Razvijanje naravoslovnega razmišljanja ob preprostih poskusih s prizmatično folijo

Mihael Gojkošek, Gorazd Planinšič

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

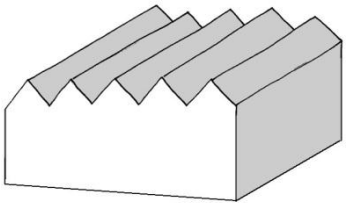
Univerza *v Ljubljani*
Fakulteta za *matematiko in fiziko*

Učni list

Aktivnost 1. Preverjanje hipoteze o zgradbi folije iz zaslona na tekoče kristale
Potrebščine: prizmatična folija, ročna svetilka.

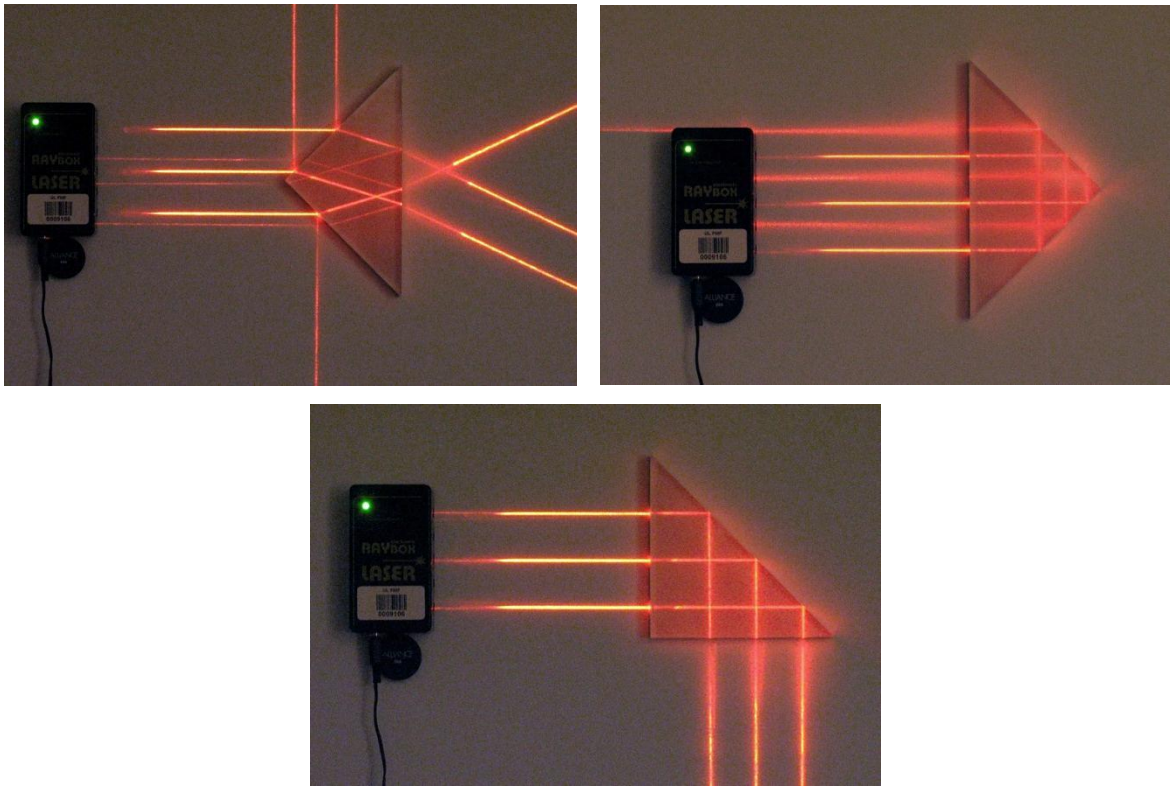
Pri razstavljanju odsluženega zaslona na tekoče kristale (LCD-monitorja) ste našli tanko folijo iz prozorne plastike. Slišali ste, da je del optičnega sistema takega zaslona tudi tako imenovana prizmatična folija, ki je na eni strain ravna, na drugi strani pa ima mikroskopske grebene (slemena), ki tečejo po celotni dolžini folije (glej sliko 1). Zato postavite hipotezo:

Folija je na eni strani ravna, na drugi pa ima pravokotne prizmatične grebene, ki tečejo vzdolž celotne dolžine folije.



