

Cukraus tirpalo koncentracijos nustatymas optiniu metodu

Užduotys:

1. Nubraižyti cukraus tirpalo lūžio rodiklio priklausomybę nuo tirpalo koncentracijos.
2. Nustatyti nežinomą cukraus tirpalo koncentraciją.

Priemonės:

Tuščiavidurė plonasiene taisyklinga trikampė prizmė, kamštinis padėkliukas, 4 smeigtukai, matlankis, 4 balto popieriaus lapai, milimetrinis popierius, vanduo, 4 žinomos koncentracijos cukraus tirpalai: 60 %, 50 %, 40 %, 20 % koncentracijos, nežinomos koncentracijos cukraus tirpalas, rankšluostinis popierius.

Nurodymas:

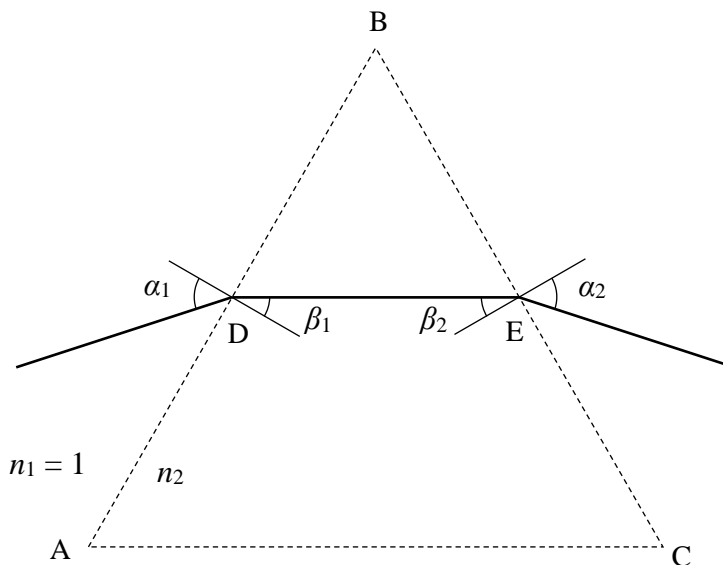
Oro lūžio rodiklį laikykite lygų 1,00. Matuodami stenkitės sumažinti matavimo atsitiktines paklaidas.

Išpėjimai:

1. Trikampė prizmė yra trapi, jos kraštai – aštrūs. Su prizme elkitės labai atsargiai, kad nesulaužytumėte ir neįsijautumėte.
2. Dirbdami atsargiai elkitės ir su smeigtukais – jie yra aštrūs ir gali sužeisti. Smeigdami smeigtukus į kamštinį padėkliuką neprabeskite jo kiaurai, kad nesugadintumėte stalo paviršiaus.

Sprendimas:

Nusibrėžiame lygiakraštį trikampį ABC, atitinkantį taisyklingą trikampę prizmę, ir spindulių eigą per jį. Stiklinės prizmės sienelės yra plonos, tad jos įtakos nepaisome. Spindulys lūžta taškuose D ir E. Kritimo ir lūžio kampus pirmajame lūžio taške pažymime α_1 ir β_1 , o taške E – atitinkamai β_2 ir α_2 (1 pav.). Oro lūžio rodiklį pažymėję $n_1 = 1$, o skysčio n_2 , užrašome lūžio dėsnį kiekvienai skysčio ir oro ribai:



1 pav. Spindulių sklaidimo prizmėje schema.

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \beta_1 \Rightarrow \beta_1 = \arcsin \left(\frac{n_1 \sin \alpha_1}{n_2} \right), \quad (1)$$

$$n_2 \sin \beta_2 = n_1 \sin \alpha_2 \Rightarrow \beta_2 = \arcsin \left(\frac{n_1 \sin \alpha_2}{n_2} \right), \quad (2)$$

Iš trikampio BDE suskaičiuojame, kad:

$$\beta_1 + \beta_2 = 60^\circ. \quad (3)$$

Į (3) lygtį įstatome (1) bei (2) lygtis ir surandame, kad:

