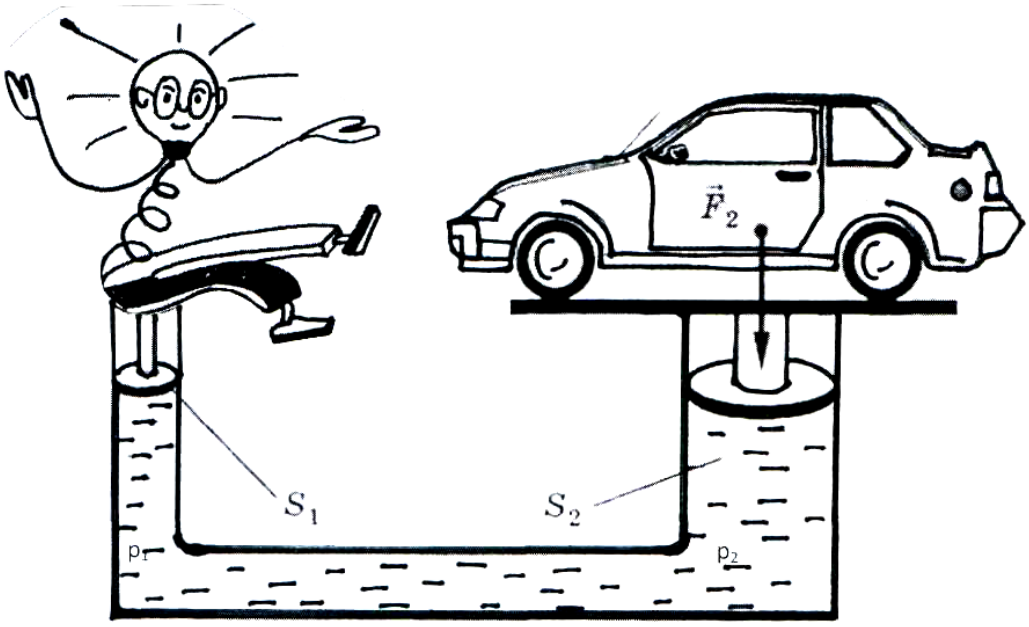
ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA

„FOTONAS“

II KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI
2008 9 (464)



Šiauliai 2008

ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Loreta Ragulienė, Rasa Žemaičiūnienė, Jūratė Blažienė

SLĖGIS. KINTAMOJI SROVĖ. ŠVIESA

II KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI

Metodinė priemonė
2008–2009 mokslo metai

Šiauliai 2008

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: prof. Stanislovas Jakutis,
fizikos mokytoja metodininkė Lina Senkuvienė.

Šiaulių universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos rekomenduota 2008-02-08 (protokolo Nr. 12).

© Šiaulių universitetas, 2008

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 – **2008-11-15**,
II turas – **2009-02-15**,
III turas – **2009-04-15**,

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.)

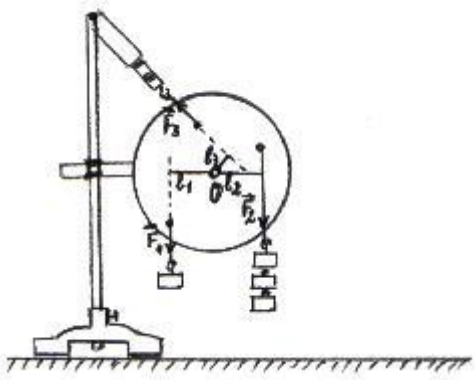
Metodiniai nurodymai

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.

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

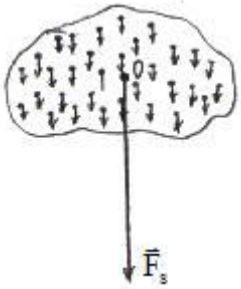
$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 = F_2\ell_2.$$

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:

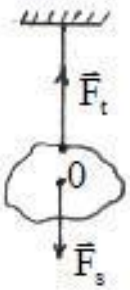
$$F_1\ell_1 + F_3\ell_3 - F_2\ell_2 = 0.$$

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.

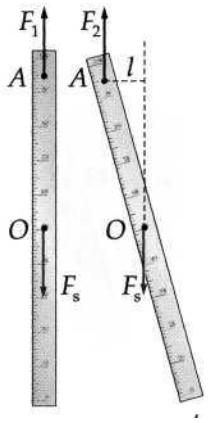
Pakabinkime kūną gumine virvute (1.3 pav.). Pasvyravęs kūnas nurims. Jį veikia vertikalia tiese dvi priešingų krypčių jėgos: sunkio jėga F_s ir virvutės tamprumo jėga F_t. Jų moduliai lygūs, todėl atstojamoji jėga lygi nuliui:

$$F_s - F_t = 0 .$$

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.

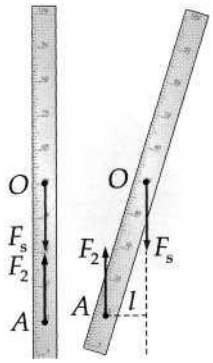
Kūnų pusiausvyra būna trejopa: **pastovioji, nepastovioji ir beskirtė.**

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



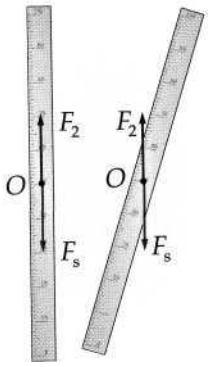
1.4 pav.

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



1.5 pav.

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

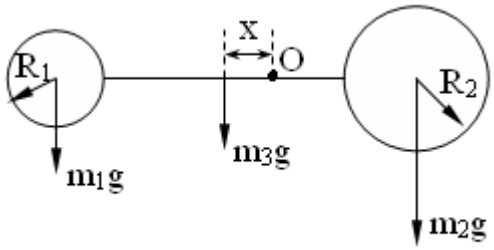


1.6 pav.

1 pavyzdys

Du rutuliai, kurių masės m_1 = 3 kg ir m_2 = 5 kg, sujungti m_3 = 2 kg masės strypu. Kur yra šios sistemos sunkio centras O, jeigu pirmojo rutulio spindulys R_1 = 5 cm, antrojo R_2 = 7 cm, o strypo ilgis ℓ = 30 cm?

	m_1 = 3 kg
	m_2 = 5 kg
x	m_3 = 2 kg
	R_1 = 5 cm = 0,05 m
	R_2 = 7 cm = 0,07 m
	ℓ = 30 cm = 0,3 m
	g = 9,8 m/s^2



1.7 pav.

Sistema bus pusiausvira, jeigu jos sukimosi ašis eis per sunkio centrą O (1.7 pav.). Šiuo atveju teisinga sąlyga bus:

$$M_1 - M_2 + M_3 = 0; \qquad (1)$$

čia $M_1 = m_1 g \ell_1$, $M_2 = m_2 g \ell_2$ ir $M_3 = m_3 g \ell_3$ sunkio jėgų momentai taško O atžvilgiu, o tų jėgų pečiai

$$\ell_1 = \frac{\ell}{2} + R_1 + x; \qquad \ell_2 = R_2 + \frac{\ell}{2} - x \text{ ir } \ell_3 = x.$$

Jėgų momentų ir pečių išraiškas įrašę į (1) lygtį gausime:

$$m_1 g\left(\frac{\ell}{2} + R_1 + x\right) - m_2 g\left(R_2 + \frac{\ell}{2} - x\right) + m_3 g x = 0.$$

Iš čia

$$x = \frac{m_2 R_2 - m_1 R_1 + \frac{\ell}{2}(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2 + m_3}.$$

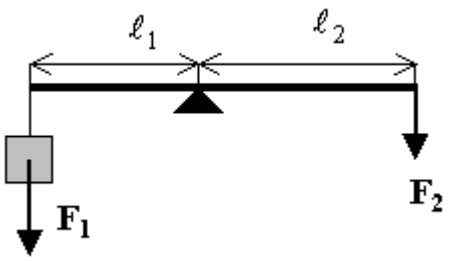
Atsakymas: x $\approx$ 0,05 m.

II. P a p r a s t i e j i m e c h a n i z m a i

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

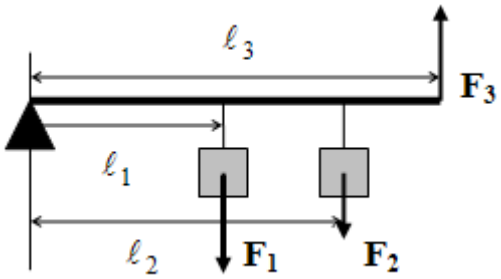
Svertas – kietasis kūnas, kuris jėgų veikiamas gali pasisukti apie atramos tašką (1.8 pav., 1.9 pav.).

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.

