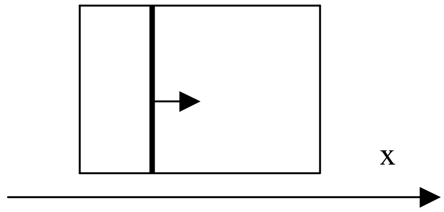
37-OJI RESPUBLIKINĖ JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

XII klasė

II ratas

1. **Adiabatiškai izoliuotame inde dujos stumia stūmoklį iš kairės į dešinę (žr. pav.). Remdamiesi dujų sąveikos su stūmokliu molekuline kinetine samprata, paaiškinkite, kokiu būdu kairėje indo dalyje energija mažėja, o dešinėje didėja?**



Sprendimas

Pažymėkime stūmoklio greičio modulį v, dujų molekulės greičio projekcijos į x ašį (žr. pav.) modulį v_x. Laikykime, kad $v_x >> v$, o molekulių smūgiai į stūmoklį tamprūs. Be to, stūmoklio masė M daug didesnė už molekulės masę m.
Molekulės smūgio į stūmoklį metu pasikeičia jos kinetinė energija, o potencinė energija lieka nepakitusi. Todėl teks apskaičiuoti molekulės kinetinę energiją prieš ir po smūgio.
Jei kairiojoje indo dalyje stūmoklio link judančios molekulės greičio x dėmuo v_x , tai stūmoklio atžvilgiu jis bus lygus $v_x - v$. Po smūgio molekulė stūmoklio atžvilgiu judės praktiškai to paties dydžio greičiu (nes smūgis tamprus ir $M >> m$), tik greičio projekcija į x ašį bus priešingos krypties, t.y., -($v_x - v$). Indo sienelių atžvilgiu nuo judančio stūmoklio atšokusios molekulės greičio projekcija į x ašį:

$$-(v_x - v) + v = -v_x + 2v.$$

Matome, kad molekulės greičio x dėmens modulis sumažėjo dydžiu 2v. Sumažėjo ir visa molekulės energija, nes greičio y ir z dėmenys smūgio metu nepakito. T.y., turime tokį molekulės energijos pokytį:

$$\frac{1}{2}m(-v_x + 2v)^2 - \frac{1}{2}mv_x^2 = 2mv(-v_x + v) < 0, \quad nes \quad v_x > v.$$

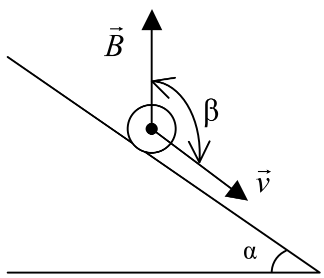
Tai tinka kiekvienai kairiojoje indo pusėje esančiai ir į stūmoklį atsitrenkiančiai dujų molekulei, t.y., sumažėja stūmoklio kairėje esančių dujų energija.
Panašiai mąstydami įsitikiname, kad dešiniojoje pusėje molekulės greičio x dėmens modulis smūgio metu padidėja dydžiu 2v. Taigi čia atitinkamai padidėja ir dujų energija.

2. **Metalinis 1m ilgio strypas slysta be pradinio greičio ir be trinties nuožulnia izoliacinės medžiagos plokštuma vertikaliame vienalyčiame magnetiniame lauke, kurio indukcija 1T. Nuožulniosios plokštumos ilgis 5m, o su horizontu ji sudaro 30^0 kampą. Strypo judėjimo kryptis statmena strypo ašiai. Nubrėžkite strype indukuotos EVJ priklausomybę nuo nueito kelio.**

Sprendimas

Pažymėkime strypo ilgį l, magnetinio lauko indukciją B, o kampą, kurį nuožulnioji plokštuma sudaro su horizontu, α. Kadangi srovė strype praktiškai neteka, mes galime nepaisyti magnetinio lauko įtakos strypo judėjimui. Įskaitysime tik sunkio bei plokštumos reakcijos jėgas. Strypas slysta pagreičiu:

$$a = g \sin \alpha.$$



Praėjus laikui t nuo judėjimo pradžios, strypas judės greičiu:

$$v = at = gt \sin \alpha. \qquad (1)$$

Kampas tarp magnetinės indukcijos ir strypo greičio vektorių (žr. pav.):

$$\beta = \frac{\pi}{2} + \alpha.$$

Todėl tarp strypo galų susidarys EVJ:

$$E = vBl\sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right). \quad (2)$$

Per laiką t strypas nueis kelią

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2}gt^2 \sin\alpha. \quad (3)$$

Iš (1) – (3) lygčių randame:

$$E = Bl\cos\alpha\sqrt{2gS\sin\alpha}.$$

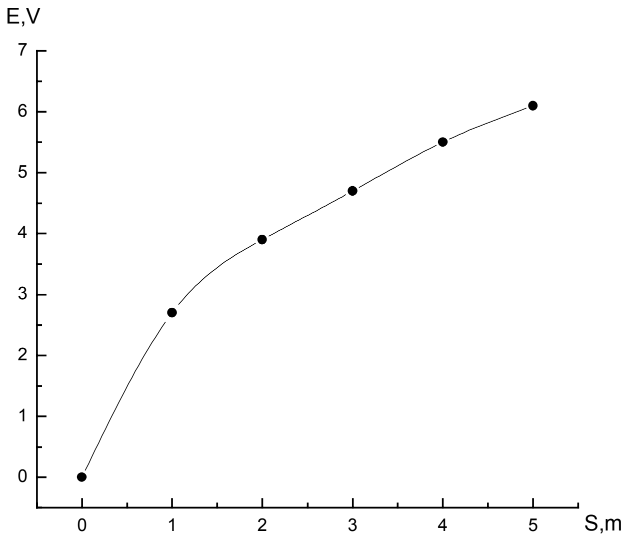
Įrašius skaitines vertes:

