3 V_3^\gamma; p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2; p_3 V_3 = \frac{m}{M} R T_3.$$

kur adiabatės rodiklis (Puasono koeficientas)  $\gamma = (i + 2)/i$ , čia laisvės laipsnių skaičius deguoniui (dviatomės dujos)  $i = 5$ .

Deguonies dujas šildant izobariškai ( $p_3 = p_1$ ) jų temperatūra padidėja nuo  $T_3$  iki  $T_1$ , tai gautas šilumos kiekis:

$$Q = c_p m(T_1 - T_3),$$

kur savitoji šiluma pastoviam slėgiui  $c_p = \frac{(0,5i+1)R}{M}$ .

Pasinaudoję turimomis lygtimis randame ieškomus dydžius:

$$\left(p_1 \frac{T_2}{T_1}\right)^{1-\gamma} T_2^\gamma = p_1^{1-\gamma} T_3^\gamma; T_2 = T_1^{1-\gamma} T_3^\gamma;$$

$$\frac{p_2}{p_1} = T_1^{-\gamma} T_3^\gamma = \left[1 - \frac{QM}{(0,5i+1)RmT_1}\right]^{1+\frac{2}{i}}; \frac{p_2}{p_1} = \left[1 - \frac{436,3 \cdot 0,032}{(0,5 \cdot 5 + 1)8,31 \cdot 0,024 \cdot 350}\right]^{1,4} \approx \frac{1}{1,086}.$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = T_1(T_1^{-\gamma} T_3^\gamma - 1) = T_1\left(\frac{p_2}{p_1} - 1\right); \Delta T = 350\left(\frac{1}{1,086} - 1\right) \approx -27,7 \text{ (K)}.$$

Dujų slėgis jas šildant:

$$p_1 = n_1 \frac{R}{N_A} T_1; p_1 = n_3 \frac{R}{N_A} T_3,$$

tai jų molekulių koncentracijos pokytis:

$$\Delta n = n_1 - n_3 = \frac{p_1 N_A}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3}\right) = \frac{p_1 N_A}{RT_1} \left[1 - \frac{1}{1 - \frac{QM}{(0,5i+1)RmT_1}}\right];$$

$$\Delta n = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 350} \left[1 - \frac{1}{1 - \frac{436,3 \cdot 0,032}{(0,5 \cdot 5 + 1)8,31 \cdot 0,024 \cdot 350}}\right] \approx -1,26 \cdot 10^{24} \text{ (m}^{-3}\text{)}.$$

Taigi, deguonies dujas šaldant jų slėgis sumažėja 1,086 karto, temperatūra sumažėja 27.7 °C, o šildant molekulių koncentracija sumažėja  $1,26 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$ .

*Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 11 05.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT13-5 ▼**

Sprendžiant tokią užduotį labai svarbu įvertinti, koku termodinaminiu vyksmu staigiai pereinama iš izochorinio dujų šaldymo pabaigos (2 taškas pateiktoje slėgio priklausomybės nuo tūrio diagramoje) į izobarinio šaldymo pradžią (3 taškas toje diagramoje) atitinkantį slėgį, lygų pradiniam slėgiui. Adiabatinių vyksmą aprašančiomis lygtimis naudojosi tik keturi turnyro dalyviai, trys iš jų nesuklydo skaičiuodami.

Daugumai atrodė naudotinas čia izoterminis vyksmas, kuomet pagal šildymo duomenis 3 taške gauta apie 10 K žemesnė nei pradinė temperatūra, ji tokia pačia buvo laikoma buvusia ir 2 taške, tuo pačiu rastas ir žymiai mažesnis slėgių santykis, kai šaldoma izochoriškai. Natūralu, kad tai nepakenkė molekulių koncentracijos sumažėjimo skaičiavimui, kai dujos buvo izobariškai šildomos.

*Užduoties sprendimų aptarimą parengė jos autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 11 05.

***Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT13-5 ▼***

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Slėgių santykio radimas	4
2.	Temperatūros pokyčio šaldant nustatymas	3
3.	Rastas molekulių koncentracijos pokytis šildant	3
4.	Nepakankamas sprendimo paaiškinimas, pateikiant tik galutines formules	iki (-1)
5.	Nepateikti dydžių skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-3)	-0,5
6.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 11 05.