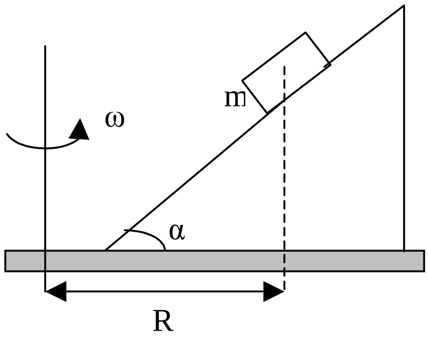
XL LIETUVOS JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

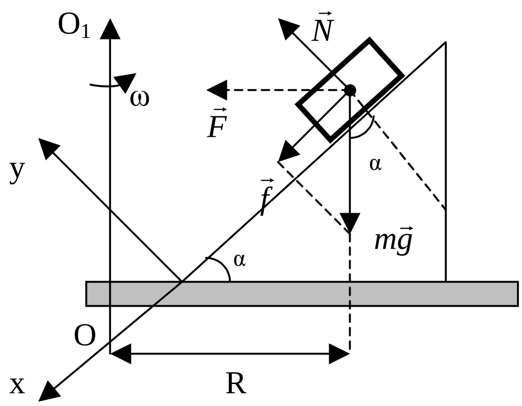
XII klasė

II ratas



1. **Nuožulnioji Plokštuma pritvirtinta prie horizontalios platformos ir sukasi su ja apie vertikalią ašį OO_1 kampiniu greičiu ω = 4 rad/s (žr. pav.). Ant nuožulniosios plokštumos guli neslysdamas m=2kg masės tašelis. Jo matmenys maži palyginus su jo atstumu $R=3^{1/2}$m iki sukimosi ašies. Nuožulniosios plokštumos polinkio kampas $\alpha = 30^0$. Raskite tašelį veikiančią trinties jėgą F (jos dydį ir kryptį).**

<u>Sprendimas</u>



Tašelį veikia sunkio jėga mg, plokštumos reakcijos jėga N ir trinties jėga f (žr. pav.). Atstojamoji jėga F suteikia tašeliui įcentrinį pagreitį:

$$\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}, \;\; F = m\omega^2 R.$$

Suprojektavus į x ašį:

$$F\cos\alpha = mg\sin\alpha + f,$$

Todėl

$$f = m(\omega^2 R\cos\alpha - g\sin\alpha),$$

$$f = 38N > 0.$$

Jeigu būtų f<0, tai reikštų: kad trintis nukreipta priešinga kryptimi, nei parodyta paveikslėlyje.

2. **Koks darbas atliekamas įveikiant paviršiaus įtempimo jėgas, kai pučiant muilo burbulą jo skersmuo padidėja nuo 1 iki 9 cm? Muilo burbulo paviršiaus įtempimo koeficientas σ = 80 mN/m.**

<u>Sprendimas</u>

Burbulo skersmuo padidėja nuo D_1 iki D_2, o burbulo paviršiaus plotas – nuo S_1 iki S_2. Muilo plėvelė turi du paviršius – vidinį ir išorinį (su labai mažu skysčio tarpu tarp jų). Vienam muilo paviršiui padidinti sunaudota $\sigma(S_2 - S_1)$ darbo, todėl visas darbas:

$$A = 2\sigma(S_2 - S_1).$$

Kadangi $S_1 = 4\pi R_1^2 = \pi D_1^2$, $S_2 = 4\pi R_2^2 = \pi D_2^2$, tai

$$A = 2\pi\sigma(D_2^2 - D_1^2),$$

$$A = 4{,}0 mJ.$$

3. **Vagonas turi keturias linges, kurių kiekvienos standumo koeficientas lygus k=4,9kN/cm. Vagono masė M = 6 t. Kokiu greičiu važiuojant vagonas siūbuos labiausiai, jeigu atstumas ir tarp bėgių susidūrimų, ir tarp vagono ašių lygus L=12,8m?**

<u>Sprendimas</u>

Labiausiai vagonas siūbuos rezonanso atveju. Tuomet vagoną veikianti išorinė jėga (atsirandanti dėl ratų smūgio į bėgių sandūras) veikia tokiu pačiu dažniu, kaip ir vagono svyravimai. Kai slopinimas (pvz., dėl lingių trinties) labai mažas, šių svyravimų periodas T lygus vagono laisvųjų svyravimų periodui:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Tokia pati trukmė turi būti ir tarp ratų smūgių:

$$T = \frac{L}{v}.$$

v – vagono greitis. Vadinasi,

$$v = \frac{L}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}},$$

$$v = 5{,}6 m/s = 20{,}3 km/h.$$

Akivaizdu, kad rezonanso reiškiniai pasikartos ir vagonui važiuojant, pvz., 2 (arba 3, arba 4 ir t.t.) kartus lėčiau. Tuomet tarp dviejų gretimų smūgių vagonas spėja susiūbuoti 2 (arba 3 ir t.t.) kartus. Tačiau per 2 (3 ir t.t.) kartus ilgesnį (tarp smūgių) laiką svyravimai nuslopsta labiau, o tuo pačiu ir vagonas siūbuoja ne taip stipriai.

