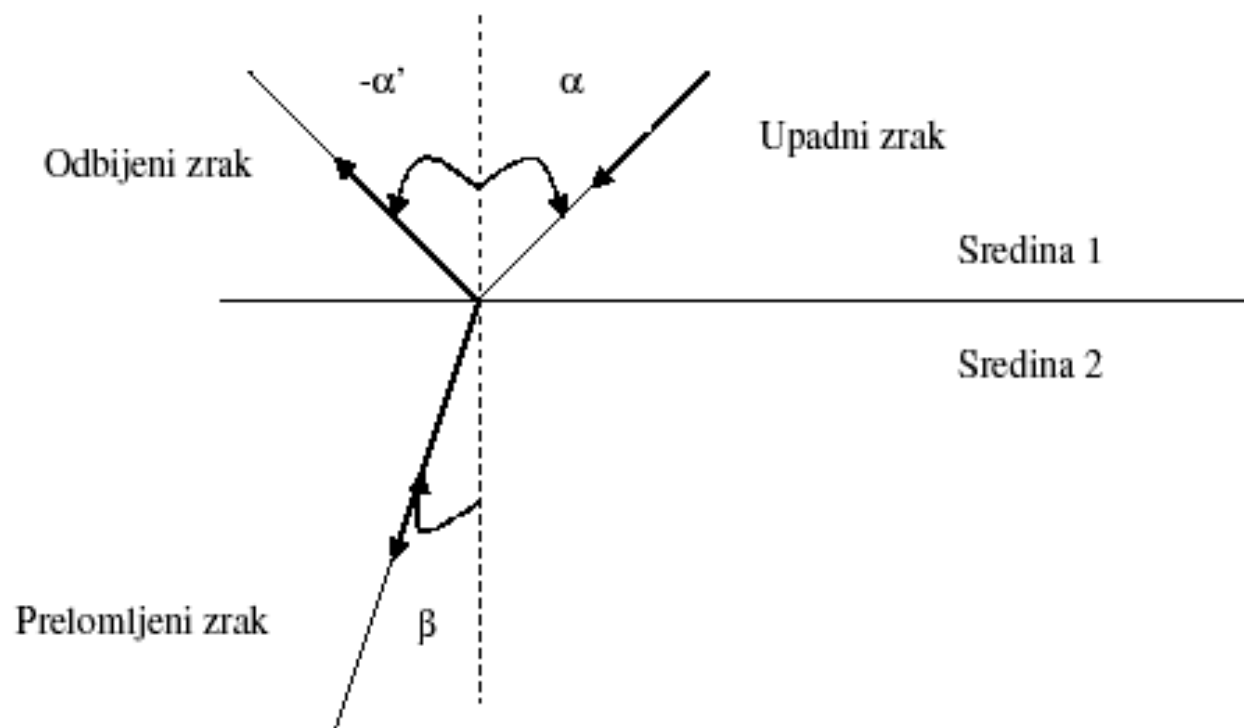


LEKCIJA II: ČETIRI ZAKONA GEOMETRIJSKE OPTIKE

Dr Slavoljub Mijović
University of Montenegro
Faculty of Natural Sciences and
Mathematics, Podgorica, MONTENEGRO
E-mail: slavom@rc.pmf.cg.ac.yu

ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE (MODEL SVELOSTI-ZRACI)

1. zakon pravolinijskog prostiranja;
(primer: oštra senka predmeta)
2. zakon nezavisnosti prostiranja;
(primer: kada se ukrštaju dva zraka)
3. zakon odbijanja (refleksije);
4. zakon prelamanja (refrakcije).



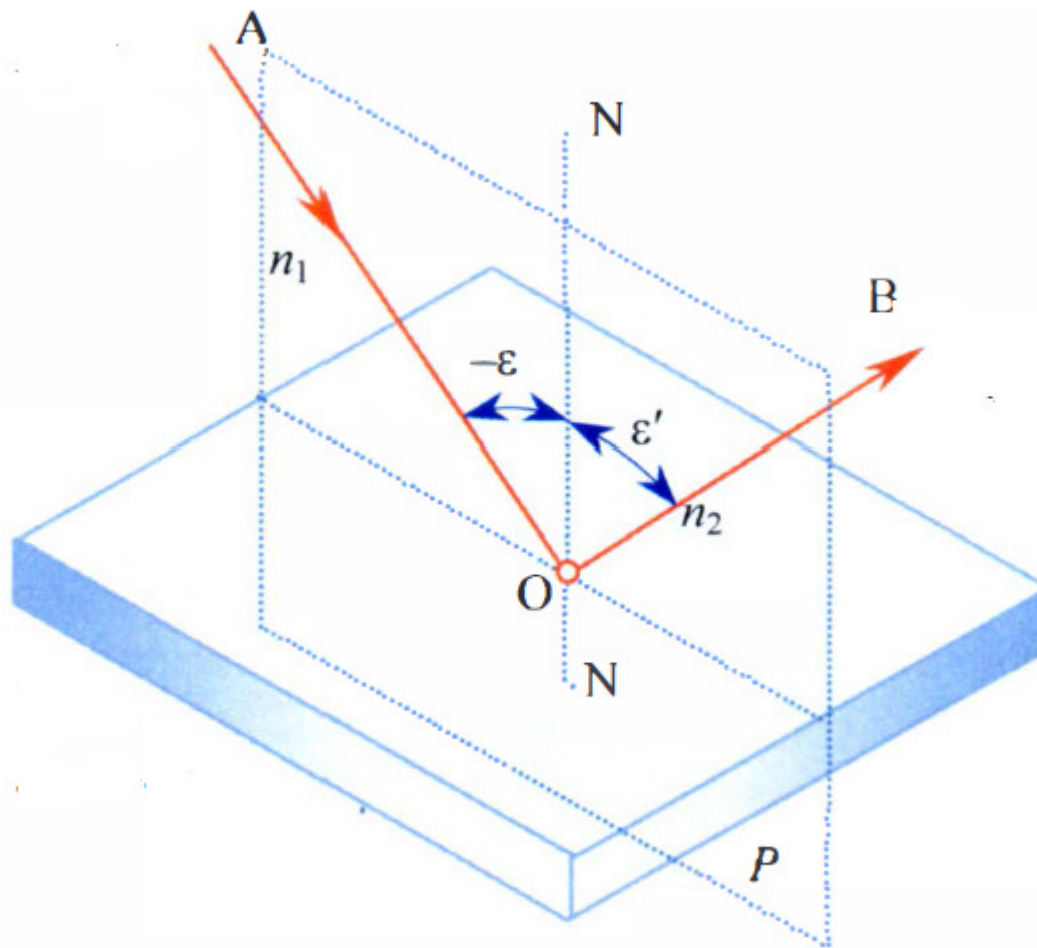
3. Reflektovani zrak leži u jednoj ravni sa upadnim zrakom i normalom, postavljenom u tački upada. Odbojni ugao je jednak upadnom uglu.

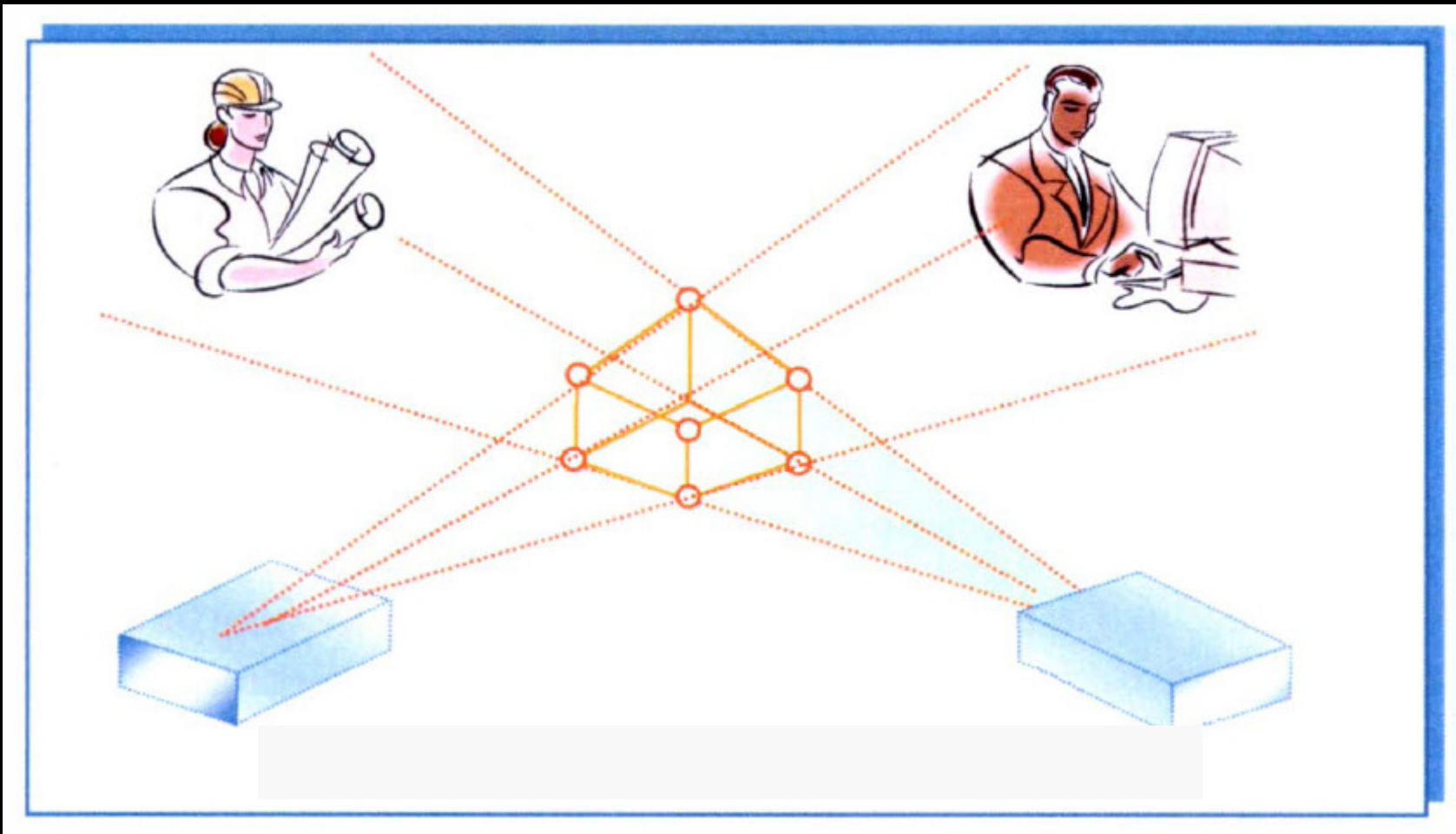
$$\alpha = -\alpha'$$

4. Prelomljeni zrak leži u jednoj ravni sa upadnim zrakom i normalom, postavljenom u tački upada. Odnos sinusa upadnog ugla i sinusa ugla prelamanja je konstanta za date sredine:

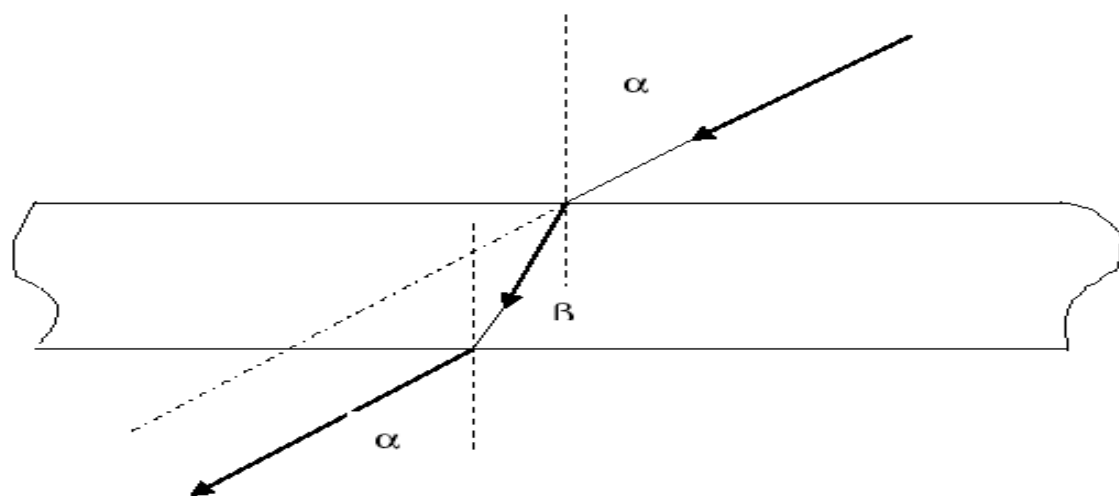
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12}$$

Veličina n_{12} – se naziva **relativni indeks prelamanja** druge sredine u odnosu na prvu.





Primer: Plan-paralelna pločica



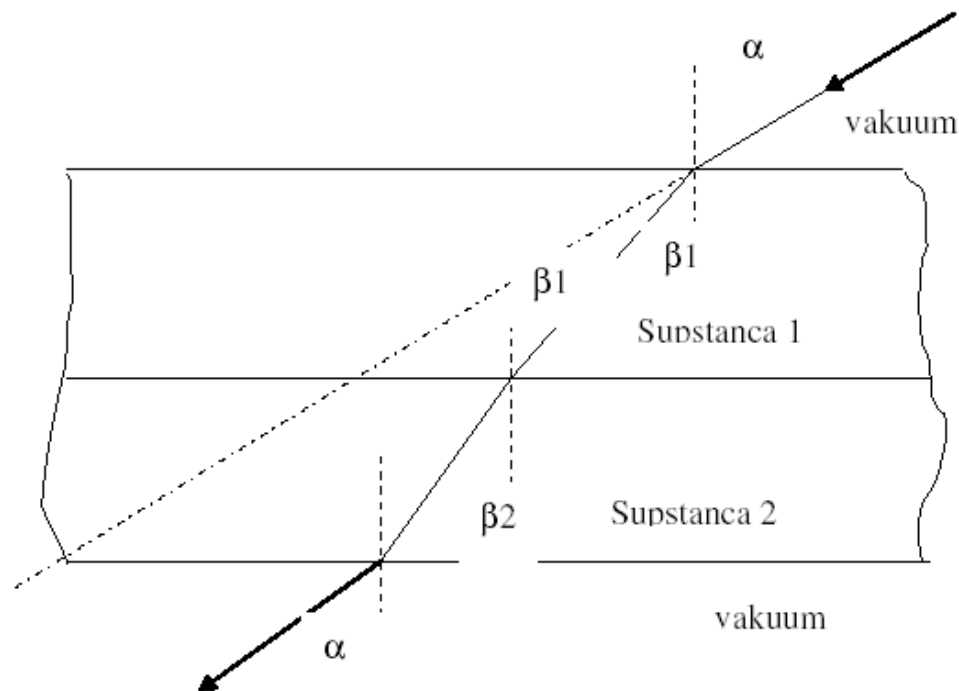
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12} \qquad \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = n_{21} \qquad \boxed{\Rightarrow n_{21} = 1/n_{12}}$$

Zakon obrnutosti (ili uzajamnosti) svetlosnih zraka: *Ako se zraku, koji je pretrpeo nekoliko odbijanja i prelamanja, pošalje u susret drugi zrak, taj drugi zrak će ići po istom putu kao i prvi (direktni) zrak ali u suprotnom smeru.*

Indeks prelamanja supstance u odnosu na vakuum se zove **apsolutni indeks prelamanja** ili prosto **indeks prelamanja**.

Supstanca koja ima veći indeks prelamanja se naziva **optički gušća supstanca**.

Veza između relativnog indeksa prelamanja dve supstance n_{12} i njihovih apsolutnih indeksa n_1 i n_2



Posmatrajmo prolaženje zraka kroz dve sastavljene plan-paralelne pločice, napravljenih od različitih supstanci, postavljenih u vakuum.

$$\sin \alpha = n_1 \sin \beta_1 \quad \sin \beta_1 = n_{12} \sin \beta_2 \quad \sin \beta_2 = 1/n_2 \sin \alpha$$
$$\Rightarrow n_1 1/n_2 n_{12} = 1$$

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

Istorijski razvoj predstava o prirodi svetlosti

Krajem XVII veka skoro istovremeno su se javile dve, reklo bi se, uzajamno isključive teorije svetlosti.

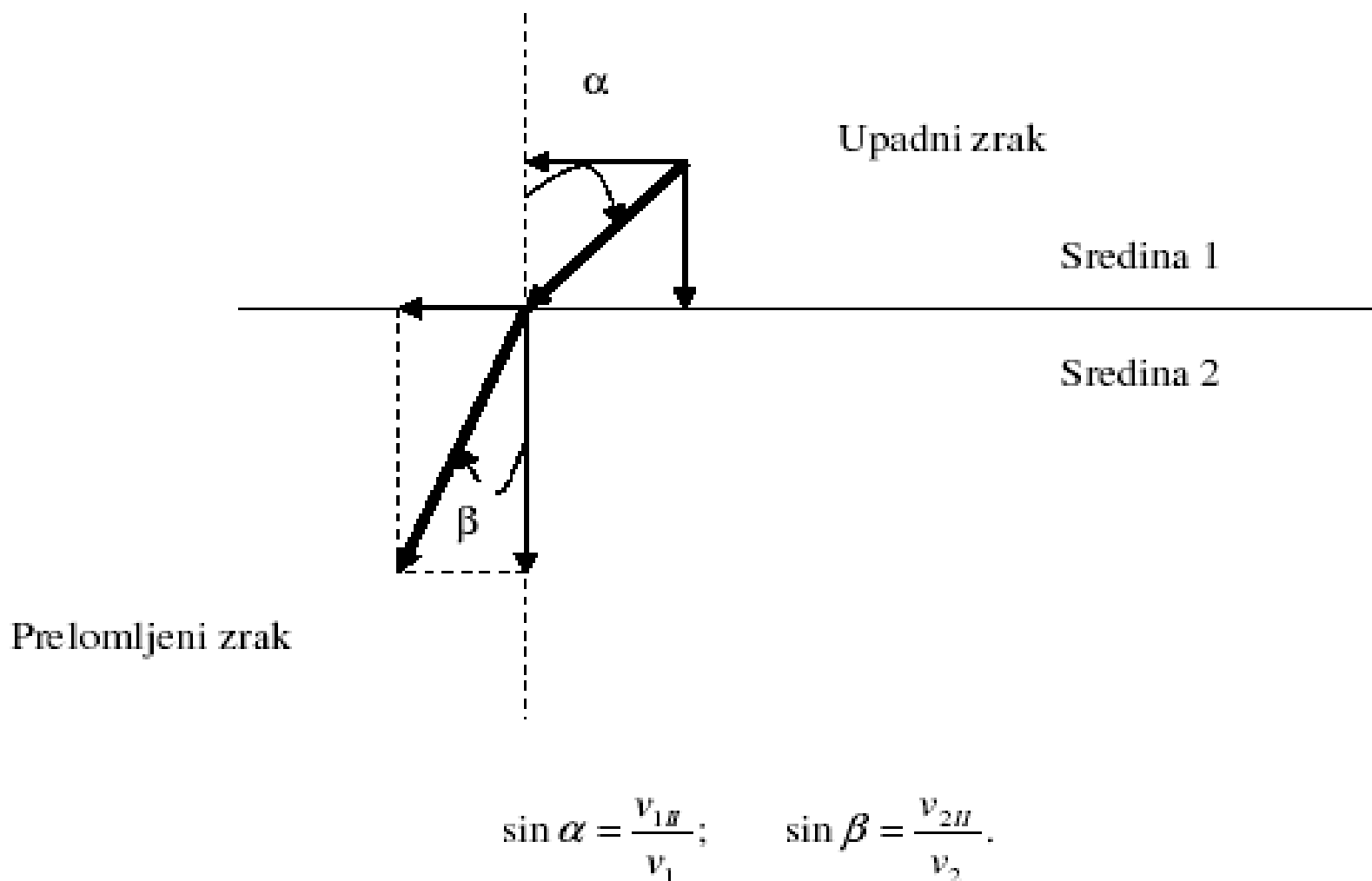
Njutn je predložio **emisionu teoriju (korpuskularnu)** saglasno kojoj svetlost predstavlja fluks svetlosnih čestica (korpuskula) koje lete od svetlećeg tela po pravolinijskim putanjama.