$$E \approx 2{,}74 \cdot \sqrt{S}. \qquad (4)$$

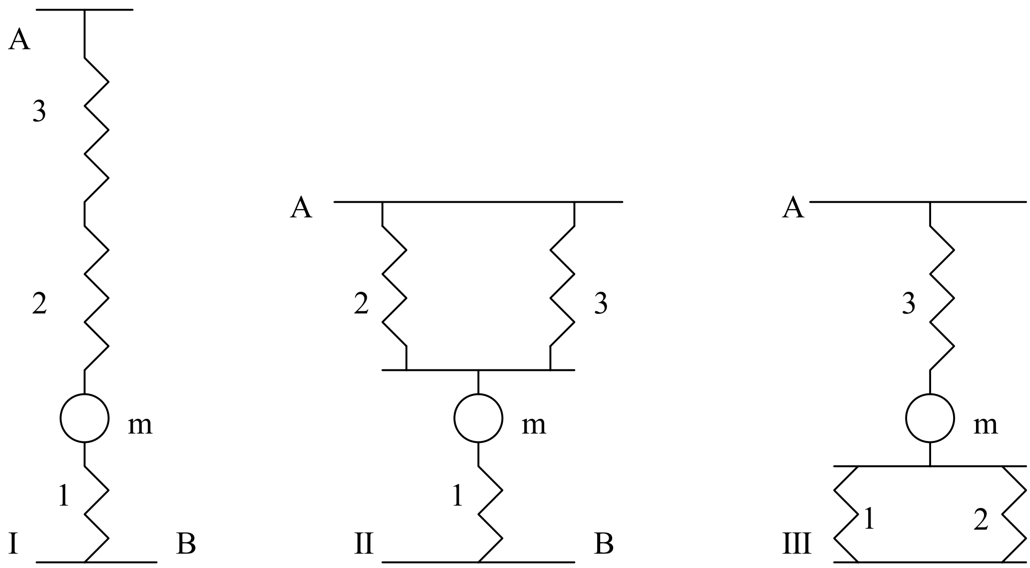
Sudarome lentelę:

S,m	0	1	2	3	4	5
E,V	0	2,7	3,9	4,7	5,5	6,1

Iš (4) matosi, kad turime parabolės lanką. Grafikas pateiktas pav.

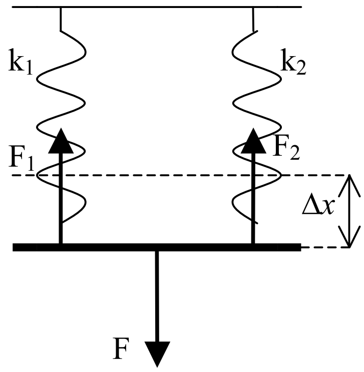


3. **Masės m rutuliukas pritvirtintas prie trijų lengvų spyruoklių (1,2,3) skirtingais trimis būdais (žr. pav.). A ir B – spyruoklių įtvirtinimo taškai. Spyruoklių tamprumai atitinkamai lygūs k, 2k, 3k. Pradiniu momentu visos spyruoklės nedeformuotos, ir rutuliukas paleidžiamas svyruoti. Raskite ir palyginkite visus tris svyravimo periodus. Tarkite, kad visi svyravimai vertikalūs.**



Sprendimas

Išveskime pagalbines formules dviems spyruoklėms (jų tamprumo koeficientai, pailgėjimai ir jas veikiančios jėgos atitinkamai: k_1 ir k_2, Δx_1 *ir* Δx_2, F_1 ir F_2). Sistemą iš spyruoklių veikia jėga F, sistemos pailgėjimas Δx.



1 atvejis. Tegul spyruoklės sujungtos lygiagrečiai (žr. pav.). Pažymėkime šios spyruoklių sistemos atstojamąjį tamprumą k_L. Tuomet, esant jėgų pusiausvyrai,

$$F_1 + F_2 = F$$

arba

$$k_1 \cdot \Delta x_1 + k_2 \cdot \Delta x_2 = k_L \cdot \Delta x$$

(čia ir toliau rašysime absoliučius dydžius). Sujungus lygiagrečiai, kiekviena iš spyruoklių pailgės vienodai, t.y.,

$$\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x.$$

Tad galutinai

$$k_L = k_1 + k_2. \qquad (1)$$

2 atvejis. Kai tos pačios spyruoklės sujungtos nuosekliai (jų atstojamasis tamprumas k_N), akivaizdu, kad galioja lygybė

