ISSN1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

PAPRASTIEJI MECHANIZMAI. ELEKTROMAGNETINIAI IR ŠVIESOS REIŠKINIAI

2010 09 (494)

ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Loreta Ragulienė, Rasa Žemaičiūnienė, Jūratė Blažienė

PAPRASTIEJI MECHANIZMAI. ELEKTROMAGNETINIAI IR ŠVIESOS REIŠKINIAI

II KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI
2010 09 (494)

Metodinė priemonė
2010–2011 mokslo metai

Šiauliai 2010

Leidžiama nuo 1972 m.
Leidinių periodiškumas – 15 per metus.

Leidinį parengė:
I turo metodinius nurodymus ir užduotis – Loreta Ragulienė,
II turo metodinius nurodymus ir užduotis – Rasa Žemaičiūnienė,
III turo metodinius nurodymus ir užduotis – Jūratė Blažienė.

Recenzavo: doc. dr. Violeta Šlekienė,
fizikos mokytoja Diana Adomaitytė.

Šiaulių universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos rekomenduota 2010-06-17 (protokolo Nr. 7).

© Šiaulių universitetas, 2010

SU NAUJAISIAIS MOKSLO METAIS, FOTONIEČIAI!

Šie mokslo metai jaunųjų fizikų mokykloje Jums antrieji. Linkime ir toliau domėtis patraukliu fizikos mokslu, sėkmingai spręsti naujų turų uždavinius.

Per tris turus reikės išspręsti 60 uždavinių. Išsprendus užduotis, mokslo metų pabaigoje Jums bus atsiųstas I pakopos baigimo pažymėjimas.

Geriausi fotoniečiai bus kviečiami į „Fotono“ vasaros stovyklą.

Šifras, kurį Jūs gavote pirmame kurse, lieka tas pats.

Primename, kad mokinys, neatsiuntęs iš eilės dviejų turų sprendimų be pateisinamos priežasties ir nesumokėjęs metinio mokesčio, šalinamas iš „Fotono“ mokyklos be atskiro pranešimo.

Uždavinių sprendimų išsiuntimo terminai:

I turas – **2010-11-25**,
II turas – **2011-02-15**,
III turas – **2011-04-20.**

Sąsiuvinius su sprendimais siųskite adresu:

„Fotonui“
Šiaulių universitetas
P. Višinskio g. 19
76351 Šiauliai

LINKIME SĖKMĖS!
„Fotono“ taryba

Tel./faks. (8 41) 59 57 24
El. paštas fotonas@fm.su.lt
www.fotonas.su.lt
II kurso kuratorė Nijolė Kardelienė

I TURAS

KŪNŲ PUSIAUSVYRA. PAPRASTIEJI MECHANIZMAI. SLĖGIS. KŪNAI SKYSČIUOSE (DUJOSE)

(Šias temas galite prisiminti, pakartoti „Fotono“ interneto svetainėje www.fotonas.su.lt. Ieškoti: mokomųjų programų svetainės.)

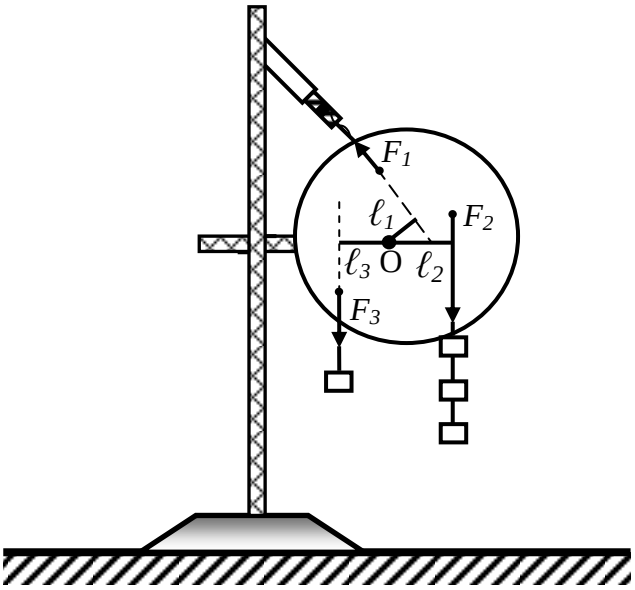
Metodiniai nurodymai

I. Kūnų pusiausvyra

Momentų pusiausvyra

Kūną veikiančių jėgų pusiausvyra, kai kūnas gali suktis apie nejudamą ašį, vadinama *momentų pusiausvyra.*

Ant ašies O stove įtvirtintas skritulys. Dviejose vietose pakabinti pasvarai, o prie vieno taško – dinamometras. Pajudintas skritulys pasvyruoja ir nurimsta (1.1 pav.).



1.1 pav.

Jėgos poveikis galinčiam suktis kūnui priklauso ne tik nuo jėgos krypties, modulio ir veikimo taško, bet dar nuo vieno dydžio – jėgos peties. **Jėgos petys** – trumpiausias atstumas nuo kūno sukimosi ašies iki jėgos veikimo tiesės. Jėgos petys randamas iš sukimosi ašies O nuleidus statmenį į jėgos veikimo tiesę (ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 – 1.1 pav.).

Jėgos momentas yra jėgos modulio ir peties sandauga:

$$M = F\ell.$$

Jo matavimo vienetas $[M] = 1\,\mathrm{N}\cdot 1\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{Nm}$, niutonmetras.

Jėgų momentai $F_1\ell_1$ ir $F_3\ell_3$ suka skritulį prieš laikrodžio rodyklės kryptį, jėgos momentas $F_2\ell_2$ – pagal rodyklės kryptį. Susidaro pusiausvyra.

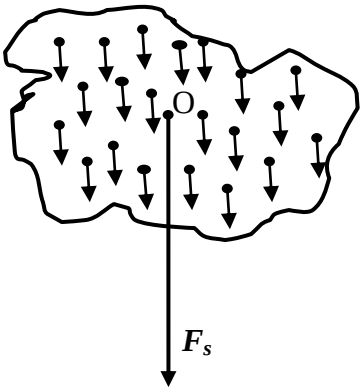
Momentų pusiausvyros sąlyga

$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 = F_2\ell_2.$$

Kūnas, galintis suktis apie nejudamą ašį, yra pusiausviras, kai jėgų momentų, sukančių kūną laikrodžio rodyklės kryptimi, suma lygi jėgų momentų, sukančių jį priešinga kryptimi, sumai.

Momentų pusiausvyros sąlygą galima užrašyti ir taip:

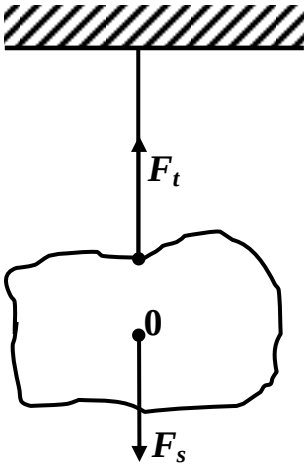
$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 - F_2\ell_2 = 0.$$



1.2 pav.

Masės (sunkio) centras

Kūną veikiančių lygiagrečių jėgų atstojamosios pavyzdys yra kūno atskirų dalių sunkio jėgų atstojamoji – sunkio jėga F_s (1.2 pav.). Sunkio jėgos F_s veikimo taškas O yra kūno **sunkio arba masės centras**.



1.3 pav.

Pakabinkime kūną gumine virvute (1.3 pav.). Pasvyravęs kūnas nurims. Jį veikia vertikalia tiese dvi priešingų krypčių jėgos: sunkio jėga F_s ir virvutės tamprumo jėga F_t. Jų moduliai lygūs, todėl atstojamoji jėga lygi nuliui:

$$F_s - F_t = 0 .$$

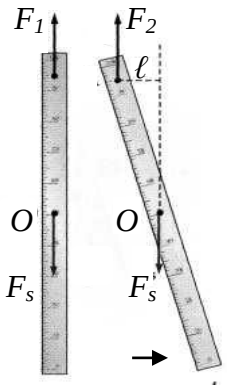
Norint rasti plokštelės sunkio (masės) centrą, reikia ją pakabinti siūlu keliose vietose, siūlo kryptimi nubrėžti plokštelėje vertikalias linijas. Jų susikirtimo taškas ir bus sunkio centras. Jei kūnas neplokščias (pvz., bulvė), reikia siūlo kryptimis perdurti bulvę adatomis. Jų susikirtimo taškas bus sunkio (masės) centras.

Kūnų pusiausvyra būna trejopa: **pastovioji, nepastovioji ir beskirtė.**

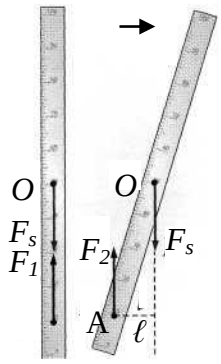
Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra **pastovi,** kai jo sunkio centras O yra žemiau sukimosi ašies A (1.4 pav.).

Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra **nepastovi,** kai jo sunkio centras O yra aukščiau sukimosi ašies A (1.5 pav.).

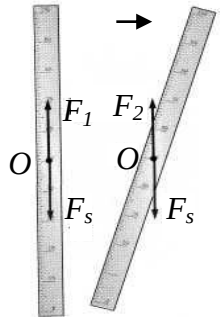
Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra **beskirtė,** kai sukimosi ašis eina per sunkio centrą (1.6 pav.).



1.4 pav.



1.5 pav.

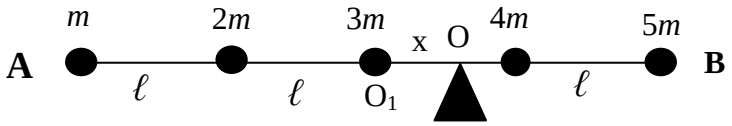


1.6 pav.

1 pavyzdys

Rutuliai, kurių masės *m*, 2*m*, 3*m*, 4*m* ir 5*m*, įtvirtinti ant nesvaraus strypo taip, kad jų centrai nutolę vienas nuo kito vienodu atstumu *ℓ* = 30 cm (1.7 pav.). Rasti sistemos masės centrą.

L	*ℓ* = 30 cm



1.7 pav.

Tarkime, sistemos (1.7 pav.) masės centras yra taške O. Atstumas OO_1 = x.

Kairės ir dešinės pusės jėgų momentai:

$$M_1 = mg\,(2\ell + x) + 2mg\,(\ell + x) + 3mgx,$$

$$M_2 = 4mg\,(\ell - x) + 5mg\,(2\ell - x).$$

Pusiausvyros atveju:

$$M_1 = M_2,$$

$$mg\,(2\ell + x) + 2mg\,(\ell + x) + 3mgx = 4mg\,(\ell - x) + 5mg\,(2\ell - x),$$

$$2\ell + x + 2(\ell + x) + 3x = 4(\ell - x) + 5(2\ell - x),$$

$$15x = 10\ell,$$

$$x = \frac{2}{3}\ell,$$

$$x = 20 \text{ cm}.$$

Nuo sistemos kairiojo galo A iki centro O atstumas:

$$L = 2\ell + x = 2\ell + \frac{2}{3}\ell = \frac{8}{3}\ell,$$

$$L = \frac{8}{3}\ell,$$

$$L = 80 \text{ cm}.$$

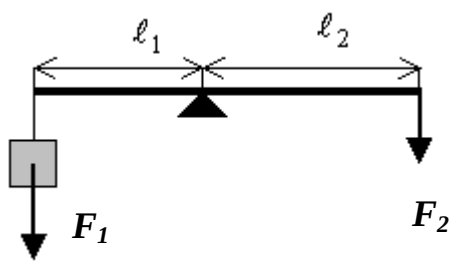
Atsakymas: L = 80 cm.

II. Paprastieji mechanizmai

Mokykloje susipažinote su šiais **paprastaisiais mechanizmais**: svertu, skridiniu, skrysčiais, nuožulniąja plokštuma.

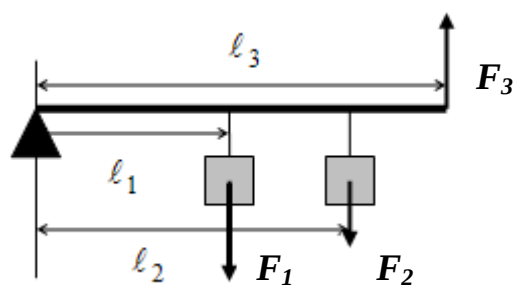
Svertas – kietasis kūnas, kuris jėgų veikiamas gali pasisukti apie atramos tašką (1.8 pav., 1.9 pav.).

Svertas yra pusiausviras tada, kai jį veikiančios jėgos yra atvirkščiai proporcingos jų pečiams.



1.8 pav.

$$F_1\ell_1 = F_2\ell_2, \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1}.$$



1.9 pav.

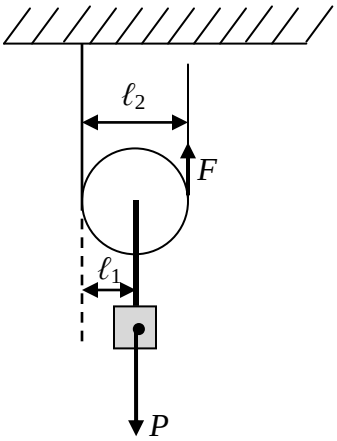
$$F_1\ell_1 + F_2\ell_2 = F_3\ell_3.$$

Svertu:

- laimima jėgos,
- pralaimima kelio,
- nelaimima darbo.

Skridinys – ant ašies užmautas nedidelis ratas su grioveliu virvei, lynui ar grandinei permesti.

Kilnojamasis skridinys – tai toks skridinys, kurio ašis kyla arba leidžiasi kartu su kroviniu (1.10 pav.).



1.10 pav.

Į skridinio sunkį neatsižvelgiant, teigiant, kad paties skridinio sunkio jėga yra maža, palyginti su pasvaro svoriu, galima užrašyti, kad

$$P\ell_1 = F\ell_2;$$

čia ℓ_1 – skridinio spindulys, ℓ_2 – skridinio skersmuo.

Kadangi

$$\ell_2 = 2\ell_1,$$

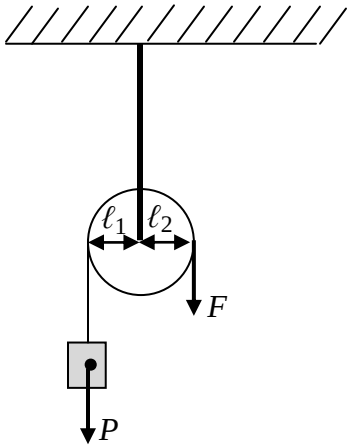
tai

$$F = \frac{P}{2}.$$

Kilnojamuoju skridiniu **laimime dvigubai jėgos**, bet tiek pat kartų pralaimime kelio, kai nėra jėgų pasipriešinimo ir nepaisome skridinio masės.

Kilnojamuoju skridiniu:

- laimima jėgos,
- pralaimima kelio,
- nelaimima darbo.



1.11 pav.

Nekilnojamasis skridinys – toks skridinys, kurio ašis, keliant krovinius, nekyla ir nesileidžia (1.11 pav.). Nekilnojamąjį skridinį galima laikyti lygiapečiu svertu.

$$P\ell_1 = F\ell_2.$$

Kadangi $\ell_1 = \ell_2$, tai ir $P = F$.

