

1. Į ploną stiklinį ($n = 1,5$) pleišta statmenai krinta vienspalvės šviesos lygiagrečių spindulių pluoštelis. Kampas tarp pleišto plokštumų $\alpha = 2'$. Atsispindėjusioje šviesoje matomas interferencinis vaizdas. Atstumas tarp gretimų interferencinių juostelių yra $0,3 \text{ mm}$. Apskaičiuokite šviesos bangos ilgį. (4 balai)

Sprendimas:

Šviesa, atsispindėjusi nuo skirtingų prizmės paviršių, interferuoja.

Interferencijos maksimumai stebimi, kai spindulių optinių kelių skirtumas yra:

$$\Delta_2 - \Delta_1 = k \cdot \lambda, \quad (1)$$

čia $k=0, 1, 2, \dots$, λ – šviesos bangos ilgis.

Interferencijos minimumai stebimi, kai spindulių optinių kelių skirtumas yra:

$$\Delta_2 - \Delta_1 = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

čia $k=0, 1, 2, \dots$.

Pasinaudojus (1) ir (2) lygtimis, optinių kelių skirtumo pokytis, atitinkantis gretimas interferencines juosteles, yra:

$$2 \cdot n \cdot (S_2 - S_1) = \lambda, \quad (3)$$

čia n – stiklo absoliutusias lūžio rodiklis, S_1 , S_2 – pleišto storai ties gretimomis interferencinėmis juostelėmis.

Kampo tarp pleišto plokštumų sinusas:

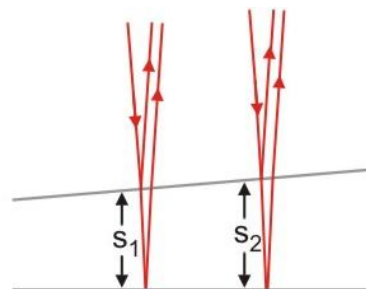
$$\sin \alpha = \frac{(S_2 - S_1)}{\Delta x}, \quad (4)$$

čia Δx – atstumas tarp gretimų interferencinių juostelių.

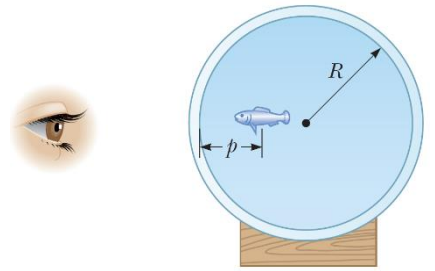
Pasinaudojus (3) ir (4) lygtimis

$$\lambda = 2 \cdot n \cdot \Delta x \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \text{ mm} \cdot \sin \left(\frac{2}{60} \right) = 524 \text{ nm}.$$

Atsakymas: $\lambda = 524 \text{ nm}$.



2. Auksinė žuvelė plaukioja sferiniame stikliniame rutulyje, kurio spindulys $R = 15 \text{ cm}$, pilname vandens ($n = 1,333$). Sakykite, kad žuvelė yra $p = 10 \text{ cm}$ atstumu nuo rutulio sienelės kaip pavaizduota paveiksle. Nepaisydami šviesos lūžio tarp sferinio rutulio vidinės ir išorinės sienelių, raskite kokių atstumų nuo rutulio sienelės yra auksinės žuvelės atvaizdas stebėtojo atžvilgiu. (5 balai)



Sprendimas:

Auksinės žuvelės atvaizdas, kuris gaunamas sferinio rutulio paviršiuje šviesos lūžio dėka, yra aprašomas lygtimi:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R}, \quad \text{kai} \quad n_2 > n_1 \quad (1)$$

čia p – atstumas nuo objekto iki sferinio paviršiaus, q – atstumas nuo atvaizdo iki sferinio paviršiaus, R – sferinio rutulio spindulys.

Šviesos spinduliai pereina iš vandens $n_2 = 1,333$ į orą $n_1 = 1$, atstumas nuo objekto iki sferinio paviršiaus yra $p = 10 \text{ cm}$, sferinio rutulio spindulys yra lygus $R = 15 \text{ cm}$.

