

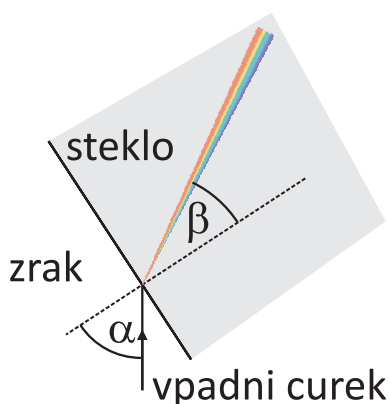
# Razklon na stekleni prizmi



ALEŠ MOHORIČ

→ V Preseku je bil nedavno objavljen članek o sivi mreni [1], ki opisuje poskus, v katerem je bil mavrični trak za meritve obsega vidne svetlobe narejen z razklonom na prizmi. Valovne dolžine mavričnih barv lahko določimo s spektrometrom, vendar ima ta omejen obseg merjenja in z njim ne moremo meriti v območju ultravijolične svetlobe. Kako smo vseeno lahko izmerili valovno dolžino meje vidne svetlobe v tem območju? To izvemo, če se malo bolj poglobimo v pojav razklona na stekleni prizmi.

Steklo je prozorna snov, skozi katero svetloba potuje z manjšo hitrostjo kot skozi zrak. Količnik hitrosti svetlobe v praznem prostoru  $c_0$  in hitrosti v steklu  $c$  je lomni količnik  $n = \frac{c_0}{c}$ . Svetloba se zaradi spremembe hitrosti lomi na prehodu meje med zrakom in steklom, tako da velja lomni zakon  $\sin \alpha = n \sin \beta$ . Za lomni količnik zraka smo vzeli kar 1,  $\alpha$  je kot med vpadnim žarkom in vpadno pravokotnico,  $\beta$  pa kot med lomljenim žarkom in vpadno pravokotnico. Steklo ima lomni količnik nekoliko večji od 1,5. Lomni količnik lahko natančno izračunamo, če natančno izmerimo kota  $\alpha$  in  $\beta$ . Prvega lahko natančno izmerimo, če naredimo vpadni curek bele svetlobe primerno ozek in vzporeden. Kota  $\beta$  pa ne moremo izmeriti natančno, saj se snop vzporednih vpadnih žarkov v steklu razširi v šop žarkov, ki se širijo kot pahljača. Ta pojav imenujemo razklon. Podrobnejši pogled pokaže, da je svetloba v šopu obarvana, na eni strani rdeče, vmes rumeno in zeleno in na drugi strani modro, kot kaže slika 1. Steklo razkloni svetlobo zato, ker je lomni količnik odvisen od barve, torej od valovne dolžine svetlobe. Poleg lomnega količnika pri izbrani valovni dolžini steklo opiše še enostavna mera za razklon, Abbejevo število  $V_D$ . Število izračunamo z izrazom  $V_D = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ . V izrazu nastopajo lomni količniki pri valovnih dolžinah  $\lambda_C = 656,3$  nm,  $\lambda_D = 589,3$  nm in  $\lambda_F = 486,1$  nm. Manjše Abbejevo število pomeni močnejši razklon.