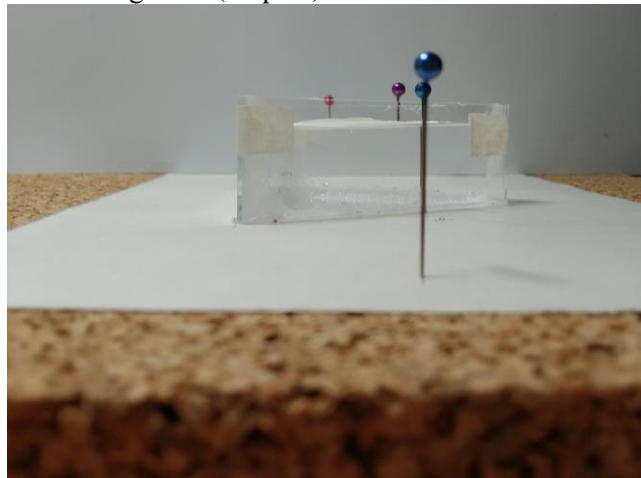
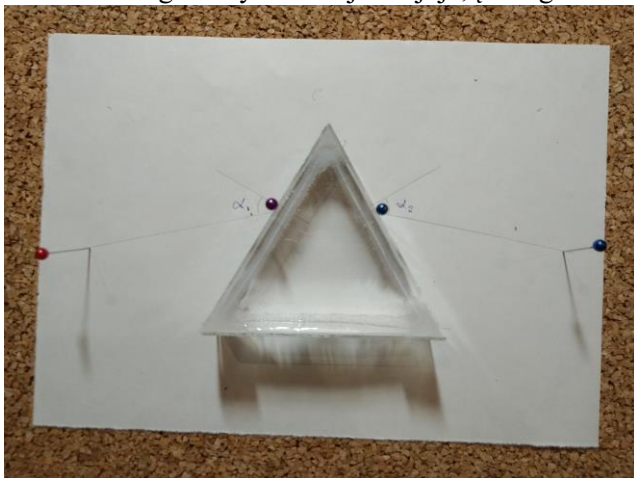
$$\arcsin\left(\frac{n_1 \sin \alpha_1}{n_2}\right) + \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \alpha_2}{n_2}\right) = 60^\circ. \quad (4)$$

Matome, kad iš šios lygties algebriskai išreikšti skysčio lūžio rodiklį n_2 yra gana sunku. (4) lygtis tampa gerokai paprastesne, jei į prizmę įeinančio spindulio kampą parinktume lygų iš prizmės išeinančio spindulio kampui, t. y. kad $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$. Tada iš (4) lygties galime nesunkiai išreikšti n_2 :

$$2 \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \alpha}{n_2}\right) = 60^\circ \Rightarrow \frac{n_1 \sin \alpha}{n_2} = \sin 30^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \sin \alpha}{\sin 30^\circ} \quad (5)$$

Pastebime, kad kadangi $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, tai $\beta_1 = \beta_2 = 30^\circ$, o atkarpa DE yra lygiagreti trikampio pagrindui AC.

Pirmiausia ant tuščių lapų nusibrėžiame prizmės kontūrą. Tą lengviausia padaryti prieš pilant į prizmę skysčius: apvertę prizmę dugnu į viršų ją tiesiog apsibrėžiame pieštuku. Į nusibrėžtą kontūrą dedame prizmę, įsipilame vandens. Tam, kad gautume vienodus kampus α , du smeigtukus įsmeigiame kuo arčiau prizmės, vienodais atstumais ($BD = BE$) nuo prizmės viršūnės B (2a pav.). Tada, žiūrėdami pro prizmės šoną ir įsitikinę, kad abu smeigtukai yra vienoje linijoje, įsmeigiame kitus du smeigtukus (2b pav.).



2 pav. Eksperimento schema žiūrint iš viršaus (kairėje) ir žiūrint iš šono (dešinėje).

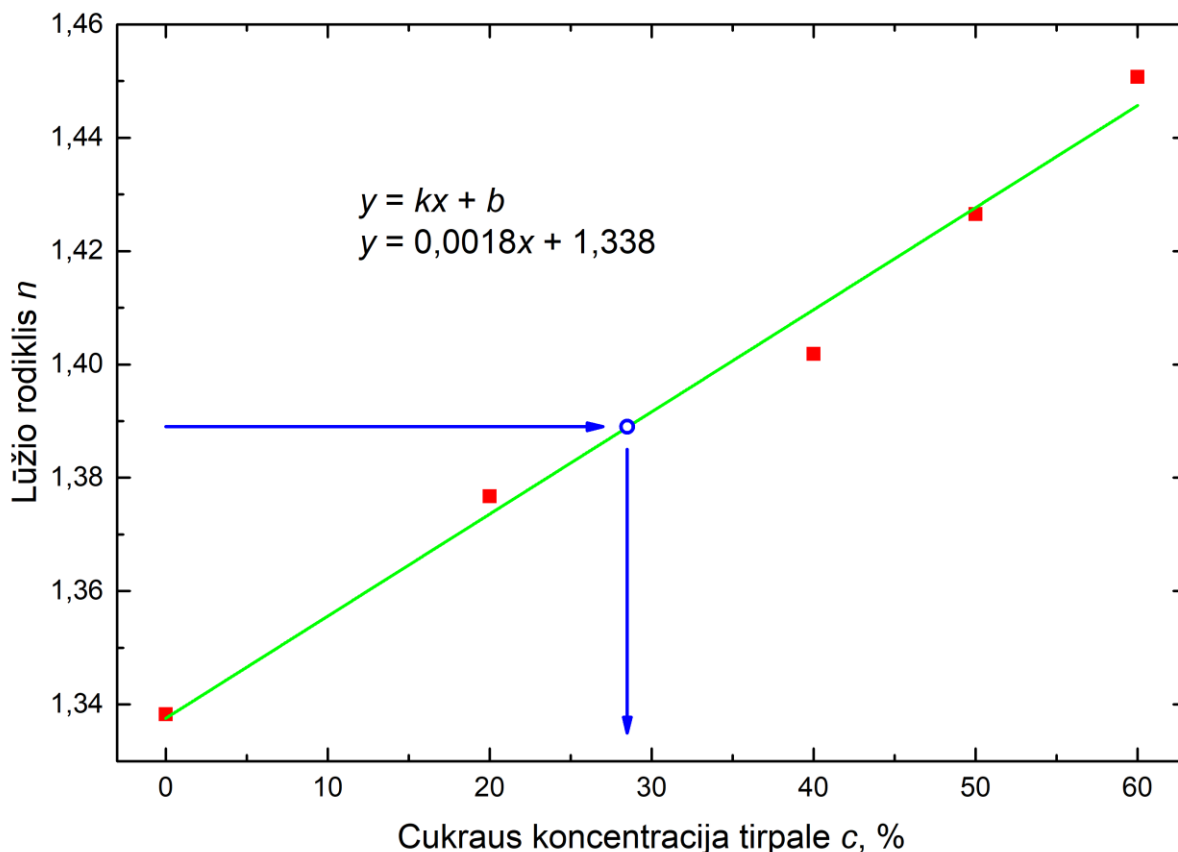
Siekdami didesnio tikslumo, eksperimentą pakartojame keletą kartų. Matlankiu išmatavę kampus α_1 ir α_2 kiekvieną kartą įsitikiname, kad $\alpha_1 = \alpha_2$. Vidutinė kampo vertė $\alpha \approx 42^\circ$. Pagal (5) formulę apskaičiuotas vandens lūžio rodiklis $n_2 = 1,338$.

