

1b. Kietųjų kūnų trinties tyrimas

Užduotis.

1. Išmatuoti trinties jėgos priklausomybę nuo slėgimo jėgos ir įvertinti statinį trinties koeficientą.
2. Patikrinti riedėjimo trinties formulę ir išmatuoti riedėjimo trinties koeficientą.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Trinties jėgų klasifikacija.
2. Sausosios trinties Kulono dėsnis ir jo aiškinimas.
3. Riedėjimo trinties fizikinė prigimtis.
4. Netiesioginio matavimo paklaidos radimas.
5. Išmatuotojo dydžio ir jo paklaidos apvalinimas.

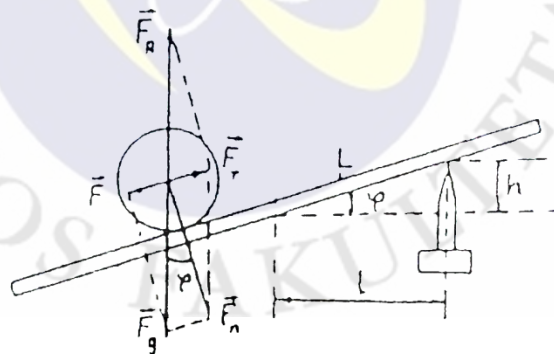
Tyrimų metodika ir aparatūra.

Trinties jėgų tyrimai atliekami nuožulniosios plokštumos tribometru, aprašytu 1a laboratorinio darbo skyriuje. Slydimo trinties koeficientą k_T rasime pagal (1) formulę, išmatavę kampamačiu plokštumos nuožulnumo kampą φ , kuriam esant bandinys P pradeda slysti.

$$k_T = \operatorname{tg} \varphi. \quad (1)$$

Matuojant riedėjimo trinties koeficientą, reikia išmatuoti nuožulnumo kampą, kuriam esant tiriamasis kūnas pradeda riedėti. Kadangi šis kampas labai mažas, reikalingi daug tikslesni matavimai negu tiriant slydimo trintį.

Tiksliam mažų kampų matavimui naudojamas mikrometrinis priedėlis su vertikaliu sraigtu, pritvirtintu prie stovo. Prie sraigto, statmenai jo ašiai, pritvirtinta apskrita skalė, turinti 100 padalų. Vienas sraigto apsukimas atitinka jo poslinkį vertikalia kryptimi, lygų vienam milimetrui, todėl viena skalės padala atitinka 0,01 mm poslinkį.



1 pav. Riedėjimo trinties koeficiento matavimo principinė schema

Nuožulnumo kampo matavimo mikrometriniu priedėliu schema pavaizduota 1 pav. Tarkime, kad atraminė plokštė L yra horizontali, o sraigtas remiasi smaigaliu į ją. Sraigtui pasislinkus dydžiu h į viršų, plokštė pasisuks kampu φ , kurio

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{l}; \quad (2)$$

čia l – atstumas tarp plokštumos sukimosi ašies ir sraigto ašies. Kai sunkio jėgos \vec{F}_g veikimo linija atsiduria už ritinio lietimosi su plokštuma ribos, jis pradeda riedėti. Tokiu atveju lygiagrečiai plokštumai sunkio jėgos \vec{F}_g komponentė \vec{F} kompensuoja riedėjimo trinties jėgą \vec{F}_T . Pagal 1 pav. pavaizduotą schemą:

$$\frac{F_T}{F_n} = \frac{h}{l}. \quad (3)$$

Riedėjimo trinties jėga yra aprašoma formule, kuri gaunama II Niutono dėsnį pritaikius riedančiam kūniui:

$$F_T = \frac{k_R}{R} \cdot F_n. \quad (4)$$

Čia k_R – riedėjimo trinties koeficientas, matuojamas ilgio vienetais ir proporcingas skersmeniui kontūro, ribojančio kūno lietimosi su atramine plokštuma plotą, R – kūno kreivumo spindulys, F_n – slėgio jėga.