Slika 1

To hipotezo bi radi preverili. Ker je struktura folije mikroskopska, je ne morete preučevati neposredno. Zato se odločite, da najprej s poskusi raziščete optične lastnosti velike pravokotne tristrane prizme iz pleksi stekla. Fotografije treh poskusov lahko vidite na sliki 2.



Slika 2. Fotografije poskusov s tremi svetlobnimi curki in pravokotno tristrano prizmo iz pleksi-stekla.

Vprašanje: Na kratko razložite zakaj smo se odločili, da najprej raziščemo optične lastnosti pravokotne tristrane prizme.

Naloga:

- Predlagajte in preizkusite testne poskuse s folijo, s katerimi boste preverili pravilnost hipoteze o zgradbi folije!
- Ali lahko na podlagi teh poskusov sklepate, katera stran folije je gladka in na kateri strani so prizmatični grebeni?
- Predlagajte in preizkusite dodaten testni poskus, s katerim lahko preverite na kateri strani folije so prizmatični grebeni in v kateri smeri potekajo!

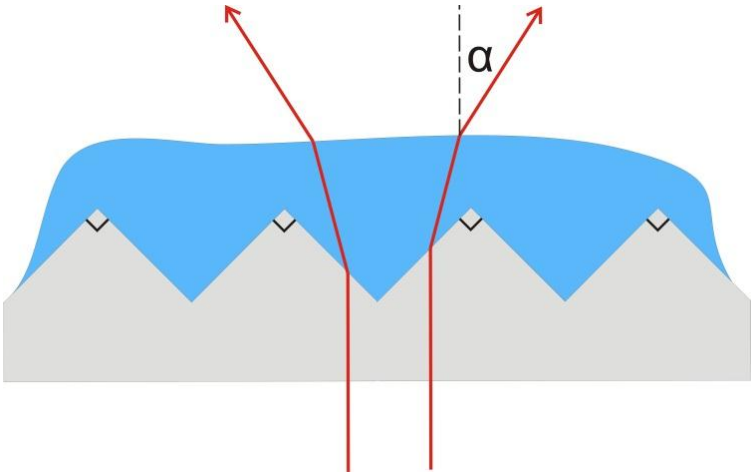
Nasvet:

- Pri izvajanju poskusov je pomembno, da je folija ravna – najbolje je, da jo pritrdite v trden okvir.

Aktivnost 2. Merjenje lomnega količnika tekočin s pomočjo prizmatične folije

Potrebščine: prizmatična folija, laser, nekaj kapljic tekočine, stativni material, zaslon.

Svetloba, ki vpada pravokotno na gladko stran folije, se zaradi totalnega odboja vrne v smer, od koder je prišla. Vendar to velja le za primer, ko je na drugi strani folije zrak. Če prizmatično stran premažemo s plastjo tekočine, ugotovimo, da svetloba prehaja skozi folijo in se lomi v dveh smereh na podoben način, kot takrat, ko smo posvetili na prizmatično stran (glej sliko 3).



Slika 3. Skica prikazuje lom svetlobe skozi prizmatično folijo, ko je na prizmatični strani prisotna tekočina.

Izkaže se, da je kot, pod katerim svetloba izstopa iz tekočine, odvisen tudi od lomnega količnika le-te. Če površina kapljevine ni idealno ravna, se izstopajoča žarka le nekoliko razpršita, še vedno pa je mogoče dovolj natančno določiti njuni smeri. Zvezo med izstopnim kotom in lomnim količnikom tekočine podaja spodnja enačba:

$$n_t = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{\left(n_p - 2\sin\alpha\right)^2 + {n_p}^2}\ ,$$

kjer n_t predstavlja lomni količnik tekočine, n_p lomni količnik materiala, iz katerega je zgrajena folija, in α kot, pod katerim svetloba izstopa iz tekočine.

Naloga:
S pomočjo prizmatične folije izmerite lomni količnik vode!

- Razmislite tudi, katere omejitve ima tak način merjenja lomnega količnika!