Tas pačias procedūras atliekame su žinomos koncentracijos cukraus tirpalais ir kiekvienu atveju suskaičiuojame tirpalo lūžio rodiklį. Norint pasiekti tiksliausių rezultatų, cukraus tirpalus reikia iširti koncentracijos didėjimo tvarka, o po kiekvieno tirpalo kruopščiai išvalyti prizmę popieriumi. Gauti duomenys pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Eksperimentiniai kampo matavimo rezultatai ir suskaičiuoti lūžio rodikliai.

Bandinys	Koncentracija c , %	Vidutinė kampo α vertė, °	Lūžio rodiklis n_2 pagal (5) formulę
A	0	42	1,338
B	20	43,5	1,378
C	40	44,5	1,402
D	50	45,5	1,427
E	60	46,5	1,451

Panaudodami gautus duomenis nubrėžiame cukraus tirpalo lūžio rodiklio priklausomybės nuo koncentracijos grafiką (3 pav.). Matome, kad priklausomybė yra tiesinė, todėl per atidėtus taškus nubrėžiame tiesę.



3 pav. Cukraus tirpalo lūžio rodiklio priklausomybės nuo tirpalo koncentracijos grafikas.

Galiausiai atliekame tą patį eksperimentą panaudodami nežinomos koncentracijos cukraus tirpalą. Išmatavę kampo α vertę, lygią 44° , suskaičiuojame lūžio rodiklį $n_2 = 1,389$. Iš cukraus tirpalo priklausomybės nuo lūžio rodiklio grafiko nustatome, kad šio tirpalo cukraus koncentracija yra apytiksliai lygi 28,5 %.

Vertinimo lentelė:

Kriterijus	Įvertinimas
Teorinė dalis:	
Brėžinys su spindulių eiga	2
Lūžio rodiklio formulės išvedimas (bet kokia teisinga idėja)	3
Praktinė dalis:	
Kiekvieno žinomos koncentracijos tirpalo lūžio rodiklio nustatymas, kai su kiekvienu tirpalu atlikti bent 3 matavimai	8 (= 1,6 × 5)
Cukraus tirpalo lūžio rodiklio priklausomybės nuo tirpalo koncentracijos grafiko nubraižymas	4
Nežinomos koncentracijos tirpalo lūžio rodiklio nustatymas, kai su tirpalu atlikti bent 3 matavimai	2
Nežinomos koncentracijos tirpalo koncentracijos nustatymas iš grafiko	1
Iš viso:	<u>20</u>
Su kiekvienu tirpalu atlikta mažiau nei 3 matavimai	-50 % taškų už kiekvieną tirpalą
Netvarkingas grafikas (trūksta žymėjimų ant ašių, neaiški skalė, netinkamai parinkta skalė, neišnaudotas visas lapo plotas)	-0,5 taško už kiekvieną netikslumą
Dideli netikslumai (nubrėžta nemonotoniška priklausomybė, taškai sujungti laužte)	-2 taškai
Suskaičiuota lūžio rodiklio vertė nuo tikros skiriasi daugiau nei 2 %	-50 % taškų už kiekvieną tirpalą
Suskaičiuota lūžio rodiklio vertė nuo tikros skiriasi daugiau nei 5 %	-100 % taškų už kiekvieną tirpalą
Gauta nežinomos koncentracijos tirpalo vertė už 20 – 40 % ribų	-1 taškas