Formulę (4) patikrinsime ištyrę priklausomybę:

$$\frac{F_T}{F_n} = f(R^{-1}). \quad (5)$$

Plokštės posvyrio kampo, riedėjimo trinties koeficiento ir bandinio spindulio sąryšis užrašomas formule:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{k_R}{R}. \quad (6)$$

Įrašę $\operatorname{tg} \varphi$ išraišką (2) į (6) gausime, kad riedėjimo trinties koeficientas

$$k_R = \frac{h}{l} \cdot R. \quad (7)$$

Darbo eiga.

Statinės sausosios trinties tyrimas

1. Įsitikinę, ar pakankamai priveržta plokštės ašis, nustatykite kampamačio skalės padėtį ties nuline padala. Padėkite ant slydimo plokštumos gulsčiuką. Naudodamiesi gulsčiuku ir sukdami stovo pagrindo atraminius varžtus pasiekite, kad slydimo plokštuma išilgai ir skersai būtų horizontali.
2. Ant slydimo plokštumos uždėkite bandomąjį kūną P .
3. Palaispniui didinkite nuožulnumo kampą φ ir raskite jo vertę, kai bandomasis kūnas pradeda slysti.
4. Ištyrinkite, kaip priklauso kampas φ , atitinkantis slydimo pradžią, nuo bandinio masės. (Bandinio masę m didiname uždėdami vieną ant kito krovinėlius, kurių mases žymėsime m_s). Galiojant sausosios trinties Kulono dėsniai, trinties jėga $F_T = mg \sin \varphi$ didėja proporcingai slėgio jėgai $F_n = mg \cos \varphi$.
5. Atlikite po 3–5 kampo φ matavimus su 5 skirtingų masių bandiniais. Matavimų rezultatus surašykite į 1 lentelę. Tyrimų rezultatus pavaizduokite grafiškai.

1 lentelė. Statinės sausosios trinties tyrimo rezultatai

m_s	m	φ	k_T	F_n	F_T

Riedėjimo trinties tyrimas

Patikrinkite riedėjimo trinties jėgos formulę (4).

1. Riedėjimo plokštumą pasukite taip, kad ji atsiremtų į sraigto smaigalį. Sukdami sraigto skalę nustatykite ties nulinę padalą.
2. Kruopščiai sureguliuavę plokštumos horizontalumą, ant jos paguldykite ritinio formos bandinį. Tolygiai sukite sraigto ir raskite jo poslinkio vertę h , kai bandinys pradeda riedėti.
3. Atlikę matavimą sraigto gražinkite į pradinę padėtį ir plokštę L vėl atremkite į sraigto smaigalį.
4. Atlikite po 3–5 matavimus su 5 skirtingo diametro bandiniais. Matavimo rezultatus surašykite į 2 lentelę ir pavaizduokite grafiškai.

2 lentelė. Riedėjimo trinties tyrimo rezultatai

$2R$	h	F_T/F_n	R^{-1}	k_R

Matavimų paklaidų įvertinimas.

Apskaičiuojame slydimo trinties koeficiento aritmetinio vidurkio vidutinę atsitiktinę, sistemine ir suminę paklaidas.

Vidutinė atsitiktinė paklaida

$$(\Delta \bar{k}_T)_a = \bar{s}_n \cdot t_{pn} \quad (8)$$

Sisteminė paklaida

$$(\Delta k_T)_s = \frac{(\Delta \bar{\varphi})_s}{\cos^2 \bar{\varphi}} \quad (9)$$

Riedėjimo trinties koeficiento paklaidos formulę gausime iš (7) lygties ir absoliutinės funkcijos paklaidos formulės:

$$\Delta y = y \sqrt{\left(m \frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(n \frac{\Delta z}{z}\right)^2 + \dots} \quad (10)$$

Čia $y = kx^m \cdot z^n \cdot \dots$

Tuomet absoliutinės dydžio k_R paklaidos formulė atrodys taip:

$$\Delta k_R = k_R \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2} \quad (11)$$

Sraigto poslinkio suminę paklaidą Δh sudaro atsitiktinė $(\Delta h)_a$ ir sisteminė $(\Delta h)_g = l \cdot (\Delta \varphi)_g$ paklaidos, todėl:

$$\Delta h = \sqrt{(\Delta h)_a^2 + l^2 \cdot (\Delta \varphi)_g^2} \quad (12)$$

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.