

Ime i prezime \_\_\_\_\_ br. indeksa \_\_\_\_\_

#### Vežba br. 4

### ODREĐIVANJE INDEKSA PRELAMANJA PROVIDNIH ČVRSTIH I TEČNIH TELA

- a) primenom zakona prelamanja
- b) pomoću totalne refleksije
- c) pomoću ugla minimalne devijacije (skretanja)

Svetlost je elektromagnetni talas čije se talasne dužine nalaze u intervalu od 380 nm do 760nm. Elektromagnetni talasi talasne dužine ispod 380nm zovu se ultraljubičasti, a iznad 760 nm infracrveni talasi.

Svetlost se može prostirati kroz sve sredine uključujući i vakuum. Brzina svetlosti u vakuumu je najveća i iznosi  $3 \cdot 10^8$  m/s. U svim ostalim sredinama svetlost se prostire manjom brzinom. Brzina svetlosti u nekoj sredini zavisi od njene talasne dužine.

Odnos brzine svetlosti u vakuumu i brzine u datoj sredini naziva se *apsolutni indeks prelamanja* te sredine i on određuje optičku gustinu te sredine.

$$n = c / v \quad (1)$$

n – apsolutni indeks prelamanja

c – brzina svetlosti u vakuumu

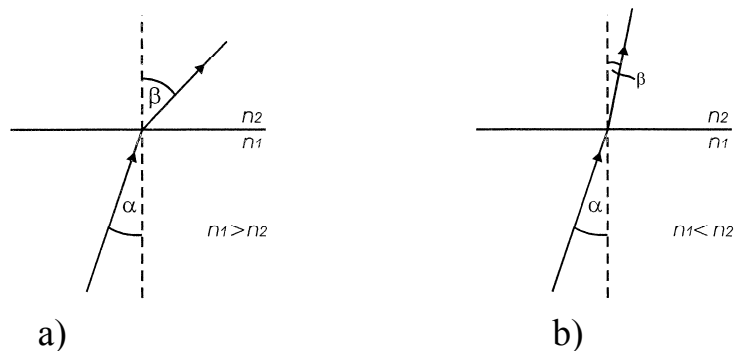
v – brzina svetlosti u datoj sredini

#### a) Zakon prelamanja

Kada zrak svetlosti prelazi iz jedne u sredinu druge optičke gustine dolazi do promene pravca prostiranja tj. do prelamanja (Sl.1) pri čemu važi:

- upadni zrak, normala i prelomljeni zrak leže u istoj ravni
- proizvod indeksa prelamanja prve sredine i upadnog ugla jednak je proizvodu indeksa prelamanja druge sredine i prelomnog ugla :

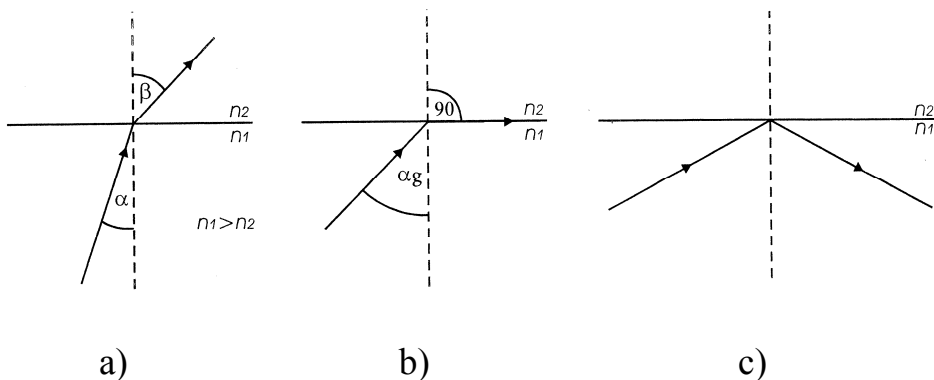
$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta \quad (2)$$



Sl. 1

**b) Totalna refleksija**

U slučaju kada se svetlosni zrak kreće iz optički gušće ka optički ređoj sredini (Sl.2a) prelomljeni zrak skreće od normale tj. prelomni ugao je veći od upadnog. Daljim povećavanjem upadnog ugla raste i prelomni ugao, tako da u jednom trenutku prelomni ugao dostiže vrednost  $90^\circ$ . Tada se prelomljeni zrak kreće duž granične površine (Sl.2b). Upadni ugao kome odgovara prelomni ugao od  $90^\circ$  naziva se *granični ugao* i označava sa  $\alpha_g$ . Ukoliko svetlost pada na graničnu površinu između dve sredine pod uglom većim od graničnog nastaje *totalna refleksija* od granične površine (svetlosni zrak se odbija i vraća u sredinu iz koje je krenuo) pri čemu je odbojni ugao jednak upadnom uglu (Sl.2c).



