

**4-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**Užduotis Nr. FT4-5 / 2010 09 27 – 2010 10 24**

**Sąlyga / FT4-5 ▼**

**Dujos cilindre su stūmokliu**

Uždarame stačiame cilindre yra gulsčias stūmoklis, kuris gali slinkti be trinties. Stūmoklis atskiria vienodos masės temperatūros  $T$  dujas taip, kad jų tūris virš stūmoklio yra 3,3 karto didesnis nei po juo. Dujų stulpelių ilgių suma (cilindro vidinis ilgis atėmus stūmoklio storį) lygi 43 cm. Cilindras buvo atšaldytas iki temperatūros  $T_1 = 0,5 T$ .

1. Koks tapo dujų tūrių santykis atšaldžius?
2. Kiek pasislinko stūmoklis?
3. Kiek dar papildomai cilindre pasislinktų tas stūmoklis, atšaldytą cilindrą paleidus laisvai kristi?

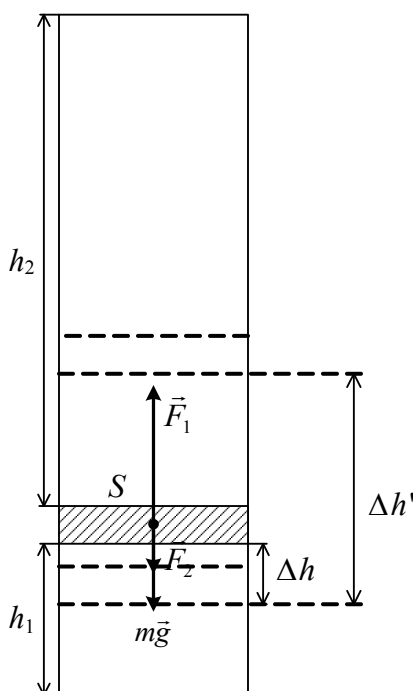
*Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2010 09 27.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT4-5 ▼**

Duota:  $V_2 / V_1 = 3,3$ ;  $h = h_1 + h_2 = 43 \text{ cm} = 0,43 \text{ m}$ ;  $T_1 = 0,5T$ .

Rasti:  $V_2' / V_1'$ ;  $\Delta h$ ;  $\Delta h'$ .



Cilindre  $h_2 / h_1 = V_2 / V_1$ , tai dujų stulpelių aukščiai

$$h_1 = \frac{h}{1 + V_2/V_1}, h_1 = \frac{0,43}{1 + 3,3} = 0,1 \text{ (m)}, h_2 = 0,43 - 0,1 = 0,33 \text{ (m)}.$$

Masės  $m$  ploto  $S$  stūmoklį žemyn veikia sunkio jėga dydžio  $mg$  (čia  $g$  – gravitacinio lauko stiprio modulis) ir virš jo esančių dujų slėgio jėga, kurios dydis  $p_2S$ , o aukštyne – po stūmokliu esančių dujų slėgio jėga, jos dydis  $p_1S$ , tai stūmoklio pusiausvyros sąlyga yra

$$(p_1 - p_2)S = mg,$$

o atšaldžius dujas:

$$(p'_1 - p'_2)S = mg.$$

Taigi, abiem atvejais dujų slėgių skirtumai yra vienodi:

$$p'_1 - p'_2 = p_1 - p_2.$$

Pagal Mendelejevo-Klapeirono lygtį dujų slėgis

$$p = \nu R \frac{T}{V} = k \frac{T}{h},$$

čia  $\nu$  – medžiagos kiekis,  $R$  – molinė dujų konstanta, o pastovus daugiklis

$$k = \nu R / S.$$

Tada įrašę slėgius gautume:

$$T_1 \left( \frac{1}{h'_1} - \frac{1}{h'_2} \right) = T \left( \frac{1}{h_1} - \frac{1}{h_2} \right),$$

čia nauji dujų stulpelių aukščiai po atšaldymo

$$h'_1 = h_1 - \Delta h, h'_2 = h_2 + \Delta h.$$

Įrašę turimus dydžius gauname kvadratinę lygtį:

$$\frac{1}{0,1 - \Delta h} - \frac{1}{0,33 + \Delta h} = \frac{4,6}{0,33},$$

kurios sprendinys  $\Delta h \approx 0,04 \text{ m}$ .