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2.$$

Iš čia, pritaikę Huko dėsnį kiekvienai spyruoklei bei spyruoklių sistemai, gauname:

$$\frac{F}{k_N} = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2}.$$

Be to, nuosekliai sujungus spyruokles,

$$F_1 = F_2 = F.$$

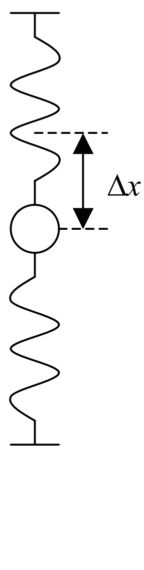
Tad

$$\frac{1}{k_N} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

arba

$$k_N = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}. \qquad (2)$$

3 atvejis. Svyruojantis kūnas pakabintas tarp nuosekliai sujungtų spyruoklių (žr. pav.). Tokios sistemos atstojamąjį tamprumą pažymėkime k_v. Abi spyruoklės veikia rutuliuką ta pačia kryptimi. Todėl galime užrašyti:



$$F = F_1 + F_2.$$

Iš kur seka

$$k_v \cdot \Delta x = k_1 \cdot \Delta x_1 + k_2 \cdot \Delta x_2.$$

Kadangi $\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$, tai

$$k_v = k_1 + k_2. \qquad (3)$$

Pritaikę formules (1) – (3) sąlygoje nurodytiems spyruoklių sujungimo atvejams, be jokio vargo gauname:

$$I) \quad k_I = \frac{k_2 k_3}{k_2 + k_3} + k_1 = \frac{11}{5}k;$$

$$II) \quad k_{II} = (k_2 + k_3) + k_1 = 6k;$$

$$III) \quad k_{III} = k_3 + (k_1 + k_2) = 6k.$$

Iš čia svyravimų periodai:

$$T_I = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_I}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{5m}{11k}};$$

$$T_{II} = T_{III} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_{II}}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{6k}}.$$

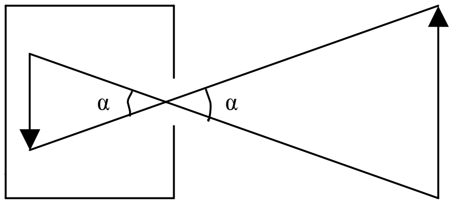
T.y.,

$$T_I > T_{II} = T_{III}.$$

4. Cirke mokiniai pastebėjo, kad Saulės spinduliai, praėję pro kupolo viršuje esančią mažą skylutę, ant grindų sudaro elipsės pavidalo šviesią dėmę. Kaip apskaičiuoti kupolo aukštį, turint tik liniuotę elipsės ašims a ir b matuoti ir žinant Saulės disko regėjimo kampą α?

<u>Sprendimas</u>

Cirko kupolas su maža skylute veikia kaip kamera obskura (žr. 1 pav.). Kamera obskura – tai uždara dėžė su maža skylute. Pro skylutę praėję spinduliai ant priešingos dėžutės sienelės sudaro apverstą objekto vaizdą.



1 pav.

Grįžkime prie cirko. Sklindantis pro skylutę šviesos pluoštas yra kūgio formos. Jo pjūvis statmenai kūgio ašiai – apskritimas. Ties grindimis tokio apskritimo skersmuo d.

Kadangi šviesi dėmė yra elipsės formos (žr. sąlygą), tai ji – šio kūgio pjūvis kampu $\beta \approx \frac{\pi}{2}$ (žr. 2 pav.). Pažymėkime atstumą nuo skylutės iki šviesios dėmės l. Jei skylutė aukščiausioje kupolo vietoje, tai h – kupolo aukštis. Be to, $d << l$.

Tuomet

$$h = l \sin \beta, \qquad (1)$$

$$\sin \beta \approx \frac{d}{a}, \qquad (2)$$

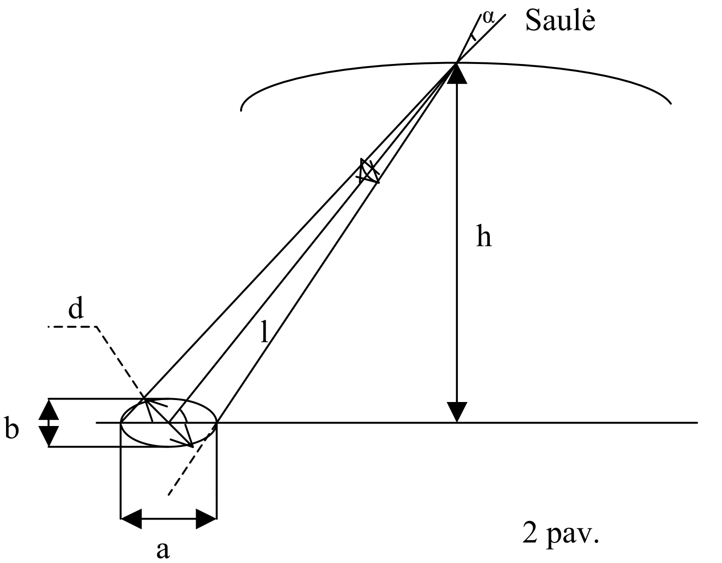
$$d \approx l\alpha. \qquad (3)$$

Akivaizdu, kad trumpesnioji elipsės ašis b lygi šviesos pluošto skersmeniui d:

$$b = d. \qquad (4)$$

Iš (1) – (4) randame

$$h \approx \frac{b^2}{a\alpha}.$$



2 pav.

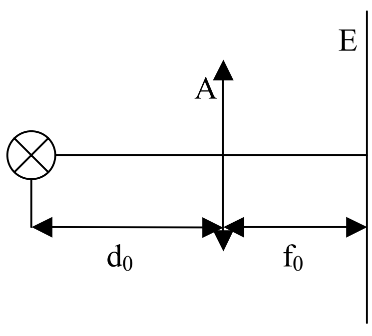
5. Kaip nustatysite akinių lęšio optinę gebą? Priemonės: akinių lęšis, trumpo židinio nuotolio surenkamasis lęšis, lemputė, jos maitinimo šaltinis, liniuotė.

<u>Sprendimas</u>

Pažymėkime akinių lęšį A, duotą surenkamąjį lęšį L, ekraną E.

