

**tur13-ASIS FIZIKOS TURNYRAS**  
**4-oji užduotis Nr. FT13-4 / 2019 09 09 – 2019 10 06**

**Sąlyga / FT13-4 ▼**

**Bandymas, kuris moksleiviui pavyko ne taip gerai kaip E. Toričeliui**

Moksleiviui bandant pakartoti italų fiziko E. Toričelio dar 1643 metais atliktą bandymą atmosferos slėgiui matuoti, kuomet pripylus gyvsidabrio į 1 m ilgio vamzdelį, kurio vienas galas užlydytas, atviras galas užspaudžiamas pirštu, vamzdelis apverčiamas ir atidaromas stačiai įstacių į indą su gyvsidabriu, įvyko apmaudi klaida, nes į vamzdelį pateko šiek tiek oro: kai atmosferos slėgis lygus 1013 hPa, gyvsidabrio stulpelis yra tik 700 mm aukščio. Kiek turi padidėti atmosferos slėgis (hPa), kad gyvsidabrio stulpelis vamzdelyje būtų 2 mm aukštesnis? Gyvsidabrio tankis lygus  $13,6 \text{ t/m}^3$ , o gravitacinio lauko stipris –  $9,8 \text{ N/kg}$ .

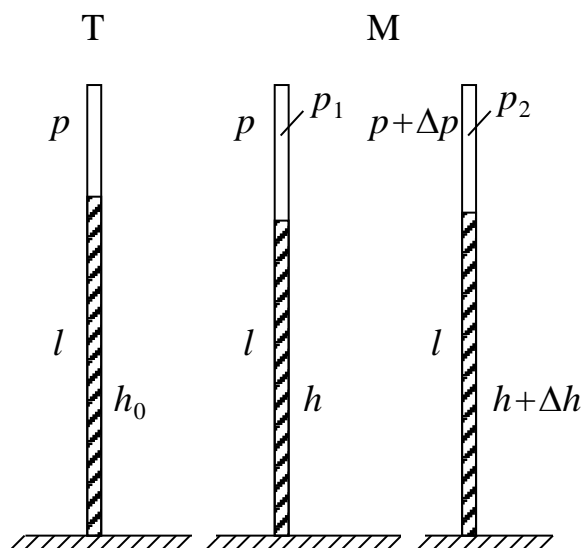
*Užduotį parengė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas doc. dr. Stasys Tamošiūnas.*

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

**Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT13-4 ▼**

Duota:  $l = 1 \text{ m}$ ;  $p = 1013 \text{ hPa} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $h = 700 \text{ mm} = 0,7 \text{ m}$ ;  $\Delta h = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$ ;  $\rho = 13,6 \text{ t/m}^3 = 1,36 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

Rasti:  $\Delta p$ .



Gyvsidabris yra pusiausviras, kai atmosferos slėgį  $p$  atsveria jo stulpelio slėgis  $\rho gh$  ir pagal Paskalio dėsnį į gylį  $h$  persidavęs nepakitęs patekusio oro slėgis  $p_1$ :

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

Padidėjusį atmosferos slėgį atsveria paaukštėjusio gyvsidabrio stulpelio slėgis  $\rho g(h + \Delta h)$  ir dėl suspaudimo padidėjęs oro slėgis  $p_2$ :

$$p + \Delta p = \rho g(h + \Delta h) + p_2.$$

Užduoties sąlygoje nėra duomenų apie temperatūros pakitimą, tad tegu ji nekinta. Prancūzų fizikų E.Boilio ir R.Marioto nustatyta dėsnį izoterminiam vyksmui taikome orui vamzdelyje (tegu jo vidinio skerspjūvio plotas  $S$ ), čia jo stulpelis sutrumpėja dydžiu  $\Delta h$ :

$$p_1 S(l - h) = p_2 S(l - h - \Delta h).$$

Iš turimų lygčių išreiškiame atmosferos slėgio pokytį:

$$\Delta p = \rho g(h + \Delta h) + (p - \rho gh) \frac{l-h}{l-h-\Delta h} - p;$$

$$\Delta p = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,702 + (1,013 \cdot 10^5 - 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,7) \frac{0,3}{0,298} - 1,013 \cdot 10^5 \approx \\ \approx 3,2 \text{ (hPa)}.$$

Prisiminkime, kad pagal E.Toričelį:

$$p = \rho g h_0; h_0 = \frac{p}{\rho g}; h_0 = \frac{1,013 \cdot 10^5}{1,36 \cdot 10^4 \cdot 9,8} \approx 760 \text{ (mm)}.$$

Taigi, patekęs oras vamzdelyje sukėlė slėgį:

$$p_1 = \rho g(h_0 - h); p_1 = 1,36 \cdot 10^4 \cdot 9,8 \cdot 0,06 \approx 80 \text{ (hPa)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 10 29.

### **Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT13-4 ▼**

Sprendžiant šią užduotį nagrinėjama gyvsidabrio stulpelio pusiausvyra, kai virš jo yra ne taip vadinamoji Toričelio tuštuma, o slėgį sudaro patekęs oras, neatsižvelgiant į gyvsidabrio lygio inde ir temperatūros kitimą. Tai įmanoma, kai indas platus ir gyvsidabrio paviršiaus lygis beveik nesumažėja dėl dalies jo patekimo į palyginti mažo vidinio skerspjūvio vamzdelį.

Užduotį teisingai sprendė dauguma turnyro dalyvių. Buvo dalyvių, kurie nepastebėjo, kad užduoties sąlygoje buvo prašoma rasti, kiek hPa padidės atmosferos slėgis, o ne kokio dydžio jis bus. Du dalyviai atmosferos slėgio padidėjimą susiejo tik su gyvsidabrio stulpelio aukščio pakitimu nenagrinėdami izoterminio vyksmo orui vamzdelyje, lyg ten būtų Toričelio tuštuma, o vienas dalyvis įsivertino, kad gyvsidabrio stulpelis vamzdelyje paaukštėja 0,02 m ir nustatė dešimtkart didesnę atmosferos slėgio padidėjimą.

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

▲ Šis tekstas svetainėje [www.olimpas.lt](http://www.olimpas.lt) nuolat skelbiamas nuo 2019 10 29.

*Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT13-4 ▼*

<b>Nr.</b>	<b>Sprendimų vertinimo kriterijus</b>	<b>Vertė balais</b>
1.	Rastas atmosferos slėgio pokytis	10
2.	Pateiktas atsakymas be dalies sprendimo	-5
3.	Nepakankamas sprendimo paaiškinimas, pateikiant galutines formules	iki (-1)
4.	Nepateikti skaičiavimai	-0,5
5.	Kiti netikslumai	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 10 29.