

6. Impulso ir energijos tvermės dėsnių tikrinimas tiriant tiesioginį centrinį smūgį

Užduotis.

1. Patikrinti impulso ir energijos tvermės dėsnius, tiriant tamprųjį rutulių smūgį.
2. Ištirti rutulių tampriojo smūgio trukmės ir jėgos priklausomybę nuo jų greičių.
3. Patikrinti impulsų sudėties taisyklę, tiriant plastiškąjį rutulių smūgį.
4. Įvertinti plastinės deformacijos darbą.

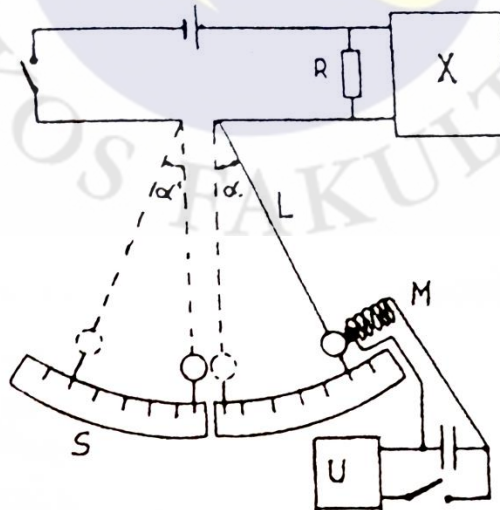
Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Uždaros sistemos.
2. Impulso ir energijos tvermės dėsniai.
3. Smūgio apibūdinimas.
4. Tamprusis smūgis.
5. Plastiškasis smūgis.

Tyrimų metodika ir aparatūra.

Vienas iš paprasčiausių impulso ir energijos tvermės dėsnių patikrinimo būdų yra rutulių tiesioginio tampriojo smūgio tyrimas. Šiam tikslui skirtos aparatūros schema pavaizduota 1 pav. Prie vertikalaus stovo prikabinti du rutuliai taip, kad jiems liečiantis, siūlai L būtų lygiagretūs. Įjungus jungiklį J_1 nuolatinės srovės šaltinio U maitinamu elektromagnetu M vieną rutulį galima fiksuoti padėtyje, atitinkančioje pasirinktą nuokrypį nuo vertikalės kampą α .

Išjungus elektromagneto maitinimo srovę, rutulys greitėdamas juda pusiausvyros padėties link ir žemutiniame trajektorijos taške, pasiekęs didžiausią greitį, smogia į kitą rutulį.



1 pav. Rutulių tiesioginio smūgio tyrimo aparatūros schema

Nagrinėjama sistema galima laikyti uždara. Energijos nuostoliai dėl oro pasipriešinimo maži, o smūgio metu sunkio jėgą kompensuoja siūlų įtempimo jėga. Tokiu atveju rutulio greitį smūgio pradžioje galėsime apskaičiuoti pagal energijos tvermės dėsnį.

Jeigu rutulio masė m , o jo pakilimo nuo žemutinės padėties aukštis h , tai potencinė energija

$$W_p = mgh. \quad (1)$$

Pagal 2 pav.

$$h = l - l \cos \alpha. \quad (2)$$

čia l – rutulio sunkio centro nuotolis nuo siūlo pakabinimo taško. Kadangi $1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$, tai

$$h = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (3)$$

Siūlo ilgį nesunku parinkti taip, kad jis žymiai viršytų rutulio skersmenį. Tada rutulį galima laikyti materialiuoju tašku. Apatiniame trajektorijos taške visa jo potencinė energija pavirsta kinetine, todėl

$$2mgl \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{mv^2}{2}. \quad (4)$$



2 pav. Rutulio greičio skaičiavimo schema

Iš lygybės gauname, kad rutulio greitis

$$v = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (5)$$

Tampriojo smūgio trukmė τ matuojama elektroniniu chronometru X pagal 1 pav. pavaizduotą schemą. Rutuliai prie elektrinės schemos prijungiami labai plonais laidais, netrukdančiais jiems judėti. Smūgio metu rutuliai liečiasi, o esant įjungtam jungikliui J_2 grandine teka elektros srovė. Įtampos impulso rezistoriuje R trukmė lygi smūgio trukmei. Ji registruojama chronometru X.

Tiriant rutulį tampriojo smūgio trukmės ir jėgos priklausomybę nuo jų greičių, parenkami vienodų masių rutuliai. Prieš smūgį vienas iš jų yra rimties būsenoje. Tokiu atveju smūgiuojantis rutulys sustoja. Jo greičio pokyčio modulis per smūgio trukmę τ lygus jo greičiui v_1 smūgio pradžioje; todėl

vidutinis pagreitis $a = \frac{v_1}{\tau}$. Pagal antrąjį Niutono dėsnį vidutinė smūgio jėga

$$F = m \frac{v_1}{\tau}. \quad (6)$$

Šiuo atveju, pritaikę impulso tvermės dėsnį dviejų rutulių sistemai, gausime, kad antrojo rutulio greitis po smūgio

$$v_2' = v_1. \quad (7)$$

Jeigu rutulių masės skirtingos ($m_1 > m_2$) ir rimties būsenoje yra lengvesnis rutulys, tai po tampriojo smūgio pagal impulso tvermės dėsnį