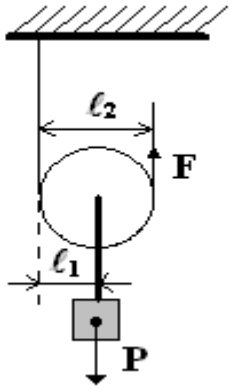
$$F_1\ell_1 + F_2\ell_2 = F_3\ell_3$$

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 $\ell_2 = 2\ell_1$,

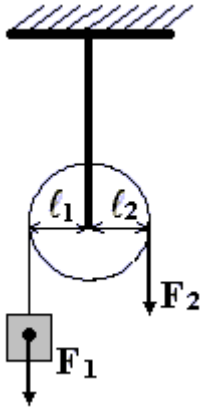
tai $F = \frac{P}{2}$.

Kilnojamuoju skridiniu **laimime dvigubai jėgos**, bet tiek pat kartų pralaimime kelio, kai nėra 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 lygiagrečiu svertu.



1.11 pav.

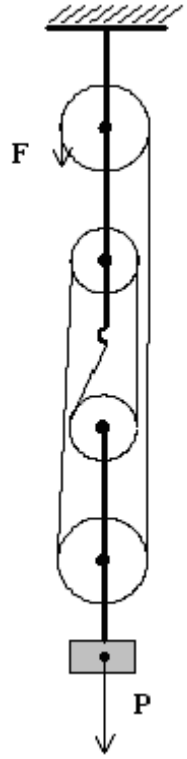
$$F_1\ell_1 = F_2\ell_2.$$

Kadangi $\ell_1 = \ell_2$, tai ir

$$F_1 = F_2 .$$

Nekilnojamuoju skridiniu:

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



1.12 pav.

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

Jei skrysčius sudaro n kilnojamųjų skridinių, tai kroviniui kelti reikia 2n kartų mažesnės jėgos, negu krovinio svoris. Sistema sudaryta iš dviejų kilnojamųjų skridinių (1.12 pav.), tai

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

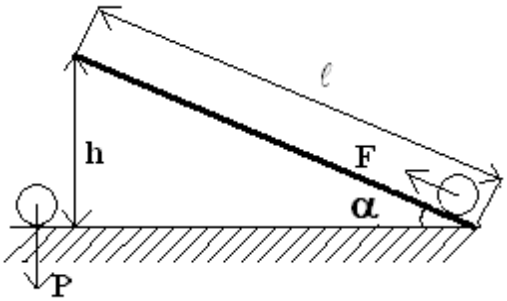
Nuožulnioji plokštuma – plokštuma, sudaranti smailųjį kampą su gulsčiąja plokštuma (1.13 pav.).

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.

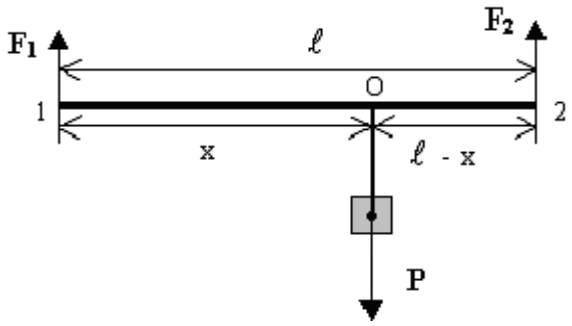
2 pavyzdys

Du darbininkai neša krovinį, pakabintą ant 2 m ilgio strypo. Strypo galai padėti darbininkams ant pečių. Vienam iš darbininkų tenka $\frac{2}{5}$ viso svorio. Kokiame taške pakabintas krovinys? Strypo svorio nepaisyti.

---

x $\quad \ell = 2$ m

$F_1 = \frac{2}{5}P$



1.14 pav.

Tarkime, krovinys yra pakabintas taške O atstumu x nuo 1-ojo darbininko ir atstumu (ℓ – x) nuo 2-ojo.

Sistemą veikia trys jėgos: krovinio sunkio jėga P ir atramos reakcijos jėgos F_1, F_2. Pagal jėgų momentų taisyklę

$$F_1 x = F_2(\ell - x).$$

Pagal sąlygą $\quad F_1 = \frac{2}{5}P$, o $F_2 = \frac{3}{5}P$.

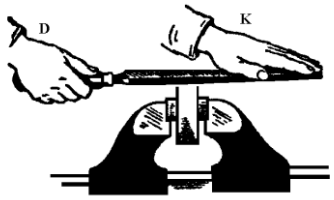
$$\frac{2}{5}Px = \frac{3}{5}P \cdot (\ell - x).$$

$$\boxed{x = \frac{3}{5}\ell}$$

Atsakymas: x = 1,2 m.

3 pavyzdys

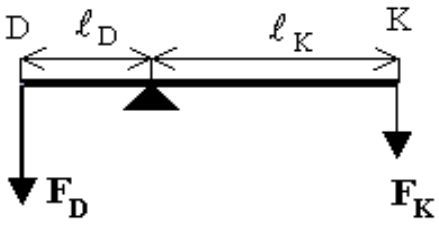
Paveiksle parodyta, kaip dilde šlifuojama detalė. Kokia jėga reikia spausti kairiąja ranka dildę, kad ji būtų gulsčia? Dešinioji ranka spaudžia F_D = 40 N jėga, o jėgų pečių santykiai ℓ_D: ℓ_K = 1 : 2. Kaip kis dešiniosios ir kairiosios rankos jėgos, veikiančios dildę šlifuojant detalę?



1.15 pav.

F_K	$F_D = 40$ N $\frac{\ell_D}{\ell_K} = \frac{1}{2}$

Dildė bus gulsčia tada, kai kairiosios ir dešiniosios rankos jėgų momentai, veikiantys priešingomis kryptimis, bus lygūs; t. y.



1.16 pav.

$$M_D = M_K,$$

$$F_D \ell_D = F_K \ell_K.$$

Iš čia

$$\boxed{F_K = F_D \frac{\ell_D}{\ell_K}}$$

$$\underline{F_K = 20\,\text{N}}.$$

Šlifuojant detalę, dešiniosios ir kairiosios rankos jėgos keisis taip, kad nuolat būtų tenkinama sąlyga

$$\underline{F_D \ell_D = F_K \ell_K}.$$

Didėjant kairiosios rankos jėgai F_K, veikiančiai dildę, mažėja tos jėgos petys ℓ_K, tuomet didėja dešiniosios rankos jėgos petys ℓ_D, o pati jėga F_D mažėja, ir atvirkščiai. Šitaip nuolat keisis jėgų ir jų pečių dydžiai.

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

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**).

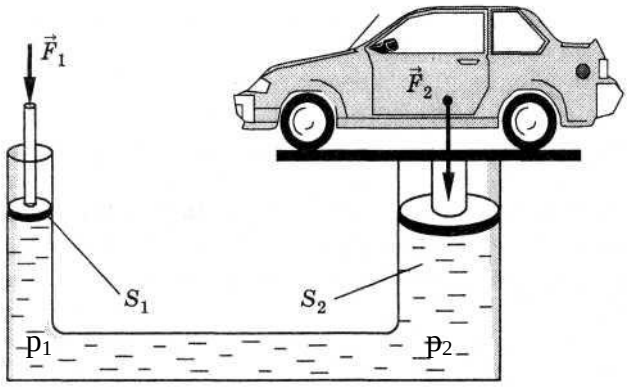
Dujų slėgis į indo sieneles tuo didesnis, kuo dažniau molekulės susiduria su sienele. *Sumažėjus tos pačios masės dujų tūriui, jų slėgis padidėja, o tūriui padidėjus, slėgis sumažėja. m = const.*

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

Paskalio dėsniu pagrįstas hidraulinių presų veikimas (1.17 pav.).

$$p_1 = p_2$$

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



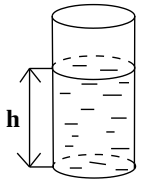
1.17 pav.

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

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:

$$p = \rho g h.$$



1.18 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

Stačiakampio gretasienio formos akvariumas pripiltas vandens. Kokia jėga vanduo slegia akvariumo sienelę, jei jos ilgis 0,8 m, o aukštis 0,5 m?

F_{vid}	$h = 0{,}5$ m $\ell = 0{,}8$ m $g = 10$ m/s^2 $\rho = 1 \cdot 10^3$ kg/m^3

Jėga, veikianti akvariumo sienelę,

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

Sienelės plotas

$$S = \ell \cdot h.$$

Slėgis į indo dugną

$$p = \rho g h.$$

Vidutinis slėgis į sienelę

$$p_{vid} = \frac{p}{2}.$$

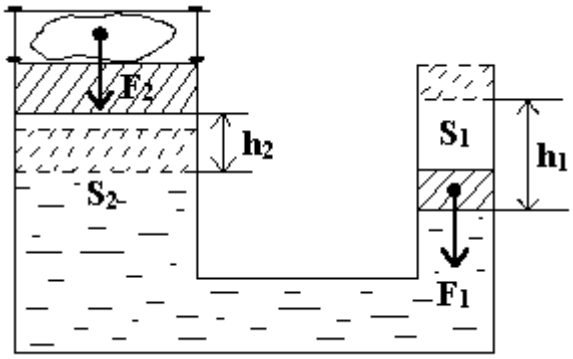
Tada $$F_{vid} = \frac{1}{2}\rho g h \ell h.$$

$$\boxed{F_{vid} = \frac{1}{2}\rho g h^2 \ell}$$

Atsakymas: $F_{vid} = 1 \cdot 10^3$ N.

