



2004-2006 m. Bendrojo programavimo dokumento 2 prioriteto „Žmogiškųjų išteklių plėtra“ 4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtra“

Projekto sutarties numeris: **ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261**

Projekto pavadinimas: **Inovatyvūs mokymosi metodai ir naujausios technologijos gamtos mokslų bakalauro rengimui**

FIZ 111. MECHANIKA IR RELIATYVUMAS

Laboratorinis darbas

LAISVOJO KRITIMO PAGREIČIO PRIE ŽEMĖS PAVIRŠIAUS IR GRAVITACIJOS KONSTANTOS NUSTATYMAS

I. Darbo tikslas: Be trinties slystančio kūno judėjimo Žemės gravitaciniame lauke tyrimas.

II. Darbo uždutys:

1. Nustatyti sunkio jėgos, veikiančios glaiderį, priklausomybę nuo glaiderio masės.
2. Nustatyti glaiderio slydimo be trinties pagreičio priklausomybę nuo jo masės.
3. Rasti sunkio jėgos pagreitį prie Žemės paviršiaus.
4. Apskaičiuoti gravitacijos konstantą.

III. Bendroji teorija.

Du materialūs taškai, kurių masės m ir M , nutolę vienas nuo kito atstumu r , veikia vienas kitą traukos jėga, proporcinga šių taškų masėms ir atvirkščiai proporcinga atstumo tarp jų kvadratui:

$$F = G \frac{mM}{r^2}. \quad (1)$$

Proporcingumo koeficientas G vadinamas gravitacijos konstanta. Gravitacijos konstanta savo skaitine verte lygi jėgai, kuria traukia vienas kitą du materialūs taškai, kai jų masės lygios po 1 kg, o atstumas tarp jų lygus 1 m. Jeigu kūnas yra Žemės traukos lauke, tuomet visuotinės traukos dėsnis tokiam kūnui užrašomas:

$$F = G \frac{mM_z}{(R_z + h)^2}, \quad (2)$$

kur M_z yra Žemės masė, R_z – Žemės spindulys, o h – kūno atstumas iki Žemės paviršiaus. Jeigu šitas atstumas daug kartų mažesnis už Žemės spindulį ($h \ll R_z$), tuomet (2) išraišką galime perrašyti:

$$F = G \frac{mM_z}{R_z^2}. \quad (3)$$

Pažymėkime $g = G \frac{M_z}{R_z^2}$ - laisvojo kritimo pagreičiu prie Žemės paviršiaus. Žemės traukos jėga sąlygoja sunkio jėgą P , veikiančią arti Žemės paviršiaus esančius kūnus:

$$P = mg. \quad (4)$$

Jei kūną veikia tik sunkio jėga, tai tokio kūno judėjimas vadinamas laisvuju kritimu. Iš laisvojo kritimo pagreičio išraiškos galime išreikšti gravitacijos konstantą:

$$G = \frac{gR_z^2}{M_z}. \quad (5)$$

Išmatavus g ir žinant, kad Žemės masė lygi $5,98 \cdot 10^{24}$ kg bei Žemės spindulys lygus $6,4 \cdot 10^6$ m, galime apskaičiuoti G .

Tiksliai išmatuoti laisvojo kritimo pagreitį sunku. Pagreičio matavimo tikslumas gali būti žymiai padidintas kūnui be trinties slystant nuožulniaja plokštuma. Tuomet kūnui pagreitį suteikia tik lygiagrečiai jo judėjimui sunkio jėgos komponentė F_l :

$$F_l = \frac{F}{\sin \alpha}, \quad (6)$$

kur α - nuožulniosios plokštumos polinkio kampas.

IV. Darbo priemonės ir metodas.

1. Oro suolas.
2. Glaideris su pasvarų komplektu.
3. Fotovartų sistema.
4. Suspausto oro tiekimo įrenginys.
5. Matavimo juosta, slankmatis, tašelis atramai.

Fotovartų sistemą sudaro du stovai: pagrindinis (su elektroniniu bloku) ir pagalbinis. Stovų strypais gali slinkti fotovartai, fiksuojantys infraraudonosios šviesos spindulio nutraukimą, kai glaidieris juda pro juos. Šiame eksperimente naudojamas **GATE**

fotovartų sistemos darbo režimas. Jame fotovartai įsijungia glaideriui nutraukus infraraudonosios šviesos spindulį ir tęsia laiko skaičiavimą, kol, praslinkus glaideriui, šviesos spindulys vėl atsistato. Taigi, jei L ilgio glaideris blokuoja spindulį laiką t , tai jo

vidutinis greitis toje vietoje, kurioje jis praeina fotovartus bus $v = \frac{L}{t}$. Glaiderio

pagreičiui nustatyti matuojamas jo greitis dvejose padėtyse. Tam panaudojamas elektroninis pagrindinio stovo blokas. Įjungus **GATE** darbo režimą, **MEMORY** svirtelė pastatoma į padėtį **ON**. Norint išvalyti elektroninio bloko atmintį, reikia paspausti **RESET** mygtuką.