<u>1 atvejis.</u> Akinių lęšis A – glaudžiamasis. Eksperimentą vykdome taip. Lemputę, akinių lęšį ir ekraną išdėstę taip, kaip parodyta pav., gauname lemputės vaizdą ekrane. Liniuote išmatuojame atstumus d_0 ir f_0 ir, pasinaudoję lęšio formule, apskaičiuojame lęšio optinę gebą:

$$D = \frac{1}{F_A} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f_0}. \qquad (1)$$

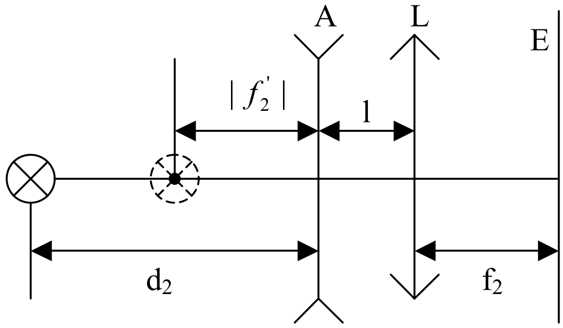


Šiuo atveju papildomo lęšio nereikia.

2 atvejis. Lęšis A – sklaidantysis. Dabar lemputės vaizdo ekrane jau aprašytu būdu negausime. Galimas toks metodas.

Anksčiau aprašytu būdu surandame lęšio L optinę gebą:

$$\frac{1}{F_L} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}. \qquad (2)$$



Po to išdėstome lęšius A ir L atstumu l vienas nuo kito (žr. pav.). Lęšis A sudaro menamą vaizdą f_2\` ($f_2$\`<0, nes šiuo atveju F_A<0). Lęšio formulė lęšiui A atrodo taip:

$$\frac{1}{F_A} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2'}. \qquad (3)$$

Šis vaizdas lęšiui L bus šviesos šaltiniu, nutolusiu nuo jo atstumu:

$$d_2' = |f_2'| + l = -f_2' + l. \qquad (4)$$

Stumdydami ekraną, surandame padėtį, kai ekrane matosi ryškus lemputės vaizdas, ir liniuote išmatuojame atstumą f_2 tarp lęšio L ir ekrano. Galioja lygybė

$$\frac{1}{F_L} = \frac{1}{d_2'} + \frac{1}{f_2'}. \qquad (5)$$

Iš (2) – (5) randame:

$$\frac{1}{F_A} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{1 - \dfrac{1}{\dfrac{1}{d_1} + \dfrac{1}{f_1} - \dfrac{1}{f_2}}}. \qquad (6)$$

Analizuodami (3) – (5) lygybes, nesunkiai įsitikiname, kad lemputės vaizdą ekrane gauti galima tik tuo atveju, jei atstumas tarp lęšių patenkina sąlygą:

$$l > |F_L| - |F_A|. \qquad (7)$$

Kadangi sąlygoje pažymėta, jog F_L yra nedidelis, galima tikėtis, kad galioja nelygybė

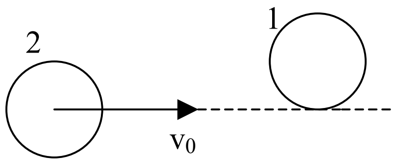
$$|F_L| < |F_A|.$$

Tuomet (7) sąlyga patenkinama ir atvejui l=0 (t.y., kai lęšiai suglausti). Pastaruoju atveju vietoje (6) turime

$$\frac{1}{F_A} = -\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}. \qquad (8)$$

III ratas

6. Ant stalo guli bilijardo rutulys 1. Link jo greičiu v_0 juda kitas toks pat rutulys 2, ir įvyksta absoliučiai tamprus necentrinis smūgis (žr. pav.). Kur reikia pastatyti gaudyklę rutuliui 2? Kokiu greičiu jis artės po smūgio prie tos gaudyklės? Kokiu greičiu jis tuomet judės rutulio 1 atžvilgiu? Rutuliai ir stalas slidūs.



Sprendimas

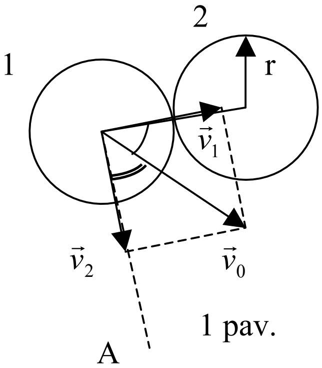
Uždavinio sprendime parodyta, kad po tamprаus centrinio smūgio du vienodos masės kūnai apsikeičia judesio kiekiais ir energijomis.

Pereikim prie necentrinio smūgio (1 pav.). Jei smūgis labai trumpas, statmenais dėmuo $\vec{v}_2$ smūgiui įtakos neturi.

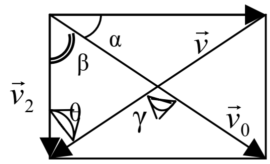
Todėl tartum gauname centrinį smūgį, kurio metu rutuliukas 2 greičiu $\vec{v}_1$ atsitrenkia į rutuliuką 1. Po tokio smūgio rutuliukas 1 įgys greitį $\vec{v}_1$, o 2 judės greičiu $\vec{v}_2$. Aišku, kad $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, be to (1 ir 2 pav.):

$$\sin\alpha = \frac{r}{2r} = 0{,}5 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{6},\ \beta = \frac{\pi}{3}.$$

Gaudyklė turi stovėti spindulyje OA, kampu β=60^0 į greičio vektorių $\vec{v}_0$. Rutulys 2 artės prie šios gaudyklės greičiu:



1 pav.