Nekilnojamuoju skridiniu:

- nelaimima jėgos,
- keičiama jėgos veikimo kryptis,

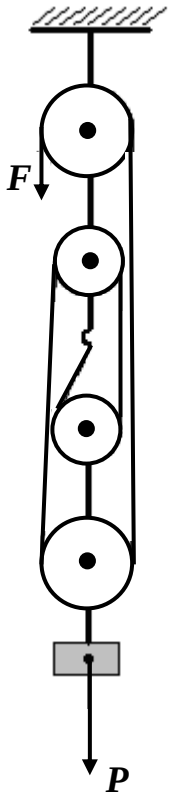
- nelaimima kelio,
- nelaimima darbo.

Skrysčiai – krovinių kėlimo įrenginys, sudarytas iš kilnojamųjų ir nekilnojamųjų skridinių.

Jei skrysčius sudaro n kilnojamųjų skridinių, tai kroviniui kelti reikia 2*n* kartų mažesnės jėgos, negu krovinio svoris.

Sistema sudaryta iš dviejų kilnojamųjų skridinių (1.12 pav.), tai

$$F = \frac{P}{4}.$$



1.12 pav.

Nuožulnioji plokštuma – plokštuma, sudaranti smailųjį kampą su gulsčiąja plokštuma (1.13 pav.).

Darbas, atliktas ritinėliui pakelti stačiai į aukštį h:

$$A_1 = P \cdot h.$$

Tą patį ritinėlį traukiant nuožulniąja plokštuma į aukštį h, darbas:

$$A_2 = F \cdot \ell.$$

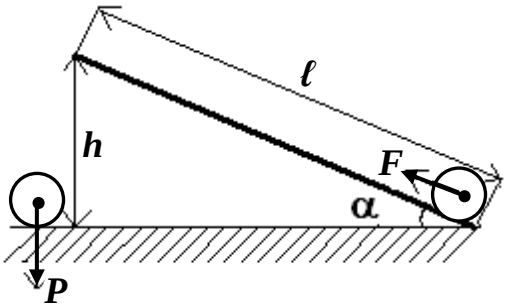
Darbas (nepaisant trinties)

$$A_1 = A_2,$$

todėl

$$P \cdot h = F \cdot \ell,$$

$$\frac{P}{F} = \frac{\ell}{h}.$$



1.13 pav.

Kroviniui kelti nuožulniąja plokštuma, kai nėra trinties, reikia tiek kartų mažesnės jėgos, kiek kartų plokštumos ilgis didesnis už jos aukštį.

Nė vienu mechanizmu nelaimima darbo.

Auksinė mechanikos taisyklė:

Kiek kartų laimime jėgos, tiek kartų pralaimime kelio.

Keliant krovinį paprastaisiais mechanizmais tenka nugalėti trintį. Todėl visas nuveiktas darbas yra didesnis už darbą kroviniui pakelti.

Naudingumo koeficientas:

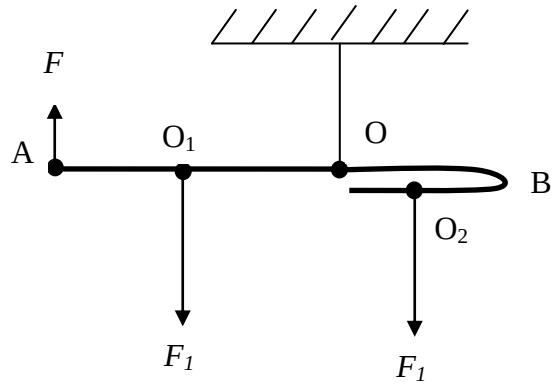
$$\eta = \frac{A_n}{A_v} \cdot 100\%;$$

čia A_n – naudingas darbas, A_v – visas darbas.

2 pavyzdys

Tiesus vienalytis *m* = 800 g masės vielos gabalas, siūlu pririštas prie stovo, yra pusiausviras. Dešinysis vielos gabalas yra sulenkiamas per vidurį taip, kad jis yra lygiagretus su kita vielos dalimi (1.14 pav.). Kokia jėga reikia veikti kairįjį vielos galą, kad viela vėl būtų pusiausvira?

F	m = 800 g = 0,8 kg $g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



1.14 pav.

Pažymime (1.14 pav.): vielos ilgis ℓ, $AO = \frac{\ell}{2}$; $OO_1 = \frac{\ell}{4}$; $OO_2 = \frac{\ell}{8}$.

Norint, kad viela vėl būtų pusiausvira, kairįjį jos galą reikia kelti aukštyn jėga F. Rašome jėgų momentus:

$$M_1 = F_1 \cdot OO_1;$$

$$M_2 = F \cdot AO + F_1 \cdot OO_2.$$

Momentų taisyklė

$$M_1 = M_2.$$

$$F_1 \cdot OO_1 = F \cdot AO + F_1 \cdot OO_2,$$

$$F_1 \cdot \frac{\ell}{4} = F \cdot \frac{\ell}{2} + F_1 \cdot \frac{\ell}{8},$$

$$F = \frac{2F_1}{8},$$

čia

$$F_1 = \frac{m}{2} \cdot g .$$

Tada

$$F = \frac{mg}{8},$$

$$F = \frac{0{,}8\,\text{kg} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{8} = 1\,\text{N}.$$

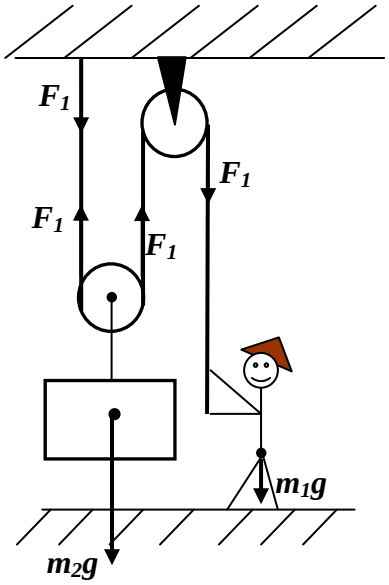
F = 1 N.

Atsakymas: F = 1 N.

3 pavyzdys

80 kg masės žmogus skridinių sistema kelia 150 kg masės krovinį. Kokia jėga žmogus slegia grindis? Trinties ir skridinių svorio nepaisyti.

F	m_1 = 80 kg
	m_2 = 150 kg
	$g = 10\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



1.15 pav.

Sistema (1.15 pav.) sudaryta iš kilnojamojo ir nekilnojamojo skridinio. Žinome, kad nekilnojamuoju skridiniu tik pakeičiame jėgos veikimo kryptį, o kilnojamuoju laimime dvigubai jėgos. Todėl žmogus trauks virvę jėga

$$F_1 = \frac{m_2 g}{2}.$$

Žmogaus svoris $P_1 = m_1 g$ ir jis slegia žemę jėga

$$F = P_1 - F_1 ,$$

$$F = m_1 g - \frac{m_2 g}{2},$$

$$F = (m_1 - \frac{1}{2} m_2) g,$$

$$F = (80\,\text{kg} - \frac{1}{2} \cdot 150\,\text{kg}) \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 50\,\text{N},$$

$$F = 50\ \text{N}.$$

Atsakymas: F = 50 N.

III. S l ė g i s

Kietųjų kūnų slėgis

Fizikinis dydis, lygus jėgos ir jos statmenai veikiamo paviršiaus ploto santykiui, vadinamas slėgiu.

$$p = \frac{F}{S}.$$

Slėgio veikimas priklauso ne tik nuo jėgos didumo, bet ir nuo paviršiaus, kurį ji statmenai slegia, ploto. Norint sumažinti slėgį pakanka padidinti veikiamo paviršiaus plotą. Norint kietiesiems kūnams padidinti slėgį – plotą reikia sumažinti.

Slėgis p matuojamas paskaliais. 1 Pa = 1 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Jėga, dėl kurios poveikio slegiamas tam tikras paviršius, vadinama slėgio jėga.

$$F = p \cdot S.$$

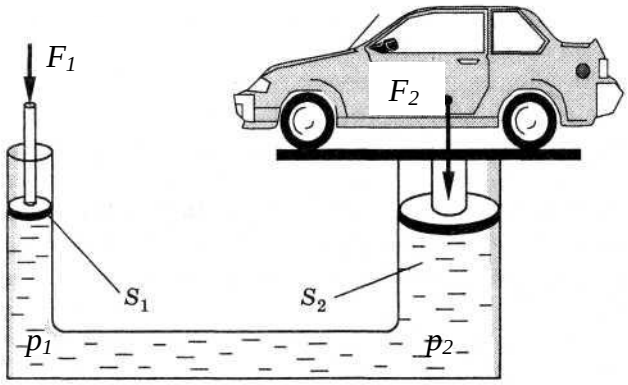
Kietieji kūnai perduoda išorinį slėgį jėgos veikimo kryptimi.

Skysčių ir dujų slėgis

Skysčiai ir dujos perduoda išorinį slėgį visomis kryptimis vienodai (**Paskalio dėsnis**).

Dujų slėgis į indo sieneles tuo didesnis, kuo dažniau molekulės susiduria su sienele. *Sumažėjus tos pačios masės dujų tūriui, jų slėgis padidėja, o tūriui padidėjus, slėgis sumažėja (kai m = const).*

Kaitinamų dujų molekulių judėjimo greitis didėja. Tos pačios masės bei pastovaus tūrio dujos slegia tuo labiau, kuo aukštesnė jų temperatūra.



1.16 pav.

Paskalio dėsniu pagrįstas hidraulinių presų veikimas (1.16 pav.).

$$p_1 = p_2,$$

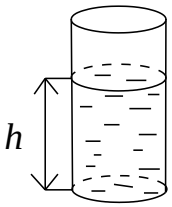
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2},$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{F_1}{F_2}.$$

Hidraulinio preso stūmoklių veikiančios jėgos tiesiog proporcingos jų plotams. Kiek kartų vieno stūmoklio plotas didesnis už kito, tiek pat kartų hidrauliniu presu laimima jėgos.

Skysčio slėgis į indo dugną priklauso nuo skysčio stulpelio aukščio h ir skysčio tankio ρ, bet nepriklauso nuo indo dugno ploto (1.17 pav):

$$p = \rho g h.$$



1.17 pav.

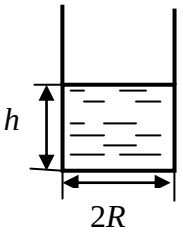
Vidutinė jėga, kuria skystis veikia plokščią šoninę indo sienelę, lygi

$$F_{vid} = p_s \cdot S;$$

čia p_s – skysčio slėgis (skysčio sunkio centro gylyje), S – sienelės paviršiaus plotas.

4 pavyzdys

Cilindro formos stiklinės pagrindo spindulys *R* = 30 cm. Iki kokio h aukščio (1.18 pav.) reikia pripilti į stiklinę vandens, kad skysčio slėgio jėgos į stiklinės dugną ir šonines sieneles būtų vienodos?



1.18 pav.

h | R = 30 cm

Skysčio slėgis į šoninę sienelę kinta nuo 0 (h = 0) iki p (h max).

Tada slėgis

$$p = \rho g h.$$

Norint apskaičiuoti visą slėgio jėgą į šoninę sienelę, reikia imti vidutinę slėgio vertę, t. y.

$$p_{vid} = \rho g \frac{h}{2}.$$

Tada

$$F_1 = p_{vid} \cdot S_1;$$

čia F_1 – slėgio jėga į šoninę sienelę, S_1 – šoninės sienelės paviršiaus plotas.

$$S_1 = 2\pi R \cdot h,$$

$$F_1 = \rho g \frac{h}{2} \cdot 2\pi \cdot R \cdot h,$$

$$F_1 = \rho g \pi R h^2.$$

Slėgio jėga į indo dugną

$$F_2 = p \cdot S_2;$$

čia S_2 – stiklinės pagrindo plotas.

$$S_2 = \pi R^2,$$

$$F_2 = \rho g h \cdot \pi R^2.$$

Pagal uždavinio sąlygą

$$F_1 = F_2,$$

$$\rho g \pi R h^2 = \rho g h \cdot \pi R^2,$$

$$h = R.$$

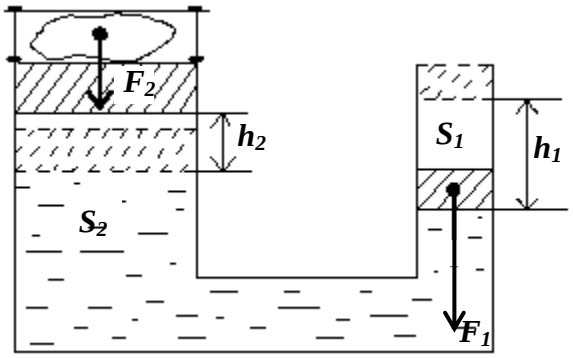
$$h = 30 \text{ cm}.$$

Atsakymas: h = 30 cm.

5 pavyzdys

Hidraulinio preso mažasis stūmoklis, veikiamas F_1 = 500 N jėgos, nusileidžia h_1 = 0,2 m, o didysis stūmoklis pakyla h_2 = 0,01 m (1.19 pav.). Stūmokliai nesvarūs. Kokia jėga presas veikia slegiamą kūną, esantį ant didžiojo stūmoklio?

F_2	F_1 =500 N h_1 = 0,2 m h_2 = 0,01 m



1.19 pav.

Jėgos F_1 slėgis

$$p = \frac{F_1}{S_1};$$

čia S_1 – mažojo stūmoklio pagrindo plotas.

Pagal Paskalio dėsnį toks pat slėgis veiks didįjį stūmoklį. Todėl didįjį stūmoklį veikianti jėga F_2:

$$F_2 = p \cdot S_2,$$

$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}. \qquad (1)$$

Kadangi skystis nespūdus, tai

$$V_1 = V_2,$$

$$S_1 h_1 = S_2 h_2. \qquad (2)$$

Iš (1) ir (2) lygties gauname, kad

$$F_2 = F_1 \frac{h_1}{h_2}.$$

Atsakymas: F_2 = 10 kN.

IV. Kūnai skysčiuose (dujose)

Kiekvieną kūną, panardintą skystyje (dujose), veikia jėga, kuri stumia kūną aukštyn ir lygi kūno išstumto skysčio (dujų) svoriui. Ši jėga vadinama **Archimedo jėga**.

$$F_A = \rho_s g V;$$

čia ρ_s – skysčio (dujų) tankis, V – panardinto kūno (arba panirusios kūno dalies) tūris.

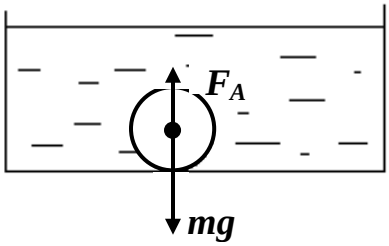
Kūnas skęsta skystyje (1.20 pav.), kai

$$mg > F_A,$$

$$mg > \rho_s gV,$$

$$\rho_k > \rho_s.$$

ρ_k – kūno tankis, kai kūnas vienalytis.