Hajgens je lansirao **talasnu teoriju** koja razmatra svetlost kao elastični talas koje se prostire u eteru-supstanci koja ispunjava čitavi svemir.

Početakom XVIII veka Frenel je uspeo na osnovu talasnih predstava o svetlosti da objasni sve, u to vreme poznate, optičke pojave.

Indeks prelamanja prema Njutnovoј teoriji

Njutn je smatrao da je prelamanje svetlosti izazvano dejstvom sile na svetlosne korpuskule na granici dve sredine i time menjajući normalnu komponentu brzine korpuskule (vidi sliku).



Nastavak

Pošto su parcijalne (tangencijalne) komponente brzina iste (ne menjaju se $v_{1H} = v_{2H}$), dobija se

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_2}{v_1}$$

Upoređujući ovaj izraz sa zakonom prelamanja svetlosti dobijamo $n_{12} = \frac{v_2}{v_1}$.

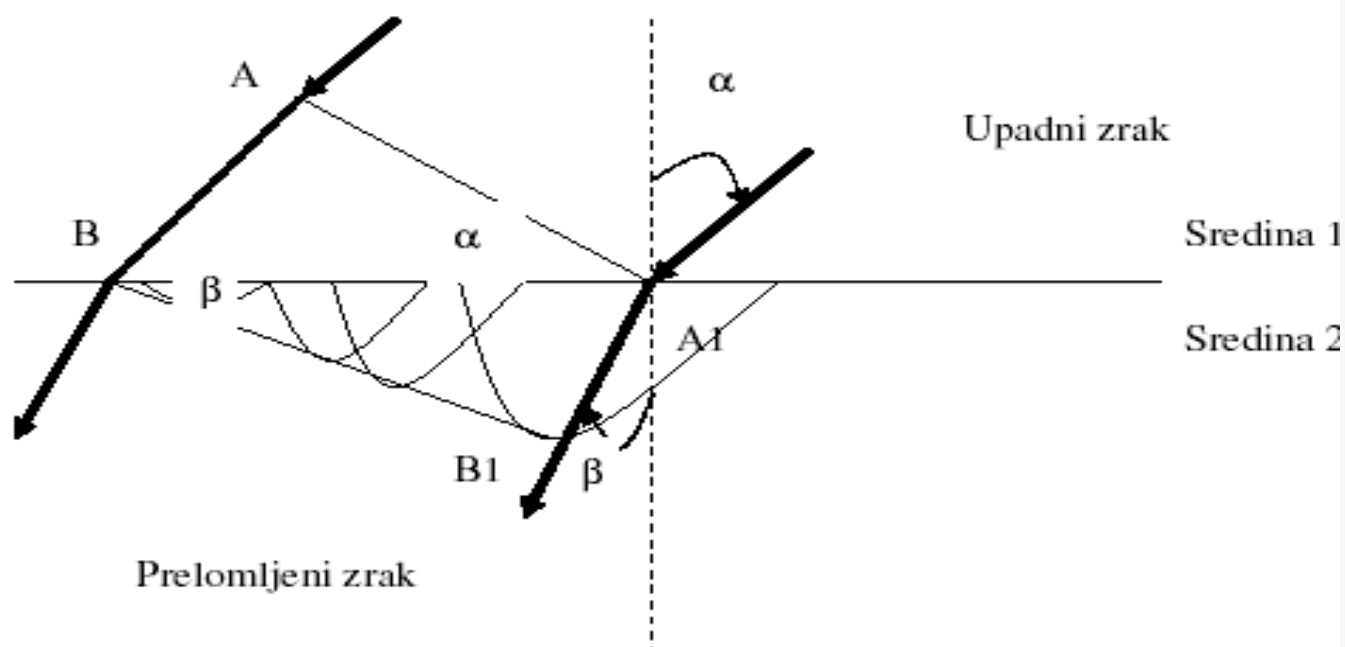
Ako je prelamanje na granici vakuum-supstanca, tada je n_{12} – jednak apsolutnom indeksu prelamanja n_2 , druge supstance a brzina v_1 , jednaka brzini svetlosti u vakuumu c . Znači u opštem slučaju imamo da je indeks prelamanja neke supstance n jednak

$$n = \frac{v}{c}$$

Indeks prelamanja prema talasnoj teoriji

Talasna teorija dovodi do obrnutog odnosa.

Hajgensov princip: *Svaka tačka do koje dopre svetlosno pobuđenje, postaje centar sekundarnih talasa; površ koja obavi te sekundarne talase ukazuje na položaj fronta stvarnog prostirućeg talasa.*

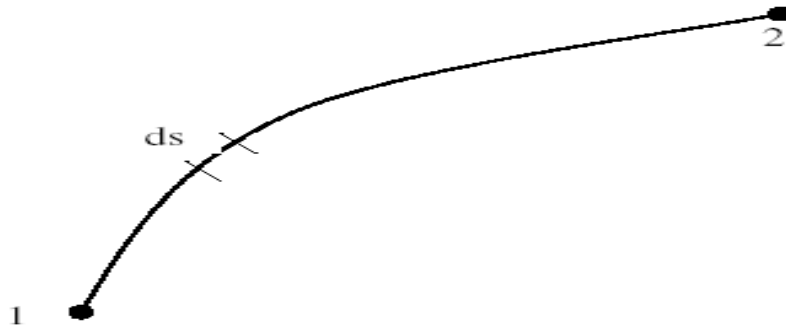


$$AB = v_1 \Delta t \quad AB1 = v_2 \Delta t \quad \sin \alpha = \frac{v_1 \Delta t}{BA1} \quad \sin \beta = \frac{v_2 \Delta t}{BA1} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} \quad n_{12} = v_1 / v_2 \quad n = c / v$$

PRINCIP FERMA

U homogenoj sredini svetlosni zraci se rasprostranjuju pravolinijski a u nehomogenoj se krive. Put zraka u nehomogenoj sredini se može naći pomoću principa koji je ustanovio francuski matematičar Fermat (Ferma) 1679 g. i on glasi:

Svetlosni zrak se rasprostire po takvom putu za koji mu je potrebno najmanje vremena.



Za prolazak po putu ds , potrebno je vreme $dt = \frac{ds}{v}$, gde je v – brzina u datoj tački sredine. Ako zamenimo $v = c/n$ iz Hajgensove, ranije izvedene formule dobijamo da je $dt = \frac{1}{c}nds$. Prema tome, vreme τ , potrebno svetlosti da pređe put iz tačke 1 u tačku 2 se računa po formuli

$$\tau = \frac{1}{c} \int_1^2 nds,$$

Saglasno Fermatovom principu, τ mora biti minimalno, a pošto je c – konstantno, sledi i da veličina

$$L = \int_1^2 nds,$$

koju nazivamo *optička dužina puta*, takođe mora biti minimalna. U homogenoj sredini, optička dužina puta je jednaka proizvodu geometrijske dužine puta s i indeksa prelamanja sredine n :

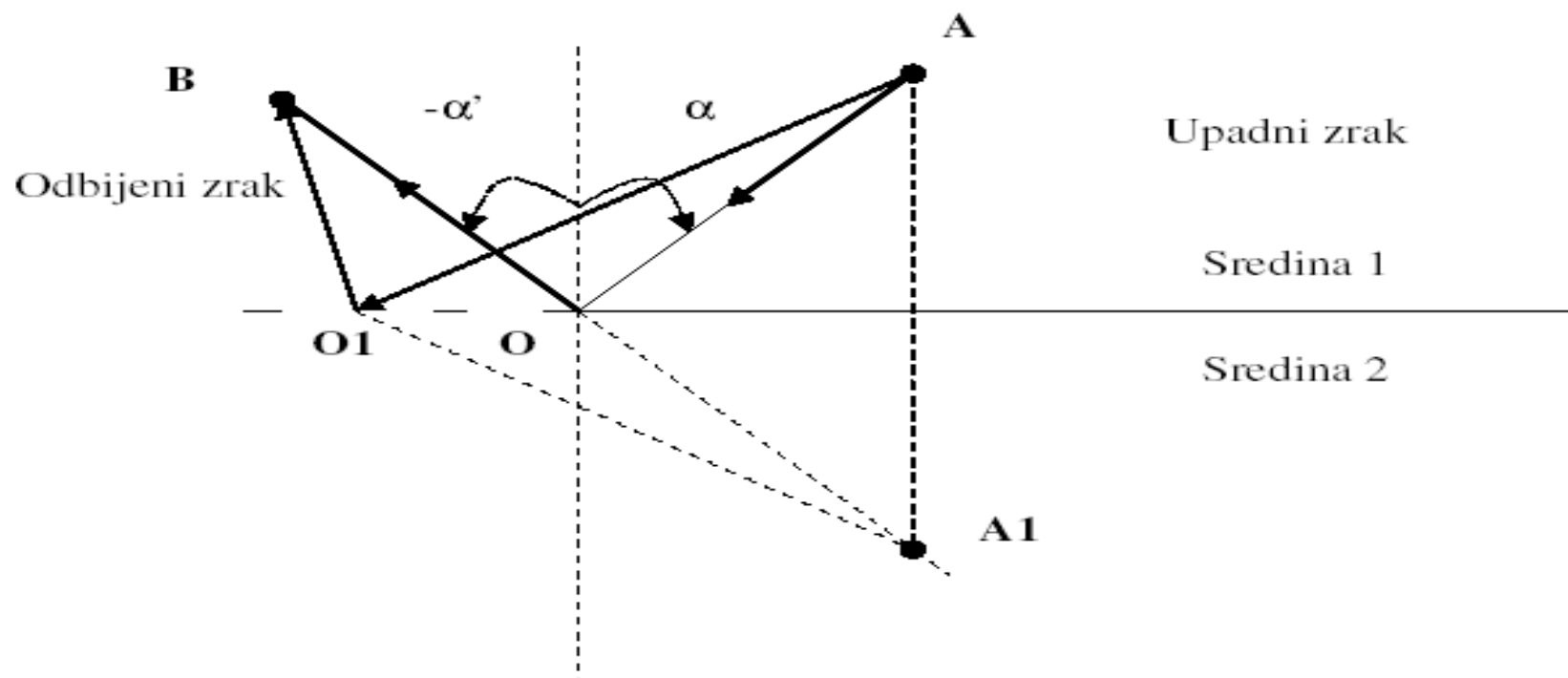
$$L = ns.$$

Fermatov princip možemo sformulisati sada i kao:

Svetlost se prostire po takvom putu čija je optička dužina minimalna.

Primer I

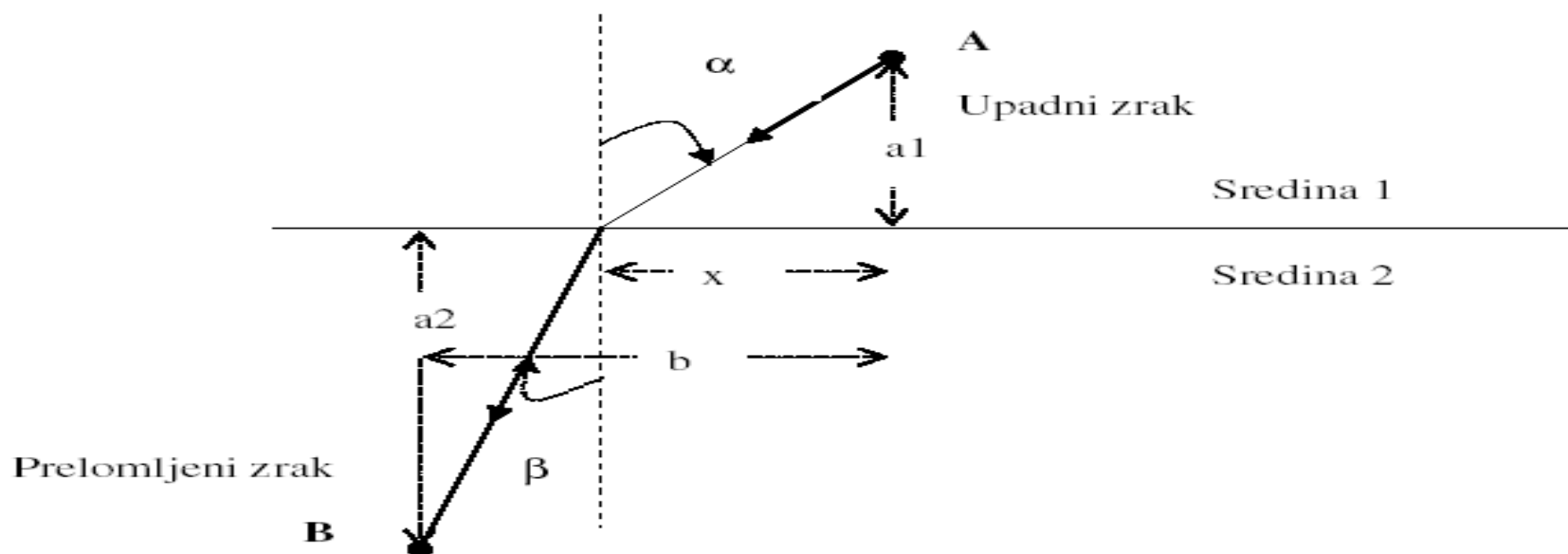
Primer I: Zakon Refleksije (Odbijanja)



Zakon odbijanja i prelamanja svetlosti proističe iz Fermatovog principa. Neka svetlost pada iz tačke **A** u tačku **B** odbijajući se od granične površine. Pošto je sredina kroz koju prolazi zrak homogena, iz minimalnosti optičke dužine puta sledi i minimalnost njegovog geometrijskog puta. Geometrijska dužina proizvoljno uzetog puta je **$A-O_1-B=A_1-O_1-B$** (pomoćna tačka **A1** je ogledalski lik tačke **A**). Iz slike se vidi da najmanji put pravi zrak koji se odbio u tački **O**, za koji je ugao odbijanja jednak upadnom uglu.

Primer II

Primer II: Zakon Refrakcije (Prelamanja)



Nadimo tačku u kojoj se mora prelomiti zrak koji se prostire od tačke **A** do tačke **B**, optička dužina puta bila minimalna.

Za proizvoljan zrak zrak optička dužina puta je jednaka:

$$L = n_1 s_1 + n_2 s_2 = n_1 \sqrt{a_1^2 + x^2} + n_2 \sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}.$$

Da bi našli minimum, prodiferenciramo gornji izraz po x i izjednačimo sa nulom:

$$\frac{dL}{dx} = \frac{n_1 x}{\sqrt{a_1^2 + x^2}} - \frac{n_2 (b-x)}{\sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}} = n_1 \frac{x}{s_1} - n_2 \frac{b-x}{s_2} = 0.$$

Konačno, zamenjujući množioce uz n_1 i n_2 dobijamo zakon prelamanja

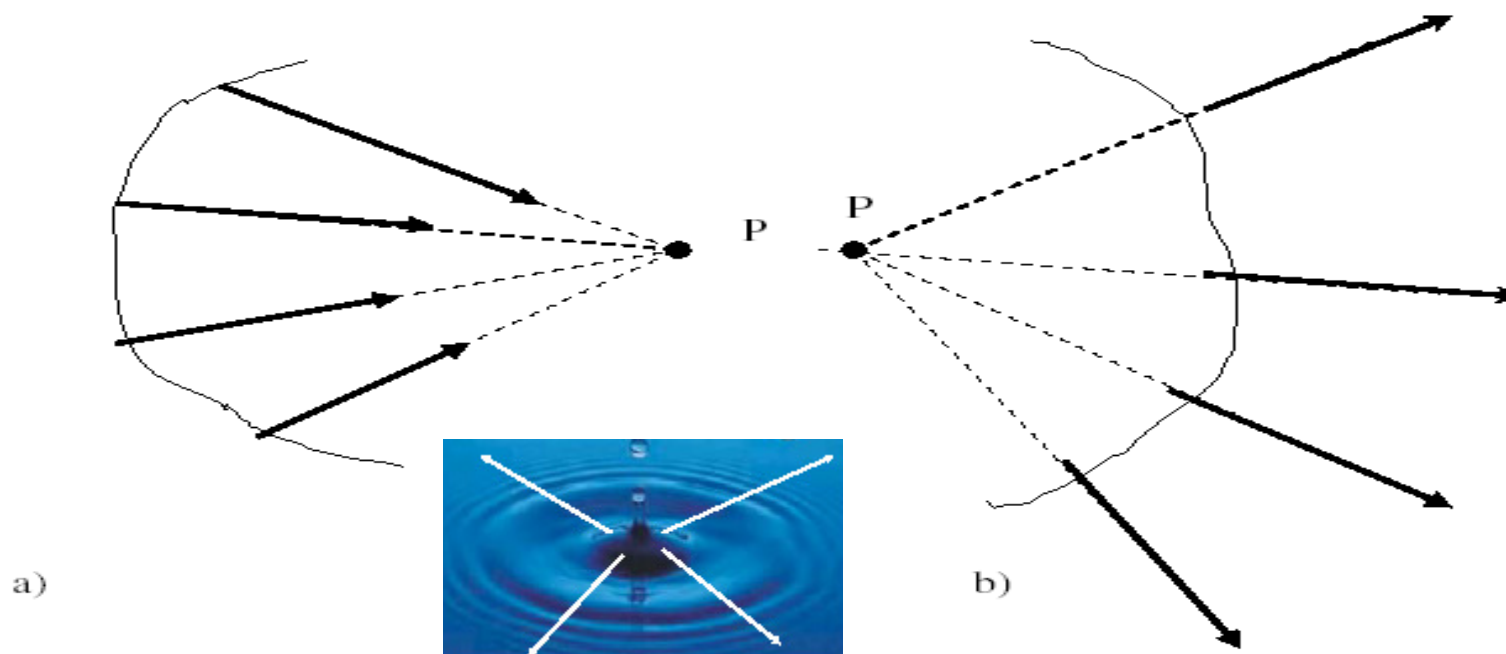
$$\boxed{n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta}.$$

UOPŠTENA FORMULACIJA GEOMETRIJSKE OPTIKE

Osoni pojmovi i definicije

Mnoge optičke pojave i rad optičkih uređaja se mogu razmatrati polazeći od predstave o *svetlosnim zracima*.