2 pav.

$$v_2 = v_0 \cos\beta = \frac{v_0}{2},$$

o nuo rutuliuko 1 tols greičiu

$$\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1.$$

T.y., v=v$_0$, nes $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$. Beje, todėl $\beta = \theta = 60^0$, $\gamma = 120^0$.

7. Izoliuotoje sistemoje yra tik šiltos ir šaltos dujos (žr. pav.). Ar gali šiltos dujos labiau įšilti, o šaltos dar atšalti? Atsakymą pagrįskite.

Šiltos dujos	Šal- tos dujos

Sprendimas

Neužmirškime, kad dujų slėgiai abipus sienelės gali skirtis. Jei sienelė laidi šilumai, šiltos dujos negali labiau įšilti, o šaltos labiau atšalti. Tačiau toks procesas galimas, jei sienelė nelaidi šilumai ir slanki, o šaltų dujų slėgis didesnis už šiltų.

Pasinaudokime pirmuoju termodinamikos dėsniu: $Q = \Delta U + A.$ Sistema izoliuota, sienelė nelaidi, todėl Q=0. Šiltos dujos bus spaudžiamos, tad A<0. Galutinai $\Delta U = Q - A > 0,$ o tuo pačiu ir ΔT>0. Šiltos dujos dar labiau įšils. Tuo pačiu būdu įsitikiname, kad šaltos dujos dar labiau atvės.

8. Kvadratinis vielos rėmelis traukiamas įstrižainės kryptimi nevienalyčiame magnetiniame lauke, kintančiame dėsniu B=kx. Rėmelio plokštuma statmena magnetinės indukcijos linijoms. Kokia jėga rėmelį reikia traukti, kad jis judėtų pastoviu greičiu v? Rėmelio kraštinės ilgis l, o ilgio vieneto elektrinė varža r$_0$.

Sprendimas

Pažymėkime ieškomąją jėgą F, rėmelyje indukuotą EVJ – E, rėmelio apimtą plotą ir varžą – S ir R. Rėmeliui nuėjus kelią Δx, jėga F atliks darbą

$$A = F\Delta x. \qquad (1)$$

Rėmelio kinetinė energija nekinta. Todėl iš energijos tvermės dėsnio seka, kad visas darbas A virsta šiluma:

$$A = Q. \qquad (2)$$

Iš kitos pusės

$$Q = \frac{E^2}{R}\Delta t, \qquad (3)$$

kur Δt – laikas, per kurį rėmelis nuėjo kelią Δx. Iš (1) – (3) seka

$$Fv = \frac{E^2}{R}, \qquad (4)$$

nes $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v.$

Dabar, pasinaudoję elektromagnetinės indukcijos dėsniu, rasime elektrovaros jėgos dydį.

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = -S\frac{\Delta B}{\Delta t},$$

kur $\Delta\Phi$ – magnetinės indukcijos srauto, kertančio rėmelio ribojamą plotą, pokytis per laiką Δt. Kiekvienas rėmelio ribojamo ploto taškas pasislenka vienodu atstumu Δx, t.y., kiekviename šio ploto taške B pokytis vienodas ir lygus $k\Delta x$. Tad

$$E = -Sk\frac{\Delta x}{\Delta t}. \qquad (5)$$

Be to, akivaizdu, kad

$$S = l^2,\ R = 4lr_0. \qquad (6)$$

Iš (4) – (6) randame

$$F = \frac{vl^3k^2}{4r_0}.$$

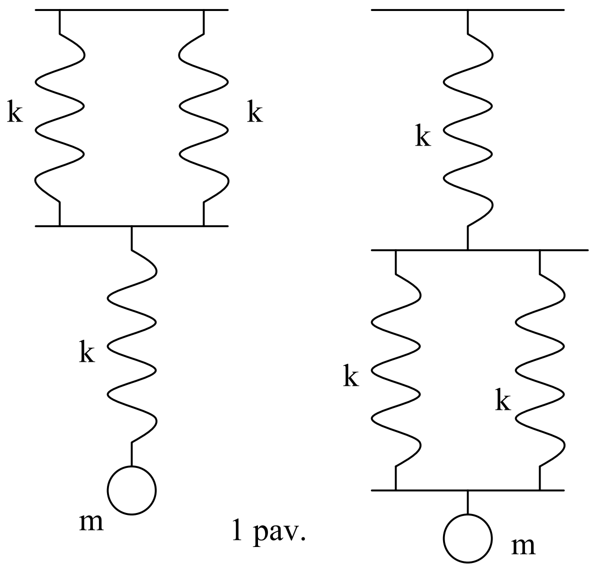
<u>Pastaba.</u> Nesunku pastebėti, kad šis atsakymas nesikeičia, keičiantis greičio $\vec{v}$ orientacijai rėmelio plokštumoje.

9. Turime tris vienodas lengvas spyruokles, kurių kiekvienos tamprumas k=6π²N/m. Kaip prie jų visų sveikų pakabinti m = 10g masės rutuliuką, kad paleistas jis svyruotų 10Hz dažniu?

<u>Sprendimas</u>

Iš svyravimų dažnio formulės $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_0}{m}}$ randame ieškomos spyruoklių sistemos tamprumo koeficientą:

$$k_0 = 4\pi^2\nu^2 m. \qquad (1)$$



1 pav.