4. 2 cm aukščio daiktas pastatytas prieš glaudžiantįjį lęšį. Jo tikrasis atvaizdas yra 12 cm aukščio. Daiktą pastūmus išilgai optinės ašies 4 cm, jis įgyja 6 cm aukščio menamą atvaizdą. Apskaičiuokite lęšio optinę gebą.

Sprendimas

Glaudžiamojo lęšio formulė tikrajam atvaizdui:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \qquad (1)$$

kur d ir f – daikto ir jo atvaizdo atstumai iki lęšio, F – lęšio židinio nuotolis. Lęšio didinimas:

$$k = \frac{f}{d}. \qquad (2)$$

Iš sąlygos žinome, kad k = 12cm/2cm = 6. Menamą atvaizdą gausime daiktą pastūmę arčiau lęšio. Tuomet

$$\frac{1}{d-x} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F},$$

$$k_1 = \frac{f_1}{d-x}.$$

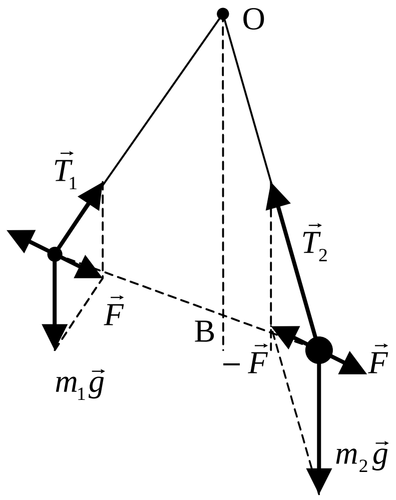
O k_1 = 6cm/2cm = 3. Lęšio optinė geba D = 1/F, todėl iš (1) – (3):

$$D = \frac{1}{x}\left(\frac{1}{k} + \frac{1}{k_1}\right);$$

$$D = 12{,}5 \ dioptrijos.$$

5. Kaip galime išmatuoti dviejų kūnelių masių santykį, jei turime liniuotę, svambalą, šilkinius siūlus, elektroforą (įelektrintuvą) ir stovą su laikikliu?

Sprendimas



Vienodo (bet nebūtinai vienodo dydžio) krūviais įelektrintus rutuliukus pakabiname ant vienodo ilgio siūlų (žr. pav.). Rutuliukai stumia vienas kitą jėga F. Rutuliukus taip pat veikia sunkio ir siūlų įtempimo jėgos m_1g, m_2g, T_1 ir T_2. Taško B padėtį surandame svambalu. Iš trikampių panašumo seka, kad

$$\frac{m_1 g}{F} = \frac{|OB|}{|A_1B|}, \quad \frac{m_2 g}{F} = \frac{|OB|}{|A_2B|}.$$

Iš čia

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{|A_2B|}{|A_1B|}.$$

$|A_1B|$ ir $|A_2B|$ išmatuojame liniuote.

Yra daug kitokių būdų, kaip išmatuoti masių santykį.

6. **Tarpplanetinė stotis „Venera – 10“ buvo dirbtiniu Veneros palydovu, kuris aplink planetą apsisukdavo per T_v = 49 valandas 23 minutes. Artimiausias orbitos taškas nuo planetos paviršiaus buvo nutolęs D_1 = 1400 km, o tolimiausias – D_2 = 114000 km. Planetos spindulys R_v = 6050 km. Taip pat žinome, kad Mėnulio orbitos didysis pusašis A_M = 384400 km, o apsisukimo aplink Žemę periodas T_M = 27,3 paroms. Remdamiesi minėtais duomenimis ir laikydami Žemės masę vienetu, raskite Veneros masę.**

