

2-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
Užduotis Nr. FT2-7 / 2008 11 17 – 12 14

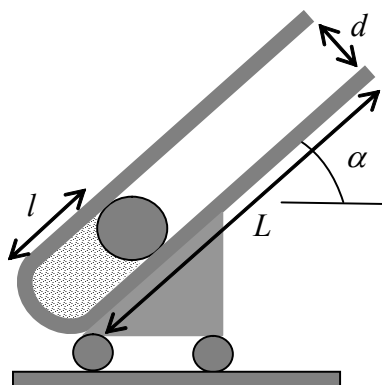
Užduoties sąlyga / FT2-7 ▼

Šūvis senovine patranka ant lafeto

Patyrinėsimė šūvį senovine patranka – storasienu metaliniu vamzdžiu lygiomis sienelėmis, kurio ilgis $L=1,5$ m, o vidinis skersmuo $d=10$ cm. Patranka įtvirtinta ant lafeto (iš vok. *Lafette* – pabūklo važiuoklė), galinčio riedėti standžiu horizontaliu pagrindu. Lafeto su patranka masė 300 kg. Prieš šūvį patranka nukreipiama kampu $\alpha=50^\circ$ į horizontą. Patranka užtaisoma įberiant $m=0,5$ kg parako, kurio grūdelių tankis $\rho=1500$ kg/m³ ir įdedant $M=4$ kg masės sviedinį, sandariai uždarančią vamzdį. Po sviediniu lieka $l=15$ cm ilgio vamzdžio dalis – degimo kamera, kurioje prieš uždegant paraką slėgis yra lygus išoriniam slėgiui $p=100$ kPa, o pradinė temperatūra $t=15$ °C. Padegtas parakas tolygiai sudega per laiką $\tau=0,001$ s, išskirdamas degimo šilumą $q=4$ MJ/kg ir virsdamas daugiaatomių dujų mišiniu, kurio vidutinė molinė masė $\mu=0,04$ kg/mol. Sviediniui slenkant vamzdžiu jį veikia pastovi trinties jėga $f=200$ N.

Kiek laiko sviedinys dar nejuda paraką uždegus?

Laikome, kad šūvio metu dujos neperduoda šilumos patrankai ir sviediniui.



Užduotį parengė 2-ojo Fizikos turnyro užduočių parengimo, jų pateikimo spręsti ir atlikimo vertinimo komisijos pirmininkas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2008 11 17.

Užduoties aiškinamasis sprendimas / FT2-7 ▼

m' pažymime sudegusio parako masę iki pajudant sviediniui. Tada ieškomasis laikas $\tau' = \pi m' / m$.

Masei m' rasti sudarome lygčių sistemą:

$$\begin{cases} p' - p = 4(f + Mg \sin \alpha) / \pi d^2 \\ p' V' = (m_o / \mu_o + m' / \mu) RT' \\ V' = V_o + m' / \rho \\ qm' = (i_o m_o / \mu_o + im' / \mu) R(T' - T) / 2 \end{cases}$$

čia p' – dujų slėgis degimo kameroje pajudant sviediniui, V' – dujų užimtas degimo kameros tūris pajudant sviediniui, V_o oro užimtas degimo kameros tūris prieš uždegant paraką ($V_o = \pi d^2 / 4 - m / \rho$), m_o ir μ_o – esančio degimo kameroje oro masė ir jo molinė masė ($m_o = \mu_o p V_o / RT$, $\mu_o = 29$ g), i_o ir i – atitinkamai oro ir parako dujų molekulių laisvės laipsnių

skaičiai ($i_o=5$, $i=6$), T' – absoliučioji dujų temperatūra degimo kameroje pajudant sviediniui, $T=(t+273)$ K=288 K, R – universalioji dujų konstanta. Iš pateiktų išraiškų parako kiekiui m' gauname lygtį

$$m'^2 \left(\frac{ip'}{\mu\rho} - \frac{2q}{\mu} - \frac{iRT}{\mu^2} \right) + m' \left(\frac{iV_o}{\mu} + \frac{i_o m_o}{\mu_o \rho} - \frac{(i+i_o)m_o RT}{\mu\mu_o} - \frac{2qm_o}{\mu_o} \right) + \frac{ip'V_o m_o}{\mu_o} - \frac{im_o^2 RT}{\mu_o^2} = 0.$$

Analizinis lygties sprendinys griezdiškas, todėl sprendžiame įrašydami skaitmenines vertes.

$$-209000000m'^2 - 305000m' + 5,24 = 0.$$

Tos lygties teigiamas sprendinys $m'=1,7 \cdot 10^{-5}$ kg, todėl ieškomasis laikas $t'=3,4 \cdot 10^{-8}$ s.

Užduoties aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2008 12 29.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT2-7 ▼

Daugelis sprendusiųjų neatsižvelgė, kad sviedinys pajudės tik degimo kameroje esančių dujų slėgio sukurtai jėgai pasiekus dydį, prilygstantį pasipriešinimo jėgos, sunkio jėgos dedamosios ir išorinio slėgio sukurtos jėgos sumai – išorinis slėgis kompensuojamas pradžioje, tai pradinis slėgis kameroje prieš uždegant paraką. Kiti netikslumai pasitaikė rečiau: neatsižvelgiama į parakui degant susidariusias dujas, laikoma, kad kameroje esantis oras nešyla, neatsižvelgiama į oro (dviatomės dujos) ir parako (daugiaatomės dujos) šiluminių talpų skirtumą.

Užduoties sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2008 12 29.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT2-7 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Nurodytos sviedinį veikiančios jėgos	3
2.	Pateikta dujų būvio lygtis	2
3.	Apskaičiuota dujų temperatūra	2
4.	Apskaičiuotas laikas sviediniui pajudant	3
5.	Sprendimo pateikimas neatitinka reikalavimų	-1
6.	Netikslumai (kiekvienam 1-4 vertinimo kriterijų)	iki -0,5
Maksimalus sprendimo įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius ir jos sprendimų vertintojas prof. habil. dr. Antanas Rimvidas Bandzaitis.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2008 12 29.