

## Tiriamasis darbas

### Stiklo lūžio rodiklio tyrimas

Šis tiriamasis darbas turi būti pritaikytas įvairaus gebėjimo bei mokėjimo mokyti kompetencijos mokiniams. Galima apsiriboti tik keliais laboratorinio darbo uždaviniais, neatsakinėti į laboratorinio darbo klausimus, atlikti užduotys savarankiškai ar su pagalba.

#### *Teorinis darbo pagrindimas:*

Šviesai praeinant iš vienos terpės į kitą, pasikeičia jos sklidimo kryptis. Šviesos spindulio krypties pasikeitimas, kai jis pereina iš vienos skaidrios terpės į kitą, vadinamas šviesos lūžimu. Jį apibūdina šviesos lūžimo dėsnis: krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje; kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis dviem terpėms yra pastovus dydis. Tas dydis  $n$  vadinamas lūžio rodikliu:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}. \quad (1)$$

#### *Tyrimo metodika ir rezultatai*

Šio tiriamojo darbo pagrindą sudaro laboratorinis darbas „Stiklo lūžio rodiklio nustatymas“, kuris yra aprašytas fizikos vadovėlyje (Pečiuliauskienė, P. (2014) *Fizika 11-12. Svyravimai ir bangos*. Kaunas: Šviesa. Psl. 193).

Tiriamojo darbo rezultatų dokumente pateiktos kelios nuotraukos (stiklinių prizmių, stiklainio su vandeniu šoniniai vaizdai, kampų ir ilgių matavimai). Mokiniai žiūrėdami į nuotraukas gali užpildyti duomenų lenteles ir skaičiavimus.

#### *1. Stiklo lūžio rodiklio nustatymas 1 būdu:*

Matlankiu išmatuojami šviesos kritimo  $\alpha$  ir lūžio  $\gamma$  kampai. Matavimo rezultatai: kritimo kampas  $\alpha = 28^\circ$ , lūžio kampas  $\gamma = 17^\circ$ .

**Pastaba:** Visi matavimo rezultatai iš nuotraukų, kurie pateikti tiriamojo darbo rezultatų dokumente.

Apskaičiuojamas stiklo lūžio rodiklis:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin(28^\circ)}{\sin(17^\circ)} \approx 1,61.$$

#### *2. Stiklo lūžio rodiklio nustatymas 2 būdu:*

Liniuote išmatuojami  $A_1L$  ir  $GD_1$  atstumai. Matavimo rezultatai: atstumai  $A_1L = 2,2$  cm,  $GD_1 = 1,5$  cm.

Apskaičiuojame stiklo lūžio rodiklis:

$$n_{ap} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\left| \frac{A_1 L}{OA_1} \right|}{\left| \frac{GD_1}{OD_1} \right|} = \left| \frac{A_1 L}{GD_1} \right| = \frac{2,2 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm}} \approx 1,47.$$

Apskaičiuojame matavimo paklaidas:

$$\Delta A_1 L = \Delta_{pr} A_1 L + \Delta_a A_1 L = 0,1 \text{ cm} + 0,05 \text{ cm} = 0,15 \text{ cm},$$

$$\Delta GD_1 = \Delta_{pr} GD_1 + \Delta_a GD_1 = 0,1 \text{ cm} + 0,05 \text{ cm} = 0,15 \text{ cm},$$

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta A_1 L}{A_1 L} + \frac{\Delta GD_1}{GD_1} = \frac{0,15 \text{ cm}}{2,2 \text{ cm}} + \frac{0,15 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm}} \approx 0,168.$$

$$\Delta n = n_{ap} \varepsilon_n = 1,47 \cdot 0,168 = 0,24696 \approx 0,25.$$

Išvados: Tyrimo metu nustatėme stiklo lūžio rodiklį. Matavimo rezultatai:  
 $n = n_{ap} \pm \Delta n = 1,47 \pm 0,25.$

### 3. Stiklo lūžio rodiklio nustatymas 3 būdu:

Matlankiu išmatuojami šviesos kritimo  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  ir lūžio  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  kampai. Duomenys surašomi į lentelę.

