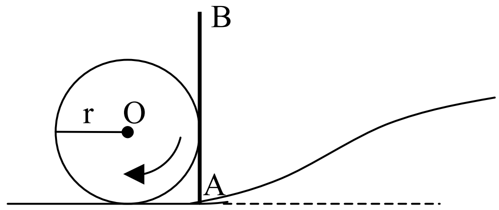
34-OJI JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

XI klasė

II ratas

1. Lankas, kurio spindulys r, sukasi apie savo ašį O, trindamasis į grindis ir į vartelius AB. Trinties koeficientas su abiem paviršiais μ, pradinis lanko kampinis greitis ω_0. Kai lanko kampinis greitis sumažėjo perpus, varteliai atsidarė ir lankas neslysdamas pradėjo kilti. Į kokį aukštį h pakils lanko centras O? Kiek laiko lankas trynėsi į vartelius?

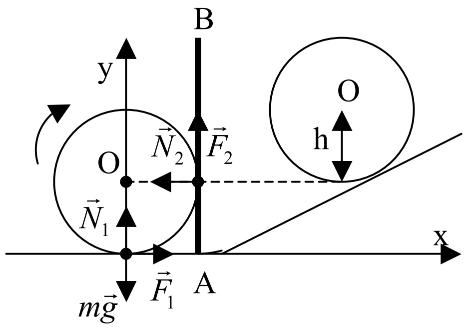


Sprendimas

Lanko sukimąsi stabdys trinties jėgos į grindis F_1 ir vartelius F_2. Iš antrojo Niutono dėsnio turime, kad linijinis stabdymo pagreitis

$$a = \frac{F_1 + F_2}{m}, \tag{1}$$

kur m – lanko masė.



Jėgoms F_1 ir F_2 rasti pasinaudosime tuo, kad lanko masių centras nejuda. Todėl galioja lygybė

$$m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0.$$

Šios sumos projekcijoms:

$$-N_2 + F_1 = 0, \tag{2}$$

$$-mg + N_1 + F_2 = 0. \tag{3}$$

Be to, sutinkamai su trinties jėgų apibrėžimu

$$F_1 = \mu N_1, \tag{4}$$

$$F_2 = \mu N_2. \tag{5}$$

Iš (2) – (5) apskaičiavę F_1 ir F_2 ir įstatę į (1), randame

$$a = g\frac{\mu(1+\mu)}{1+\mu^2}. \tag{6}$$

Tolygiai lėtėjančiam judesiui pagreitį galima taip pat išreikšti per pradinį greitį v_0 ir galutinį v judėjimo greitį:

$$a = \frac{v_0 - v}{t}, \tag{7}$$

kur t – laiko intervalas, per kurį greitis pakito nuo v_0 iki v. Sulyginę (6) ir (7) ir turėdami omenyje tai, kad $v_0=\omega_0 r$ ir $v=\omega r= \omega_0 r/2$, gauname lygybę, iš kurios apskaičiuojame laiką t:

$$t = \frac{\omega_0 r(1+\mu^2)}{2g\mu(1+\mu)}.$$

Ieškomą pakilimo aukštį h rasime iš mechaninės energijos tvermės dėsnio

$$\frac{mv^2}{2} = mgh.$$

Arba

$$h = \frac{\omega_0^2 r^2}{8g}.$$

2. Idealiosios dujos adiabatiškai išsiplečia tuštumon iki dvigubo tūrio. Po to jų tūris izobariškai sumažinamas iki pradinės vertės. Kiek kartų pakito dujų energija, palyginus su pradine?

Sprendimas

Adiabatiniame procese nėra šilumos mainų. Be to, plečiantis į tuštumą, išorinių jėgų atliekamas darbas lygus nuliui. Todėl dujoms adiabatiškai plečiantis, jų vidinė energija E nekinta. Kadangi E yra vienareikšmė temperatūros funkcija, nekinta ir T.

Išsiplėtusiųjų dujų tūrį pažymėkime V ir slėgį p_0. Tada Mendelejevo – Klapeirono lygtis atrodys taip:

$$pV = \nu RT,$$

kur ν – nagrinėjamų dujų molių skaičius. Dujas toliau izobariškai spaudžiant, turime

$$p = \nu R\frac{T}{V} = const.$$

Iš čia seka, kad σ_-

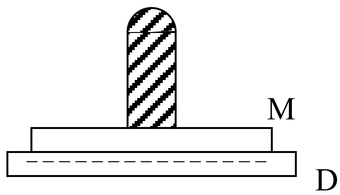
$$\frac{T}{V} = \frac{T_g}{V_g}, \qquad (1)$$

kur T_g ir V_g – galutinė temperatūra ir tūris. Kadangi V_g=V/2, iš (1) gauname T_g=T/2. Ieškomasis santykis

$$\frac{E_g}{E} = \frac{T_g}{T} = \frac{1}{2}.$$

Taigi abiejų sąlygoje nurodytų procesų metu dujų energija sumažėja 2 kartus.