Sl. 2

Granični ugao se određuje na osnovu relacije (2) koja se, uz pretpostavku da je ređa sredina vazduh ( $n_2 \approx 1$ ), a prelomni ugao  $\beta = 90^\circ$  svodi na oblik:

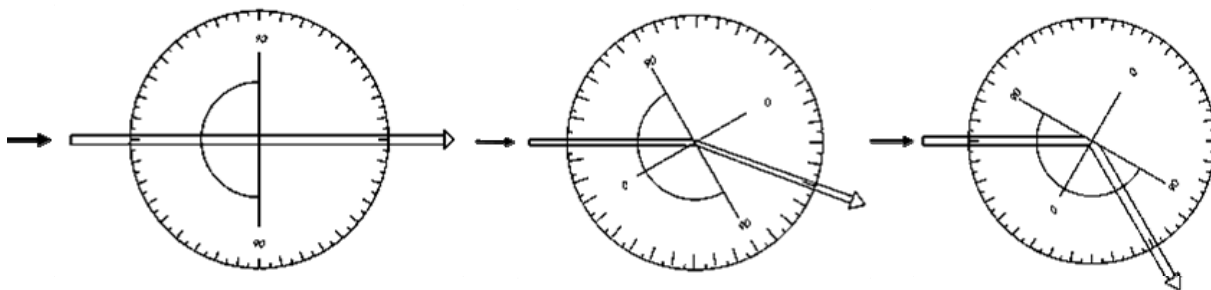
$$n_1 \cdot \sin \alpha_g = 1$$

$$\sin \alpha_g = 1/n \tag{3}$$

## a) i b) Aparatura i postupak pri merenju

Aparatura prikazana se sastoji od male optičke klupe, goniometra (kružne skale za merenje ugla u °), laserskog izvora (crvene) svetlosti sa držačem i optičkog tela od pleksiglasa polukružnog oblika.

Uključi se laserski izvor tako da emituje samo jedan (centralni) zrak svetlosti u pravcu prečnika (dijametra) goniometra (0-0). Na goniometar se postavi optičko telo tako da se njegov centar poklapa sa centrom goniometra Sl.3. Zrak se kroz optičko telo tada kreće duž poluprečnika tj. u pravcu normale kako na sfernu tako i na ravnu površinu polukružnog tela. Zbog toga nema prelamanja tj. skretanja zraka pri prolasku kroz granične površine (vazduh - pleksiglas pri ulazu i pleksiglas - vazduh pri izlazu iz tela).



Sl. 3

Ako se goniometar zajedno sa optičkim telom polako zarotira (u smeru suprotnom od smera kazaljke na satu) upadni ugao na sfernu površinu ostaje nepromenjen (uvek je to pravac normale na sfernu površinu), ali se menja upadni ugao na ravnu površinu. Zrak se na izlazu iz tela prelama tako da je prelomni ugao veći od upadnog. Očitati vrednosti prelomnih uglova  $\beta$  koje odgovaraju upadnim uglovima  $\alpha$  navedenim u tabeli 1, a zatim izračunati indeks prelamanja na osnovu relacije:

$$n = \sin\beta/\sin\alpha \quad (4)$$

red.br. mer.	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$n$	$n_{sr}$	$\Delta n$
1	10				
2	20				
3	30				

Tabela 1

Pri upadnom uglu  $\alpha_g$  svetlosni zrak se delimično odbija a delimično prelama. Neznatnim povećanjem upadnog ugla iznad vrednosti  $\alpha_g$  upadni zrak se totalno reflektuje od granične površine, pod istim uglom pod kojim je pao na nju. Očitavanjem tog ugla, koji se može smatrati približno jednak graničnom, moguće je odrediti indeks prelamanja date sredine na osnovu relacije:

$$n = 1 / \sin \alpha_g \quad (5)$$

Merenje ponoviti tri puta i rezultate uneti u tabelu.

Redni br.mer.	$\alpha_g (^{\circ})$	$n$	$n_{sr}$	$\Delta n$
1				
2				
3				
4				
5				

