66 – osios moksleivių Fizikos olimpiados 11 klasės praktinio eksperimento užduotis.

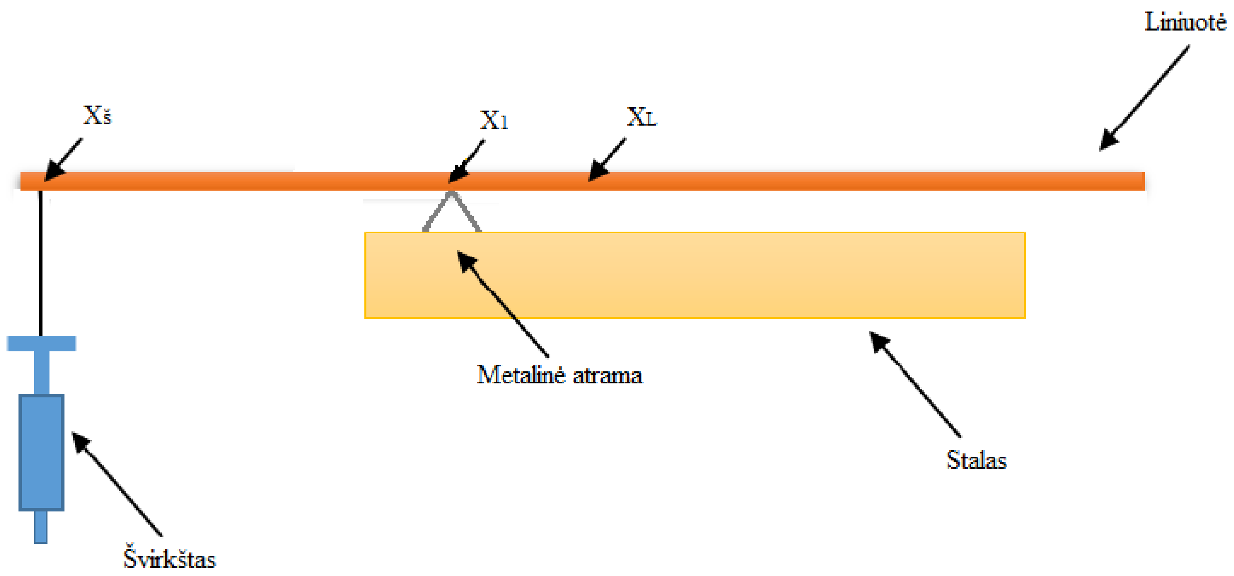
Priemonės: Medinė 30 cm ilgio liniuotė, stiklinė su vandeniu, švirkštas, siūlas, metalinis kampuotis, indas su nežinomu skysčiu.

Užduotis: Įvertinkite švirkšto masę ir nustatykite nežinomo skysčio tankį; laikykite, kad vandens tankis yra 1000 kg/m^3; siūlo masės nevertinkite. Apskaičiuokite švirkšto masės ir skysčio tankio vidutines absoliutines paklaidas.

Pastaba: Švirkšto negalima laužyti ir ardyti. Vykdant užduotį turi būti panaudotos visos pateiktos darbo priemonės.

Sprendimas:

Surandame medinės liniuotės masių centrą. Tam ant metalinio kampuočio, padėto ant stalo, skersai uždedama liniuotė ir nustatoma jos pusiausvyros padėtis. Liniuotės pusiausvyros padėtį pasižymime dydžiu X_L (1 pav.).



1 pav. Principinė schema.

Švirkštas, kurio masė $m_š$, pririšamas prie siūlo ir pakabinamas ant liniuotės galo, šią padalą pasižymime $X_š$. Metalinis kampuotis padedamas arti stalo krašto, o ant jo uždedama liniuotė su pririštu švirkštu. Liniuotė stumdoma pirmyn ar atgal, kol randama pusiausvyra tarp liniuotės galo su švirkštu ir be švirkšto. Gautą sistemos pusiausvyros padėtį pažymime X_1 (žiūr. 1 pav.).

Į švirkštą pritraukiamas žinomas tūris (V_v) vandens, kurio tankis ρ_v = 1000 kg/m^3. Švirkštas su vandeniu pakabinamas ant liniuotės galo į tą pačią padėtį $X_š$ ir nustatoma nauja pusiausvyros padėtis. Gautą pusiausvyros padėtį pažymime X_2.

Pusiausvyros sąlygų lygtys, kai liniuotės masė yra m_L, su tuščiu ir su pilnu švirkštu yra:

$$m_š (X_š - X_1) = m_L (X_1 - X_L). \quad (1)$$

$$(\rho_v V_v + m_š)(X_š - X_2) = m_L (X_2 - X_L). \quad (2)$$

Išsprendus lygčių sistemą gaunama, kad švirkšto masė apskaičiuojama pagal formulę:

$$m_š = \frac{\rho_v V_v (X_1 - X_L)(X_š - X_2)}{(X_2 - X_1)(X_š - X_L)} \quad (3)$$

Nežinomo skysčio tankiui ρ_n nustatyti vanduo iš švirkšto išspaudžiamas į vandens stiklinę. Į švirkštą pritraukiamas toks pat tūris (V_v) nežinomo skysčio. Švirkštas su nežinomu skysčiu vėl pakabinamas ant liniuotės galo į tą pačią padėtį $X_š$ ir nustatoma nauja pusiausvyros padėtis X_3. Šios pusiausvyros sąlyga yra:

$$(\rho_n V_v + m_š)(X_š - X_3) = m_L(X_3 - X_L). \quad (4)$$

Tuomet nežinomo skysčio tankis išreiškiamas:

$$\rho_n = \rho_v \frac{(X_š - X_2)(X_3 - X_1)}{(X_2 - X_1)(X_š - X_3)}. \quad (5)$$

Matavimų rezultatų tikslumui padidinti, matavimai ir skaičiavimai atliekami kelis kartus (pvz., tris kartus). Įvertinamas vidutinis nuokrypis nuo rezultatų vidurkio. Siekiant tiksliau įvertinti matavimų absoliutines paklaidas, bandymą kartojame kelis kartus, švirkštą kabindami į skirtingą $X_š$ padėtį. Matavimų rezultatai, gauti su 5 ml vandens ir nežinomo skysčio kiekiu, pateikti į 1 lentelėje.

1 lentelė. Išmatuoti ir apskaičiuoti duomenys.

Bandymo Nr.	X_L padėtis, mm	$X_š$ padėtis, mm	X_1 padėtis, mm	X_2 padėtis, mm	X_3 padėtis, mm	$m_š$,10^{-3} kg	ρ_n, kg/m^3
1	152	290	180	202	206	4,06	1238
2	152	270	176	195	198	4,01	1206
3	152	250	172	188	191	3,95	1248

Pagal gautus 1 lentelės duomenis apskaičiuojame vidutinę švirkšto masę ($4{,}01 \cdot 10^{-3}$ kg) ir nežinomo skysčio tankį (1231 kg/m^3). Surandame vidutinę absoliutinę švirkšto masės ir nežinomo skysčio tankio paklaidą. Mūsų atvejų šios paklaidos yra: $\Delta m_š = 0{,}04 \cdot 10^{-3}$ kg, $\Delta\rho_n = 16$ kg/m^3.

Užduotį parengė KTU profesorius dr. Liutauras Marcinauskas ir docentas dr. Virgilijus Minialga.