

Određivanje gustine tečnosti pomoću elastične opruge

Marko M. Milošević, Željko M. Cimbaljević, Milan S. Kovačević

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija

Apstrakt. Jedna od osnovnih karakteristika svake supstancije jeste njena gustina. U literaturi nalazimo različite metode za određivanje gustine tečnosti kao što su, pomoću hidrometra, Morove vage i areometra. U ovom radu je opisan jedan novi metod za određivanje gustine tečnosti korišćenjem elastične opruge, bez merenja mase i zapremine tečnosti. Aparatura nije previše zahtevna, a sam postupak merenja i računanja zahteva od učenika poznavanje i povezivanje sadržaja više nastavnih jedinica, npr. merenja, elastična sila, sila Zemljine teže i dr.

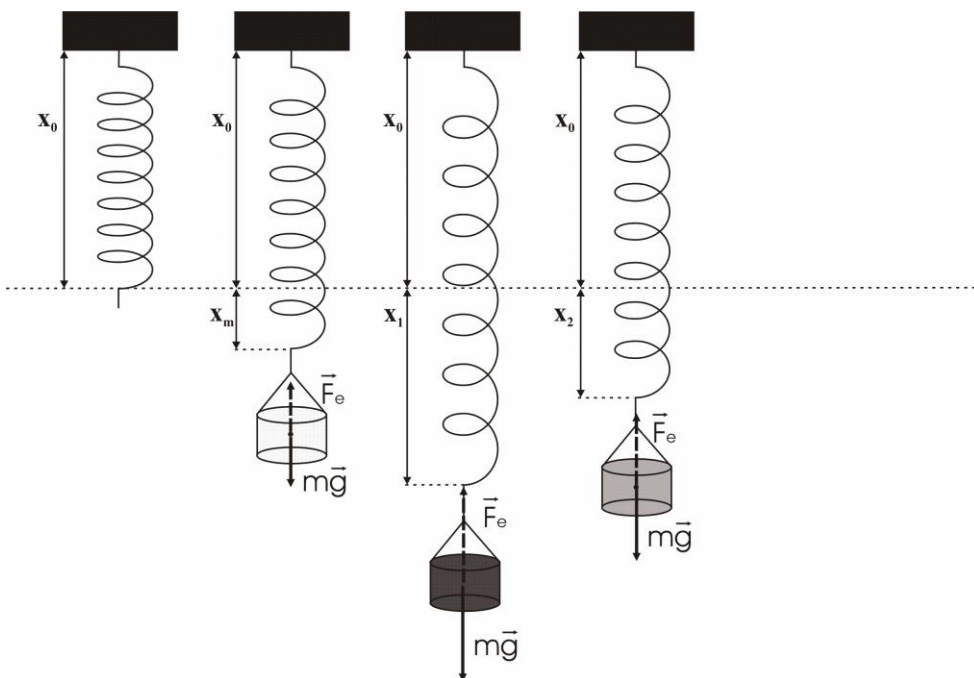
Ključne reči: gustina, elastična opruga.

UVOD

Gustina je jedna od najvažnijih osobina svih materijalnih tela. Ukoliko je masa tela m i zapremina V , onda je srednja gustina količnik mase tela i njegove zapremine m/V i obeležava se grčkim slovom ρ . Prethodna formula važi za sva tela, bez obzira na njihovo agregatno stanje. Osnovna jedinica za gustinu je kg/m^3 pri čemu se često koristi i g/cm^3 . Gustina zavisi od više parametara (temperature, sastava supstancije, pritiska, ...) i karakteristična je veličina i svojstvena svakom materijalu. Gustina se može meriti na više načina. Standardne metode su pomoću piknometra, hidrostatičkih terazija, hidrometra, Morove vage, areometra, itd.[1,2]. U nastavku rada biće predstavljen novi metod za merenje gustine tečnosti bez merenja mase i zapremine same tečnosti.

ODREĐIVANJE GUSTINE TEČNOSTI

Jedan od načina da se odredi nepoznata gustina tečnosti se zasniva na principu ravnoteže sile koja isteže elastičnu oprugu i elastične silesame opruge (Slika 1). Pretpostavimo da je dužina neistegnute opruge x_0 . Kada se o oprugu obesi prazna posuda, opruga se istegne za x_m . Napunjena posuda sa tečnošću poznate gustine ρ_1 istegne oprugu za dužinu x_1 . Ako posudu napunimo tečnošću nepoznate gustine ρ_2 , opruga se istegne za dužinu x_2 . U oboj slučaja, u posudu se sipaju jednake zapremine tečnosti poznate i nepoznate gustine.



SLIKA 1. Eksperiment sa elastičnom oprugom - šematski prikaz.

