

Geometrijska optika



Uvod

Na određenom stepenu razvoja optike, kada još nije bila poznata prava priroda svetlosti, uvedene su i prihvaćene određene idealizacije pojma svetlosnog zraka, na kojima se zasniva *geometrijska optika*.

Takvom svetlosnom zraku nisu pripisana fizička svojstva, što nije bilo realno, ali u mnogome je pomoglo pri analizi i izvođenju nekih svetlosnih pojava primenom svetlosnih zraka, zakona i teorema iz geometrije.



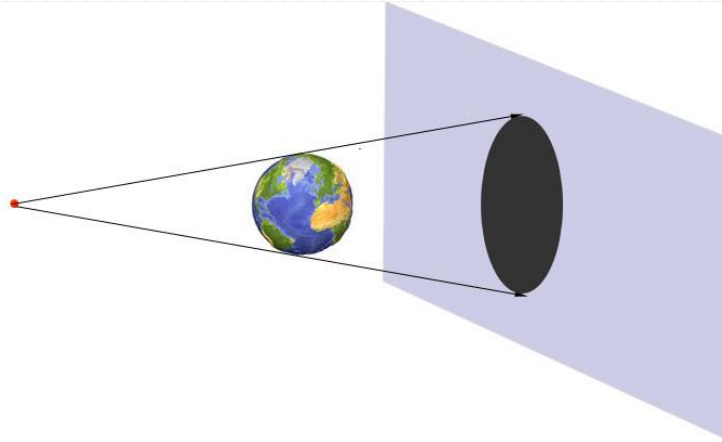
Bez obzira na svoje nedostatke, metode geometrijske optike su se održale do danas, zbog toga što se u njoj objašnjavaju svetlosne pojave na veoma jednostavan način, ne uzimajući u razmatranje složenu prirodu svetlosti.

Ima veliku primenu i u praksi, pri izradi prostih i složenih optičkih instrumenata i uređaja.

- 4

Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti

Ako se između oka i bilo kog svetlosnog izvora postavi neprozračni predmet, svetlosni izvor se neće videti zbog toga što se svetlost kroz homogenu sredinu prostire pravolinijski. Posledica ovog zakona je pojava senki.



Zakon nezavisnog prostiranja svetlosti

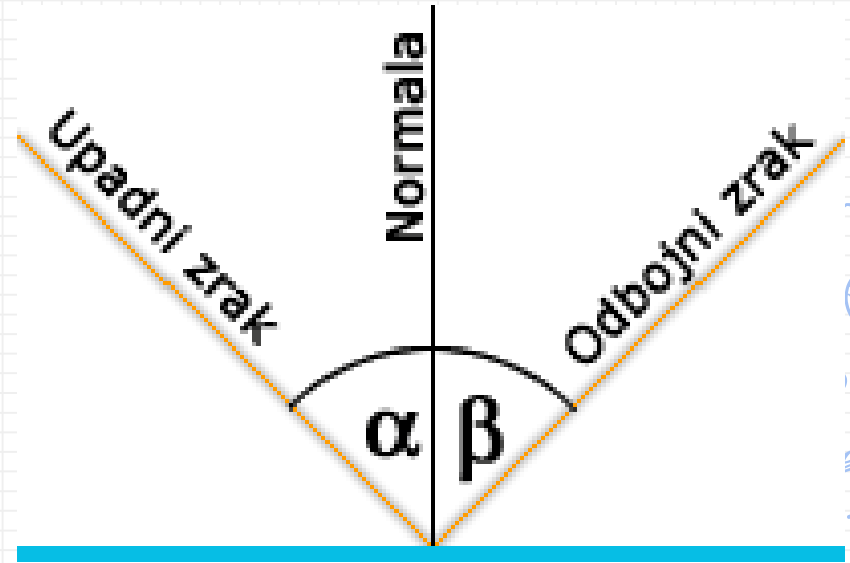
Između pojedinih zraka (u sastavu jednog svetlosnog snopa) nema međusobne interakcije, te se oni prostiru nezavisno.