Pakabinkime rutuliuką vienu iš 1 pav. parodytų būdų. Prisiminę II etapo XII klasės 3 uždavinio sprendime išvestas pagalbines formules, šioms spyruoklių sistemoms gauname:

$$\frac{1}{k_1} = \frac{1}{k_1 + k} + \frac{1}{k}$$

arba

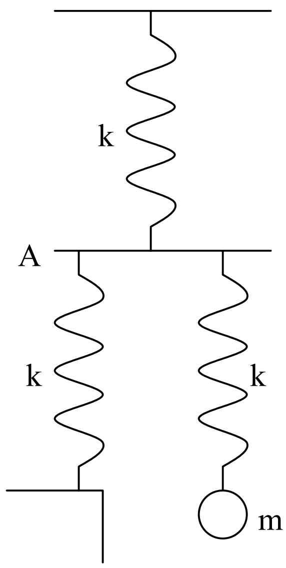
$$k_1 = \frac{2}{3}k. \qquad (2)$$

Čia k_1 – spyruoklių sistemos tamprumo koeficientas. Įstatę į (1) – (2) skaitines reikšmes, gauname

$$k_0 = 4\pi^2,\ k_1 = 4\pi^2.$$

Matome, kad 1 pav. pavaizduotos sistemos tapačios ieškomajai. Tai ir reikėjo rasti.

<u>Pastaba.</u> ν=10kHz dažniu svyruotų, pavyzdžiui, ir 2 pav. parodytu būdu pakabintas rutuliukas. Reikia tik kad strypas A svyravimų metu liktų horizontalus.
Pasitelkę papildomas priemones, rastume ir daugiau naujų variantų, atitinkančių sąlygas.



2 pav.

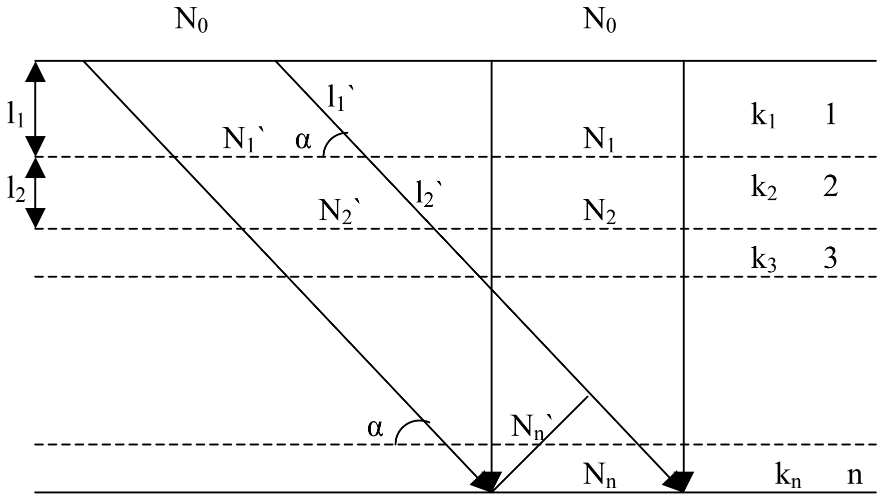
10. Kiek energijos iš Saulės gauna 10km^2 ploto ežeras per 1min giedrą dieną, kai Saulės aukštis yra 45^0? Saulės spindulių, statmenai krintančių į 1km^2 virš Žemės atmosferos, galia 1,36kW. Jei Saulė būtų zenite, Žemės atmosfera praleistų 80% tos energijos. Ežero vanduo atspindi 10% jo paviršių pasiekusios energijos. Atmosfera nevienalytė, gi jos vienalyčiame sluoksnyje minėta Saulės spindulių galia N mažėja pagal dėsnį

$$N = N_0 e^{-kx},$$

kur N_0 – pradinė galia, x – nueitas kelias tame sluoksnyje, k – sluoksnį charakterizuojantis koeficientas. Tarkite, kad Saulės spinduliai atmosferoje sklinda tiesiai.

Sprendimas

Atmosferą suskirstykime į tokio storio sluoksnius, kad kiekvieną sluoksnį galima būtų laikyti vienalyčiu, ir pažymėkime jų skaičių n (žr. pav.).



Palyginkime statmenai ir kampu α krintančių spindulių galią ties ežero paviršiumi.
Statmeniems spinduliams:

$$\begin{aligned} N_1 &= N_0 e^{-k_1 l_1}, \\ N_2 &= N_1 e^{-k_2 l_2} = N_0 e^{-k_1 l_1 - k_2 l_2}, \\ &\ldots \\ N_n &= N_{n-1} e^{-k_{n-1} l_{n-1}} = N_0 \exp(-\sum_{i=1}^{n} k_i l_i). \end{aligned} \qquad (1)$$

Iš kitos pusės (žr. sąlygą):

$$N_n = pN_0, \qquad (2)$$

kur p=0,8.
Visai analogiškai kampu α krintantiems spinduliams turime

$$N_n^{'} = N_0 \exp(-\sum_{i=1}^{n} k_i l_i^{'}). \qquad (3)$$

Čia

$$l_i^{'} = \frac{l_i}{\sin\alpha}, \; i = 1,2,\ldots,n. \qquad (4)$$

Iš (1) – (4) nesunkiai randame

$$N_n^{'} = N_0 p^{\frac{1}{\sin\alpha}}. \qquad (5)$$

Atsižvelgę į tai, kad šviesos pluošto, krintančio į ežero plotą S kampu α, skerspjūvio plotas yra Ssinα, randame energijos kiekį, pasiekiantį S ploto ežero paviršių per laiką t

$$E' = N_n^{'} St \sin\alpha. \qquad (6)$$

Daliai β=0,1 energijos atsispindėjus, ežerui tenka (1-β) dalis, t.y., ieškomoji energija

$$E = E'(1-\beta). \qquad (7)$$

Iš (5) – (7) randame

$$E = (1-\beta)p^{\frac{1}{\sin\alpha}} N_0 St \sin\alpha \approx 3{,}79 \cdot 10^{10}\, J.$$