U izotropnoj sredini pod zracima se podrazumeva linije, normalne ka talasnoj površi. Duž tih linija se prostire svetlosna energija. U homogenoj sredini oni su pravolinijski. Ukupnost zraka čine *snop*. Ako se zraci pri svom produžavanju seku u jednoj tački, snop se tada naziva *homocentričnim*. Homocentričnom snopu zraka odgovara sferna talasana površ.



a)

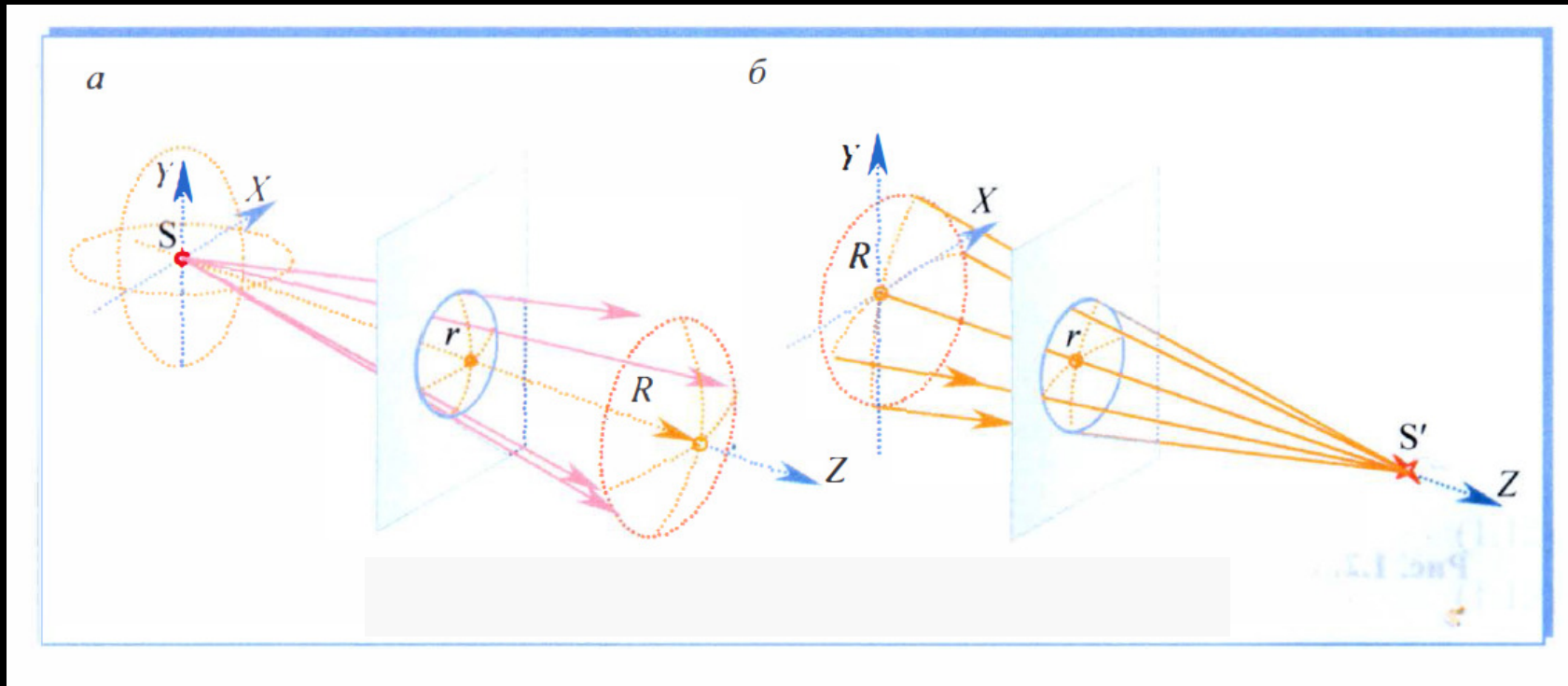
b)

Divergentan snop

Konvergentan snop

Slika 1

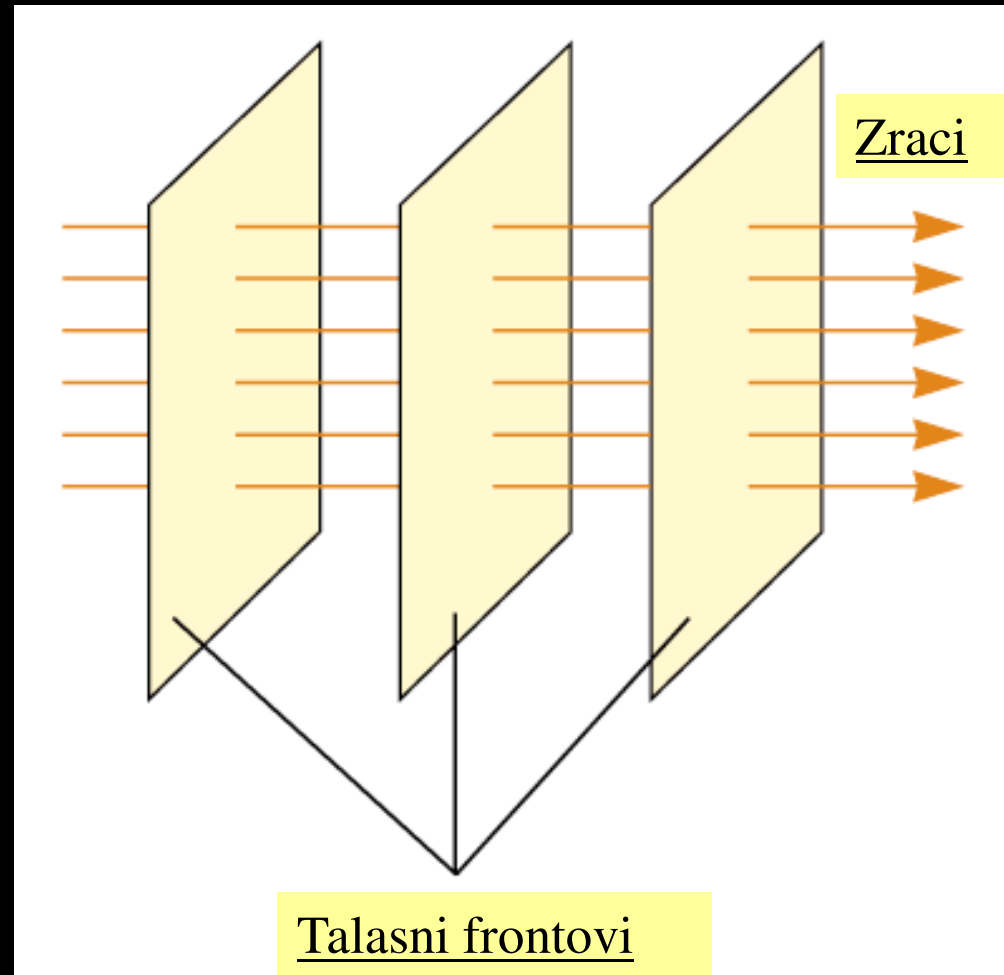
Specijalan slučaj je snop paralelnih zraka i njemu odgovara ravanski svetlosni talas. Ako talasna površ ima dvostruku ili višestruku krivinu, tada se produžetci zraka seku u više tačaka i takav snop se naziva *astigmatiskim*.



a) Divergentni (rasipajući) snop

b) konvergentni (skupljajući) snop

Zraci i talasni frontovi kod ravanskog talasa

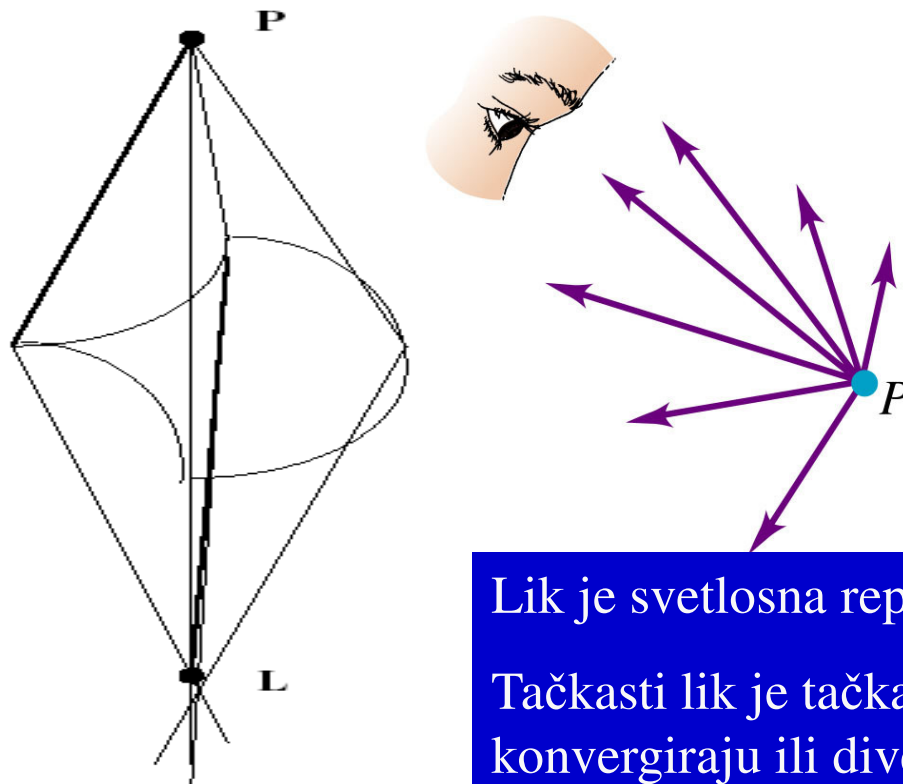


Nastavak

Svaki optički sistem ostvaruje transformaciju svetlosnih snopova. Ako sistem ne narušava homocentičnost snopova to zraci koji su izašli iz tačke P se presecaju u tački L . (vidi sliku 2) Tačka L predstavlja *optički lik* tačke P . Ako je lik bilo koje tačke predmeta preslikava u vidu tačke, lik se naziva *tačkastim* ili *stigmatičnim*.

Lik se naziva *realan (stvaran)*, ako ga dobijemo stvarnim presecanjem zraka (slika 1a)) a *imaginaran (nestvaran)* ako ga dobijemo presecanjem produžetaka tih zraka. (slika 1b).

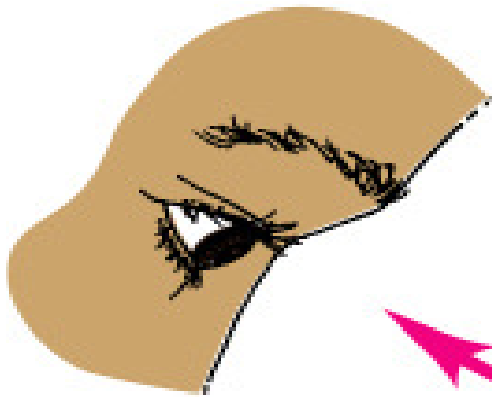
Zbog inverznosti (obrnutosti) svetlosnih zraka predmet (tačka P) i lik (tačka L) mogu zameniti mesta, tj., predmet koji postavimo na mesto lika će imati lik na ranijem mestu predmeta. Zbog tog razloga se tačke P i L nazivaju *konjugovane ili kuplovane tačke*. Optički sistem koji daje stigmatički lik koji odgovara predmetu se naziva *idealnim*. Pomoću takvog sistema se *neprekidnost tačaka predmeta* preslikava u *neprekidnost tačaka lika*.



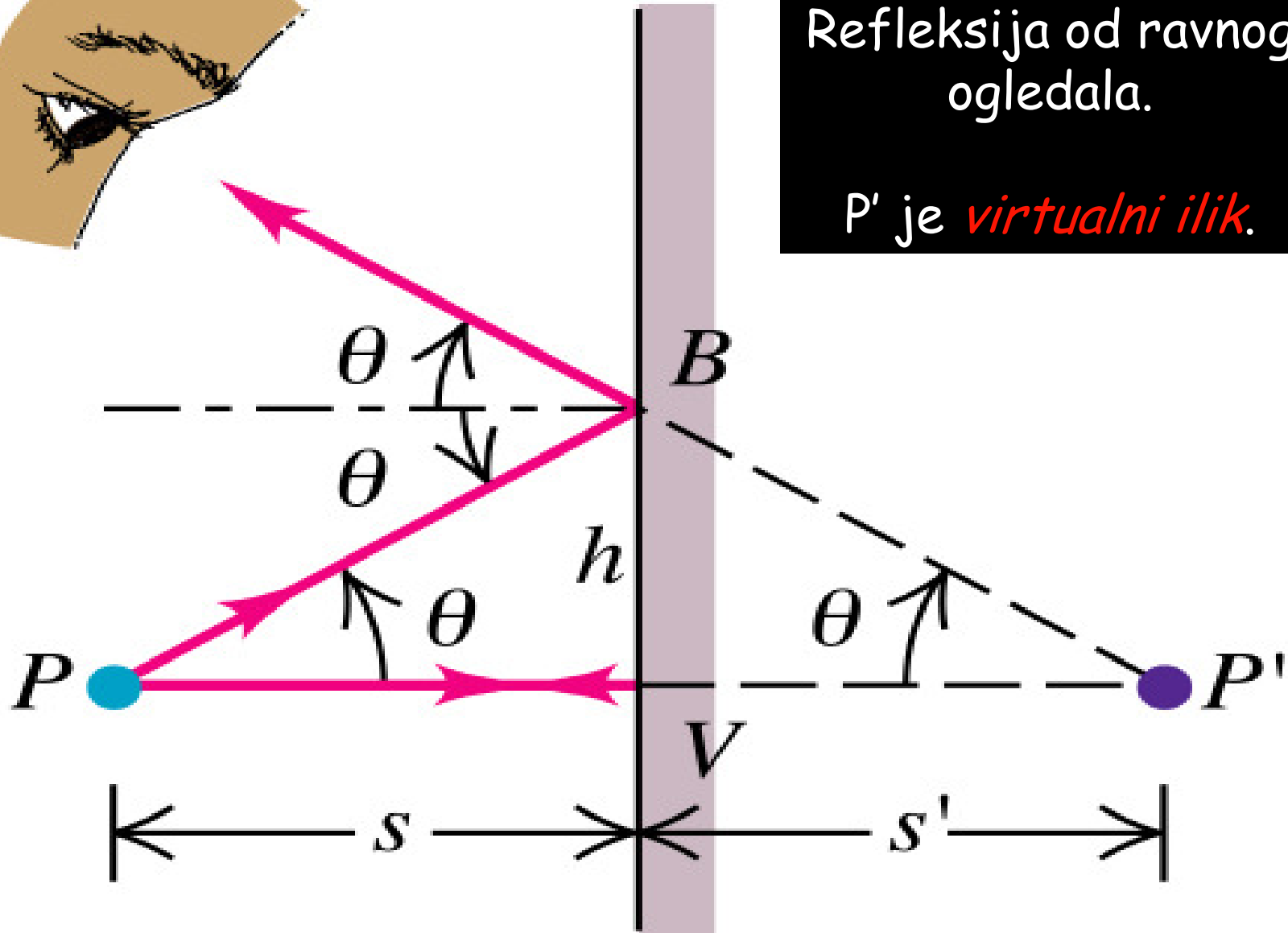
Slika 2

- Predmet je bilo šta odakle se svetlost odašilje
- **Tačkasti predmet:** nema fizičkih dimenzija
- **Trodimenzioni predmet:** ima dužinu, širinu i visinu.

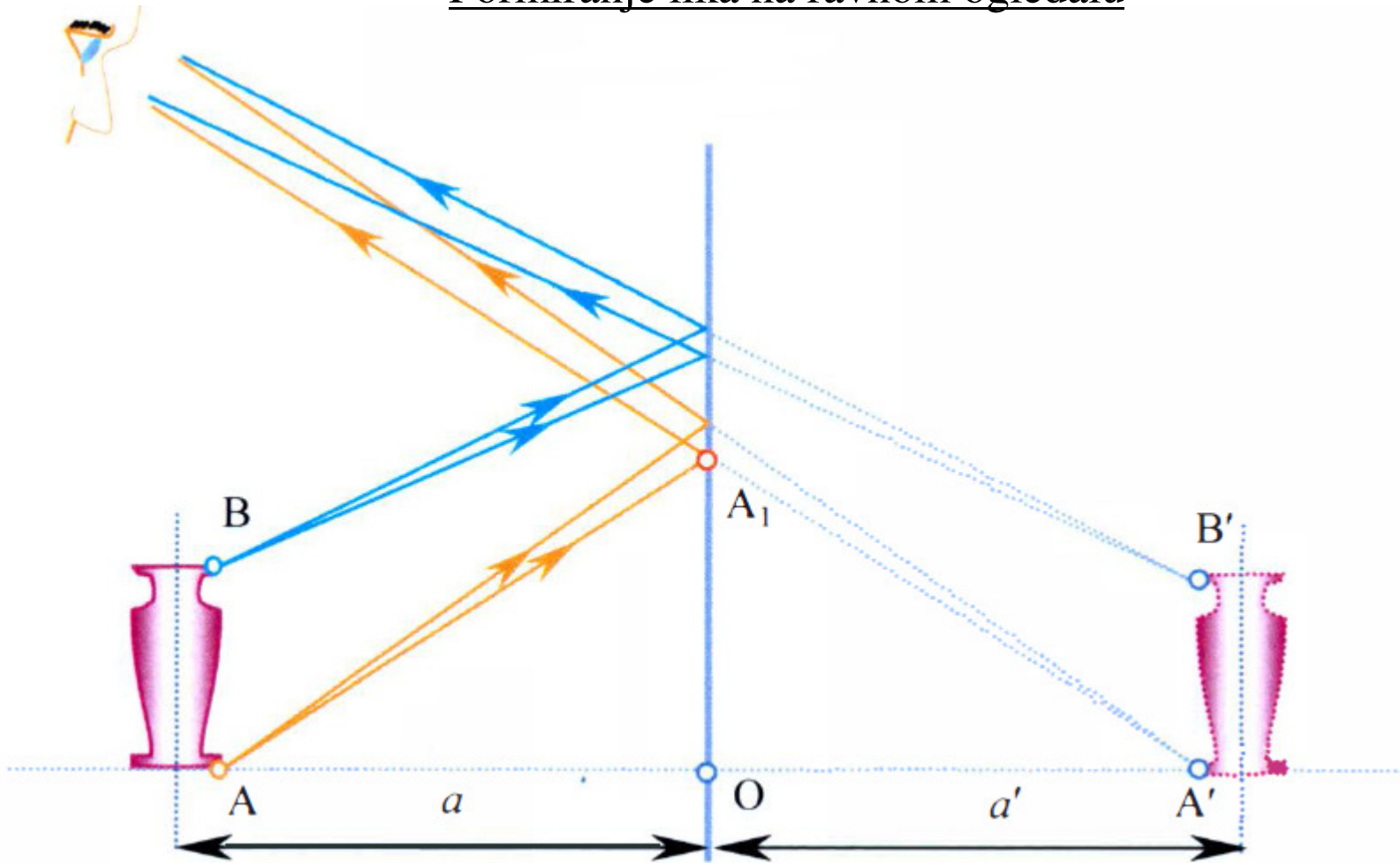
Lik je svetlosna reprezentacija realnosti
Tačkasti lik je tačka gde svetlosni zraci konvergiraju ili divergiraju



