

VAJA 3. - MERJENJE LOMNEGA KOLIČNIKA IZ BREWSTER-JEVEGA KOTA

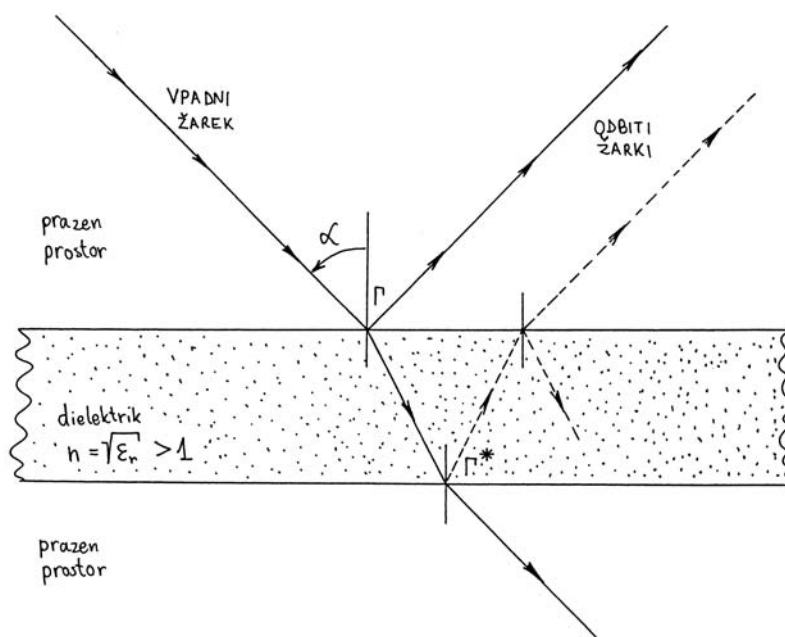
3.1. Odboj svetlobe na površini stekla

Povezavo med koti vpadnega, odbitega in lomljenega žarka na meji dveh različnih snovi opisuje Snell-ov zakon. Snell-ov zakon ni odvisen od polarizacije elektromagnetnega valovanja (povsem enak zakon velja tudi za vzdolžna valovanja, naprimer za lom zvočnega valovanja), zato lomne lastnosti različnih snovi preprosto opišemo z lomnim količnikom.

Povsem drugače je z razdelitvijo moči vpadnega žarka med odbiti žarek in lomljeni žarek. Delitev moči je odvisna tudi od polarizacije valovanja in od vrste snovi: dielektrik, feromagnetik ali obojno. Razmerje delitve moči običajno opišemo z velikostjo odbojnosti, to je razmerjem amplitud odbitega in vpadnega žarka.

Steklo in druge za svetlobo prozorne snovi so v svetlobnem frekvenčnem področju v glavnem dielektriki. Relativna magnetna permeabilnost stekla in drugih prozornih snovi je praktično ena. Lomni količnik je zato preprosto enak kvadratnemu korenu dielektrične konstante v danem frekvenčnem področju.