1.20 pav.

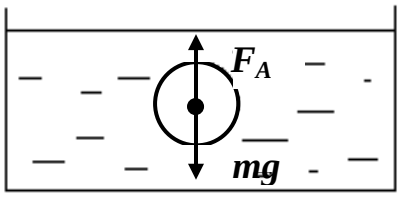
Kūnas pasinėręs skystyje (1.21 pav.), kai

$$mg = F_A,$$

$$mg = \rho_s gV,$$

$$\rho_k = \rho_s,$$

kai kūnas vienalytis.



1.21 pav.

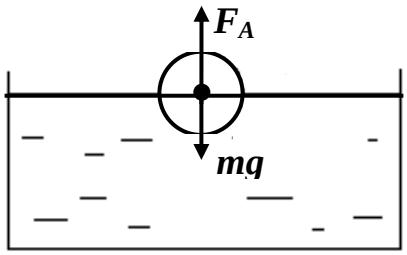
Kūnas kyla į skysčio paviršių (1.22 pav.), kai

$$mg < F_A,$$

$$mg < \rho_s gV,$$

$$\rho_k < \rho_s,$$

kai kūnas vienalytis.



1.22 pav.

6 pavyzdys

Vienalytis kūnas, panardintas į ρ_1 tankio skystį, sveria P_1, o panardintas į ρ_2 tankio skystį, sveria P_2. Nustatykite kūno tankį ρ.

ρ	ρ_1
	P_1
	ρ_2
	P_2

Kadangi kūną veikiančios jėgos yra priešingų krypčių (sunkio jėga nukreipta žemyn, Archimedo jėga – aukštyn), tai skystyje kūno svoris P_1 (P_2) bus mažesnis už kūno svorį vakuume $P = mg$ Archimedo jėgos dydžiu F_A, t. y.

$$P_1 = P - F_{A1} \text{ arba } P_1 = mg - m_{1sk}g, \quad (1)$$

$$P_2 = P - F_{A2} \text{ arba } P_2 = mg - m_{2sk}g; \quad (2)$$

čia m – kūno masė, m_{1sk}, m_{2sk} – išstumto skysčio masė.

Kadangi

$$P = mg = \rho Vg, \quad (3)$$

tai

$$F_{A1} = m_{1sk}g = \rho_1 Vg, \quad (4)$$

$$F_{A2} = m_{2sk}g = \rho_2 Vg; \quad (5)$$

čia V – kūno tūris.

(1) ir (2) galima perrašyti taip:

$$P_1 = \rho Vg - \rho_1 Vg = (\rho - \rho_1)Vg, \quad (6)$$

$$P_2 = \rho Vg - \rho_2 Vg = (\rho - \rho_2)Vg. \quad (7)$$

Iš (6) ir (7) išreiškę V, gauname:

$$V = \frac{P_1}{g(\rho - \rho_1)} \quad (8)$$

ir

$$V = \frac{P_2}{g(\rho - \rho_2)} \quad (9)$$

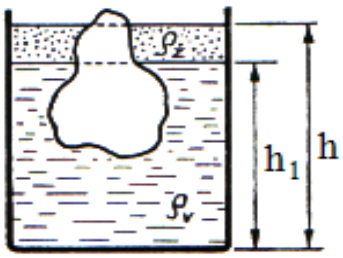
Sulyginę (8) ir (9) ir išsprendę lygtį, gauname kūno tankio išraišką:

Atsakymas: $\rho = \dfrac{P_2\rho_1 - P_1\rho_2}{P_2 - P_1}$.

7 pavyzdys

Į indą įpilta vandens, kuriame plaukioja ledo gabalas. Ant vandens užpilama žibalo. Kaip pasikeis žibalo paviršiaus aukštis, ledui ištirpus? Analizuoti atvejus: a) ledas visas paniręs žibale; b) dalis ledo iškilusi į paviršių.

a. Kai žibalas apsemia visą ledą, atsakymas aiškus: ledui ištirpus, žibalo lygis nusileis.



1.23 pav.

b. Panagrinėkime atvejį, kai žibalas apsemia ne visą ledą.

Vandens ir žibalo paviršių aukštį, prieš ledui ištirpstant, pažymėkime atitinkamai: h_1, h; tankį – ρ_v ir $\rho_ž$ (1.23 pav.), o ledui ištirpus h_1', h'.

Jei ledas plaukiotų tik vandenyje, tai, ledui ištirpus, vandens lygis nepasikeistų. Užpylus ant vandens žibalo, ledas iš vandens kiek pakyla. Ledui ištirpus, susidaręs vanduo jau nebetelpa vandens, kurį ledas buvo išstūmęs, tūryje, todėl vandens lygis inde pakyla:

$$h_1' > h_1.$$

Ledui tirpstant, slėgimas į indo dugną nekinta, nes jis lygus visų inde esančių kūnų sunkio ir dugno ploto santykiui. Antra vertus, galima parodyti (siūlome tai padaryti savarankiškai), kad, kūnui plūduriuojant, tas slėgimas priklauso tik nuo skysčio tankio ir jo paviršiaus aukščio, lyg plūduriuojančio kūno visai nebūtų (tik skysčio aukštis bus pakitęs). Todėl galime rašyti:

$$\rho_v g h_1 + \rho_ž g (h - h_1) = \rho_v g h_1' + \rho_ž g (h' - h_1').$$

Pertvarkius

$$(\rho_v - \rho_ž)(h_1' - h_1) = \rho_ž (h - h').$$

Kairioji šios lygybės pusė yra teigiama. Todėl turi būti

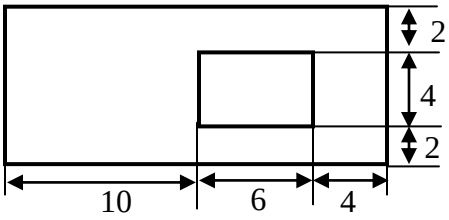
$$h > h'.$$

Vadinasi, <u>žibalo paviršiaus aukštis nusileis</u>.

Atsakymas: žibalo paviršiaus aukštis nusileis.

I TURO UŽDUOTYS

1. Nustatykite, kur yra vienalytės plokštelės su išpjova sunkio centras. 1.24 pav. pateikti plokštelės matmenys centimetrais.

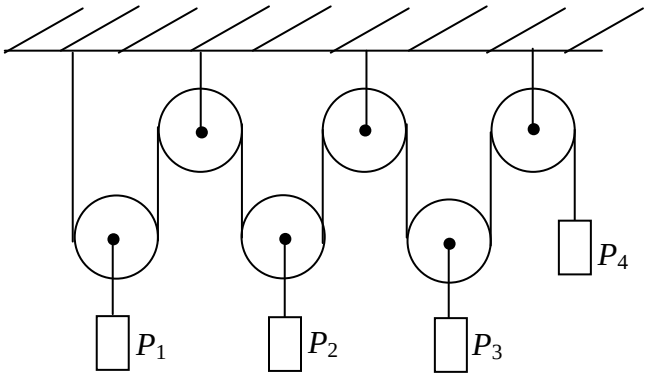


1.24 pav.

2. Svertas yra pusiausviras, kai didesnės jėgos veikimo taškas yra toliau nuo atramos taško, negu mažesnės jėgos veikimo taškas. Nubraižykite ir paaiškinkite tokio sverto veikimą.

3. *Eksperimentinė užduotis.* Turite: 20 ct ir 5 ct monetas, milimetrinę liniuotę, pieštuką. Kuri moneta ir kiek kartų sunkesnė?

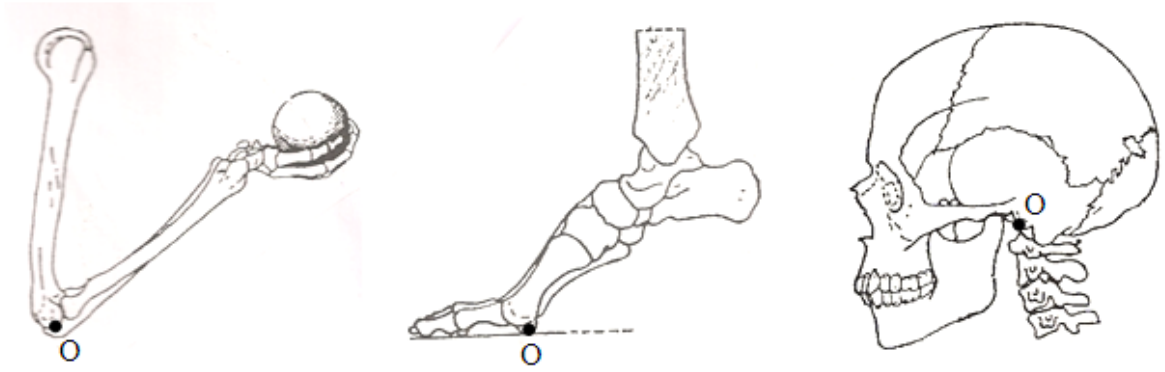
4. Turime sistemą, sudarytą iš trijų kilnojamųjų ir trijų nekilnojamųjų skridinių (1.25 pav.). Kokio P_4 svorio pasvarą reikia užkabinti, kad sistema būtų pusiausvira? Pasvarų svoriai $P_1 = P_2 = P_3 = 2$ N.



1.25 pav.

5. Kilnojamuoju skridiniu keliant m = 77 kg masės krovinį, virvė traukiama F = 550 N jėga. Koks kilnojamojo skridinio naudingumo koeficientas?

6. Svertas taikomas ne tik technikoje, jo veikimo principas pasireiškia ir gyvojoje gamtoje. Pritaikykite sverto taisyklę žmogaus rankai, pėdai, galvai (1.26 pav.). Nubraižykite svertus, pažymėdami atramos tašką ir veikiančias jėgas.



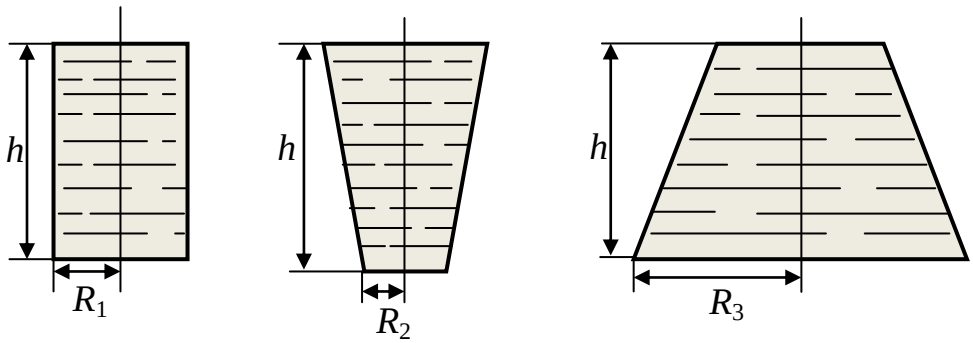
1.26 pav.

7. Paaiškinkite, kaip veikia medicininė taurė. Kad „pastatytume“ medicininę taurę, turime turėti lazdelę, vatos, spirito, degtukų. Lazdelės galą apsukame vata, suvilgome spiritu, uždegame, įkišame į taurę. Tuoj ištraukiame ir taurę uždedame ant kūno. Taurė pritraukiama, oda parausta.

8. *Eksperimentinė užduotis*. Turite: aritmetinio popieriaus lapą, žirkles, jautrias svarstykles arba dinamometrą. Apskaičiuokite 1 cm^2 kvadratėlio slėgį (Pa) į delną.

9. 1648 m. Blezas Paskalis (Pascal) miesto centre įrengė barometrus su vandeniu ir vynu. Į kokį aukštį pakilo vanduo ir vynas, kai atmosferos slėgis normalus? Vandens tankis $\rho_1 = 1000$ kg/m^3, vyno – $\rho_2 = 950$ kg/m^3.

10. Trys indai, kurių kiekvieno aukštis h = 1 m, pripilti vandens (1.27 pav.). Pirmo indo skersmuo d_1 = 60 cm, $R_1 : R_2 : R_3 = 1 : ½ : 3$. Kokia slėgimo jėga veikia kiekvieno indo dugną?

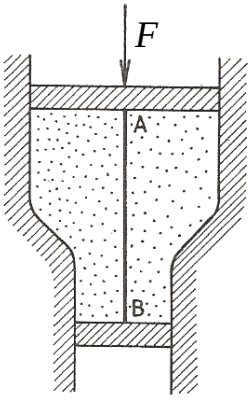


1.27 pav.

11. U formos gyvsidabrio manometro dešiniosios šakos vamzdelio skersmuo 3 kartus didesnis už kairiosios šakos vamzdelio skersmenį. Prie kurios vamzdelio šakos reikia pritaisyti slėgio pokyčio atskaitymų skalę, kad matavimo tikslumas būtų didesnis? Kiek kartų pakinta matavimų tikslumas, atskaitymų skalę pritvirtinus prie skirtingų vamzdelio šakų?

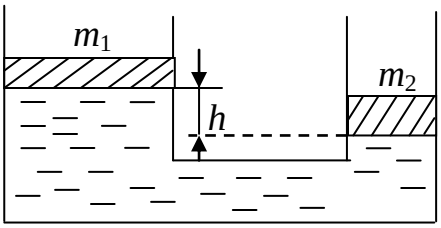
12. *Eksperimentinė užduotis*. Turite: 2 stiklines, sugeriamojo popieriaus, paprasto popieriaus, degtukų, vandens. Ant vienos stiklinės uždėkite antrą apverstą stiklinę. Ją keliant, pirmoji stiklinė palieka ant stalo. Kaip duotomis priemonėmis padaryti, kad, keliant antrąją stiklinę, kiltų ir pirmoji? Atlikite bandymą ir paaiškinkite.

13. Tarp dviejų stūmoklių, sujungtų strypu AB, yra nesvaraus skysčio (1.28 pav.). Didįjį stūmoklį veikia jėga F. Jo plotas S_1, mažojo stūmoklio plotas S_2. Koks skysčio slėgis? Atmosferos slėgio ir strypo storio nepaisykite.



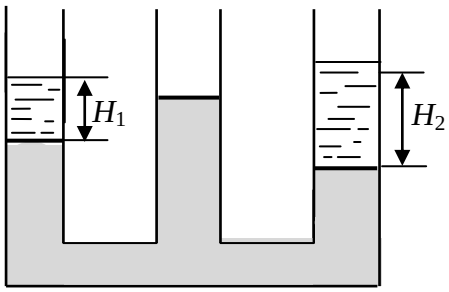
1.28 pav.

14. Į du cilindrinius susisiekiančiuosius indus pripilta vandens. Virš jo esančių stūmoklių masė m_1 = 1 kg ir m_2 = 2 kg, didžiojo skersmuo d = 30 cm. Pusiausvirų stūmoklių lygių skirtumas h = 10 cm (1.29 pav.). Kokios masės m krovinį reikia uždėti ant didžiojo stūmoklio, kad pusiausviri stūmokliai būtų viename lygmenyje?



1.29 pav.