<u>*Sprendimas*</u>

Pagal apibendrintą trečiąjį Keplerio dėsnį Venerai ir jos palydovui „Venera – 10“, o taip pat Žemei ir jos palydovui Mėnuliui:

$$\frac{T_v^2(M_v+m)}{A_v^3}=\frac{T_m^2(M_ž+m_m)}{A_m^3}, \qquad (1)$$

M_v, m, $M_ž$ ir m_m – Veneros, „Veneros – 10“, Žemės ir Mėnulio masės, A_v – „Veneros – 10“ orbitos didysis pusašis

$$A_v=R_v+\frac{D_1+D_2}{2}. \qquad (2)$$

Iš (1) – (2):

$$M_v=M_ž\left(\frac{T_m}{T_v}\right)^2\left(\frac{R_v+\frac{D_1+D_2}{2}}{A_m}\right)^3,$$

$$M_v\approx 0{,}80M_ž.$$

7. **Idealiosiose dujose aplinka palaiko vienodą temperatūrą. Dujos nuo aplinkos izoliuojamos ir jose po tam tikro laiko nusistovi šiluminė pusiausvyra. Kokį parametrą reikia išmatuoti pradinėje dujų būsenoje, kad būtų galima apskaičiuoti jų pusiausvyros būsenos temperatūrą? Dujų tūris V, kiekis ν, Gravitacinio lauko nėra (dujos laisvos).**

<u>*Sprendimas*</u>

Pradinėje būsenoje šiluminės pusiausvyros nėra. Tačiau yra mechaninė pusiausvyra. Tuomet dujų slėgis p visur – visuose dujų tūrio taškuose – vienodas. Kadangi p = (2/3)E_0 (E_0 – vidinės energijos tankis), tai E_0 visur vienodas. Izoliavus dujas, E_0 nepakis. Tokiu atveju nepasikeis ir slėgis. Jį ir reikia išmatuoti. Pagal dujų būvio lygtį dujų temperatūra pusiausvyros būsenoje

$$T=\frac{pV}{\nu R}.$$

8. **Dvi vienodos dalelė, kurių savitasis krūvis γ, vienu metu ir greta viena kitos įlekia į vienalytį magnetinį lauką statmenai magnetinės indukcijos B linijoms. Koks bus atstumas tarp dalelių, praėjus laikui T nuo įlėkimo, jei dalelių pradinių greičių v_1 ir v_2 kryptys vienodos? Elektrostatinės sąveikos nepaisykite.**

<u>*Sprendimas*</u>

Iš pradžių panagrinėkime paprastesnį atvejį – tarkime, kad dalelėms atsidūrus greta, jos ne įlekia į magnetinį lauką, o tiesiog tas laukas staiga atsiranda į visas puses nuo dalelių. Skirtumas tarp šių atvejų esminis. Jei magnetinis laukas staiga „įjungiamas“ pakankamai didelėje dalelių aplinkoje, dalelės pradeda suktis ratu ir iš to savo rato neišsisuka, nepabėga (tuo tarpu įlėkusios į sritį, kur jau yra vienalytis magnetinis laukas, dalelės iš tos srities visuomet pabėga, prieš tai atlikusios mažiau, nei vieną apskritimą). Dalelėms įcentrinį pagreitį suteikia Lorenco jėga:

$$qvB=\frac{mv^2}{R}, \qquad (1)$$

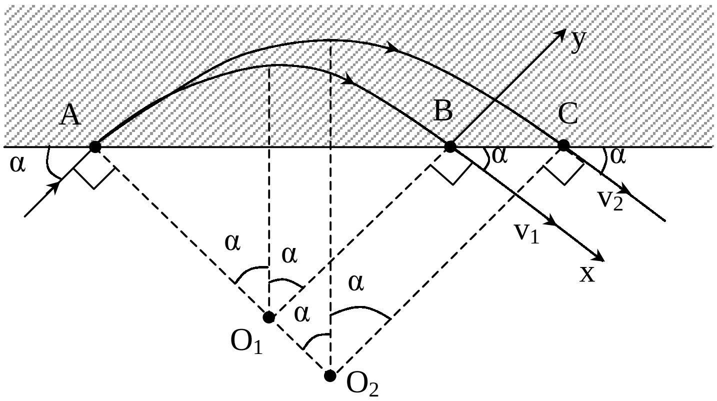
R, q, m ir v – dalelės trajektorijos spindulys, krūvis (tiksliau – krūvio absoliutinis didumas), masė ir greitis. Savitasis krūvis $\gamma = \frac{q}{m}$, todėl pirmai ir antrai dalelėms:

