

11. Huko dėsnio tyrimas

Užduotis

1. Sugraduoti nuotolio ir jėgos matavimo jutiklius.
2. Ištirti jėgos priklausomybes nuo spiralinės spyruoklės ir guminės juostelės pailgėjimo.
3. Nustatyti spyruoklės standumą ir nubrėžti guminės juostelės histerezės kreivę.
4. Patikrinti Huko dėsnį.

Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Deformacijų klasifikacija.
2. Tempimo deformacija.
3. Jungo modulis.
4. Tamprumo ir atsparumo ribos.

Tyrimo metodika

Jėgai veikiant kūną kinta jo matmenys ir forma - kūnas deformuojasi. Deformacija vadinama tampriąja, jei, nustojus veikti deformuojančioms jėgoms, kūnas įgyja pradinius matmenis ir formą. Kūnų deformacijos gali būti įvairios, tačiau pagrindinės yra šios: tempimo, gniuždymo, lenkimo ir šlyties. Deformacija vadinamas ne tik aptariamas reiškinys, bet ir dėl jo atsirandantis kūno matmenų pokytis. Deformuotame kūne atsiranda išorinei jėgai priešingos krypties vidinės tamprumo jėgos. Anglų fizikas R. Hukas 1660 m. bandymais nustatė jo vardu pavadintą dėsnį: kai deformacijos mažos, vidinė tamprumo jėga yra proporcinga deformacijai.

Jei turime ilgio l ir skerspjūvio ploto S strypelį arba vielą, kuriuos veikia tempimo jėga F , tuomet galiojant Huko dėsniai tamprioji deformacija yra tiesiai proporcinga veikiančiai jėgai:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \frac{F}{S} \text{ arba } \varepsilon = \alpha \cdot \sigma, \quad (1)$$

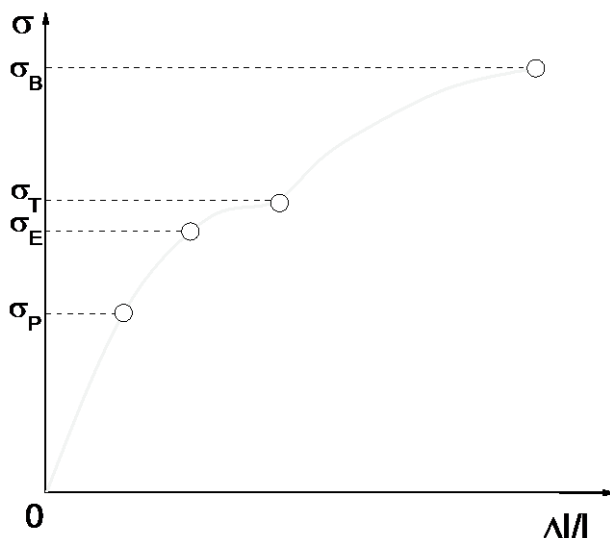
kur l - pradinis ilgis, Δl - absoliutus pailgėjimas $\varepsilon = \Delta l/l$ yra santykinė deformacija, proporcingumo daugiklis α yra strypelio medžiagos parametras, vadinamas tamprumo koeficientu, o dydis $\sigma = F/S$ yra vadinamas mechaniniu įtempiu.

Įvedus tamprumo (Jungo) modulį $E = 1/\alpha$, (1) lygtį galima parašyti ir taip:

$$\sigma = E\varepsilon. \quad (2)$$

Jei (2) lygtyje $\varepsilon = 1$, tai $E = \sigma$. Taigi, tamprumo (Jungo) modulis skaitine verte yra lygus tokiam vidiniam įtempimui, kuris atsirastų kūne, jo ilgiui padidėjus du kartus. Tai labai didelė santykinė deformacija, viršijanti daugumos medžiagų tamprumo ir atsparumo ribas. Jėgos ir deformacijos tiesinis proporcingumas išlieka (Huko dėsnis galioja) iki tam tikros kritinės ribos (1 pav.). Medžiagos tiesinės deformacijos (mechaninis įtempis σ_P) viršutinė riba yra mažesnė nei elastinės deformacijos (mechaninis įtempis σ_E), riba, kurios neviršijus ir tokį įtempį pašalinus (jo nebetempiant), kūno forma gal ne iškart, bet po tam tikro laiko grįžta į pradinę. Mechaniniam įtempimui viršijus ribą σ_E , kieto kūno forma pakinta negrįžtamai dėl tarpmolekulinių ryšių

pasikeitimo (medžiaga tampa plastiška). Dar didesnis mechaninis įtempis σ_T atitinka taip vadinamą medžiagos takumą, kai viela ilgėja net nedidinant mechaninio įtempio. Jei mechaniniai įtempiai yra dar didesni, tai σ_B atitinka ribą, kuomet medžiaga suyra.



