ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA

„FOTONAS“

II KURSO UŽDUOTYS IR
METODINIAI NURODYMAI
2009 09 (479)

Šiauliai 2009

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

2009 09 (479)

Metodinė priemonė
2009–2010 mokslo metai

Šiauliai 2009

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 metodininkė Lina Senkuvienė.

Šiaulių universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos rekomenduota 2009-09-11 (protokolo Nr. 1).

SU NAUJAISIAIS MOKSLO METAIS,

FOTONIEČIAI !

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

Šiais mokslo metais 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 – **2009-11-15**,
II turas – **2010-02-15**,
III turas – **2010-04-15.**

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

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.)

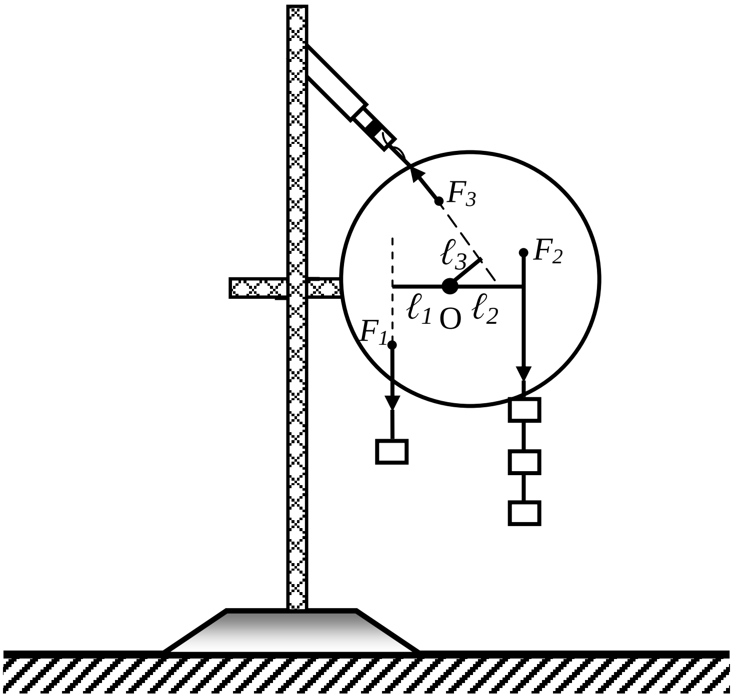
Metodiniai nurodymai

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

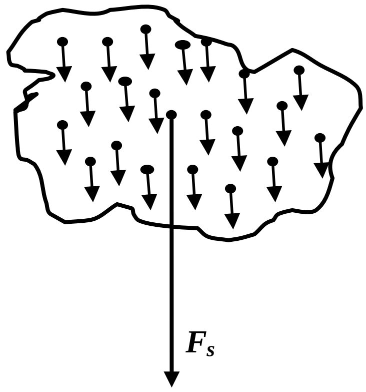
$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 = F_2\ell_2.$$

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:

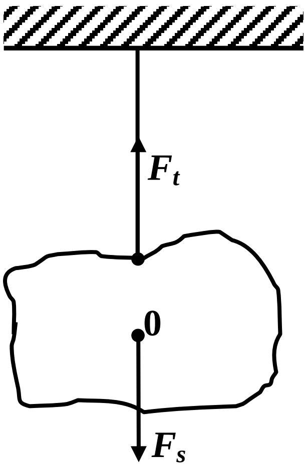
$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 - F_2\ell_2 = 0.$$

Masės (sunkio) centras



1.2 pav.

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**.

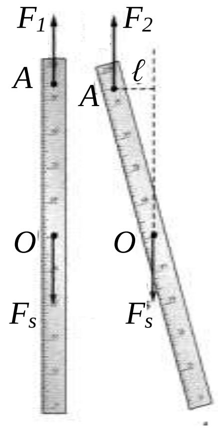


1.3 pav.

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.

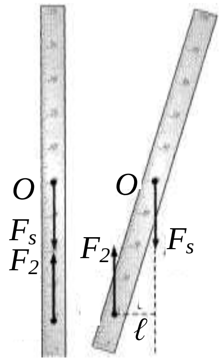


1.4 pav.

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

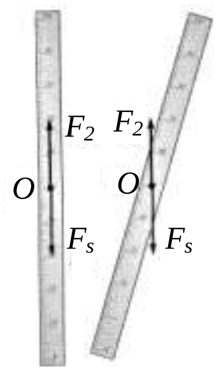
Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra **pastovi,** kai jo sunkio centras O yra žemiau sukimosi ašies A (1.4 pav.).

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



1.5 pav.

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

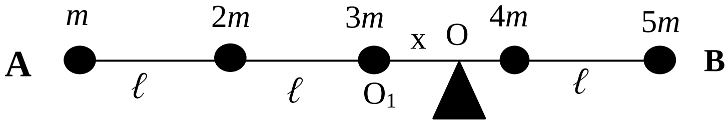


1.6 pav.

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	$\ell = 30$ 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 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 cm.

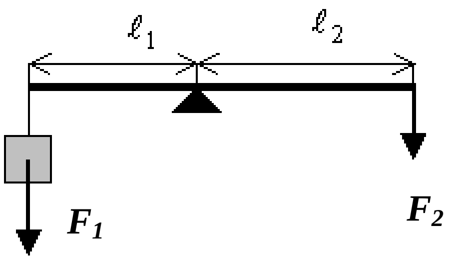
Atsakymas: L = 80 cm.

II. Paprastieji mechanizmai

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

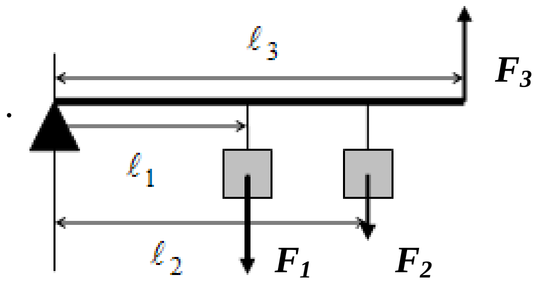
Svertas – kietasis kūnas, kuris jėgų veikiamas gali pasisukti apie atramos tašką (1.8 pav., 1.9 pav.).

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:

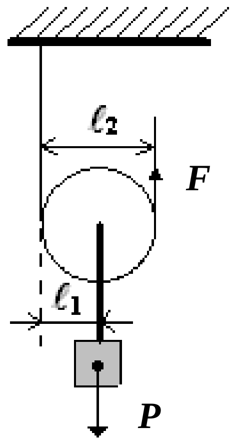
- laimima jėgos,
- pralaimima kelio,
- nelaimima darbo.

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.).

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

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



1.10 pav.

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 pasipriešinimo jėgų ir nepaisome skridinio masės.

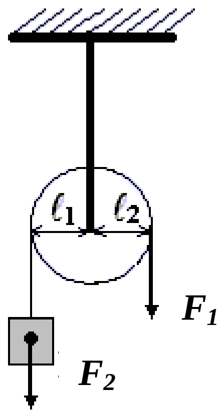
Kilnojamuoju skridiniu:

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

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

$$F_1\ell_1 = F_2\ell_2.$$

Kadangi $\ell_1 = \ell_2$, tai ir $F_1 = F_2$.



1.11 pav.

Nekilnojamuoju skridiniu:

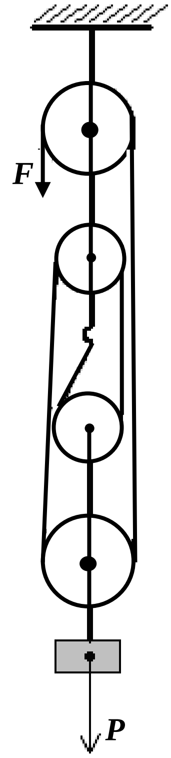
- nelaimima jėgos,
- keičiama jėgos veikimo kryptis,
- nelaimima kelio,
- nelaimima darbo.

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.

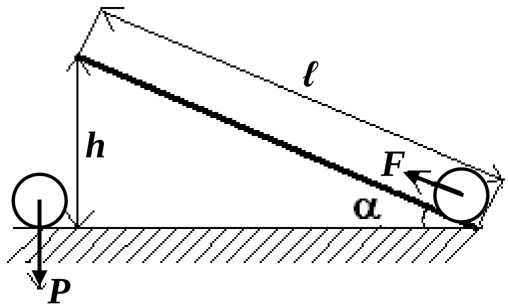
Nuožulnioji plokštuma – plokštuma, sudaranti smailųjį kampą su gulsčiąja plokštuma (1.13 pav.).

Darbas, atliktas ritinėliui pakelti stačiai į aukštį h:

$$A_1 = P \cdot h.$$

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

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



1.13 pav.

