

14a. Spyruoklinių svyruoklių tyrimas

Užduotis

Tiriant ant spyruoklių pakabinto pasvaro harmoninius svyravimus, nustatyti:

1. dviejų skirtingų spyruoklių standumus;
2. lygiagrečiai sujungtų spyruoklių standumą;
3. nuosekliai sujungtų spyruoklių standumą.

Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Huko dėsnis.
2. Harmoniniai svyravimai veikiant tamprumo jėgai.
3. Svyravimų periodas ir dažnis.

Tyrimo metodika

Jei kabanti spyruoklė stačia kryptimi yra išvesta iš pradinės padėties ant jos laisvojo galo prikabinus masės m pasvarą, tai galiojant Huko dėsniai tamprumo jėga yra tiesiai proporcinga spyruoklės deformacijai y_0 . Pusiausvyros padėtyje tamprumo jėga kompensuoja pasvaro sunkį:

$$ky_0 = mg. \quad (1)$$

Čia k - spyruoklės standumas, g - laisvojo kritimo pagreitis.

Papildomai patempus pasvarą žemyn atstumu y ir jį paleidus, padidėjusios spyruoklės tamprumo jėgos ir pasvaro sunkio jėgos atstojamoji jėga pagal antrąjį Niutono dėsnį suteiks priešingos, nei papildomas pailgėjimas y , krypties pagreitį a :

$$k(y_0 + y) - mg = ma, \quad (2)$$

kur pagreitis yra antroji y išvestinė pagal laiką:

$$a = -\frac{d^2 y}{dt^2}. \quad (3)$$

Į (2) lygtį įrašę (1) ir (3), turime neslopinamų harmoninių svyravimų diferencialinę lygtį:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{k}{m} y. \quad (4)$$

Šioje lygtyje daugiklis prieš y yra lygus savitojo ciklinio dažnio kvadratui:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}. \quad (5)$$

Svyravimų periodas

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (6)$$

yra tiesiai proporcingas kvadratinei šakniai iš pasvaro masės ir atvirkščiai proporcingas kvadratinei šakniai iš spyruoklės tamprumo.

Svyruokles sujungus lygiagrečiai, jų sistemos standumas k_L bus lygus abiejų spyruoklių standumų sumai, nes abi spyruokles pasvaras deformuoja tuo pačiu dydžiu y' :

$$k_L y' = mg, \quad k_1 y' + k_2 y' = mg; \quad (7)$$

$$k_L = k_1 + k_2. \quad (8)$$

Nuoseklus spyruoklių sujungimo atveju bendras jų pailgėjimas y_{12} susideda iš kiekvienos spyruoklės pailgėjimų y_1 ir y_2 , o tempiančioji jėga, jei pačių spyruoklių masių galima nepaisyti, yra ta pati. Todėl:

$$k_1 y_1 = mg; \quad k_2 y_2 = mg; \quad k_n (y_1 + y_2) = mg, \quad (9)$$

$$\frac{1}{k_n} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}. \quad (10)$$

Nuosekliai sujungtų spyruoklių standumo atvirkštinis dydis yra lygus kiekvienos spyruoklės standumo atvirkštinių dydžių sumai.

Tyrimo eiga

Priemonės, reikalingos spyruoklinių svyruoklių svyravimams tirti, yra parodytos 1 pav. Svyravimų periodui matuoti skirtą optroną prie *Cobra3* įrenginio reikia prijungti taip, kaip parodyta 2 pav. Uždėkite šilko siūlą ant optrono šakutės skriemulio taip, kad skriemulys būtų siūlo, ant kurio kabo pasvarų laikiklis, viduryje. Pasvarų laikiklio ir pasvarų masės yra vienodos po $(10 \pm 0,1)$ g. Kad nepasireikštų darbe naudojamų spyruoklių liktinė deformacija, ant laikiklio reikia dėti daugiau nei keturis pasvarus. Siūlas virš skriemulio turi būti šiek tiek nukreiptas nuo vertikalės, kad liestųsi su skriemuliu neslysdamas. Nustatykite matavimo parametrus tokius, kokie parodyti 3 pav. Pasvarų laikiklį su pasvarais patempkite keliais centimetrais žemyn ir, jį paleidę svyruoti, pradėkite matavimus, paspausdami kompiuterio programoje mygtuką "Start measurement". Maždaug po 10 – 15 s sustabdykite matavimus, paspausdami mygtuką "Stop measurement". 4 pav. parodyta išmatuota svyravimų kinetika, pagal kurią, nustatę pasirinkto n svyravimų trukmę τ , randame svyravimų periodą