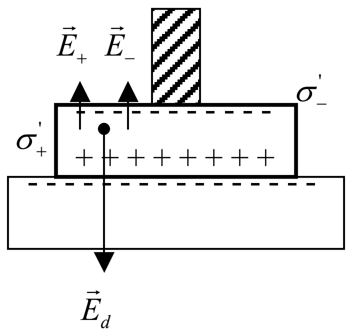
3. Plokščias dielektrikas D įelektrintas neigiamuoju krūviu, kurio paviršinis tankis σ_.Ant dielektriko uždedama izoliuota neįelektrinta metalinė plokštelė M. Jos plotas S. Kokio paviršinio tankio krūviai indukuosis metalinės plokštelės viršutiniame ir apatiniame paviršiuose.
Metalinę plokštelę paliečiame ranka. Kokie krūvio tankiai tada bus jos paviršiuose ir koks krūvis nutekės per ranką? Metalo ε=1 (!).



Sprendimas

Dielektriko paviršiuje esantis elektrinis krūvis sukuria aplinkoje elektrinį lauką. Jo vertę arti dielektriko paviršiaus pažymėkime E_d. Priglaudus prie dielektriko metalinę plokštelę, jos paviršiuose indukuosis krūviai σ_+\` ir $\sigma_-$\`, kurių sukurti laukai E_+ ir E_- turės kompensuoti lauką E_d (1 pav.):

$$\vec{E}_d + \vec{E}_+ + \vec{E}_- = 0. \qquad (1)$$



1 pav.

Žinome, kad, esant paviršiniam krūvio tankiui σ_s, elektrinio lauko stiprumas E arti paviršiaus aplinkoje, kurios dielektrinė skvarba ε=1, yra

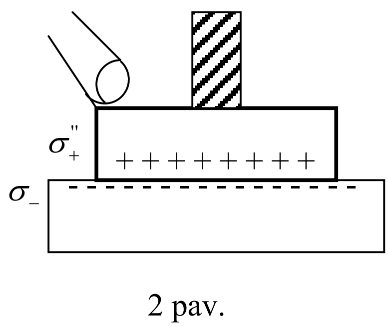
$$E = \frac{|\sigma_s|}{2\varepsilon_0}, \qquad (2)$$

kur ε_0 – vakuumo elektrinė pastovioji. Kadangi $\left|\sigma'_-\right| = \sigma'_+$, tai iš (2) seka, kad E_+=E_-, ir iš (1) turime

$$E_+ = \frac{1}{2}E_d$$

iš kur, pasinaudoję (2) gauname

$$\sigma'_+ = |\,\sigma'_-\,| = \frac{1}{2}\,|\,\sigma_-\,|.$$



2 pav.

Kai pirštu paliečiame viršutinį metalinės plokštelės paviršių, visas jame indukuojamas neigiamas krūvis nuteka į Žemę (2 pav.).
Taigi nulinę elektrinio lauko vertę metale šiuo atveju turi užtikrinti neigiamo ir teigiamo krūvio balansas dielektriko ir metalinės plokštelės riboje, iš kur nedelsiant seka, kad

$$\sigma_+'' = |\sigma_-|.$$

Taigi ranka į Žemę nutekės krūvis

$$Q = \sigma_- S,$$

kur S – metalinės plokštelės plotas.

4. 1910 m. Halio kometa perėjo perihelį. Kada ji vėl pereis perihelį, jei jos orbitos ekscentricitetas e = 0,9672, o perihelio nuotolis nuo Saulės r = 0,590 av?

Sprendimas

Orbitos ekscentricitetas apibrėžiamas sąryšiu

$$e = \frac{a-q}{a}, \qquad (1)$$

kur a – didysis orbitos pusašis, o q – perihelio nuotolis.
Kometos apsisukimo periodą matuojant metais, o didįjį pusašį astronominiais vienetais av, pagal III Keplerio dėsnį turime

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{T_Ž^2}{a_Ž^2} = 1, \qquad (2)$$

nes Žemės apsisukimo periodas $T_Ž$=1 metai, o didysis pusašis $a_Ž$=1av. Iš (1) ir (2) lygybių gauname

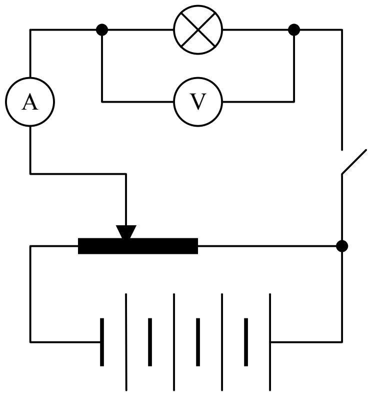
$$T = \left(\frac{q}{1-e}\right)^{3/2},$$

Įstatę sąlygoje duotas vertes, randame T≈76metai. Taigi Halio kometa kitą kartą praeis perihelį

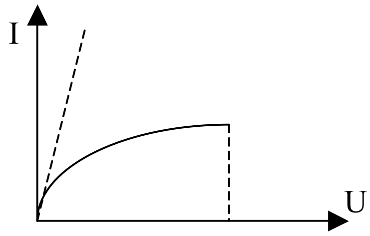
$$1910 + 76 = 1986 \text{ metais.}$$

5. Aprašykite, kaip nustatyti kaitinamosios lemputės voltamperinę charakteristiką I(U). Išnagrinėkite srovės priklausomybę nuo laiko, jei lemputės grandinėje įjungta: a) papildoma ominė varža, b) induktyvinė ritė, c) kondensatorius.
Priemonės: kaitinamoji lemputė, nuolatinės ir kintamosios srovės šaltiniai, voltmetras, ampermetras, laikrodis, jungimo laidai, reostatas.