Darbas (nepaisant trinties)

$$A_1 = A_2,$$

todėl

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

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

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:

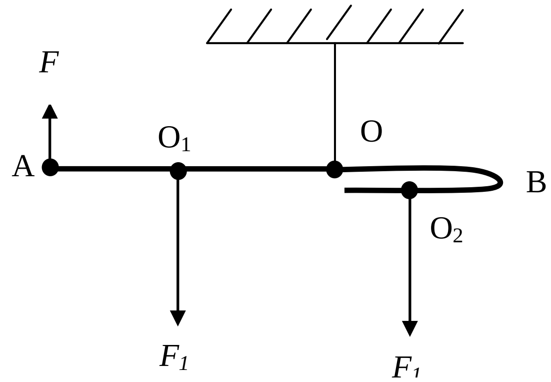
$$\eta = \frac{A_n}{A_v} \cdot 100\%;$$

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



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 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

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

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

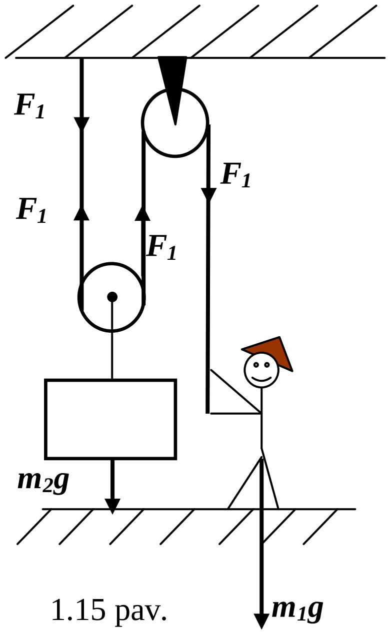
F = 1 N.

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 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 $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$.

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

$$F = p \cdot S.$$

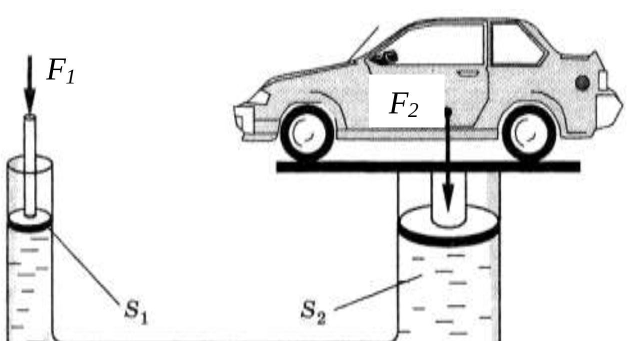
Kietieji kūnai perduoda išorinį slėgį jėgos veikimo kryptimi.

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.).

$$p_1 = p_2,$$

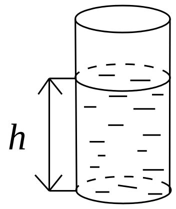
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2},$$

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

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

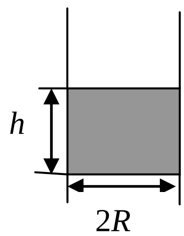
$$F_{vid} = p_s \cdot S\,;$$

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?

h	R = 30 cm



1.18 pav.

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

Tada slėgis

$$p = \rho g h. \tag{1}$$

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

$$\bar{p} = \rho g \frac{h}{2}\,.$$

Tada

$$F_1 = \bar{p} \cdot S_1;$$

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.

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

$$F_2 = \rho g h \cdot \pi R^2. \qquad (3)$$

Pagal uždavinio sąlygą

$$F_1 = F_2,$$

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

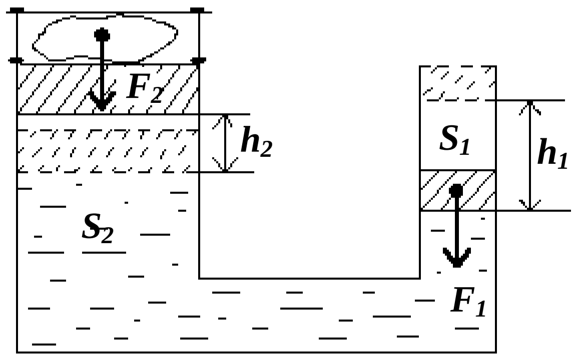
$$h = R.$$

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

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?



1.19 pav.

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

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

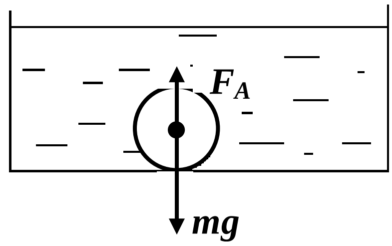
Atsakymas: F_2 = 10 kN.

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**.

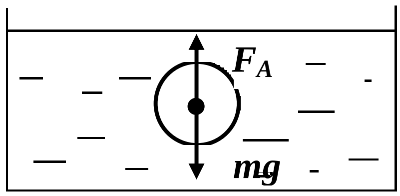
$$F_A = \rho_s g V;$$

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



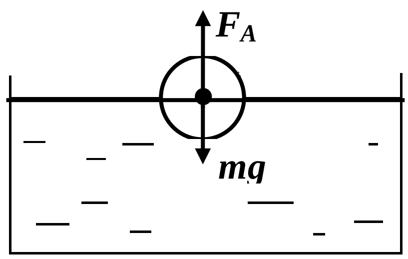
1.20 pav.

Kūnas skęsta skystyje (1.20 pav.), kai
$$mg > F_A,$$
$$mg > \rho_s g V,$$
$$\rho_k > \rho_s.$$
ρ_k – kūno tankis, kūnas vienalytis.



1.21 pav.

Kūnas pasinėręs skystyje (1.21 pav.), kai
$$mg = F_A,$$
$$mg = \rho_s g V,$$
$$\rho_k = \rho_s,$$
kai kūnas vienalytis.



1.22 pav.

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

$$mg < F_A,$$

$$mg < \rho_s gV,$$

$$\rho_k < \rho_s,$$

kai kūnas vienalytis.

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:

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

ir

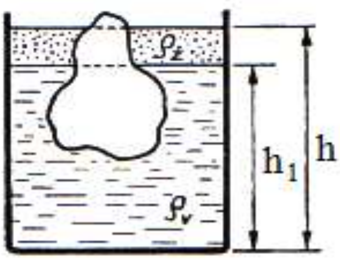
$$V = \frac{P_2}{g(\rho - \rho_2)} \tag{9}$$

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.



1.23 pav.

a. Kai žibalas apsemia visą ledą, atsakymas aiškus: ledui ištirpus, žibalo lygis nusileis.
b. Panagrinėkime atvejį, kai žibalas apsemia ne visą ledą.

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

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

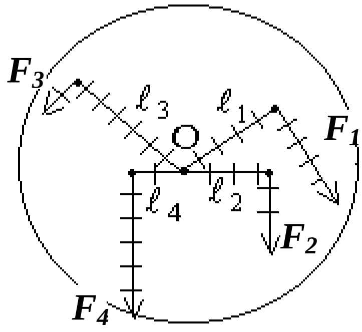
$$h > h'.$$

Vadinasi, žibalo paviršiaus aukštis nusileis.

Atsakymas: žibalo paviršiaus aukštis nusileis.

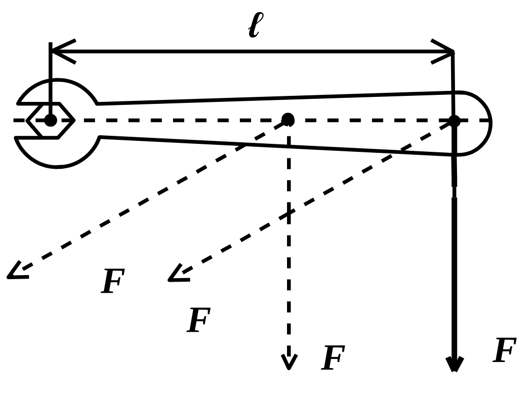
I TURO UŽDUOTYS

1. Skritulys, besisukantis apie ašį, yra veikiamas jėgų: F_1 = 50 N, F_2 = 30 N, F_3 = 20 N, F_4 = 60 N. Jėgų pečiai: ℓ_1= 50 cm, ℓ_2 = 35 cm, ℓ_3 = 65 cm, ℓ_4 = 20 cm (1.24 pav.). Kuria kryptimi suksis skritulys? Ko reikia, kad kūnas išliktų pusiausvyroje?



1.24 pav.