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. 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

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

Atsakymas: F_2 = 10 kN.

IV. K ū n a i s k y s č i u o s e (d u j o s e)

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.

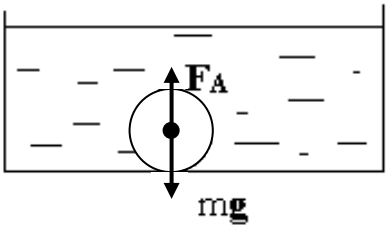
Kūnas skęsta skystyje (1.20 pav.), kai

$$mg > F_A,$$

$$mg > \rho_s g V,$$

$$\rho_k > \rho_s.$$

ρ_k – kūno tankis, kūnas vienalytis.



1.20 pav.

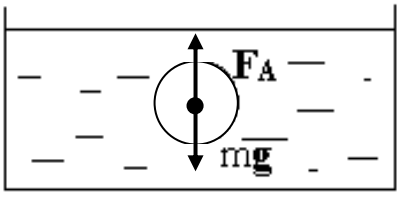
Kūnas pasinėręs skystyje (1.21 pav.), kai

$$mg = F_A,$$

$$mg = \rho_s g V,$$

$$\rho_k = \rho_s,$$

kai kūnas vienalytis.



1.21 pav.

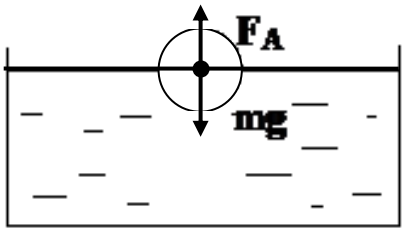
Kūnas kyla į skysčio paviršių (1.22 pav.), kai

$$mg < F_A,$$

$$mg < \rho_s g V$$

$$\rho_k < \rho_s,$$

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

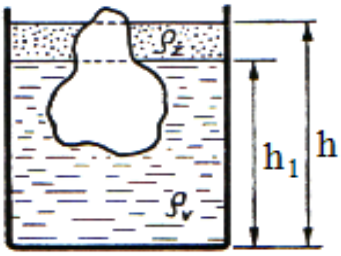
7 pavyzdys

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.

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

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.).



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

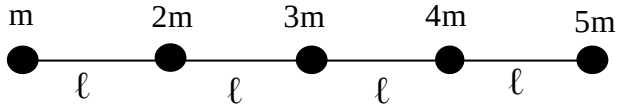
$$h > h'.$$

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

Atsakymas: žibalo paviršiaus aukštis nusileis.

I TURO UŽDUOTYS

1. Rutuliai, kurių masės m, 2m, 3m, 4m ir 5m, įtvirtinti ant nesvaraus strypo taip, kad jų centrai nutolę vienas nuo kito vienodu atstumu ℓ = 30 cm (1.24 pav.). Rasti sistemos masės centrą.

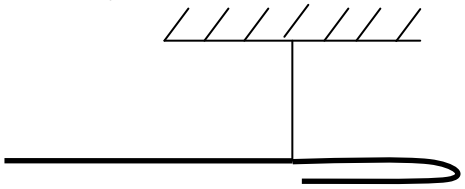


1.24 pav.

2. Cilindras sudarytas iš dviejų lygių dalių: geležies ir platinos. Rasti cilindro masės centrą. Cilindro ilgis ℓ = 1 m.

3. Sverto galus veikia dvi jėgos: P_1 = 2 N ir P_2 = 5 N. Svertas pusiausviras. Atstumas nuo atramos iki jėgos P_1 veikimo taško ℓ_1 = 80 cm. Koks sverto ilgis?

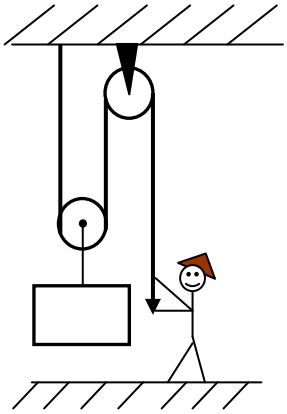
4. Tiesus vienalytis m = 800 g masės vielos gabalas, siūlu pririštas prie stovo, yra pusiausviras. Dešinysis vielos gabalas yra sulenkiamas per vidurį taip, kad jis yra lygiagretus su kita vielos dalimi (1.25 pav.). Kokia jėga reikia veikti kairįjį vielos galą, kad viela vėl būtų pusiausvyra?



1.25 pav.

5. Kiek mažiausiai reikia kilnojamųjų skridinių, norint veikiančią jėgą sumažinti 4 kartus? Pavaizduokite brėžiniu. Skridinių trinties ir svorio nepaisyti.

6. 80 kg masės žmogus skridinių sistema kelia 150 kg masės krovinį (1.26 pav.). Kokia jėga žmogus slegia grindis? Trinties ir skridinių svorio nepaisyti.



1.26 pav.

7. Nuožulniąja plokštuma, kurios aukštis 3 m, o ilgis 6 m, keliamas aukštyn 500 kg masės krovinys. Koks atliekamas darbas tempiant krovinį į 3 m aukštį nuožulniąja plokštuma? Trinties nepaisyti.

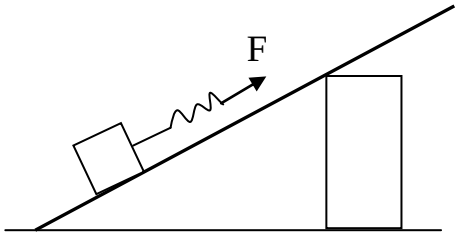
8. Kilnojamuoju skridiniu reikia pakelti V = 20 dm^3 geležinę detalę. Skridinio naudingumo koeficientas η = 75 %. Kokia mažiausia jėga reikia traukti virvę, kad pakeltume detalę?

9. *Eksperimentinė užduotis.* Turite: stiklinį indą, bulvę, vandens, druskos, piltuvėlį. Ką daryti, kad bulvė plūduriuotų dviejų skysčių riboje? Paaiškinti.

10. *Eksperimentinė užduotis.* Turite: lentą, krovinėlį, dinamometrą, liniuotę, dėžutę. Lentos vieną galą padėti ant dėžutės ir gauti nuožulniąją plokštumą.

a. Apskaičiuoti nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficientą η, dinamometru tolygiai traukiant krovinėlį aukštyn (1.27 pav.).

b. Keisti nuožulniosios plokštumos aukštį h. Kaip priklauso η nuo aukščio h ir lentos ilgio ℓ santykio $\frac{h}{\ell}$?



1.27 pav.

11. Į cilindro formos stiklinį indą įpylė gyvsidabrio ir vandens. Jų masės vienodos. Abiejų skysčių bendras aukštis inde h = 30 cm. Koks skysčių slėgis į indo dugną?

12. Stiklinėje vandens plūduriuoja ledo gabaliukas. Kaip pasikeis ledo panirimo gylis į vandenį, jei ant vandens užpilsime žibalo?

13. *Eksperimentinė užduotis.* Turite: kamštį, menzūrą, vandens, vielą. Panaudodami šias priemones raskite kamščio tankį.

14. Stiklinėje vandens panardintas mažas sidabrinis šaukštelis. Tada stiklinė įdėta į kitą indą su vandeniu. Stiklinė su panardintu šaukšteliu plūduriuoja vandens paviršiuje. Ar pasikeis vandens lygis inde šaukštelį išėmus iš stiklinės ir įdėjus į indą su vandeniu? Paaiškinti.

15. Cilindro formos stiklinės pagrindo spindulys R = 30 cm. Iki kokio h aukščio reikia pripilti į stiklinę vandens, kad skysčio slėgio jėgos į stiklinės dugną ir šoninės sienelės būtų vienodos?