15. Trijuose vienoduose susisiekiančiuosiuose induose buvo gyvsidabrio (1.30 pav.). Į kairįjį kraštinį indą įpiltas vanduo sudarė H_1 = 10 cm aukščio, o į dešinįjį – H_2 = 15 cm aukščio stulpelį. Kiek pakilo gyvsidabrio lygis viduriniame inde?



1.30 pav.

16. Ant dinamometro pakabinta m = 780 g geležinė detalė panardinta benzine. Kokia Archimedo jėga veikia detalę, ką rodo dinamometras?

17. Iš ko pagaminta detalė, jei ji ore sveria P = 49,5 N, o vandenyje F = 44,8 N?

18. *Eksperimentinė užduotis*. Turite: dinamometrą, indą su vandeniu, akmenį, siūlą. Šiomis priemonėmis raskite akmens tūrį.

19. V = 5 dm^3 tūrio vaikiškas oro balionas prileistas vandenilio. Prie baliono pririštas m_1 = 5 g masės krovinėlis. Koks balioną užpildžiusio vandenilio sunkis? Kokia veikianti Archimedo jėga? Kokia baliono keliamoji jėga?

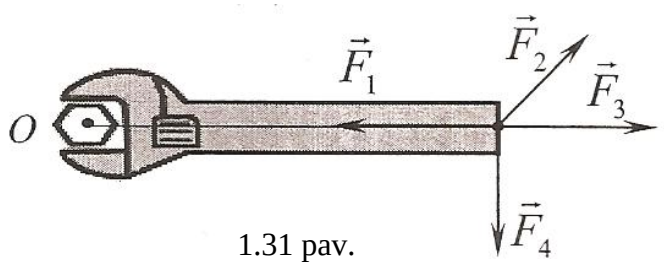
20. *Pradėkime ruoštis brandos egzaminui*. Išspręskite dvi FIZIKOS 2010 m. valstybinio brandos egzamino bendrojo kurso užduotis. Kiekvienas teisingas atsakymas vertinamas vienu tašku (žymėti tik vieną atsakymų variantą).

01. Vienodos masės vienalyčiai rutuliukai – medinis ir plastikinis – plūduriuoja vandenyje. Medžio tankis didesnis už plastiko tankį. Palyginkite rutuliukų išstumto vandens tūrį.

A Plastikinio rutuliuko išstumto vandens tūris didesnis.
B Medinio rutuliuko išstumto vandens tūris didesnis.
C Abiejų rutuliukų išstumto vandens tūris vienodas.
D Išstumto vandens tūris atvirkščiai proporcingas rutuliukų tankiams.

02. Veržlė sukama apie ašį, einančią per tašką O statmenai lapo plokštumai. Jėgų moduliai lygūs. Kurios jėgos momentas didžiausias?

A F_1
B F_2
C F_3
D F_4



1.31 pav.

II TURAS

ELEKTROMAGNETINIAI REIŠKINIAI. ELEKTROMAGNETINIAI VIRPESIAI IR BANGOS. KINTAMOJI SROVĖ

Šis „Fotono“ turas skirtas fizikos temų „Elektromagnetiniai reiškiniai“, „Elektromagnetinė indukcija“ bei „Kintamoji srovė“ pakartojimui ir gilesniam supratimui. Prieš spręsdami uždavinius, prisiminkite, kas yra nuolatiniai magnetai, magnetinis laukas, magnetinio lauko jėgų linijos, kaip nustatoma jų kryptis.

Magnetinio lauko, atsiradusio apie laidininką su srove, jėgų linijų krypčiai nustatyti pateikiama taisyklė, kartais vadinama „dešiniosios rankos taisykle“, arba vietoje jos panaudojama dešiniojo sraigto taisyklė.

Taigi, magnetinio lauko jėgų linijų krypčiai nustatyti galime taikyti šias taisykles:

1) ***dešiniosios rankos***: *jei dešiniąja ranka apimsime ritę taip, kad 4 pirštai būtų nukreipti srovės tekėjimo kryptimi, tai ištiestas nykštys rodys magnetinių linijų kryptį ritės viduje;*

2) ***dešiniojo sraigto***: *jei ritės gale sraigtą suksime srovės tekėjimo kryptimi, tai sraigtas slinks magnetinių jėgų linijų ritės viduje kryptimi.*

Jeigu uždaro kontūro ribojamą paviršių kerta kintantis magnetinis laukas, tai kontūre sukuriama indukcinė elektrovara, kuri proporcinga magnetinio srauto kitimo spartai:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t};$$

čia raide Φ pažymėtas ***magnetinis srautas***.

Magnetinis srautas yra tam tikra kiekybinė magnetinio lauko charakteristika: tai tarsi per tam tikrą plotelį (dar geriau – per ploto vienetą) praeinančių magnetinių jėgos linijų pluoštas. Kur magnetinis laukas stipresnis, ten magnetinės linijos tankesnės, ten

magnetinio srauto Φ skaitinė vertė didesnė. Jei magnetinės jėgų linijos krinta statmenai į tam tikrą plotą S, tada magnetinis srautas

$$\Phi = BS;$$

čia B yra fizikinis dydis, nusakantis magnetinio lauko intensyvumą, stiprumą tam tikrame erdvės (magnetinio lauko) taške ir vadinamas ***magnetine indukcija***. Magnetinė indukcija, kaip ir magnetinio lauko jėgų linijos, taip pat turi savo kryptį. Jos kryptis kiekviename erdvės taške sutampa su liestine magnetinei jėgos linijai ir nukreipta magnetinės jėgos linijos kryptimi tame erdvės taške. Tad žinomomis taisyklėmis nustatydami magnetinės jėgos linijos kryptį, kartu randame magnetinės indukcijos kryptį. Magnetinė indukcija matuojama teslomis ($1\mathrm{T} = \frac{1\mathrm{N}}{\mathrm{A}\cdot\mathrm{m}}$), o magnetinis srautas – vėberiais ($1\mathrm{Wb} = 1\mathrm{T}\cdot\mathrm{m}^2$).

Nagrinėjant elektromagnetinės indukcijos reiškinius svarbus yra ***elektromagnetinės indukcijos dėsnis.*** Jo esmė tokia*: indukcinė elektrovara atsiranda uždarame kontūre, kai kinta magnetinis srautas, kertantis šio kontūro ribojamą plotą.* Indukcinė elektrovara uždarame kontūre sukelia indukcinę elektros srovę.

Indukcinės elektrovaros ženklas nustatomas pagal ***Lenco taisyklę***: *indukuotoji srovė visada teka tokia kryptimi, kad jos sukurtas magnetinis laukas priešinasi priežasčiai, sukėlusiai šią srovę.* Indukcinės srovės kryptis nustatoma pagal dešiniosios rankos taisyklę. Elektrovara arba saviindukcinė elektrovara yra išreiškiama priklausomybėmis

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Čia „–“ ženklas reiškia, kad elektrovara paklūsta Lenco taisyklei, L – induktyvumas, priklausantis nuo laidininko matmenų ir formos bei aplinkos magnetinių savybių. $[L] = 1\mathrm{H}$ (henris).

Taigi, tekėdama elektros srovė sukuria magnetinį lauką. Magnetinis laukas tam tikromis sąlygomis gali sukurti elektros srovę. Tad elektriniai ir magnetiniai reiškiniai yra glaudžiai tarpusavyje susiję.

Elektromagnetinės indukcijos dėsniu pagrįstas elektros srovės generatorių, transformatorių, kitokių elektrinių įrenginių veikimas.

Nuolatinės ir kintamosios srovės tekėjimas grandinėje turi skirtumų, į kuriuos būtina atsižvelgti sprendžiant uždavinius. ***Kintamąja srove*** vadinama tokia elektros srovė, kurios stipris ir kryptis periodiškai kinta. Lietuvoje vartojamos kintamosios srovės dažnis lygus 50 Hz.

Kintamoji srovė nusakoma didžiausia (amplitudine) ir momentine vertėmis. Srovės stiprio ir įtampos vertes parodo dauguma matavimų prietaisų. Šios vertės vadinamos ***efektinėmis***. Jų santykis su amplitudinėmis yra:

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}},\ U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

Kintamoji elektros srovė yra elektrinės prigimties svyravimai. Kintamąją elektros srovę nusako tie patys fizikiniai dydžiai, kaip ir mechaninį svyravimą.

- ✓ Kintamosios srovės periodas – trumpiausias laikas *T*, po kurio pasikartoja srovės kryptis ir stipris. $T = \frac{1}{f}$, $[T] = 1$ s.
- ✓ Kintamosios srovės dažnis f parodo, kiek srovės kitimo ciklų įvyksta per 1 s. Tai yra periodui atvirkščias dydis: $f = \frac{1}{T}$, $[f] = 1\ \mathrm{s}^{-1} = 1$ Hz.

Perduodant elektros energiją neišsiverčiama be transformatorių, kurių veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos reiškiniu. Transformatoriai gali būti žeminimo (transformacijos koeficientas $k > 1$) ir aukštinimo (transformacijos koeficientas $k < 1$). Transformacijos koeficientas yra lygus

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2};$$

čia U_1 ir U_2 įtampos efektinės vertės pirminėje ir antrinėje apvijoje, n_1 ir n_2 – pirminės ir antrinės apvijos vijų skaičius.

Periodiški magnetinio lauko ir elektrinio lauko stiprio kitimai vadinami **elektromagnetiniais virpesiais.** Elektriniai virpesiai gaunami virpesių kontūre, kurį sudaro kondensatorius ir prie jo plokštelių prijungta ritė.

Kondensatoriaus elektrinę talpą *C* išreiškiame vienos plokštelės krūvio modulio ir įtampos tarp plokštelių santykiu:

$$C = \frac{q}{U}.$$

Jei kondensatoriui suteikus 1 C krūvį įtampa tarp jo plokštelių pakinta 1 V, kondensatoriaus talpa lygi 1 faradui. [*C*] = 1 F.

Fotoniečiui pravartu būtų žinoti, kad plokščiojo kondensatoriaus talpa

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d};$$

čia $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \frac{\text{F}}{\text{m}}$ yra vakuumo ***dielektrinė skvarba*** (elektrinė konstanta), ε – dielektrinė medžiagos skvarba arba santykinė skvarba, *S* – kondensatoriaus plokštelių plotas, o *d* – atstumas tarp plokštelių.

Neturint reikiamos talpos kondensatoriaus, jį galima pabandyti surinkti iš kitų kondensatorių, juos jungiant į bateriją lygiagrečiai arba nuosekliai. Lygiagrečiai sujungtų kondensatorių bendra talpa

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots;$$

o nuosekliai

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots .$$

Virpesių kontūre vykstančių elektromagnetinių virpesių periodas priklauso nuo kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo. Jį galima skaičiuoti pagal vadinamąją ***Tomsono formulę***:

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

Energijos nuostoliai virpesių kontūre patiriami ne vien dėl jo laidų šilimo, dalis energijos išspinduliuojama į aplinką ***elektromagnetinėmis bangomis.***

Elektromagnetinės bangos – tai erdvėje sklindantys susiję kintamieji elektrinis ir magnetinis laukai. Kintantis laike elektrinis laukas sukuria magnetinį lauką. Pastarasis taip pat kinta laike ir savo ruožtu kuria kintamą elektrinį lauką. Tokiu būdu tarpusavyje susiję elektrinis ir magnetinis laukai keliauja erdve ir, kas labai svarbu taikomąja prasme, perneša energiją.

Sklindančios elektromagnetinės bangos laukai pasižymi periodiškumu (periodiškai atsikartoja) tiek laike, tiek erdvėje. Bangos periodiškumą laike nusako jos dažnis f, parodantis, kiek lauko kitimo periodų įvyksta per laiko vienetą (sekundę).

Nuotolis, per kurį banga atsikartoja erdvėje, vadinamas bangos ilgiu λ. Jis priklauso nuo periodo T ir nuo bangos sklidimo greičio v:

$$\lambda = vT.$$

Bangos sklidimo greitį v lemia tik erdvės, kurioje sklinda banga, savybės:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}},$$

t. y. erdvės absoliutinė dielektrinė skvarba ε ir absoliutinė magnetinė skvarba μ. Tuštumoje (vakuume) banga sklinda didžiausiu įmanomu greičiu – šviesos greičiu c:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Taigi, elektromagnetinės bangos turi labai platų dažnių (arba bangos ilgių) spektrą ir didelį plitimo greitį $v = c \approx 300\,000\,000$ m/s $= 3 \cdot 10^8$ m/s.

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

4000 vijų rite gauta 16 kV indukuotoji elektrovara. Kokia sparta kito ritę veriantis magnetinis srautas?

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	$\varepsilon = 16\,\text{kV} = 16000\,\text{V}$ $n = 4000$

Indukcinė elektrovara ritėje yra lygi

$$\varepsilon = -n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \qquad (1)$$

Minuso ženklas reiškia, kad indukcinė elektrovara paklūsta Lenco taisyklei, tai šiuo atveju mes į jį nekreipsime dėmesio.

Magnetinio srauto pokytis

$$\Delta\Phi = \frac{\varepsilon \cdot \Delta t}{n}, \qquad (2)$$

srauto kitimo pokytis

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{n}. \qquad (3)$$

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 4\,\text{Wb}.$$

Atsakymas: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 4\,\text{Wb}$.

2 pavyzdys

Elektromagnetinis kontūras sukuria vakuume 150 m ilgio elektromagnetines bangas. Kokia yra kontūro talpa, jeigu induktyvumas lygus 0,25 mH, o aktyviosios varžos galima nepaisyti?

C	$\lambda_1 = 150\,\text{m}$ $L = 0{,}25\,\text{mH} = 0{,}25\cdot 10^{-3}\,\text{H}$ $c = 3\cdot 10^8\,\text{m/s}$

Prisiminkime kontūre vykstančių virpesių dažnio formulę

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \qquad (1)$$

bei bangos ilgio išraišką

$$\lambda = \frac{c}{f}. \qquad (2)$$

Gauname

$$\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}. \qquad (3)$$

Iš šios išraiškos gauname kondensatoriaus talpą

$$C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}. \qquad (4)$$

$$C = 2{,}54 \cdot 10^{-11}\ \text{F} = 25{,}4\ \text{pF}.$$

Atsakymas: C = 25,4 pF.

3 pavyzdys

Vienalyčiame *B* = 0,1 T indukcijos magnetiniame lauke greičiu *v* = 15 m/s tolygiai juda *ℓ* = 10 cm ilgio laidininkas. Magnetinė indukcija su laidininko judėjimo greičiu sudaro *α* = 90º kampą. Apskaičiuokite laidininke indukuotą elektrovarą.

ε	$\ell = 10\ \text{cm} = 0{,}1\ \text{m}$ $B = 0{,}1\ \text{T}$ $v = 15\ \text{m/s}$ $\alpha = 90^\circ$

Indukcinė elektrovara laidininke yra lygi

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \qquad (1)$$

Minuso ženklas reiškia, kad indukcinė elektrovara paklūsta Lenco taisyklei, tai šiuo atveju mes į jį nekreipsime dėmesio.