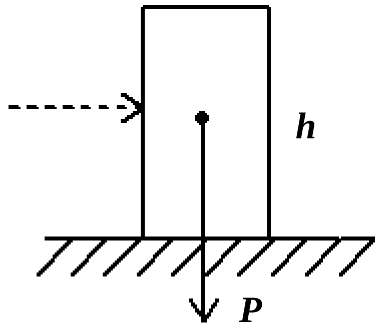
2. Veržliniu raktu užsukama veržlė (1.25 pav.). Rakto rankenos ilgis ℓ = 400 mm. Jėgos F, veikiančios 90^o kampu rankenos galą, momentas M = 20 Nm. Koks šios jėgos didumas? Koks bus jėgos momentas, jei tokia pat jėga veiksime ties rankenos viduriu? Kam bus lygus momentas, jei rankenos galą tokia pat jėga veiksime 30^0 kampu? Koks bus jėgos momentas, jei tokia pat jėga 30^0 kampu veiksime rankenos vidurį?



1.25 pav.

3. ℓ = 1 m ilgio vienalytė liniuotė padėta ant stalo taip, kad 1/4 jos ilgio dalis išsikišusi už stalo krašto. Liniuotė išliko pusiausvyroje, kai ant išsikišusios dalies krašto padėjo m_1 = 500 g masės svarstį. Koks liniuotės svoris? Kiek galima iškišti liniuotę už stalo krašto, jei ant jos galo norime padėti m_2 = 300 g svarstį?

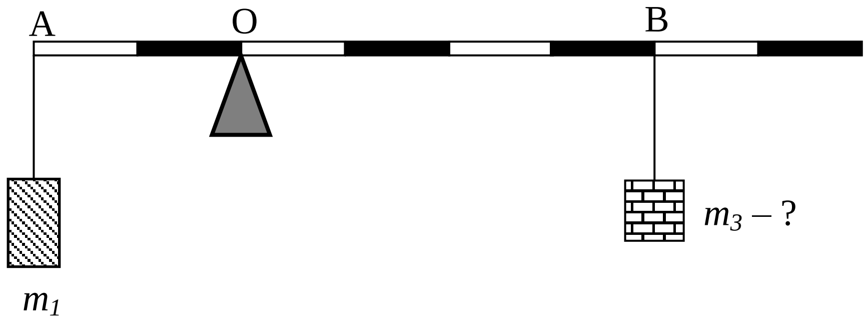
4. Į P = 1000 N sveriančią dėžę iš šono pučia vėjas, kurio slėgis p = 300 Pa (1.26 pav.). Dėžės aukštis h = 2 m, kvadrato formos pagrindo plotas a = 1 m^2. Ar apvirs dėžė, veikiama tokio vėjo?



1.26 pav.

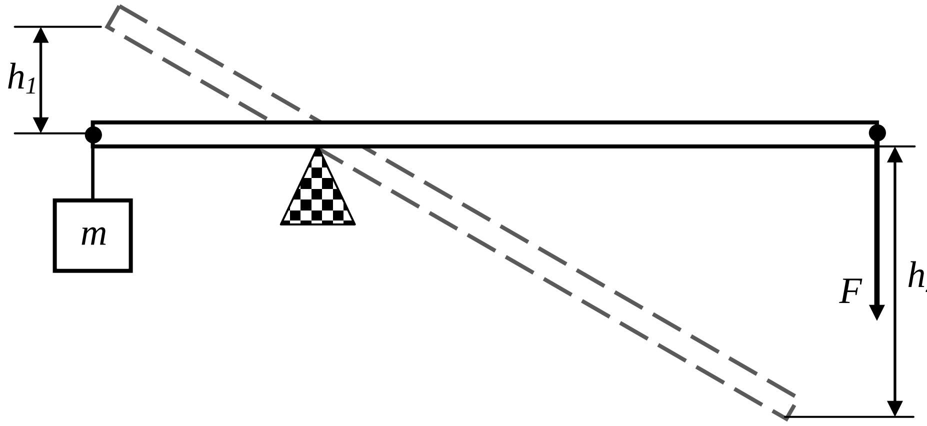
5. Sverto ilgis ℓ = 1 m. Prie vieno sverto galo pakabintas m_1 = 50 g masės pasvarėlis, o prie kito – m_2 = 150 g masės pasvarėlis. Kokioje vietoje turi būti atramos taškas, kad svertas būtų pusiausviras? Sverto masės nepaisyti.

6. Prie vienalyčio strypo, kuris gali suktis aplink ašį O, taške A pakabintas m_1 = 0,8 kg masės pasvarėlis (1.27 pav.). Strypo masė m_2 = 400 g. Kokios masės svarelį reikia pakabinti taške B, kad strypas būtų pusiausviras?



1.27 pav.

7. Prie sverto trumpojo peties prikabintas m = 100 kg masės krovinys. Norėdami jį pakelti, ilgąjį petį veikiame F = 300 N jėga. Krovinys dėl to pakyla į h_1 = 8 cm aukštį, o ilgasis sverto galas nusileidžia h_2 = 40 cm atstumu (1.28 pav). Apskaičiuokite sverto naudingumo koeficientą.



1.28 pav.

8. Naftos cisternos dugne įtaisytas cilindro formos kamštis, kurio pagrindo plotas S = 10 cm^2. Norint kamštį išstumti laukan, reikia panaudoti F = 20 N jėgą. Iki kokio ribinio aukščio į šią cisterną galima pilti naftos? Naftos tankis ρ = 800 kg/m^3.

9. Į indą su vandeniu įstatytas S = 2 cm^2 skersmens vamzdelis. Į vamzdelį įpylė m = 60 g žibalo, kurio tankis $\rho_{ž}$ = 800 kg/m^3. Koks žibalo ir vandens viršutinių lygių aukščių skirtumas?

10. Naras stovi stačias po vandeniu. Slėgis į vandens paviršių $p_0 = 1 \cdot 10^5$ Pa. Slėgis ties naro galva n_1 = 20 % didesnis už slėgį į vandens paviršių. Kiek procentų slėgis ties naro kojomis didesnis už p_0? Naro ūgis h = 1 m 84 cm. Vandens tankis $\rho = 1 \cdot 10^3$kg/m^3.

11. Hidrauliniu presu pakeliant $m = 3 \cdot 10^3$ kg masės krovinį, buvo atliktas A = 500 J darbas. Tuo metu mažasis stūmoklis, veikiamas jėgos, pasislinko žemyn n = 10 kartų ir kaskart po h_1 = 10 cm. Kiek kartų didžiojo stūmoklio plotas S_2 didesnis už mažojo S_1? Visas darbas sunaudotas kroviniui kelti.

12. m = 1 kg geležinis kūnas, panardintas į benziną, sveria P_1 = 9,3 N. Panardintas į kitą skystį sveria P_2 = 8,8 N. Benzino tankis $\rho_1 = 0{,}7 \cdot 10^3$kg/m^3. Koks kito skysčio tankis ρ_2?

13. m = 2 kg masės ir V = 1000 cm^3 tūrio kūnas panardintas į vandenį h = 5 m gylyje. Kokį darbą atliksime pakeldami jį į h_1 = 5 m aukštį virš vandens?

14. Varinis rutulys, kuriame yra V_0 = 17,75 cm^3 oro ertmė, plūduriuoja paniręs vandenyje. Vario tankis $\rho_1 = 8{,}9 \cdot 10^3$kg/m^3 , vandens tankis $\rho_V = 1 \cdot 10^3$kg/m^3. Kam lygi vario, iš kurio pagamintas rutulys, masė m?

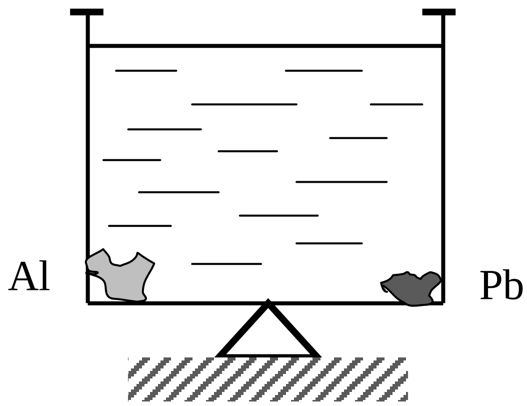
15. m_1 = 540 g masės medinis tašelis su pritvirtintu prie jo aliumininiu krovinėliu yra paniręs vandenyje ir gali laikytis bet kuriame gylyje. Medžio tankis $\rho_1 = 0{,}7 \cdot 10^3$kg/m^3, aliuminio tankis $\rho_2 = 2{,}7 \cdot 10^3$kg/m^3, vandens tankis $\rho_V = 1 \cdot 10^3$kg/m^3. Kam lygi aliumininio krovinėlio masė m_2?

16. Medinis kubo formos tašelis plūduriuoja vandenyje. Tašelio, perkelto į alyvą, panirimo gylis padidėja dydžiu h. Kubo kraštinė ℓ, alyvos tankis ρ_a, vandens tankis ρ_v. Kam lygi tašelio masė?

