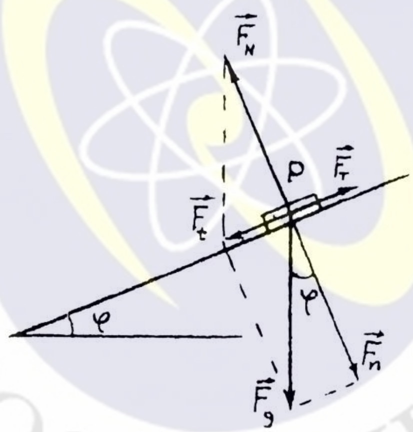
1a. Matavimo paklaidų statistikos tyrimas nuožulniosios plokštumos tribometru

Užduotis.

1. Atlikti 40 nuožulnumo kampo matavimų, kai bandinys pradeda slysti, ir apskaičiuoti vidutinę kvadratinę bei vidutinę aritmetinę paklaidas.
2. Pavaizduoti matavimų rezultatus, pažymint juos abscisių ašyje.
3. Rasti didesnių ir mažesnių už aritmetinį vidurkį verčių skaičių santykį ir kokia jų dalis patenka į intervalą nuo $\overline{\varphi} - s_{40}$ iki $\overline{\varphi} + s_{40}$.
4. Ištirti vidutinės kvadratinės atskiro matavimo paklaidos priklausomybę nuo matavimų skaičiaus.
5. Rasti statinį trinties koeficientą ir jo suminę paklaidą.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Matavimo rezultatų neapibrėžtys, paklaidos ir jų klasifikacija.
2. Vidutinė kvadratinė ir vidutinė aritmetinė atskiro matavimo paklaidos.
3. Vidutinė atsitiktinė (pasikliaujamoji) atskiro matavimo paklaida.
4. Vidutinė atsitiktinė (pasikliaujamoji) aritmetinio vidurkio paklaida.
5. Suminė paklaida.
6. Nuožulniosios plokštumos tribometras.



1 pav. Jėgų, veikiančių kūną, esantį ant nuožulniosios plokštumos, schema

Tyrimo metodika ir aparatūra.

Matavimo metodas pagrįstas jėgų, veikiančių kūną, esantį ant nuožulniosios plokštumos, balansu. Matuojamas nuožulnumo kampas φ, kuriam esant kūnas P pradeda slysti (1 pav.). Kūną veikia trys jėgos: sunkio - $\vec{F}_g$, trinties - $\vec{F}_T$ ir plokštumos reakcijos - $\vec{F}_N$. Prieš pat pradedant slysti, šių jėgų vektorinė suma lygi nuliui:

$$\vec{F}_g + \vec{F}_T + \vec{F}_N = 0. \tag{1}$$

Matome, kad lygiagrečia plokštumai kryptimi žemyn veikia jėgų atstojamoji $\vec{F}_t = \vec{F}_g + \vec{F}_N$. Kadangi $F_t = F_g \cdot \sin\varphi$, o $\left|\vec{F}_t\right| = \left|\vec{F}_T\right|$, tai trinties jėga

$$F_T = F_g \sin\varphi . \tag{2}$$

Kūnas slegia plokštumą jėga $\vec{F}_n = -\vec{F}_N$, kuri lygi sunkio jėgos projekcijai į statmeną plokštumai kryptį:

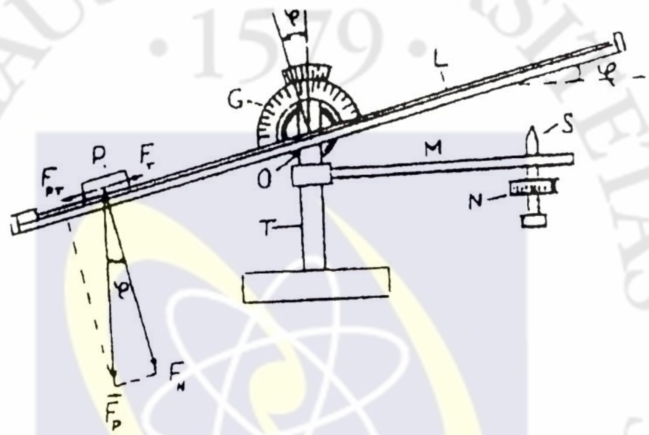
$$F_n = F_g \cos\varphi . \tag{3}$$

Trinties koeficientas (k_T) parodo proporcingumo ryšį tarp trinties ir slėgio jėgų. Jo vertė lygi šių jėgų santykiui:

$$k_T = \frac{F_T}{F_n} . \tag{4}$$

Padalinę (2) lygtį iš (3) gausime, kad trinties koeficientas

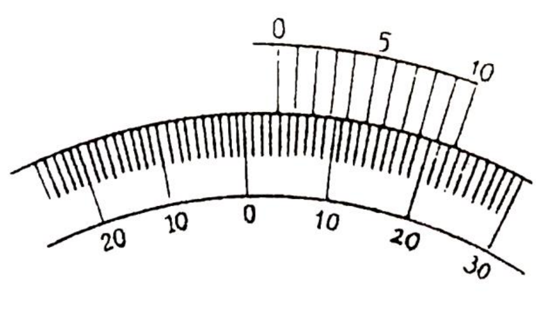
$$k_T = \mathrm{tg}\varphi. \tag{5}$$



2 pav. Nuožulniosios plokštumos tribometro principinė schema

Matavimai atliekami nuožulniosios plokštumos tribometru,kurio principinė schema pavaizduota 2 pav. Tribometrą sudaro plokštė L, galinti suktis apie gulsčiąją ašį, pritvirtintą prie vertikalaus stovo T. Varžtu O plokštę fiksuojame pageidaujamoje padėtyje. Nuožulnumo kampą φ matuojame kampamačiu G. Jo skalės sudarytos analogiškai kaip ir slankmačio (3 pav.).

