

## 13a. Apverčiamosios svyruoklės tyrimas

### Užduotis.

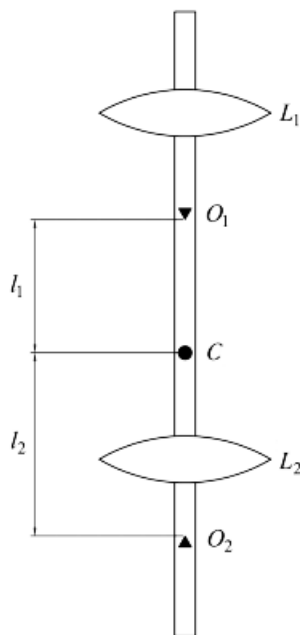
1. Išmatuoti apverčiamosios svyruoklės svyravimų periodų priklausomybes nuo atstumo tarp atraminių prizmių.
2. Apskaičiuoti laisvojo kritimo pagreitį.

### Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Svyravimų klasifikacija.
2. Harmoniniai svyravimai.
3. Fizinė svyruoklė, jos judėjimo lygtis ir svyravimų periodas.

### Tyrimo metodika.

Laisvojo kritimo pagreičio matavimas apverčiamąja svyruokle yra pagrįstas fizinės svyruoklės svyravimų periodo priklausomybe nuo sunkio jėgos. Apverčiamąją svyruoklę sudaro metalinis strypas, ant kurio užmauti du aptakios formos pasvarai  $L_1$  ir  $L_2$ , galintys slankioti strypu, bei dvi atraminės prizmės, iš kurių viena gali slankioti strypu ( $O_1$ ), o kita yra nejudamai įtvirtinta ( $O_2$ ) (1 pav.).



1 pav. Apverčiamoji svyruoklė

Tarkime, svyravimų ašis eina atraminės prizmės  $O_1$  viršūne statmenai brėžinio plokštumai. Inercijos momentą šios ašies atžvilgiu pažymėkime  $I_1$ , o apvertus ir pakabinus ties prizmės  $O_2$  viršūne –  $I_2$ .

Pagal Heigenso ir Šteinerio teoremą:

$$I_1 = I_0 + ml_1^2, \quad (1)$$

$$I_2 = I_0 + ml_2^2, \quad (2)$$

čia  $I_0$  - svyruoklės inercijos momentas atžvilgiu ašies, lygiagrečios toms dviems pasirinktoms svyravimų ašims ir einančios per masės centrą  $C$ , o  $l_1$  ir  $l_2$  - tų dviejų svyravimų ašių atstumai iki masės centro. Svyruoklės svyravimų periodas abiem atvejais:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ml_1^2}{mgl_1}}, \quad (3)$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ml_2^2}{mgl_2}}, \quad (4)$$

Iš (3) ir (4) lygčių randame, kad laisvojo kritimo pagreitis

$$g = \frac{4\pi^2(l_2^2 - l_1^2)}{T_2^2 l_2 - T_1^2 l_1}. \quad (5)$$

Prizmės  $O_1$  padėtį galima pasirinkti taip, kad periodai abiejų svyravimo ašių atžvilgiu būtų vienodi:

$$T_1 = T_2 = T. \quad (6)$$

Tada laisvojo kritimo pagreitis

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T^2}, \quad (7)$$

čia  $l_r = l_1 + l_2$  yra atstumas tarp atraminių prizmių viršūnių – redukuotasis šios fizinės svyruoklės ilgis.

Sunkio jėgos ir tuo pačiu laisvojo kritimo pagreičio dydis ir kryptis priklauso nuo geografinės platumos  $\varphi$  ir aukščio virš jūros lygio  $y_0$ . Šią priklausomybę, lemiamą Žemės sukimosi apie savo ašį ir jos spindulio mažėjimo einant nuo pusiaujo prie ašigalio, galima aprašyti tokia empirine formule:

$$g = (9,78049(1 + 0,005288\sin\varphi - 6 \cdot 10^{-6} \sin^2 2\varphi) - 30,86 \cdot 10^{-7}y_0) \text{ m/s}^2, \quad (8)$$

čia  $y_0$  vertė išreikšta metrais.

### Tyrimo eiga.

1. Pasvarus  $L_1$  ir  $L_2$  pritvirtinkite nesimetriškai strypo galų atžvilgiu – vieną jų arčiau strypo galo, o kitą arčiau strypo centro (strypo centras  $C$  turi būti tarp pasvarų).
2. Slankią atraminę prizmę  $O_1$  įtvirtinkite pasirinktoje padėtyje tarp pasvarų (patartina iš pradžių tvirtinti šalia vieno iš pasvarų).
3. Svyruoklę pakabinkite už prizmės  $O_1$ .
4. Svyravimų periodo matavimo įrenginį įjunkite jungikliu „CETЬ“.
5. Prieš pradėdami matavimus svyruoklę atlenkite  $(2-3)^\circ$  kampu nuo vertikalės, spauskite mygtuką „СБРОС“ ir paleiskite svyruoklę svyruoti.

6. Išmatuokite maždaug 20 svyravimo periodų. Svyruoklei susvyravus 19 kartų, spauskite mygtuką „СТОП“ (toku būdu užfiksuosite lygiai 20 periodų).
7. Nuskaitykite prietaiso išmatuotą svyravimų trukmę  $t_1$  ir apskaičiuokite svyravimų periodą  $T_1=t_1/n$  (kur  $n$  – svyravimų skaičius).
8. Svyruoklę apverskite ir pakabinkite už prizmės  $O_2$ . Kartokite 5-6 žingsnius ir apskaičiuokite periodą  $T_2=t_2/n$ .
9. Išmatuokite atstumą  $l$  tarp atraminių prizmių.
10.  $O_1$  pastumkite ~2 cm link antrojo pasvaro. Kartokite darbo eigos 5-9 žingsnius.
11. 10 žingsnį kartokite tol, kol prizmė  $O_1$  atsidurs šalia antrojo pasvaro.
12. Matavimų duomenis surašykite į 1 lentelę.

**1 lentelė.** Svyravimų period matavimų rezultatai

Nr.	$n$	$t_1$	$t_2$	$T_1$	$T_2$	$l$

13. Viename grafike pavaizduokite  $T_1(l)$  ir  $T_2(l)$  priklausomybes. Jų susikirtimo taškas atitinka sąlygą  $T_1 = T_2 = T$ .  $l$  vertė, kuri tenkina šią lygybę, atitinka fizinės svyruoklės redukuotą ilgį  $l_r$ .
14. Pagal (7) formulę apskaičiuokite laisvojo kritimo pagreitį  $g$  ir gautą vertę palyginkite su gautąja taikant empirinę formulę (8). Geografinė platumą ir aukštis virš jūros lygio Vilniuje atitinkamai  $\varphi=54,86^\circ$ ,  $y_0=160$  m.
15. Atlikę matavimus, išjunkite svyravimų periodo matavimo prietaisą nuspausdami mygtuką „СЕТЬ“.

**Matavimų paklaidų įvertinimas.**

Laisvojo kritimo pagreičio nustatant jį pagal (7) paklaidą lemia apverčiamosios svyruoklės svyravimų periodo ir jos redukuotojo ilgio nustatymo paklaidos:

$$\Delta g = g \sqrt{\left(\frac{2\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_r}{l_r}\right)^2}.$$

**Literatūra**

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. A. Matvejevas, „Mechanika ir reliatyvumo teorija“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 334 p.