Magnetinio lauko srauto pokytis lygus

$$\Delta\Phi = B\Delta S = B\cdot\ell\cdot\Delta x. \qquad (2)$$

(2) įrašę į (1) gauname

$$\varepsilon = \frac{B\ell\Delta x}{\Delta t}. \qquad (3)$$

Žinome, kad judėjimo greitis lygus

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}. \qquad (4)$$

(4) įrašę į (3) gauname

$$\varepsilon = B\ell v. \qquad (5)$$

$$\varepsilon = 0{,}15\ \text{V}.$$

Atsakymas: $\varepsilon = 0{,}15\ \text{V}$.

4 pavyzdys

Du virpesių kontūrai sudaryti iš vienodų ričių ir kondensatorių. Į antrojo kontūro ritę įdedama geležinė šerdis, tuomet šios ritės induktyvumas padidėjo *n* = 9 kartus. Raskite šių kontūrų virpesių rezonansinių dažnių santykį $\frac{f_2}{f_1}$, kai abiejų virpesių kontūrų kondensatorių talpos yra vienodos?

$\frac{f_2}{f_1}$	$n = 9$ $L_2 = nL_1$ $C_1 = C_2 = C$

Ritės induktyvumas be šerdies – L_1, o ritės induktyvumas su geležine šerdimi – $L_2 = nL_1$. Virpesių kontūro virpesių periodas

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \qquad (1)$$

Bangos ilgis lygus $\lambda = cT$, tai gauname

$$\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}. \qquad (2)$$

Rezonansiniai bangos ilgiai abiem kontūrams yra lygūs

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{L_1 C}\,, \qquad (3)$$

$$\lambda_2 = 2\pi c\sqrt{L_2 C}\,, \qquad (4)$$

C – kondensatoriaus talpa, kuri pagal sąlygą abiejų kontūrų kondensatorių yra vienoda.

Padaliję (3) ir (4) lygtis vieną iš kitos, gauname

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{L_1 C}}{2\pi c\sqrt{L_2 C}} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}}\,. \qquad (5)$$

Iš sąlygos žinome, kad $L_2 = nL_1$, tai

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}} = \frac{1}{\sqrt{n}}\,. \qquad (6)$$

Jei f_1 ir f_2 – rezonansiniai dažniai, tai $\lambda_1 = \frac{c}{f_1}$ ir $\lambda_2 = \frac{c}{f_2}$. Įrašę šias išraiškas gauname

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{\sqrt{n}}\,. \quad \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{\sqrt{9}} = \frac{1}{3}\,. \qquad (7)$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{3}\,.$$

Atsakymas: $\frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{3}$.

5 pavyzdys

Apšvietimo tinklo įtampa – 220 V. Kokiai įtampai turi būti apskaičiuota laidų izoliacija?

U_m	$U_{ef} = 220\,\text{V}$

Įtampos efektinė vertė yra mažesnė už amplitudinę vertę $\sqrt{2}$ karto, nes

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \qquad (1)$$

Iš čia įtampos amplitudinė vertė, t. y. įtampos maksimalioji vertė, lygi

$$U_m = U_{ef}\sqrt{2}. \qquad (2)$$

$$U_m = 220\text{V} \cdot \sqrt{2} = 220\,\text{V} \cdot 1{,}414 = 311{,}1\,\text{V}.$$

$$U_m = 311{,}1\,\text{V}.$$

Atsakymas: $U_m = 311{,}1\,\text{V}$.

6 pavyzdys

Kokiu bangos ilgiu sklinda elektromagnetinės bangos, jeigu jų dažnis yra $3 \cdot 10^6$ Hz?

λ	$f = 3 \cdot 10^6$ Hz
	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Elektromagnetinių bangų ilgis

$$\lambda = \frac{c}{f}. \qquad (1)$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 10^6\,Hz} = 100\,\text{m}.$$

Atsakymas: λ = 100m.

II TURO UŽDUOTYS

1. Metalinis žiedas, kurio spindulys $R = 5$ cm, yra $B = 0{,}012\,\mathrm{T}$ indukcijos magnetiniame lauke. Jis orientuotas statmenai magnetinio lauko indukcijos jėgų linijoms. Žiedui pašalinti iš magnetinio lauko prireikė $\Delta t = 0{,}025\,\mathrm{s}$. Kokia vidutinė elektrovara indukuojasi metaliniame žiede?

2. Ritę sudaro 1000 vijų. Jos skerspjūvio plotas yra 10 cm^2. Rite teka elektros srovė, sukurianti 1,5 T magnetinį lauką. Apskaičiuokite vidutinę indukcinę elektrovarą, sukuriamą ritėje, kai srovė sumažėja iki nulio per 500 μs.

3. Ritėje srovės stiprio kitimo sparta yra $50\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{s}}$. Kokio induktyvumo yra ritė, jei joje sužadinama 0,08 V saviindukcinė elektrovara?

4. Elektromagnetinė banga, kurios dažnis $f = 5$ MHz, sklinda iš nemagnetinės aplinkos, kurios dielektrinė skvarba $\varepsilon = 2$, į vakuumą. Nustatykite, kokiu dydžiu pakito elektromagnetinės bangos ilgis.

5. Virpesių kontūrą sudaro 31 mH induktyvumo ritė ir plokščiasis kondensatorius, kurio plokštelės plotas S = 20 cm^2, o atstumas tarp plokštelių d = 1 cm. Kam lygi tarp plokštelių esančios medžiagos dielektrinė skvarba, jei kontūre srovės stiprio amplitudė yra 0,2 mA ir įtampos amplitudė 10 V?

6. Virpesių kontūro kondensatoriaus talpa padidinta $0{,}08\,\mu\mathrm{F}$. Tuomet šiame kontūre vykstančių elektromagnetinių virpesių dažnis sumažėja 3 kartus. Nustatykite pradinę kondensatoriaus talpą, kai ritės induktyvumas nekinta.

7. Kokiu dažniu laivas perduoda nelaimės signalą SOS, jei pagal tarptautinius susitarimus radijo bangos ilgis turi būti 600 m?

8. Transformatorius, kurio pirminėje apvijoje yra 850 vijų, didina įtampą nuo 220 V iki 660 V. Apskaičiuokite transformacijos koeficientą ir antrinės apvijos vijų skaičių. Kurioje apvijoje srovės stipris yra didesnis?

9. Transformatoriaus pirminėje apvijoje teka 0,5 A stiprio srovė, o gnybtuose yra 220 V įtampa. Antrinėje apvijoje teka 11 A stiprio srovė, įtampa – 9,5 V. Apskaičiuokite transformatoriaus naudingumo koeficientą?

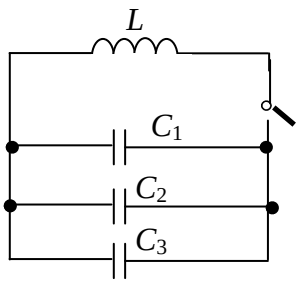
10. Transformatoriaus pirmine apvija tekančios srovės galia yra 90 W. Kokio stiprio srovė teka antrinėje apvijoje, jei antrinės apvijos gnybtų įtampa yra 12 V ir transformatoriaus naudingumo koeficientas lygus 75 %?

11. Kokiu atstumu nuo radiolokatoriaus yra lėktuvas, jei signalas atsispindėjęs nuo jo grįžo po $t = 0{,}2$ ms?

12. 80 vijų ritėje per 1,5 s sužadinta 12 V elektrovara. Koks magnetinio srauto pokytis? Kokia magnetinio srauto kitimo sparta?

13. Trys vienodi 8 pF talpos kondensatoriai įkraunami ir prijungiami prie 10 μH induktyvumo ritės. Apskaičiuokite virpesių kontūro elektromagnetinių virpesių periodą ir dažnį, jei kondensatoriai sujungti: a) nuosekliai, b) lygiagrečiai.

14. Nustatykite virpesių kontūro, pavaizduoto 2.1 pav., savųjų virpesių periodą ir dažnį, jei ritės induktyvumas yra $L = 3 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{H}$, o kondensatorių talpos lygios $C_1 = C_2 = C_3 = 10^{-6}\,\mathrm{F}$.



2.1 pav.

15. Kokio ilgio bangoms priimti nustatytas radijo imtuvas, jei ritės induktyvumas yra $0{,}2\,\mathrm{mH}$? Virpesių kontūro srovės stiprio amplitudė lygi $0{,}1\ \mathrm{A}$, o įtampos amplitudė lygi 200 V.

16. Lietuvoje elektros energija perduodama 35 kV, 110 kV ir 330 kV linijomis. Kokia turi būti linijos izoliatoriaus įtampa?

17. Tono *la* garso dažnis $f = 440\,\mathrm{Hz}$ ore, o bangos ilgis ore $\lambda = 75\,\mathrm{cm}$. Strypu brūkštelėjus per smuiko stygą, aidas išgirstas $s = 660\,\mathrm{m}$ atstumu nuo esančios kliūties. Raskite garso sklidimo greitį ir laiką, per kurį išgirstas aidas.

18. Radijo imtuvo vidutinių bangų diapazonas yra nuo 150 m iki 600 m ilgio. Kokiu intervalu kinta, priimant šio diapazono bangas, priimamų signalų dažnis?

19. Ritės induktyvumas $L = 0{,}8\,\mathrm{H}$. Įjungus grandinę ir srovės stipriui ritėje pasiekus $0{,}25\,\mathrm{A}$ vertę, joje susidarė $\mathcal{E} = 0{,}2\,\mathrm{V}$ saviindukcinė elektrovara. Apskaičiuokite srovės kitimo trukmę ritėje.

20. Kondensatorių prijungė prie U = 100 V įtampos šaltinio ir jame sukaupė q = 2 mC krūvį. Atjungę kondensatorių nuo įtampos šaltinio, jį prijungė prie L = 10 mH induktyvumo ritės. Kokio dažnio elektromagnetiniai virpesiai atsirado kontūre?

III TURAS

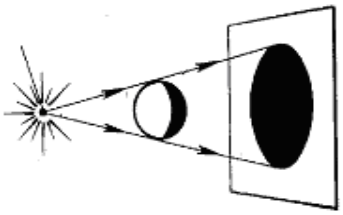
ŠVIESOS SKLIDIMAS. FOTOMETRIJA. LĘŠIAI IR OPTINIAI PRIETAISAI

Metodiniai nurodymai

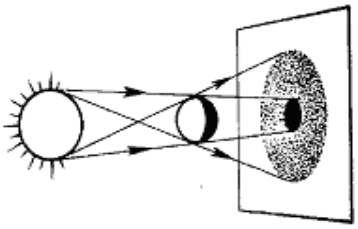
Šviesos sklidimo kryptį nurodo ***spinduliai*** – linijos, kuriomis sklinda šviesa.

Optikos skyrius, kuriame, remiantis šviesos spindulio sąvoka, nagrinėjami šviesos energijos sklidimo skaidriose aplinkose dėsniai, vadinamas ***geometrine optika***.

Vienalytėje aplinkoje šviesa sklinda tiesiai. Tiesiaeigiu šviesos sklidimu aiškinamas šešėlių susidarymas (3.1, 3.2 pav.).



3.1 pav.



3.2 pav.

Elektromagnetines bangas, kurių ilgis vakuume yra nuo 0,4 μm iki 0,7 μm (1 μm = 1 · 10^{-6} m), žmogaus akies tinklainė suvokia kaip šviesą. Todėl tos bangos vadinamos ***regimąja spinduliuote,*** arba trumpiau – ***šviesa.*** Vienalytėse terpėse šviesa sklinda tiesiai ir tolygiai.

Šviesos energiją tiriantis optikos skyrius vadinamas ***fotometrija.***

Fotometrijoje pagrindiniai dydžiai yra šviesos srautas, šaltinio šviesos stipris ir paviršiaus apšvieta.

Sklindančios šviesos pernešamai energijai apibūdinti vartojama ***šviesos srauto*** sąvoka. Šviesos srautas Φ nusako, kokį energijos kiekį šviesa atneša į kūno paviršiaus plotą per vieną sekundę.

Šviesos srauto matavimo vienetas vadinamas liumenu.

$$[\Phi] = 1\ \ell\text{m}.$$

Šviesos stipris I yra fizikinis dydis, apibūdinantis šaltinio spinduliavimo intensyvumą. Šviesos stiprio matavimo vienetas vadinamas kandela.

$$[I] = 1 \text{ cd}.$$

Paviršiaus ***apšvieta E*** vadinamas vienetiniam paviršiaus plotui tenkantis šviesos srautas:

$$E = \frac{\Phi}{S};$$

čia Φ – šviesos srautas, S – paviršiaus plotas. Apšvietos matavimo vienetas vadinamas liuksu.

$$[E] = 1\,\ell\text{x} = 1\frac{\ell\text{m}}{\text{m}^2}.$$

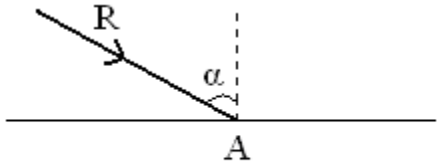
Šviesai krintant statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiog proporcinga šviesos stipriui I ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo taško kvadratui:

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

Jeigu šviesa krinta kampu $\alpha \neq 0^0$, tai paviršiaus apšvieta išreiškiama formule:

$$E = \frac{I}{R^2}\cos\alpha;$$

čia kampas α, vadinamas ***kritimo kampu***, yra tarp spindulio ir statmens paviršiui, iškelto taške A (3.3 pav.).

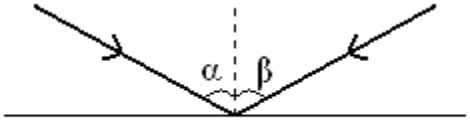


3.3 pav.

Šviesai atsispindint nuo lygių paviršių (veidrodinis atspindys) galioja ***atspindžio dėsnis:***

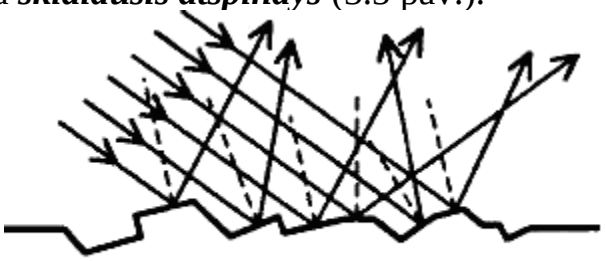
Krintantysis ir atsispindėjęs spindulys bei statmuo veidrodiniam paviršiui, iškeltas spindulio kritimo taške, yra vienoje plokštumoje.

Atspindžio kampas lygus spindulio kritimo kampui: $\alpha = \beta$ (3.4 pav.).



3.4 pav.

Nuo nelygių paviršių šviesa, kritusi lygiagrečių spindulių pluoštu, atsispindi visomis kryptimis – vyksta ***sklaidusis atspindys*** (3.5 pav.).



3.5 pav.

Tam tikro dažnio šviesos banga sklinda įvairiomis terpėmis greičiu, kurį nulemia tos terpės savybės.

Absoliutinis ***lūžio rodiklis n*** išreiškiamas šviesos greičio *c* vakuume ir šviesos greičio *v* terpėje santykiu:

$$n = \frac{c}{v}.$$

Jis parodo, kiek kartų šviesos greitis c vakuume yra didesnis už šviesos greitį *v* atitinkamoje terpėje.