Kritimo kampas $\alpha_1$ (ore)	Lūžio kampas $\gamma_1$ (stikle)	Kritimo kampas $\alpha_2$ (stikle)	Lūžio kampas $\gamma_2$ (ore)	$n_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1}$	$n_2 = \frac{\sin \gamma_2}{\sin \alpha_2}$
19°	14°	16°	21°	$\approx 1,35$	$\approx 1,30$

Apskaičiuojame stiklo lūžio aritmetinį vidurkį:

$$n_{vid} = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{1,35 + 1,30}{2} = 1,325 \approx 1,33,$$

Išvada: Tyrimo metu nustatėme stiklo lūžio rodiklį. Matavimo rezultatai:  $n_{vid} \approx 1,33.$   
 Gauta reikšmė yra žemesnė už stiklo lūžio rodiklio vertę  $n_{stiklas} = 1,5$  (įvairių rūšių stiklo lūžio rodiklis  $n = [1,47, 2,04]$ ). Gauta reikšmė labiau panaši į vandens lūžio rodiklį  $n_{vanduio} = 1,33.$   
 Kadangi šviesos spindulys ilgesnė kelią ėjo vandeniui, negu stiklui, todėl mūsų gauta reikšmė artimesnė vandens šviesos lūžio rodikliui, negu stiklo šviesos lūžio rodikliui.

### 4. Stiklo lūžio rodiklio nustatymas 4 būdu:

Matlankiu išmatuojami šviesos kritimo  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  ir lūžio  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  kampai. Duomenys surašomi į lentelę.

Kritimo kampas $\alpha_1$ (ore)	Lūžio kampas $\gamma_1$ (stikle)	Kritimo kampas $\alpha_2$ (stikle)	Lūžio kampas $\gamma_2$ (ore)	$n_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1}$	$n_2 = \frac{\sin \gamma_2}{\sin \alpha_2}$
43°	25°	25°	42°	$\approx 1,61$	$\approx 1,58$

Apskaičiuojame stiklo lūžio aritmetinį vidurkį:

$$n_{vid} = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{1,61 + 1,58}{2} = 1,595 \approx 1,6,$$

Išvada: Tyrimo metu nustatėme stiklo lūžio rodiklį. Matavimo rezultatai:  $n_{vid} \approx 1,6.$   
 Gauta reikšmė yra didesnė už stiklo lūžio rodiklio vertę  $n_{stiklas} = 1,5.$  Kadangi nėra žinoma tiksli

stiklo rūšis ir jo sudėtis, mūsų stiklo šviesos lūžio vertė yra įvairių rūšių stiklo lūžio rodiklio  $n$  = nuo 1,47 iki 2,04 intervale.

*Klausimai ir užduotys:*

1. Sklisdamas oru, šviesos spindulys krinta į skysčio paviršių  $40^\circ$  kampū. Lūžio kampas lygus  $24^\circ$ . Kokiū kampū lūš spindulys, krintantis į tą patį skystį  $80^\circ$  kampū?

$$\alpha_1 = 40^\circ \quad n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2}$$

$$\gamma_1 = 24^\circ \quad \sin \gamma_2 = \frac{\sin \alpha_2 \cdot \sin \gamma_1}{\sin \alpha_1} = \frac{\sin 80^\circ \cdot \sin 24^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{0,9848 \cdot 0,4067}{0,6428} \approx$$

$$\alpha_2 = 80^\circ \quad \approx 0,6231$$

$$\gamma_2 - ? \quad \gamma_2 \approx 39^\circ$$

Atsakymas:  $\gamma_2 \approx 39^\circ$ .

2. Šviesa krinta į tam tikros medžiagos paviršių  $60^\circ$  kampū, o lūžta  $35^\circ$  kampū. Apskaičiuokite greitį, kuriuo šviesa sklinda toje medžiagoje.

$$\alpha = 60^\circ \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v}$$

$$\gamma = 35^\circ \quad v = \frac{c \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot \sin 35^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 0,5736}{0,866} \approx$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad \approx 1,99 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$v - ? \quad \text{Atsakymas: } v \approx 1,99 \cdot 10^8 \frac{m}{s}.$$

3. Šviesos greitis skystyje lygus  $240\,000 \frac{km}{s}$ . Šviesos spindulys krinta į to skysčio paviršių  $30^\circ$  kampū. Koks yra lūžio kampas?

