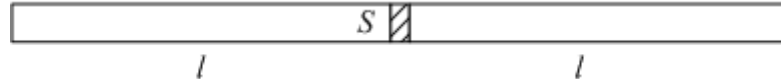


**10-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
*14-oji užduotis Nr. FT10-14 / 2017 04 19 – 2017 05 16*

**Sąlyga / FT10-14 ▼**

**Stūmoklis ankštame vamzdyje**

Gulsčiame uždaramame  $S = 1 \text{ cm}^2$  vidinio skerspjūvio ploto vamzdyje yra 100 kPa slėgio oras, o centre – 1 N svorio, galintis slinkti be trinties stūmoklis, vienodai nutolęs nuo vamzdelio galų po  $l = 10 \text{ cm}$ . Kiek pasislinks stūmoklis, vamzdelį pavertus stačiai? Kokių pagreičių stačia kryptimi turėtų judėti paverstas vamzdelis, kad stūmoklis grįžtų į jo centrą? Kaip pakistų rezultatai atsižvelgus į trintį?



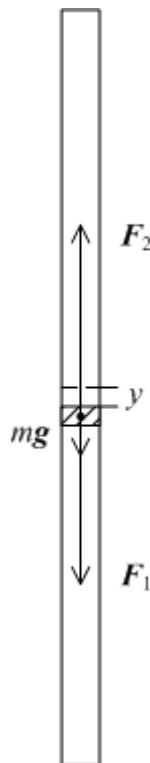
*Užduotį parengė Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų instituto direktoriaus pavaduotojas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Puslaidininkių fizikos katedros docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2017 04 19.

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT10-14 ▼**

Duota:  $S = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ;  $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $P = 1 \text{ N}$ ;  $l = 0,1 \text{ m}$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Rasti:  $h$ ;  $a$ .



Paverstame vamzdyje esantį stūmoklį žemyn veikia jo sunkis (skaitine verte lygus duotam svoriui  $P$ ) ir viršutinėje dalyje esančio šiek tiek praretinto oro slėgio jėga  $\vec{F}_1$ , o aukštyje – apatinėje dalyje esančio šiek tiek sutankinto oro slėgio jėga  $\vec{F}_2$ . Stūmoklio pusiausvyros sąlyga pagal I Niutono dėsnį:

$$m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0.$$

Suprojektavę vektorius į stačią ašį ir įrašę abiejose dalyse esančio oro slėgius turime:

$$-P - p_1S + p_2S = 0.$$

Pavertus vamzdelį stūmoklis pasislinko  $h$  ir oro po stūmokliu tūris  $Sl$  sumažėjo dydžiu  $Sh$  suspaudžiant jį iki slėgio  $p_1 > p$ , o virš stūmoklio oro tūris tiek pat padidėjo, jam praretėjant iki slėgio  $p_2 < p$ . Pagal Boilio-Marioto dėsnį izoterminiam vyksmui:

$$p_1S(l - h) = pSl; \quad p_2S(l + h) = pSl.$$

Randame stūmoklio poslinkį:

$$p_2S + P - p_1S = 0; \quad \frac{pSl}{l + h} + P - \frac{pSl}{l - h} = 0; \quad Ph^2 + 2pSlh - Pl^2 = 0;$$

$$h = \left( \sqrt{\frac{p^2S^2}{P^2} + 1} - \frac{pS}{P} \right) l; \quad h = \left( \sqrt{\frac{10^{10} \cdot 10^{-8}}{1} + 1} - 10 \right) 0,1 \approx 5 \text{ (mm)}.$$

Taigi, paversto vamzdelio viršutinėje dalyje oras yra praretintas, o apatinėje – sutankintas dėl stūmoklio svorio  $P = F_2 - F_1 = (p_2 - p_1)S$ . Čia oras vamzdelyje stūmokliui yra kaip atrama, kurią jis veikia savo svoriu (tuo pačiu netiesiogiai ir vamzdelį per orą jame), kaip ir tiesiogiai savo svoriu veikė vamzdelį, kai jis pradžioje buvo gulsčias ir oro slėgis iš abiejų pusių buvo  $p$ .

Kai stūmoklis su vamzdeliu juda stačiai žemyn pagreičiu  $\vec{a}$ , tai pagal II Niutono dėsnį stūmokliui:

$$m\vec{g} + \vec{F}'_1 + \vec{F}'_2 = m\vec{a}.$$

Vėl suprojektavę vektorius (papildomas poveikslas tam atvejui čia nepateiktas, tikintis, kad tokį nesunkiai įsivaizduos šio aiškinamojo sprendimo skaitytojas) į stačią ašį turėtume:

$$-mg - F'_1 + F'_2 = -ma.$$

Stūmokliui grįžus į vamzdelio centrą jį iš abiejų pusių veikiančios oro slėgio jėgos tampa vienodos  $F'_1 = F'_2 = pS$ , tad jis tampa nesvarus ( $P' = F'_1 - F'_2 = 0$ ), vamzdeliui leidžiantis stačiai žemyn pagreičiu  $a = g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Dėl trinties stūmoklis paverstame vamzdelyje pasislinktų mažiau, nei apskaičiuotas  $h$ , nes trinties jėga būtų nukreipta aukštyn, kaip ir jėga  $\vec{F}_2$ , ir mažintų pasislinkimą. Akivaizdu, kad ir oro slėgių skirtumas vamzdelio dalyse būtų mažesnis. Labai didelei trinčiai esant įmanoma, kad stūmoklis net nepajudėtų.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2020 08 20.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT10-14 ▼**

Užduotį teisingai išsprendė aštuoni belikę aktyvūs turnyro dalyviai.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2020 08 20.

***Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT10-14 ▼***

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Boilio-Marioto dėsnis orui vamzdelyje	2
2.	Stūmoklio pusiausvyros sąlyga	2
3.	Stūmoklio poslinkis pavertus vamzdelį	3
4.	Pagreičio kryptis ir dydis	3
5.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
6.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	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 2020 08 20.