Nekaj napotkov za izvedbo meritve:

- Namesto ročne svetilke uporabite laser, saj lahko tako izboljšate natančnost meritve. Zaradi mikroskopske strukture boste pri uporabi laserja opazili interferenčni vzorec na zaslonu. Ta je lahko zelo oster ali nekoliko zamegljen, odvisno od zgradbe prizmatične folije. Pri meritvi upoštevajte položaj najsvetlejše ojačitve.
- Potrebovali boste tudi podatek o lomnem količniku materiala, iz katerega je folija. Pri računu lahko uporabite približek n_p=1,58, še bolj natančne rezultate pa boste dobili, če lomni količnik folije določite z meritvijo. Ko svetloba vpada pravokotno na prizmatično stran folije (brez tekočine), lahko iz podatkov o kotu, pod katerim se svetloba lomi, izračunamo lomni količnik folije po enačbi:

  $$n_p = \sqrt{2\sin^2\theta_0 + 2\sin\theta_0 + 1}\ ,$$

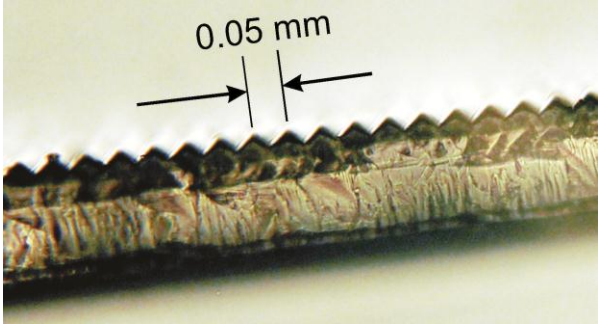
  kjer Θ_0 predstavlja kot, pod katerim svetloba izstopa iz folije simetrično v obe smeri.
- Poskus lahko izvedete tako, da bo folija postavljena horizontalno s prizmatičnimi grebeni obrnjenimi navzgor – tako tekočina ne bo odtekala.

Razvijanje naravoslovnega razmišljanja ob preprostih poskusih s prizmatično folijo

V naravoslovju imamo večkrat opravka s sistemi, katerih lastnosti ne moremo opazovati neposredno s svojimi čutili. Tipičen primer so mikroskopske strukture, ki jih pogosto srečujemo pri biologiji (celice), fiziki in kemiji (atomi, molekule). Tudi v vsakdanjih pripomočkih najdemo materiale, ki so posledica hitrega razvoja nanotehnologije. Z vključevanjem novih tehnologij v pouk naravoslovja v osnovni in srednji šoli lažje motiviramo učence, obravnavane vsebine pa postanejo aktualne in zanimive.

Mikroskopski svet dojemamo in raziskujemo posredno – preko odzivov na različne posege vanj. Na podlagi teh odzivov postopoma zgradimo miselno sliko o sestavi mikrosveta, o odnosih in interakicijah med njegovimi sestavnimi deli. Tovrsten pristop k spoznavanju narave je specifičen za naravoslovje, zato ga je potrebno premišljeno razvijati že v začetnem izobraževanju. Prizmatična folija omogoča, da preko opazovanja rezultatov preprostih optičnih poskusov raziskujemo njeno mikroskopsko zgradbo.

Prizmatična foilja je sestavni del zaslona na tekoče kristale (LCD-monitorja). Je prozorna folija iz umetnih materialov, ki je na eni strani ravna, na drugi pa ima mikroskopske grebene (slemena), ki tečejo po celotni dolžini folije (glej sliko 1). Tako folijo lahko uporabimo v poskusih iz optike, saj ima podobne lastnosti kot pravokotna tristrana prizma. Ubrati pa je mogoče tudi drugačno pot – iz rezultatov preprostih poskusov lahko sklepamo o mikroskopski zgradbi folije.

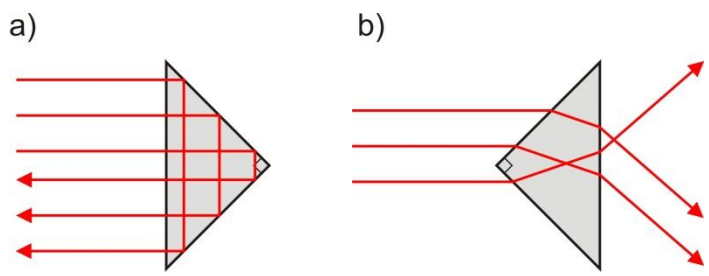


Slika 4. Presek prizmatične folije pod mikroskopom.