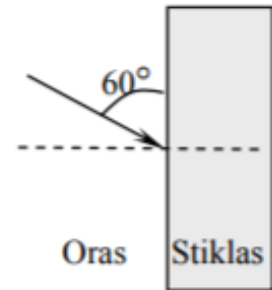
$$v = 240\,000 \frac{km}{s} = 2,4 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{c}{v}$$

$$\alpha = 30^\circ \quad \sin \gamma = \frac{v \cdot \sin \alpha}{c} = \frac{2,4 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot \sin 30^\circ}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = \frac{2,4 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 0,5}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 0,4$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad \gamma \approx 24^\circ$$

$$\gamma - ? \quad \text{Atsakymas: } \gamma \approx 24^\circ.$$

4. Šviesa krinta į lango sticlą taip, kaip pavaizduota 5 pav.. Stiklo lūžio rodiklis 1,5.



1 pav. 4 uždavinio sąlyga.

4.1. Koks spindulių kritimo kampas?

4.2. Ar galima paveiksle pavaizduotu atveju gauti visiškąjį vidaus atspindį? Paaiškinkite kodėl.

4.3. Koks šio stiklo ribinis visiškojo vidaus atspindžio kampas?

4.4. Kiek kartų šviesos greitis ore skiriasi nuo greičio stikle?

4.5. Spindulys, patekęs į sticlą, išeina iš jo kitoje pusėje, paslinkęs nuo pradinės sklidimo krypties. Pavaizduokite šį poslinkį brėžinyje.

4.6. Kaip kistų 5 užduotyje minėtas spindulio poslinkis, didinant stiklo storį?

$$\varphi = 60^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

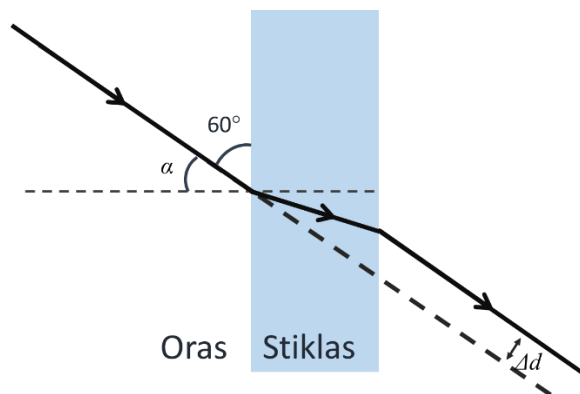
$$n = n_{stiklo} = 1,5$$

$$\sin \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{oro}}{n_{stiklo}} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3} \approx 0,667$$

$$\alpha, \alpha_0 - ?$$

$$\alpha_0 = \arcsin 0,667 \approx 42^\circ$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{v_{ore}}{v_{stikle}} = 1,5$$



Atsakymas: 4.1.)  $\alpha = 30^\circ$ .

4.2.) Negalima, nes visiškąjį vidaus atspindį vadiname šviesos atspindį nuo optiškai retesnės terpės, kai šviesa nelūžta, o atsispindėjusios šviesos intensyvumas beveik lygus krintančios šviesos intensyvumui. Šiuo atveju šviesa sklinda į optiškai tankesnę terpę (iš oro į sticlą).

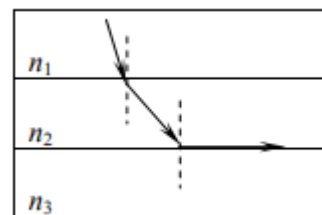
4.3.)  $\alpha_0 \approx 42^\circ$ .

4.4.)  $\frac{v_{ore}}{v_{stikle}} = 1,5$ .

4.6.) Didinant stiklo storį spindulio poslinkis didėja.

5. Šviesa sklinda iš pirmos aplinkos per antrą į trečią aplinką (6 pav.). Parašykite aplinkų lūžio rodiklių sąryšį.

Medžiaga, kurios lūžio rodiklis didesnis, vadinama optiškai tankesne. Joje šviesos spinduliai lūžta stipriau, nes toje medžiagoje labiau sumažėja šviesos greitis.



2 pav. 5 uždavinio sąlyga.

Atsakymas:  $n_1 > n_2 > n_3$ .