$$R_1 = \frac{v_1}{\gamma B}, \quad R_2 = \frac{v_2}{\gamma B}. \qquad (2)$$

Kampinis greitis $\omega = \frac{v}{R}$, todėl

$$\omega_1 = \gamma B, \quad \omega_2 = \gamma B. \qquad (3)$$

t.y. $\omega_1 = \omega_2 = \omega$. Jei magnetinis laukas atsiranda dalelėms pralekiant tašką A, tai jų orbitos iki taškų B ir C schematiškai atrodo taip, kaip pavaizduota pav. Iš to paveikslėlio matome, kad abiejų dalelių koordinatės atitinkamai lygios:



$$x_1 = R_1(1 - \cos\omega t), \quad y_1 = R_1 \sin\omega t;$$
$$x_2 = R_2(1 - \cos\omega t), \quad y_2 = R_2 \sin\omega t. \qquad (4)$$

Koordinačių pradžia taške A.

Atstumą tarp dalelių aprašo Pitagoro teorema:

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}. \qquad (5)$$

$|x_1 - x_2|$ ir $|y_1 - y_2|$ - atstumo tarp dalelių projekcijos į x ir y ašis. Iš (2) – (5):

$$L = 2|v_1 - v_2| \frac{\sin\frac{\gamma B t}{2}}{\gamma B}. \qquad (6)$$

Išnagrinėjome paprastesnį, bet ne sąlygoje aprašytą variantą. Sąlygoje aprašytu atveju dalelės įlekia į vienalytį magnetinį lauką iš vietos, kur magnetinio lauko nebuvo, ir sukdamosios ratu vėl bando patekti į tą vietą (į tašką A). Todėl, padariusios lauke didesnį ar mažesnį lanką, dalelės visuomet iš to lauko pabėga ir toliau juda tiesiai ir lygiagrečiai viena kitai (žr. pav.). Apibrėžtumo dėlei laikykime, kad magnetinio lauko srities riba tiesi. Jei dalelės tą ribą kerta kampu α (0<α<π), tai lauke jos padaro 2α dydžio lankus. Jei apskritimą dalelės apskrieja per $T = 2\pi\frac{R}{v} = \frac{2\pi}{\gamma B}$, tai 2α lanką apskries per laiką:

$$T_0 = T\frac{2\alpha}{2\pi} = \frac{2\alpha}{\gamma B}. \qquad (7)$$

Po to dalelės kerta lauko ribą taškuose B ir C. Pagal (6) ir (7), kai $t = T_0$:

$$|BC| = 2|v_1 - v_2| \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma B}. \qquad (8)$$

Dalelių koordinatės, kai $t > T_0$ (koordinačių pradžia yra taške B):

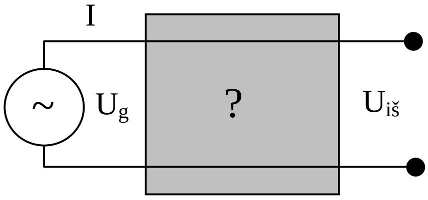
$$x_1 = v_1(t - T_0), \quad y_1 = 0,$$
$$x_2 = |BC|\cos\alpha + v_2(t - T_0), \quad y_2 = |BC|\sin\alpha. \qquad (9)$$

Iš (5) ir (7) – (9):

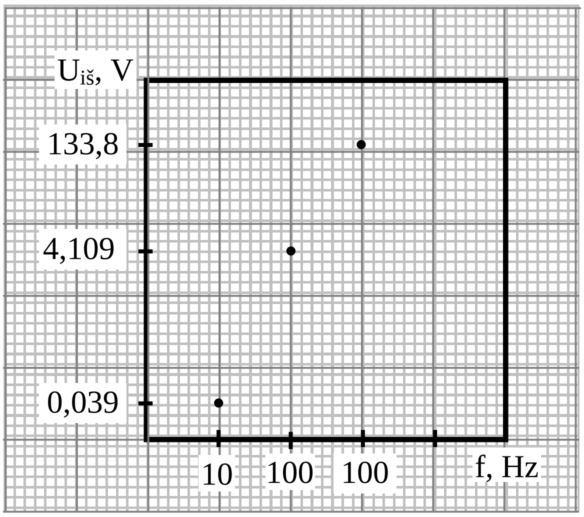
$$L = |v_1 - v_2| \sqrt{(t - T_0)^2 + 2(t - T_0)\frac{\sin 2\alpha}{\gamma B} + \left(\frac{2\sin\alpha}{\gamma B}\right)^2}. \qquad (10)$$

Kol $t \leq T_0$, galioja (6) formulė, kai $t > T_0$, vietoj (6) imam (10).