Apatinė skalė rodo sveiką laipsnių skaičių, o viršutinė (nonijaus) skalė - dešimtąsias dalis. Laipsnio dešimtųjų dalių skaičius lygus eilės numeriui viršutinės skalės padalos, sutampančios su apatinės skalės padala. Skalių padėtys, pavaizduotos 3 pav., atitinka 3,8 laipsnio nuožulnumo kampą.



3 pav. Tribometro kampamačio skalės.

Darbo eiga.

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. Palaipsniui didinkite nuožulnumo kampą φ ir raskite jo vertę, kai bandomasis kūnas P pradeda slysti.
4. Atlikite 40 matavimų ir jų rezultatus surašykite į 1 lentelę.

1 lentelė. Slydimo plokštumos kampų vertės ir jų nuokrypiai nuo jų aritmetinio vidurkio

n	φ_i, ^{o}	$\Delta\varphi_i$, ^{o}

5. Apskaičiuokite matavimų rezultatų aritmetinį vidurkį $\overline{\varphi}$ ir nustatykite jų nuokrypį nuo vidurkio vertės $\Delta\varphi_i = \varphi_i - \overline{\varphi}$.
6. Matavimų rezultatus atvaizduokite grafiškai, X ašyje atidėdami kampų φ ir jų aritmetinio vidurkio vertes.
7. Apskaičiuokite vidutinę kvadratinę (6) bei vidutinę aritmetinę (7) atskiro matavimo paklaidas.

$$s_n = \sqrt{\frac{(\varphi_1 - \overline{\varphi})^2 + (\varphi_2 - \overline{\varphi})^2 + \cdots + (\varphi_n - \overline{\varphi})^2}{n-1}}. \tag{6}$$

$$r_n = \frac{|\varphi_1 - \overline{\varphi}| + |\varphi_2 - \overline{\varphi}| + \cdots + |\varphi_n - \overline{\varphi}|}{n}. \tag{7}$$

   Pastaba: Skaičiavimams patogu naudoti skaičiavimo priemones, turinčias statistikinį darbo režimą. Juose vidutinė kvadratinė paklaida žymima σ_{n-1}.
8. Įvertinkite didesnių ir mažesnių už aritmetinį vidurkį verčių skaičių santykį bei matavimų rezultatų, patenkančių į intervalą [$\overline{\varphi}$ -s_{40}; $\overline{\varphi}$ +s_{40}], procentinę dalį.
9. Ištirkite vidutinės kvadratinės atskiro matavimo paklaidos priklausomybę nuo matavimų skaičiaus. Matavimų skaičių n didinkite iki 10 imdami paeiliui išmatuotas φ_i vertes, užrašytas 1 lentelėje. Tyrimo rezultatus rašykite į 2 lentelę ir pavaizduokite grafiškai.
   Pastaba: Kai matavimų skaičius mažas (n= 2, 3, 4), s_n verčių išsklaidymas gan didelis, todėl skaičiavimus tikslinga pakartoti 3–4 kartus, imant kitas paeiliui atliktų matavimų vertes.

2 lentelė. Atskiro matavimo vidutinės kvadratinės paklaidos priklausomybė nuo matavimų skaičiaus

n	φ_i, ^{o}	$\overline{\varphi}(n)$, ^{o}	$\Delta\varphi_i(n)$, ^{o}	s_n, ^{o}
2	φ_1	$\overline{\varphi}(2)$	$\Delta\varphi_1(2)$	s_2
	φ_2		$\Delta\varphi_2(2)$	
3	φ_1	$\overline{\varphi}(3)$	$\Delta\varphi_1(3)$	s_3
	φ_2		$\Delta\varphi_2(3)$	
	φ_3		$\Delta\varphi_3(3)$	
...	...	...	...	...

10. Apskaičiuokite statinį trinties koeficientą pagal (5) formulę imdami $\overline{\varphi}$ vertę.

Matavimų tikslumo įvertinimas.

Kadangi n=40, tai $t_{np} = 2$, o aritmetinio vidurkio atsitiktinė paklaida $\left(\Delta\overline{\varphi}\right)_a = 2\overline{s}_{\mathrm{n}}$. Sisteminę paklaidą $\left(\Delta\varphi\right)_s$ sudaro gulsčiuko ir kampamačio paklaidos, atitinkamai $\left(\Delta\varphi\right)_g$ ir $\left(\Delta\varphi\right)_k$. Tokiu atveju

$$\left(\Delta\varphi\right)_s = \sqrt{\left(\Delta\varphi\right)_g^2 + \left(\Delta\varphi\right)_k^2}\,, \tag{8}$$

o suminė paklaida $\Delta\overline{\varphi} = \sqrt{\left(\Delta\overline{\varphi}\right)_a^2 + \left(\Delta\varphi\right)_s^2}$. Trinties koeficiento paklaidą rasime panaudoję formulę:

$$\Delta \mathrm{y} = \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \Delta x. \tag{9}$$

Iš jos seka, kad trinties koeficiento paklaida gali būti užrašyta taip:

$$\Delta k_T = \frac{\Delta\overline{\varphi}}{\cos^2\overline{\varphi}}\,. \tag{10}$$

Šiuo atveju $\Delta\overline{\varphi}$ vertė išreiškiama radianais.

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.