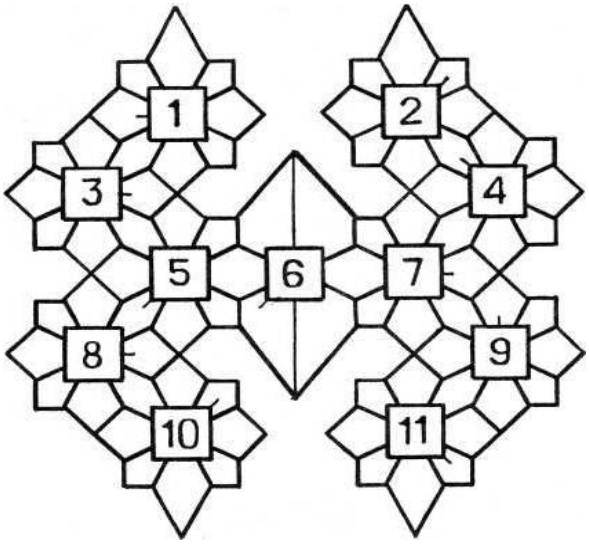
16. Lengvas vienalytis kubas plūduriuoja vandenyje paniręs $\frac{1}{10}$ savo tūrio. Ant šio kubo padėjus kitą tokių pat matmenų, bet iš kitos medžiagos kubą, pirmasis kubas panirs $\frac{1}{2}$ savo tūrio. Koks antrojo kubo tankis? Iš kokios medžiagos jis pagamintas? Vandens tankis $\rho = 1000\ kg/m^3$.

17. Į tris susisiekiančius indus įpilta vandens, žibalo ir glicerolio. Ar pakis susisiekiančiuose induose įvairių skysčių stulpelių aukščių skirtumas Mėnulyje? Paaiškinkite.

18. Ar galima Žemės areometrais naudotis Mėnulyje? Paaiškinkite.

19. Geležinio rutulio viduje yra tuščiavidurė ertmė. Ore rutulys sveria $P_1 = 2$ N, o vandenyje $P_2 = 1{,}7$ N. Koks rutulio vidinės ertmės tūris? Geležies tankis $\rho_g = 7800\ kg/m^3$, vandens tankis $\rho_v = 1000\ kg/m^3$.

20. RATAŽODIS



Rašyti nuo pažymėto langelio pagal laikrodžio rodyklę:

1. Sausumos gyvūnas, kurio slėgis į žemę didžiausias.
2. Metalinis žiedas, dedamas po veržle, kad sumažėtų slėgis.
3. Prancūzų mokslininkas, pasiūlęs matuoti slėgį tampria vamzdeline spyruokle.
4. Italų mokslininkas, pagaminęs pirmąjį gyvsidabrio manometrą.
5. Prietaisas, pagrįstas atmosferos slėgio veikimu, naudojamas skysčiui pakelti į tam tikrą lygį.
6. Dydis, nuo kurio priklauso kietojo kūno slėgis ir nepriklauso skysčio slėgis.
7. Vandenyno įdauba (pavadinimas), kurios dugne slėgis didžiausias.

8. Prancūzų fizikas, atradęs vieną svarbiausių hidrostatikos dėsnių.
9. Plėvelė arba tampri plokštelė – viena pagrindinių manometro dalių.
10. Presuota durpių, akmens anglių plytelė.
11. Dėl slėgio trykštanti čiurkšlė.

II TURAS

ELEKTROMAGNETINIAI REIŠKINIAI. ELEKTROMAGNETINIAI VIRPESIAI IR BANGOS. KINTAMOJI SROVĖ

Metodiniai nurodymai

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 „dešiniojo kumščio taisykle“ arba vietoje jos naudojama dešiniojo sraigto taisyklė.

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

1) ***dešiniojo kumščio***: *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***.

Fotoniečiui pravartu žinoti, kad 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 ($1T = \frac{1N}{A \cdot m}$), o magnetinis srautas – vėberiais ($1\ Wb = 1\ T \cdot m^2$).

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.

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

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

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 pakito nuo 0 iki 11,4 A, jei tuo metu atsirado 30 V saviindukcinė elektrovara?

Δt	$L = 240\ \text{mH} = 0{,}24\ \text{H}$ $I_1 = 0\ \text{A}$ $I_2 = 11{,}4\ \text{A}$ $\varepsilon = 30\ \text{V}$

Žinome, kad saviindukcinė elektrovara yra lygi

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

Minuso ženklas reiškia, kad saviindukcinė elektrovara priklauso Lenco taisyklei.

Tada laiko pokytis

$$\Delta t = \frac{L\Delta I}{\varepsilon},$$

čia srovės stiprio pokytis

$$\Delta I = I_2 - I_1.$$

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

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

2 pavyzdys

Srovei kintant 8 A/s sparta, ritės magnetinis srautas kito 1,2 Wb/s sparta. Koks ritės induktyvumas?

L	$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 8\ \text{A/s}$
	$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 1{,}2\ \text{Wb/s}$

Indukuotoji elektrovara ritėje

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

Žinome, kad saviindukcinė elektrovara yra lygi

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

Sulyginę šias lygybes, gauname

$$L = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta I};$$

L = 1,2 Wb/s·8 A/s = 0,15 H.

Atsakymas: $L = 0{,}15\ \text{H}$.

3 pavyzdys

Valtis siūbuoja ant bangų, sklindančių 2,5 m/s greičiu. Atstumas tarp dviejų artimiausių bangos keterų 8 m. Apskaičiuokite valties svyravimo periodą ir dažnį.

T	v = 2,5 m/s
ν	λ = 8 m

Pasinaudosime formule

$$\lambda = vT \quad \text{arba} \quad T = \frac{\lambda}{v}.$$

Apskaičiavę gauname

$$T = 3{,}2\ \text{s}.$$

Kadangi

$$\nu = \frac{1}{T},$$

tai

$$\nu = 0{,}31\ \text{Hz}.$$

Atsakymas: $\nu = 0{,}31\ \text{Hz}.$
$T = 3{,}2\ \text{s}.$

II TURO UŽDUOTYS

1. Radijo imtuvo virpesių kontūras nustatytas 6 MHz dažniui. Kiek kartų reikia pakeisti kontūro kondensatoriaus talpą, kad radijo imtuvas priimtų 150 m ilgio bangas?

2. Kiek elektromagnetinių virpesių, atitinkančių 300 m ilgio bangas, įvyksta per laiką, lygų vienam garsinių virpesių periodui? Garsinių virpesių dažnis lygus 50 Hz.

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

4. Radijo imtuvo virpesių kontūre įjungta 0,32 mH induktyvumo ritė ir kintamos talpos kondensatorius. Imtuvas gali priimti bangas, kurių ilgiai nuo 188 m iki 545 m. Kokiose ribose kinta imtuvo kondensatoriaus talpa? Kontūro aktyvinės varžos nepaisykite.

5. 120 vijų ritę veriančiam magnetiniam srautui per 0,6 s palaipsniui sumažėjus dvigubai, ritėje atsirado 6 V indukcinė elektrovara. Koks magnetinis srautas vėrė ritę pradiniu laiko momentu?

6. Ritės induktyvumas $L = 1\,\text{H}$. Apskaičiuokite elektros srovės stiprio kitimo greitį, kai ritėje gaunama 50 V indukcinė elektrovara.

7. Kai elektros srovės stipris padidėjo nuo $I_1 = 4\,\text{A}$ iki $I_2 = 20\,\text{A}$, magnetinis srautas pro ritės skerspjūvio plotą padidėjo $\Delta\Phi = 2\,\text{mWb}$. Kam lygus šios $n = 1000$ vijų ritės induktyvumas?

8. Kai elektros srovės stipris ritėje per 0,5 s sumažėjo nuo $I_1 = 10\,\text{A}$ iki $I_2 = 5\,\text{A}$, joje atsirado saviindukcinė elektrovara 25 V. Kiek pakito magnetinio lauko energija?

9. Kokio induktyvumo L ritę reikia sujungti su C = 200 pF talpos kondensatoriumi, kad virpesių kontūre per laiką $t = \pi$ μs įvyktų 50 virpesių?

10. Virpesių kontūrą sudaro L = 5 μH induktyvumo ritė ir $C_1 = 450\,\text{pF}$ talpos kondensatorius. Kokios talpos C_2 kondensatorių reikėtų lygiagrečiai prijungti prie kondensatoriaus C_1, kad grandinės virpesių periodas būtų lygus $T = 4\pi$ μs?

11. Virpesių kontūrą sudaro $L = 30\,\mu\text{H}$ induktyvumo ritė ir plokščiasis kondensatorius, kurio plokštelės plotas $S = 0{,}01\,\text{m}^2$, o atstumas tarp plokštelių

$d = 0{,}1\,\text{mm}$. Šis kontūras suderintas $\lambda = 750\,\text{m}$ ilgio bangai. Apskaičiuokite tarp plokštelių esančios medžiagos dielektrinę skvarbą ε.

12. Transformatorius, kurio pirminėje apvijoje yra 880 vijų, žemina įtampą nuo 220 V iki 36 V. Apskaičiuokite transformacijos koeficientą ir antrinės apvijos vijų skaičių.

