

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

## Vežba br. 5

### ODREĐIVANJE LIKA I UVEĆANJA ZA OPTIČKI SISTEM

a) dva sabirna sočiva

b) sabirnog i rasipnog sočiva

Sočiva su tela načinjena od optičkih providnih materijala i ograničena delovima sfernih površina ili jednom ravnom i jednom sfernom površinom. Granične površine sočiva mogu biti ispupčene (konveksne), izdubljene (konkavne) ili ravne (planarne). Poluprečnici ispupčenih sfernih površina imaju pozitivne vrednosti ( $R > 0$ ), izdubljenih negativne vrednosti ( $R < 0$ ), dok je kod ravnih površina poluprečnik beskonačno veliki  $R \rightarrow \infty$ .

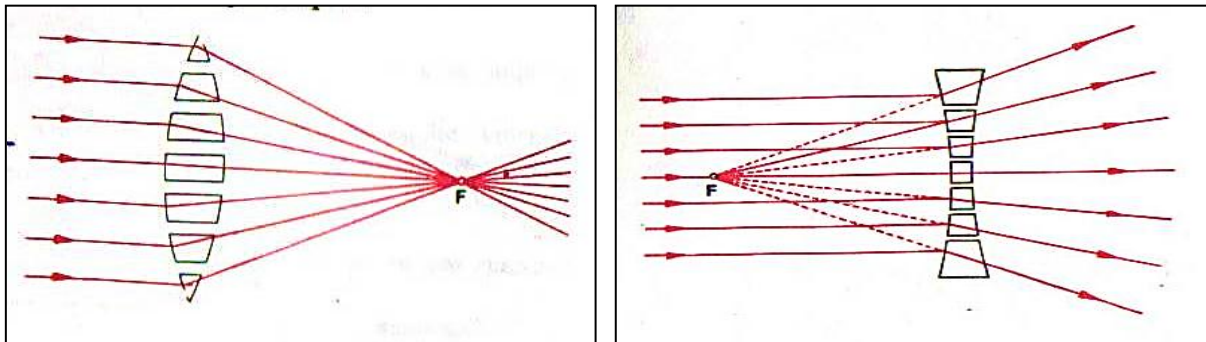
Zamišljena linija koja je normalna na sočivo i prolazi kroz centre sfernih površina zove se glavna optička osa. *Optički centar* je tačka u središtu sočiva, na glavnoj optičkoj osi, kroz koju svetlosni zraci prolaze bez promene pravca prostiranja.

Sočiva se prema načinu prelamanja svetlosti dele na *sabirna* i *rasipna*.

Kada svetlosni zraci padaju na sabirno sočivo paralelno glavnoj optičkoj osi (Sl.1a) oni će se, posle prelamanja kroz sočivo, seći u jednoj tački na glavnoj optičkoj osi iza sočiva koja se zove *žiža sočiva*  $F$ . Rastojanje te tačke od optičkog centra sočiva zove se *žižna daljina*  $f$ . Kada na rasipno sočivo pada svetlosni snop paralelno glavnoj optičkoj osi, posle prelamanja iza sočiva se dobija divergentan snop zraka čiji će se produžeci seći u jednoj tački na g.o.o.ispred rasipnog sočiva (Sl.1b). Ovakva *žiža* zove se *imaginarna*, za razliku od *realne žiže* koja se dobija kod sabirnog sočiva. Žižna daljina sabirnog sočiva je pozitivna ( $f > 0$ ), a rasipnog negativna ( $f < 0$ ). Svako sočivo ima po dve žiže, ispred i iza sočiva na jednakom rastojanju od optičkog centra.

Optičarska jednačina sočiva omogućava izračunavanje optičke moći sočiva  $\omega$ , odnosno žižne daljine  $f$ , ukoliko su poznati poluprečnici krivina  $R_1$  i  $R_2$ , kao i indeksi prelamanja materijala sočiva  $n_{\text{soč}}$  i sredine u kojoj se sočivo nalazi  $n_{\text{sred}}$ :

$$\omega = 1/f = ((n_{\text{soč}}/ n_{\text{sred}}) - 1) (1/R_1 + 1/R_2) \quad (1)$$



a)

b)

Sl. 1

*Optička moć* sočiva određuje optičku jačinu sočiva i određuje se kao recipročna vrednost žižne daljine. Jedinica za  $\omega$  je dioptriya (žižna daljina izražena u metrima).

*Konveksna* sočiva biće obavezno i sabirna ( $f > 0$ ), dok će *konkavna* sočiva biti rasipna ( $f < 0$ ) ukoliko je  $n_{\text{soč}} > n_{\text{sred}}$ . Ukoliko je  $n_{\text{soč}} < n_{\text{sred}}$  karakter sočiva se menja.