17. V = 300 m^3 oro balionas pakibęs netoli Žemės paviršiaus, kur oro tankis ρ = 1,29 kg/m^3. Iš baliono išmetus krovinį, balionas pakilo į aukštį, kuriame oro tankis perpus mažesnis. Baliono tūris šiame aukštyje padidėja 1,5 karto. Kokia krovinio masė m?

18. Kiek žmonių gali išlaikyti jūrinė valtis, jei, panirusi iki borto kraštų, išstumia V = 2 m^3 vandens? Valties masė M = 400 kg, o vieno žmogaus masė vidutiniškai m = 80 kg. Vandens tankis ρ_v = 1000 kg/m^3.

19. Indas pripiltas vandens ir pastatytas ant nejudančios prizmės briaunos (1.29 pav.). Į dešiniąją indo pusę įdėjo m_1 = 400 g masės švino gabalėlį, o į kairiąją – m_2 = 500 g aliuminio. Kuri indo pusė nusvers? Paaiškinti.



1.29 pav.

20. *Eksperimentinė užduotis.* Turite: akmenį, siūlą, indą su vandeniu, menzūrą. Apskaičiuokite siūlo įtempimo jėgą akmenį panardinus vandenyje.

II TURAS

ELEKTROMAGNETINIAI REIŠKINIAI. ELEKTROMAGNETINIAI VIRPESIAI IR BANGOS. KINTAMOJI SROVĖ

Šis „Fotono“ turas skirtas fizikos temų „Elektromagnetiniai reiškiniai“, „Elektromagnetinė indukcija“ bei „Kintamoji srovė“ pakartojimui bei 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 greičiui:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

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. $T = \frac{1}{\nu}$, $[T]$ = 1 s.
- ✓ Kintamosios srovės dažnis ν parodo, kiek srovės kitimo ciklų įvyksta per 1 s. Tai yra periodui atvirkščias dydis: $\nu = \frac{1}{T}$, $[\nu] = 1\ s^{-1} = 1$ 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* išreikšti 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 $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}$ 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, bet 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 ν, 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

Per kiek laiko 240 mH induktyvumo ritėje srovės stipris pakinta nuo 0 iki 1,4 A, jei tuo metu atsirado 30 V saviindukcinė elektrovara?

$$\Delta t \quad \left| \begin{array}{l} L = 240\,\text{mH} = 0{,}24\,\text{H} \\ I_1 = 0\,\text{A} \\ I_2 = 11{,}4\,\text{A} \\ \mathcal{E} = 30\,\text{V} \end{array} \right.$$

Žinome, kad saviindukcinė elektrovara yra lygi

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \qquad (1)$$

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

Tada laiko pokytis

$$\Delta t = \frac{L\Delta I}{\varepsilon}, \qquad (2)$$

čia srovės stiprio pokytis

$$\Delta I = I_2 - I_1. \qquad (3)$$

$$\Delta t = \frac{L(I_2 - I_1)}{\varepsilon}.$$

Atsakymas: $\Delta t = 0{,}0912\,\mathrm{s} = 91{,}2\,\mathrm{ms}.$

2 pavyzdys

Kokio induktyvumo *L* ritę reikia sujungti su *C* = 200 pF talpos kondensatoriumi, kad virpesių kontūre per laiką *t* = *π* μs įvyktų 50 virpesių?

L	$C = 200\,\mathrm{pF} = 2\cdot10^{-10}\,\mathrm{F}$ $t = \pi\,\mu\mathrm{s} = \pi\cdot10^{-6}\,\mathrm{s}$ $n = 50$

Kontūro virpesių periodo formulė

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

Virpesių periodas lygus

$$T = \frac{t}{n}. \qquad (2)$$

Sulyginę (1) ir (2) lygybes gauname

$$2\pi\sqrt{LC} = \frac{t}{n}. \qquad (3)$$

Ritės induktyvumas lygus

$$L = \frac{t^2}{4\pi^2 n^2 C}.$$

Atsakymas: $L = 0{,}5\cdot10^{-6}\,\mathrm{H} = 0{,}5\,\mu\mathrm{H}.$

3 pavyzdys

Kokio ilgio bangas siunčia radiolokatorius, jeigu siunčiamų bangų dažnis yra 100 GHz?

λ	$\nu = 100\,\text{GHz} = 100 \cdot 10^9\,\text{Hz}$ $c = 3 \cdot 10^8\,\text{m/s}$

Elektromagnetinių bangų plitimo greitis

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu ,$$

tai

$$\lambda = \frac{c}{\nu}.$$

Atsakymas: $\lambda = 3 \cdot 10^{-3}\,\text{m} = 0{,}3\,\text{cm}$.

4 pavyzdys

Imtuvo kontūro kondensatoriaus talpa kinta nuo C_1 iki C_2 = 16C$_1$. Kokiam bangų diapazonui apskaičiuotas kontūras, jeigu nustačius kondensatoriaus talpą C_1 priimamos 3 m ilgio bangos?

λ_2	C_1 $C_2 = 16C_1$ $\lambda_1 = 3\,\text{m}$

Kraštinių diapazono bangų ilgiai lygus

$$\lambda_1 = cT_1 \quad (1)$$

$$\lambda_2 = cT_2 . \quad (2)$$

Kontūro virpesių periodai lygus

$$T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1} , \quad (3)$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2} . \quad (4)$$

Sąlygoje duota, kad $C_2 = 16C_1$, tai kontūro virpesių periodas lygus

$$T_2 = 8\pi\sqrt{LC_1} . \quad (5)$$

(5) lygtį įrašę į (2) gauname

$$\lambda_2 = 8\pi c\sqrt{LC_1} . \quad (6)$$

(4) lygtį įrašę į (1) gauname

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{LC_1} . \quad (7)$$

Padaliję (6) lygtį iš (7) gauname

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 4 \text{ arba } \lambda_2 = 4\lambda_1 .$$

$$\lambda_2 = 12\, m .$$

Atsakymas: imtuvo kontūras apskaičiuotas nuo 3 m iki 12 m ilgio bangų diapazonui.

II TURO UŽDUOTYS

1. Kokios talpos C kondensatorių reikia sujungti su $L = 30\,\mu\text{H}$ induktyvumo rite, kad virpesių kontūre per laiką $t = 2\pi$ µs įvyktų 50 virpesių?

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

3. Virpesių kontūrą sudaro ritė ir plokščiasis kondensatorius, kurio plokštelės plotas S = 0,01 m^2, atstumas tarp plokštelių d = 1 mm, o tarp plokštelių esančios medžiagos dielektrinė skvarba ε = 6. Šis kontūras suderintas λ = 750 m ilgio bangai. Apskaičiuokite ritės induktyvumą L.

4. Radijo imtuvas suderintas 250 m ilgio bangoms. Nekeičiant kontūro talpos, imtuvas perjungtas 50 m ilgio bangoms. Kiek kartų sumažėjo kontūro induktyvumas?

5. Radijo imtuvo vidutinių bangų diapazonas yra nuo 150 m iki 600 m ilgio. Imtuvo virpesių kontūro induktyvumas – 0,25 mH. Kokiu intervalu kinta, priimant šio diapazono bangas: 1) priimamų signalų dažnis; 2) kintamojo kondensatoriaus talpa?

6. L = 0,4 H induktyvumo ritėje tolygiai keičiant srovės stiprį nuo I_1 = 0,05 A iki I_2 =0,25 A, susidaro $\mathcal{E}$ = 0,12 V saviindukcinė elektrovara. Apskaičiuokite srovės kitimo trukmę.

7. Du virpesių kontūrai sudaryti iš vienodų ričių ir kondensatorių. Į antrojo kontūro ritę įdedama geležinė šerdis, tuomet šios ritės induktyvumas padidėjo n = 4 kartus. Raskite šių kontūrų virpesių rezonansinių dažnių santykį $\frac{v_2}{v_1}$, kai abiejų virpesių kontūrų kondensatorių talpos yra vienodos.

8. Kintamosios srovės stiprio amplitudinė vertė lygi $I_m = 4{,}2\,\text{A}$. Kokį šilumos kiekį išskiria elektrinis židinys per vieną valandą darbo, jei jo varža 70 Ω ?

9. 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?

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

11. Transformatorius pažemina įtampą nuo 4,4 · 10^4 V iki 220 V. Jo antrinėje apvijoje yra 440 vijų. Kam lygus transformacijos koeficientas? Kiek vijų yra pirminėje apvijoje?

12. Srovės stipris ir įtampa pirminėje transformatoriaus apvijoje yra I_1 = 10 A ir U_1 = 110 V, o įtampa antrinėje apvijoje – U_2 = 11000 V. Kam lygus srovės stipris antrinėje apvijoje?

13. Uždaro laidininko ribojamą plotą veria 5 Wb magnetinis srautas. Jis per laiką Δt = 0,5 s palaipsniui sumažėjo perpus. Kokia atsiradusios indukcinės elektrovaros vertė?