13. Transformatoriaus pirmine apvija tekančios srovės galia 400 W. Antrinės apvijos gnybtų įtampa 160 V. Kokio stiprio srovė teka antrine apvija? Energijos nuostolių nepaisykite.

14. Virpesių kontūre įtampa ant kondensatoriaus gnybtų kinta pagal dėsnį U = 100 *cos*($10^4\,\pi$ t). Visi dydžiai išreikšti SI vienetais. Kondensatoriaus talpa $C = 100\,\text{pF}$. Raskite kontūre atsirandančių svyravimų kampinį dažnį, periodą ir kontūro ritės induktyvumą. Kokio ilgio bangai suderintas kontūras?

15. Virpesių kontūro talpa $C = 0{,}5\,\mu\text{F}$. Įtampos kondensatoriuje amplitudė lygi $U_m = 100\,\text{V}$, o srovės stiprio amplitudė yra $I_m = 0{,}5\,\text{mA}$. Koks kontūro savųjų virpesių periodas?

16. Elektromagnetinės bangos ilgis vakuume lygus 12 m. Nustatykite krūvio kondensatoriuje amplitudę, jei šio kontūro srovės stiprio amplitudė lygi $I_m = 1$ A. Kontūro aktyvinės varžos nepaisykite.

17. Radiolokatoriaus signalas, atsispindėjęs nuo taikinio, grįžo po $t = 3{,}3 \cdot 10^{-4}\,\text{s}$. Kokiu atstumu nutolęs taikinys?

18. Kokio ilgio banga siunčia radiolokatorius, jeigu siunčiamų bangų dažnis yra 100 GHz?

19. Kintamosios srovės grandinėje elektrovara išreiškiama formule $\varepsilon = 100 \sin(20\pi t)$ (voltais). Apskaičiuokite elektrovaros maksimalią ir efektinę vertę bei jos vertę, kai virpesių fazė lygi $\frac{\pi}{6}$.

20. Kiek voltų rodys į kintamosios srovės grandinę įjungtas voltmetras, kai didžiausioji įtampos vertė lygi 10 V?

III TURAS

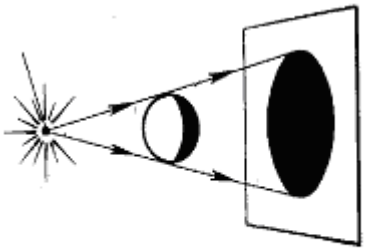
ŠVIESOS SKLIDIMAS. FOTOMETRIJA. LĘŠIAI IR OPTINIAI PRIETAISAI

Metodiniai nurodymai

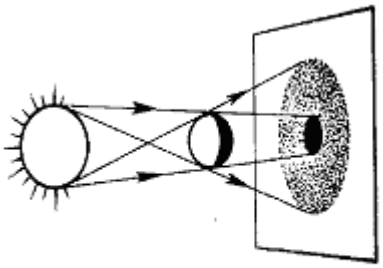
Šviesos sklidimo kryptį nurodo ***spinduliai*** – linijos, kuriomis sklinda šviesa.

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.

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

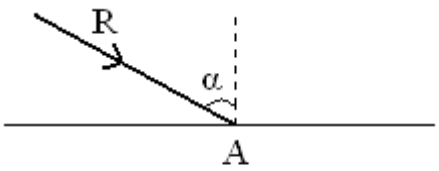
Šviesai krintant statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiog proporcinga šviesos stipriui I ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo taško kvadratui:

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

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.).

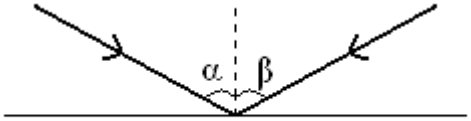


3.3 pav.

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

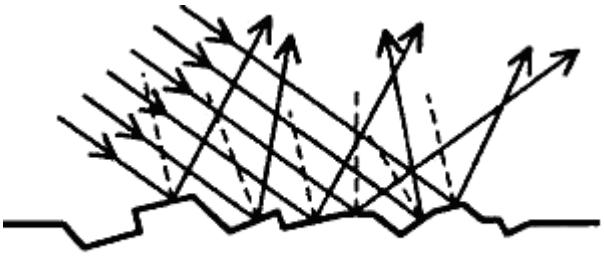
Krintantysis ir atsispindėjęs spindulys bei statmuo veidrodiniam paviršiui, iškeltas spindulio kritimo taške, yra vienoje plokštumoje.

Atspindžio kampas lygus spindulio kritimo kampui: α = β (3.4 pav.).



3.4 pav.

Nuo nelygių paviršių šviesa 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:

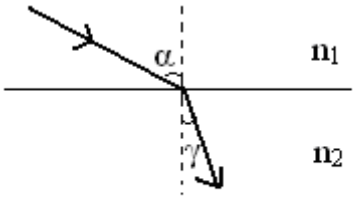
Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje.

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

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

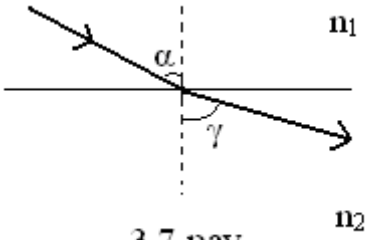
čia n_{21} – santykinis lūžio rodiklis (arba antrosios terpės lūžio rodiklis pirmosios terpės atžvilgiu), n_2, n_1 – antrosios ir pirmosios terpės absoliutinis lūžio rodiklis, v_1 ir v_2 – šviesos greitis pirmojoje ir antrojoje terpėje.

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.).



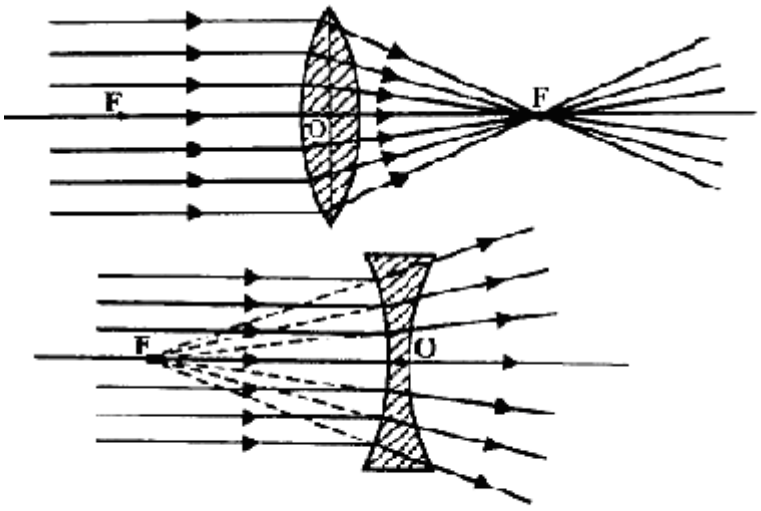
3.7 pav.

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).***

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

Glaudžiamųjų lęšių laužiamoji geba yra teigiama, sklaidomųjų – neigiama.

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

$$D = D_1 + D_2 + ...$$

Plonojo lęšio formulė užrašoma taip:

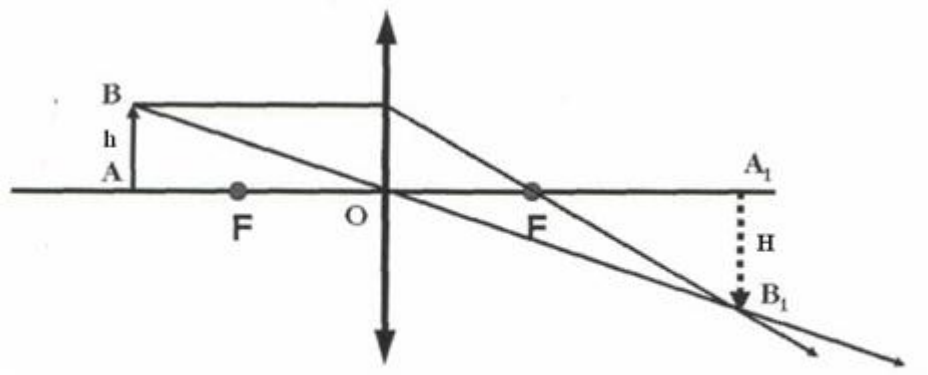
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D;$$

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:

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

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.***

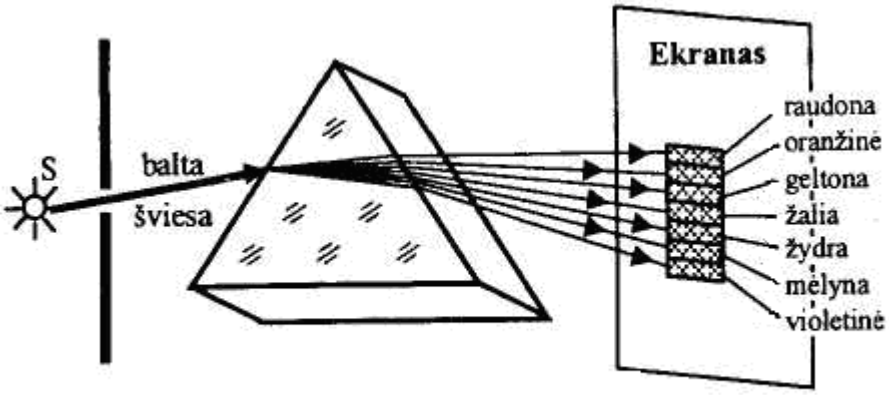
Šviesos dispersija – tai aplinkos lūžio rodiklio priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio.