U ravnotežnom položaju, imamo tri jednačine:

$$m_m g = k x_m \quad (1)$$

$$m_1 g = k x_1 \quad (2)$$

$$m_2 g = k x_2 \quad (3)$$

gdesu m_m , m_1 i m_2 masa prazne posude, masa posude napunjene tečnošću poznate gustine, masa posude napunjene tečnošću nepoznate gustine, respektivno. Konstanta elastičnosti opruge je k . Jednačine (2) i (3) možemo napisati u obliku:

$$(m_m + m_{t1})g = k x_1 \quad (4)$$

$$(m_m + m_{t2})g = k x_2 \quad (5)$$

gde su m_{t1} i m_{t2} mase tečnosti poznate gustine i tečnosti nepoznate gustine, respektivno.

Ako iz jednačine (1) izrazimo masu prazne posude $m_m = k x_m / g$, kombinujući jednačine (4) i (5) dobijamo odnos:

$$\frac{m_{t2}}{m_{t1}} = \frac{x_2 - x_m}{x_1 - x_m} \quad (6)$$

Iz uslova jednakosti zapremina tečnosti poznate i nepoznate gustine, dobija se odnos

$$\frac{m_{t1}}{\rho_1} = \frac{m_{t2}}{\rho_2} \quad (7)$$

Kombinacijom jednačina (6) i (7) nalazimo izraz za izračunavanje nepoznate gustine tečnosti:

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{x_2 - x_m}{x_1 - x_m} \quad (8)$$

Primenom standardnog postupka za nalaženje greške posredno merenih fizičkih veličina [3], dolazimo do izraza za apsolutnu grešku

$$\Delta \rho_2 = \rho_2 \left(\frac{\Delta x_2 + \Delta x_m}{x_2 - x_m} + \frac{\Delta x_1 + \Delta x_m}{x_1 - x_m} \right) \quad (9)$$

gde su Δx_i ($i = m, 1, 2$) greške merenja odgovarajućih istezanja opruge. Da bi se smanjila greška merenja, sva istezanja opruge se mere nonijusom za koji važi $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_m = 0,02\text{mm}$.

OPIS APARATURE I POSTUPAK PRI MERENJU

Za merenje se koristi elastična opruga koja je jednim krajem obešena o stalak na čijem kraju visi posuda u koju se sipa tečnost. Pored opruge, na stalku, se nalazi nonijus (ili lenjir), koji služi za očitavanje istezanja opruge (Slika 2). Najpre se izmeri dužina neopterećene opruge x_0 . Potom se izmere istezanja opruge opterećene praznom posudom, zatim posudom napunjenom tečnošću poznate gustine ρ_1 i na kraju posudom napunjenom tečnošću čija se gustina ρ_2 određuje. Na osnovu očitanih vrednosti istezanja opruge u stanju ravnoteže, izjednačavanjem sila Zemljine teže i elastične sile opruge, određuje se vrednost za gustinu nepoznate tečnosti (formula 8).



SLIKA 2. Eksperimentalna postavka koja je korišćena za merenje.

Treba voditi računa da se u posudu sipaju jednake zapremine tečnosti i poznate i nepoznate gustine. U našim merenjima dobijene vrednosti za istezanja opruge iznose redom: $x_m = 32,62$ mm, $x_1 = 45,36$ mm i $x_2 = 42,44$ mm. Koristeći izraz (8) i uzimajući da je $\rho_1 = 998,2\text{kg/m}^3$ dobija se vrednost za gustinu $\rho_2 = 769,413\text{kg/m}^3$. Primenom formule (9) izračunavamo grešku merenja $\Delta\rho_2 = 5,549\text{kg/m}^3$. Konačno, rezultat merenja prikazujemo u obliku $\rho_2 = (569 \pm 6)\text{kg/m}^3$.

ZAKLJUČAK

U zaključku naglasimo da je značaj laboratorijskih vežbi na času fizike višestruk. Učenici postaju nužno aktivni i u znatnoj meri samostalni. Vršeći merenja, učenici postavljaju pitanja i intenzivno razmišljaju. Ovde je opisana jedna nova metoda za određivanje gustine tečnosti primenom elastične opruge, a samo merenje nije previše zahtevno. Kroz primer je demonstrirana efikasnost opisane metode određivanjem nepoznate gustine, u ovom primeru sa tačnošću do 2%.

LITERATURA

1. Dimić G., Mitrinović M., *Metrologija u fizici*, Beograd, Građevinska knjiga, 1990.
2. Simić S., Živić I., *Fizička mehanika: Laboratorijski praktikum*, PMF Kragujevac 2003.
3. Fornasini, P., *The Uncertainty in Physical Measurements*, New York, Springer, 2008., pp. 258-261.