



2004-2006 m. Bendrojo programavimo dokumento 2 prioriteto „Žmogiškųjų išteklių plėtra“ 4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtra“

Projekto sutarties numeris: ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261

Projekto pavadinimas: **Inovatyvūs mokymosi metodai ir naujausios technologijos gamtos mokslų bakalauro rengimui**

FIZ 221. OPTIKA

Laboratorinis darbas

ŠVIESOS SPINDULIŲ ATSPINDŽIO IR LŪŽIO DĒSNIŲ TIKRINIMAS

DARBO TIKSLAS:

Susipažinti su pagrindiniais geometrinės optikos dėsniais ir eksperimentiškai patikrinti spindulių atspindžio, lūžio ir visiško vidaus atspindžio dėsnius.

DARBO UŽDUOTYS:

1. Patikrinti spindulių atspindžio ir lūžio dėsnius;
2. Išmatuoti cilindrinės prizmės lūžio rodiklį.

TEORIJA:

Geometrinė optika – tai optikos sritis, kurioje nagrinėjami šviesos spindulių sklaidimo skaidriose terpėse dėsniai ir į šviesos spindulį žiūrima kaip į be galo siaurą šviesos pluoštą. Iš tikrųjų šviesos pluoštas visada yra baigtinio pločio. Todėl geometrinėje optikoje šviesos spindulys suprantamas kaip statmuo bangos frontui, išilgai kurio sklinda šviesos energijos srautas, ir nepaisoma banginės optikos reiškinių – interferencijos bei difrakcijos.

Pagrindiniai geometrinės optikos dėsniai yra šie:

1. *Tiesaus šviesos sklidimo dėsnis*: vienalytėje terpėje šviesa sklinda tiesiai. Linija, palei kurią pernešama šviesos energija, vadinama *spinduliu*.

2. *Lūžio dėsnis*: kritęs ir lūžęs spinduliai yra vienoje plokštumoje su statmeniu į laužiantį paviršių kritimo taške. Jei spindulio kritimo kampas (kampas tarp statmens aplinkų ribai ir krentančio spindulio) yra θ_1 ir lūžęs spindulys su statmeniu aplinkų ribai sudaro kampą θ_2 , o pirmosios aplinkos lūžio rodiklis n_1 bei antrosios n_2 , tai lūžio dėsnį galima užrašyti taip:

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (1)$$

3. *Atspindžio dėsnis*: kritęs ir atsispindėjęs spindulys yra vienoje plokštumoje su statmeniu į atspindintį paviršių kritimo taške, ir šis statmuo dalija kampą tarp spindulių į dvi lygias dalis.

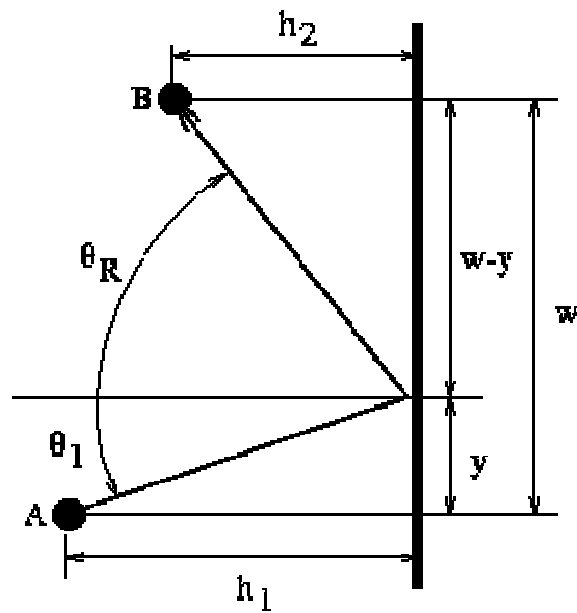
4. *Spindulių nepriklausomo sklidimo dėsnis*: atskiri spinduliai susitikę neveikia vienas kito ir sklinda toliau nepriklausomai.

Šviesos spinduliui, pereinant iš optiškai tankesnės terpės į optiškai retesnę terpę ($n_1 > n_2$) ir kritimo kampui θ_1 esant didesniai nei ribinis visiško vidaus atspindžio kampas, *lūžio dėsnis* neturės sprendinių. Tokiu atveju nuo aplinkų ribos visa šviesa yra atspindima. Šis reiškinys vadinamas visišku vidaus atspindžiu, o kritimo kampas, kuriam lūžęs spindulys šliaužia išilgai aplinkų ribos, vadinamas ribiniu visiško vidaus atspindžio kampu. Ribinį visiško vidaus atspindžio kampą galima apskaičiuoti iš lūžio dėsnio:

$$\theta_{rib} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (2)$$

Ferma principas

Spindulių lūžio ir atspindžio dėsnius galima gauti remiantis Ferma principu. Ferma principas teigia, kad spindulys optinėje terpėje tarp dviejų taškų juda tokiu keliu, kuriam nusklinti reikia mažiausio laiko. Paprasčiausia šį principą taikyti, kai šviesa sklinda vienalytėje terpe, nes joje šviesos sklidimo greitis pastovus ir trumpiausias sklidimo laikas reikš ir trumpiausią šviesos spindulio nueinamą kelią. Kadangi trumpiausias kelias tarp dviejų taškų yra tiesė, tai iš Ferma principo plaukia tiesaus spindulių sklidimo vienalytėse terpėse dėsnis.