14. Tomsono kontūro kondensatoriaus talpa yra C = 88 pF, o ritės induktyvumas – L = 2 mH. a) Koks virpesių kontūro periodas? b) Kokio dažnio virpesiai susikuria kontūre? c) Raskite kontūro bangos ilgį.

15. Elektrinės krosnelės varža yra R = 50 Ω. Ji įjungta į kintamosios srovės tinklą, kurio dažnis v = 50 Hz ir įtampa U = 220 V. Apskaičiuokite įtampos ir srovės stiprio efektines vertes?

16. Kokiame nuotolyje nuo radiolokatoriaus antenos yra objektas, jeigu atsispindėjęs nuo jo radijo signalas grįžo po t = 100 μs?

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

18. Magnetinis srautas kinta 1,2 Wb/s sparta. Ritės induktyvumas yra 0,15 H. Kokia sparta kinta srovė?

19. Rite teka 5 A nuolatinė elektros srovė. Elektros srovės sukurto magnetinio lauko energija yra 62,5 J. Koks yra ritės induktyvumas?

20. Radiolokatorius gali aptikti objektą, esantį nuo 100 m iki 100 km atstumu. Apskaičiuokite siunčiamų impulsų trukmę.

III TURAS

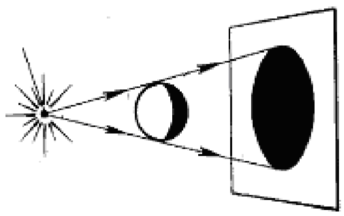
ŠVIESOS SKLIDIMAS. FOTOMETRIJA. LĘŠIAI IR OPTINIAI PRIETAISAI

Metodiniai nurodymai

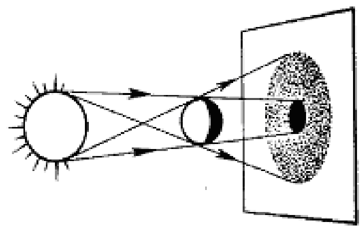
Šviesos sklidimo kryptį nurodo ***spinduliai*** – linijos, kuriomis sklinda šviesa.

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 = $1 \cdot 10^{-6}$ 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.

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

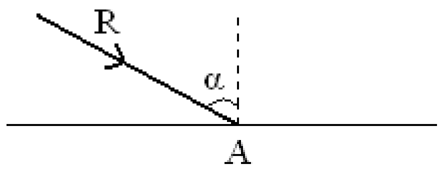
Šviesai krintant statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiog proporcinga šviesos stipriui I ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo taško kvadratui:

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

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.).

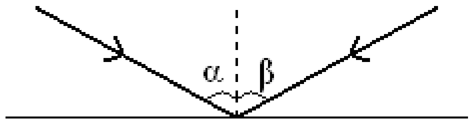


3.3 pav.

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

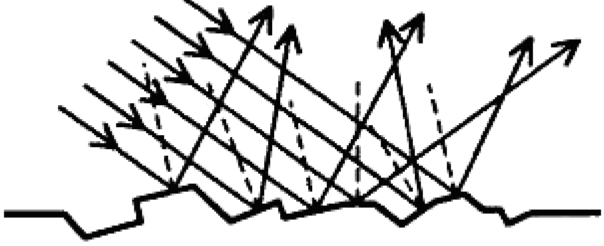
Krintantysis ir atsispindėjęs spindulys bei statmuo veidrodiniam paviršiui, iškeltas spindulio kritimo taške, yra vienoje plokštumoje.

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:

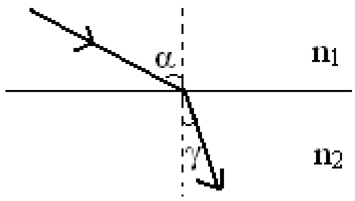
Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje.

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

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

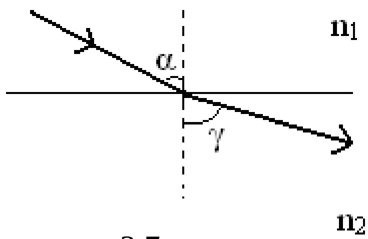
čia n_{21} – santykinis lūžio rodiklis (arba antrosios terpės lūžio rodiklis pirmosios terpės atžvilgiu), n_2, n_1 – antrosios ir pirmosios terpės absoliutinis lūžio rodiklis, v_1 ir v_2 – šviesos greitis pirmojoje ir antrojoje terpėje.

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.).



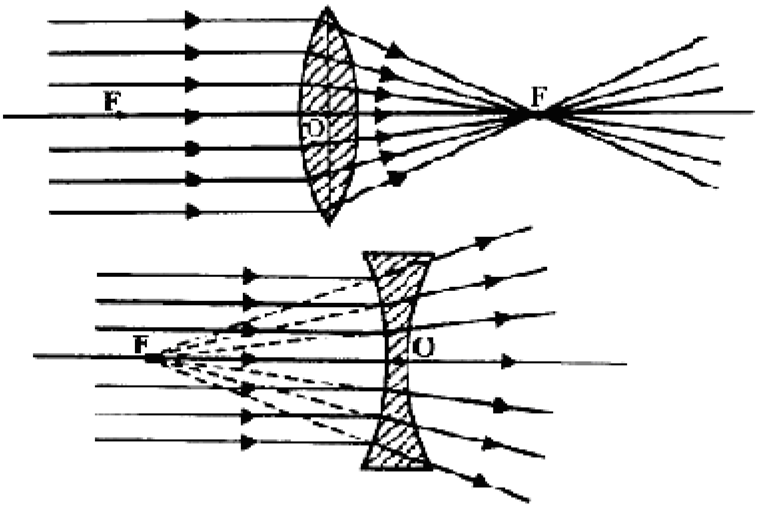
3.7 pav.

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:

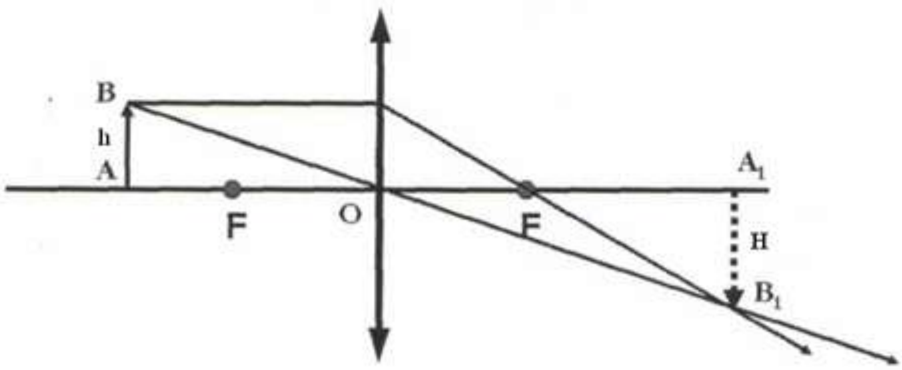
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D;$$

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:

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

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.***

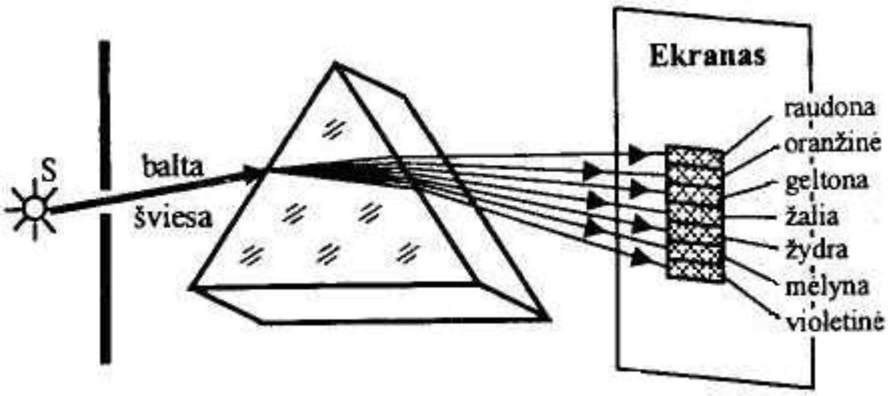
Šviesos dispersija – tai aplinkos lūžio rodiklio priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio.

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.

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

Violetinės spalvos šviesos spindulio bangos ilgis yra mažiausias ($\lambda \approx 400$ nm) ir 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

$$v = \lambda \cdot \upsilon;$$

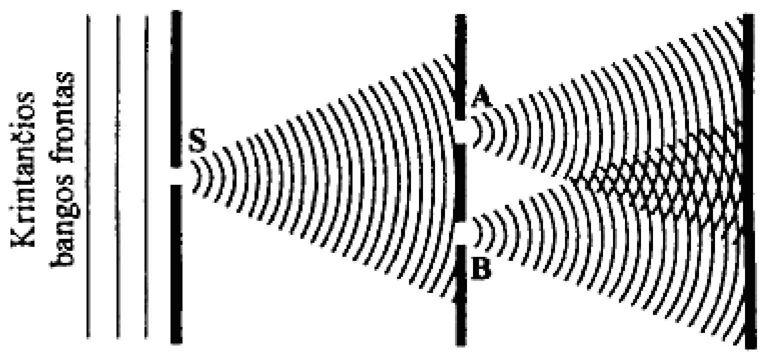
čia v – greitis, υ – dažnis, T – periodas.