Pastaba. Šis atsakymas gautas nagrinėjant lygiagrečius sluoksnius. Taip bus, jei Žemės atmosferos aukštis daug mažesnis už Žemės spindulį (6400km). Taip ir yra. Viršutinė troposferos, kurioje yra apie 80% visos atmosferos masės, riba nutolusi nuo Žemės ne daugiau 20km.

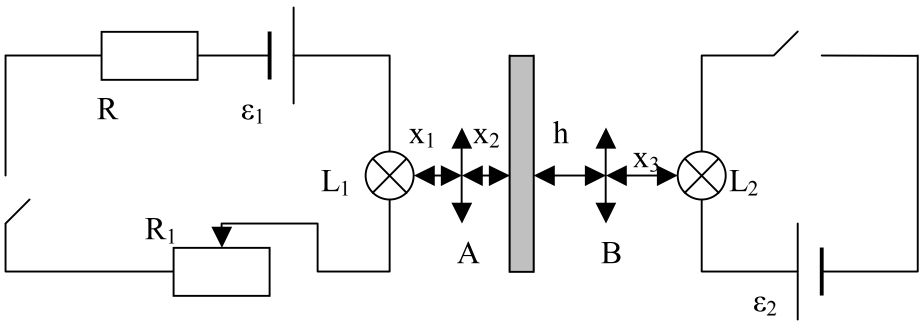
Eksperimentas

11. Duota: dvi lemputės, du srovės šaltiniai, du lęšiai, voltampermetras, pusiau permatomas ekranas, reostatas, etaloninis 7,5Ω varžos rezistorius, jungiamųjų laidų kompleksas, du jungikliai, liniuotė. Nustatykite lemputės šviesos srauto (santykiniais vienetais) priklausomybę nuo srovės, pratekančios pro lemputę, galios. Paaiškinkite gautos priklausomybės fizikinę prasmę.

Sprendimas

Duotos dvi lemputės, todėl viena iš jų paleisim pastovaus dydžio srovę, o per antrą lemputę srovę keisim. Pirmoji lemputė spinduliuos pastovaus dydžio šviesos srautą, ir jį galėsim palyginti su antros lemputės kintančiu šviesos srautu.

Surenkame pav. pavaizduotą schemą.



Lemputę L_1 pastatome 10 – 15 cm atstumu nuo pusiau permatomo ekrano (vaškinio popieriaus). Parenkame didžiausią reostato varžą. Lęšiui B surandame tokią padėtį, kad šviesa, sklindanti nuo abiejų lempučių, ant ekrano sudarytų vienodo šviesumo dėmes (tuomet abiejų lempučių sukurti ekrano apšviestumai lygūs). Ekrane lemputės siūlo fokusuoti nereikia – tai apsunkintų šviesių dėmių apšviestumų palyginimą. Nevienodas šviesių dėmių dydis įtakos neturi, nes lyginsim tik apšviestumus.

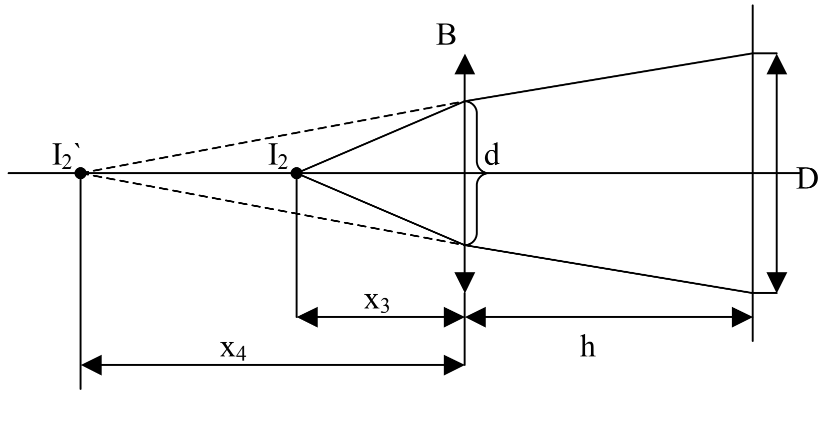
Schemoje toliau keisime tik reostato varžą R_1 ir atstumą h. Tuo tarpu x_1, x_2 ir x_3 bus pastovūs. Pakeitę reostato varžą R_1, parenkame tokį h, kad ekrano apšviestumai vėl būtų lygūs tarpusavyje. Skaičiavimuose šviesos srauto nuostolių tarp lemputės ir ekrano nepaisysime. Tuomet lemputės L_1 sukurtas ekrano apšviestumas E_1 tiesiog proporcingas visam jos šviesos srautui Φ_1:

$$E_1 \sim \Phi_1. \qquad (1)$$

Kai dėl lemputės L_2 sukurto ekrano apšviestumo E_2 ir viso jos šviesos srauto Φ_2, tai (žr. pav., kai $x_3 < F$):