Sprendimas



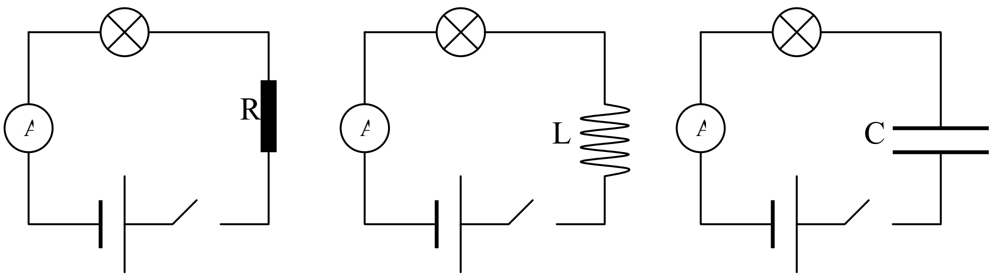
1 pav.



2 pav.

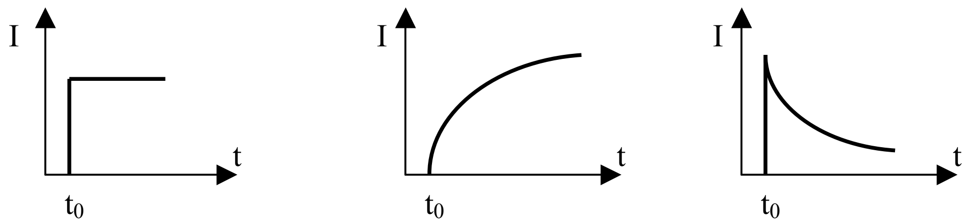
Elektros prietaiso voltamperinė charakteristika vadinama srovės, tekančios šiuo prietaisu, priklausomybė nuo įtampos kritimo prietaise. Norėdami išmatuoti kaitinimo lemputės voltamperinę charakteristiką, sujungiame 1 pav. parodytą grandinę.
Reostatu keisdami įtampos kitimą lemputėje U ir prie įvairių U verčių fiksuodami ampermetro parodymus, sudarome duomenų lentelę. Šiuos duomenis po to atvaizduojame grafiškai. Jeigu lemputės siūlelis nekaistų, sutinkamai su Omo dėsniu turėtume gauti tiesinę srovės priklausomybę nuo įtampos. 2 pav. ji parodyta punktyrine linija. Tačiau normaliomis darbo sąlygomis lemputės siūlelis įkaista daugiau kaip iki 2000^{0}C. O kaip žinia, metalų varža priklauso nuo temperatūros. Todėl įkaitusio siūlelio varža išauga apie 10 kartų ir kaitinamosios lemputės

voltamperinė charakteristika yra stipriai netiesinė. Esant tam tikrai įtampai, temperatūra pakils iki siūlelio lydymosi temperatūros, siūlelis perdegs ir srovė lempute nustos tekėti.



a) b) c)

3 pav.



a) b) c)

4 pav.

Srovės stiprumo priklausomybės nuo laiko stebėjimui sujunkime 3 pav. parodytas schemas. Iš teorijos žinome, kad nagrinėjamais atvejais srovės priklausomybė nuo laiko turėtų būti tokia, kokia parodyta 4 pav., kur t_0 – laikas, kuomet sujungiamas schemos parodytas raktas. Deja, eksperimentiškai stebėti pavaizduotas priklausomybes b) ir c) atvejais gana sunku, nes ampermetras yra inertiškas prietaisas ir leidžia stebėti srovės kitimus, jeigu jų trukmė yra žymiai didesnė, negu 1s. Sakykime, pavyzdžiui, kad mes turime standartinę žibintuvėlio lemputę, kurios maitinimo įtampa 3,5V ir srovė 0,28A. Iš Omo dėsnio gauname, kad lemputės varža ≈10Ω. 3 b) pav. parodytos schemos atveju srovės nusistovėjimo laikas yra L/H. Taigi norint, kad šis laikas būtų ≈10s, reikėtų turėti L≈100H. Tai labai didelis induktyvumas, kurį praktiškai gauti beveik neįmanoma.
3 c) pav. parodytos schemos atveju srovės nusistovėjimo laikas yra RC. Ir vėl pareikalavę, kad šis laikas būtų 10s, gauname C≈1F. Gauti tokio talpumo kondensatorių taip pat praktiškai neįmanoma.
Praktiškai realizuojamais atvejais, sujungus raktus 3 a) ir 3 b) pav. parodytose schemose, matytume, kad ampermetro rodyklė atsilenkia greičiu, kurį riboja prietaiso konstrukcija. 3 c) schemos atveju po rakto įjungimo turėtume pamatyti, kad ampermetro rodyklė suvirpa ir vėl grįžta į pusiausvyrą.
Naudojant kintamos srovės šaltinį, visų trijų 3 pav. parodytų schemų atveju ampermetro rodyklė lenktųsi nuo pusiausvyros padėties vienodai, o atsilenkimo greitis būtų apsprendžiamas ampermetro konstrukcijos.