Pav.1

Panaudojant Fermą principą nesunkiai įrodomas ir spindulių atspindžio dėsnis.

Tarkime, kad kritimo kampas nelygus atspindžio kampui (pav.1). Tada laikas reikalingas spinduliui nusklinti iš taško A į tašką B yra:

$$t = \left(\sqrt{h_1^2 + y^2} + \sqrt{h_2^2 + (w - y)^2} \right) / v \quad (3)$$

Čia v – šviesos greitis terpėje. Norėdami rasti trumpiausią kelią, apskaičiuojame t išvestinę pagal y ir prilyginę nuliui gauname:

$$\frac{y}{\sqrt{h_1^2 + y^2}} = \frac{w - y}{\sqrt{h_2^2 + (w - y)^2}} \quad (4)$$

Kadangi

$$\sin \theta_1 = \frac{y}{\sqrt{h_1^2 + y^2}} \quad (5)$$

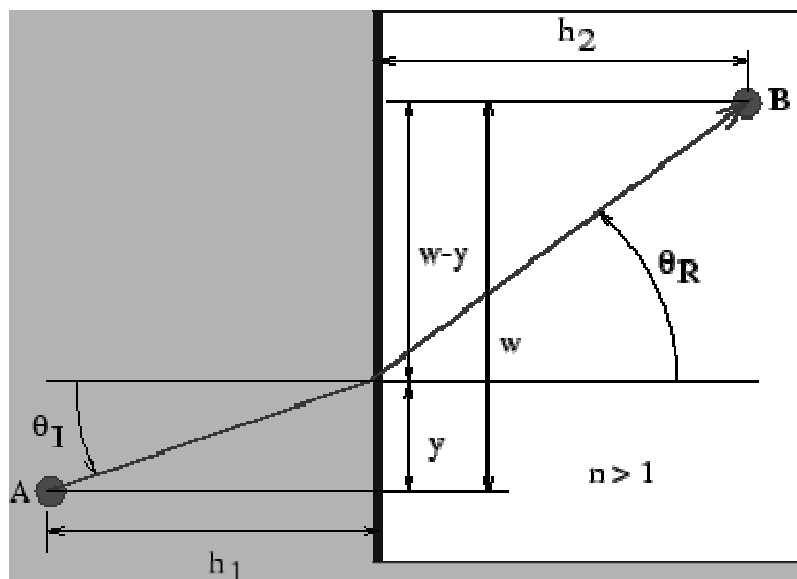
ir

$$\sin \theta_R = \frac{w-y}{\sqrt{h_2^2 + (w-y)^2}}, \quad (6)$$

Tai gauname, kad trumpiausias kelias bus jei

$$\sin \theta_I = \sin \theta_R, \quad (7)$$

t.y kritimo kampas lygus atspindžio kampui, kaip sako šviesos atspindžio dėsnis.



Pav.2

Analogiškai įrodomas ir spindulių lūžio dėsnis. Pav.2 parodytas spindulys einantis iš oro (lūžio rodiklis lygus 1) į terpę, kurios lūžio rodiklis didesnis už 1. Kirsdamas aplinkų ribą spindulys lūžta. Laikas, kurį spindulys užtrunka eidamas iš taško A į tašką B yra:

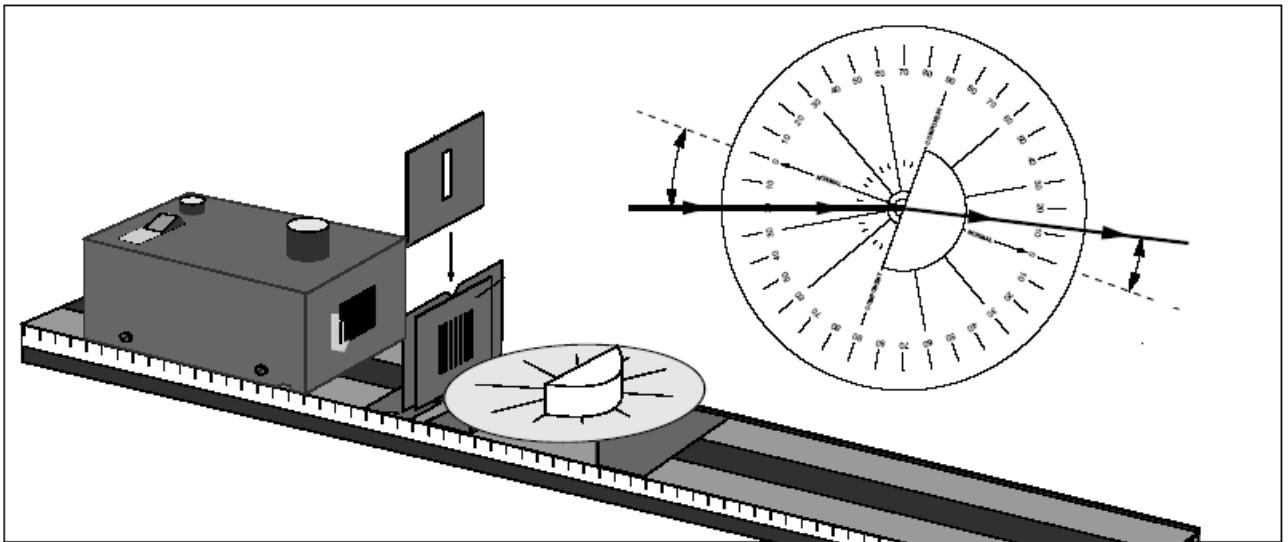
$$t = \left(\sqrt{h_1^2 + y^2} + n \sqrt{h_2^2 + (w-y)^2} \right) / c, \quad (8)$$

