

**9-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**2-oji užduotis Nr. FT9-2 / 2015 07 29 – 2015 08 25**

**Gyvsidabrio šėlionės vamzdelyje**

**Sąlyga / FT9-2 ▼**

Stačio vamzdelio, kurio abu galai uždari, 1m ilgio vidinėje ertmėje yra oro, o viduryje – gyvsidabrio, kurio stulpelio ilgis 20 cm. Oro slėgis po gyvsidabrio stulpeliu lygus 130 kPa. Kokiu pagreičiu stačia kryptimi turėtų judėti vamzdelis, kad gyvsidabrio stulpelis jame pasislinktų 1 cm? Kiek pasislinktų gyvsidabrio stulpelis nejudantį vamzdelį paguldžius?

*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 2015 07 29.

**Aiškinamasis sprendimas / FT9-2 ▼**

Duota:  $l = 1$  m;  $h = 20$  cm = 0,2 m;  $p_1 = 130$  kPa =  $1,3 \cdot 10^5$  Pa;  $y = 1$  cm = 0,01 m;  $\rho = 13,6 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>;  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

Rasti:  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $x$ .

Gyvsidabrio stulpelio pusiausvyros sąlyga pradžioje, kai oro slėgis virš jo yra  $p_2$ :

$$p_2 + \rho gh = p_1.$$

Gyvsidabrio stulpelis vamzdelyje pasislenka jam greitėjančiai kylant aukštyn, leidžiantis žemyn ir paguldžius. Aukštyn pagreičiu  $a_1$  keliamo stulpelio slėgis padidėja  $\rho a_1 h$  ir vamzdelyje jis nusileidžia:

$$p'_2 + \rho(g + a_1)h = p'_1.$$

Leidžiantis žemyn pagreičiu  $a_2$  stulpelio slėgis sumažėja  $\rho a_2 h$  ir vamzdelyje jis pakyla:

$$p''_2 + \rho(g - a_2)h = p''_1.$$

Paguldžius vamzdelį oro slėgiai abiejose jo dalyse tampa vienodi:  $p_{20} = p_{10}$ .

Pagal Boilio-Marioto dėsnį orui atskirose vamzdelio dalyse:

$$p'_1 \left( \frac{l-h}{2} - y \right) = p_1 \frac{l-h}{2}; \quad p'_2 \left( \frac{l-h}{2} + y \right) = p_2 \frac{l-h}{2};$$

$$p''_1 \left( \frac{l-h}{2} + y \right) = p_1 \frac{l-h}{2}; \quad p''_2 \left( \frac{l-h}{2} - y \right) = p_2 \frac{l-h}{2};$$

$$p_{20} \left( \frac{l-h}{2} - x \right) = p_2 \frac{l-h}{2}; \quad p_{10} \left( \frac{l-h}{2} + x \right) = p_1 \frac{l-h}{2}.$$

Randame ieškomus dydžius:

$$(p_1 - \rho gh) \frac{l-h}{l-h+2y} + \rho(g + a_1)h = p_1 \frac{l-h}{l-h-2y};$$

$$a_1 = \frac{1}{\rho h} \left[ p_1 \frac{l-h}{l-h-2y} - (p_1 - \rho gh) \frac{l-h}{l-h+2y} \right] - g;$$

$$a_1 = \frac{1}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 0,2} \left[ 1,3 \cdot 10^5 \frac{0,8}{0,78} - (1,3 \cdot 10^5 - 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,2) \frac{0,8}{0,82} \right] - 9,8 \approx$$

$$\approx 2,15 (\text{m/s}^2).$$

$$(p_1 - \rho gh) \frac{l-h}{l-h-2y} + \rho(g - a_2)h = p_1 \frac{l-h}{l-h+2y};$$

$$a_2 = g - \frac{1}{\rho h} \left[ p_1 \frac{l-h}{l-h+2y} - (p_1 - \rho gh) \frac{l-h}{l-h-2y} \right];$$

$$a_2 = 9,8 - \frac{1}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 0,2} \left[ 1,3 \cdot 10^5 \frac{0,8}{0,82} - (1,3 \cdot 10^5 - 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,2) \frac{0,8}{0,78} \right] \approx$$

$$\approx 2,14 (\text{m/s}^2).$$

$$(p_1 - \rho gh) \frac{l-h}{l-h-2x} = p_1 \frac{l-h}{l-h+2x}; \text{ tai}$$

$$x = \frac{(l-h)\rho gh}{4p_1 - 2\rho gh}; x = \frac{0,8 \cdot 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,2}{4 \cdot 1,3 \cdot 10^5 - 2 \cdot 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,2} \approx 4,6 (\text{cm})$$

*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 25.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT9-2 ▼**

Užduotį teisingai išsprendė penki turnyro dalyviai. Dauguma neatkreipė dėmesio į tai, kad užduoties sąlygoje duotas gyvsidabrio stulpelio poslinkis gaunamas kylant ar leidžiantis nevienodo dydžio pagreičiu – šiek tiek didesniu kylant. Turima bėdų dėl sprendimų surinkimo kompiuteriu, o keletas dalyvių nerodo skaičiavimų ir po teorinių formulių iškart rašo atsakymus.

*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 25.

### **Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT9-2 ▼**

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Rasti pagreičiai vamzdeliui kylant ir leidžiantis	6
2.	Rastas gyvsidabrio poslinkis vamzdelį paguldžius	4
3.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
4.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-2)	iki (-1)
Didžiausias galimas 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 2020 08 25.