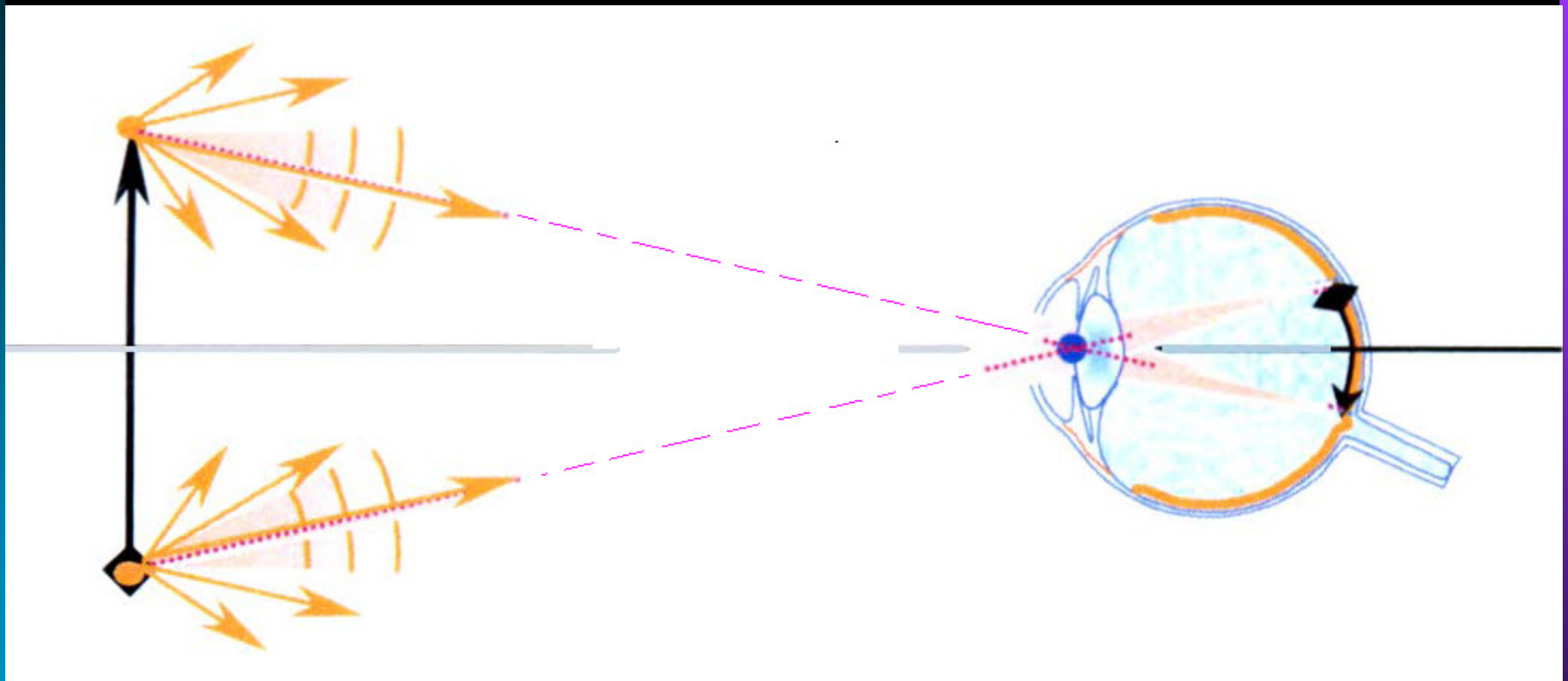
Refleksija od ravnog
ogledala.
P' je virtualni ilik.



Formiranje lika na ravnom ogledalu

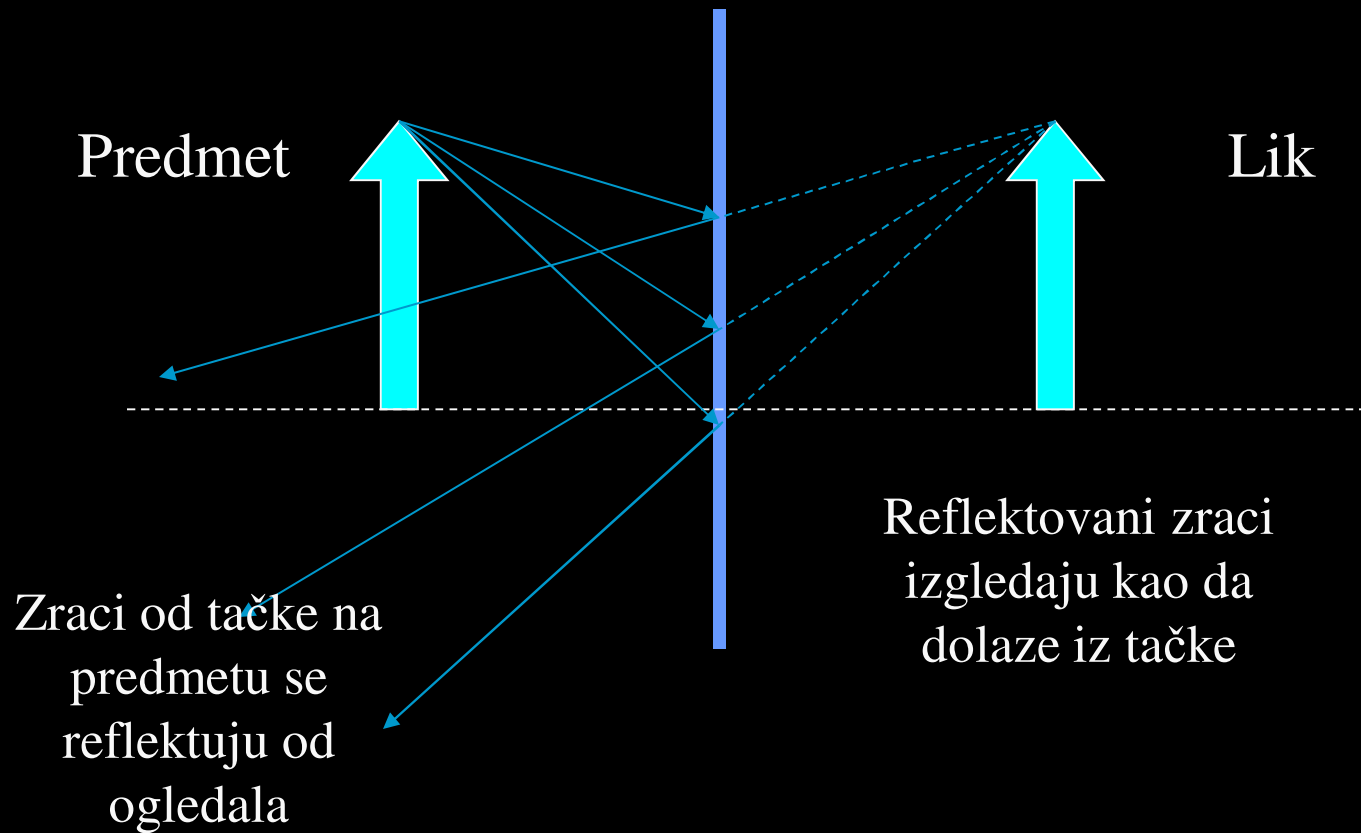


OKO i rasejana svetlost



Formirani lik je Izvrnut!

Predmeti i likovi

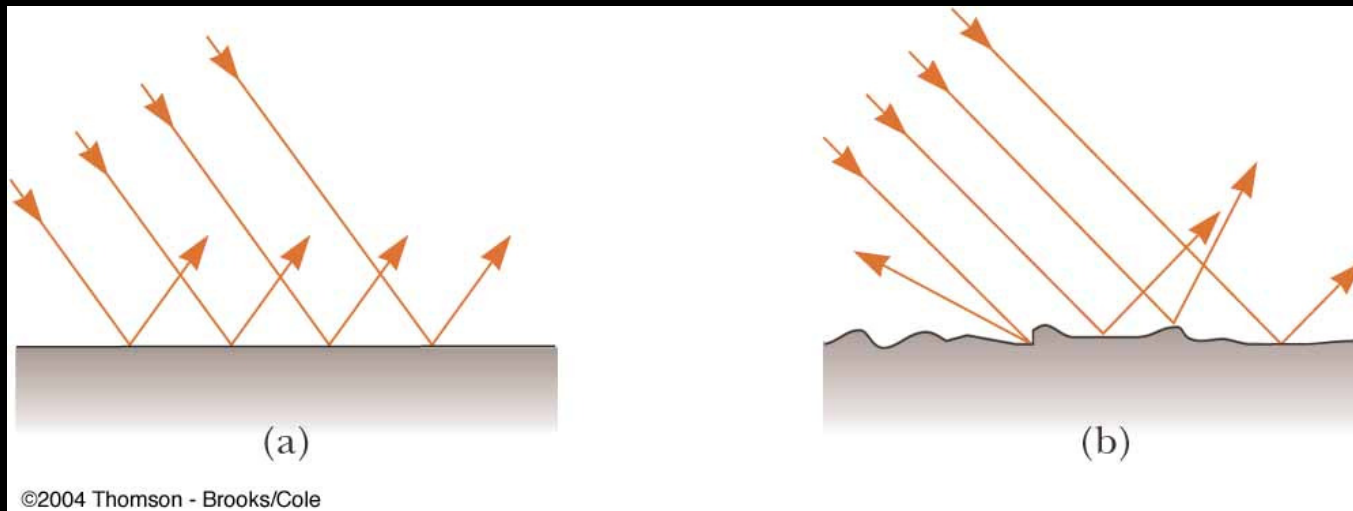


Reflection

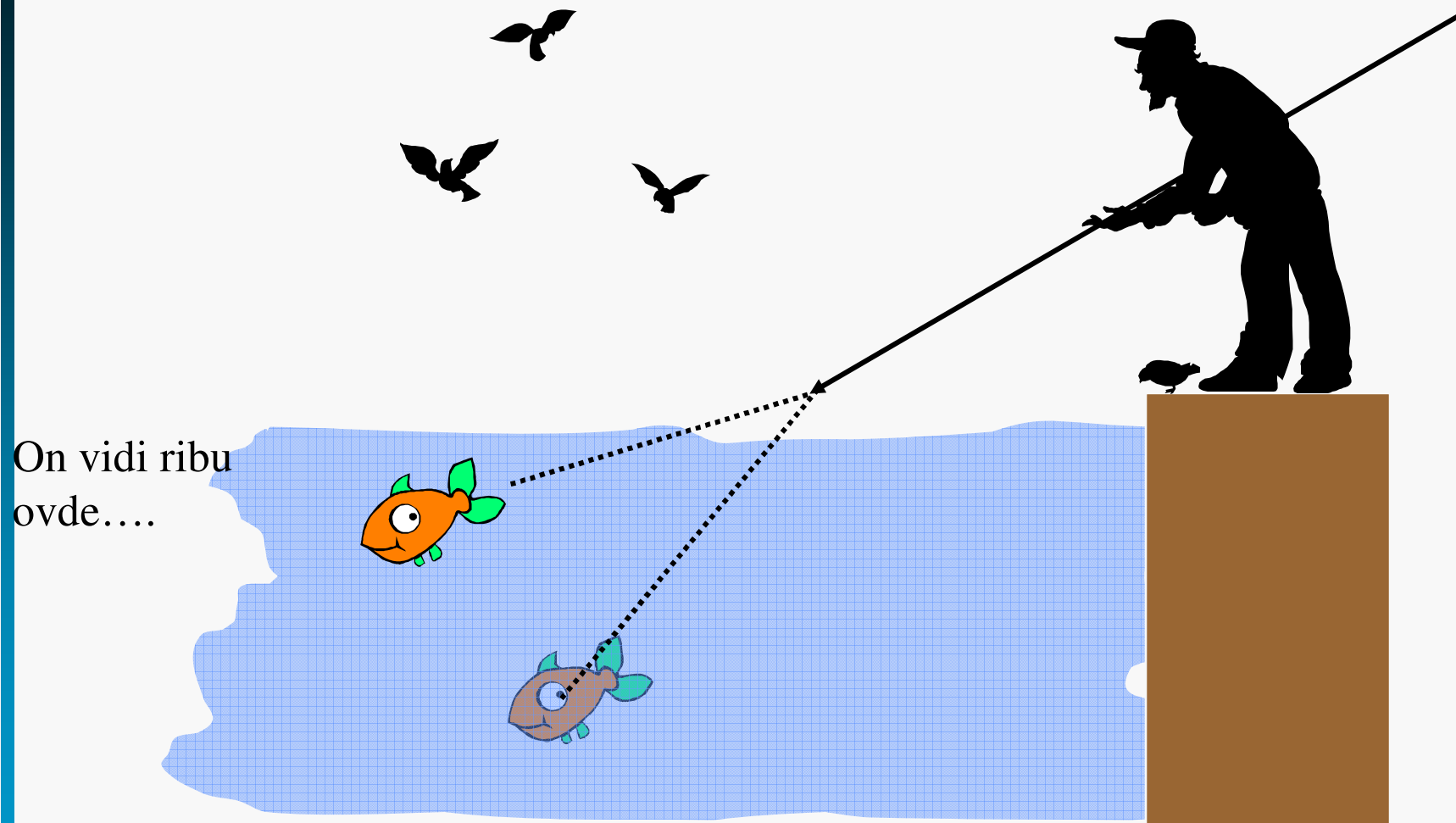


Refleksija od polirane površine (ogledalo)

Difuziona refleksija



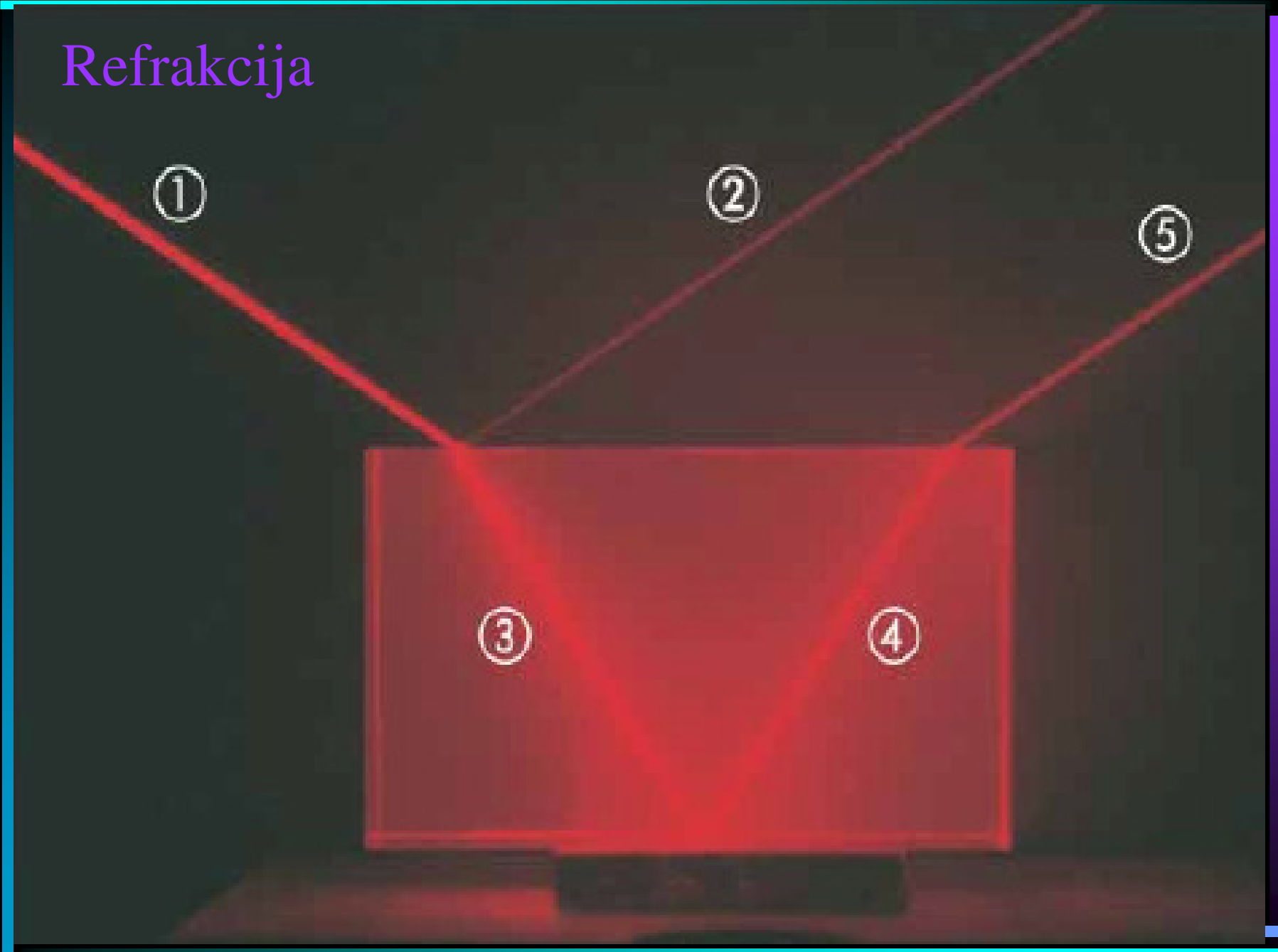
Refrakcija



On vidi ribu
ovde....

Ali, ona je stvarno ovde!!