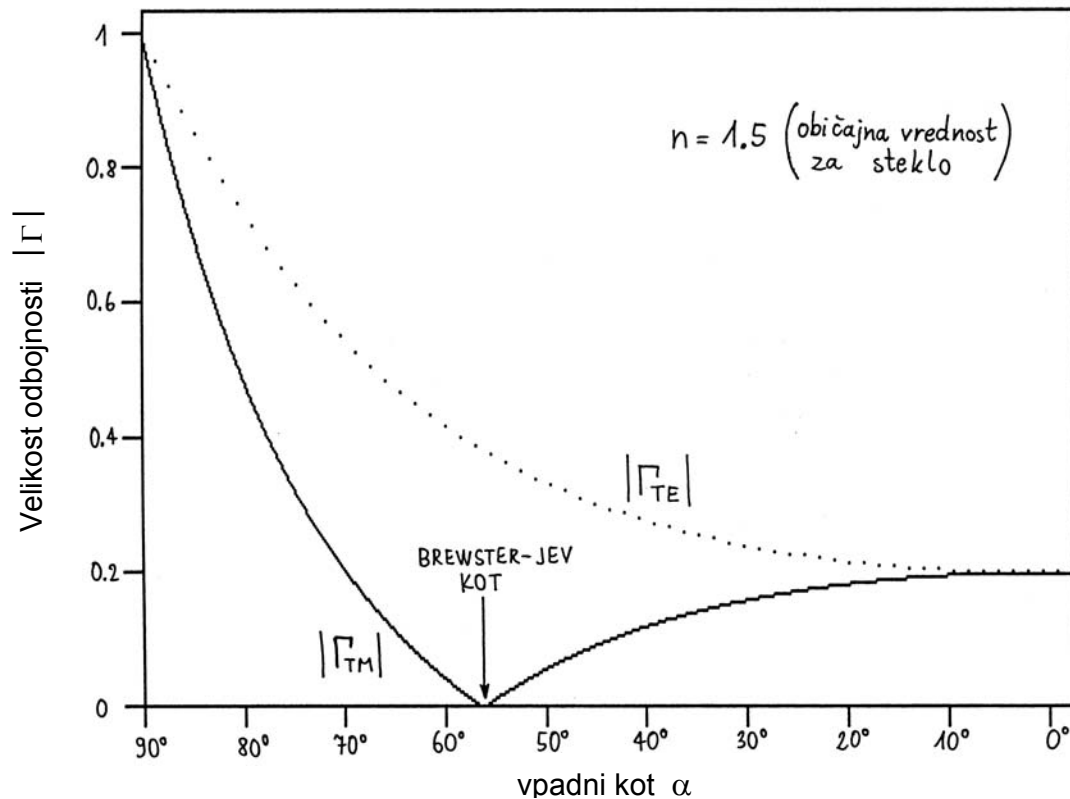
V slučaju meje dveh dielektrikov (z enakima magnetnima permeabilnostima, običajno obema enakima ena) opisujeta delitev moči (Fresnel-ova) izraza na sliki 3.1. Izraza se razlikujeta glede na polarizacijo svetlobe. Definiciji TE in TM polarizacije sta zapisani skladno z definicijami v valovodih. V TE slučaju je vektor električnega polja (E) vzporeden z mejo snovi. V TM slučaju pa je vektor magnetnega polja (H) vzporeden z mejo snovi.



Slika 3.1. – Odboj na plasti dielektrika v praznem prostoru.

$$\Gamma_{TE} = \frac{\cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{\cos \alpha + \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \quad \Gamma_{TM} = \frac{n^2 \cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{n^2 \cos \alpha + \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$$

Potek velikosti obeh odbojnosti (za TE in TM) za običajno vrednost lomnega količnika (1.5) je prikazan na sliki 3.2. Odbojnost za TM polarizacijo pri določenem kotu upade na nič v slučaju brezizgubnih snovi oziroma doseže minimum. Kot, pri katerem doseže odbojnost za TM polarizacijo minimum, imenujemo Brewster-jev kot.



Slika 3.2. – Potek odbojnosti kot funkcija vpadnega kota α .

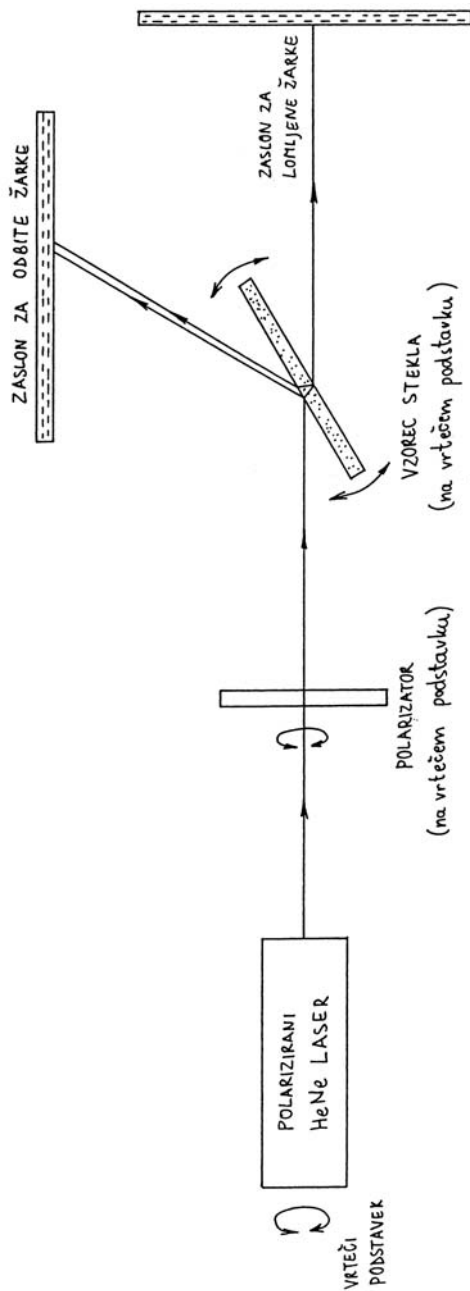
Za svetlobo prozorne snovi imajo zelo majhne izgube, zato je minimum odbojnosti pri Brewster-jevem kotu zelo globok in zelo ozek ter ga lahko na enostaven način natančno izmerimo. Odsotnost odbitega žarka pri Brewster-jevem kotu in pravilni polarizaciji izkoriščamo v različne namene: izdelava enostavnih polarizatorjev svetlobe, izdelava oken z majhnimi izgubami svetlobe (laserji) ter preprečevanje odbojev povsod tam, kjer škodijo delovanju naprave.