9. **Prie generatoriaus, kurio įtampa U_g = 100 V, o dažnis keičiamas, prijungta nežinoma elektrinė grandinė (žr. 1 pav.). Esant dažniui 1000 Hz, iš generatoriaus teka I = 0,213 A srovė. Nubrėžkite tą grandinę ir apskaičiuokite jos elementų parametrus. Įtampos $U_{iš}$ priklausomybė nuo generatoriaus dažnio f parodyta 2 pav. (abu dydžiai atidėti logaritminiu masteliu).**



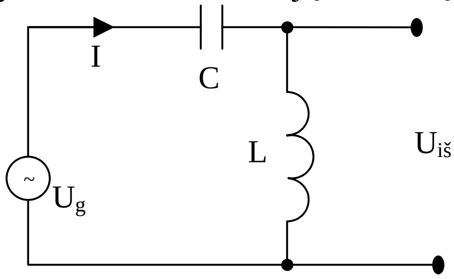
1 pav.



2 pav.

Sprendimas

Įtampa priklauso nuo srovės svyravimų dažnio, o tai reiškia, kad grandinėje yra elementų, kurių varža taip pat priklauso nuo dažnio. Šiais elementais gali būti kondensatoriai (jų talpinė varža $R_c = \dfrac{1}{2\pi fC}$) ir ritės (induktyvioji varža $R_L = 2\pi fL$). Yra be galo daug variantų, kaip iš kondensatorių, ričių ir rezistorių sujungti grandinę, atitinkančią šio uždavinio reikalavimus. Todėl pasitenkinsime pačiu paprasčiausiu atveju, kai grandinė sudaryta iš vieno arba dviejų elementų. Tokios schemos pavyzdys parodytas pav.



Šiuo atveju galime kondensatorių ir ritę sukeisti vietomis, galime vieną iš jų pakeisti rezistoriumi, galime surinkti grandinę tik iš dviejų kondensatorių arba dviejų ričių, tik iš vieno kondensatoriaus ar ritės ir t.t., bet visais atvejais nepavyksta gauti tokių R, C ir L verčių, kurios atitiktų visus tris priklausomybės U(f) grafikus. Taigi lieka tik grandinė, pavaizduota pav. Ritės induktyvioji varža lygi

$$R_L = \frac{U_{iš}}{I} = 2\pi fL. \qquad (1)$$

Kai f = 1kHz, tai $U_{iš}$ = 133,82V, I=0,213A. Iš (1): L≈0,1H.

Omo dėsnis visai grandinei: $$I = \frac{U_g}{Z}, Z = |\, 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\,|.$$

Iš čia randame kondensatoriaus talpą (U_g = 100V): C≈1μF.

Patikrinsime, ar gautos L ir C vertės atitinka likusius du priklausomybės U(f) taškus. Iš (1) – (2):

$$U_{iš} = \frac{U_g}{|1 - \dfrac{1}{4\pi^2 f^2 LC}|},$$

$$U_{iš} \approx 4{,}110V,\ kai\ \ f = 100Hz,$$

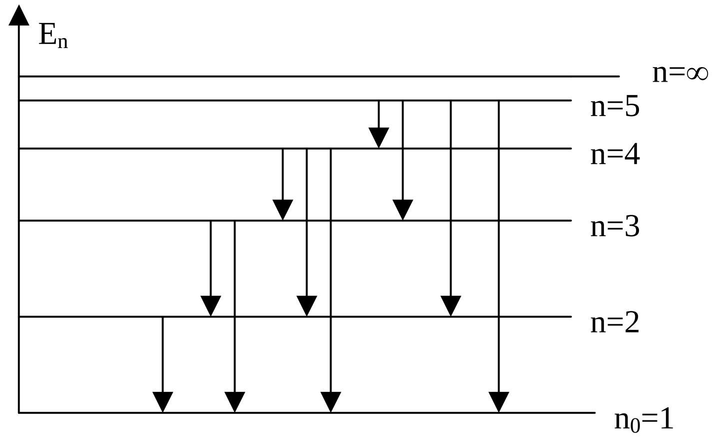
$$U_{iš} \approx 0{,}0395V,\ kai\ \ f = 10Hz.$$

Tai atitinka taškus, pavaizduotus 2 pav.

10. Kokio dažnio fotonais reikia sužadinti vandenilio atomus, esančius pagrindinėje būsenoje, kad atomų emisijos spektre galima būtų stebėti 10 linijų? Fotonų energijos vienodos, kiekvienas atomas absorbuoja ne daugiau kaip vieną fotoną.