čia c – šviesos greitis vakuume (ore). Iš t minimumo sąlygos lengvai randame, kad spindulio optinis kelias bus trumpiausias, jei kritimo ir lūžio kampai tenkina Snelijaus dėsnį

$$\sin \theta_I = n \cdot \sin \theta_R \quad (9)$$

DARBO PRIEMONĖS:

1. optinis suolas;
2. spindulių stalelis;
3. ekranas su plyšiu;
4. cilindrinis prizmė;
5. šviesos šaltinis;
6. ekranas su plyšiais;
7. stalelio atrama;
8. plyšių laikiklis.



Pav.1 Laboratorinio darbo maketo schema

DARBO EIGA:

1. Surinkite pav.1 darbo maketą. Ekranus su plyšiais pastatykite taip, kad per spindulių stalelio centrą ir jo nulinę padalą eitų vienas spindulys.
2. Padėkite ant stalelio cilindrinę prizmę taip, kad spindulys kristų į jos plokščią paviršių, orientuotą išilgai linijos su žyme „Component“. Prizmė padėta teisingai, jei linijos, einančios iš stalelio centro, prizmės cilindrinį paviršių kerta statmenai.
3. Atsargiai sukdami spindulių stalelį prieš laikrodžio rodyklę, kad cilindrinės prizmės padėtis ant stalelio nepasikeistų, užrašykite lentelėje 1 nurodytiems kritimo kampams atspindžio ir lūžio kampų vertes.

1 Lentelė

$\theta_1, ^\circ$ kritimo kampas	$\sin \theta_1$	$\theta_2, ^\circ$ lūžio kampas (prieš laikrodžio rodyklę)	$\sin \theta_2$	n_2	$\theta_2, ^\circ$ lūžio kampas (pagal laikrodžio rodyklę)	$\sin \theta_2$	n_2
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							

- Pakartokite matavimus, sukdami prizmę nuo nulinės padalos pagal laikrodžio rodyklę.
- Kiekvienam kritimo kampui apskaičiuokite $\sin \theta_1$, $\sin \theta_2$ ir prizmės lūžio rodiklio vertę, imdami oro lūžio rodiklio vertę lygią 1. Skaičiavimų rezultatus surašykite į lentelę.
- Apskaičiuokite vidutinę lūžio rodiklio vertę $\bar{n}_2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N n_{2,j}$.
- Matavimų rezultatus pavaizduokite taškais grafike, kurio x ašyje pateiktos $\sin \theta_1$, o y ašyje $\sin \theta_2$ vertės. Per eksperimentinius taškus nubrėžkite tiesę ir iš tiesės polinkio kampo apskaičiuokite prizmės lūžio rodiklio vertę.
- Pakartokite darbo eigos punktus 3÷7, kai spindulys pirmiau krenta į cilindrinę prizmės paviršių ir lūžta, eidamas per plokščią aplinkų ribą iš prizmės į orą bei nustatykite ribinį visiško atspindžio kampą.
- Palyginkite išmatuotą visiško atspindžio kampo vertę su apskaičiuota pagal formulę (2).

KONTROLINIAI KLAUSIMAI:

1. Ar spindulys krentantis statmenai plokščiam ir cilindriniam prizmės paviršiui lūžta?
2. Ar pakeitus spindulio sklidimo kryptį į priešingą, jo sklidimo kelias pasikeis?
3. Kokios priežastys lemia, kad dideliems kritimo kampams sunku tiksliai išmatuoti lūžimo kampą?
4. Kai spindulys eina iš prizmės į orą per plokščią aplinkų ribą, kodėl ne visiems kritimo kampams stebimas lūžęs spindulys?
5. Kaip pasinaudoti šviesos atspindžio dėsnio cilindrinės prizmės teisingai orientacijai ant spindulių stalo nustatyti?

LITERATŪRA:

- 1) V. A. ŠALNA, „Optikos laboratoriniai darbai“, <http://www.ff.vu.lt/bfsk/optika/Laboro.html>
- 2) B. Martinėnas, J. Kaulakys, J. Jakimačius „Fizikos pagrindai“, 2000, „Technika“, Vilnius
- 3) V. A. ŠALNA, „Optika“, 2004, „Enciklopedija“, Vilnius