3.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polarizirani HeNe laser na vrtečem podstavku, z napajalnikom.
- (2) Polarizator na vrtečem podstavku.
- (3) Več steklenih ploščic (merjenci) na vrtljivem podstavku.
- (4) Dva zaslona.
- (5) Tračnico za sestavljanje optičnih vaj.
- (6) Ravnilo za merjenje razdalj (določanje kotov).

Namestitvev sestavnih delov je prikazana na sliki 3.3.



Slika 3.3. – Merjenje Brewster-jevega kota v vzorcu stekla.

3.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Vajo sestavimo na tračnici v zaporedju, kot poteka svetlobni žarek iz izvora do zaslona. Najprej postavimo izvor - laser. Steklo ploščico (merjenec) postavimo na vrteči podstavek, ki naj ima po možnosti vgrajen kotomer. Za zaslon lahko uporabimo zid sobe, sicer pa lomljene ali odbite žarke poiščemo z listom papirja. Pri vrtenju ploščice moramo paziti, saj lahko le ta odbije žarek v različne smeri. Čeprav je izhodna moč svetlobnega izvora komaj nekaj mW, je žarek zadosti močen, da poškoduje človeško oko. Za to meritev potrebujemo polarizirano HeNe lasersko cev, ker se pri nepolarizirani laserski cevi polarizacija počasi spreminja skladno z menjanjem rodov laserskega rezonatorja (perioda nekaj sekund do nekaj minut). Z zunanjim polarizatorjem bi sicer lahko dosegli zeleno polarizacijo, vendar bi moč izvora zelo nihala.

Polarizatorja zaenkrat še ne vgradimo, pač pa nastavimo steklo ploščico tako, da vpadni kot žarka približno ustreza pričakovanemu Brewster-jevemu kotu. Nato zavrtimo lasersko cev okoli vzdolžne osi in poiščemo minimum odbitih žarkov. Minimum nato popravimo s sukanjem ploščice. Končno vgradimo še polarizator, ki nam bo služil predvsem za natančno (fino) nastavljanje polarizacije. Pri vrtenju polarizatorja pazimo, da ga ne nastavimo pravokotno na polarizacijo laserja, saj takrat izginejo vsi žarki, tudi lomljeni žarek skozi ploščico. Pravilno nastavljen polarizator skupaj s polariziranim laserjem omogoča doseganje res čiste linearne polarizacije. Tako lahko s sukanjem ploščice dosežemo res oster minimum, pri katerem odbiti žarki povsem izginejo.

3.4. Prikaz značilnih rezultatov

Brewster-jev kot izračunamo iz izmerjenih razdalj do točk na obeh zaslonih. Iz Brewster-jevega kota lahko nato izračunamo lomni količnik steklene ploščice. Na stekleni ploščici sicer dobimo celo vrsto odbojev in celo vrsto odbitih žarkov, saj se žarki odbijajo na prednji in zadnji strani ploščice. Če na obeh straneh ploščice velja isti lomni zakon, dobimo za vse odbite žarke isti Brewster-jev kot.

Iz Brewster-jevega kota ne moremo preprosto določiti lomnega količnika takrat, ko je steklena površina prekrita z antirefleksnim oziroma nekim drugim tankim slojem. V tem slučaju imamo seveda opraviti z večjim številom različnih odbojev na površini stekla. Ker ima lahko steklena ploščica nanese različne sloje na vsaki strani posebej, odboj s prednje strani takšne ploščice ni nujno enak odboju z zadnje strani ploščice.

3.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izračunaj Brewster-jev kot in lomni količnik steklene ploščice.
2. Kje se uporablja Brewster-jevo okno?
3. V kakšni medsebojni povezavi sta odbojnosti Γ in Γ^* pri vstopu/izstopu žarka iz steklene ploščice?

VAJA 3. – Merjenje lomnega količnika iz Brewster-jevega kota