Stebėtojo atžvilgio suformuoto žuvelės atvaizdo atstumas nuo sferinio rutulio sienelės:

$$\frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} - \frac{n_1}{p}, \quad (2)$$

Pasinaudojus (1) ir (2) lygtimis:

$$\frac{1}{q} = \frac{1 - 1,333}{-15} - \frac{1,333}{10} = \frac{-3,333}{30} \text{ cm} = -9 \text{ cm};$$

Atsakymas: -9 cm (žuvelės atvaizdas yra 9 cm nuo sferinio rutulio sienelės stebėtojo atžvilgiu, minuso ženklas – žuvelės atvaizdas susiformuoja vandenyje).

3. Termiškai izoliuotas indas iki pat viršaus užpildytas $t_0 = 20^\circ \text{C}$ temperatūros vandens. Į vandenį atsargiai įdedama iki $t_a = -100^\circ \text{C}$ atšaldyta aliuminė detalė. Kai nusistovi temperatūrinė pusiausvyra, vandens temperatūra inde yra lygi $t_1 = 1^\circ \text{C}$. Nustatykite ką ir kokios temperatūros turėtų inde, jeigu būtume įdėję ne vieną, o dvi tokias aliumines detales. Vienos aliuminės detalės tūris yra $V_a = 100 \text{ cm}^3$. (5 balai)

Papildomi duomenys:

Vandens tankis $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$

Aluminio tankis $\rho_a = 2700 \text{ kg/m}^3$

Ledo tankis $\rho_L = 900 \text{ kg/m}^3$

Vandens savitoji šiluma $C_v = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$

Aluminio savitoji šiluma $C_a = 880 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$

Ledo savitoji šiluma $C_L = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$

Ledo lydymosi šiluma $\lambda = 335 \text{ kJ/kg}$

Sprendimas:

Užrašome šilumos balanso lygtį pirmajam atvejui:

$$c_v \rho_v (V_0 - V_a) (t_1 - t_0) + c_a \rho_a V_a (t_1 - t_a) = 0 \quad (1)$$

Čia V_0 – pradinis vandens tūris. Šia lygtimi įvertiname, kad įdedant detalę, dalis vandens išsilies.

Išsprendę lygtį, randame pradinį vandens tūrį:

$$V_0 = V_a \left(1 + \frac{c_a}{c_v} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_v} \cdot \frac{t_1 - t_a}{t_1 - t_0} \right) \approx 400,7 \text{ cm}^3$$

Tarkime, kad įdėjus dvi detales vanduo atšąla iki temperatūros $t_2 = 0$ ir tik dalis jo virsta ledu. Tada šilumos balanso lygtis atrodo:

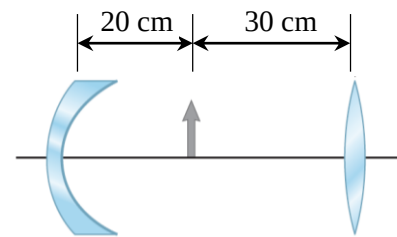
$$c_v \rho_v (V_0 - 2V_a) (t_2 - t_0) + 2c_a \rho_a V_a (t_2 - t_a) - \lambda \rho_L V_L = 0 \quad (2)$$

Randame ledo tūrį:

$$V_L = \frac{c_v \rho_v (V_0 - 2V_a) (t_2 - t_0) + 2c_a \rho_a V_a (t_2 - t_a)}{\lambda \rho_L} \approx 101,7 \text{ cm}^3$$

Atsakymas: Panardinus dvi detales inde nusistovės nulinis laipsnių temperatūra. Inde bus dvi aliuminio detalės, ledo $V_L = 101,7 \text{ cm}^3$ ir vandens $V_v = V_0 - 2V_a - V_L = 99 \text{ cm}^3$.