Kod ovog zakona postoje mala odstupanja tj. pojava interferencije svetlosti i stvaranje interferencione slike ukoliko svetlosni zraci imaju istu talasnu dužinu i konstantnu faznu razliku (koherentni talasi).



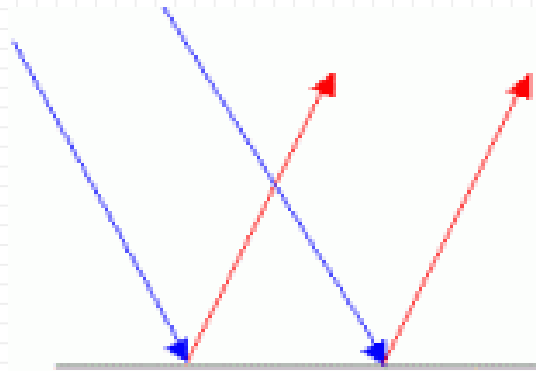
Zakon odbijanja svetlosti

Odbojni ugao zraka svetlosti jednak je njegovom upadnom uglu, tj. $\alpha = \beta$. Pri tome, upadni zrak, normala i odbijeni zrak leže u istoj ravni.

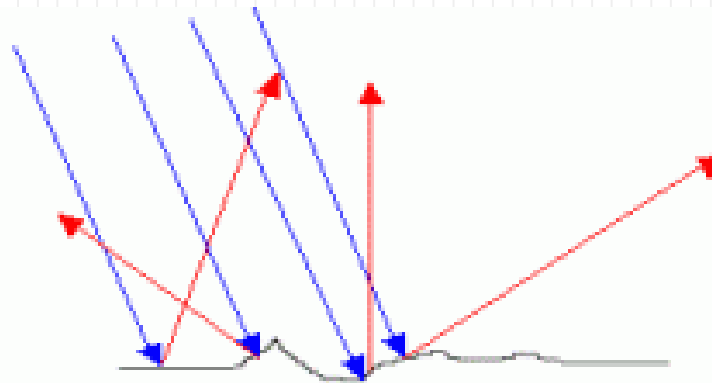




X Odbijanje od
uglačanih površina
– pravilno
(**ogledalsko**)
odbijanje

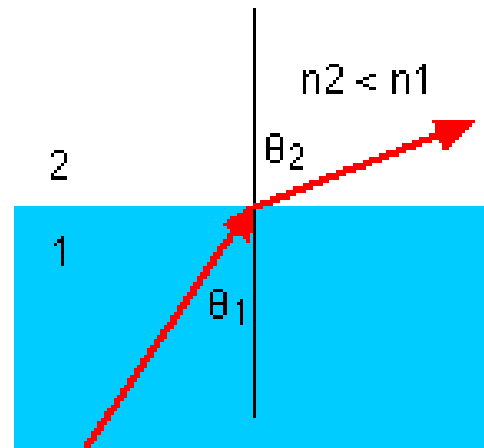
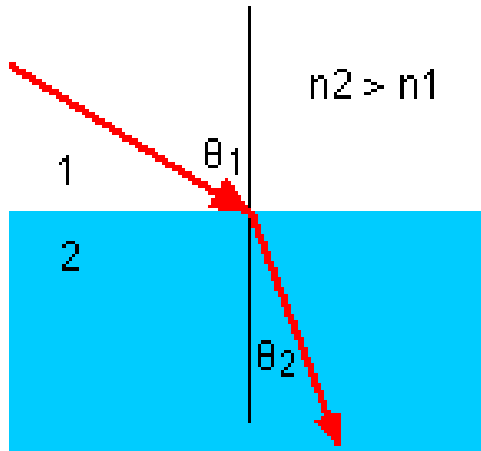


X Odbijanje od neravnih
površina - **difuzno**
odbijanje (zakon
odbijanja važi za svaki
zrak ponaosob).



-

U zavisnosti od odnosa indeksa prelamanja dveju različitih optičkih sredina moguće je prelamanje ka normali i od normale.