Refrakcija



Svetlost *unutra* neke sredine

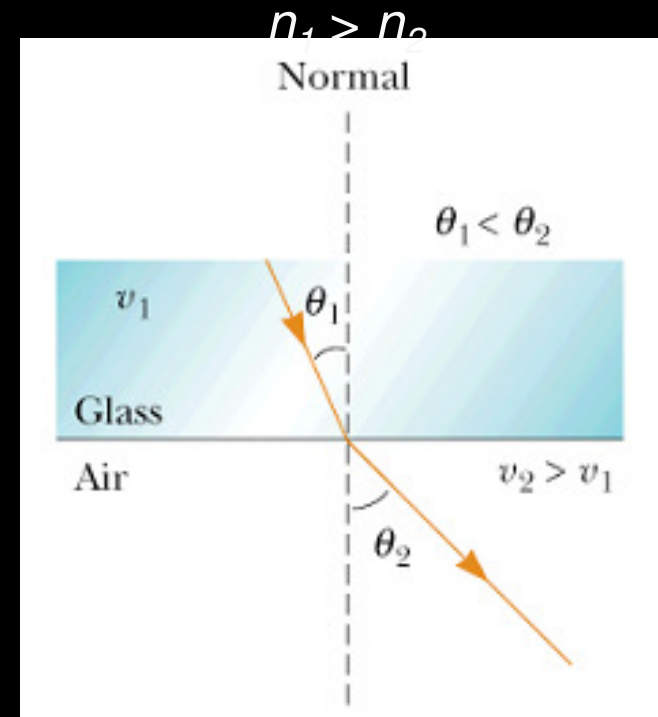
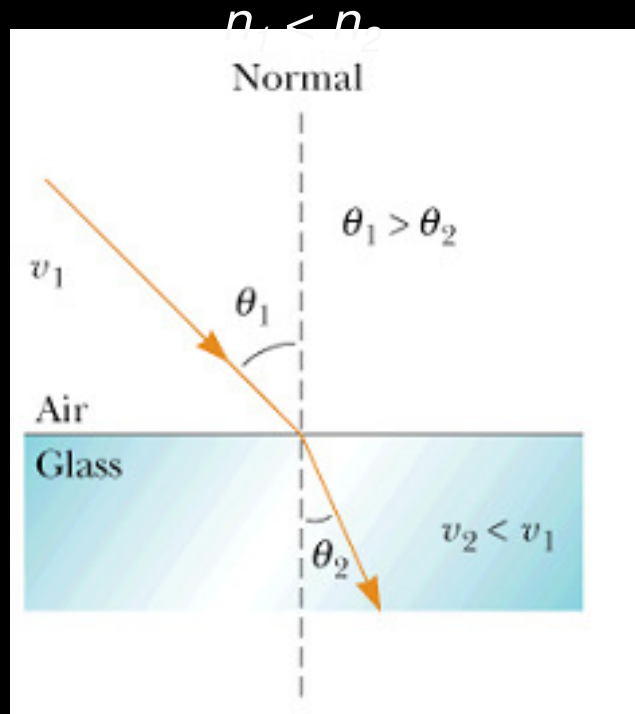
- Svetlost interaguje sa česticama u materijalu
- To usporava prostiranje svetlosti
- Brzina prostiranja svetlosti u materijalu je manja od c
- n je indeks prelamanja i uvek je veći od 1

$$v = \frac{c}{n}$$

<u>Materijal</u>	<u>n</u>
Vazduh	1.000
Voda	1.333
Staklo	1.6
Dijamant	2.419

Refrakcija

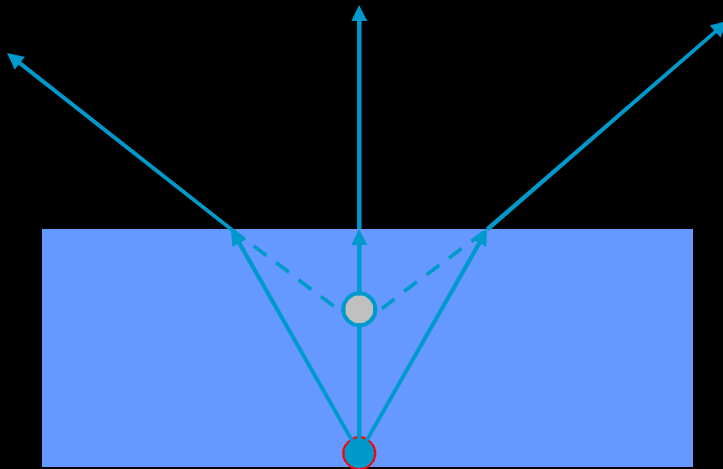
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$



Od manjem ka većem indeksu, svetlost se prelama ka normali.

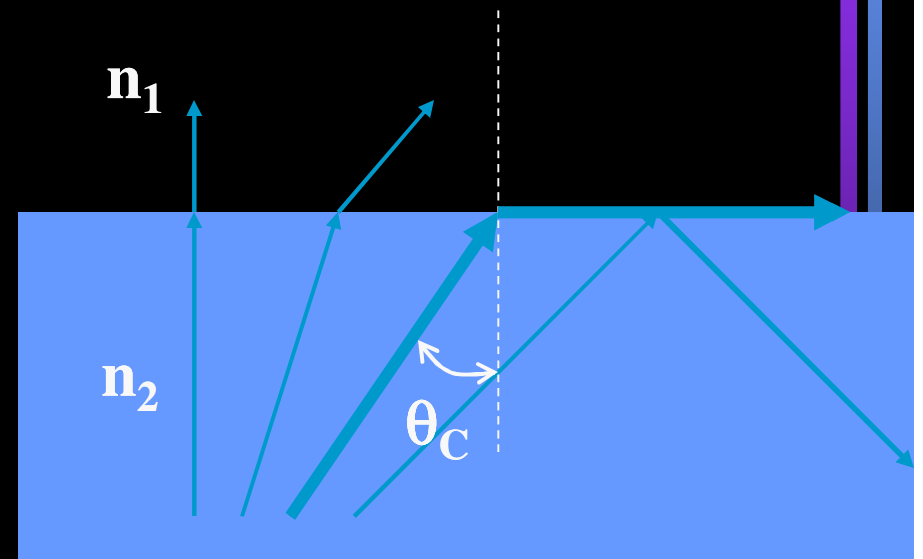
Od većeg ka manjem indeksu, svetlost se prelama od normale.

Dva prosta efekta



Predmet u vodi izgleda kao da je na manjoj dubini

Totalna unutrašnja refleksija

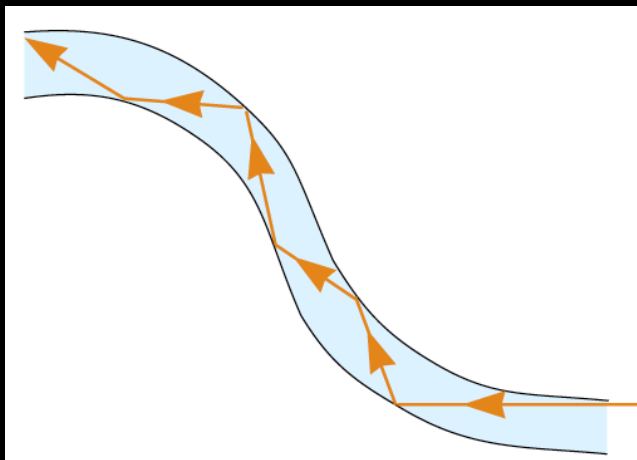


$$\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}$$

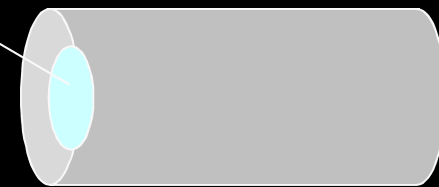
Fiber Optika

Totalna unutrašnja refleksija

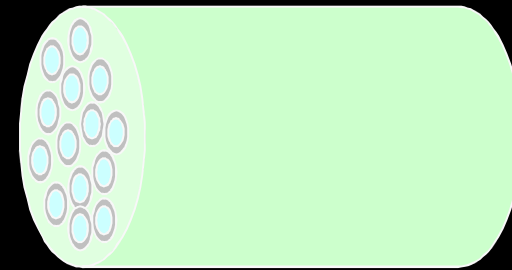
Primena: Optičko vlakno



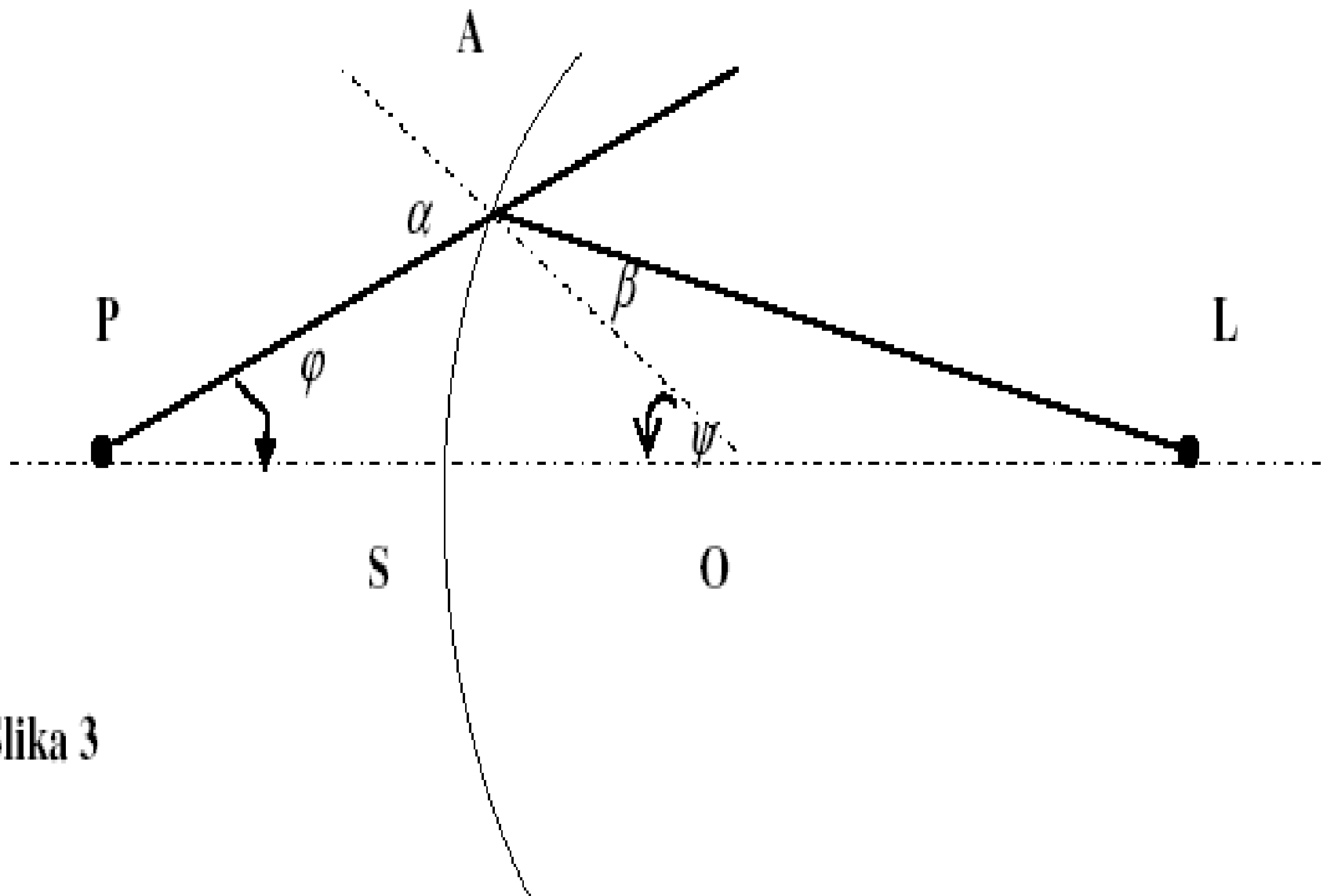
kanal



Optički kabal



Prelamanje i odbijanje na sfernim površima



Slika 3

Nastavak

Pretpostavimo da se dve sredine indeksa prelamanja n_1 i n_2 razdvajaju sfernom površinom **slika 3**. Ako je ugao φ je toliko mali da je praktično **PA=PS i LA=LS** Takav uzak snop ćemo nazivati *elementarnim* ili *paraksijalni (priosnim)*.

$$\begin{aligned} \Delta \quad PAO \quad \frac{PO}{PA} &= \frac{\sin \alpha}{\sin \psi} \\ \Delta \quad AOL \quad \frac{AL}{OL} &= \frac{\sin \psi}{\sin \beta} \end{aligned} \quad \text{odakle sledi } \frac{PO}{PA} \cdot \frac{AL}{OL} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (1)$$

Dalje, sve dužine ćemo računati od S (*vrh prelamajuće površi*), smatrajući ih pozitivnim vrednostima ako su *desno* d tačke S (u pravcu prostiranja zraka) i negativne-*ulevo*.

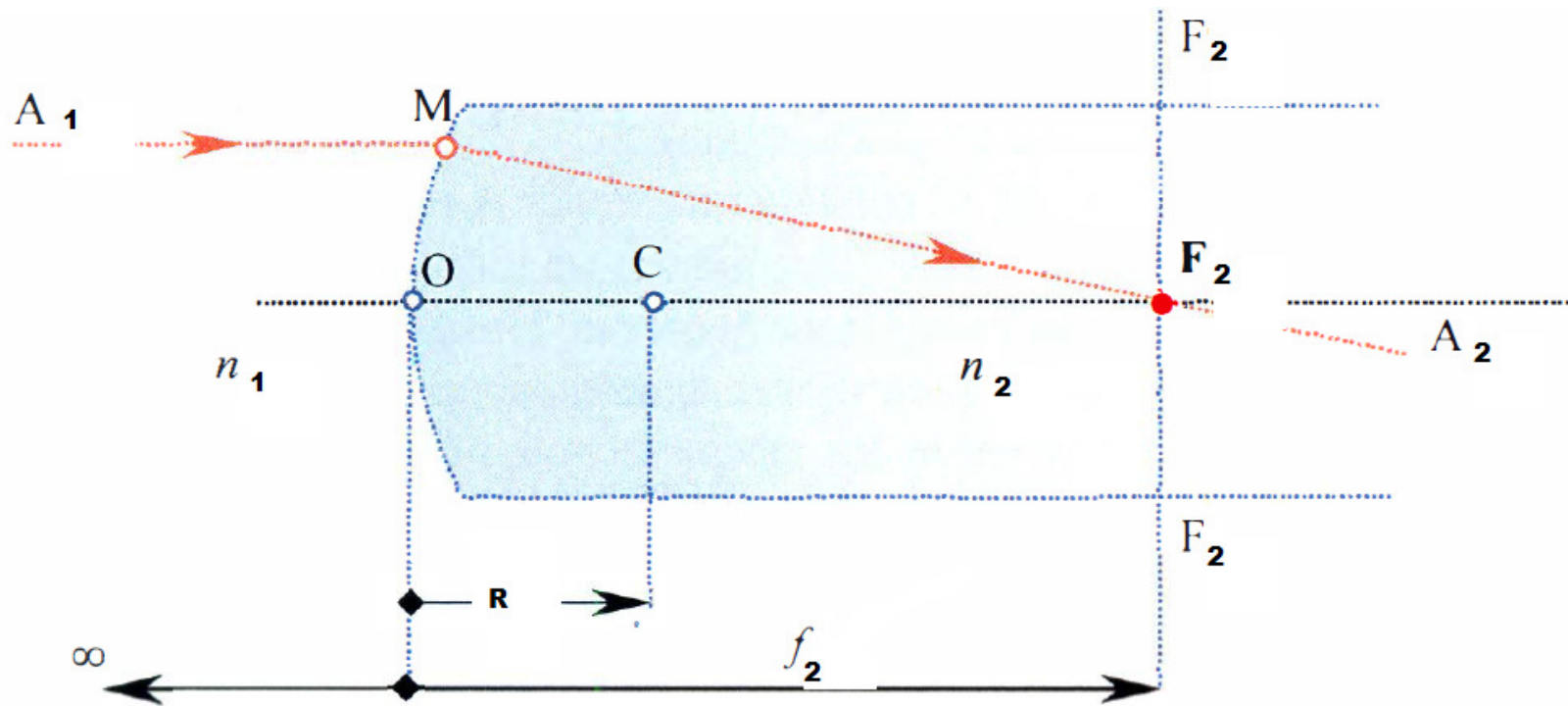
Na taj način $PA \approx PS = -p$, $LA \approx LS = l$, $AO = SO = R$.

Tada iz formule (1) dobijamo:

$$\begin{aligned} \frac{-p+R}{-p} \cdot \frac{l}{l-R} &= \frac{n_2}{n_1}, \text{ ili} \\ -n_1 pl + n_1 l R &= -n_2 pl + n_2 p R \text{ tj., deljenjem obe strane sa } plR \\ n_1 \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{R} \right) &= n_2 \left(\frac{1}{l} - \frac{1}{R} \right) = Q. \text{ (Abbe-ova invarijanta nultog reda)} \end{aligned}$$

$$\boxed{\frac{n_1}{p} - \frac{n_2}{l} = \frac{n_1 - n_2}{R}}$$

Žiže (Fokusi)



Žiže (fokusi) sfernih površina

$$\frac{n_1}{p} - \frac{n_2}{l} = \frac{n_1 - n_2}{R}$$

$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_1 - n_2}{R}$$



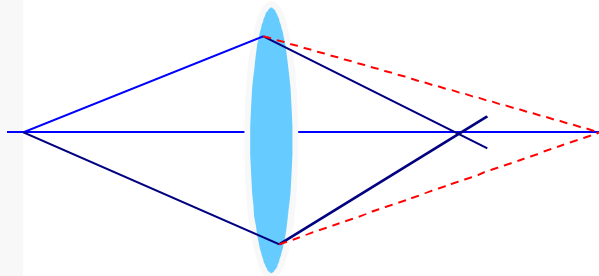
$$a_1 \rightarrow \infty \Rightarrow a_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1} = f_2 \quad \text{Zadnje žižno rastojanje}$$

$$a_2 \rightarrow \infty \Rightarrow a_1 = -\frac{n_1 R}{n_2 - n_1} = f_1 \quad \text{Prednje žižno rastojanje}$$

$$f_2 / f_1 = -n_2 / n_1$$

$$\text{U slučaju refleksije } n_2 = -n_1 \Rightarrow \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$$

Opšta formula sočiva



$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n}{a} = \frac{n_1 - n}{R_1}$$

$$\frac{n}{a} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n - n_2}{R_2}$$

Pošto je $n_1 = n_2$ imamo

$$\frac{n}{a} - \frac{n_1}{a_2} = \frac{n - n_1}{R_2}$$

sabirajući prvu i treću jednačinu

$$n_1 \left(\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} \right) = (n - n_1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Nastavak

Ili uvodeći relativni indeks prelamanja $n_r = n/n_1$

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = (n_r - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Žižna rastojanja tankog sočiva

$$a_1 \rightarrow \infty \Rightarrow a_2 = \frac{1}{(n_r - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = f_2$$

$$a_2 \rightarrow \infty \Rightarrow a_1 = - \frac{1}{(n_r - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = f_1$$

$$f_1 = -f_2$$

Vrsta tankih sočiva

Uvodeći žižno rastojanje f jednačina sočiva dobija vid

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{1}{f}$$

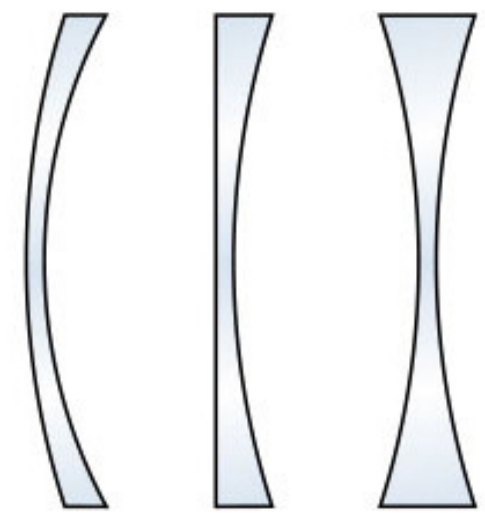
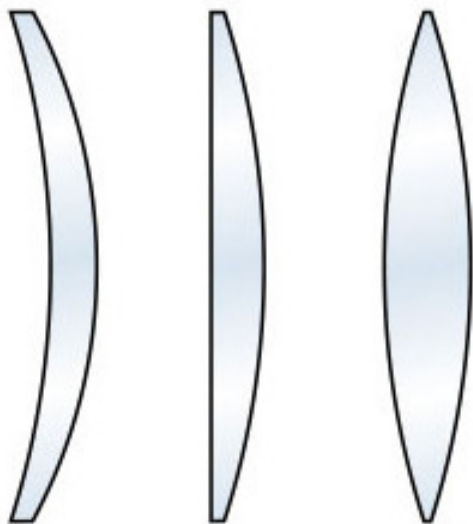
Nekada se u računu uzimaju apsolutne veličine za a_1 , a_2 , R_1 , R_2 i f . Tada formula sočiva postaje