Sprendimas

Skirtingas spektrines linijas atitinka skirtingi jas sudarančių šviesos spindulių dažniai, o tuo pačiu ir energijos. Spektrinių linijų bus tiek, kiek skirtingų galimų perėjimo tarp energijos lygmenų, o tuo pačiu ir skirtingų (savo energijomis) išspinduliuojamų fotonų. Iš energijos lygmenų schemos (žr. pav.) matyti, kad lygiai 10 skirtingų perėjimų atsiras atomus sužadinus į penktąjį lygmenį (n=5). Vandenilio atomus iš pagrindinės (n_0=1) į penktąją būseną sužadina ν dažnio fotonai:



$$\nu = R\left(\frac{1}{n_0^2} - \frac{1}{n^2}\right),$$

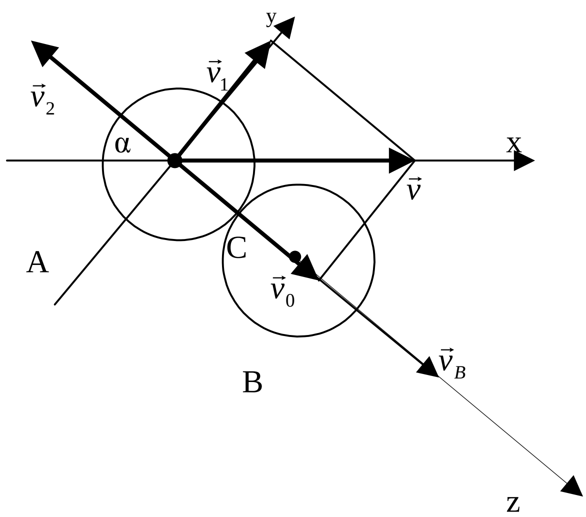
$$\nu \approx 3{,}16 \cdot 10^{15}\, Hz.$$

Eksperimentas

11. Rutuliukas A juda horizontalia plokštuma ir susiduria su ramybėje esančiu rutuliuku B. Rutuliukų masės skirtingos, o smūgis – tamprus ir necentrinis. Po smūgio tarp rutuliukų judėjimo krypčių susidaro tam tikras kampas γ.
A. Kokia yra kampo γ galimų reikšmių sritis?
B. Kaip ši sritis pasikeistų, jei rutuliukus sukeistume vietomis?
C. Nustatykite rutuliukų A ir B kinetinių energijų, gautų tuoj pat po smūgio, santykius su rutuliuko A kinetine energija prieš smūgį.
Prietaisai ir medžiagos: skirtingos masės rutuliukai, švarus popieriaus lapas, liniuotė, pieštukas ir plastilinas.

Sprendimas

Tarkime, kad rutuliukas A ne rieda, o slysta x ašies kryptimi greičiu v (žr. pav.).



Sujunkime rutuliukų centrus ašimi z. Smūgio metu rutuliukai liečiasi taške C. Jei tuomet $\alpha \neq 0$, tai smūgis necentrinis. Jei neatsižvelgsime į rutuliukų deformaciją ir trinties jėgas tarp jų, tai rutuliukų sąveikos jėgas galėsime laikyti centrinėmis (t.y. nukreiptomis į centrą) ir tuo atveju, kai smūgis necentrinis. Išskaidykime v į dėmenis v_0 ir v_1

$$v_0 = v\cos\alpha,\ v_1 = v\sin\alpha. \qquad (1)$$

Rutuliukų sąveikos jėgos veikia tik z ašies kryptimi, todėl judėjimo kiekio bei energijos tvermės dėsnius užrašysime tik šiai krypčiai:

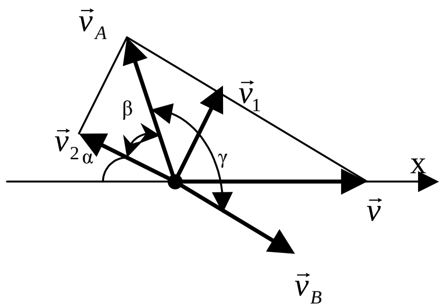
$$m_a v_0 = -m_a v_2 + m_b v_b,$$
$$\frac{m_a v_0^2}{2} = \frac{m_a v_2^2}{2} + \frac{m_b v_b^2}{2}. \qquad (2)$$

m_a, m_b, v_a ir v_b – rutuliukų A ir B masės ir greičiai po smūgio. Iš (1) – (2) gaunam du atsakymus:

$$\begin{cases} v_b = 0,\ v_2 = 0; \\ v_b = 2v\dfrac{\cos\alpha}{1+z},\ v_2 = v\cos\alpha \cdot \dfrac{z-1}{z+1},\ z = \dfrac{m_b}{m_a}. \end{cases} \qquad (3), (4)$$