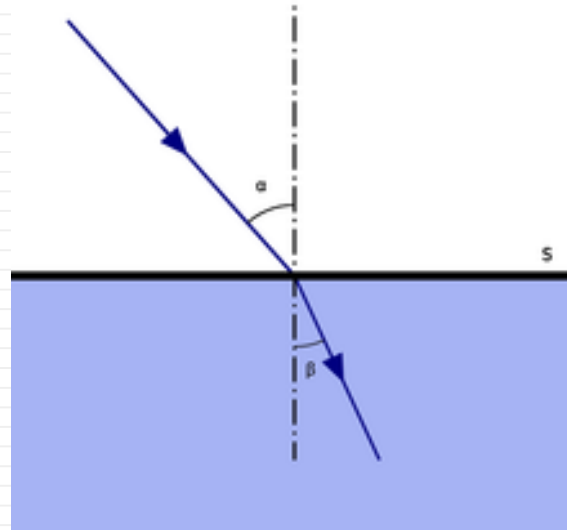
Snelijus-Dekartov zakon

Kada svetlosni zrak prelazi iz optički ređe u optički gušću sredinu upadni ugao je veći od prelomnog. Upadni i prelomni zrak zajedno sa normalom leže u istoj ravni.

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

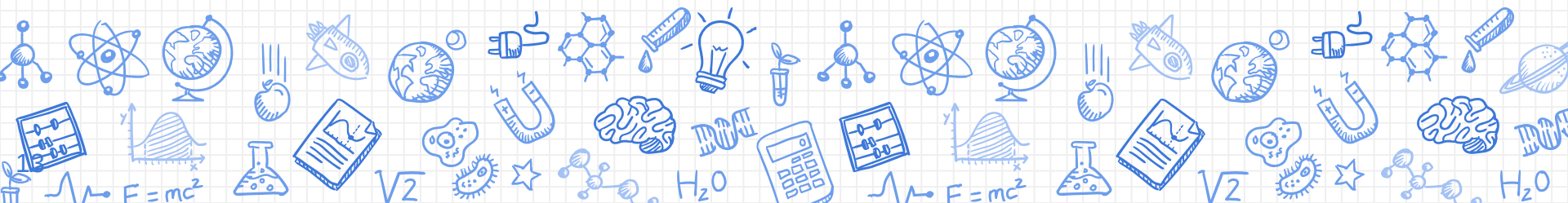
α - upadni ugao

β - prelomni ugao



SOČIVA

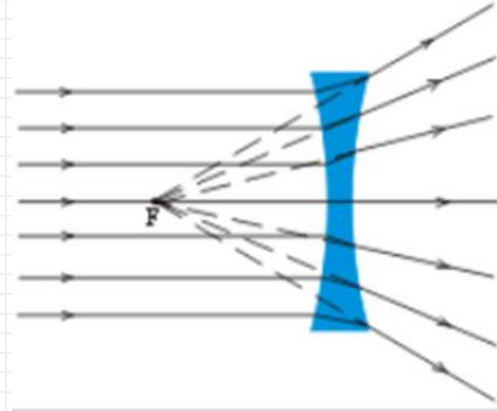
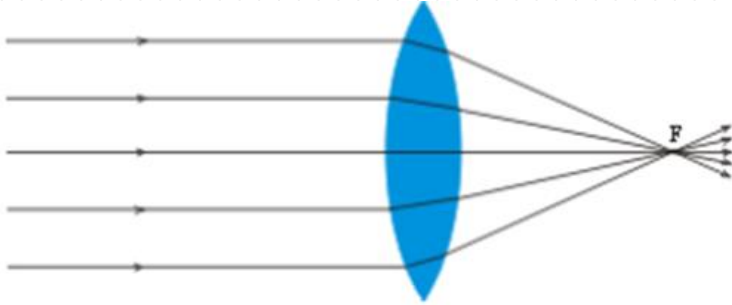
Refrakcija (prelamanje) svetlosti