III turas

6. **Protonas, judėdamas greičiu v1, patenka į statmena kryptimi greičiu v2 judančių neutronų srautą. Protonas paeiliui susijungia su dviem neutronais. Susidariusi naujoji dalelė po to patenka į priešinga kryptimi, palyginus su neutronų srautu, greičiu v3 judančių protonų srautą ir dar susijungia su vienu iš jų. Kokie buvo susidarę tarpiniai branduoliai ir koks galutinis branduolys? Koks šio branduolio greitis ir kokia judėjimo kryptis, jeigu v1=v2=v3? Efektų, susijusių su masės defektu, nepaisyti.**

Sprendimas

Atsakysime į pirmąjį klausimą. Tuo tikslu užrašysime įvykusias branduolines reakcijas. Kai protonas prisijungė pirmąjį neutroną, įvyko reakcija

$$p + n \rightarrow {}^{2}_{1}D,$$

t.y., susidarė deuterio branduolys. Prisijungiant antrajam neutronui, turėjome reakciją

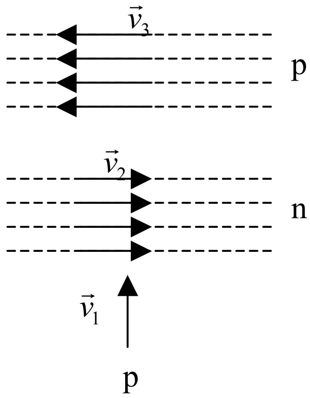
$$^{2}_{1}D + n \rightarrow {}^{3}_{1}T.$$

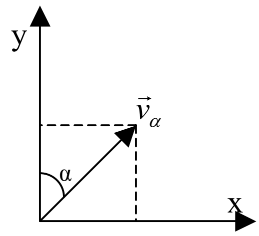
Ir reakcijos produktu buvo tričio branduolys. Paskutiniosios branduolinės reakcijos, kurios metu tričio branduolys susijungė su protonu,

$${}_1^3T + p \rightarrow {}_2^4He.$$

produktu buvo helio branduolys (arba α dalelė).

Kadangi nagrinėjama sistema yra uždara, ieškodami α dalelės judėjimo krypties ir greičio, naudosimės impulso tvermės dėsniu. Laikykime, kad protono ir neutrono masės lygios ir pažymėkime jas m, o susidariusios α dalelės greitį v_α. Vektorinėje formoje impulso tvermės dėsnis atrodys taip:





$$m\vec{v}_1 + 2m\vec{v}_2 + m\vec{v}_3 = 4m\vec{v}_\alpha. \qquad (1)$$

Pasirinkę koordinačių sistemą taip, kaip parodyta paveiksle, (1) lygybės projekcijoms į ašis turėsime

$$4v_{\alpha x} = 2v_2 - v_3; \qquad v_{\alpha x} = \frac{1}{2}v_2 - \frac{1}{4}v_3, \qquad (2)$$

$$4v_{\alpha y} = v_1; \qquad v_{\alpha y} = \frac{1}{4}v_1. \qquad (3)$$

Iš (2) ir (3) lygčių gauname

$$v_\alpha = \sqrt{v_{\alpha x}^2 + v_{\alpha y}^2} = \frac{1}{4}\sqrt{(2v_2 - v_3)^2 + v_1^2}, \qquad (4)$$

$$\tan\alpha = \frac{v_{\alpha x}}{v_{\alpha y}} = \frac{2v_2 - v_3}{v_1}. \qquad (5)$$

Pasinaudodami sąlyga, sulyginę visus tris greičius, iš (4) ir (5) randame

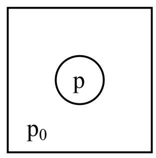
$$v_\alpha = \frac{\sqrt{2}}{4}v,$$

$$\tan\alpha = 1, \; \alpha = \frac{\pi}{4}.$$

7. Inde, kurio tūris pastovus, yra muilo burbulas. Inde ir burbule yra idealiosios dujos. Padidės ar sumažės burbulo tūris, padidinus sistemos temperatūrą?