1 pav. Metalinės vielos mechaninio įtempio ir santykinio pailgėjimo schematinis sąryšis.

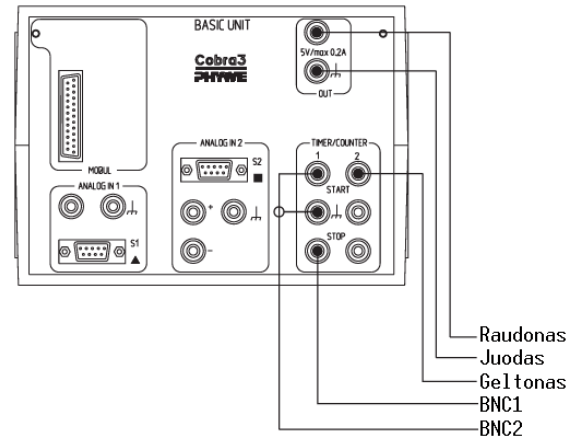
Gumai negalioja Huko dėsnis net ir joje sukeltant palyginti mažas deformacijas. Todėl šiame darbe yra numatytas guminės juostelės ilgėjimo sąryšio su ją ištempiančia jėga tyrimas, kai ta jėga didinama juostelę ištempiant nuo pradinio ilgio net iki dvigubo, o po to ji sumažinama iki nulio ir išmatuojamas liktinis juostelės ilgis. Iš kitos pusės, pakartotinai tą matuojant pailgėjimas turėtų priklausyti ir nuo prieš tai buvusio ištempio (elastinė histerezė) - jei ta pati juostelė būtų tomis pačiomis sąlygomis deformuojama dar kartą, tai liktinis pailgėjimas Δl būtų žymiai didesnis, lyginant jį su toje juostelėje prieš tai buvusiu. Nustojus guminę juostelę veikti išorine jėga, dalis deformacijos išnyksta iš karto, o likusi dalis deformacijos išnyksta tik po kelių valandų. Šis efektas vadinamas elastiniu atsistatymu, o tokia medžiaga - elastingai tąsia. Jei peržiangiama elastingumo riba, medžiagoje įvyksta tokie jos vidinės struktūros pokyčiai, dėl kurių kūno forma pakinta negrįžtamai. Šiame darbe yra numatyta ištirti guminės juostelės elastinį atsistatymą.

Tyrimo eiga

Darbui reikalingos priemonės yra parodytos 2 pav. Užkabinkite vieną spiralinės spyruoklės galą ant gnybto, esančio jėgos matavimo įrenginyje. Nailoninio siūlo vieną galą pritvirtinkite prie antrojo spyruoklės galo, o kitą - prie gulsčia liniuote kilnojamos dėžutės. Uždėkite siūlą ant mažiausio skriemulio, kuris yra ant atstumo matuoklio sukimosi ašies. Sujunkite atstumo matuoklį su *Cobra3* įrenginiu pagal 3 pav. parodytą schemą.

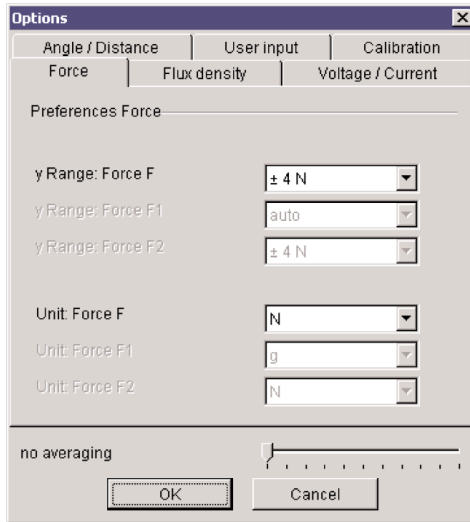


2 pav. Laboratoriniai reikmenys Huko dėsnio tyrimui.