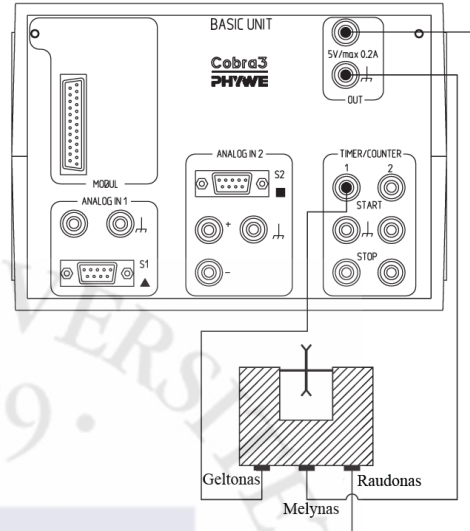
$$T = \frac{\tau}{n}. \quad (11)$$

Svyravimų trukmei rasti naudojami duomenų apdorojimo lange esantys stumdomi žymekliai. Žinodami svyravimų periodą, spyruoklės standumą apskaičiuojame pasinaudoję (6) ir (11) formulėmis:

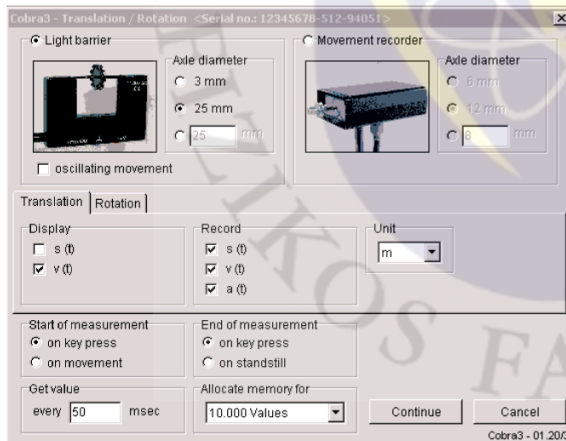
$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 mn^2}{\tau^2}. \quad (12)$$



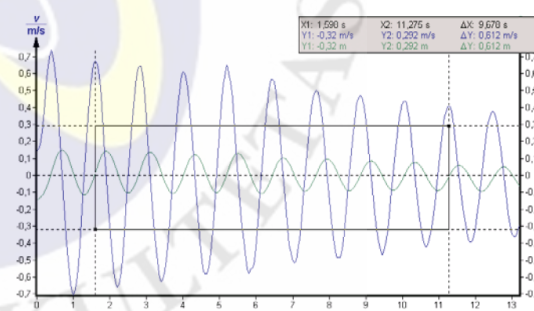
1 pav. Eksperimentinė įranga spyruoklės standumui matuoti.



2 pav. Optroninės šakutės prijungimo prie Cobra3 įrenginio schema.



3 pav. Matavimo parametrai programos lange



4 pav. Matavimų rezultatų pavyzdys

Tuos pačius matavimus ir skaičiavimus atliekame su kita spyruokle. Po to pakabiname abi spyruokles, sujungtas lygiagrečiai bei nuoseklia, ir abiem atvejais randame bendrus spyruoklių standumus. Sujungtomis spyruoklėms naudojame to paties dydžio pasvarus. Patikriname, ar dviejų spyruoklių sistemoms galioja standumų sąryšiai (8) ir (10).

Paklaidų įvertinimas

Spyruoklių ir jų junginių standumo, randamo iš pakabintų ant jų pasvarų svyravimų tyrimo pagal (12) formulę, paklaidas lemia pasvarų masės m ir svyravimų trukmės τ nustatymo paklaidos:

$$\Delta k = k \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta \tau}{\tau}\right)^2}, \quad (14)$$

nes svyravimų periodų skaičius n nustatomas tiksliai (yra pasirenkamas).

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.