Sprendimas

Sakykime, kad burbulo tūris nepakito. Dujų slėgį burbule, kai temperatūra T_0, pažymėkime p, o inde aplink burbulą p_0. Kai dujų temperatūra pakeliama iki T, atitinkamai slėgiai bus p\` ir $p_0$\`. Kadangi indo tūris V nepakinta, o taip pat skaitome, kad nepakito ir burbulo tūris V_0, Mendelejevo-Klapeirono lygtį pradinei būsenai galima užrašyti taip:



$$p_0(V - V_0) = \frac{m_0}{\mu}RT_0, \quad p_0 = \frac{\rho_0}{\mu}RT_0, \qquad (1)$$

$$pV_0 = \frac{m}{\mu}RT_0, \quad p = \frac{\rho}{\mu}RT_0, \qquad (2)$$

kur m_0 ir m – už burbulo ir burbule esančių dujų masė, o ρ_0 ir ρ – dujų tankis atitinkamose vietose. Pakėlus temperatūrą, analogiškai turėsime

$$p_0^{'} = \frac{\rho_0}{\mu}RT, \qquad (3)$$

$$p' = \frac{\rho}{\mu} RT. \qquad (4)$$

Pasinaudoję (1) – (4), gauname

$$\Delta p_0 = p_0' - p_0 = \frac{\rho_0}{\mu} R(T - T_0), \qquad (5)$$

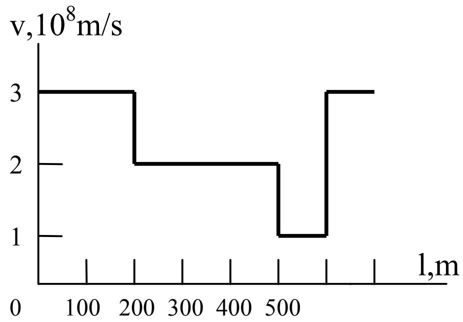
$$\Delta p = p' - p = \frac{\rho}{\mu} R(T - T_0). \qquad (6)$$

Atėmę (5) iš (6), turime

$$\delta p = \Delta p - \Delta p_0 = \frac{R}{\mu}(\rho - \rho_0)(T - T_0). \qquad (7)$$

Dėl burbulo sienelių paviršiaus įtempimo jėgų slėgis burbule yra didesnis, negu aplinkoje. Todėl galioja nelygybė $\rho > \rho_0$. Turint tai omenyje, iš (7) seka, kad $\delta p > 0$, t.y., slėgis burbule, pakėlus temperatūrą, išauga daugiau, negu aplinkoje. Norint, kad tokiomis sąlygomis burbulo tūris nepakistų, reikėtų, kad, pakėlus temperatūrą, padidėtų paviršiaus įtempimas. Bet tikrumoje galioja priešinga priklausomybė – kylant temperatūrai, paviršiaus įtempimo jėgos silpnėja. Tai reiškia, kad, pakėlus temperatūrą, burbulo tūris padidės.

8. Elektromagnetinių virpesių generatoriaus kontūre, kurio talpa C=27,7pF, teka srovė $i = 0{,}1\sin\left(6 \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)$ amperų. Antena, prijungta prie generatoriaus, spinduliuoja elektromagnetinę bangą, kuri sklinda įvairiomis vienalytėmis, lygiagrečiai išsidėsčiusiomis terpėmis. Jos greitis kinta taip, kaip parodyta piešinyje (l – atstumas nuo antenos statmena terpių paviršiaus kryptimi). Kurioje virpesių kontūro dalyje ir kokio dydžio energija sukoncentruota pradiniu laiko momentu? Kaip kinta elektromagnetinės bangos ilgis bei jos sklidimo kryptis (pradinis kritimo kampas 300)? Pavaizduokite grafiškai.



Sprendimas

Srovę kontūre užrašysime bendru atveju

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0). \qquad (1)$$

Palyginę su sąlygoje duota srovės išraiška, gauname I_m=0,1A, $\omega = 6\cdot10^6 s^{-1}$, $\varphi_0 = \pi/2$.

Įstatę į (1) nurodytą φ_0 vertę, pradiniu momentu t=0, gauname $i = I_m$, t.y., srovė yra maksimali. Tai reiškia, kad pradiniu momentu visa energija yra sukoncentruota induktyvumo ritėje. Šios energijos dydį rasime iš formulės

$$W = \frac{LI_m^2}{2}, \qquad (2)$$

kur L – ritės induktyvumas. Induktyvumui apskaičiuoti panaudosime sąryšį

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

iš kurio nesunku gauti L:

$$L = \frac{1}{\omega^2 C}. \qquad (3)$$

Įstatę (3) į (2), gauname

$$W = \frac{I_m^2}{2\omega^2 C},$$

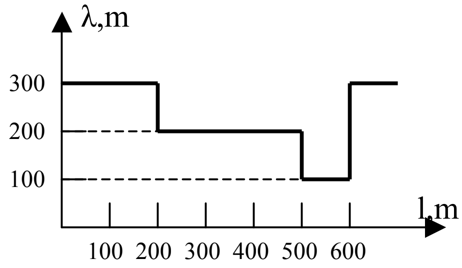
iš kur, panaudoję sąlygoje duotas skaitmenines vertes, apskaičiuojame

$$W \approx 5 \cdot 10^{-6} J.$$

Elektromagnetinės bangos dažnis bet kokioje aplinkoje yra toks pat ir su bangos ilgiu bei sklidimo greičiu susietas sąryšiu

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{2\pi v}{\omega}. \tag{4}$$

Įstatydami į šį sąryšį sąlygoje nurodytas ω ir v vertes, gauname 1 pav. parodytą λ priklausomybę nuo atstumo. Atkarpoje nuo 0 iki 200m bangos ilgis yra 314m, nuo 200m iki 500m – λ=209m, nuo 500m iki 600m – λ=105m, o nuo 600m ir toliau vėl λ=314m.