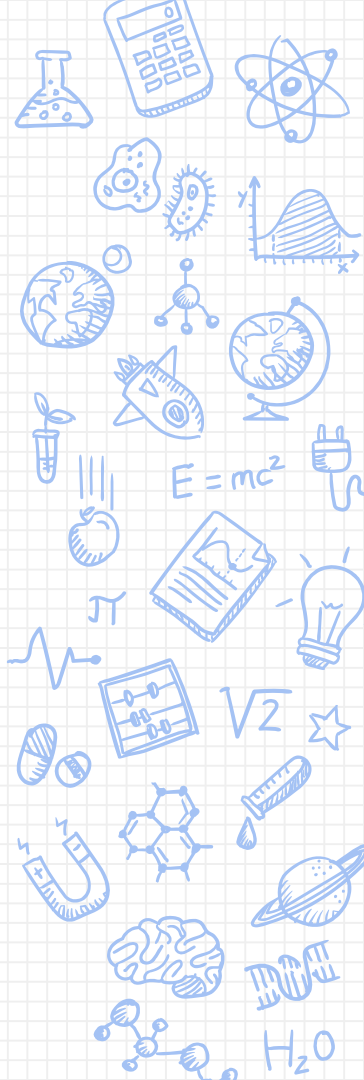
Prelamanje svetlosti na sfernim površinama

- **Sočivo** je prozračno telo ograničeno dvema sfernim ili sfernom i ravnom površinom, pri čemu je sferna površina manji deo sfere istog poluprečnika.
- Sočiva koja su u sredini deblja nego na krajevima nazivaju se **sabirna sočiva**, a ona koja su na sredini tanja **rasipna sočiva**.





Vrste sočiva



Optická moc sočiva

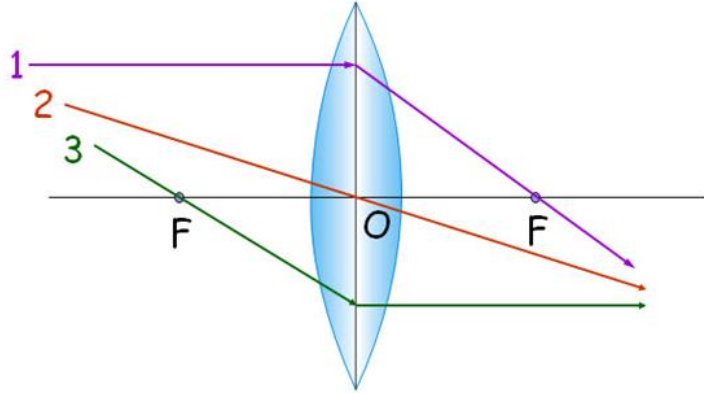
$$\omega = \frac{1}{f} \quad \left[D = \frac{1}{m} \right]$$



$$\omega = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{soč.}}{n_{sred.}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

U ovoj relaciji poluprečnike krivina R_1 i R_2 treba uzeti kao **pozitivne** za ispupčene - konveksne površine, a kao **negativne** za izdubljene - konkavne površine. Na ovaj način će žižna daljina sabirnih sočiva biti pozitivna, a rasipnih negativna.

Dobijanje likova prelamanjem zraka na sočivu



Za konstrukciju likova mogu da se koriste sledeći karakteristični zraci:

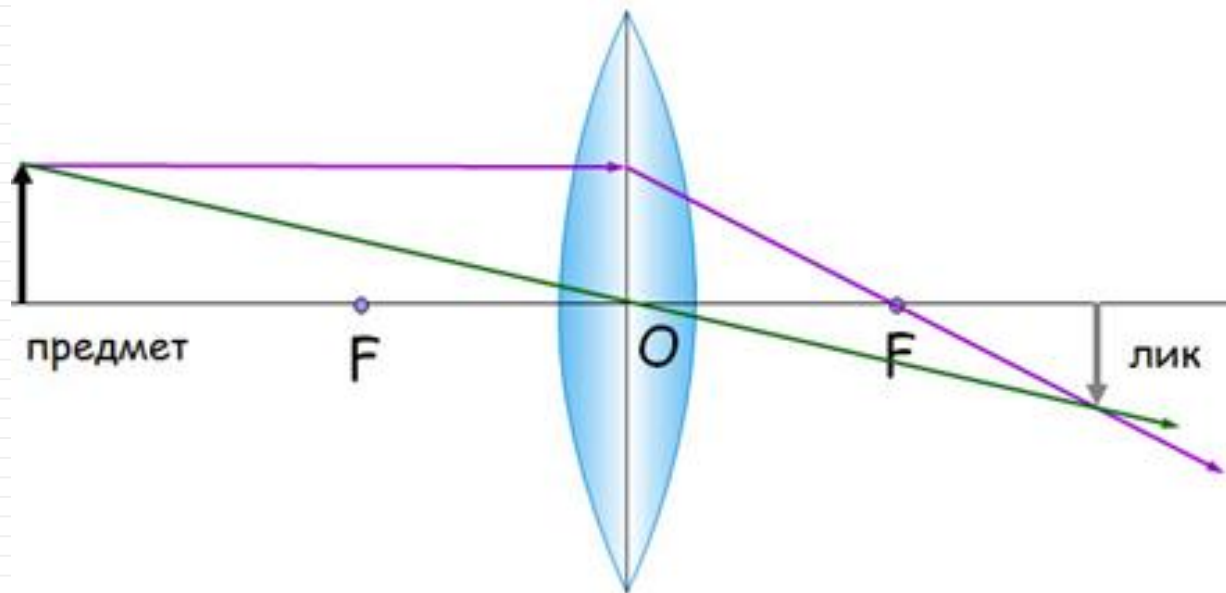
1 – zrak paralelan sa glavnom optičkom osom sočiva nakon prelamanja prolazi kroz žižu

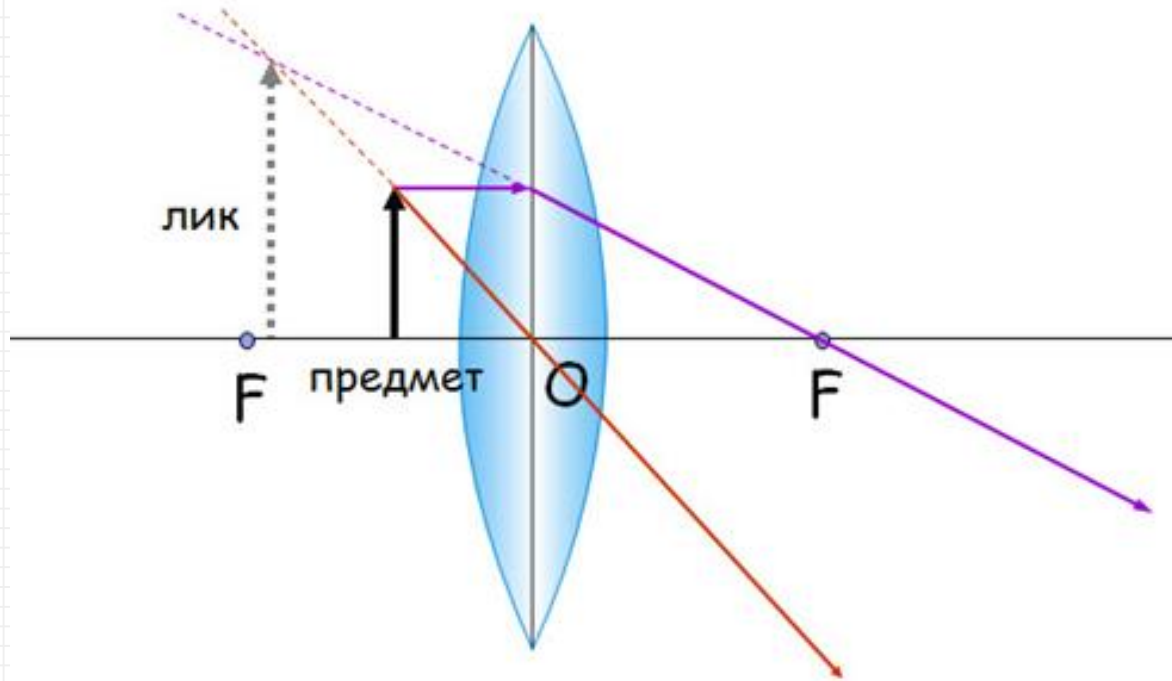
2 – zrak koji prolazi kroz optički centar sočiva ne prelama se

