

13-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
3-oji užduotis Nr. FT13-3 / 2019 08 19 – 2019 09 15

Sąlyga / FT13-3 ▼

Helio balionas ne kyla, o leidžiasi

Heliu (4 g/mol) užpildytas apvalus balionas yra pagamintas iš plonos plėvelės, kurios medžiagos tankis lygus 45 g/m^3 . Jis kybo $17 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros 100 kPa slėgio ore (29 g/mol). Reikia rasti baliono skersmenį ir masę mažo pasvaro, kuri prikabinus balionas pradėtų leistis žemyn 5 cm/s^2 pagreičiu. Į oro pasipriešinimą balionui leidžiantis galima neatsižvelgti, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

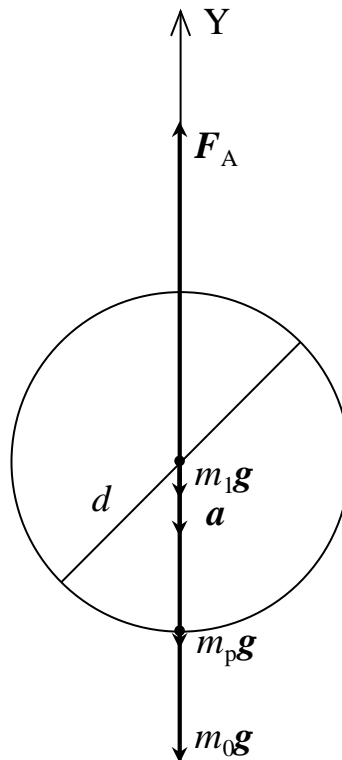
Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto docentas, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, jos steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 08 19.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT13-3 ▼

Duota: $M_1 = 0,004 \text{ kg/mol}$; $\sigma = 0,045 \text{ kg/m}^3$; $T = 290 \text{ K}$; $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $M_2 = 0,029 \text{ kg/mol}$; $a = 0,05 \text{ m/s}^2$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $R = 8,31 \text{ J/(Kmol)}$.

Rasti: d ; m_p .



Kybantį masės m_0 balioną su heliu, kurio masė m_1 , veikia sunkio jėga $(m_0 + m_1)\vec{g}$ ir keliamoji jėga \vec{F}_A , kurios modulis pagal Archimedo dėsnį yra lygus baliono išstumto oro svoriui m_2g . Pagal I Niutono dėsnį:

$$(m_0 + m_1)\vec{g} + \vec{F}_A = 0.$$

Baliono masę m_0 randame sferos plotą $S = \pi d^2$ padauginę iš plėvelės medžiagos tankio σ , o helio ir oro masės - pagal Mendelejevo-Klapeirono lygtį $pV = \frac{m}{M}RT$ to paties tūrio $V = \pi d^3/6$ ir to paties slėgio p sferoje, nes plėvelė plona ir tegu ji neįtempta, tad baliono viduje nesukelia papildomo slėgio. Tada suprojektavę vektorius į laisvai pasirinktą ašį Y turime:

$$-m_0 - m_1 + m_2 = 0;$$

$$-\pi d^2 \sigma - \frac{\pi d^3 p M_1}{6RT} + \frac{\pi d^3 p M_2}{6RT} = 0;$$

$$d = \frac{6RT\sigma}{p(M_2 - M_1)}; d = \frac{6 \cdot 8,31 \cdot 290 \cdot 0,045}{1 \cdot 10^5 (0,029 - 0,004)} \approx 0,26 \text{ (m)}.$$

Kai yra prikabinatas pasvaras ir neturime duomenų apie pasvaro tūrį, reikalingą jį veikiančios keliamosios Archimedo jėgos radimui, tai į ją paprasčiausiai galime nekreipti dėmesio (atmesti kaip labai mažą dydį palyginus su kitomis jėgomis) ir pagal II Niutono dėsnį:

$$(m_0 + m_1 + m_p)\vec{g} + \vec{F}_A = (m_0 + m_1 + m_p)\vec{a}.$$

Suprojektavę vektorius į ašį Y ir atsižvelgę į tai, kad $m_0 + m_1 = m_2$, turime:

$$-m_p g = -(m_0 + m_1 + m_p)a;$$

$$m_p = \frac{\pi d^2 \left(\sigma + \frac{dpM_1}{6RT} \right) a}{g - a}; m_p = \frac{3,14 \cdot 0,26^2 \left(0,045 + \frac{0,26 \cdot 10^5 \cdot 0,004}{6 \cdot 8,31 \cdot 290} \right) 0,05}{9,8 - 0,05} \approx 57 \text{ (mg)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 10 07.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT13-3 ▼

Sprendžiant šią užduotį remiamasi pirmuoju Niutono dėsniumi, kai balionas kybo, ir antruoju Niutono dėsniumi, kai jis leidžiasi tolygiai greitėdamas. Čia pravartu turėti ir aiškinamąjį brėžinį, kuriame jėgų vektoriai pateikti bent jau tarpusavyje palyginamam masteliu. Tokį brėžinį pateikė tik vienas turnyro dalyvis, kitų keturių pateikėjų brėžiniuose aiškiau buvo parodytas tik balionas su realiau nepalyginamais tarpusavyje jėgų vektoriais. Dauguma rašė projektavę vektorius į stačią ašį jų net nerodydami, palikdami tai skaitytojo vaizduotei.

Trys turnyro dalyviai nesuprato, ko užduoties pirmoje dalyje buvo prašoma – suskaičiavo baliono spindulį vietoje skersmens. Vienas dalyvis išvedė tik teorines formules ir neatliko skaičiavimų, todėl jam prikabinato mažo pasvaro masė tuo metu gal ir liko nežinoma, tuo tarpu kito dalyvio pateiktu skaičiavimu pasiektas „rekordas“ – to mažo pasvaro (tiksliau, 57 mg masės

pasvarėlio, jei dėl mažumo taip galėtume jį pavadinti, pagal čia pateiktus ir daugumos turnyro dalyvių gautus rezultatus) masė viršijo net 1,1 milijardo kilogramų Eina sau toks pasvarėlis!

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2019 10 07.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT13-3 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijai	Vertė balais
1.	Rastas baliono skersmuo	5
2.	Rasta pasvaro masė	5
3.	Nepakankamas sprendimo paaiškinimas, pateikiant galutines formules	iki (-1)
4.	Nepateikti dydžių skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr. 1-2)	-0,5
5.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-2)	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 nuolat skelbiamas nuo 2019 10 07.