Kadangi *v* priklauso nuo spinduliuotės dažnio, tai, jam kintant, kinta ir lūžio rodiklis.

Kai šviesa pereina dviejų skaidrių terpių ribą, pasikeičia spindulio kryptis – vyksta **šviesos *lūžimas.*** Šviesos lūžimo dėsnis formuluojamas taip:

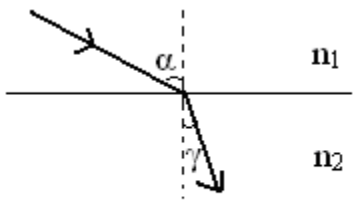
Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje.

Kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis toms dviem terpėms yra pastovus dydis:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2};$$

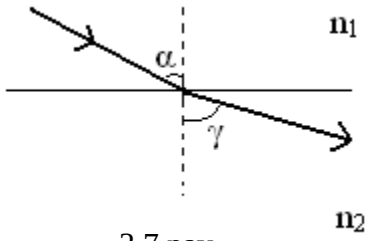
čia n_{21} – santykinis lūžio rodiklis (arba antrosios terpės lūžio rodiklis pirmosios terpės atžvilgiu), n_2, n_1 – antrosios ir pirmosios terpės absoliutinis lūžio rodiklis, v_1 ir v_2 – šviesos greitis pirmojoje ir antrojoje terpėje.

Šviesai pereinant iš terpės, kurios lūžio rodiklis mažesnis, į terpę su didesniu lūžio rodikliu, lūžio kampas yra mažesnis už kritimo kampą, t. y. jeigu $n_2 > n_1$, tai $\gamma < \alpha$. Šiuo atveju lūžęs spindulys priartėja prie statmens terpes skiriančiam paviršiui (3.6 pav.).



3.6 pav.

Ir atvirkščiai, šviesai pereinant iš terpės, kurios lūžio rodiklis yra didesnis, į terpę su mažesniu lūžio rodikliu, lūžio kampas yra didesnis už kritimo kampą, t. y. jeigu $n_1 > n_2$, tai $\gamma > \alpha$. Lūžęs spindulys nutolsta nuo statmens terpes skiriančiam paviršiui (3.7 pav.).



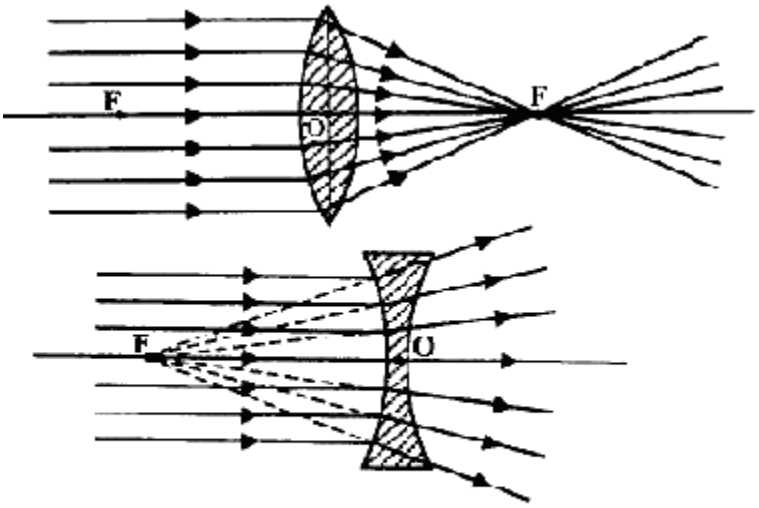
3.7 pav.

Šiuo atveju yra tam tikras ribinis kritimo kampas α_0, atitinkantis lūžio kampą $\gamma = 90^0$.

Kritęs didesniu už ribinį kampu, spindulys nelūš, jis tik atsispindės visiškuoju atspindžiu. Kampas α_0 vadinamas ***ribiniu visiškojo atspindžio kampu*.** Jis priklauso nuo santykinio lūžio rodiklio. Jeigu antroji aplinka yra oras, tai ribinis visiškojo atspindžio kampas randamas iš formulės:

$$\sin\alpha_0 = \frac{1}{n_1}.$$

Skaidrus kūnas, apribotas dviejų sferinių paviršių, vadinamas ***lęšiu***. Lęšiai yra glaudžiamieji ir sklaidomieji (3.8 pav.).



3.8 pav.

Spinduliai, lygiagretūs su pagrindine optine ašimi, perėję glaudžiamąjį lęšį, susikerta taške, vadinamame ***pagrindiniu židiniu*.** Spinduliai, lygiagretūs su pagrindine optine ašimi, perėję sklaidomąjį lęšį, sklinda prasiskleidžiančiu spindulių pluoštu, o šių spindulių tęsiniai susikerta židinyje, esančiame prieš lęšį. Atstumas nuo lęšio optinio centro iki židinio vadinamas ***židinio nuotoliu.***

Lęšio laužiamoji geba D yra dydis, atvirkščias lęšio pagrindinio židinio nuotoliui *F*:

$$D = \frac{1}{F}.$$

Laužiamosios gebos vienetas – ***dioptrija (D).***

$$[D] = 1\,\mathrm{D} = \frac{1}{\mathrm{m}} = 1\,\mathrm{m}^{-1}.$$

Glaudžiamųjų lęšių laužiamoji geba yra teigiama, sklaidomųjų – neigiama.

Jei optinę sistemą sudaro keli lęšiai, tai sistemos laužiamoji geba lygi lęšių laužiamųjų gebų sumai:

$$D = D_1 + D_2 + \ldots$$

Plonojo lęšio formulė užrašoma taip:

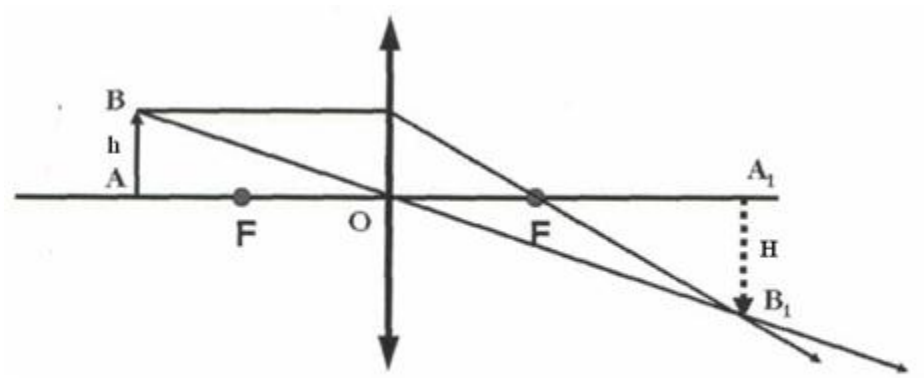
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D;$$

čia d – atstumas nuo daikto iki lęšio, f – atstumas nuo lęšio iki atvaizdo, F – židinio nuotolis, D – lęšio laužiamoji geba. Kai atvaizdas tikras, f yra teigiamas (f >0), kai menamas, f rašomas su minuso ženklu (f < 0). Sklaidomojo lęšio židinio nuotolis yra neigiamas (F < 0), o glaudžiamojo – teigiamas (F > 0).

Lęšio tiesiniu didinimu Γ vadinamas atvaizdo ir daikto linijinių matmenų santykis (3.9 pav.):

$$\Gamma = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{H}{h} \qquad \text{arba} \quad \Gamma = \frac{|f|}{|d|};$$

čia $A_1B_1 = H$ – atvaizdo aukštis, $AB = h$ – daikto aukštis, f – atstumas nuo atvaizdo iki lęšio, d – atstumas nuo daikto iki lęšio.



3.9 pav.

- Kuo ***didesnis*** atstumas nuo lęšio iki atvaizdo lyginant su atstumu nuo lęšio iki daikto, tuo didesnis lęšio didinimas.
- Jei optinę sistemą sudaro ***keli lęšiai***, tai sistemos tiesinis didinimas:

$$\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 \cdot \Gamma_3 \cdot \ldots$$

Γ_1 – pirmojo lęšio didinimas, Γ_2 – antrojo lęšio didinimas, Γ_3 – trečiojo lęšio didinimas ir t. t.

Baltos šviesos skaidymasis į spektrą vadinamas ***dispersija.***

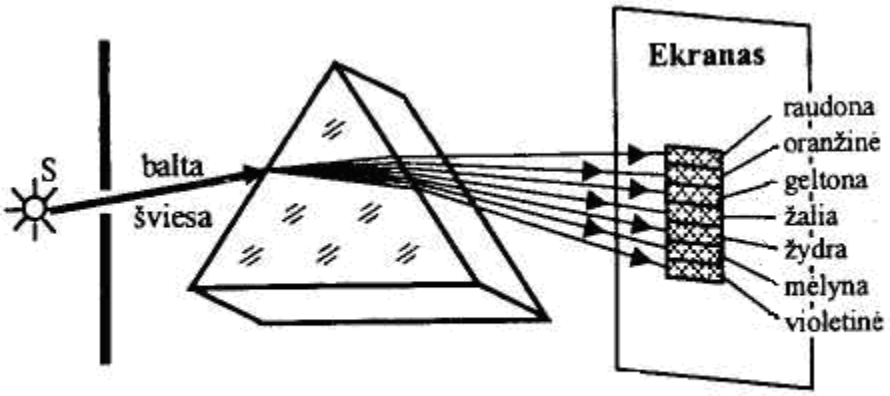
Šviesos dispersija – tai aplinkos lūžio rodiklio priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio.

Skirtingų bangos ilgių šviesa tam tikroje aplinkoje sklinda skirtingais greičiais ir skirtingai lūžta.

Balta šviesa yra sudėtinė, todėl pereidama stiklinės prizmės ribą išsiskaido į septynias vaivorykštės spalvas: raudoną, oranžinę, geltoną, žalią, žydrą, mėlyną ir violetinę (3.10 pav.).

Raudonos spalvos šviesos spindulio bangos ilgis yra didžiausias ($\lambda \approx 700$ nm) ir ji perėjusi stiklinę prizmę mažiausiai lūžta.

Violetinės spalvos šviesos spindulio bangos ilgis yra mažiausias ($\lambda \approx 400$ nm) ir ji perėjusi stiklinę prizmę labiausiai lūžta.



3.10 pav.

Surinkus spalvotus spektro spindulius į vieną, vėl gaunama balta šviesa. ***Skirtingų spalvų*** šviesos spindulių ***bangos ilgiai*** (dažniai) yra nevienodi.

Monochromatinė šviesa pereidama stiklinę prizmę keičia sklidimo greitį, bangos ilgį, tačiau dažnis lieka tas pats. Nuo virpesių dažnio priklauso šviesos spindulio spalva.

Spalva – regėjimo pojūtis, kurį akyje sukelia tam tikro dažnio elektromagnetinė banga:

- neskaidrūs kūnai yra tokios spalvos, kokios spalvos spindulius jie atspindi;
- skaidrūs kūnai yra tokios spalvos, kokios spalvos spindulius jie praleidžia.

Spalvų filtravimas ir maišymas. Jei baltąja šviesa apšviečiamas spalvotas filtras, pro jį prasiskverbia tik filtro spalvos (to paties bangos ilgio intervalo) šviesa, o kitų spalvų šviesa sugeriama. Tai filtravimas, arba spalvų skaidymas. Jei tokiu būdu išskirta dviejų skirtingų spalvų šviesa nukreipiama į baltą paviršių, akimi matoma trečia spalva (dviejų spalvų mišinys). Tai suminis spalvų maišymas (spalvų sudėtis).

Bangos sklidimo greitis apskaičiuojamas:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

ir

$$v = \lambda \cdot f;$$

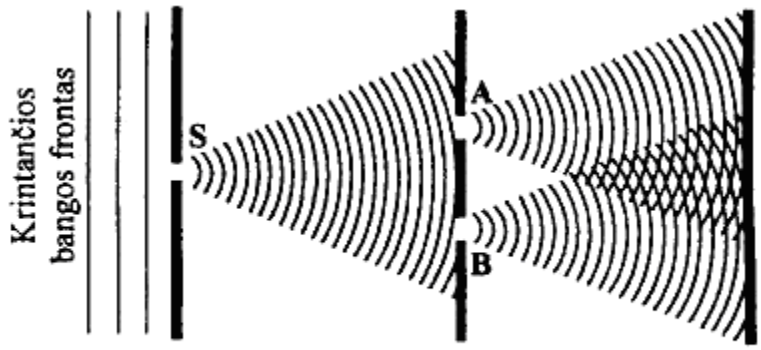
čia v – greitis, f – dažnis, T – periodas.

Vakuume bet kokio bangos ilgio šviesa sklinda tuo pačiu greičiu:

$$\nu = 299792458\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Tam tikroje terpėje (vandenyje, stikle ir t. t.) šviesos greitis mažėja priklausomai nuo sklindančios bangos ilgio.

Bangų interferencija – tai koherentinių bangų šaltinių sukeltų bangų sudėtis (3.11 pav.). ***Koherentiniais*** laikomi šaltiniai, skleidžiantys vienodo dažnio bangas, kurių fazių skirtumas laikui bėgant nekinta. Šviesos interferencijos rezultatas yra didesnis ar mažesnis šviesos stipris taške, kuriame viena banga užkloja kitą. Pastatę ekraną ten, kur koherentinės bangos užkloja viena kitą, gausime šviesių (interferencijos maksimumų) ir tamsių (interferencijos minimumų) ruožų seką.



3.11 pav.

Interferencijos ***maksimumai*** susidaro tose erdvės vietose, kur bangų eigos skirtumas lygus lyginiam pusbangių skaičiui:

$$\Delta d = 2k\frac{\lambda}{2};$$

čia k = 0, 1, 2, 3, ... – sveikasis skaičius, λ – šviesos bangos ilgis.

Interferencijos ***minimumai*** yra tose erdvės vietose, kur bangų eigos skirtumas lygus nelyginiam pusbangių skaičiui:

$$\Delta d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}.$$

Monochromatinio šaltinio spinduliams pereinant daugelio plyšių sistemą, vadinamą difrakcine gardele, gaunamas ***difrakcinis vaizdas,*** kurį sudaro interferenciniai maksimumai tamsiame fone. Kai šviesa krinta į difrakcinę gardelę, maksimumų padėtį nusako lygtis:

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda;$$

čia d – gardelės konstanta, k – maksimumo eilės numeris, λ – šviesos bangos ilgis.

Difrakcine gardele galima labai tiksliai išmatuoti bangos ilgį. Jeigu gardelės konstanta yra žinoma, tai bangos ilgį rasime, išmatavę kampą φ atitinkamo maksimumo kryptimi.

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys.

Lempa yra 2 metrų aukštyje virš stalo. Kaip pakis stalo paviršiaus apšvieta, jei lempą pakelsime dar 1 metrą į viršų?

$\frac{E_1}{E_2}$	$R_1 = 2$ m $R_2 = R_1 + 1$ m $= 3$ m

Paviršiaus apšvieta apskaičiuojama pagal formulę:

$$E = \frac{I}{R^2},$$

tai kiekvienu atveju:

$$E_1 = \frac{I_1}{R_1^2}$$

ir

$$E_2 = \frac{I_2}{R_2^2}.$$

Kadangi $I_1 = I_2$, tai

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1 R_2^2}{R_1^2 I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2};$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 2{,}25.$$

Atsakymas: apšvieta sumažės 2,25 karto.