Za tanka sočiva važi relacija :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} \quad (2)$$

gde je  $p$  – rastojanje predmeta od optičkog centra sočiva, a  $l$  – rastojanje lika od centra sočiva.

*Predmet* se tretira kao *realan* ukoliko se nalazi ispred sočiva tj. od njega kreću zraci koji padaju na sočivo, a *imaginaran* ukoliko se nalazi u preseku produžetaka zraka koji padaju na sočivo tj. iza sočiva. Rastojanje realnog predmeta uzima se sa pozitivnim predznakom  $p > 0$ , dok se rastojanje imaginarnog predmeta od sočiva uzima sa negativnim predznakom  $p < 0$ . *Lik* je *realan*  $l > 0$  ukoliko se dobija u preseku realnih zraka prelomljenih kroz sočivo. *Lik* je *imaginaran*  $l < 0$  ako se dobija u preseku produžetaka prelomljenih zraka i nalazi se ispred sočiva.

*Uvećanje sočiva* predstavlja odnos veličine lika  $L$  i predmeta  $P$  ili odnos odgovarajućih rastojanja lika i predmeta od sočiva.

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p} \quad (3)$$

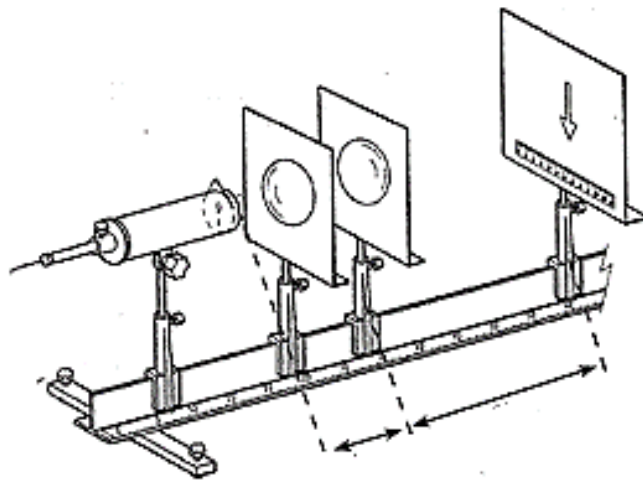
Optički sistem mogu činiti dva ili više sočiva koja mogu biti spojena ili razdvojena. Rešavanje sistema sastavljenog od dva sočiva na međusobnom rastojanju  $d$  vrši se sukcesivno. Prvo se za poznate vrednosti  $p_1$  i  $f_1$  na osnovu relacije (2) odredi položaj lika  $l_1$  koji daje prvo sočivo. Zatim se taj lik  $L_1$  posmatra kao predmet  $P_2$  za drugo sočivo. Izračunavanjem rastojanja  $p_2$  ( na

osnovu slike) i pri poznatoj vrednosti žižne daljine drugog sočiva  $f_2$  moguće je korišćenjem relacije (2) odrediti položaj  $l_2$  i veličinu konačnog lika  $L_2$  koji daje sistem. Uvećanje sistema određuje se kao proizvod uvećanja prvog i drugog sočiva:

$$u_{\text{sist}} = L_2 / P_1 = u_1 u_2 \quad (4)$$

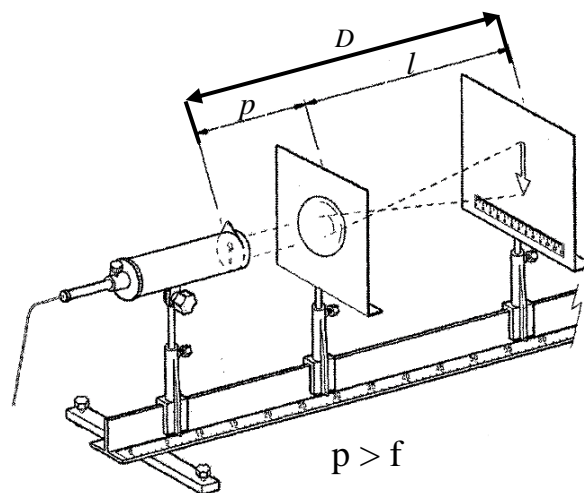
### Aparatura i postupak pri merenju

Optička klupa sa mernom skalom, izvor svetlosti, dijafragma sa vertikalnim prorezom u obliku strelice, dva sabirna sočiva ( $f_1$  i  $f_2 > 0$ ) i jedno rasipno sočivo ( $f_3 < 0$ ) sa nosačima, zaklon i lenjir.