Optične lastnosti prizmatične folije v preprostih poskusih

Pri izvajanju poskusov s prizmatično folijo je pomembno, da je folija ravna – najbolje je, da jo pritrdimo v trden okvir. Če z ročno svetilko posvetimo pravokotno na eno stran folije, se snop svetlobe razdeli na dva snopa, kar lahko opazimo na približno en meter oddaljenem zaslonu. Če folijo obrnemo in posvetimo pravokotno na njeno drugo stran, vidimo, da le malo svetlobe prehaja skozi folijo, večina pa se je odbije nazaj proti svetilki.

Podobna poskusa lahko izvedemo z uporabo pravokotne tristrane prizme iz pleksi-stekla. Ko posvetimo pravokotno na njeno daljšo stranico, svetloba vstopi v prizmo, se na katetah zaradi totalnega odboja dvakrat odbije in izstopa iz prizme v smeri, od koder je prišla (glej sliko 2a). Na podoben način delujejo tudi kresničke, ki jih nosimo ponoči! Če prizmo obrnemo in posvetimo proti njenemu vrhu, se snop svetlobe razdeli v dva snopa, ki izhajata na drugi strani prizme v dveh simetričnih smereh (slika 2b).



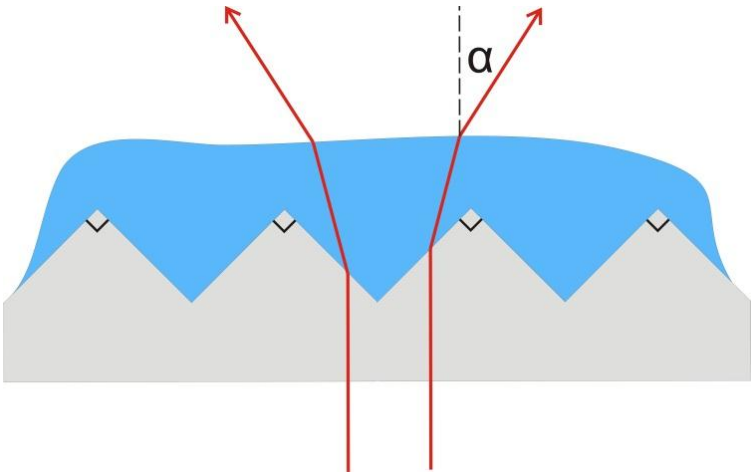
Slika 5. a) Lom žarkov skozi pravokotno tristrano prizmo, če posvetimo proti vrhu prizme.
b) Totalni odboj žarkov, če posvetimo pravokotno na daljšo stranico prizme.

Sklepamo lahko torej, da se svetlobni snop razkloni, ko pade pravokotno na prizmatično stran folije, medtem ko se pri vpadu na ravno ploskev dvakrat totalno odbije znotraj folije.

Dodatno potrditev za hipotezo o zgradbi prizmatične folije lahko dobimo, če s konico prsta podrgnemo po površini folije. Ko podrgnemo pravokotno na smer grebenov, lahko slišimo piskajoč zvok. Nekoliko zahtevnejši testni poskus je vpad svetlobe pod kotom 45 stopinj na prizmatično stran folije – v tem primeru se svetloba samo enkrat totalno lomi in izstopa iz folije na isti strani vendar pod drugačnim kotom.

Merjenje lomnega količnika tekočin s pomočjo prizmatične folije

Ko razumemo delovanje prizmatične folije, lahko njeno mikroskopsko strukturo izkoristimo za merjenje lomnega količnika tekočin. Svetloba, ki vpada pravokotno na gladko stran folije, se zaradi totalnega odboja vrne v smer, od koder je prišla. Vendar to velja le za primer, ko je na drugi strani folije zrak. Če prizmatično stran premažemo z nekaj kapljicami tekočine, ugotovimo, da svetloba prehaja skozi folijo in se lomi v dveh smereh na podoben način, kot takrat, ko smo posvetili na prizmatično stran (glej sliko 3).