4. Objektas yra 20 cm atstumu į dešinę pusę nuo iškylai įgaubto veidrodžio, kurio židinio nuotolis $F_1 = 12\text{ cm}$ ir 30 cm atstumu į kairę pusę nuo glaudžiamosio lęšio, kurio židinio nuotolis $F_2 = 10\text{ cm}$. (žr. paveikslą). Kokių atstumu bus objekto atvaizdas, kai a) atvaizdą suformuos tik glaudžiamasis lęšis, b) atvaizdą suformuos tik iškylai įgaubtas veidrodis, c) atvaizdas bus suformuotas iškylai įgaubto veidrodžio ir glaudžiamosio lęšio kartu. (6 balai)



Sprendimas:

Atvejais a) ir b) taikome plonojo lęšio formulę:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}; \quad (1)$$

čia d – atstumas nuo daikto iki lęšio, f – atstumas nuo lęšio iki atvaizdo, F – lęšio židinio nuotolis.

a) $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2};$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d_2} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{1}{15}\text{ cm}$$

b) $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1};$

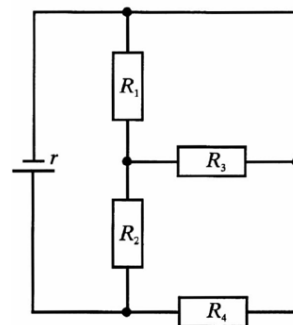
$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} = \frac{1}{12} - \frac{1}{20} = \frac{1}{30}\text{ cm}$$

c) Taip pat taikome plonojo lęšio formulę. Tačiau šiuo atveju realiu objektu glaudžiamajam lęšiui laikysime iškylai įgaubto veidrodžio suformuotą atvaizdą b) atveju. Atvaizdas suformuotas veidrodžio yra $d_2^* = 20\text{ cm}$ atstumu nuo lęšio. Atvaizdo atstumas suformuotas iškylai įgaubto veidrodžio ir glaudžiamosio lęšio kartu:

$$\frac{1}{f_2^*} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d_2^*} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{20}\text{ cm}$$

Atsakymas: a) 15 cm ; b) 30 cm ; c) 20 cm .

5. Apskaičiuokite brėžinyje pateiktos grandinės pilnutinę varžą, jei žinome, kad šaltinio vidinė varža $r = 1 \, \Omega$, $R_1 = 4 \, \Omega$, $R_2 = 3 \, \Omega$, $R_3 = 12 \, \Omega$ ir $R_4 = 6 \, \Omega$. (3 balai)



Sprendimas:

Pakeičiame realų maitinimo šaltinį idealiuoju šaltiniu su nuosekliai prijungta vidine varža r ir pasižymime mazgus a, b, c, d.

Matome, kad grandinės mazgai a ir c yra sujungti laidu ir tarp jų nėra varžo. Tai reiškia, kad mazgų a ir c potencialai yra vienodi. Taigi šiuos mazgus galime apjungti ir laikyti, kad tai yra vienas ir tas pats mazgas.

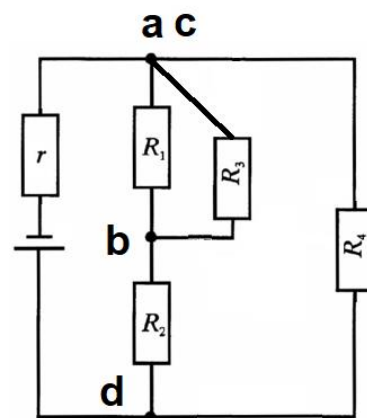
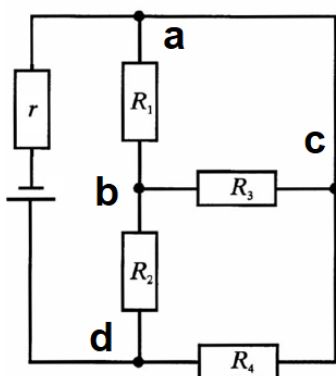
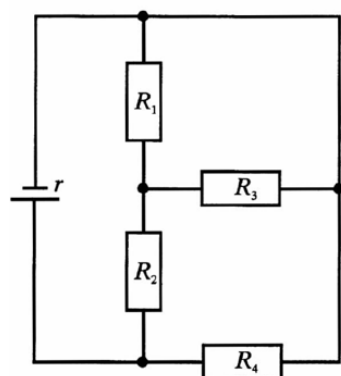
Dabar matome, kad grandinėje R_1 ir R_3 jungiasi lygiagrečiai, R_{13} jungiasi nuosekliai su R_2 , o R_{123} lygiagrečiai su R_4 . Galiausiai R_{1234} jungiasi nuosekliai su r .