Sl. 2

### Određivanje žižne daljine sabirnih sočiva



Sl.3

Postaviti dijafragmu na izvor svetlosti tako da strelica predstavlja svetli predmet na početku merne skale tj. nultom podeoku. Na optičku klupu postaviti zaklon na rastojanju  $D_1 = 50\text{cm}$  od izvora i fiksirati ga. Sočivo sa nosačem postaviti između izvora i ekrana. Centrirati sistem po g.o.o. i pomeranjem sočiva duž optičke klupe tražiti položaj pri kome se na zaklonu dobija najoštiji lik strelice na zaklonu. Zaustaviti sočivo u tom položaju i očitati vrednost  $p$  – rastojanje predmeta od sočiva. Izračunati rastojanje lika od sočiva ( $l = D - p$ ). Merenje ponoviti za  $D_2 = 60\text{cm}$  i  $D_3 = 70\text{cm}$ , a vrednosti uneti u tabelu 1.

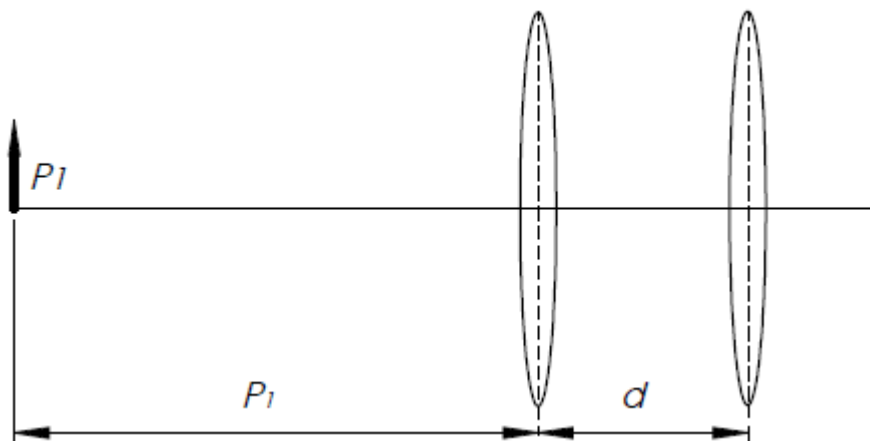
sočivo	br. mer.	<b>D</b> (cm)	<b>p</b> (cm)	<b>l</b> (cm)	<b>f = pl/D</b> (cm)	<b>f<sub>sr</sub></b> (cm)
I	1					
	2					
	3					
II	1					
	2					
	3					

Tabela 1

### a) optički sistem dva sabirna sočiva

Prorez u obliku vertikalne strelice predstavlja predmet veličine  $P_1$ . Prvo sabirno sočivo ( $f_1 > 0$ ) fiksirati na rastojanju  $25\text{cm}$  od izvora. Pomerati zaklon duž optičke klupe do položaja kada se na njemu vidi najoštiji lik strelice  $L_1$ . Očitati rastojanje zaklona od sočiva  $l_1$ . Zatim iza prvog sočiva fiksirati drugo sabirno sočivo ( $f_2 > 0$ ) na rastojanju  $35\text{cm}$  od izvora. Na zaklonu više nema jasnog lika zato što se zraci prelamaju još jednom kroz drugo sočivo. Pomeranjem zaklona treba naći novi položaj pri kome će se na zaklonu dobiti oštar lik  $L_2$ . Očitati rastojanje od sočiva do novog položaja zaklona  $l_2$ . Izmeriti lenjirom visinu lika  $L_2$  i visinu predmeta  $P_1$ , a zatim izračunati uvećanje sistema  $u_{\text{sist}} = L_2 / P_1$ . Merenja za  $l_1$  i  $l_2$  izvršiti tri puta i upisati u tabelu 2 (eksperimentalna merenja).

Optički sistem zatim rešiti grafički i računski. Na Sl.4 prikazati prostiranje karakterističnih zraka i njihovo prelamanje kroz prvo, a zatim kroz drugo sočivo i tako odrediti položaj, veličinu i karakter konačnog lika koji daje ovaj sistem. Obeležiti  $O_1, O_2, F_1$  i  $F_2$  i odgovarajuća rastojanja predmeta i likova od sočiva.



S1.4

Polazeći od relacije (2) izračunati položaj lika koji daje prvo sočivo  $l_1$  :

$$l_1 = f_1 p_1 / (p_1 - f_1) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Kako lik prvog sočiva u daljem rešavanju predstavlja predmet za drugo sočivo na osnovu slike rastojanje  $p_2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

Ovaj predmet je imaginaran tako da relacija (2) za drugo sočivo ima oblik:

$$1/f_2 = -1/p_2 + 1/l_2$$

Odakle se dobija izraz za izračunavanje  $l_2$ :

$$l_2 = f_2 p_2 / (p_2 + f_2) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Konačan lik koji daje ovaj optički sistem je *realan/imaginaran*, *izvrnut/uspravan* i *uvećan/umanjen* (zaokružiti).