Slika 6. Skica prikazuje lom svetlobe skozi prizmatično folijo, ko je na prizmatični strani prisotna tekočina.

Izkaže se, da je kot, pod katerim svetloba izstopa iz tekočine, odvisen tudi od lomnega količnika le-te. Zvezo podaja spodnja enačba:

$$n_t = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{\left(n_p - 2\sin\alpha\right)^2 + {n_p}^2}\ ,$$

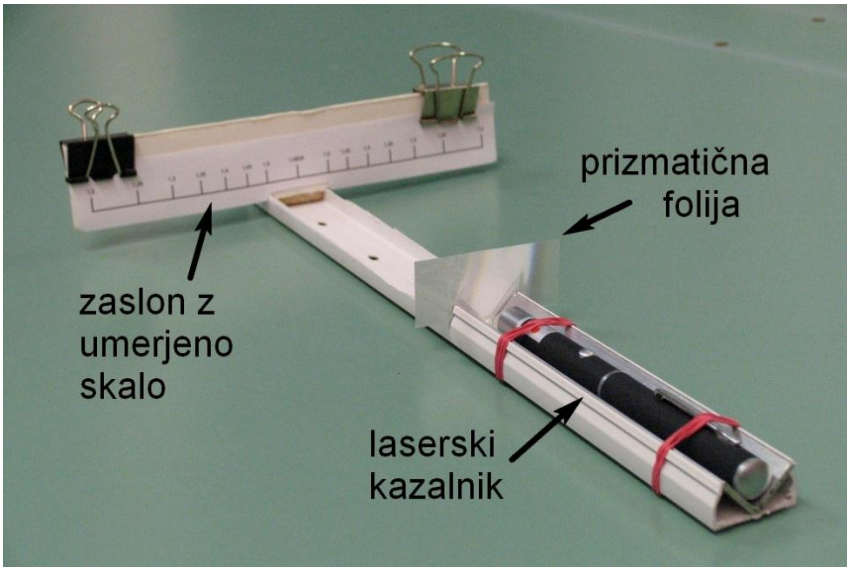
kjer n_t predstavlja lomni količnik tekočine, n_p lomni količnik materiala, iz katerega je zgrajena folija, in α kot, pod katerim svetloba izstopa iz tekočine.

Da dosežemo večjo natančnost meritve, uporabimo laserski vir svetlobe. Stranski učinek tega je, da se na zaslonu pojavi interferenčni vzorec, ki je posledica mikroskopske periodične strukture. Ostrina interferenčnega vzorca je lahko zelo različna in je odvisna od zgradbe folije. Pri meritvi upoštevamo pozicijo najsvetlejše ojačitve.

Da dosežemo kar najboljšo natančnost, lahko lomni količnik materiala, ki gradi prizmatično folijo, izmerimo v enostavnem poskusu. Ko laserska svetloba pada pravokotno na prizmatično stran folije, se na oddaljenem zaslonu pojavi interferenčni vzorec z ojačitvama v dveh simetričnih smereh. Z meritvijo tega kota Θ_0 lahko določimo lomni količnik materiala po spodnji formuli:

$$n_p = \sqrt{2\sin^2\theta_0 + 2\sin\theta_0 + 1}\ .$$

Če se vam zdi tak način meritve dovolj natančen in praktičen, lahko s pomočjo prizmatične folije izdelate preprost refraktometer (glej sliko 4), ki vam bo vedno pri roki.



Slika 7. Preprost refraktometer, ki deluje na podlagi loma laserske svetlobe v prizmatični foliji in merjeni tekočini. Tak refraktometer omogoča hitro in razmeroma natančno merjenje lomnega količnika tekočin.

Več podatkov, zanimivosti in poskusov s prizmatično folijo, lahko najdete v spodnjem članku:

Planinšič, G., & Gojkošek, M. (2011). Prism foil from an LCD monitor as a tool for teaching introductory optics. *European Journal of Physics*, *32*(2), 601-613.

Veseli bomo vaših vprašanj in komentarjev, ki jih lahko pošljete na elektronski naslov:

gojkosek@fmf.uni-lj.si