(3) nurodo greičius prieš smūgį, (4) – po smūgio. Rutuliukas A po smūgio juda greičiu $\vec{v}_a = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$.
Jei kampas tarp $\vec{v}_a$ ir $\vec{v}_b$ lygus γ, tai (žr. pav.):

$$tg\beta = \frac{v_1}{v_2}, \ \beta = \pi - \gamma. \qquad (5)$$



Iš (1), (4) ir (5):

$$tg\gamma = tg\alpha \cdot \frac{1+z}{1-z}. \qquad (6)$$

Kadangi $0 \le \alpha \le \frac{\pi}{2}, \ tai \ 0 \le tg\alpha \le +\infty.$

Kai $m_a > m_b (z < 1), \ tai \ \ 0 \le tg\gamma \le +\infty \Rightarrow 0 \le \gamma \le \frac{\pi}{2};$

Kai $m_a < m_b (z > 1), \ tai \ \ -\infty \le tg\gamma \le 0 \Rightarrow \frac{\pi}{2} \le \gamma \le \pi;$

Kai $m_a = m_b (z = 1), \ tai \ \ v_2 = 0 \Rightarrow \gamma = \frac{\pi}{2}.$

Rutuliuko A kinetinė energija prieš ir po smūgio:

$$E = \frac{m_a v^2}{2}, \ E_a = \frac{m_a v_a^2}{2}, \qquad (7)$$
$$v_a = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}.$$

Rutuliuko B kinetinė energija po smūgio:

$$E_b = \frac{m_b v_b^2}{2}. \qquad (8)$$

Iš (1), (4), (7) ir (8):

$$\frac{E_a}{E} = \sin^2\alpha + \cos^2\alpha \cdot \left(\frac{z-1}{z+1}\right)^2,$$
$$\frac{E_b}{E} = z \cdot \left(\frac{2\cos\alpha}{z+1}\right)^2. \qquad (9),(10)$$

Kampus α ir γ nustatome iš rutuliukų trajektorijų prieš ir po smūgio. Rutuliukų masių santykį z išmatuojame liniuote, panaudoję ją kaip svertą. Rutuliukai nuo liniuotės nenuslys, jei juos prilipdysime mažais plastilino gabaliukais.
Pastaba. Nesunku pastebėti, kad šis sprendimas labai netobulas, o jo rezultatai tolimi nuo gautųjų eksperimentiškai.
Pirmas didelis netikslumas – neatsižvelgta į rutuliukų riedėjimą. Riedėdamas rutuliukas turi sukimosi kinetinės energijos. Smūgio metu keičiasi ir sukimosi, ir slinkimo energijos, tad neaišku, kaip ir kiek pasikeitė visa rutuliukų kinetinė energija.
Maža to, smūgio metu tarp rutuliukų atsiranda trintis. Jei efektyviąją rutuliukų sąveikos (reakcijos) jėgą pažymėsime F, tai

$$m_a(v_0 + v_2 + = Ft, \qquad (11)$$

t – smūgio trukmė. Dėl šios jėgos atsiradusi trintis pakeičia rutuliukų greičius y kryptimi:

$$m_a \Delta v_1 = \mu F t,$$
$$m_b \Delta v_2 = \mu F t. \qquad (12)$$

kur μ – trinties koeficientas. Iš (11) – (12):

$$\Delta v_1 = \mu(v_0 + v_2),$$
$$\Delta v_2 = \mu(v_0 + v_2)\frac{m_a}{m_b}. \qquad (13)$$

Δv_1 ir Δv_2 nepriklauso nei nuo sąveikos trukmės, nei sąveikos jėgų dydžio. Trinties koeficientas metaliniams rutuliukams $\mu \approx 0,2$, o tai reiškia, kad ir santykinė paklaida gali būti ~20% eilės. Be to, ta pati trintis verčia rutuliukus dar ir suktis aplink savo masės centrą. Dėl to mūsų skaičiavimų paklaida tik padidės.
Vienintelis pateisinimas virš šios pastabos pateiktam sprendimui – tai siekimas paprastai iliustruoti realų reiškinį. Kadangi užduotis eksperimentinė, tai α ir γ galime matuoti ir be čia pateiktų teorijų. Kinetinę energiją eksperimentiškai surasti sunkiau, nes po smūgio rutuliukai dar ir praslysta (sukimosi efektas sumažėtų, jei rutuliukus, pvz., pakabintume ant siūlų ir leistumėm jiems susidurti ore). Galime abejoti, ar verta pateikti tokius uždavinius, tačiau juk ir gyvenime ne viskas tobula, ne viskas išsprendžiama.