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:

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

bei

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

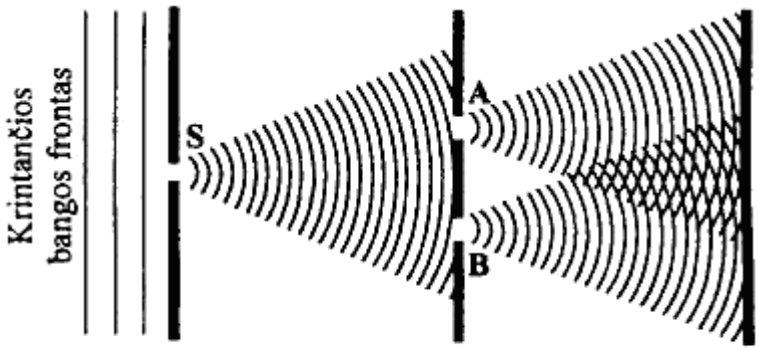
čia v – greitis, υ – dažnis, T – periodas.

Vakuume bet kokio bangos ilgio šviesa sklinda tuo pačiu greičiu:

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

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.

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 $R_1 = n \cdot R_2$

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

tai

$$n = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = \sqrt{\frac{160\text{cd}}{80\text{cd}}} = \sqrt{2};$$

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

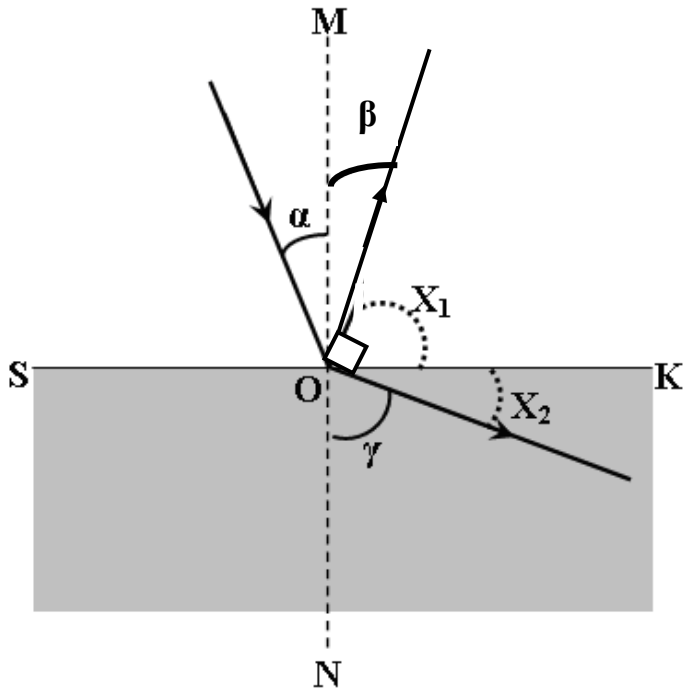
Atsakymas: Atstumą reikia sumažinti $\sqrt{2}$ karto.

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 statusis.

	$n_1 = 2{,}4$
n_2	$\alpha = 30°$

Nubraižome sąlygą iliustruojantį brėžinį:



3.12 pav.

Kampas KON yra statusis, todėl:

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

Kampas MOK yra statusis, todėl:

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

Pagal uždavinio sąlygą kampai

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

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

$$X_1 + X_2 = 90^o;$$

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

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

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.

$$n_2 = \frac{\sin\alpha \cdot n_1}{\sin\gamma} = \frac{\sin 30^0 \cdot 2{,}4}{\sin 60^0} = 1{,}3856 \approx 1{,}39;$$

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

4 pavyzdys

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

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

Šviesos sklidimo greitis ore lygus:

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

$$c = \lambda \cdot \upsilon,$$

iš čia:

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

čia λ – šviesos bangos ilgis, υ – 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, υ – 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:

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

tai

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

Iš čia

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

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

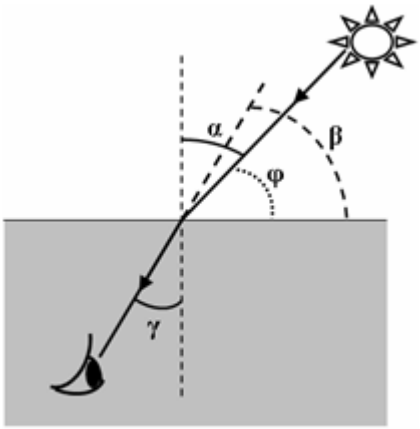
Šviesos bangos ilgis vandenyje sumažėjo, tačiau naras vis tiek matys raudoną šviesą. Akies išskiriama šviesos spalva priklauso ne nuo bangos ilgio, o nuo bangos dažnio. Kaip žinoma, bangos dažnis nepakito.

Atsakymas: naras matys raudoną šviesą.

5 pavyzdys

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

φ	β = 60°. n = 1,33



3.13 pav.

Pagal uždavinio sąlygą sukuriame brėžinį 3.13 pav. Jei narui atrodo, jog Saulė krinta β = 60° kampu į horizontą, tai pratęs šį spindulį gausime, jog spindulių lūžimo kampas vandenyje γ = 30°.

Taikome spindulių lūžimo dėsnį:

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

Iš čia

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

kur

$$\gamma = 90^0 - 60^0 = 30^0.$$

Apskaičiuojame:

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

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

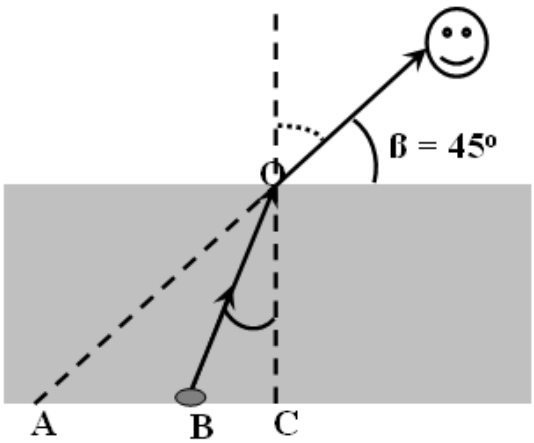
Apskaičiuojame Saulės kampinį aukštį virš horizonto:

$$\varphi = 90^o - 41{,}7^o = 48{,}3^o.$$

Atsakymas: φ ≈ 48°.

6 pavyzdys

Berniukas medine lazda stengiasi pataikyti į akmenį, gulintį 40 cm gylio upelio dugne (3.14 pav.). Kokiu atstumu nuo akmens lazda pataikys į upelio dugną, jei berniukas stums lazdą 45° kampu į vandens paviršių? Vandens lūžio rodiklis 1,33.



3.14 pav.

φ	OC = h =40 cm n = 1,33 β = 45°

Iš brėžinio 3.14 pav. matyti, kad stebėtojas mato daiktą taške A, nes šviesos spinduliai lūžta pereidami iš oro į vandenį.

Pritaikome šviesos spindulių lūžimo dėsnį:

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

iš čia

$$\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n} = \frac{0{,}7071}{1{,}33} = 0{,}5316;$$

$$\gamma = \arcsin(0{,}5316) = 32^{o}.$$

Atstumas BC randamas pritaikant trigonometrines formules:

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

Apskaičiuojame:

$$BC = h \cdot tg\gamma = 0{,}4\,m \cdot tg32^{o} = 0{,}4\,m \cdot 0{,}6249 = 0{,}25\,m;$$

$$BC = 0{,}25\ m.$$

Iš brėžinio matyti:

$$\frac{AC}{h} = tg45^{o}.$$

Apskaičiuojame AC:

$$AC = h \cdot tg45^{o} = 0{,}4\,m \cdot 1 = 0{,}4\,m.$$

Ieškomasis atstumas AB bus lygus:

$$AB = AC - BC = 0{,}4\ m - 0{,}25 = 0{,}15\ m.$$

Atsakymas: AB = 0,15 m.

7 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.