$$\frac{I_2}{x_3^2} = \frac{I_2'}{x_4^2},$$

kur I_2 ir I_2` - atitinkamai lemputės $L_2$ ir jos vaizdo šviesos stiprumai. $I_2$, $x_3$ ir $x_4$ pastovūs, todėl pastovus ir $I_2$`. Taigi



nesunkiai užrašome sąryšius:

$$\left.\begin{aligned} & I_2^{'} = const. \\ & I_2^{'} \sim I_2 \sim \Phi_2, \\ & E_2 = \frac{I_2^{'}}{(h+x_4)^2}, \\ & h + x_4 = \frac{D}{D-d}h. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Kadangi

$$E_1=E_2, \qquad (3)$$

tai iš (1) – (3):

$$\Phi_1 = \frac{k}{h^2},\ k = const. \qquad (4)$$

Čia k – proporcingumo koeficientas. Jei iš pradžių (kai reostato varža didžiausia):

$$\Phi_{01} = \frac{k}{h_0^2},$$

tai po to

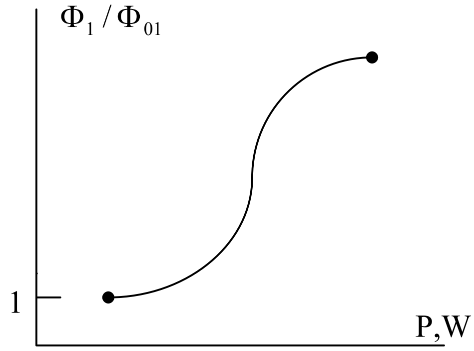
$$\Phi_1 = \Phi_{01}\left(\frac{h_0}{h}\right)^2. \qquad (5)$$

Srovės, pratekančios pro lemputę, galią P apskaičiuosime voltmetru išmatavę įtampos kritimus etaloniniame rezistoriuje ir lemputėje L_1 – atitinkamai U_R ir U_{L1}.

$$P = \frac{U_R U_{L1}}{R}, \qquad (6)$$

nes voltmetro varžą laikome didele. Atlikę matavimus, iš (5) – (6) gauname pav. pavaizduotos formos kreivę.

Tokią kreivės formą galima paaiškinti tuo, kad augant galiai P, auga lemputės siūlo temperatūra. Iš vienos pusės, tuomet didėja išspinduliuotos šviesos srautas. Iš kitos, daugiausia energijos išspinduliuojama vis trumpesnių bangų diapazone, didėja nematomų bangų dalis ir todėl matomo srauto augimo greitis mažėja (kreivė „palinksta“).



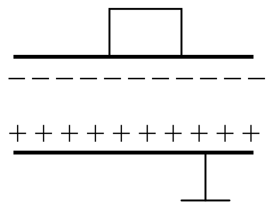
12. Dvi metalinės plokštelės pritvirtinamos lygiagrečiai viena kitos atžvilgiu prie stovo. Viršutinė plokštelė izoliuota, o apatinė įžeminta. Ant viršutinės plokštelės padedami žiedeliai iš plono popieriaus. Viršutinė plokštelė įelektrinama. Pašalinus apatinę plokštelę, netoli plokštelės kraštų esantys žiedeliai per kelias sekundes nuo plokštelės nukrenta. Paaiškinkite kodėl?

Sprendimas

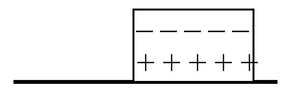
Popieriaus žiedeliai įsielektrina ir dėl plokštelės elektrinio lauko nevienalytiškumo nušoka nuo jos. Paaiškinsim tai išsamiau.

Aiškumo dėlei tarkime, kad viršutinės plokštelės krūvis neigiamas. Abi plokštelės įelektrintos vienodo dydžio, bet priešingų ženklų krūviais (1 pav.). Jei $d << S^{1/2}$ (S ir d – plokštelių plotas ir atstumas tarp jų), tai beveik visas dviejų plokštelių sistemos sukurtas elektrinis laukas susikaupia tarp tų plokštelių. Tuomet elektrinis laukas žiedelių praktiškai neveikia.

Kitokia situacija, kai apatinę plokštelę pašaliname. Veikiant likusios plokštelės elektriniam laukui, popieriaus žiedeliai poliarizuojasi (2 pav.).

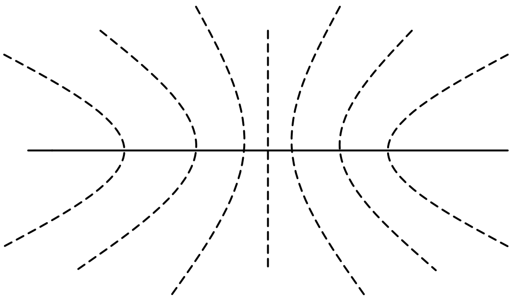


1 pav.



2 pav.

Elektrinis laukas dabar nevienalytis (3 pav.). Vertikalus lauko stiprumo dėmuo, tolstant nuo plokštelės, mažėja. Iš pradžių žiedeliai prispaudžiami prie plokštelės. Tuo pat metu krūvis iš plokštelės skverbiasi į žiedelius ir neutralizuoja dalį jų teigiamo krūvio. Popieriaus žiedeliai įsielektrina, stumiančiosios jėgos vertikalusis dėmuo viršija jų sunkio jėgą, o horizontalusis dėmuo stumia link plokštelės krašto. Žiedeliai nušoka.



3 pav.

Užduotys ir sprendimai skelbiami iš leidinio:
37-OJI RESPUBLIKINĖ JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA. *Parengė V. Dienys, R. Žemaitis*

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2005 11 23.