Vakuume bet kokio bangos ilgio šviesa sklinda tuo pačiu greičiu:

$$v = 299792458\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3 \cdot 10^{8}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

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.

Atstumas nuo Marso iki Saulės 1,5 karto didesnis negu nuo Saulės iki Žemės. Kiek kartų Marso paviršiaus apšvieta yra mažesnė už Žemės?

$\frac{E_1}{E_2}$	$R_1 = 1{,}5 \cdot R_2$ $I_1 = I_2 = I$

R_1 – atstumas nuo Marso iki Saulės;
R_2 – atstumas nuo Žemės iki Saulės.

Marso paviršiaus apšvieta:

$$E_1 = \frac{I}{R_1^2} = \frac{I}{(1{,}5 \cdot R_2)^2} = \frac{I}{2{,}25 \cdot R_2^2},$$

$$E_1 = \frac{I}{2{,}25 \cdot R_2^2},$$

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

Palyginame Žemės ir Marso apšvietas:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{I \cdot 2{,}25 \cdot R_2^2}{R_2^2 \cdot I} = 2{,}25.$$

Atsakymas: Marso paviršiaus apšvieta 2,25 karto mažesnė už Žemės.

2 pavyzdys.

Perdegusią 100 cd šviesos stiprio lempą pakeitė į 25 cd lempą. Kaip pasikeis paviršiaus apšvieta, jei atstumas iki paviršiaus bus sumažintas 2 kartus?

$\frac{E_1}{E_2}$	$I_1 = 100$ cd $I_2 = 25$ cd $R_1 = 2R_2$

Paviršiaus apšvieta apskaičiuojama pagal formulę

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

Tai abiem atvejais:

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

ir

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

Palyginame apšvietas:

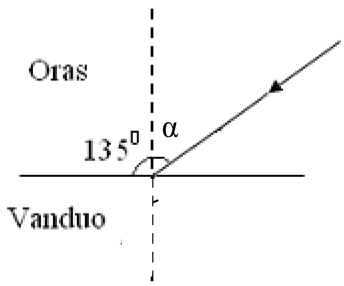
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{R_1^2} \cdot \frac{R_2^2}{I_2} = \frac{I_1 \cdot R_2^2}{4R_2^2 \cdot I_2} = \frac{I_1}{4 \cdot I_2},$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{100\,\text{cd}}{4 \cdot 25\,\text{cd}} = 1.$$

Atsakymas: apšvieta nepakis.

3 pavyzdys.

Į vandens paviršių šviesos spindulys krinta tam tikru kampu (3.12 pav.). Nubraižykite tolesnę šviesos spindulių eigą. Apskaičiuokite kritimo bei lūžio kampus.



3.12 pav.

α γ	$n_o = 1$ $n_v = 1{,}33$

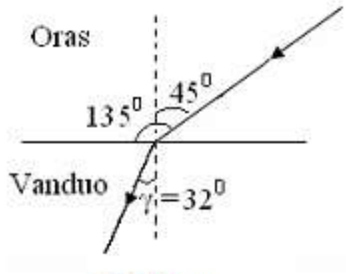
Iš brėžinio (3.12 pav.) matyti, kad:

$$\alpha = 135^0 - 90^0 = 45^0.$$

$$\alpha = 45^0.$$

Pagal šviesos spindulių lūžimo dėsnį (3.13 pav.):

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_v}{n_o} = n_v.$$



3.13 pav.

Iš čia:

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

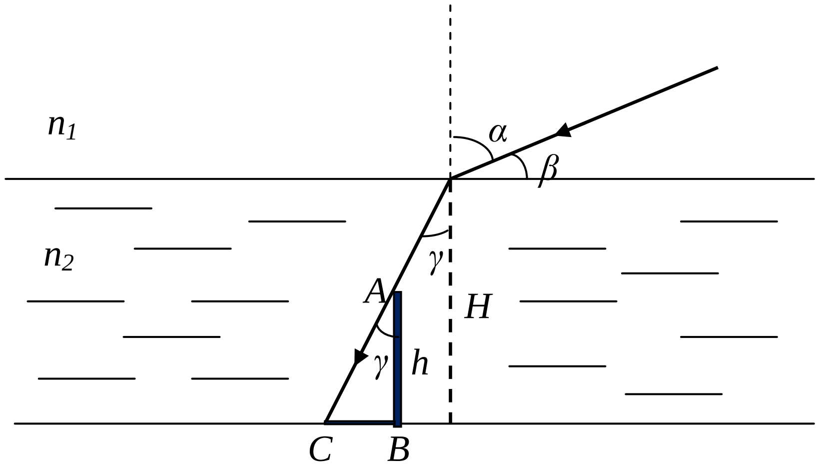
$$\gamma = 32^0.$$

Atsakymas: $\alpha = 45^0$, $\gamma = 32^0$.

4 pavyzdys.

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.

ℓ	$H = 2$ m $h = 1,2$ m $\beta = 40^\circ$ $n_1 = 1$ $n_2 = 1,33$



3.14 pav.

Surandame kritimo kampą α (3.14 pav.):

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 50^\circ.$$

Taikome šviesos spindulių lūžimo dėsnį:

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

n_1 – oro absoliutusis lūžio rodiklis, n_2 – vandens absoliutusis lūžio rodiklis.

$$\sin\gamma=\frac{\sin\alpha}{n_2}=\frac{\sin 50°}{n_2}=\frac{0{,}766}{1{,}33}=0{,}5759,$$

$$\gamma\approx 35°.$$

Iš trikampio ΔABC randame h:

$$\frac{CB}{AB}=\mathrm{tg}\gamma,$$

$$|CB|=\ell,\ |AB|=h,$$

tai

$$\frac{\ell}{h}=\mathrm{tg}\gamma,$$

$$\ell=h\cdot\mathrm{tg}\gamma.$$

Apskaičiuojame šešėlio ilgį ℓ:

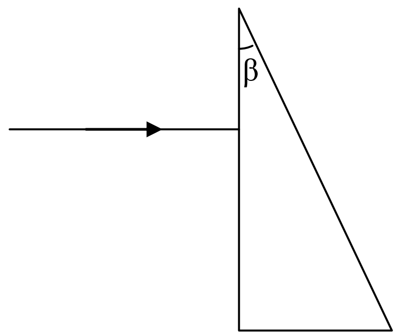
$$\ell=h\cdot\mathrm{tg}\gamma,$$

$$\ell=1{,}2\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{tg}\,35°=1{,}2\ \mathrm{m}\cdot 0{,}7002=0{,}84024\,\mathrm{m}\approx 0{,}84\,\mathrm{m}\approx 84\,\mathrm{cm}.$$

Atsakymas: $\ell\approx 0{,}84\,\mathrm{m}\approx 84\,\mathrm{cm}$.

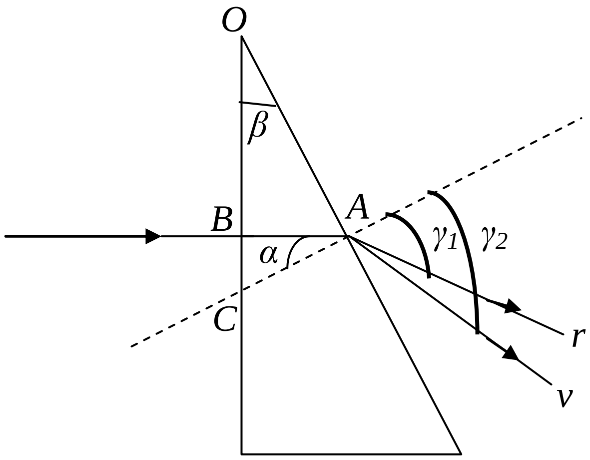
5 pavyzdys.

Stiklinės prizmės laužiamasis kampas 25°. Į ją statmenai krinta baltos šviesos spindulys, kaip parodyta 3.15 paveiksle. Prizmės lūžio rodiklis raudoniesiems spinduliams lygus 1,51, o violetiniams – 1,53. Kokiu kampu išsiskiria raudonieji ir violetiniai spinduliai, praėję prizmę?



3.15 pav.

$\Delta\gamma$	$\beta=25°$ $n_r=1{,}51$ $n_v=1{,}53$ $n_{oro}=1$



3.16 pav.

