



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

BALISTINĖ ŠVYTUOKLĖ

I. Darbo tikslas: Išlekančio iš šaudyklės rutulio greičio radimas balistinės švytuoklės metodu.

II. Darbo užduotys:

1. Rasti sistemos švytuoklė – rutulys masių centrą.
2. Nustatyti švytuoklės inercijos momentą mažųjų svyravimų metodu.
3. Rasti išlekančio iš šaudyklės rutulio greitį.

III. Bendroji teorija.

Balistinės švytuoklės metodas yra vienas dažniausiai naudojamų būdų rasti iššauto rutulio greitį. Rutulys, lekiantis tam tikru greičiu, pataiko į švytuoklę, kuri atsilenkia tam tikru kampu. Iš atsilenkimo kampo galima nustatyti švytuoklės potencinę energiją, kuri yra lygi jos kinetinei energijai po susidūrimo su rutuliu.

Impulso momento tvermės dėsnis galioja bet kokiems smūgiams, todėl rutulio impulso momentas prieš susidūrimą lygus sistemos švytuoklė – rutulys impulso momentui po susidūrimo.

Kai švytuoklės atsilenkimo kampas yra maksimalus, jos potencinės energijos pokytis lygus:

$$U = Mg\Delta h, \tag{1}$$

kur M yra švytuoklės su rutuliu masė, Δh - švytuoklės atsilenkimo aukštis, o g - laisvojo kritimo pagreitis. Kadangi $\Delta h = R(1 - \cos \Theta)$, tai (1) lygtį galime perrašyti:

$$U = MgR(1 - \cos \Theta), \quad (2)$$

Kur R - atstumas nuo pakabinimo taško iki sistemos švytuoklė - rutulys masių centro ir Θ - švytuoklės atsilenkimo kampas. Švytuoklės kinetinė energija yra:

$$T = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (3)$$

Čia I yra sistemos inercijos momentas, o ω - sistemos kampinis greitis po susidūrimo. Kadangi impulso momentas lygus $L = I\omega$, tai šitą išraišką įstačius į (3) lygtį gauname:

$$L = \sqrt{2IT}. \quad (4)$$

Visa sistemos kinetinė energija, švytuoklei atsilenkus kampu Θ , virsta jos potencine energija. Tuomet $T = U$ ir impulso momentą galime apskaičiuoti taip:

$$L = \sqrt{2IMgR(1 - \cos \Theta)}. \quad (5)$$

Šis impulso momentas švytuoklės sukimosi taško atžvilgiu yra lygus rutulio impulso momentui prieš susidūrimą švytuoklės sukimosi taško atžvilgiu:

$$L = mR_b v, \quad (6)$$

kur R_b yra atstumas nuo švytuoklės sukimosi taško iki rutulio. Šis dydis nėra lygus R . Sulyginus (5) ir (6) išraiškas, gauname

$$mR_b v = \sqrt{2IMgR(1 - \cos \Theta)}, \quad (7)$$

ir galime išreikšti išlekiančio iš šaudyklės rutulio greitį:

$$v = \frac{\sqrt{2IMgR(1 - \cos \Theta)}}{mR_b}. \quad (8)$$

Raskime inercijos momento I išraišką. Antrojo Niutono dėsnio ekvivalentas sukamajam judėjimui yra

$$M = I\varepsilon, \quad (9)$$

kur M - jėgos momentas, o ε - kampinis pagreitis. Jėga, veikianti švytuoklės masių centrą lygi $F = -Mg \sin \Theta$. Tuomet jėgos momentas lygus:

$$I\varepsilon = -RMg \sin \Theta. \quad (10)$$

Mažiams kampams galioja lygybė $\sin \Theta \approx \Theta$, taigi galime užrašyti

$$\varepsilon = \frac{-RMg\Theta}{I}. \quad (11)$$

Harmoniniams svyravimams $\varepsilon = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x$. Palyginus dvi paskutines lygtis, matome, kad švytuoklė atlieka harmoninius svyravimus ir jų kampinis dažnis yra