12. Nustatykite sklaidomojo lęšio židinio nuotolį. Židinio nuotolio formulė:

$$F = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)},$$

R_1 ir R_2 – lęšio paviršių kreivumo spinduliai. Abu lęšio paviršiai įgaubti, stiklo lūžio rodiklis n = 1,5.

Prietaisai: šviesos šaltinis, sklaidantysis lęšis, ekranas ir liniuotė.

<u>Sprendimas</u>

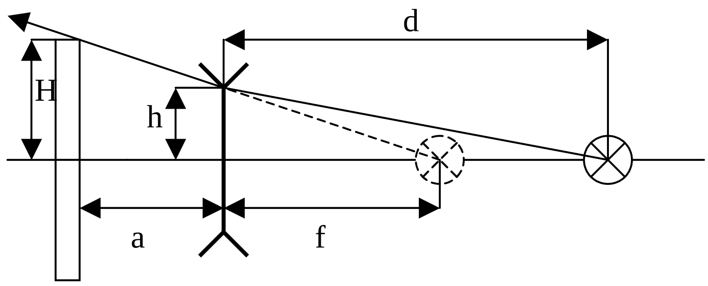
Sklaidančiuoju lęšiu gaunamas daikto vaizdas yra menamas. Todėl negalime tiesiogiai išmatuoti atstumo tarp vaizdo ir lęšio, o tuo pačiu – negalime pasinaudoti ir sklaidomojo lęšio formule $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$. Imkimės kitokių būdų. Vienas iš jų – išmatuoti įgaubtų lęšio paviršių spindulius R_1 ir R_2, o po to taikyti sąlygoje duotą formulę. Lęšis, nors ir stiklinis, dalį šviesos atspindi, t.y. veikia ir kaip įgaubtas veidrodis. Veidrodžio židinio nuotolis lygus pusei jo kreivumo spindulio, t.y. $R_1/2$ arba $R_2/2$. Kai lemputės atstumas iki lęšio paviršiaus didesnis už to paviršiaus židinio nuotolį (t.y. kai $d>R_1/2$ arba $d>R_2/2$), gauname tikrąjį lemputės vaizdą (f atstumu nuo lęšio). Suradę tokią ekrano vietą, kurioje lemputės vaizdas ekrane ryškiausias, išmatuojame ekrano atstumą iki lęšio. Tai ir bus f vertė. Kadangi

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R_1},$$

tai

$$R_1 = \frac{2df}{d+f}.$$

Tokiu pačiu keliu surandame ir R_2. Lęšio židinio nuotolį rasime iš uždavinio sąlygoje pateiktos formulės. Jei n = 1,5, $R_1 = R_2 = R$, tai F = R.
Beje, bent jau atsakymui patikrinti, paviršių kreivumo spindulius galime išmatuoti ir tiesiogiai. Paimkime R_1 (arba R_2) ilgio pagaliuką, vieną jo galą įtvirtinkime, lęšį pastatykime atstumu R_1 (arba R_2) nuo įtvirtinimo taško ir pažiūrėkime, ar laisvasis pagaliuko galas tiksliai juda lęšio paviršiumi. Pagaliuką galime padaryti iš popieriaus, o galime tiesiog įtvirtinti liniuotės tašką, esantį atstumu R_1 (arba R_2) nuo liniuotės galo, ir pažiūrėti, kaip tas galas juda lęšio paviršiumi.
Galime pasinaudoti ir menamu vaizdu. Pastatę lemputę atstumu d nuo lęšio (žr. pav.), o ekraną – atstumu a, parenkame tokį ekrano krašto aukštį virš pagrindinės optinės ašies, kad lemputės menamą vaizdą matytumėme tarp ekrano ir lęšio kraštų.



Jei lęšio aukštis 2h, tai

$$\frac{h}{f} = \frac{H}{a+f}.$$

Be to,

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}.$$

T.y.

$$F = \frac{1}{\frac{H}{ah} - \frac{1}{a} - \frac{1}{d}}.$$

Užduotys ir sprendimai skelbiami iš leidinio:

40-OJI LIETUVOS JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA. *Parengė Raimundas Žemaitis*

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2005 04 26.