2 pavyzdys.

Stalo paviršius iš pradžių apšviečiamas 160 cd šviesos stiprio lempa, po to – 80 cd lempa. Kiek kartų reikia sumažinti atstumą nuo lempos iki stalo, kad paviršiaus apšvieta liktų tokia pati?

n	$I_1 = 160$ cd $I_2 = 80$ cd $E_1 = E_2$ $R_1 = n \cdot R_2$

Paviršiaus apšvieta pirmuoju atveju bus lygi:

$$E_1 = \frac{I_1}{R_1^2}.$$

Antruoju atveju:

$$E_2 = \frac{I_2}{R_2^2}$$

Iš sąlygos žinome, kad $E_1 = E_2$, tai:

$$\frac{I_1}{R_1^2} = \frac{I_2}{R_2^2}.$$

Įrašome $R_1 = nR_2$

$$\frac{I_1}{R_2^2 \cdot n^2} = \frac{I_2}{R_2^2},$$

tai

$$n = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}};$$

$$n = \sqrt{2}.$$

Atsakymas: atstumą reikia sumažinti $\sqrt{2}$ karto.

3 pavyzdys.

Šviesos spindulys 30° kampu krinta į dviejų skirtingų aplinkų ribą. Pirmosios aplinkos lūžio rodiklis n_1 = 2,4. Raskite antrosios aplinkos lūžio rodiklį, jei žinoma, kad kampas tarp atsispindėjusio ir lūžusio spindulio yra status.

n_2	$n_1 = 2{,}4$ $\alpha = 30°$

Nubraižome sąlygą iliustruojantį brėžinį (3.12 pav.):

Kampas KON yra status, todėl:

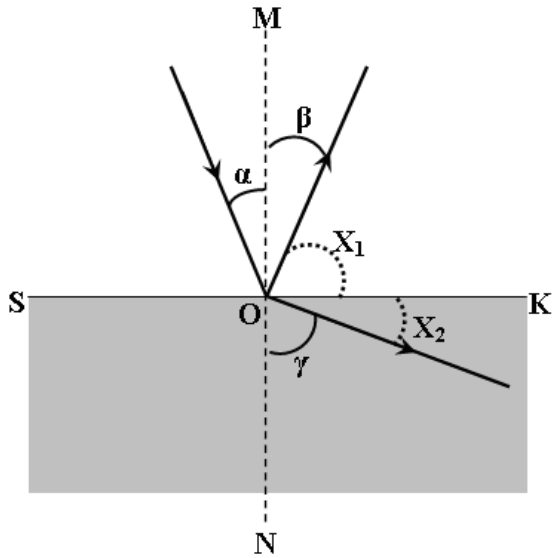
$$X_2 = 90^o - \gamma. \qquad (1)$$

Kampas MOK yra status, todėl:

$$X_1 = 90^o - \beta. \qquad (2)$$

Pagal uždavinio sąlygą kampai

$$X_1 + X_2 = 90^o. \qquad (3)$$



3.12 pav.

Į (3) formulę įrašome (1) ir (2) formules:

$$90^o - \gamma + 90^o - \beta = 90^o;$$

$$\gamma + \beta = 90^o.$$

Pagal atspindžio dėsnį $\alpha = \beta$, tai:

$$\gamma + \alpha = 90^o,$$

iš čia

$$\gamma = 90^o - \alpha = 60^o,$$

$$\gamma = 60^o.$$

Užrašome šviesos spindulio lūžio dėsnį:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1};$$

n_1 – pirmosios aplinkos lūžio rodiklis, n_2 – antrosios aplinkos lūžio rodiklis.

$$n_2 = \frac{\sin\alpha \cdot n_1}{\sin\gamma};$$

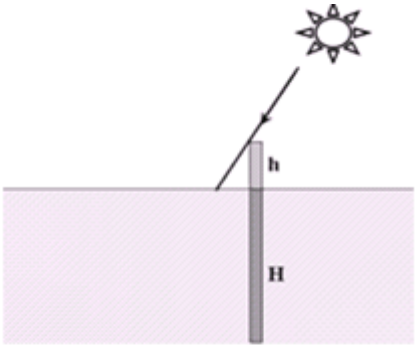
$$n_2 \approx 1{,}39.$$

Atsakymas: $n_2 \approx 1{,}39.$

4 pavyzdys.

Į 2 metrų gylio ežero dugną įkaltas stulpas, kurio 0,5 m kyšo iš vandens (3.13 pav.). Apskaičiuokite, kokio ilgio yra stulpo šešėlis ežero dugne, jei Saulės spinduliai krinta 70° kampu į vandens paviršių.

AC	$H = 2$ m $h = 0{,}5$ m $\beta = 70°$ $n = 1{,}33$



3.13 pav.

Saulės spindulys, pasiekęs vandens paviršių, lūžta. Taikome šviesos lūžio dėsnį:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma},$$

čia

$$\alpha = 90^\circ - \beta,$$

$$\alpha = 20^\circ.$$

Iš čia

$$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n} = \frac{\sin 20^\circ}{1{,}33} = 0{,}2571;$$

$$\gamma = \arcsin(0{,}2571) \approx 15^\circ;$$

$$\gamma \approx 15^\circ.$$

Iš brėžinio (3.14 pav.) matome, kad stulpo šešėlio ilgis yra *AC*. Jis lygus:

$$AC = AB + BC,$$

čia

$$AB = H \cdot tg\gamma,$$

o

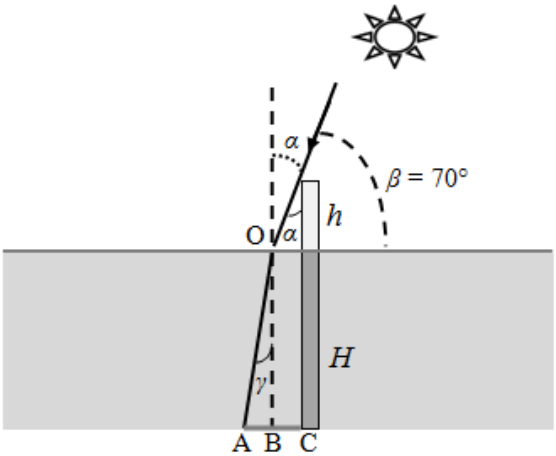
$$BC = h \cdot tg\alpha.$$

Tuomet:

$$AC = H \cdot tg\gamma + h \cdot$$

Apskaičiuojame:

$$AC \approx 0{,}71\,\text{m}.$$



3.14pav.

Atsakymas: $AC \approx 0{,}71\,\text{m}.$

5 pavyzdys

Virš ežero pakyla raudona signalinė raketa, kurios šviesos bangos ilgis λ = 0,7 μm. Koks bus šios šviesos bangos ilgis vandenyje? Kokios spalvos šviesą matys po vandeniu plaukiojantis naras? Raudonųjų spindulių lūžio rodiklis vandenyje 1,33.

λ_1	$\lambda = 0{,}7\ \mu\text{m} = 7 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$ $n = 1{,}33$

Šviesos sklidimo greitis ore lygus:

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f;$$

$$c = \lambda \cdot f,$$

iš čia:

$$\lambda = \frac{c}{f}; \qquad (1)$$

čia λ – šviesos bangos ilgis, f – šviesos bangos dažnis, c – šviesos sklidimo greitis.

Vandenyje taikome analogišką formulę:

$$\lambda_1 = \frac{v}{f}; \qquad (2)$$

čia λ_1 – šviesos bangos ilgis vandenyje, f – šviesos bangos dažnis, v – šviesos sklidimo greitis vandenyje.

Abiem atvejais dažnis bus toks pat, nes šviesos bangos dažnis nekinta pereinant į kitą aplinką.

Imame bangos ilgių santykį:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{c}{f} = n,$$

tai

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = n.$$

Iš čia

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{n} = \frac{7 \cdot 10^{-7}\ \text{m}}{1{,}33} \approx 5{,}26 \cdot 10^{-7}\ \text{m};$$

$$\lambda_1 \approx 5{,}26 \cdot 10^{-7}\ \text{m}.$$

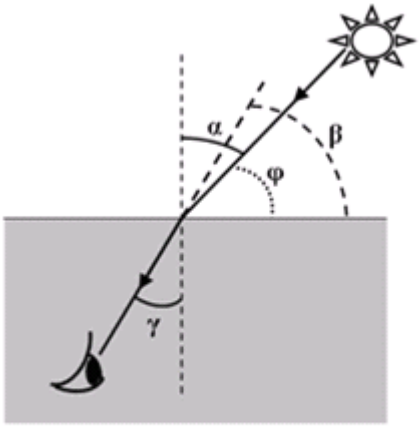
Šviesos bangos ilgis vandenyje sumažėjo, tačiau naras vis tiek matys raudoną šviesą. Akies išskiriama šviesos spalva priklauso ne nuo bangos ilgio, o nuo bangos dažnio. Kaip žinoma, bangos dažnis nepakito.

Atsakymas: naras matys raudoną šviesą.

6 pavyzdys

Po vandeniu plaukiojančiam narui atrodo, kad Saulės spinduliai krinta 60° kampu į horizontą (3.15 pav.). Apskaičiuokite Saulės kampinį aukštį virš horizonto. Vandens lūžio rodiklis 1,33.

φ	$\beta = 60°$
	$n = 1{,}33$



3.15 pav.

Jei narui atrodo, jog Saulė krinta β = 60° kampu į horizontą, tai pratęsę šį spindulį gausime, jog spindulių lūžimo kampas vandenyje γ = 30° ($\gamma = 90° - 60° = 30°$).

Taikome spindulių lūžimo dėsnį:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}.$$

Iš čia

$$\sin\alpha = n \cdot \sin\gamma.$$

Apskaičiuojame:

$$\sin\alpha = 1{,}33 \cdot \sin 30° = 1{,}33 \cdot 0{,}5 = 0{,}665;$$

$$\alpha = \arcsin 0{,}665 = 41{,}7° \approx 42°.$$

Apskaičiuojame Saulės kampinį aukštį virš horizonto:

$$\varphi = 90° - \alpha.$$

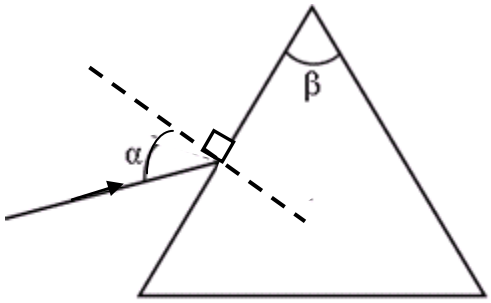
$$\varphi \approx 48°.$$

Atsakymas: $\varphi \approx 48°$.

7 pavyzdys

Į stiklinę prizmę, kurios laužiamasis kampas 45°, šviesa krinta 30° kampu (3.16 pav.). Kokiu kampu lūžęs spindulys išeina iš prizmės?

γ_1	β = 45° α = 30° n = 1,60



3.16 pav.

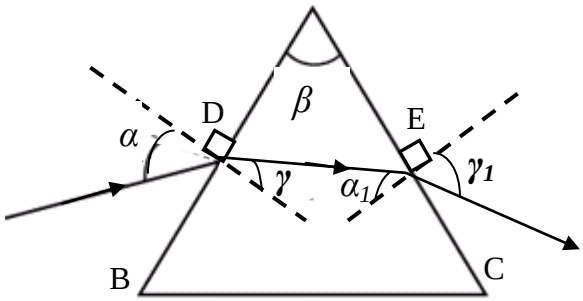
Spindulys, praėjęs pirmąją prizmės sienelę, lūžta kampu, kuris randamas pagal lūžio dėsnio formulę:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n.$$

Iš čia

$$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n} = 0{,}3125;$$

$$\gamma = 18{,}2° \approx 18°.$$



3.17 pav.

Surandame atitinkamus kampus (3.17 pav.):

$$\angle ADE = 90° - \gamma = 90° - 18° = 72°;$$

$$\angle AED = 180° - 72° - 45° = 63°;$$

$$\alpha_1 = 90° - \angle AED = 90° - 63° = 27°.$$

Apskaičiuojame kampą, kuriuo spindulys išeis iš prizmės:

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{1}{n},$$

$$\sin\gamma_1 = n\sin\alpha_1 = 0{,}7264,$$

$$\gamma_1 \approx 46°.$$

Atsakymas: $\gamma_1 \approx 46°$.

8 pavyzdys

Atstumas nuo daikto iki glaudžiamojo lęšio bei nuo lęšio iki ekrano yra vienodas ir lygus 0,5 m. Kiek kartų padidės atvaizdas ekrane, jei daiktas bus 20 cm pastumtas link lęšio? Ekrano padėtis antruoju atveju keičiama, kol bus gautas ryškus daikto atvaizdas.

n	$d_1 = f_1 = 0{,}5$ m $\ell = d_1 - d_2 = 0{,}2$ m

Naudojame plonojo lęšio formulę pirmuoju atveju:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}.$$

Kadangi

$$d_1 = f_1,$$

tai

$$F = \frac{d_1}{2}. \qquad (1)$$

Iš sąlygos turime, kad

$$d_2 = d_1 - \ell. \qquad (2)$$

Naudojame plonojo lęšio formulę antruoju atveju:

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

Į (3) formulę įrašome (1) ir (2) formules:

$$\frac{2}{d_1} = \frac{1}{d_1 - \ell} + \frac{1}{f_2}. \qquad (4)$$

Iš (4) formulės išsireiškiame f_2:

$$f_2 = \frac{d_1 \cdot (d_1 - \ell)}{d_1 - 2\ell}. \qquad (5)$$

Tiesinis didinimas pirmuoju atveju:

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} = 1.$$

Tiesinis didinimas antruoju atveju:

$$\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2}.$$

Palyginame didinimus:

$$n = \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1},$$

tai

$$n = \frac{\frac{f_2}{d_2}}{\frac{f_1}{d_1}} = \frac{f_2}{d_2}.$$

$$n = \frac{f_2}{d_2}. \qquad (6)$$

Į (6) formulę įrašome (2) ir (5) formules:

$$n = \frac{\frac{d_1 \cdot (d_1 - \ell)}{d_1 - 2\ell}}{d_1 - \ell} = \frac{d_1}{d_1 - 2\ell};$$

$$n = 5.$$

Atsakymas: $n = 5$.

9 pavyzdys

Švytintis daiktas yra *L* = 420 cm atstumu nuo ekrano. Kur reikia pastatyti glaudžiamąjį lęšį, kad atvaizdo aukštis ekrane būtų 20 kartų didesnis už daikto aukštį? Apskaičiuokite lęšio laužiamąją gebą.

d arba *f*	$\Gamma = 20$
D	$L = d + f = 420$ cm = 4,2 m.