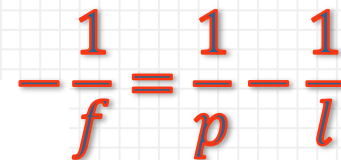
3 – zrak koji prolazi kroz žižu nakon prelamanja je paralelan sa glavnom optičkom osom



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$$







ZADATAK 1

Bikonveksno tanko sferno sočivo izrađeno od stakla indeksa prelamanja $n=1.6$ ima žižnu daljinu $f=10\text{ cm}$ kada se nalazi u vazduhu. Kolika će biti žižna daljina ovog sočiva:

- a) ako se ono potopi u tečnost indeksa prelamanja $n_1=1.5$,
- b) u sredini indeksa prelamanja $n_2=1.7$?

Rešenje:

a) Optičarska jednačina za bikonveksno sočivo ima oblik

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

gde je indeks prelamanja vazduha $n_0 \approx 1$, dok je optičarska jednačina bikonveksnog sočiva kada je potopljeno u tečnost oblika

$$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Deljenjem ovih dveju jednačina dobija se žižna daljina sočiva kada je potopljeno u tečnost

$$f_1 = f \frac{n_1(n-1)}{(n-n_1)} = 90 \text{ cm}.$$

U ovom slučaju bikonveksno sočivo se ponaša kao sabirno zato što je $f_1 > 0$.

b)

Kada se sočivo potopi u sredinu indeksa prelamanja n_2 , optičarska jednačina ima oblik

$$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{n}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Žižna daljina sočiva u ovom slučaju iznosi

$$f_2 = f \frac{n_2(n-1)}{(n-n_2)} = -102 \text{ cm},$$

U ovom slučaju bikonveksno sočivo se ponaša kao rasipno

ZADATAK 2

Plankonveksno sočivo je načinjeno od stakla, indeksa prelamanja $n_1 = 1.6$, dok mu je poluprečnik krivine konveksne površine $R = 60 \text{ cm}$. Kolika je njegova žižna daljina u vazduhu, a kolika u vodi čiji je indeks prelamanja $n_2 = 1.33$?

Rešenje:

Za optičarsku jednačinu plankonveksnog sočiva koje se nalazi u vazduhu

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

treba imati u vidu da je za planarnu (ravnu) stranu sočiva centar u beskonačnosti, tj. $R_2 \rightarrow \infty$, odnosno $1/R_2 \rightarrow 0$. Odatle se dobija za žižnu daljinu sočiva indeksa prelamanja stakla n_1

$$f_0 = \frac{R}{n_1 - 1} = 1 \text{ m}.$$

Relativni indeks prelamanja stakla u odnosu na vodu je $n = n_1/n_2$, pa je žižna daljina ovog sočiva u vodi

$$f_v = \frac{R}{n_1/n_2 - 1} = 3 \text{ m}.$$

ZADATAK 3

Ispred tankog sabirnog sočiva, žižne daljine $f = 10 \text{ cm}$, postavljen je predmet veličine $P = 2 \text{ cm}$.

- Gde treba postaviti predmet da bi se dobio njegov realni lik veličine $L = 8 \text{ cm}$?
- Koliki će biti i kakav lik ovog predmeta ako se umesto sabirnog upotrebi rasipno sočivo iste žižne daljine?

Rešenje:

a) Iz uvećanja sočiva

$$U = \frac{L}{P} = \frac{l}{p} = 4,$$

vidi se da je $l = 4p$ i zamenom u jednačinu sabirnog sočiva

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l},$$

dobija se da predmet treba da se nalazi na rastojanju

$$p = \frac{5f}{4} = 12.5 \text{ cm.}$$

b)

Za dobijeni položaj predmeta, iz jednačine rasipnog sočiva

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{l},$$

može se izračunati rastojanje lika od sočiva

$$l = \frac{p \cdot f}{p + f} = 5.55 \text{ cm}.$$

Veličina lika se nalazi iz uvećanja sočiva, kao

$$L = \frac{l}{p} P = 0.88 \text{ cm}.$$

Dobijeni lik je imaginaran i umanjen.