1 pav.

Sklidimo krypčiai nustatyti naudosimės šviesos lūžimo dėsniu

$$n_{\alpha\beta} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}, \tag{5}$$

kur α – kritimo kampas, β – lūžimo kampas, $n_{\alpha\beta}$ – santykinis lūžio rodiklis. Aplinkos lūžio rodiklis su elektromagnetinės bangos greičiu v duotoje aplinkoje susijęs sąryšiu

$$n = \frac{c}{v}, \tag{6}$$

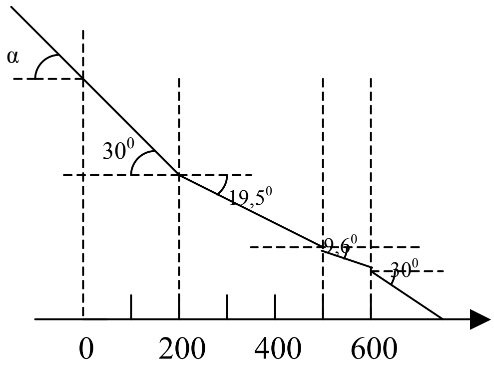
kur c – šviesos greitis vakuume. Taigi pirmosios aplinkos, kuri tęsiasi iki 200m, lūžio rodiklis yra lygus 1, antrosios aplinkos, kuri tęsiasi iki 500m n=1,5, trečiosios aplinkos (nuo 500m iki 600m) n=3. Toliau banga vėl sklinda aplinkoje, kurios n=1. Naudodamiesi šiais duomenimis, gauname, kad į pirmąją aplinką banga praeis nelūždama ir kris į antrosios aplinkos paviršių tuo pačiu 30^0 kampu. Lūžimo kampas antrojoje aplinkoje, pagal (5), bus

$$\beta = \arcsin\frac{\sin\alpha}{n_{\alpha\beta}} = 19{,}5^0.$$

Santykinis lūžio rodiklis tarp 2 ir 3 aplinkų bus lygus $n_{\alpha\beta}$=3/1,5=2. Taigi bangos lūžimo kampas trečiojoje aplinkoje

$$\gamma = \arcsin\frac{\sin 19{,}5^0}{2} = 9{,}6^0.$$

Iš trečiosios aplinkos banga vėl pereis į aplinką, kurios n=1. Tai reiškia, kad lūžimo kampas šiuo atveju bus lygus pradiniam kritimo kampui 30^0. Spindulio eiga praeinant visas aplinkas parodyta 2 pav.



2 pav.

9. Epidiaskope naudojamos dvi 220V įtampos lempos – 25W staliuko apšvietimui ir 500W projekcinė. Kaip, turint dviejų kontaktų jungiklį, sujungti elektros grandinę, kad šviestų arba staliuko apšvietimo, arba projekcinė lempa?

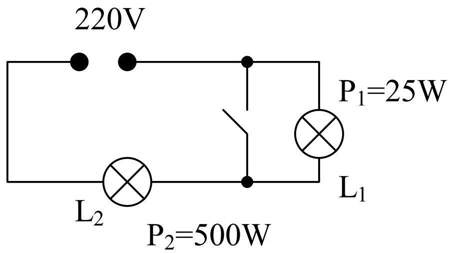
Sprendimas

Siūloma lempučių jungimo schema parodyta 1 pav. Kai raktas K atjungtas, grandinėje teka srovė

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}, \tag{1}$$

kur $R_1 = \frac{U^2}{P_1}$ ir $R_2 = \frac{U^2}{P_2}$. Įstatę tai į (1), gauname

$$I = \frac{1}{U}\frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2}. \tag{2}$$



1 pav.

Turėdami srovę, galime apskaičiuoti, koks galingumas šiuo atveju išsiskirs lemputėse L_1 ir L_2:

$$W_1 = I^2 R_1 = \frac{P_1 P_2^2}{(P_1 + P_2)^2}.$$

$$W_2 = I^2 R_2 = \frac{P_2 P_1^2}{(P_1 + P_2)^2}.$$

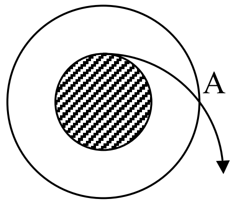
Įstatę sąlygoje duotas skaitines vertes, gauname

$$W_1 = 0{,}907 P_1,$$

$$W_2 = 0{,}0023 P_2.$$

T. y., apšvietimo lemputėje L_1 išsiskirs galingumas , artimas nominaliam, ir ji švies. Tuo tarpu projekcinėje lemputėje išsiskirs labai mažas galingumas ir ji nešvies.
Kai raktą K įjungsime, projekcinė lemputė L_2 dirbs nominaliame režime, o lempute L_1 srovė iš viso netekės.