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_1} = \pm \frac{1}{f}$$

Gde je

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

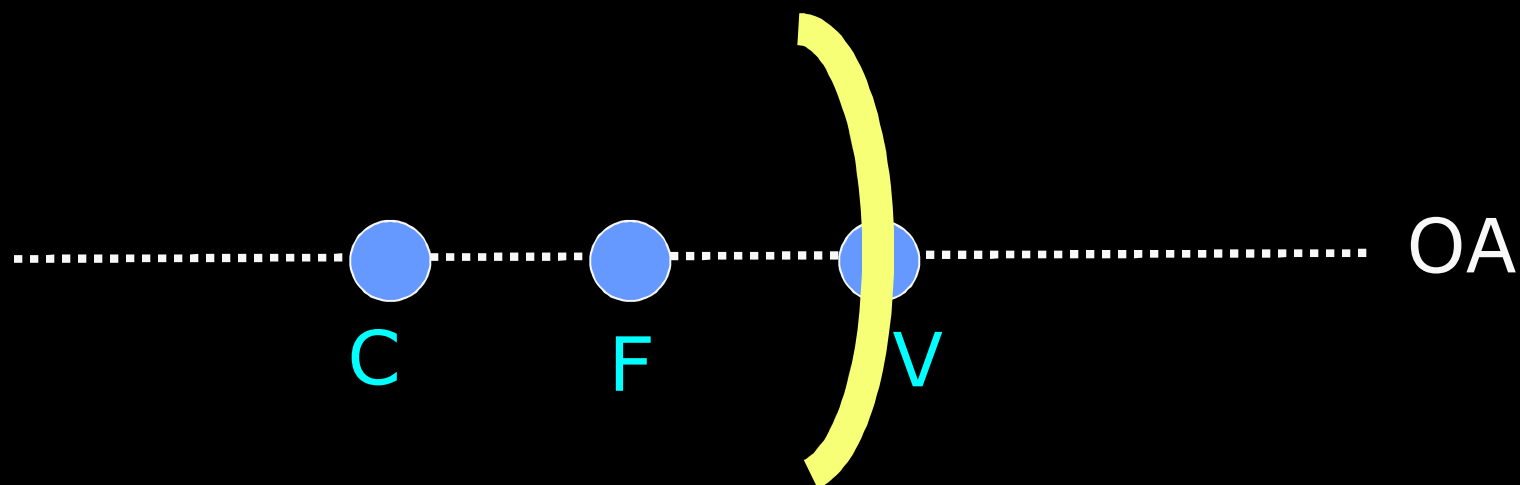
Pri čemu znak + uzimamo za sabirno sočivo a znak – za rasipno



Konvergirajuća sočiva
(pozitivna sočiva)

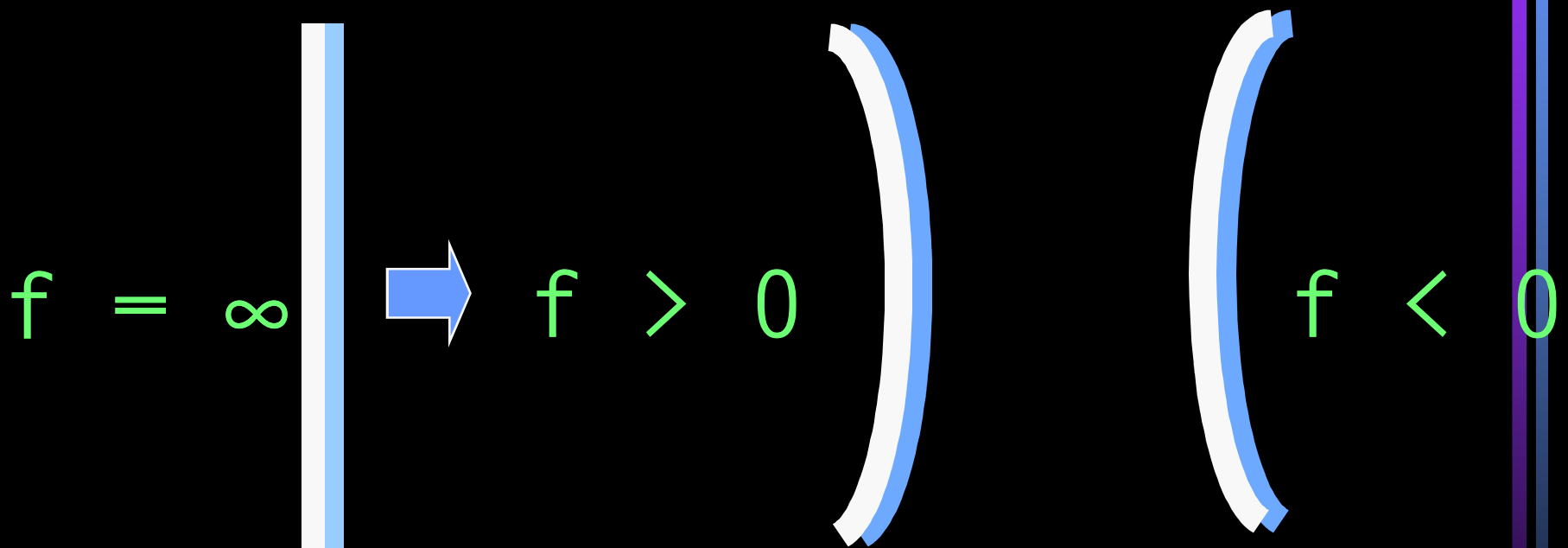
Divergirajuća sočiva
(negativna sočiva)

Ključne tačke za formiranje lika nekog objekta



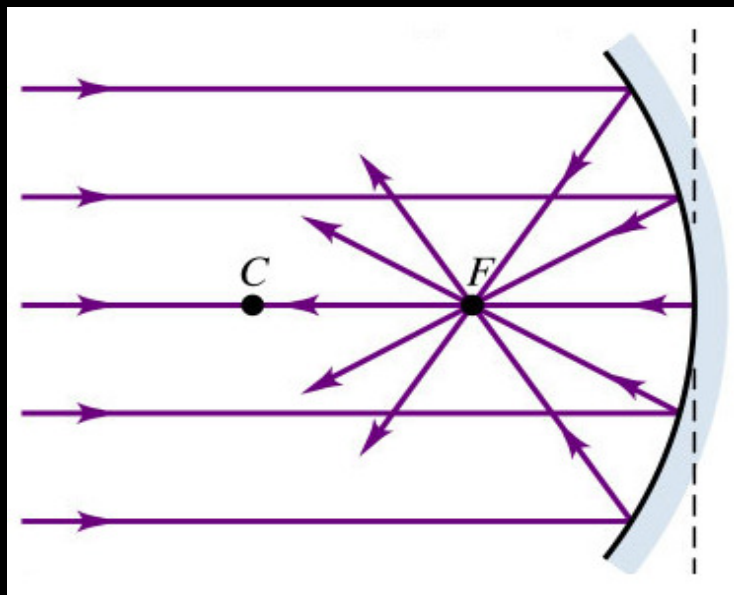
C = Radijus krivine ,
 F = Žiža (Fokus) , V = Vrh (Teme)
 OA = Optička osa

...žična daljina za različita ogledala

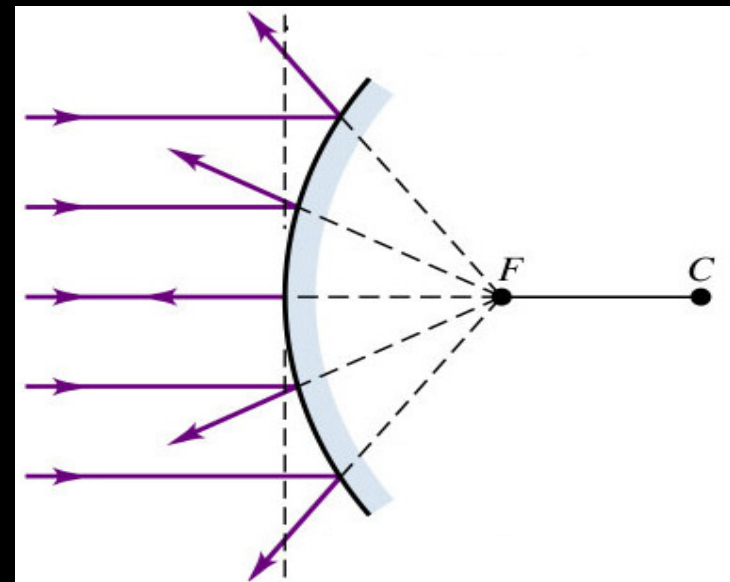


ravno konkavno konveksno

Sferna ogledala se klasifikuju kao...

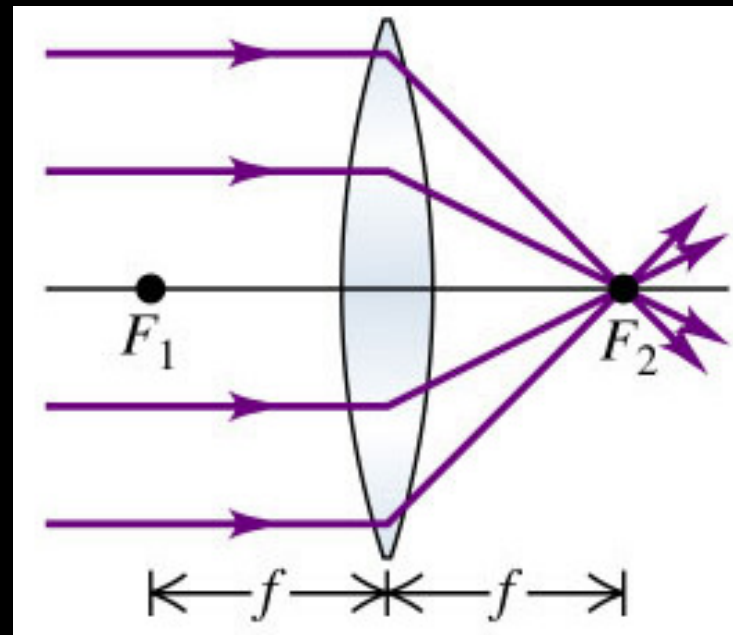


konkavna
(konvergirajuća)



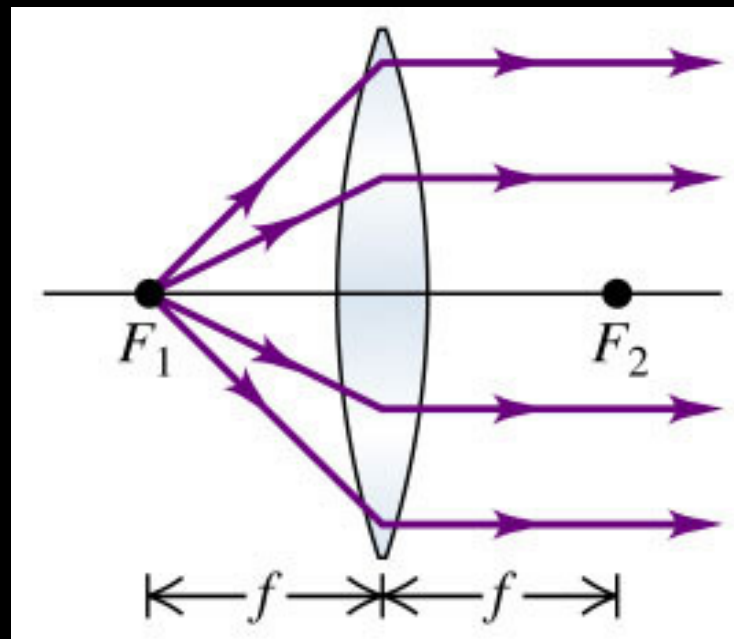
konveksna
(divergirajuća)

Lik koji se formira konvergirajućim sočivom ...



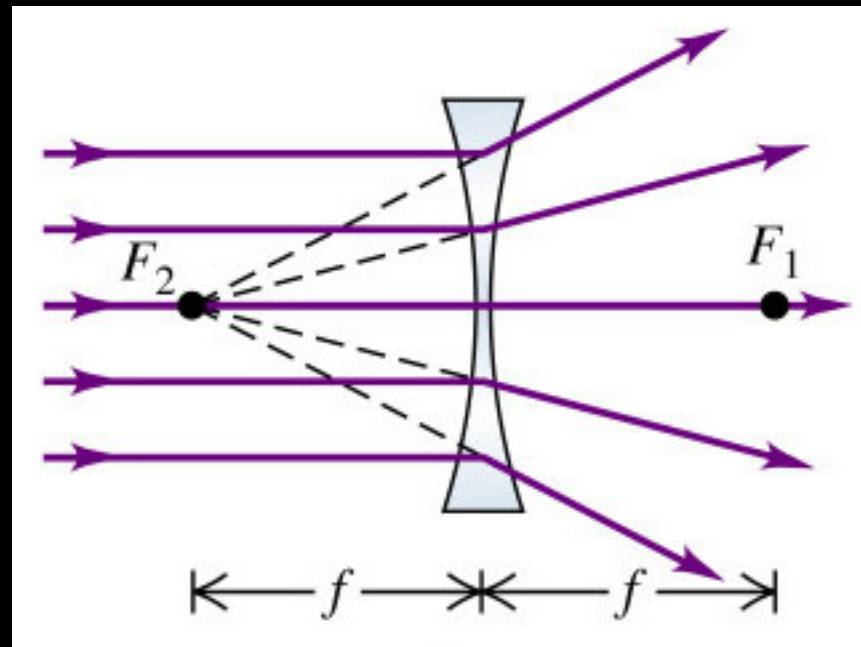
**...za predmet u beskonačnosti
je u žiži**

Lik koji se formira konvergirujućim sočivom ...



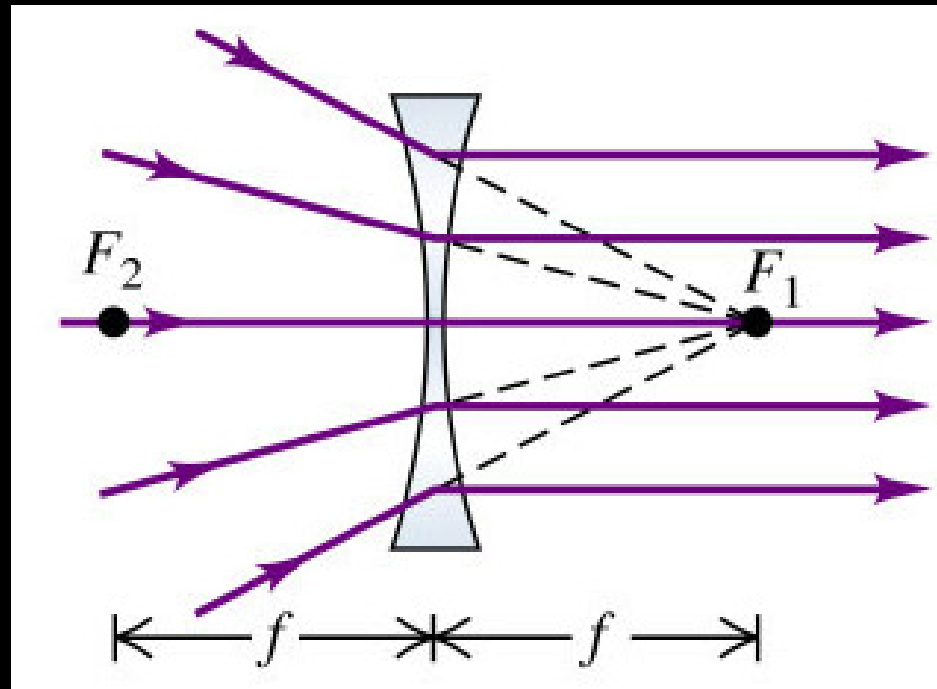
*...za tačku predmeta u žiži je u
beskonačnosti*

Lik koji se formira za divergirajuće sočivo ...



**...za predmet u beskonačnosti je
na prednjoj žiži**

Lik koji se formira za divergirajuće sočivo ...



*...za tačku **predmeta** u zadnjoj žiži ije u **beskonačnosti***

Glavni zranci

- Koristiti **najmanje dva** od njih za dobijanje lika
 - “centralni” zrak: nema devijacije kroz centar
 - “temeni” zrak: na temenu su jednaki upadni i odbijeni uglovi u odnosu na optičku osu
 - “paralelni” zrak: ide paralelno optičkoj osi a onda ka/od žižne tačke
 - “žižni” zrak: iz žiže a onda paralelno optičkoj osi

Ključna ideja :

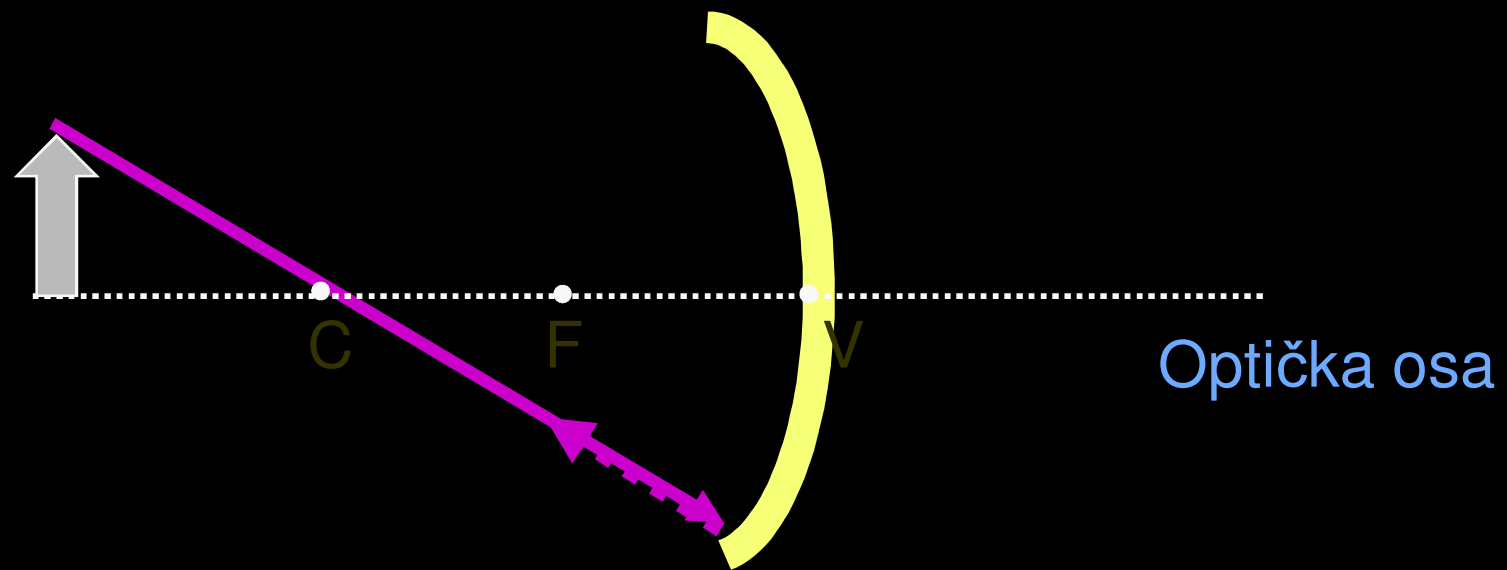
Presek od najmanje dva reflektovana/refraktovana glavna zraka određuju lokaciju lika .