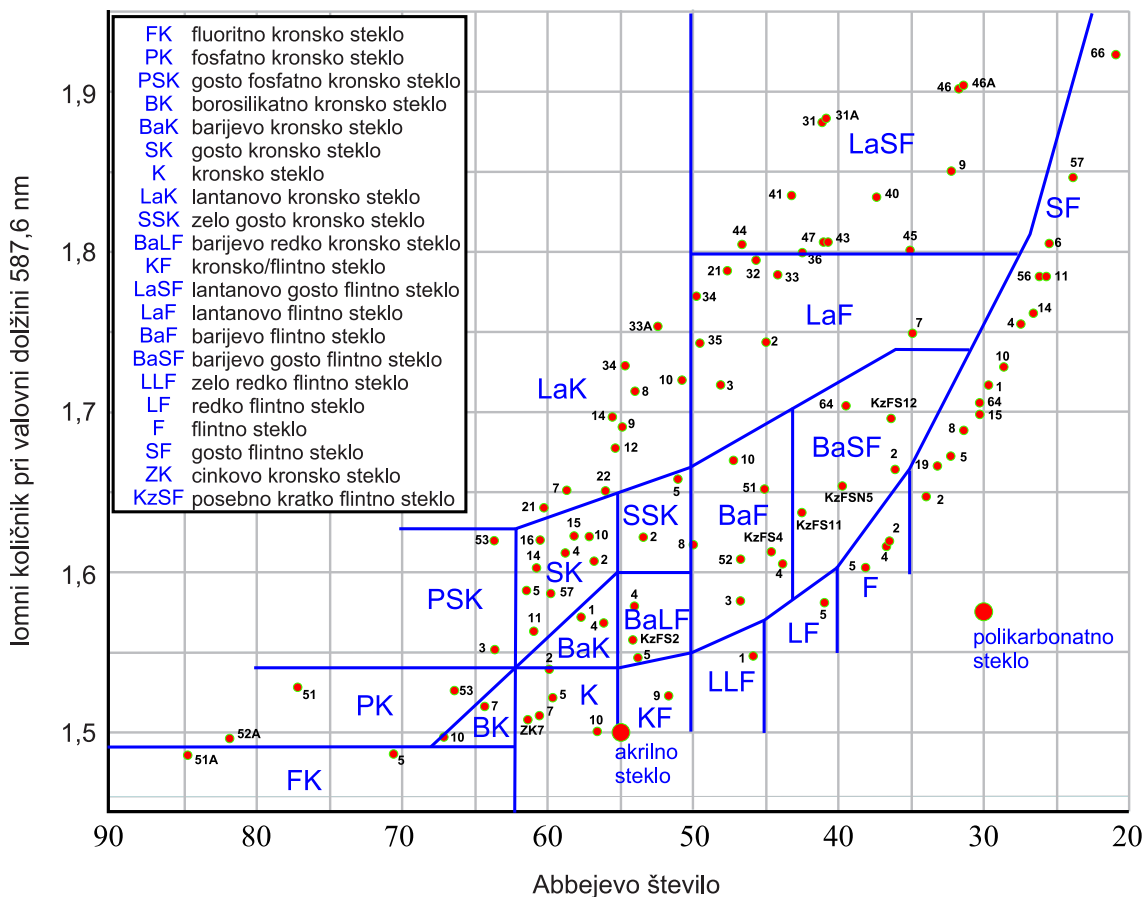


SLIKA 1.

Svetloba se po lomu v steklo razkloni.

Različna stekla se razlikujejo med seboj po lomnem količniku in Abbejevem številu. Te pare podatkov za množico komercialnih stekel kaže diagram na sliki 2. Voda ima Abbejevo število 56, a je ni na diagramu, ker njen lomni količnik 1,33 leži izven intervala na ordinatni osi. Zrak ima pri standardnih pogojih lomni količnik 1,000277 in Abbejevo število 89. Stekla v grobem ločimo na flintna in kronska stekla. Flintna imajo manjši  $V_D$  in večji  $n$  kot kronska stekla. Obstaja še nekaj drugačnih vrst stekel, omenimo akrilno steklo, ki ga uporabljajo za umetne leče.





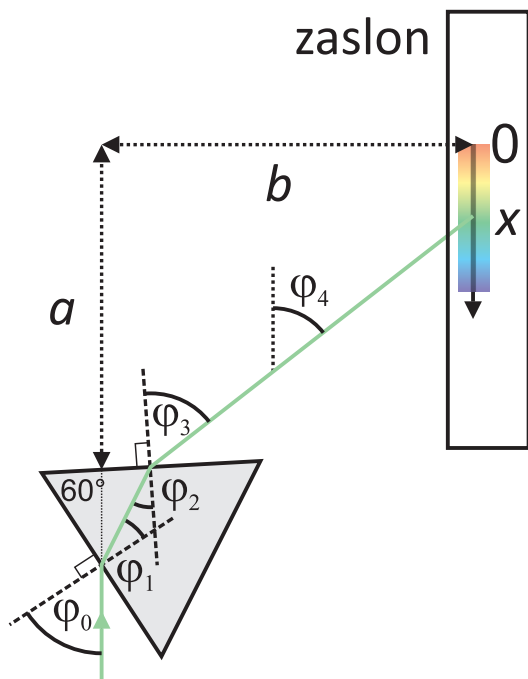
### SLIKA 2.

Abbejev diagram, v katerem posamezna točka predstavlja določeno vrsto stekla. Abscisa je Abbejevo število, ordinata pa lomni količnik stekla pri valovni dolžini 587,6 nm [2].

Za naše potrebe pa tako preprost opis loma v steklu ne zadošča. Lomni količnik lahko izmerimo na intervalu valovnih dolžin in primer za našo prizmo kaže graf na sliki 5. Graf na diagramu ni premica, za katero bi zadoščala dva podatka, temveč monotono padajoča krivulja. Krivuljo dobro opišemo z empirično Sellmeierjevo enačbo [3]:  $n^2(\lambda) = 1 + \sum_i \frac{B_i \lambda^2}{\lambda^2 - C_i}$ .  $B_i$  in  $C_i$  so za dano snov konstante, ki jih imenujemo Sellmeierjevi koeficienti. Za opis komercialnih stekel običajno zadoščajo trije pari koeficientov, ki jih lahko poiščemo na spletu [4].