Lęšio padėtį nusako atstumas *d* nuo švytinčio daikto iki lęšio ir atstumas *f* nuo lęšio iki ekrano.

$$L = d + f. \qquad (1)$$

Taikome didinimo formulę:

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

Iš (1) ir (2) formulių išsireiškiame f:

$$f = L - d. \qquad (3)$$

$$f = \Gamma \cdot d. \qquad (4)$$

Sulyginame formulių (3) ir (4) dešiniąsias puses:

$$L - d = \Gamma \cdot d.$$

Iš čia:

$$d = \frac{L}{\Gamma + 1};$$

$$d = 0{,}2 \text{ m}.$$

Iš (1) formulės išsireiškiame f:

$$f = L - d;$$

$$f = 4 \text{ m}.$$

Lęšio laužiamąją gebą apskaičiuojame pagal formulę:

$$D = \frac{1}{F}.$$

Tam reikia žinoti lęšio židinio nuotolį F. Taikome plonojo lęšio formulę:

$$\frac{1}{F} = D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{f + d}{d \cdot f}.$$

$$D = 5{,}25 \text{ D}.$$

Atsakymas: $d = 0{,}2$ m, $f = 4$ m, $D = 5{,}25$ D.

10 pavyzdys

Difrakcinė gardelė turi 120 rėžių 1mm atstume. Raskite monochromatinės šviesos, krintančios į difrakcinę gardelę, bangos ilgį. Kampas tarp dviejų pirmos eilės maksimumų lygus 8° (3.18 pav.).

λ	$\angle AOB = 8°$ N = 120 rėžių $\ell_1 = 1\,\text{mm}$ k = 1

Užrašome difrakcinės gardelės maksimumo susidarymo sąlygą:

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda, \text{ kai } k = 1; \qquad (1)$$

čia φ – spindulių difrakcijos kampas, d – difrakcinės gardelės konstanta, λ – bangos ilgis.

Iš brėžinio matyti, kad:

$$\varphi = \frac{8°}{2} = 4°.$$

Surandame difrakcinės gardelės konstantą:

$$d = \frac{\ell}{N} = 8{,}33 \cdot 10^{-6}\,\text{m}.$$

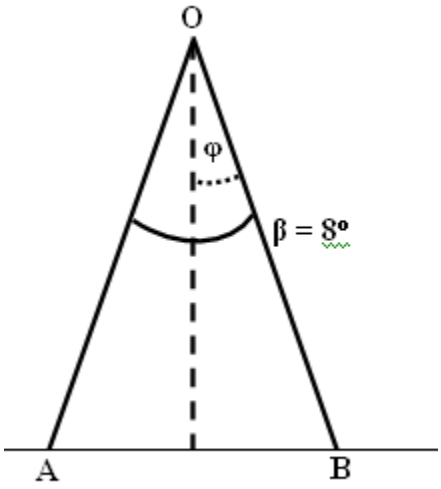
Iš lygties išsireiškiame bangos ilgį:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin\varphi}{k}.$$

Apskaičiuojame:

$$\lambda \approx 580\,\text{nm}.$$

Atsakymas: $\lambda \approx 580\,\text{nm}$.



3.18 pav.

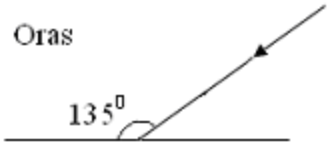
III TURO UŽDUOTYS

1. Perdegusi 100 cd šviesos stiprio lempa pakeista į 25 cd lempą. Kaip pasikeis paviršiaus apšvieta, jei atstumas iki paviršiaus bus sumažintas 2 kartus?

2. Dvi vienodos greta pastatytos elektros lempos apšviečia 2 m atstumu esantį ekraną. Kokiu atstumu ir kuria kryptimi reikia pastumti ekraną, kad vieną lempą užgesinus liktų tokia pat apšvieta?

3. Matinis sferinis 30 cm skersmens šviestuvas pakabintas 4 m aukštyje, o po juo – 15 cm skersmens apvalus balionas. Nustatykite: a) kokiame aukštyje reikia pakabinti balioną, kad ant grindų išnyktų šešėlis? b) kokio dydžio pusšešėlis tuomet bus?

4. Į vandens paviršių šviesos spindulys krinta tam tikru kampu (3.19 pav.). Nubraižykite tolesnę šviesos spindulių eigą. Apskaičiuokite kritimo bei lūžio kampus.



3.19 pav.

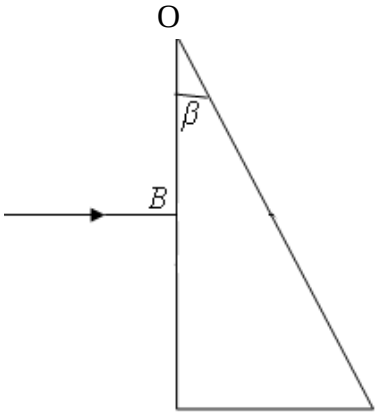
5. 1 metro gylio baseino dugne padėtas plokščiasis veidrodėlis. Šviesos spindulys krinta į vandens paviršių 30^0 kampu. Spindulys vandens paviršiuje lūžta, pasiekia dugne esantį veidrodėlį, atsispindi nuo jo ir vėl išeina į orą. Apskaičiuokite atstumą tarp taškų, kuriuose šviesos spindulys įeina į vandenį ir iš jo išeina.

6. Žmogus medine lazda stengiasi pataikyti į akmenį, gulintį 40 cm gylio upelio dugne. Kokiu atstumu nuo akmens lazda pataikys į upelio dugną, jei žmogus stums lazdą 45° kampu į vandens paviršių? Vandens lūžio rodiklis 1,33.

7. Į 2 m gylio tvenkinio dugną įkalta 1,2 m aukščio kartis. Kokio ilgio šešėlį ji meta tvenkinio dugne? Saulės spinduliai su horizontu sudaro 40° kampą.

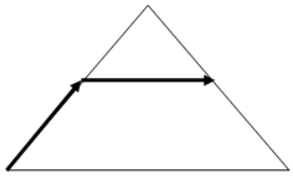
8. Gretasienės stiklinės plokštelės storis 4 cm. Šviesos spindulys krinta į ją 40° kampu. Nustatykite stiklu sklindančio spindulio kelio ilgį bei kiek spindulys nutolsta nuo pradinės krypties. Stiklo lūžio rodiklis 1,6.

9. Stiklinės prizmės laužiamasis kampas 25°. Į ją statmenai krinta baltos šviesos spindulys, kaip parodyta 3.20 paveiksle. Prizmės lūžio rodiklis raudoniesiems spinduliams lygus 1,51, o violetiniams – 1,53. Kokiu kampu išsiskiria raudonieji ir violetiniai spinduliai, praėję prizmę?



3.20 pav.

10. Šviesos spindulys slysta išilgai pirmosios trikampės prizmės briaunos (3.21 pav.). Koks turėtų būti prizmės laužiamasis kampas, kad krintantysis spindulys visiškai atsispindėtų nuo antrosios prizmės briaunos? Stiklo lūžio rodiklis 1,6.



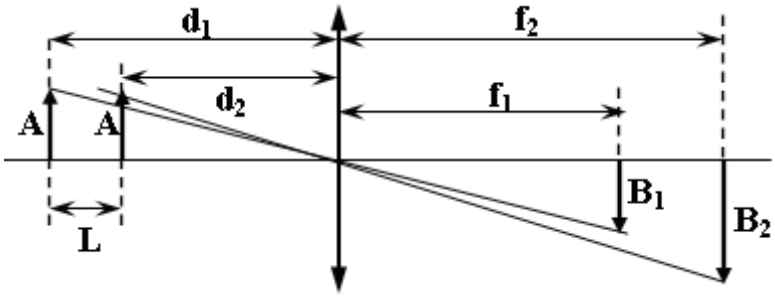
3.21 pav.

11. Tikrindamas savo akinius, mokinys į kambario grindis sufokusavo tikrą lempos, kuri buvo pakabinta $H = 3$ m aukštyje, vaizdą. Atstumas nuo akinių iki lempos $h = 1$ m. Apskaičiuokite akinių laužiamąją gebą.

12. Glaudžiamasis lęšis ekrane sukuria tikrą du kartus padidintą daikto atvaizdą. Nustatykite lęšio židinio nuotolį, jei atstumas tarp lęšio ir ekrano yra 24 cm.

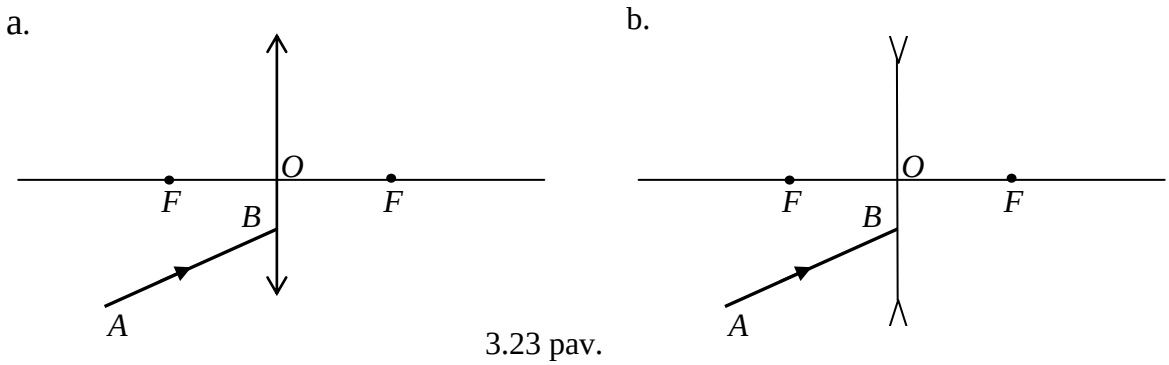
13. Tam tikru atstumu nuo glaudžiamojo lęšio pastatomas daiktas ir ekrane gaunamas ryškus daikto atvaizdas. Šiuo atveju tiesinis didinimas lygus Γ_1. Po to daiktas priartinamas prie lęšio atstumu L nuo buvusios padėties. Pastūmus ekraną vėl gaunamas

ryškus daikto atvaizdas (3.22 pav.). Antruoju atveju tiesinis didinimas lygus Γ_2. Raskite lęšio židinio nuotolį.



3.22 pav.

14. Brėždami raskite pro glaudžiamąjį (3.23 pav. a.) ir sklaidomąjį (3.23 pav. b.) lęšį praėjusio spindulio AB kelią.



3.23 pav.

15. Mokytojas prie klasės lentos vertikaliai pritvirtino baltą popieriaus lapą. Koks atrodys mums šis lapas, jei į jį žiūrėsime pro trikampę prizmę, nukreiptą prizmės laužiamuoju kampu į apačią?

16. Jei tankią muilo plėvelę pakabinsime vertikaliai, tai spalvotos interferencinės juostos laikui bėgant slinks žemyn, kartu keisdamos savo plotį. Po kiek laiko viršutinėje plėvelės dalyje atsiras plintanti juoda dėmė ir greitai plėvelė sutrūks. Paaiškinkite interferencinių juostų judėjimo pobūdį ir juodos dėmės atsiradimo priežastį.

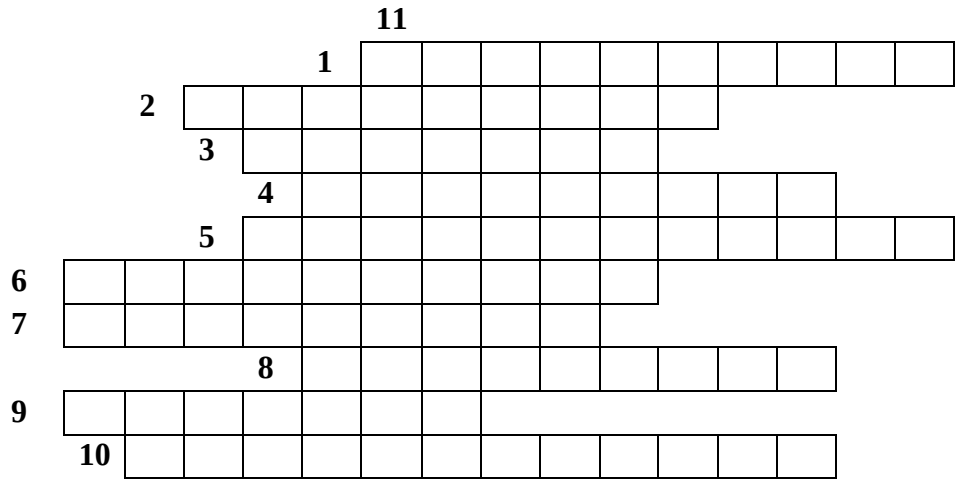
17. Vandenyje sudrėkinkite bet kokį spalvotą audinį. Atidžiai pažiūrėkite, kaip pasikeitė drėgno audinio spalvų ryškumas. Kaip galima tai paaiškinti fizikiniu požiūriu?

18. Difrakcinės gardelės periodas d = 0,001mm. Raskite raudonos šviesos, kurios bangos ilgis λ = 6,71nm, interferencinio spektro didžiausią eilės numerį.

19. Raudonos šviesos bangos ilgiui išmatuoti panaudojama difrakcinė gardelė. Pro raudoną šviesos filtrą praleista šviesa buvo statmenai nukreipta į difrakcinę gardelę. Apskaičiuokite raudonos šviesos bangos ilgį, jei ekrane, nutolusiame 1 m nuo gardelės, matosi pirmosios eilės maksimumai 15,2 cm atstumu vienas nuo kito.

20. Kryžiažodis.

1. Du šviesos šaltiniai apšviečia neskaidrų kūną. Kaip vadinasi erdvės dalis už neskaidraus kūno, į kurią nepatenka vieno šaltinio šviesa?
2. Reiškinys, kai žemės stebėtojui Saulė, Mėnulis, planeta, jos palydovas ar žvaigždė tampa nematomi.
3. Optinis reiškinys, kai mes matome menamą daikto vaizdą.
4. Šviesos atspindys nuo nelygių paviršių, vadinamas ..... šviesos atspindžiu.
5. Šviesos lūžio dėsnio formulėje naudojamas lūžio rodiklis n_1 vadinamas ..... lūžio rodikliu.
6. Šviesos lūžio dėsnio formulėje naudojamas lūžio rodiklis n vadinamas ..... lūžio rodikliu.
7. Poliruotas, lygaus paviršiaus kūnas, sudarantis aplinkos optinį vaizdą.
8. Siauras šviesos pluoštelis, kuriam galioja tiesiaeigio šviesos sklidimo dėsnis.
9. Taškas danguje virš stebėtojo galvos.
10. Prietaisas, kuriame pritaikomas visiškasis šviesos atspindys.
11. Optinis prietaisas, leidžiantis stebėti priešą, sėdint giliai apkasuose.



Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universitetas
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Loreta Ragulienė, Rasa Žemaičiūnienė, Jūratė Blažienė
II kurso užduotys ir metodiniai nurodymai
2010 09 (494)
2010–2011 mokslo metai

Redagavo Algirdas Malakauskas
Rinko ir maketavo Nijolė Kardelienė

SL 843. 2010 09 21. 3.75 leidyb. apsk.1. 3,96 aut. l. Tiražas 450. Užsakymas
Spausdino UAB „Šiaulių knygrišykla“,
P. Lukšio 9A, LT-76351 Šiauliai, tel.: (8 41) 50 03 33, 43 19 14.