$$R_{13} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = 3 \, \Omega$$

$$R_{123} = R_{13} + R_2 = 6 \, \Omega$$

$$R_{1234} = \left(\frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} = 3 \, \Omega$$

$$R = R_{1234} + r = 4 \, \Omega$$



Atsakymas: $R = 4 \, \Omega$

6. Su įrodymu patvirtinkite arba paneikite, kad $1 \, \text{kg}$ vinių ir $1 \, \text{kg}$ pūkų svoris yra vienodas. (2 balai)

Sprendimas:

Kaip žinia sąvokos masė, svoris ir sunkis nėra ekvivalenčios, tačiau gali būti vienodų skaitinių verčių.

Šiuo atveju lyginamos masės ir svorio sąvokos.

Vienas iš galimų įrodymų pateikiamas žemiau:

Turime du kūnus, kurių masės vienodos $m_1 = m_2 = m = 1 \, \text{kg}$, tačiau tūris skirtingas $V_1 > V_2$.

Nubraižome jėgų diagramas abiem kūnams. Jėgų atstojamoji šiuo atveju bus lygi kūnų svariui (F_1 ir F_2), tai yra jėgai kuria jie veikia atramą.

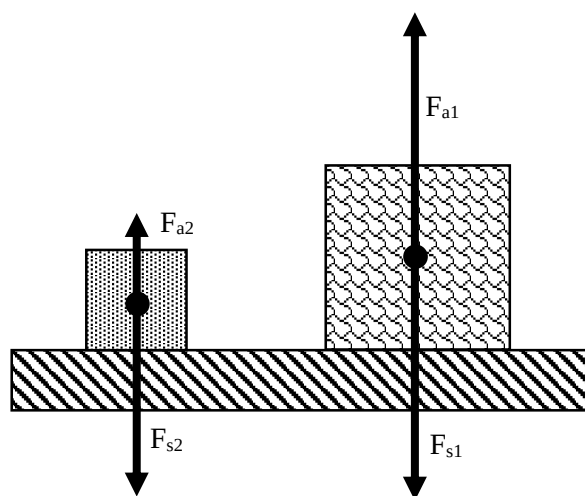
$$F_1 = F_{s1} - F_{a1} \quad (1)$$

$$F_2 = F_{s2} - F_{a2} \quad (2)$$

Natūralu, kad abiejų kūnų sunkis $F_{s1} = F_{s2} = mg$ yra vienodas. Tačiau juos veikiančios plūdrumo (Archimedo) jėgos ne. Svarbu nepamiršti, kad Archimedo dėsnis galioja tiek dujose tiek skysčiuose. Užrašykime Archimedo jėgos išraiškas abiem kūnams:

$$F_{a1} = \rho_{\text{oro}} g V_1 \quad (3)$$

$$F_{a2} = \rho_{\text{oro}} g V_2 \quad (4)$$



Kadangi $V_1 > V_2$, o Archimedo jėga tiesiogiai proporcinga kūno išstumtų dujų ar skysčio tūriui, galime užrašyti, kad $F_{a1} > F_{a2}$. Remiantis šia išvada galime užrašyti, kad $F_1 < F_2$ – objektas, kurio tūris yra mažesnis svers daugiau.

Atsakymas: 1kg vinių svoris yra didesnis nei 1kg pūkų.