Į prizmę statmenai krintantys spinduliai taške *B* praeis nelūžę. Pasiekę kitą prizmės sienelę taške *A* lūš ir išsiskaidys į dispersinį spektrą. Daugiausiai lūžta violetiniai spinduliai, mažiausiai – raudoni.

Nustatome kampo α didumą. Iš ΔOAB (3.16 pav.) $\angle OAB$ = 180º – 90º – 25º = 65º.

$\angle OAC$ yra status, tai $\angle \alpha$ = 90º – 65º = 25º. $\angle \alpha$ = 25º.

Pagal spindulių lūžimo dėsnį:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma_1} = \frac{n_2}{n_r},$$

n_2 = 1 – oro lūžio rodiklis.

$$\sin\gamma_1 = \sin\alpha \cdot n_r = \sin 25° \cdot 1{,}51 = 0{,}4226 \cdot 1{,}51 = 0{,}638,$$

$$\gamma_1 \approx 39°.$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma_2} = \frac{n_2}{n_v},$$

$$\sin\gamma_2 = \sin\alpha \cdot n_v = \sin 25° \cdot 1{,}53 = 0{,}4226 \cdot 1{,}53 = 0{,}64657,$$

$$\gamma_2 \approx 40°.$$

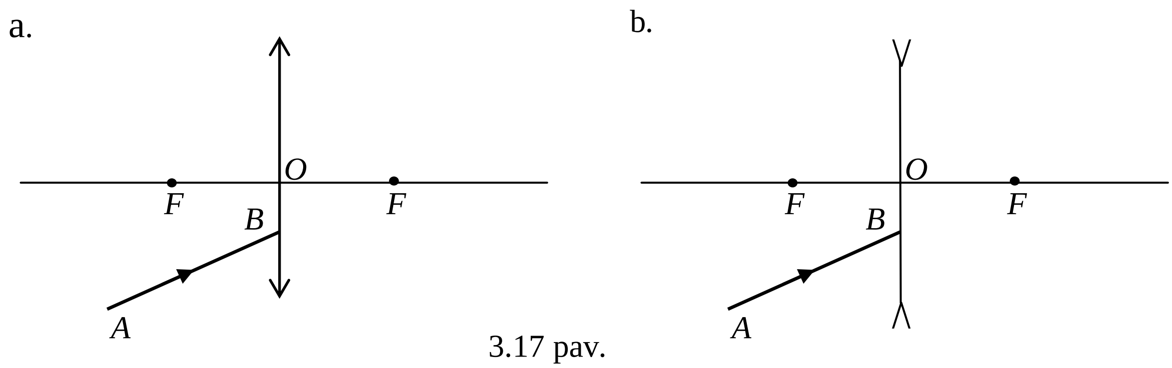
$$\Delta\gamma \approx \gamma_2 - \gamma_1.$$

$$\Delta\gamma \approx 40° - 39° \approx 1°.$$

Atsakymas: $\Delta\gamma \approx 1°$.

6 pavyzdys.

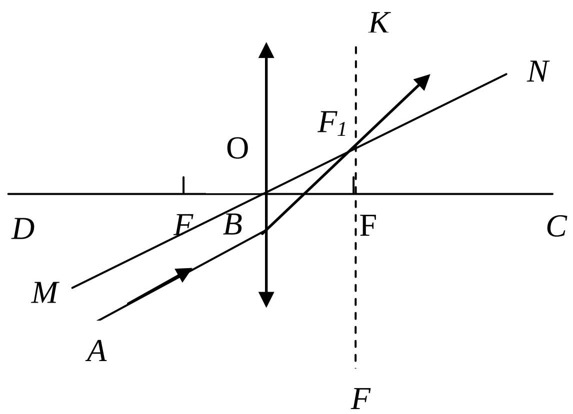
Brėždami raskite pro glaudžiamąjį (3.17 pav. a.) ir sklaidomąjį (3.17 pav. b.) lęšį praėjusio spindulio AB kelią.



3.17 pav.

Atsakymai:

a)

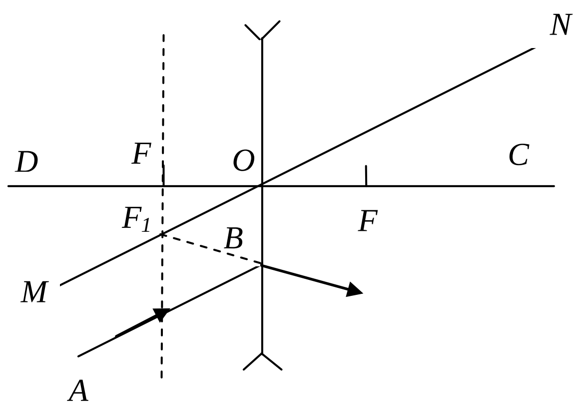


3.18 pav.

Brėžimo eiga (3.18 pav.):

1) Nubrėžiame šalutinę optinę ašį *MN*, kuri yra lygiagreti su spinduliu *AB* ir eina per optinį centrą O.
2) Statmenai pagrindinei optinei ašiai *DC* nubrėžiame židinio plokštumą per tašką *F*. Gauname šalutinį židinį F_1.
3) Per lęšį praėjęs spindulys eis per tašką F_1 (šalutinį židinį).

b)



3.19 pav.

Brėžimo eiga (3.19 pav):

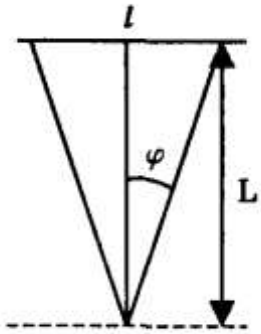
1) Nubrėžiame šalutinę optinę ašį *MN*, kuri yra lygiagreti su spinduliu *AB* ir eina per optinį centrą O.

2) Statmenai pagrindinei optinei ašiai *DC* nubrėžiame židinio plokštumą per židinį *F* (kairėje). Gauname šalutinį židinį F_1.

3) Per lęšį praėjęs spindulys išsisklaidys taip, kad jo pratęsimai eitų per tašką F_1.

7 pavyzdys.

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, matyti pirmosios eilės maksimumai 15,2 cm atstumu vienas nuo kito (3.20 pav.).



3.20 pav.

λ	$L = 1$ m $\lambda = 0{,}01$ mm $= 1 \cdot 10^{-5}$ m $k = 1$ $\ell = 15{,}2$ cm $= 0{,}152$ m

Užrašome difrakcinės gardelės maksimumo susidarymo sąlygą:

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda, \qquad (1)$$

kur:

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

Kadangi $\ell_1 = \frac{\ell}{2}$ daug mažesnis už atstumą *L*, tai sinφ $\approx$ tgφ, tai $tg\varphi = \frac{\ell}{2\ell}$.

Į (1) formulę įrašome (2) formulę:

$$d \cdot \frac{\ell}{2L} = k \cdot \lambda \text{ , iš čia } \lambda = \frac{d\ell}{2Lk}. \qquad (2)$$

$$\lambda = \frac{d\ell}{2Lk} = \frac{1 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m} \cdot 0{,}152\,\mathrm{m}}{2 \cdot 1\,\mathrm{m} \cdot 1} = 0{,}76 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{m} = 0{,}76\,\mu\mathrm{m}.$$

Atsakymas: raudonos šviesos ilgis $\lambda = 0{,}76\mu m$.

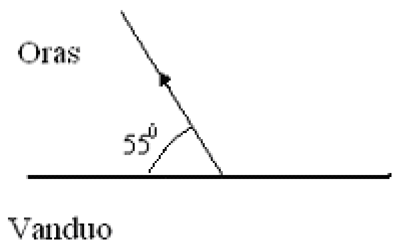
III TURO UŽDUOTYS

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

2. 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?

3. Į fotografuojamą daiktą, kurio paviršiaus plotas 6000 cm^2, krinta tik 2 % fotoaparato šviesos srauto. Apskaičiuokite fotografuojamo daikto apšvietą, jei fotoaparatas skleidžia 800000 lm šviesos srautą.

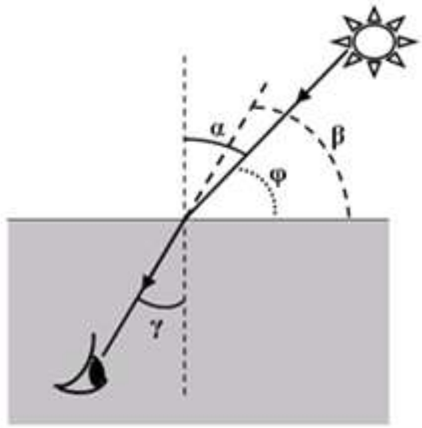
4. Kodėl dienos metu dangus mums atrodo mėlynas, o leidžiantis ar kylant saulei jis būna rausvas? Kaip pakis dangaus spalva ir saulės disko ryškumas, jei tai stebėsime nuo aukšto kalno viršūnės?