Zraci-za ogledala

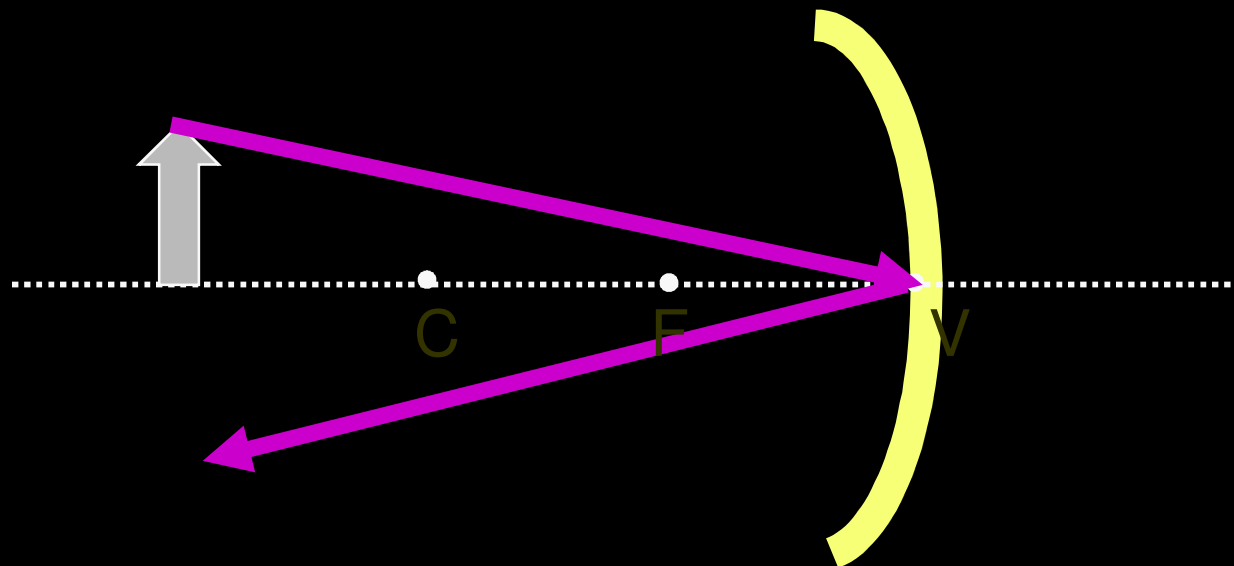
Primeri sfernih ogledala



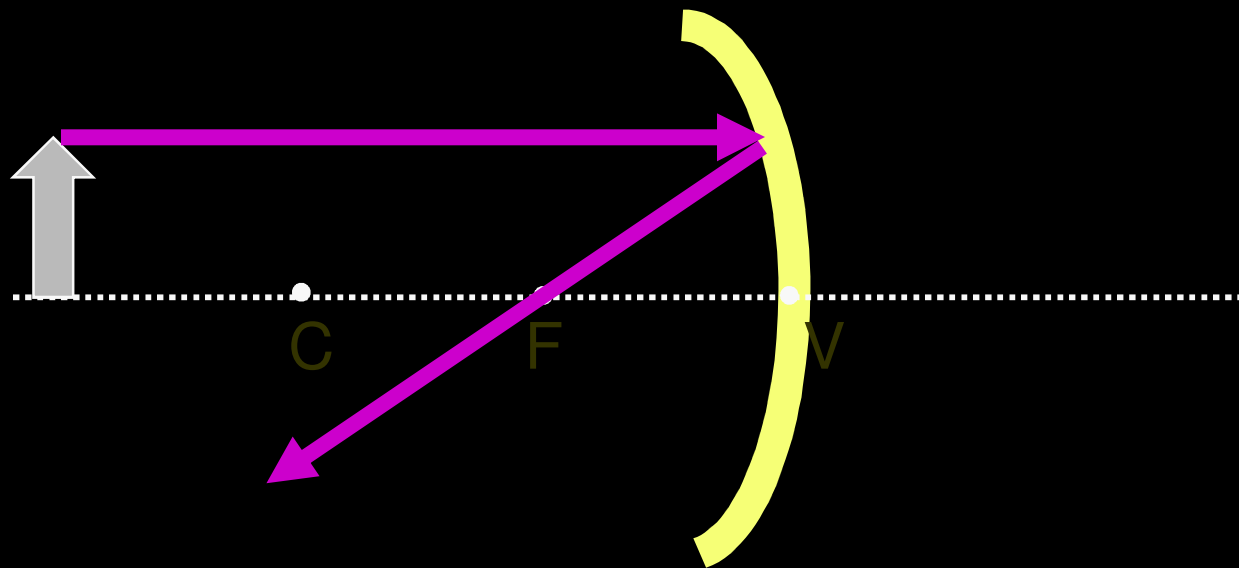
Radijalni zrak: Svaki upadni zrak koji prolazi kroz centar krivine odbija se istim putem.



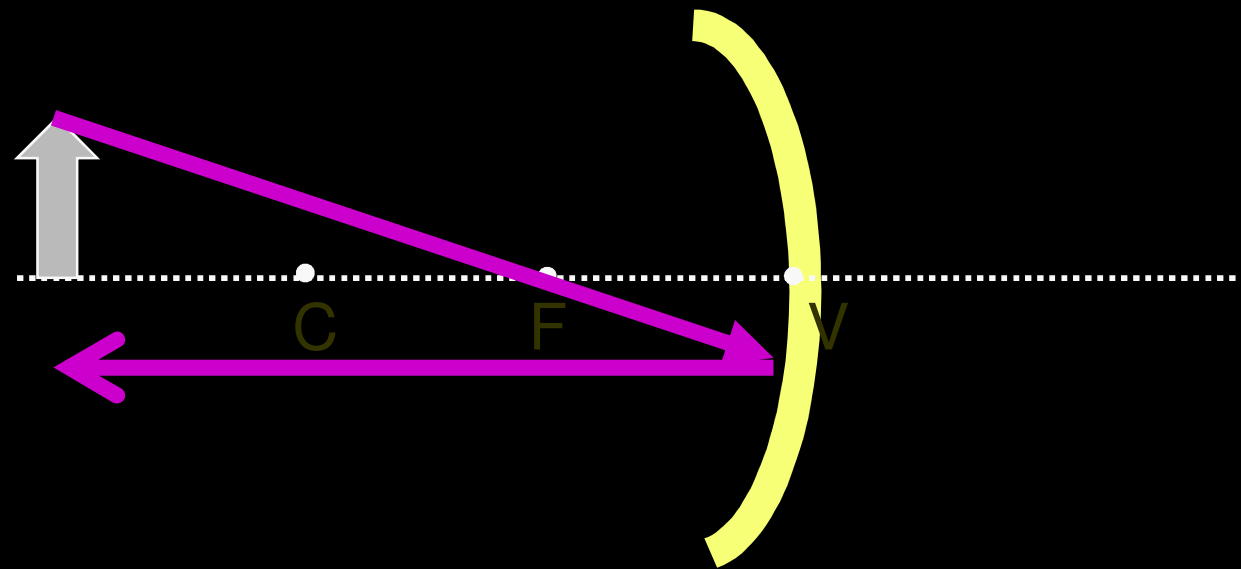
Temeni zrak: Bilo koji zrak koji upada na centar ogledala se reflektuje simetrično u odnosu na optičku osu.



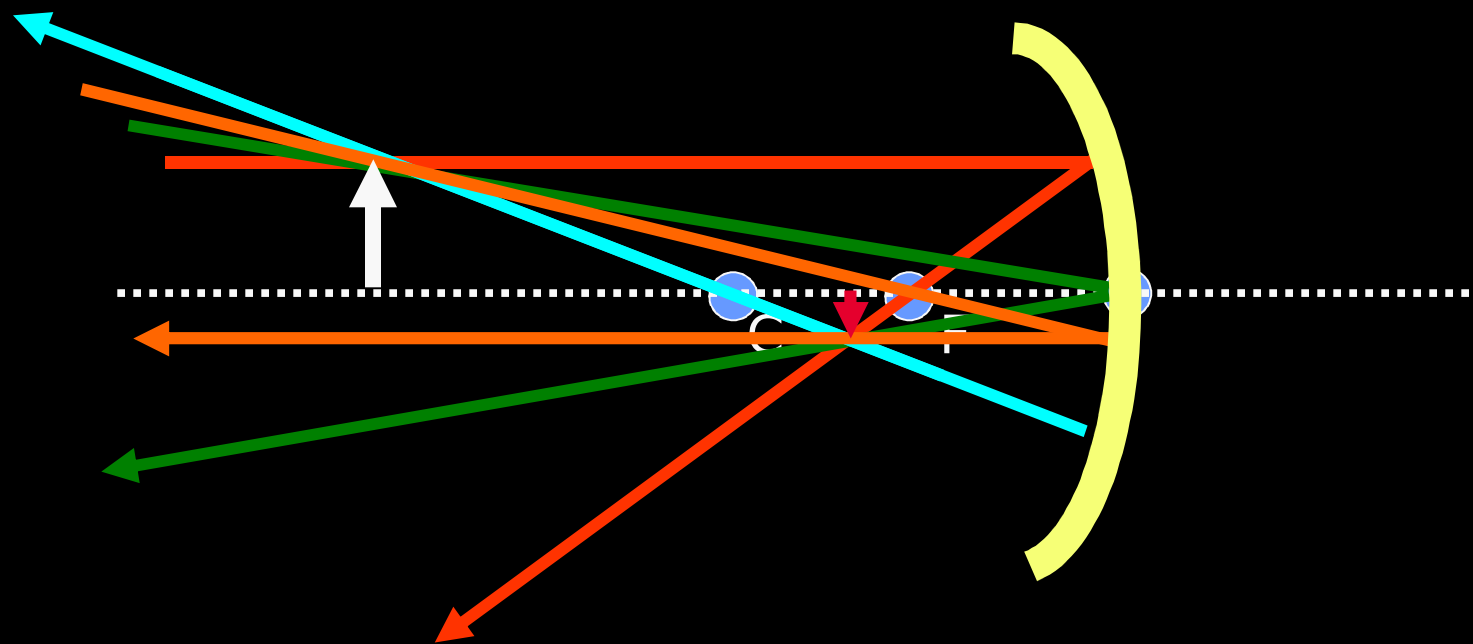
Paralelni zrak: Bilo koji zrak koji upada paralelno ogledalskoj optičkoj osi reflektuje kroz žižnu tačku.



Žižni zrak: Bilo koji upadni zrak koji prolazi kroz žižu ogledala se reflektuje paralelno optičkoj osi.

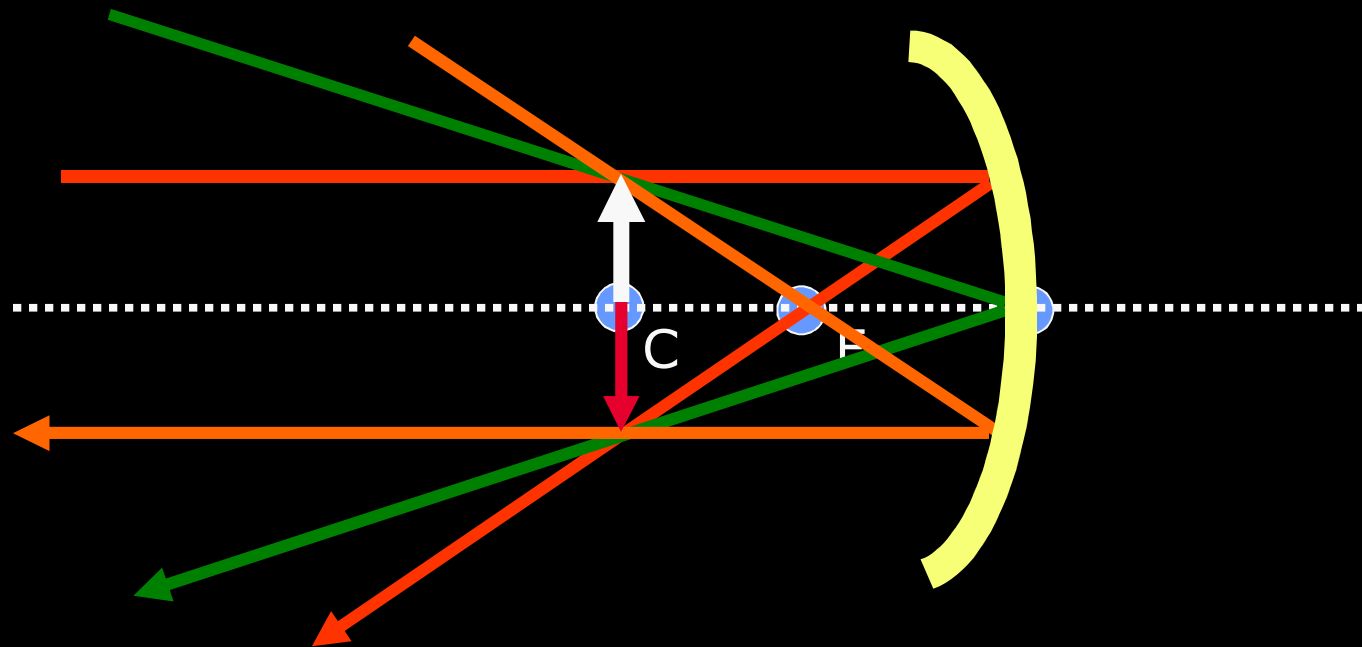


- **Locirati i opisati lik predmeta koji se formira na sfernom ogledalu .**



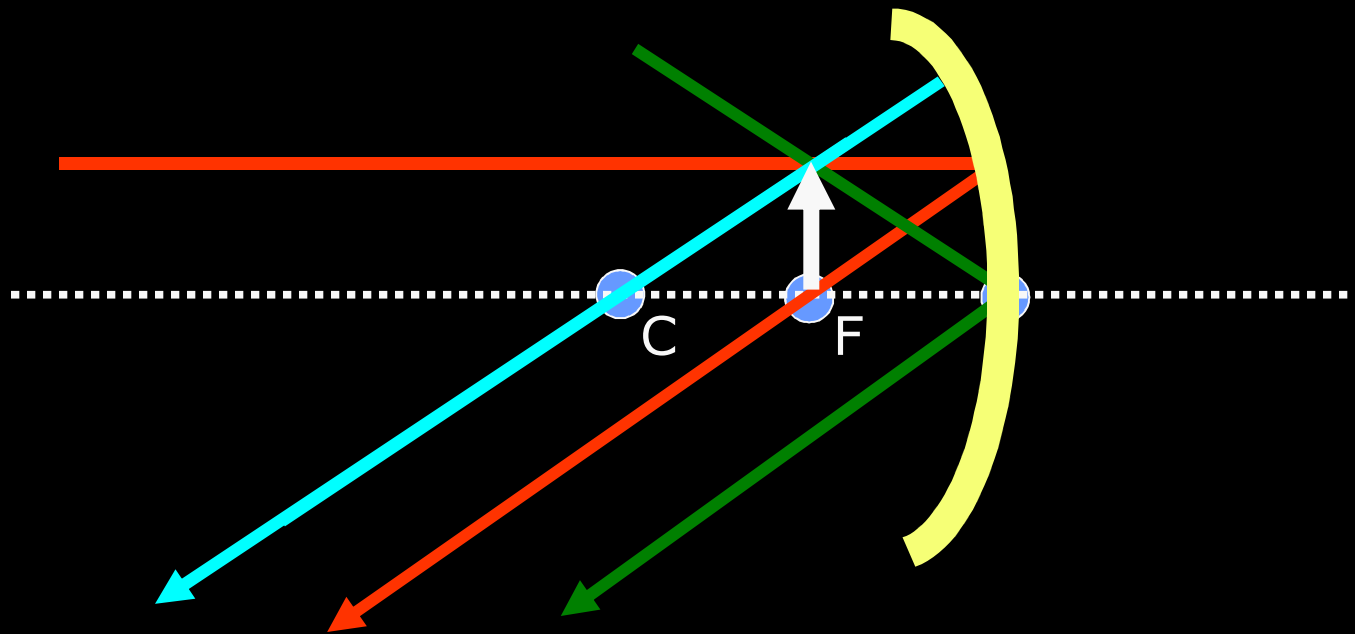
Izvrnut, smanjen, realan

- **Locirati i opisati lik predmeta koji se formira sfernim ogledalom.**



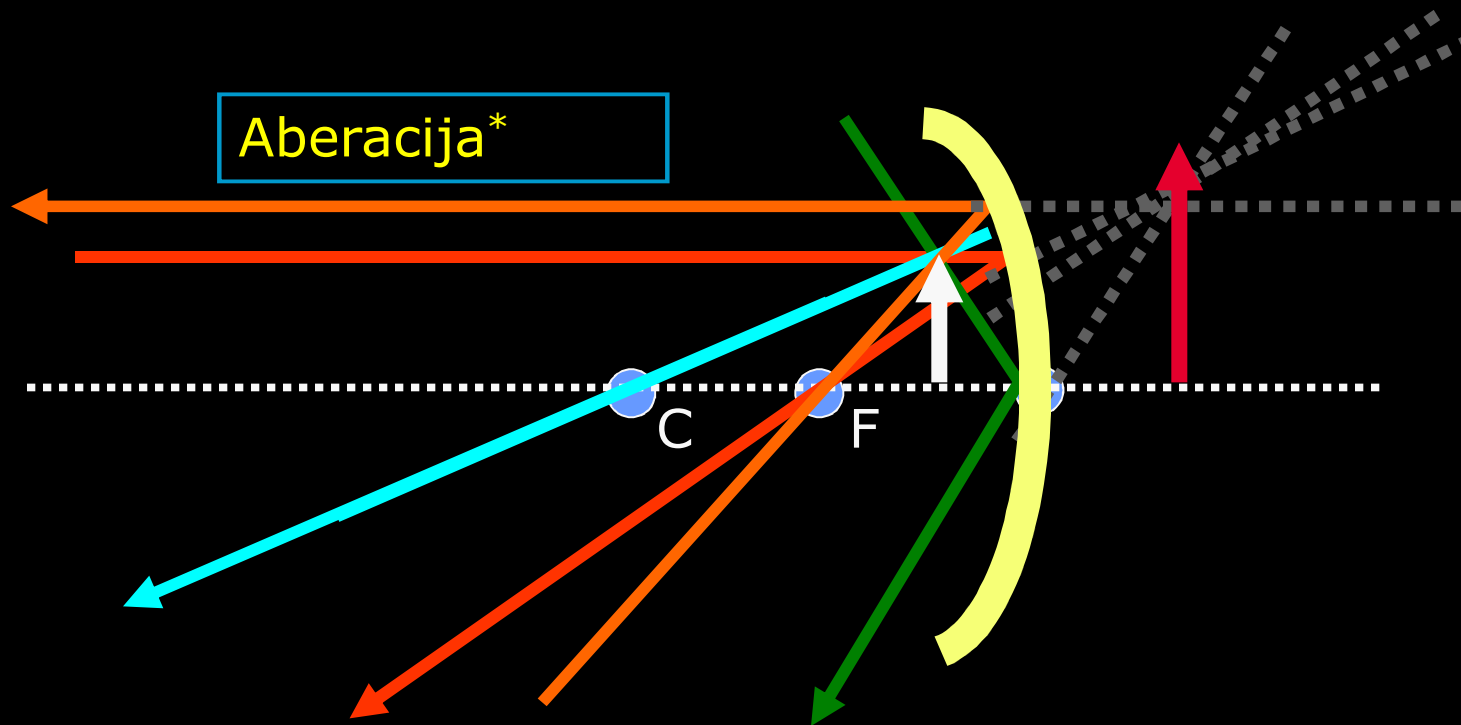
Izvrnut, iste veličine, realan

○ Locirati i odmeta koji se formira sfernim ogledalom .