6. Į stiklinę prizmę, kurios laužiamasis kampas  $\varphi = 60^\circ$ , iš oro krinta šviesos spindulys taip, kaip parodyta 7 pav.. Prizmės lūžio rodiklis 1,5, oro – 1.



3 pav. 6 uždavinio sąlyga.

- 6.1. Kam lygus lūžio kampas kertant prizmės sienelę  $AB$ ?
- 6.2. Sprendimų ir atsakymų lape pavaizduokite spindulio kritimo kampą į sienelę  $BC$  ir apskaičiuokite jį.
- 6.3. Kokia tolimesnė spindulio, pasiekusio sienelę  $BC$ , eiga? Atsakymą pagrįskite. Pavaizduokite jį sprendimų ir atsakymų lape esančiame paveiksle.

$\alpha, ^\circ$	$30^\circ$	$32^\circ$	$34^\circ$	$36^\circ$	$38^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$
$\sin \alpha$	0,500	0,530	0,559	0,588	0,616	0,643	0,707
$\alpha, ^\circ$	$50^\circ$	$52^\circ$	$54^\circ$	$56^\circ$	$58^\circ$	$60^\circ$	
$\sin \alpha$	0,766	0,788	0,809	0,829	0,848	0,866	

$$\varphi = 60^\circ$$

$$n_p = \frac{\sin \alpha_{AB}}{\sin \gamma_{AB}}$$

$$n_p = 1,5$$

$$\sin \gamma_{AB} = \frac{\sin \alpha_{AB}}{n_p} = \frac{\sin 0^\circ}{1,5} = \frac{0}{1,5} = 0$$

$$n_o = 1$$

$$\gamma_{AB} = \arcsin 0 = 0^\circ$$

$$\alpha_{AB} = 0^\circ$$

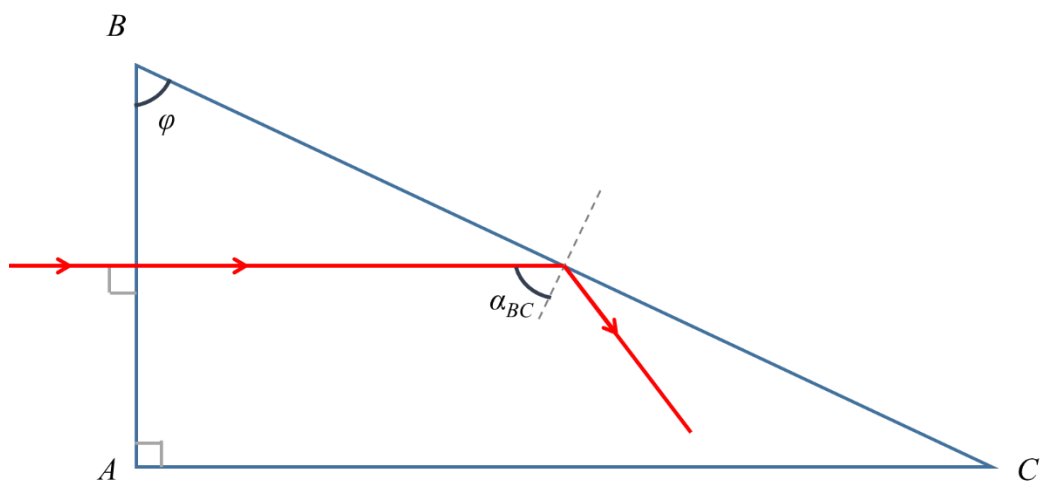
$$\alpha_{BC} = \varphi = 60^\circ$$

$$\gamma_{AB}, \alpha_{BC}, \alpha_0 - ?$$

$$\sin \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_o}{n_p} = \frac{1}{1,5} = \frac{1}{1,5} \approx 0,667$$

$$\alpha_0 = \arcsin 0,667 \approx 42^\circ$$

$$\alpha_{BC} > \alpha_0$$



Atsakymas: 6.1.)  $\gamma_{AB} = 0^\circ$ .

6.2.)  $\alpha_{BC} = 60^\circ$ .

6.3.) Kadangi  $\alpha_{BC} > \alpha_0$ , todėl spindulys visiškai atspindės nuo sienelės  $BC$ . Atspindžio ir kritimo kampai lygūs.