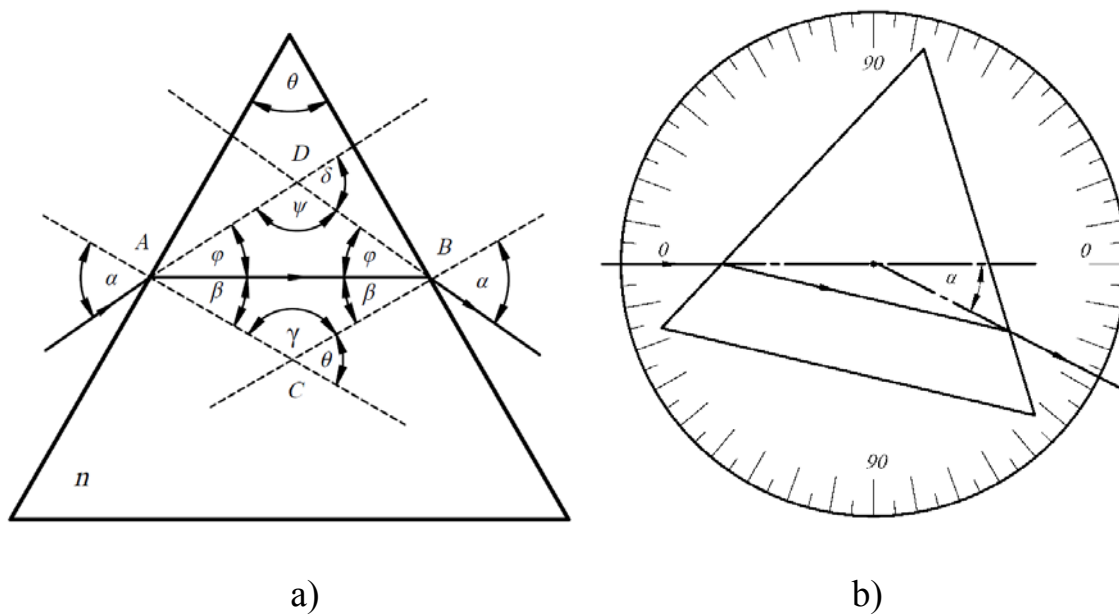
Tabela 2

### c) Ugao minimalne devijacije ( skretanja)

Svetlosni zrak pri prolasku kroz prizmu prelama se dva puta: pri ulasku i pri izlasku iz nje. Prvi put na graničnoj površini vazduh-staklo i drugi put na graničnoj površini staklo-vazduh. Ugao  $\delta$  koji izlazni zrak iz prizme gradi sa upadnim zrakom na bočnu stranu prizme naziva se *ugao devijacije (skretanja)*. Najmanji ugao skretanja zraka ( $\delta_{min}$ ), pri prolasku kroz prizmu, dobija se ako svetlosni zrak kroz prizmu prolazi paralelno sa njenom osnovom (Sl.4a).

Polazeći od zakona prelamanja u tački A dobija se izraz za određivanje indeksa prelamanja:

$$n = \sin \alpha / \sin \beta \quad (1c)$$



Sl.4

Kako je zbir uglova u trouglu koji obrazuju normale na bočne strane prizme i pravac zraka unutar prizme:

$$2\beta + \gamma = \pi \quad \text{i} \quad \theta + \gamma = \pi$$

Ugao  $\beta$  se može izraziti preko ugla na vrhu prizme:

$$\beta = \theta/2 \tag{2c}$$

Relacije koje daju vezu između uglova u trouglu određenom pravcima upadnog i izlaznog zraka kao i pravcem paralelnim sa osnovom prizme su:

$$2\varphi + \psi = \pi \quad \text{i} \quad \varphi + \delta_{\min} = \pi$$

Na osnovu prethodnih relacija dobija se:

$$\varphi = \delta_{\min} / 2 \tag{3c}$$

Na osnovu sl. 4 i navedenih izraza za uglove  $\beta$  i  $\varphi$  dobija se:

$$\alpha = \beta + \varphi = \theta/2 + \delta_{\min} / 2 \tag{4c}$$

Smenom (2c) i (3c) u izraz (1c) dobija se konačna formula za izračunavanje indeksa prelamanja preko ugla minimalne devijacije i ugla pri vrhu prizme:

$$n = \sin ((\delta_{\min} + \theta) / 2) / \sin (\theta/2) \tag{5c}$$

### c) Aparatura i postupak pri merenju

Na optičku klupu postaviti goniometar i laserski izvor svetlosti. Uključiti centralni zrak i podesiti da se prostire duž prečnika goniometra. Na goniometar postaviti jednakostraničnu prizmu od pleksiglasa tako da se njen ortocentar (obeležen crvenom tačkom) poklapa sa centrom goniometra (Sl.4b). Posmatrati pravac kretanja svetlosnog zraka do bočne strane prizme, kroz prizmu i nakon izlaska iz nje. Okretati polako prizmu (u smeru kazaljke na satu) sve dok zrak unutar prizme ne bude paralelan sa njenom osnovom. Očitati sa skale vrednost ugla u tom trenutku  $\delta_{\min}$ . Kako je ugao pri vrhu prizme  $\theta = 60^\circ$  primenom formule (5c) izračunati vrednost indeksa prelamanja. Merenje ponoviti tri puta, a rezultate uneti u tabelu 3. Uporediti dobijenu vrednost  $n_{sr}$  za pleksiglas ovim metodom sa vrednostima  $n_{sr}$  dobijenim u tabeli 1 i tabeli 2.

Isti postupak ponoviti sa jednakostraničnom prizmom od kron stakla i šupljom prizmom koja je isunjena vodom. Rezultate merenja uneti u tabelu 3.

materijal	Redni br.mer.	$\delta_{\min}$ (°)	n	$n_{sr}$	$\Delta n$
pleksiglas	1				
	2				
	3				
kron staklo	1				
	2				
	3				
voda	1				
	2				
	3				

Tabela 3