

14-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
4-oji užduotis Nr. FT14-4 / 2020 09 21 – 2020 10 18

Burbuliukas indo dugne

Sąlyga / FT14-4 ▼

Inde yra 20 °C temperatūros vanduo, o ties jo dugnu prikibusio 0,5 mm³ tūrio rutulio formos burbuliuko viduje slėgis yra 10 kPa didesnis nei virš vandens, kur atmosferos slėgis lygus 100 kPa. Kokiam gylyje yra tas burbuliukas? Raskite jame esančių oro ir vandens garų molekulių skaičius bei kokią viso molekulių skaičiaus dalį procentais sudaro vandens garų molekulės. Vandens tankis yra 1 t/m³, paviršiaus įtempties koeficientas lygus 73 mN/m, o sočiųjų vandens garų dalinis slėgis – 2,3 kPa. Gravitacinio lauko stipris $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 09 21.

Aiškinamasis sprendimas / FT14-4 ▼

Duota: $T = 293 \text{ K}$; $V = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3$; $\Delta p = 1 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\sigma = 0,073 \text{ N/m}$; $p_s = 2,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$; $g = 9,8 \text{ N/kg}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $R = 8,31 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$.

Rasti: h, N_1, N_2, z .

Oro slėgis burbuliuke p lygus pagal Paskalio dėsnį čia persidavusio nepakitusio oro slėgio virš vandens p_0 , vandens stulpelio statinio slėgio ρgh ir burbuliuko paviršiaus įtempties sukulto slėgio $4\sigma/d$ sumai, todėl papildomas slėgis:

$$\Delta p = p - p_0 = \rho gh + \frac{4\sigma}{d},$$

o burbuliuko skersmuo $d = \sqrt[3]{6V/\pi}$.

$$h = \frac{1}{\rho g} \left(\Delta p - 4\sigma \sqrt{\frac{\pi}{6V}} \right); h = \frac{1}{1 \cdot 10^3 \cdot 9,8} \left(1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 0,073 \sqrt{\frac{3,14}{6 \cdot 5 \cdot 10^{-10}}} \right) \approx 99 \text{ (cm)}.$$

Burbuliuką galime laikyti uždaru indu, kuriame slėgį sudaro oras ir sotieji vandens garai, tai pagal Daltono dėsnį $p = p_1 + p_s$. Slėgius p_1 ir p_s išrašę į Mendelejevo-Klapeirono lygtį randame molekulių skaičius:

$$(p_0 + \Delta p - p_s)V = \frac{N_1}{N_A} RT; p_s V = \frac{N_2}{N_A} RT;$$

$$N_1 = \frac{(p_0 + \Delta p - p_s) V N_A}{RT}; N_1 = \frac{(1 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^4 - 2,3 \cdot 10^3) 5 \cdot 10^{-10} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 293} \approx 1,33 \cdot 10^{16}.$$

$$N_2 = \frac{p_s V N_A}{RT}; N_2 = \frac{2,3 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-10} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{8,31 \cdot 293} \approx 2,84 \cdot 10^{14}.$$

Vandens garų molekulių dalis:

$$z = \frac{N_2}{N_1 + N_2} = \frac{p_s}{p_0 + \Delta p}; z = \frac{2,3 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^4} \approx 2,1 \text{ (\%)}.$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 10 29.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT14-4 ▼

Užduotį teisingai išsprendė dauguma turnyro dalyvių, įvertinę slėgį burbuliuke bei pritaikę būvio lygtį jame esančiam oro ir sočiųjų vandens garų mišiniui. Dvylika dalyvių, kuriems tai nepavyko ar klydo skaičiuodami, rado ne tą 0,99 m gylį, o kitas jo vertes palyginti plačiame nuo 0,76 m net iki 21,7 m intervale. Keturi dalyviai klydo dujų būvio lygtyje įrašydami temperatūrą Celsijaus laipsniais.

Vienas dalyvis nepateikė skaičiavimų ir tuo pačiu skaitinių atsakymų, šeši dalyviai iškart po teorinės formulės rašė atsakymą, nerodydami skaičiavimo, o dar vienam dalyviui reiktų uždrausti naudotis kompiuterio skaičiuokle dėl tokio parašyto atsakymo: $2,84144119696259 \cdot 10^{14}$, nebent tikimasi aptikti tiek molekulių po vieną, jei nepasistengiama skaičiavimo rezultata suapvalinti, po kablelio paliekant nors porą ženklų.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 10 29.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT14-4 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Gylis	5
2.	Molekulių skaičiai	4
3.	Vandens garų dalis	1
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
5.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
6.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	iki (-2)
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 nuolat skelbiamas nuo 2020 10 29.