Γ	$d_1 = f_1 = 0{,}5$ 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:

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

tai

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

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

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

$$\Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{\frac{d_1 \cdot (d_1 - \ell)}{d_1 - 2\ell}}{d_1 - \ell} = \frac{d_1}{d_1 - 2\ell};$$

$$\Gamma = \frac{d_1}{d_1 - 2l} = \frac{0{,}5\,\text{m}}{0{,}5\,\text{m} - 2 \cdot 0{,}2\,\text{m}} = 5.$$

Atsakymas: $\Gamma = 5$.

8 pavyzdys

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.

F	$\Gamma = 2$
d	f = 30 cm

Lęšio didinimas lygus:

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}. \qquad (1)$$

Iš plono lęšio formulės išsireiškiame židinio nuotolį F:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \qquad (2)$$

Iš (1) formulės išsireiškiame

$$d = \frac{f}{\Gamma}. \qquad (3)$$

Į (2) formulę įrašome (3) formulę:

$$\frac{1}{F} = \frac{\Gamma}{f} + \frac{1}{f}.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{\Gamma + 1}{f}.$$

$$F = \frac{f}{\Gamma + 1}.$$

F = 10 cm.

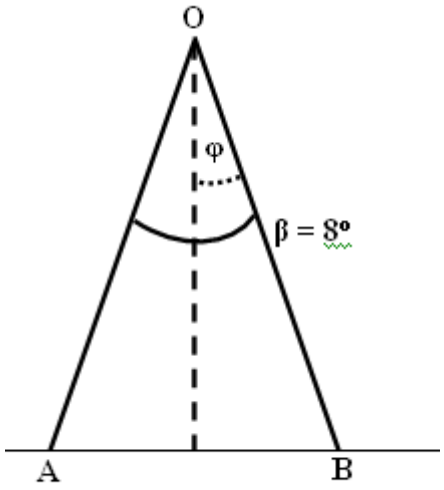
Iš (3) apskaičiuojamas daikto nuotolis iki lęšio:

d = 15 cm.

Atsakymas: F = 10 cm, d = 15 cm.

9 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° (3.15 pav.).



3.15 pav.

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

Užrašome difrakcinės gardelės maksimumo susidarymo sąlygą:

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

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

Iš brėžinio matyti, kad:

$$\varphi = \frac{8^\circ}{2} = 4^\circ.$$

Surandame difrakcinės gardelės konstantą:

$$d = \frac{\ell}{N} = \frac{1\text{mm}}{120} = 8{,}33 \cdot 10^{-6}\,\text{m}.$$

Iš (1) lygties išsireiškiame bangos ilgį:

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

Apskaičiuojame:

$$\lambda = \frac{8{,}33 \cdot 10^{-6}\,\text{m} \cdot 0{,}0698}{1} = 0{,}5814 \cdot 10^{-6}\,\text{m} \approx 0{,}580 \cdot 10^{-6}\,\text{m} \approx 580\,\text{nm}.$$

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

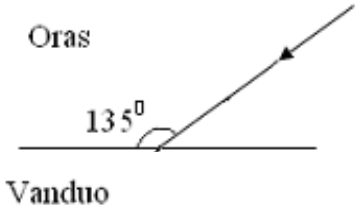
III TURO UŽDUOTYS

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

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

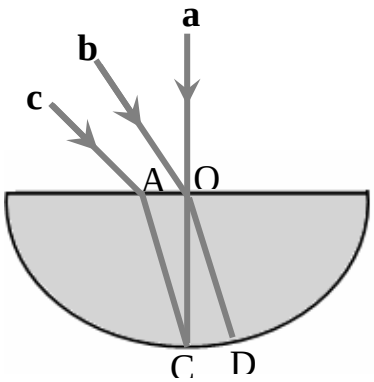
3. Dvi vienodos greta pastatytos elektros lempos apšviečia 2 m atstumu esantį ekraną. Kokiu atstumu ir kuria kryptimi reikia pastumti ekraną, kad vieną lempą užgesinus liktų tokia pat apšvieta?

4. Į vandens paviršių šviesos spindulys krinta tam tikru kampu (3.16 pav.). Nubraižykite tolesnę šviesos spindulių eigą. Apskaičiuokite kritimo bei lūžio kampus.



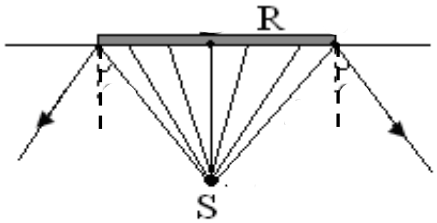
3.16 pav.

5. Į stiklinę pusmėnulio formos plokštelę krinta trys spinduliai, kaip parodyta 3.17 paveiksle. Pratęskite tolesnę spindulių eigą, išėjus iš plokštelės. Paaiškinkite visų spindulių eigos ypatumus.



3.17 pav.

6. Švytintis taškas yra vandenyje h = 1 m gylyje. Vandens lūžio rodiklis n = 1,33. Kokio mažiausio spindulio neskaidrus skritulys turi plaukioti vandens paviršiuje, kad šviesos šaltinis nebūtų matomas iš viršaus (3.18 pav.)?



3.18 pav.

7. Žemės rutulio skersmuo 12900 km. Per kiek laiko šviesa įveikia nuotolį, lygų Žemės pusiaujo ilgiui?

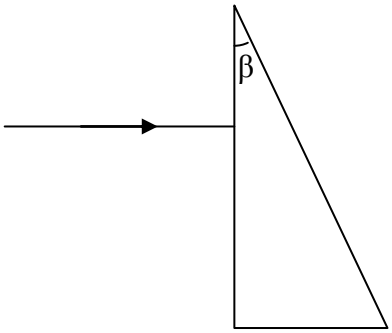
8. Šviesos spindulys, pereidamas iš oro į vandenį, lūžta. Paaiškinkite: **a)** ar pakinta šviesos bangos ilgis bei dažnis; **b)** ar priklauso šviesos sklidimo greitis nuo dažnio bei bangos ilgio. Atsakymus paaiškinkite remdamiesi šviesos sklidimo dėsniais bei formulėmis.

9. 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.

10. Žmogus 1 m/s greičiu artėja prie žibinto. Pradiniu momentu žmogaus šešėlio ilgis buvo 2 m, o praėjus 2 s nuo judėjimo pradžios šešėlis sutrumpėjo iki 1,45 m. Kokiame aukštyje kabo žibintas, jei žmogaus ūgis 1,9 m?

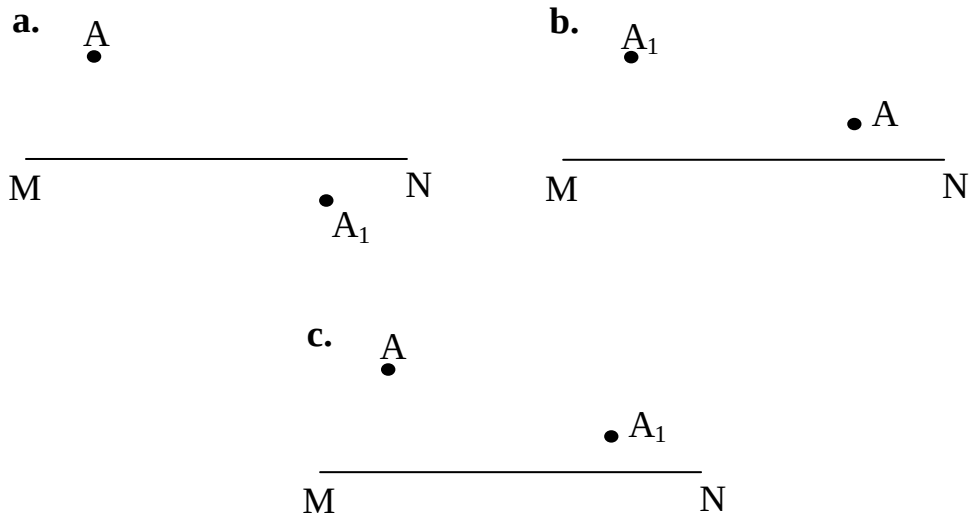
11. Gretasienės stiklinės plokštelės storis 4 cm. Šviesos spindulys krinta į ją 40° kampu. Nustatykite stiklu sklindančio spindulio kelio ilgį bei kiek spindulys nutolsta nuo pradinės krypties. Stiklo lūžio rodiklis 1,6.

12. Stiklinės prizmės laužiamasis kampas 25°. Į ją statmenai krinta baltos šviesos spindulys, kaip parodyta 3.19 paveiksle. Prizmės lūžio rodiklis raudoniesiems spinduliams lygus 1,51, o violetiniams – 1,53. Kokiu kampu išsiskiria raudonieji ir violetiniai spinduliai, praėję prizmę?