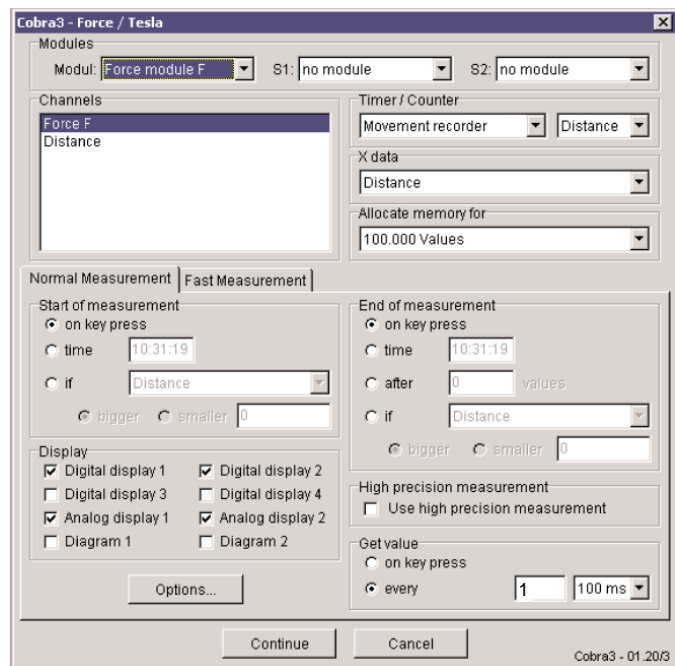


3 pav. Atstumo matuoklio prijungimo prie Cobra3 įrenginio schema.

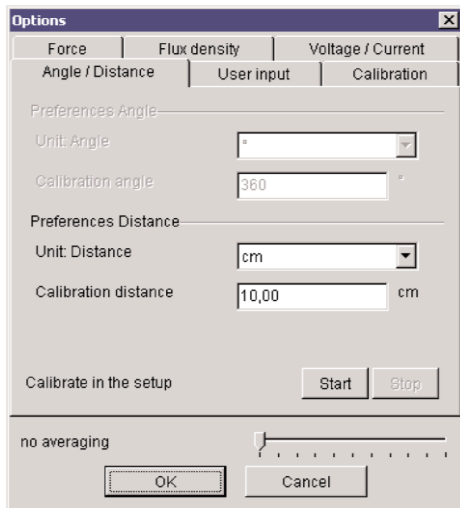
Paleiskite programinę įrangą ir nustatykite matavimo parametrus, kaip parodyta 4 ir 5 paveiksluose.



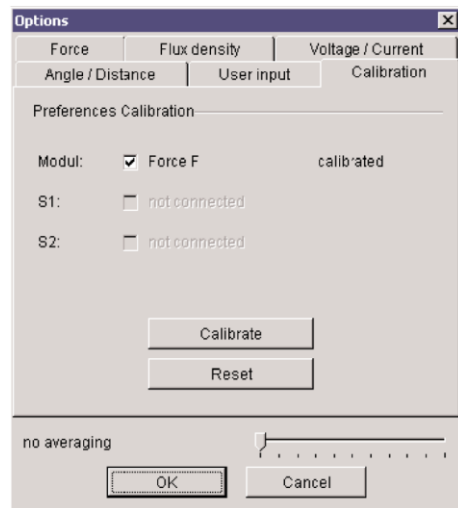
4 pav. Matavimo parametrai.



5 pav. Jėgos parametrai.



6 pav. Atstumo skalės gradavimas.



7 pav. Jėgos skalės gradavimas.

Prieš graduojant judesio jutiklį įsitikinkite, kad siūlas yra įtemptas, tačiau spyruoklė yra neištempta. Pasirinkite matavimo programos Matavimo parametrai (4 pav.) lange mygtuką *Options*, pasirodžiusiame lange pasirinkite laukelį *Angle/Distance* (6 pav.). Nustatykite pradinį atstumą ir pradėkite gradavimą, paspaudę mygtuką *Start*. Tada lėtai ir tolygiai stumkite dėžutę išilgai liniuotės tolyn nuo judesio jutiklio tiek, kiek esate numatę. Gradavimas bus baigtas, kai paspausite mygtuką *Stop*. Graduodami jėgos jutiklį pastatykite dėžutę pradinėje padėtyje ir pasirinkite laukelį *Calibration* (7 pav.). Pažymėkite laukelį *Modul Force F* ir atlikite kalibravimą vėl tolygiai tiek pat pastumdami dėžutę. Iš šio lango išseikite paspausdami mygtuką *OK*.

Sugradavę jutiklius, išmatuojame ir nubrėžiame spiralinės spyruoklės bei guminės juostos tempimo jėgų priklausomybes nuo atstumo iš pradžių ilgį didinant, o vėliau - mažinant. Spyruoklės atveju randame sritį, kurioje jėgos F priklausomybė nuo atstumo s yra tiesinė, ir apskaičiuojame spyruoklės standumą

$$k = \frac{F}{s}. \quad (3)$$

Spiralinę spyruoklę pakeitę gumine juosta, atliekame šio darbo metodikoje nurodytus jos santykinio pailgėjimo bei mechaninį įtempį sudarančios jėgos sąryšio tyrimus, o rezultatus pateikiame grafiškai, paaiškiname histerezės ypatumus.

Paklaidų įvertinimas

Spyruoklės standumo, apskaičiuojamo pagal (3), paklaidą lemia jėgos ir atstumo nustatymo paklaidos:

$$\Delta k = k \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta s}{s}\right)^2}. \quad (4)$$

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.