3.21 pav.

5. 3.21 paveiksle pavaizduotas iš vandens į orą perėjęs šviesos spindulys. Apskaičiuokite, kokiu kampu spindulys krito ir lūžo, nubraižykite krintantį spindulį.

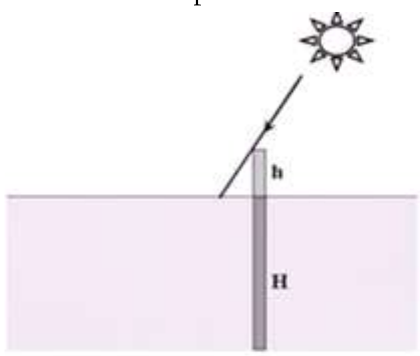
6. Šviesos spindulys 30^o kampu krinta į dviejų skirtingų aplinkų ribą. Pirmosios aplinkos lūžio rodiklis n_1 = 2,4. Raskite antrosios aplinkos lūžio rodiklį, jei žinoma, kad kampas tarp atsispindėjusio ir lūžusio spindulio yra status.



3.22 pav.

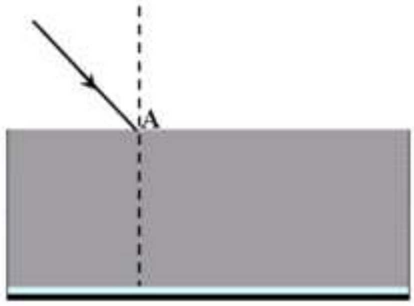
7. Po vandeniu plaukiojančiam narui atrodo, kad Saulės spinduliai krinta 60^o kampu į horizontą (3.22 pav.). Apskaičiuokite Saulės kampinį aukštį virš horizonto. Vandens lūžio rodiklis 1,33.

8. Į 2 metrų gylio ežero dugną įkaltas stulpas, kurio 0,5 m kyšo iš vandens (3.23 pav.). Apskaičiuokite, kokio ilgio yra stulpo šešėlis ežero dugne, jei Saulės spinduliai krinta 70^o kampu į vandens paviršių.



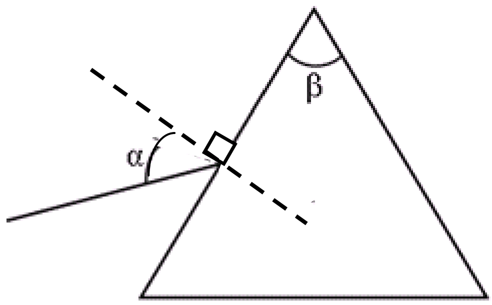
3.23 pav.

9. Šviesos spindulys 45^o kampu krinta į stiklinę plokštelę (3.24 pav.). Apskaičiuokite spindulio lūžio kampą, jei 750 nm bangos ilgio šviesa stikle sklinda $1{,}8 \cdot 10^8$ m/s greičiu (ore – $3 \cdot 10^8$ m/s greičiu). Nubrėžkite tolesnę spindulio eigą ir pažymėkite tašką B, kuriame spindulys išeis iš stiklo. Stiklinės plokštelės viena sienelė pasidabruota (veidrodinė).



3.24 pav.

10. Į stiklinę prizmę, kurios laužiamasis kampas 45°, šviesa krinta 30° kampu (3.25 pav.). Kokiu kampu lūžęs spindulys išeina iš prizmės?



3.25 pav.

11. Glaudžiamuoju lęšiu gautas tikras du kartus padidintas daikto atvaizdas, kai jo atstumas iki lęšio f = 30 cm. Apskaičiuokite lęšio židinio nuotolį bei atstumą nuo lęšio iki daikto.

12. 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.

13. Žmogaus ir kai kurių kitų gyvūnų akys skiria šviesos bangas pagal jų dažnį. Ši akių savybė reiškiasi tuo, kad mes matome kūnų spalvas, kai šviesos šaltiniai skleidžia baltą šviesą. Kaip paaiškinti neskaidrių ir skaidrių kūnų spalvas?

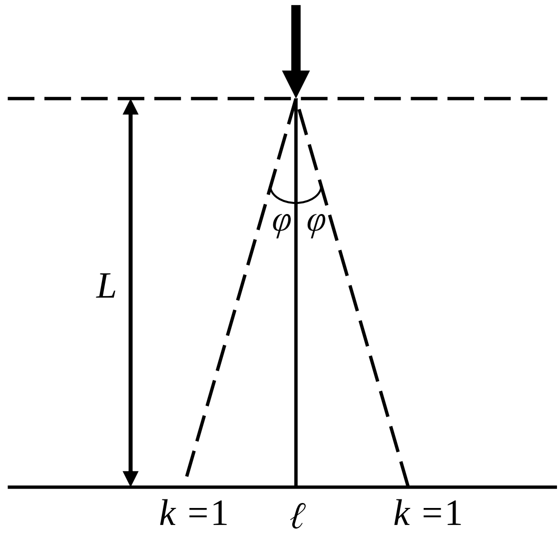
14. Šviesos spindulys, pereidamas iš oro į vandenį, lūžta. Paaiškinkite: a) ar pakinta šviesos bangos ilgis ir dažnis; b) ar priklauso šviesos sklidimo greitis nuo dažnio ir bangos ilgio. Atsakymus paaiškinkite remdamiesi šviesos sklidimo dėsniais bei formulėmis.

15. Naktį stebimas Mėnulio diskas atrodo baltas. Jei pažiūrėsime į Mėnulį per teleskopą, jis atrodys tiesiog gipsinis. Tačiau astronautai tvirtina, jog Mėnulio paviršius yra tamsiai pilkas. Kaip paaiškinti šį spalvų neatitikimą?

16. Kodėl draudžiamiesiems eismo ženklams parinkta raudona spalva? Kokią spalvą matys žmogus po vandeniu žiūrėdamas į raudoną šviesoforo signalą?

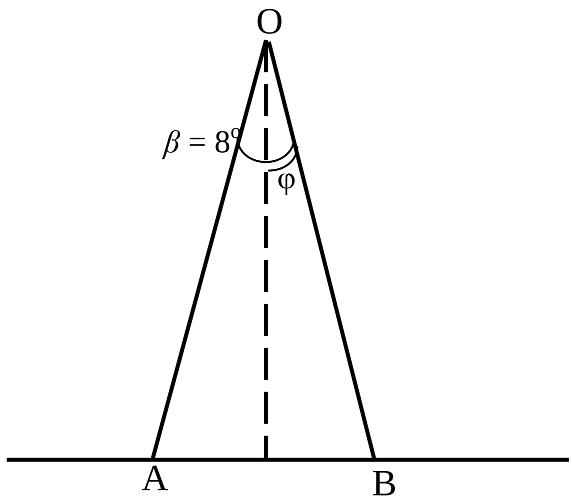
17. Atstumas nuo daikto iki glaudžiamojo lęšio bei nuo lęšio iki ekrano yra vienodas ir lygus 0,5 m. Kiek kartų padidės atvaizdas ekrane, jei daiktas bus 20 cm pastumtas link lęšio? Ekrano padėtis antruoju atveju keičiama, kol bus gautas ryškus daikto atvaizdas.

18. Vienspalvė šviesa, kurios bangos ilgis λ = 0,75 μm, krinta statmenai į difrakcinę gardelę (3.26 pav.). Apskaičiuokite difrakcinės gardelės konstantą, jei pirmos eilės maksimumai ekrane susidaro 30,3 mm atstumu vienas nuo kito. Raskite gardelės rėžių skaičių viename metre. Ekranas yra 1 m atstumu nuo gardelės.



3.26 pav.

19. Difrakcinė gardelė turi 120 rėžių 1mm atstume. Raskite monochromatinės šviesos, krintančios į difrakcinę gardelę, bangos ilgį. Kampas tarp dviejų pirmos eilės maksimumų lygus 8^o (3.27 pav.).



3.27 pav.

20. Kokiu fizikiniu reiškiniu galime paaiškinti vaivorykštės spalvų susidarymą ploname žibalo (benzino) sluoksnyje, kuris plūduriuoja vandens paviršiuje?

Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universitetas
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Loreta Ragulienė, Rasa Žemaičiūnienė, Jūratė Blažienė
II kurso užduotys ir metodiniai nurodymai
2009 09 (479)
2009–2010 mokslo metai

Redagavo Algirdas Malakauskas
Rinko ir maketavo Irma Bolskytė

SL 843. 2009 09 21. 3.31 leidyb. apsk.1. Tiražas 750. Užsakymas
Spausdino UAB „Šiaulių knygrišykla“,
P. Lukšio 9A, LT-76351 Šiauliai, tel.: (8 41) 50 03 33, 43 19 14.