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'. \quad (8)$$

Jeigu smogia lengvesnis rutulys ($m_1 < m_2$), tai po smūgio jie juda priešingomis kryptimis. Tokiu atveju

$$m_1 v_1 = -m_1 v_1' + m_2 v_2'. \quad (9)$$

Kadangi tampriojo smūgio metu kinetinė energija nekinta, tai

$$m_1 v_1^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2. \quad (10)$$

Plastiškajam smūgiui tirti prie rutulių, jų lietimosi pusėse, prilipdome plastilino. Kai vienas rutulys nejuda, o kito greitis prieš pat smūgį lygus v_1 , bendrą greitį po smūgio v' nusako impulso tvermės dėsnis:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'. \quad (11)$$

Jeigu masės vienodos, tai

$$v_1 = 2v'. \quad (12)$$

Darbo eiga.

1. Įjunkite elektromagneto maitinimo prietaisą jungiklį atlenkdami į padėtį „įjungtas“.
2. Įjunkite elektroninį chronometrą (įjungimo mygtukas yra prietaiso gale).
3. Išstirkite dviejų vienodos masės rutulių tamprųjų smūgį. Vieną iš rutulių palikite rimties būsenoje, o kitą, elektromagneto pagalba, atlenkite kampu α_1 nuo vertikalės.
4. Kad elektromagnetas pritrauktų rutuliuką, svirtelę, esančią ant darbo stovo atlenkite į padėtį „įjungta“.
5. Prieš atliekant matavimą elektroninio chronometro ekrane turi būti nuliai. Jei taip nėra, paspauskite chronometro mygtuką, pažymėtą „0“ simboliu.
6. Išjunkite elektromagnetą ir paleiskite rutuliuką (tai padaroma svirtelę, esančią ant darbo stovo, atlenkiant į padėtį „išjungta“).
7. Užfiksuokite antrojo rutuliuko (bandymo pradžioje buvusio rimties būsenos) atsilenkimo nuo vertikalės kampo α_2' vertę. Užsirašykite chronometro ekrane rodomą rutuliukų smūgio trukmę τ .
8. Išstirkite rutuliukų smūgio trukmės ir smūgio jėgos priklausomybę nuo smogiančiojo rutulio greičio v_1 , kurio sąryšis su atlenkimo kampu α_1 nusakomas (5) formule. Kampą α_1 keiskite intervale 5° – 15° kas 2° . Ties kiekviena α_1 verte atlikite 3–5 matavimus ir apskaičiuokite jų vidurkį. Pagal (6) formulę apskaičiuokite smūgio jėgą F .
9. Patikrinkite impulso ir energijos tvermės dėsnius. Naudodami antrojo rutulio nuokrypio kampo α_2' vertę po smūgio, pagal (5) formulę apskaičiuokite greičius v_1 ir v_2' . Įvertinkite nagrinėjamos dviejų rutulių sistemos impulsų ir energijų santykius $\frac{p'}{p}$ ir $\frac{W'}{W}$. Čia p' ir W' atitinka dviejų rutulių sistemos impulsą ir energiją po smūgio, o p ir W – prieš smūgį.

Matavimų ir skaičiavimų rezultatai rašykite į lentelę.

Nr.	α_1	α_1'	α_2'	τ	v_1	v_1'	v_2'	p'/p	W'/W
1.									
2.									
3.									

10. Išstirkite skirtingų masių rutulių tamprųjų smūgi ir patikrinkite (8), (9) ir (10) lygtis. Atlikite po 3–5 matavimus su keliomis pasirinktomis atlenkimo kampo α_1 vertėmis.

11. Patikrinkite impulso tvermės dėsnį ištyrę plastiškąjį rutulį smūgi. Prie rutulių lietimosi pusės prilipdykite plastilino. Atlikite po 3–5 matavimus su keliomis atlenkimo kampo α_1 vertėmis. Bendrą rutulių greitį po smūgio rasite pagal antrojo rutulio nuokrypio nuo pusiausvyros kampą α_2' . Patikrinkite (11) ir (12) lygtis bei įvertinkite plastinės deformacijos darbą $A=W-W'$. Matavimų ir skaičiavimų duomenis rašykite į lentelę.

Nr.	α_1	α'	v	v'	p'/p	A/W
1.						
2.						
3.						

Suformuluokite darbo išvadas.

Matavimo paklaidų skaičiavimo ypatumai. Matavimų tikslumą iš esmės lemia nuokrypio kampo paklaida. Greičio santykinės paklaidos kvadratas

$$\left(\frac{\Delta v}{v}\right)^2 = \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right)^2. \quad (13)$$

Kadangi $\Delta \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\Delta \alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$, tai

$$\Delta v = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\Delta \alpha \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)^2}. \quad (14)$$

Tam tikra sisteminė paklaida atsiranda esant nepakankamam smūgio tyrimo sistemos uždaramui.

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.