Pri poskusu, opisanem v [1], smo svetlobo razklonili na njene spektralne komponente s stekleno prizmo tako, da smo ozek curek bele svetlobe usmerili na eno stranico prizme. Curek se je ob dveh lomih pahljačasto razklonil in na zaslonu naredil mavrični trak. Valovno dolžino meje vidne svetlobe očesa smo želeli določiti iz lege vidnega roba na mavričnem traku. Kako je koordinata v mavričnem traku povezana z valovno dolžino svetlobe, ki to točko osvetljuje? Na to vprašanje odgovorijo lomni zakon in geometrija poskusa. Tloris poskusa kaže slika 3. Skica ni v pravem merilu, saj sta zaradi preglednosti  $a$  in  $b$  narisana dvajsetkrat manjša, kot sta bila pri poskusu, razklon pa je narisano ustrezno večji. Zaslon je stal vzporedno z vpadnim curkom svetlobe na razdalji  $b$  od curka. Os  $x$ , vzdolž katere želimo meriti valovno dolžino, teče

po zaslonu tako, da je izhodišče pri svetlobi rdeče barve z valovno dolžino 700 nm, usmerjena pa je proti krajšim valovnim dolžinam.



SLIKA 3.

Skica tlorisa poskusa, curek bele svetlobe vstopa v prizmo spodaj pod kotom  $\varphi_0 = 56,4^\circ$  glede na pravokotnico stranske ploskve prizme. Žarek svetlobe z valovno dolžino  $\lambda$  se med prehodom prizme dvakrat lomi in doseže zaslon v točki s koordinato  $x$ .

Pri poskusu smo uporabili halogensko žarnico. Mavrični trak, ki je nastal pri poskusu, kaže slika 4. S pisalom so označene valovne dolžine, ki smo jih izmerili s spektrometrom. Koordinate valovnih dolžin C, D in F določimo z linearno interpolacijo med izmerjenimi točkami. Lomni količnik izračunamo za dano koordinato  $x$  s sledečim premislekom. Curek bele svetlobe vpada na prizmo pod vpadnim kotom  $\varphi_0$  in se lomi v prizmo pod kotom  $\varphi_1$ , za katerega velja lomni zakon  $\sin \varphi_0 = n \sin \varphi_1$ . Lomljeni žarek vpada na nasprotno stranico prizme pod kotom  $\varphi_2 = 60^\circ - \varphi_1$  in se lomi ven iz prizme pod kotom  $\varphi_3$ , za katerega velja  $\sin \varphi_3 = n \sin \varphi_2$ . Žarek se med prehodom skozi prizmo odkloni od prvotne smeri za kot  $\varphi_4 = \varphi_3 + \varphi_0 - 60^\circ$ . Zaslon je vzporeden z vpadnim curkom in oddaljen za  $b = 250$  cm. Žarek vpade na zaslon na razdalji  $a - x$  naprej od prizme ( $a = 210$  cm). Dimenzije prizme lahko v primerjavi s temi razdaljami zanemarimo in kot  $\varphi_4$  je potem podan tudi s  $\text{tg } \varphi_4 = \frac{b}{a-x}$ . S temi preprostimi zvezami lahko povežemo koordinato  $x$  na mavričnem traku z lomnim količnikom stekla z izrazom

$$\blacksquare n(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\left( \sin \left( \arctan \left( \frac{b}{x-a} \right) - \varphi_0 + 60^\circ \right) \right)^2 + \sin \left( \arctan \left( \frac{b}{x-a} \right) - \varphi_0 + 60^\circ \right) \sin \varphi_0 + \sin^2 \varphi_0.}$$

Z znanimi koordinatami valovnih dolžin C, D in F iz gornjega izraza izračunamo ustrezne lomne količnike:  $n_D = 1,678$ ,  $n_F = 1,693$  in  $n_C = 1,672$ . Iz teh vrednosti izračunamo Abbejevo število 32. Vidimo, da podatkom  $n \approx 1,7$  in  $V_D \approx 32$ , v diagramu na sliki 2 ustreza gosto flintno steklo številka 5 (SF 5). Sellmeierjeva enačba stekla SF 5 je:

$$\blacksquare n(\lambda) = \sqrt{1 + \frac{1,52481889\lambda^2}{\lambda^2 - 0,011254756 \mu\text{m}^2} + \frac{0,187085527\lambda^2}{\lambda^2 - 0,0588995392 \mu\text{m}^2} + \frac{1,42729015\lambda^2}{\lambda^2 - 129,141675 \mu\text{m}^2}}.$$

Graf enačbe je na sliki 5.