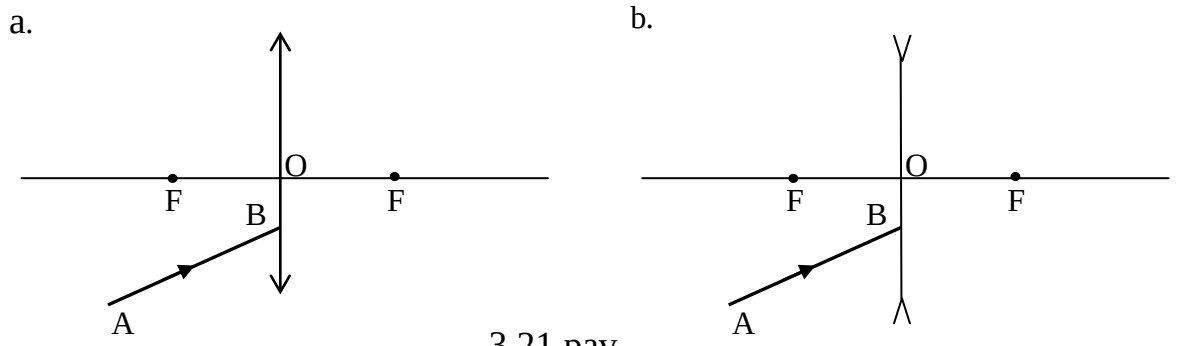
3.19 pav.

13. 3.20 paveikslo a, b ir c dalyse pavaizduotas šviečiantis taškas A ir jo atvaizdas A_1. MN tai pagrindinė optinė ašis. Raskite: a. kur stovi lęšis; b. lęšio rūšį; c. lęšio židinius.



3.20 pav.

14. Brėždami raskite pro glaudžiamąjį (3.21 pav. a.) ir sklaidomąjį (3.21 pav. b.) lęšį praėjusio spindulio AB kelią.



3.21 pav.

15. 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.

16. Atstumas tarp daikto ir lęšio 2 m. Daikto atvaizdas susidaro 0,8 m atstumu nuo lęšio. Nustatykite, kur susidarys jo atvaizdas, jei šį daiktą pastumsime 20 cm link ekrano?

17. 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.

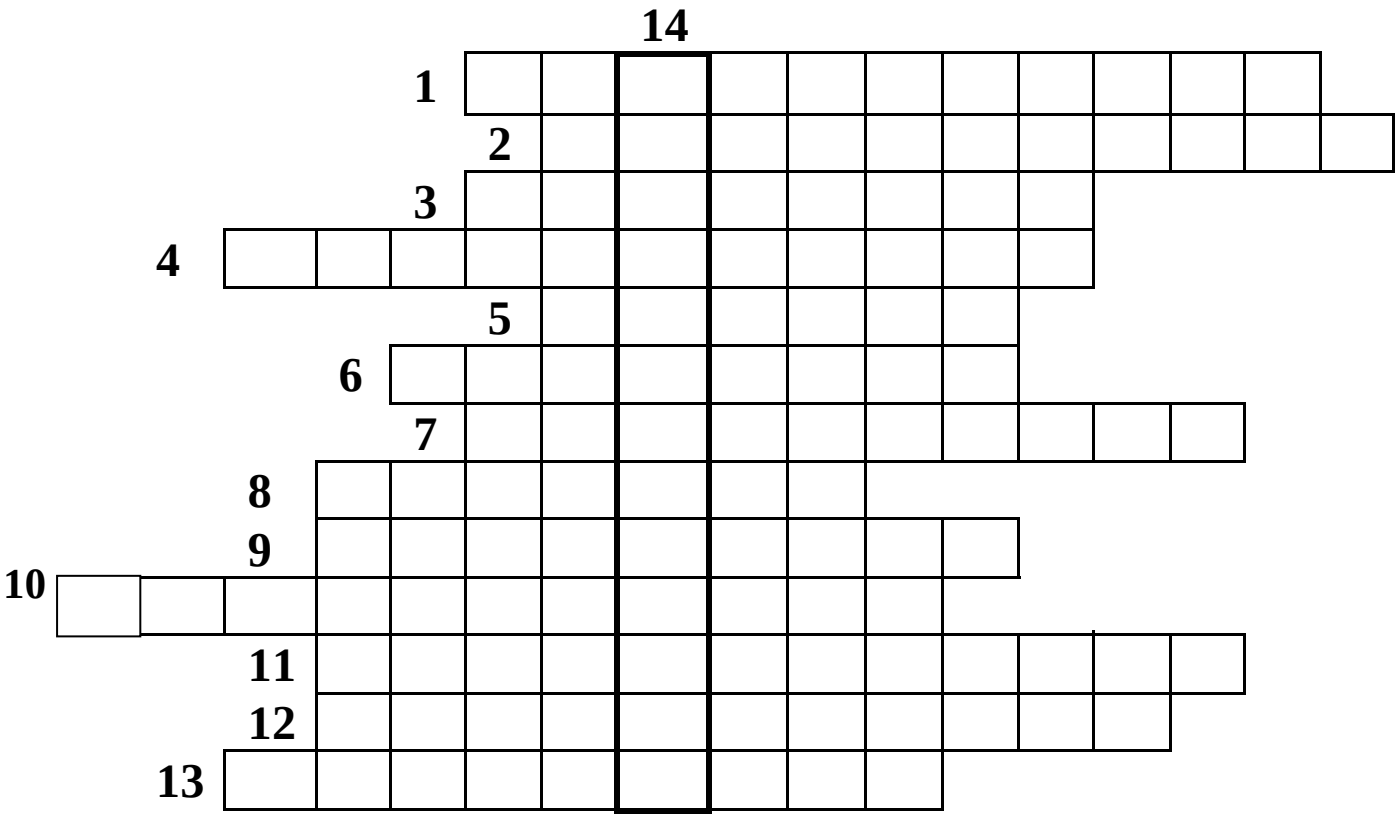
18. Viename taške susideda dvi koherentinės bangos, nuėjusios kelius, kurių skirtumas yra 1,2 μm. Sustiprės ar susilpnės tame taške šviesa, kurios bangos ilgis 480 nm, 600 nm?

19. *Eksperimentinė užduotis.* Jums bus reikalingos priemonės: stiklinis indas su vandeniu, stiklinis vamzdelis.

Darbo eiga: Stiklinį indą su vandeniu pastatykite taip, jog galėtumėte stebėti bandymą iš viršaus. Viršutinį stiklinio vamzdelio galą užspauskite pirštu ir stačiai įleiskite į vandenį. Stebėkite vamzdelio vaizdą iš viršaus ir aprašykite, ką matote. Atitraukite pirštą nuo vamzdelio galo. Kaip pakito vamzdelio išvaizda ir kodėl? Kokiu šviesos reiškiniu tai galite paaiškinti?

20. Kryžiažodis

1. Optikos skyrius, kurio pavadinimas susideda iš dviejų graikiškų žodžių. Jų reikšmė lietuvių kalboje yra: šviesa ir matuoju.
2. Koks senovės mokslininkas teigė, kad pagrindinė yra saulės (balta) šviesa, o visos kitos gaunamos pridėjus į ją tamsos (juodos spalvos)?
3. Kuris žinomas fizikas, atlikdamas bandymą langinėmis užtemdytame kambaryje, ištyrė baltos šviesos sudėtį?
4. Apšvietos matavimo prietaisas.
5. Sena fizikos mokslo šaka, tirianti šviesos reiškinius.
6. Prancūzų filosofas, fizikas ir matematikas, teoriškai išvedęs lūžio dėsnį.
7. Prietaisas, naudojamas jūros paviršiui iš vandens gelmių stebėti.
8. Vis dėlto pats seniausias veidrodis yra ramus ..... paviršius.
9. Pirmasis pasaulyje fizikas, gavęs Nobelio premiją už labai trumpų elektromagnetinių bangų atradimą ir praktinį pritaikymą.
10. Baltos šviesos ..... į spektrą vadinamas dispersija.
11. Labai plonų stiklo gijų kabelis.
12. Koks senovės graikų dramaturgas, senosios komedijos kūrėjas, siūlė skolininkui vaško lentelėje užrašytą skolos dokumentą išlydyti padegamuoju stiklu?
13. Teleskopo praktinio panaudojimo pradininkas.
14. Regėjimo yda, kai akies optinės sistemos pagrindinis židinys yra prieš tinklainę.


14
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universitetas
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Loreta Ragulienė, Rasa Žemaičiūnienė, Jūratė Blažienė
II kurso užduotys ir metodiniai nurodymai
2008 9 (464)
2008–2009 mokslo metai
Redagavo Algirdas Malakauskas
Rinko ir maketavo Irma Bolskytė

SL 843. 2008 09 15. 3.31 leidyb. apsk.1. Tiražas 1200. Užsakymas
Spausdino UAB „Šiaulių knygrišykla“,
P. Lukšio 9A, LT-76351 Šiauliai, tel.: (8~41) 50 03 33, 43 19 14.