Uvećanje sistema određeno je relacijom (4):

$$u_{\text{sist}} = (l_1/p_1) \cdot (l_2/p_2) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Izračunate vrednosti uneti u tabelu 2 ( teorijski rezultati).

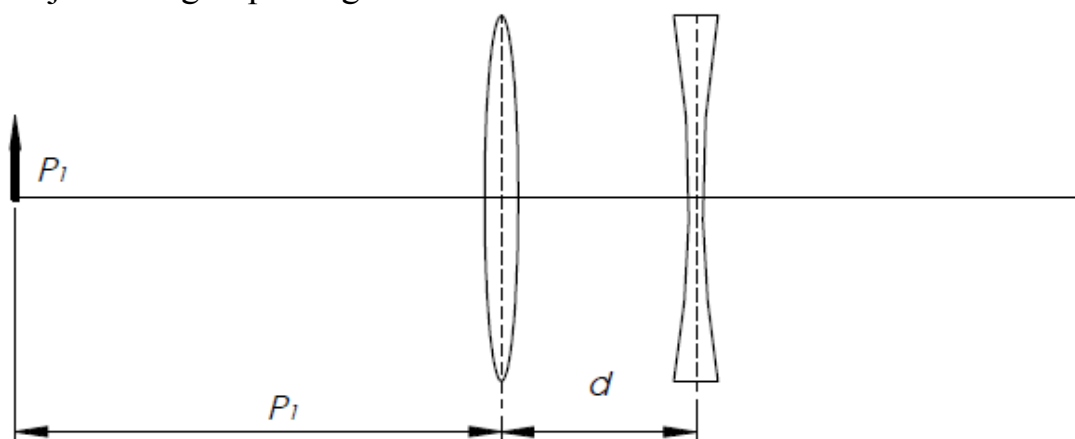
Eksperimentalna merenja								
$f_{1sr}$ (cm)	$l_1$ (cm)	$l_{1sr}$ (cm)	$f_{2sr}$ (cm)	$l_2$ (cm)	$l_{2sr}$ (cm)	$P_1$ (cm)	$L_2$ (cm)	$u_{\text{sist}}=L_2/P_1$
Teorijski rezultati								
$f_1$ (cm)	$l_1$ (cm)	$p_2$ (cm)	$f_2$ (cm)	$l_2$ (cm)	$u_{\text{sist}}= (l_1/p_1)(l_2/p_2)$			

Tabela 2

### b) optički sistem sabirnog i rasipnog sočiva

Ostaviti isti raspored elemenata na optičkoj klupi kao pod a) samo drugo sabirno sočivo zameniti rasipnim sočivom ( $f_3 < 0$ ). Pomeranjem zaklona odrediti položaj kada se dobija oštar lik  $L_3$ . Očitati rastojanje  $l_3$  od rasipnog sočiva i izmeriti veličinu lika na ranije opisan način. Merenja ponoviti tri puta a rezultate upisati u tabelu 3.

Konstrukcijom lika  $L_3$ , izračunavanjem  $p_3$  na osnovu slike 5, a zatim izračunavanjem  $l_3$  i  $u_{\text{sist}}$  na osnovu relacija (2) i (4) vrši se grafičko i računsko rešavanje novog optičkog sistema sistema. Rezultate uneti u tabelu 3



S1.5

Lik prvog sočiva predstavlja imaginarni predmet za drugo, tako da jednačina drugog sočiva glasi:

Udaljenje konačnog lika  $L_3$  optičkog sistema od drugog sočiva je:  $l_3 =$   
 Konačan lik sistema je: *realan/imaginarnan, izvrnut/uspravan i umanjen/uvećan*  
 ( zaokružiti).

Eksperimentalna merenja								
$f_{1sr}$ (cm)	$l_1$ (cm)	$l_{1sr}$ (cm)	$f_3$ (cm)	$l_3$ (cm)	$l_{3sr}$ (cm)	$P_1$ (cm)	$L_3$ (cm)	$u_{\text{sist}}=L_3/P_1$
Teorijski rezultati								
$f_1$ (cm)	$l_1$ (cm)	$p_3$ (cm)	$f_3$ (cm)	$l_3$ (cm)	$u_{\text{sist}}= (l_1/p_1)(l_3/p_3)$			

Tabela 3