$$\omega^2 = \frac{MgR}{I}. \quad (12)$$

Prisiminus, kad $\omega = \frac{2\pi}{T}$, apskaičiuojame inercijos momentą

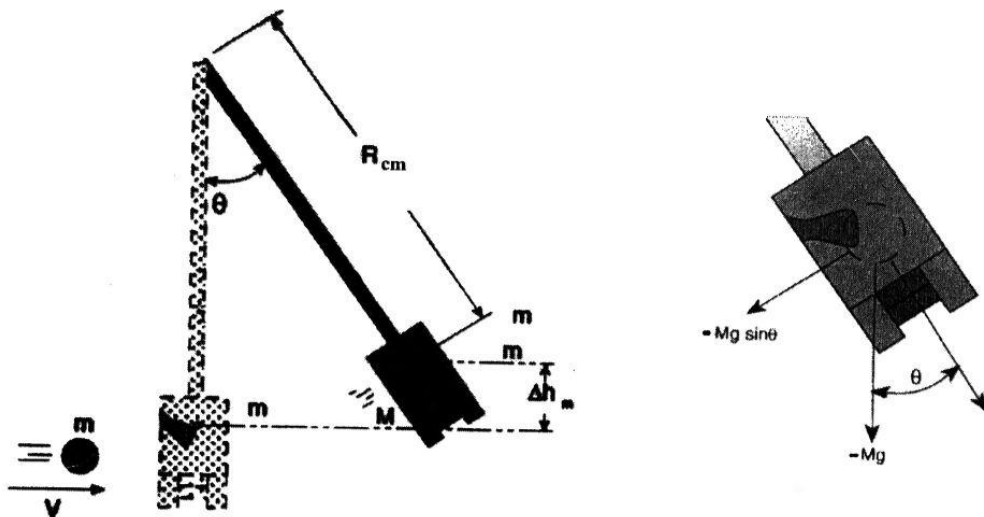
$$I = \frac{MgRT^2}{4\pi^2}, \quad (13)$$

kur T – švytuoklės svyravimų periodas.

IV. Darbo priemonės ir metodas.

1. Šaudyklė..
2. Švytuoklė.
3. Plieninis rutulys.

Rutulio, išlekiančio iš šaudyklės, greitis yra nustatomas šaunant rutulį į švytuoklės gaudyklę ir matuojant švytuoklės atsilenkimo kampą. Inercijos momentas I apskaičiuojamas matuojant sistemos švytuoklė – rutulys svyravimų periodą T (žiūrėti pav. 1).



Pav. 1. Eksperimento schema.

V. Darbo eiga.

1. Įtvirtinkite šaudyklę viename aukštyje su švytuoklės gaudykle taip, kad iššautas rutulys būtų pagautas. Įsitikinkite, kad švytuoklė gali kabėti vertikaliai neliesdama šaudyklės.
2. Nustatykite kampo indikatorių į nulinę padėtį.
3. Iššaukite rutulį ir užrašykite atsilenkimo kampą.
4. Nuimkite švytuoklę. Pasverkite ją kartu su rutuliu. Įrašykite į lentelę švytuoklės su rutuliu masę M .
5. Raskite rutulio masę m .
6. Suraskite sistemos švytuoklė – rutulys masių centrą balansavimo metodu. Išmatuokite atstumą R nuo švytuoklės pakabinimo taško iki rastojo masių centro. Gautą vertę įrašykite į lentelę.
7. Vėl įtvirtinkite švytuoklę taip, kad gaudyklė būtų atsukta į šaudyklę. Įsitikinkite, kad atsilenkimo kampo indikatorius yra teisingoje padėtyje.
8. Nuimkite šaudyklę, kad švytuoklė galėtų laisvai svyruoti. Atlenkite švytuoklę su rutuliu joje ne daugiau kaip 5 laipsnius nuo pusiausvyros padėties ir leiskite svyruoti. Naudodami laikrodį išmatuokite švytuoklės svyravimų laiką, kartu suskaičiuokite svyravimų skaičių. Padalinę svyravimų laiką iš svyravimų skaičiaus, apskaičiuokite periodą T ir įrašykite duomenis į lentelę.
9. Pritvirtinkite šaudyklę, nustatykite atsilenkimo kampo indikatorių 1 – 2 laipsniais mažesnę negu buvo pasiekta prieš tai. Tai žymiai sumažins švytuoklės pasipriešinimą.
10. Iššaukite rutulį ir įrašykite kampą į lentelę. Pakartokite tai kelis kartus, kiekvieną kartą indikatorių nustatydami 1 – 2 laipsniais mažesnę negu buvo pasiekta prieš tai.
11. Matavimų ir skaičiavimų rezultatus surašykite į lentelę:

Dydis	Vertė	Matavimo vienetai
M		
m		
R		
R_b		
T		
I		
Θ_1		
Θ_2		
Θ_3		
Θ_4		
Vidutinis Θ		
Rutulio greitis v		

VI. Rezultatų apdorojimas.

1. Suraskite vidutinį atsilenkimo kampą.
2. Pagal (13) formulę apskaičiuokite švytuoklės inercijos momentą.
3. Pagal (8) formulę apskaičiuokite išlekiančio iš šaudyklės rutulio greitį.
4. Gautus rezultatus surašykite į lentelę.

VII. Kontroliniai klausimai.

1. Kokie tvermės dėsniai galioja šiame eksperimente? Kokie negalioja? Kodėl?
2. Ar galime padaryti išvadą, kad pilnutinės energijos tvermės dėsnis galioja?
3. Kas yra masių centras, inercijos momentas, jėgos momentas?
4. Kokie susidūrimai yra elastiniai?

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.