Glaideriui praslinkus pro pirmuosius fotovartus, užfiksuojamas laikas t_1 . Toliau glaideris po kurio laiko pasieks antruosius fotovartus ir sistema vėl užfiksuos laiką t_2 , kurį reikėjo šitiems vartams praeiti. Šito laiko sistema savaime neparodys. Pasižymėkite laiką t_1 , po to palenkite **MEMORY** svirtelę į padėtį **READ**: indikatoriuje matysite visą laiką $t_1 + t_2$, kurį abu fotovartai buvo blokuoti. Žinant glaiderio ilgį L ir išmatavus atstumą tarp abiejų fotovartų D , galima apskaičiuoti greičius v_1 ir v_2 , bei pasinaudojus išraiška $v_2^2 - v_1^2 = 2aD$, galima apskaičiuoti glaiderio pagreitį a .

Apskaičiavus glaiderio pagreitį įvairioms jo masės vertėms bei pasinaudojus antruoju Niutono dėsniumi, gaunama lygiagrečios glaiderio judėjimui sunkio jėgos komponentės F_l priklausomybė nuo glaiderio masės. Iš (6) lygybės randama glaiderių veikiančios sunkio jėgos F priklausomybė nuo jo masės. Nubrėžus tiesę $F(m)$, iš jos polinkio randamas laisvojo kritimo pagreitis prie Žemės paviršiaus g . Naudojantis (5) formule, apskaičiuojama gravitacijos konstanta G .

V. Darbo eiga.

1. Atlikdami darbą naudokitės eksperimento schema, pavaizduota pav. 1. Pastatykite oro suolą ant atraminių kojų. Sujunkite žarna oro suolą su suspausto oro tiekimo įrenginiu. Uždėkite ant oro suolo glaiderį su didžiausiu naudojamu svoriu. Atkreipkite dėmesį, kad glaideris visuomet turi būti vienodai apkrautas iš visų pusių. Pasukite oro spaudimo valdymo rankenėlę pagal laikrodžio rodyklę iki galo. Įjunkite įrenginį. Sukdami oro spaudimo valdymo rankenėlę, pasiekite, kad glaideris slystų oro suolu be trinties.

3.								
4.								
5.								

VI. Rezultatų apdorojimas. Paklaidos.

1. Apskaičiuokite oro suolo nuolydžio kampą, pasinaudodami išraiška $\alpha = \arctg\left(\frac{h}{d}\right)$.
2. Kiekvienam matavimui, pasinaudoję formule $v = \frac{L}{t}$, apskaičiuokite greičius v_1 ir v_2 ,
bei pagal paklaidos skaičiavimo formulę $\Delta v = \frac{L\Delta t + t\Delta L}{t^2}$, apskaičiuokite greičių paklaidas. Duomenis įrašykite į lentelę.
3. Kiekvienam matavimui, pasinaudoję formule $a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2D}$, apskaičiuokite glaiderio pagreitį bei pagal paklaidos skaičiavimo formulę $\Delta a = \frac{2D(v_1\Delta v_1 + v_2\Delta v_2) + \Delta D(v_2^2 - v_1^2)}{2D^2}$ apskaičiuokite pagreičių paklaidas. Duomenis įrašykite į lentelę.
4. Kiekvienai glaiderio masei, su kuria buvo atliekami skaičiavimai, apskaičiuokite pagreičio aritmetinį vidurkį \bar{a} .
5. Kiekvienam vidutiniam pagreičiui apskaičiuokite lygiagrečią glaiderio judėjimui sunkio jėgos komponentę F_l , pasinaudodami antruoju Niutono dėsnio $F_l = m\bar{a}$.
6. Kiekvienai F_l , vertei randame glaiderį veikiančią sunkio jėgą $F = \frac{F_l}{\sin \alpha}$.

7. Nubraižykite glaiderį veikiančios sunkio jėgos priklausomybės nuo jo masės grafiką.
8. Laikydami, kad F priklauso nuo m tiesiškai, iš gautos tiesės polinkio raskite laisvojo kritimo pagreitį prie Žemės paviršiaus g .
9. Pasinaudodami (5) formule, apskaičiuokite gravitacijos konstantą G .
10. Suformuluokite laboratorinio darbo išvadas.

VII. Kontroliniai klausimai.

1. Kas yra jėga, greitis, pagreitis, vidutinis pagreitis?
2. Paaiškinkite visuotinės traukos dėsnį.
3. Kas yra gravitacijos konstanta?
4. Kas yra kūnų laisvasis kritimas ir nuo ko priklauso laisvojo kritimo pagreitis?
5. Kas yra absoliutinė ir santykinė paklaida? Kas yra sisteminė ir atsitiktinė paklaida?
6. Kas yra reikšminiai skaitmenys ir kaip užrašomi matavimo rezultatai?

VIII. Literatūra.

1. A. Tamašauskas, J. Vosylius. Fizika. 1 dalis. Vilnius, Mokslas, 1989.
2. B. Kukšas, S. Vičas. Fizika. 1 dalis. Vilnius, Mokslas, 1987.
3. A. Tamašauskas, S. Tamulevičius. Fizikos laboratoriniai darbai. Vilnius, Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 1998.