10. Pro palydovą, judantį aplink Žemę 2R spindulio orbita, praskrieja tarpplanetinė stotis, startavusi nuo orbitos, artimos Žemės paviršiui. Kokį kampą α sudaro palydovo greitis su stoties greičiu jų artėjimo momentu (taške A), jeigu stotis startavo 2 – uoju kosminiu greičiu? R – Žemės spindulys.



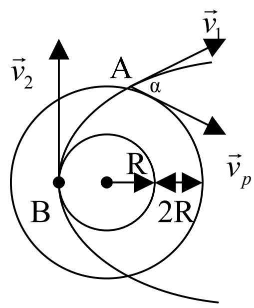
Sprendimas

Laikykime, kad kūno potencinė energija begalybėje lygi nuliui. Tuomet raketos, kurios masė m, potencinė energija taškuose A ir B bus atitinkamai

$$E_{pA} = \gamma \frac{mM}{2R},$$

$$E_{pB} = \gamma \frac{mM}{R},$$

kur γ – gravitacinė pastovioji, M – Žemės masė. Sąlygoje pasakyta, kad prie Žemės raketa turėjo antrąjį kosminį greitį. Jo dydį rasime iš energijos tvermės dėsnio, turėdami omenyje, kad kinetinė energija turi būti lygi potencinei, t.y.,



1 pav.

$$\frac{mv_2^2}{2} = E_{pB} = \gamma \frac{mM}{R},$$

iš kur

$$v_2 = \sqrt{2\gamma \frac{M}{R}}. \qquad (1)$$

Taške A analogiškai turime

$$\frac{mv_1^2}{2} = E_{pA} = \gamma \frac{mM}{2R},$$

$$v_1 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}}. \qquad (2)$$

Raketos judesiui taip pat galime taikyti judesio kiekio momento tvermės dėsnį. Iš jo seka lygybė

$$mv_2 R = mv_1 \cos\alpha \cdot 2R.$$

Iš čia turime

$$\cos\alpha = \frac{1}{2}\frac{v_2}{v_1}. \qquad (3)$$

Įstatę v_1 ir v_2 išraiškas, gauname

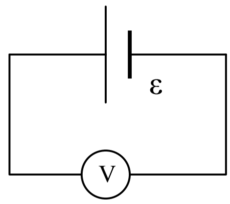
$$\alpha = \frac{\pi}{4}.$$

Jeigu palydovas judėtų priešinga kryptimi, negu parodyta 1 pav., kampas tarp greičių v_1 ir v_2 būtų lygus 135^0.

11. <u>Užduotis.</u> Nustatykite voltmetro vidaus varžą ir kondensatoriaus talpą.
<u>Priemonės:</u> srovės šaltinis, voltmetras, nežinomos talpos kondensatorius, varža R, laidai, milimetrinis popierius, sekundometras.

<u>Sprendimas</u>

Pirmiausia surasime voltmetro vidaus varžą R. Laikysime, kad srovės šaltinio vidaus varža daug mažesnė už R_v. Pradžioje sujungsime 1 pav. parodytą schemą. Taip sujungus, voltmetras parodys šaltinio elektrovaros jėgą $U_1=\varepsilon$.



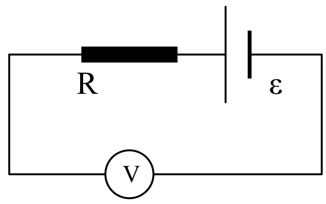
1 pav.

Po to sujungiame 2 pav. parodytą schemą. Dabar grandinėje teka srovė

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R+R_v} = \frac{U_1}{R+R_v}. \qquad (1)$$

Padauginame (1) lygybės abi puses iš R_v ir pasinaudojame sąryšiu $U_2=I_2R_v$. Gauname

$$U_2 = U_1 \frac{R_v}{R_v+R}.$$



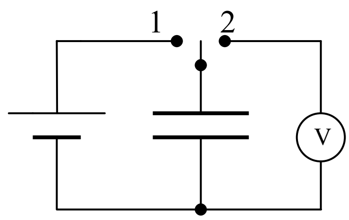
2 pav.

Iš čia turime

$$R_v = R\frac{U_2}{U_1-U_2}. \qquad (2)$$

Įstatę į (2) U_1 ir U_2 vertes, randame R_v.

Kondensatoriaus talpai rasti sujungiame 3 pav. parodytą schemą. Pradžioje laisvą laidą, prijungtą prie kondensatoriaus vienos iš plokštelių, prijungiame prie srovės šaltinio ir kondensatorių užkrauname. Po to šį laidą permetame prie laisvo voltmetro gnybto. Voltmetro rodyklė staiga atsilenkia, po to iš lėto grįžta į pusiausvyros padėtį. Stebėdami voltmetro rodyklės judėjimą, kai ji eis per laisvai pasirinktą parodymą U_1, paleidžiame sekundometrą. Kiek vėliau, kai rodyklė eina per parodymą U_2, sekundometrą sustabdome.