Tūrių santykis

$$\frac{V'_2}{V'_1} = \frac{h_2 + \Delta h}{h_1 - \Delta h}, \frac{V'_2}{V'_1} = \frac{0,33 + 0,04}{0,1 - 0,04} \approx 6,17.$$

Paleidus cilindrą su stūmokliu laisvai kristi dėl susidariusio dujų slėgių skirtumo stūmoklis cilindro atžvilgiu kiltų aukštyne, tad Žemės atžvilgiu kristų žemyn šiek tiek mažesniu (cilindras – šiek tiek didesniu) nei  $g$  pagreičiu, pasvyruotų apie cilindro vidurį, o dėl slopinamojo dujų poveikio svyravimams užgesus nusistovėtų cilindro viduryje pasislinkęs per

$$\Delta h' = 0,5h - h'_1, \Delta h' = 0,5 \cdot 0,43 - (0,1 - 0,04) = 15,5 \text{ (cm)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 01 28.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT4-5 ▼**

Užduotyje dujų (tokių pačių, nes nėra duomenų, kad jos skirtingos) abiejose cilindro dalyse yra vienodai, gi po stūmokliu jų tūris mažesnis nei virš jo, tad aišku, kad stūmoklis yra sunkus. Stūmoklio sunkį atsveria dujų slėgio į jį jėgos, šaldymo metu išliekant tam pačiam dujų slėgių skirtumui, tad šaldant stūmoklis leidžiasi žemyn, nes tą patį dujų slėgių skirtumą galima gauti tik dar labiau suspaudžiant dujas po stūmokliu. Dauguma turnyro dalyvių sprendimuose “saugojo” dujų tūrį, nepasinaudoję patogumu iškart naudotis jo tiesiniu ryšiu su stulpo aukščiu. Be to, kaip yra pateikta aiškinamajame sprendime, yra paprasčiau į ką tik

gautus sąryšius kuo skubiau įrašyti turimus sąlygos duomenis nei rasti bendrąją stūmoklio pasislinkimo išraišką, o tik po to įrašyti duomenis.

Nustebino kai kurių net ir gerai užduotį sprendusių turnyro dalyvių teiginys, kad laisvai krintant stūmoklis netenka sunkio, akivaizdžiai užsimiršus, kad būtent sunkio jėgai veikiant kūnai krinta laisvai. Čia vertėtų prisiminti stūmoklio sunkio jėgos, kurią lemia Žemės trauka, ir jo svorio – jėgos, kuria stūmoklis veikia dujas, o per jas ir cilindą, sąvokas. Svyravimams cilindre užgesus stūmoklis sustoja jo viduryje, iš abiejų pusių jį veikiančios dujų slėgio jėgos kompensuojasi, tad dujos kaip visuma “nebejaučia” stūmoklio svorio. Kaip toj dainoj – “kas lekia, tas nejaučia svorio”.

Maloniai nuteikė du turnyro dalyviai, nagrinėję adiabatinių vyksmą, kai pradėjus kristi plėsdamosi po stūmokliu dujos papildomai ataušta, o spaudžiamos virš jo - sušyla. Vienas turnyro dalyvis analizavo ir atskirus atvejus, kai dujos vienatomės, dviatomės ir daugiaatomės.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2011 01 28.

#### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT4-5 ▼**

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Rastas stūmoklio pasislinkimas atšaldžius	4
2.	Apskaičiuotas tūrių santykis	3
3.	Rastas stūmoklio pasislinkimas laisvai krintant	3
4.	Teiginys, kad laisvai krintant neveikia sunkis	-2
5.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
6.	Kiti netikslumai, p. 1 – 3	po -0,5
Maksimalus sprendimo 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 2011 01 28.