3 pav.

Žinome, kad, kondensatoriui išsikraunant per varžą R, potencialų skirtumas tarp kondensatoriaus plokštelių mažėja eksponentiškai:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \qquad (1)$$

kur C – kondensatoriaus talpa. Būtent šį dydį mūsų atveju rodys voltmetras. Naudodamiesi (1) išraiška, užrašome voltmetro parodymus laiko momentais t_1 ir t_2:

$$U_1 = U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}}, \qquad (2)$$

$$U_2 = U_0 e^{-\frac{t_2}{RC}}. \qquad (3)$$

Padalinę (2) lygybę iš (3), gauname

$$\frac{U_1}{U_2} = e^{\frac{t_2-t_1}{RC}} = e^{\frac{\Delta t}{RC}}.$$

Išlogaritmavę šią išraišką, gauname

$$\ln\frac{U_1}{U_2} = \frac{\Delta t}{RC},$$

$$C = \frac{\Delta t}{R\ln\frac{U_1}{U_2}}.$$

Šioje išraiškoje U_1 ir U_2 yra anksčiau užfiksuotos voltmetro parodymų vertės, Δt – sekundometro parodymas, R – voltmetro varža. Galima eksperimentą išanalizuoti ir nesinaudojant eksponentės bei natūrinio logaritmo sąvokomis. Visi matavimai šiuo atveju atliekami taip pat. Iš jų apskaičiuojama vidutinė srovė I_{vid}, tekanti ampermetru stebėjimo metu

$$I_{vid} = \frac{U_1 + U_2}{2R_v}.$$

Kadangi tokia srovė tekėjo laiką Δt, grandine pratekėjo krūvis

$$Q = I_{vid}\Delta t = \frac{U_1 + U_2}{2R_v}\Delta t. \qquad (4)$$

Iš kitos pusės, kondensatoriaus krūvis sumažėjo dydžiu

$$Q = C(U_1 - U_2). \qquad (5)$$

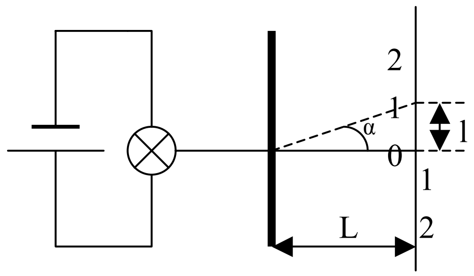
Sulyginę (4) ir (5) turime

$$C = \frac{\Delta t}{2R_v}\frac{U_1 + U_2}{U_1 - U_2}.$$

Norint, kad šiuo būdu gauta C vertė būtų tiksli, reikia, kad galiotų nelygybė $(U_1 - U_2) << U_2$.

12. <u>Užduotis.</u> Pasigaminkite difrakcinę gardelę ir nustatykite jos konstantą, žinodami, kad geltonos šviesos bangos ilgis yra 580nm.
<u>Priemonės.</u> 1 ed tiesaus siūlelio lemputė, baterija, stiklo plokštelė, popieriaus juostelė, tepalas, liniuotė.

<u>Sprendimas</u>



1 pav.

Pamirkę pirštą tepale, braukiame juo stiklo plokštelės paviršiumi. Kadangi piršto oda yra nelygi, su periodiniai įdubimais, ant stiklo plokštelės susidaro periodiškai išsidėstę tepalo juostelės. Jos ir sudaro gardelę.
Prijungiame lemputę prie baterijos, tam tikrame atstume nuo jos pastatome paruoštą gardelę taip, kad gardelės linijos būtų lygiavertės lemputės siūleliui, o atstumu L už gardelės ištiesiame popieriaus juostelę (1 pav.). Ant juostelės matome pagrindinį siūlelio vaizdą, o į abu šonus nuo jo matosi išskleisti į spektrą vis labiau išplintantys ir susiliejantys siūlelio antriniai vaizdai. Ant juostelės pažymime pagrindinio vaizdo ir pirmo antrinio vaizdo geltonos spalvos padėtis ir išmatuojame atstumą l tarp tų atžymų. Iš difrakcijos teorijos žinome, kad pirmasis antrinis vaizdas gaunamas tuomet, kai galioja lygybė

$$\sin\alpha = \frac{\lambda}{d}, \qquad (1)$$

kur λ – difraguojančios šviesos bangos ilgis, d – gardelės periodas. Kadangi kampas α yra mažas, turime

$$\sin\alpha \approx \frac{l}{L}. \qquad (2)$$

Sulyginę (1) ir (2) turime $$d = \lambda\frac{L}{l}.$$

Gardelės konstanta k yra atvirkščias dydis gardelės periodui, t.y.,

$$k = \frac{l}{\lambda L}. \qquad (3)$$

Išmatavę liniuote l ir L bei žinodami geltonos šviesos bangos ilgį, iš (3) formulės paskaičiuojame k.

Užduotys ir sprendimai skelbiami iš leidinio:
TRISDEŠIMT KETVIRTOJI JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA. *Parengė V. Dienys*

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2007 02 28.