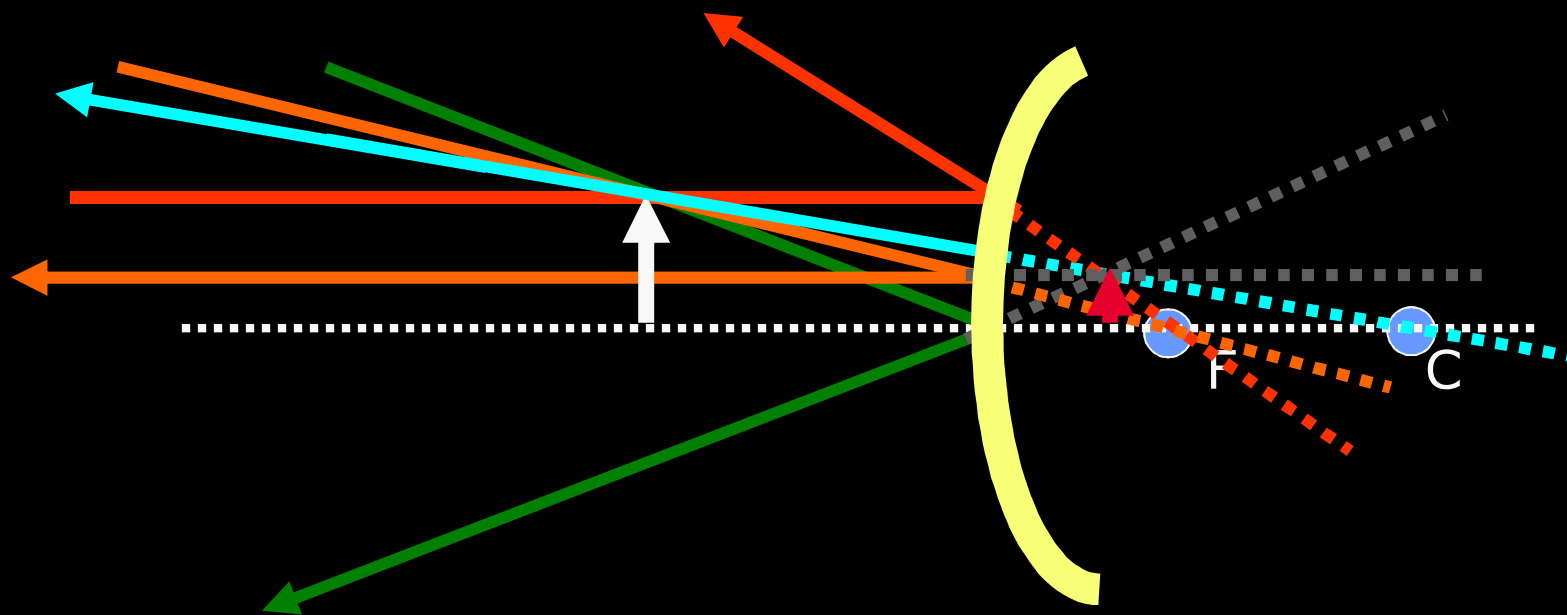


Nema lika; (lik je u beskonačnosti)

- **Locirati i opisati lik predmeta koji se formira sfernim ogledalom.**

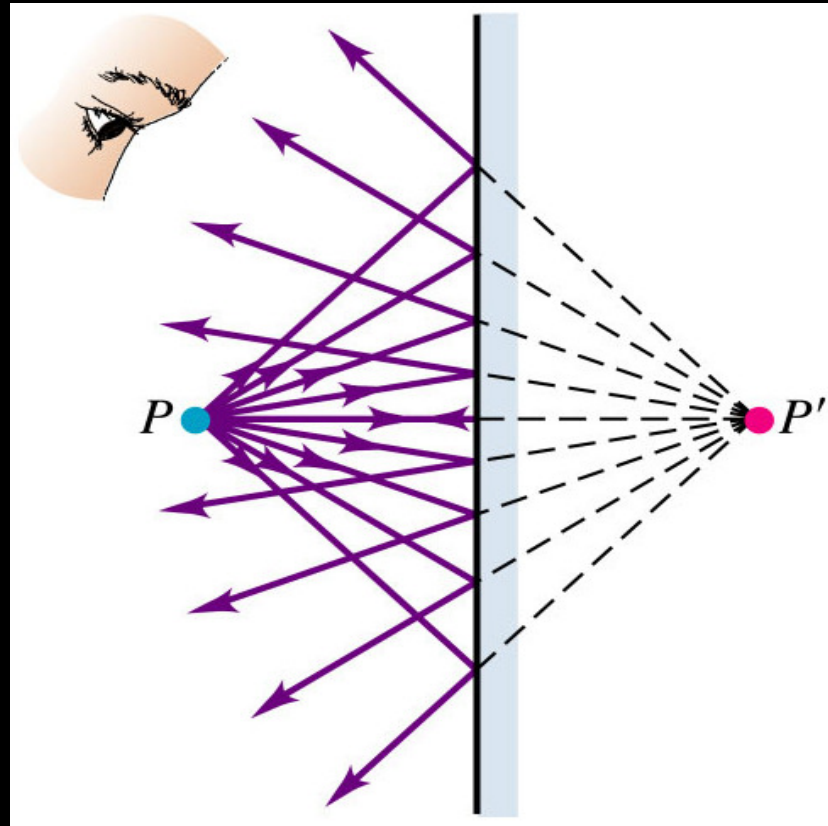


- **Locirati i opisati lik predmeta koji se formira sfernim ogledalom.**



Uspravan, umanjen, nestvaran

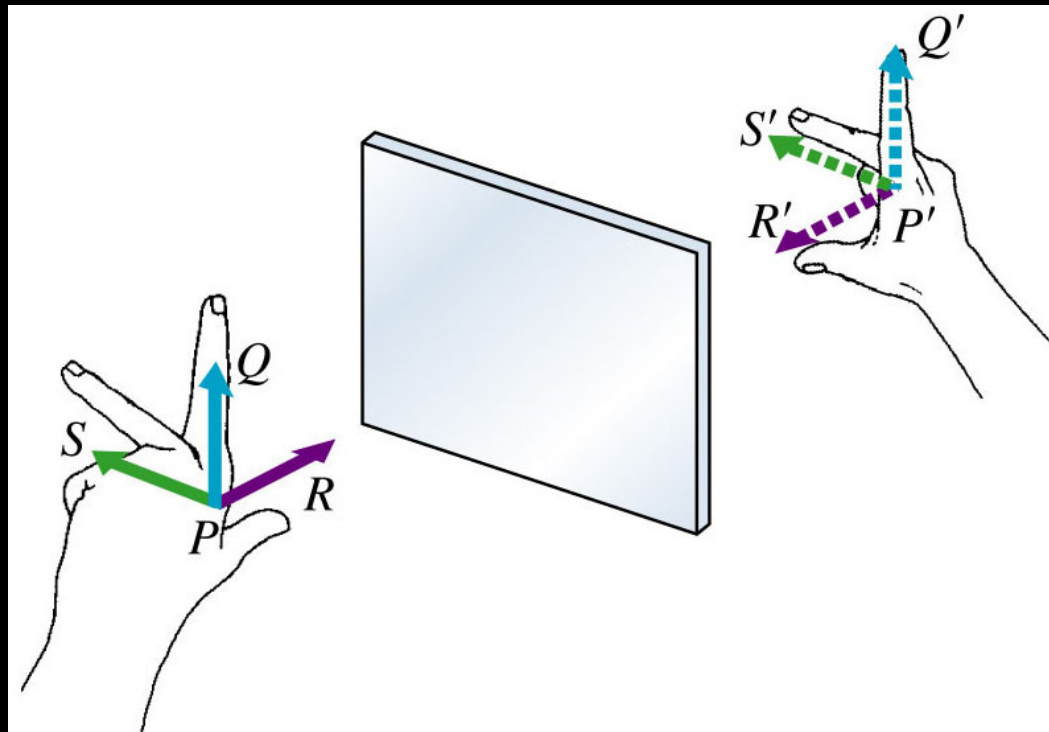
Ravno Ogledalo



Rastojanje do
predmeta

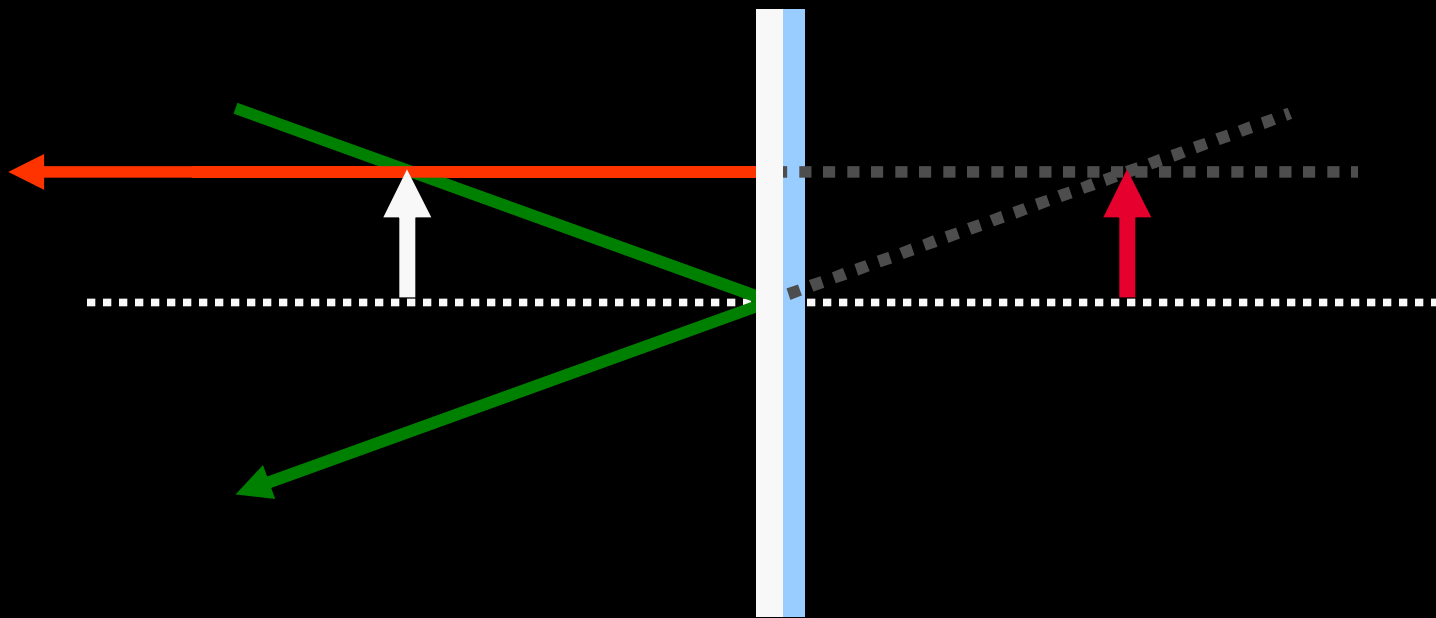
Rastojanje do lika

Trodimenzioni predmet



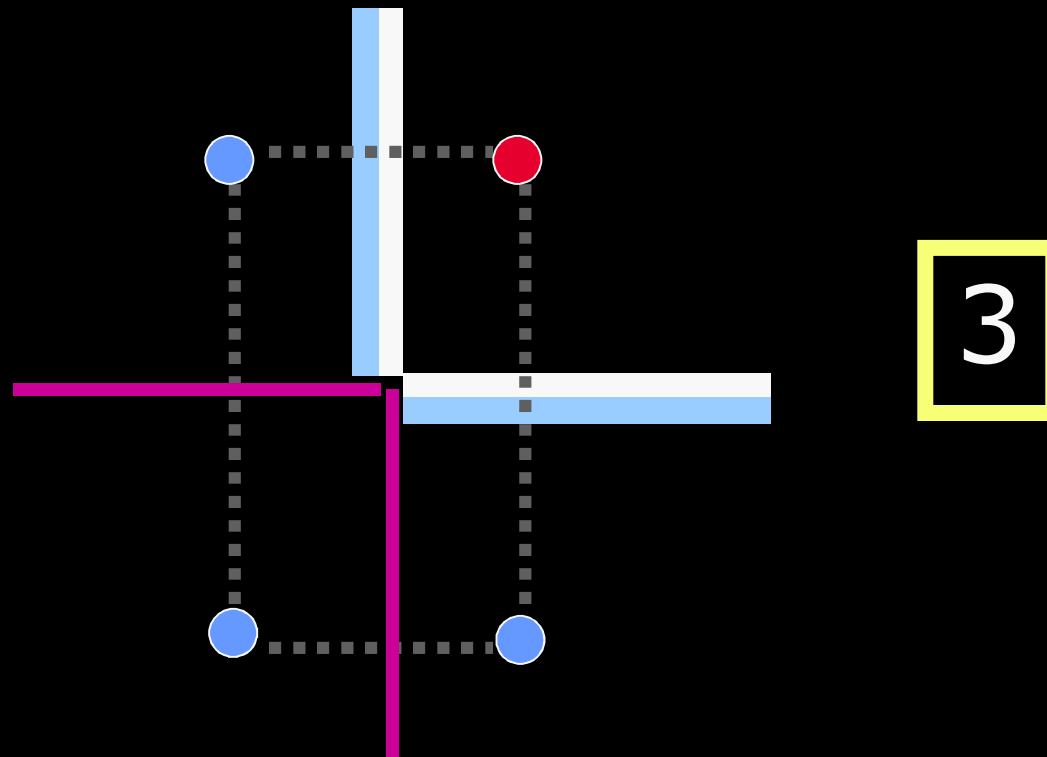
- **Ogledalska obrnuta simetrija
levi sistem/desni sistem**

- Lociraj i opiši lik predmeta koji se formirao ravnim ogledalom.

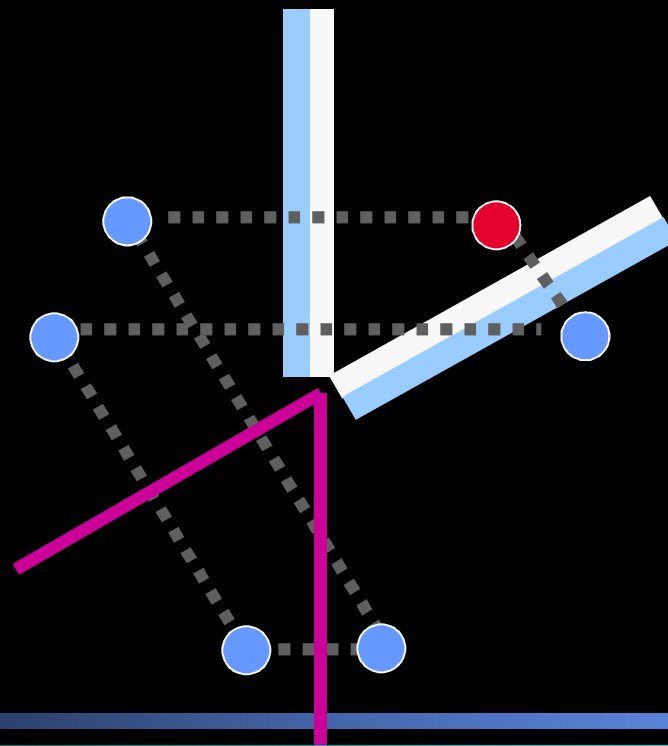


Uspravan, iste veličine, nestvaran

- Nađi broj likova koji se formira sa dva ogledala koji su perpendikularni jedan u odnosu na drugi.

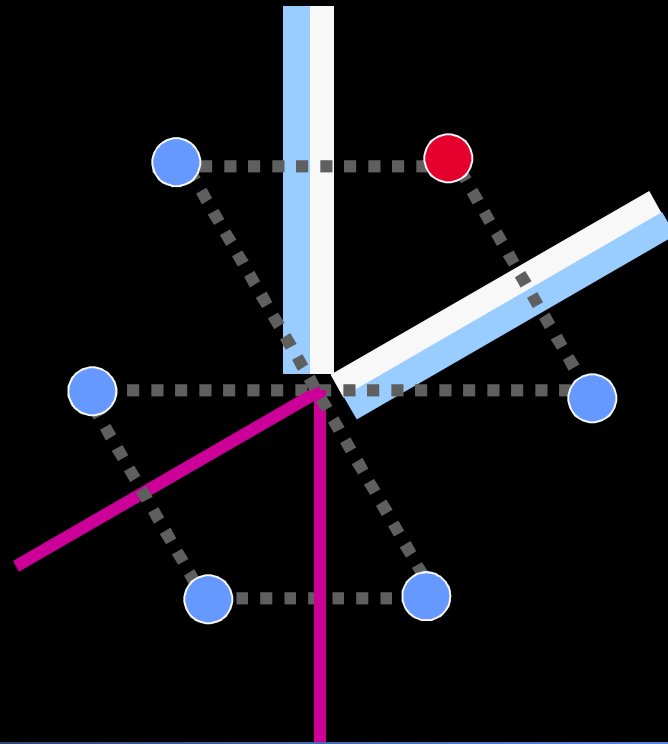


- Nađi broj likova koje formiraju sa dva igledala koji jedan u odnosu na drugi zaklapaju ugao od 60° .



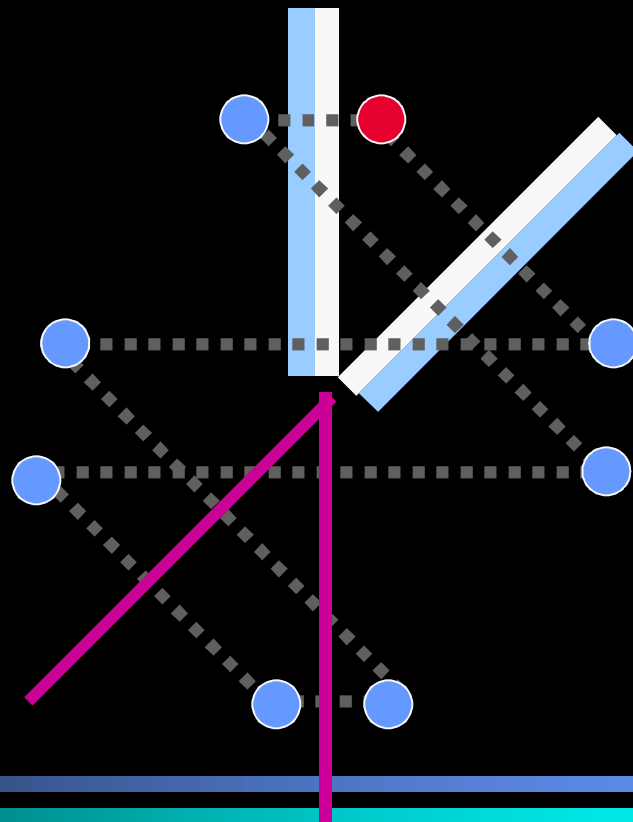
5

- Nađi broj likova koje formiraju dva ogledala koji zaklapaju međusobni ugao od 60° .



5

- Nađi broj likova koje formiraju dva ogledala koji međusobno grade ugao od 45° .



7

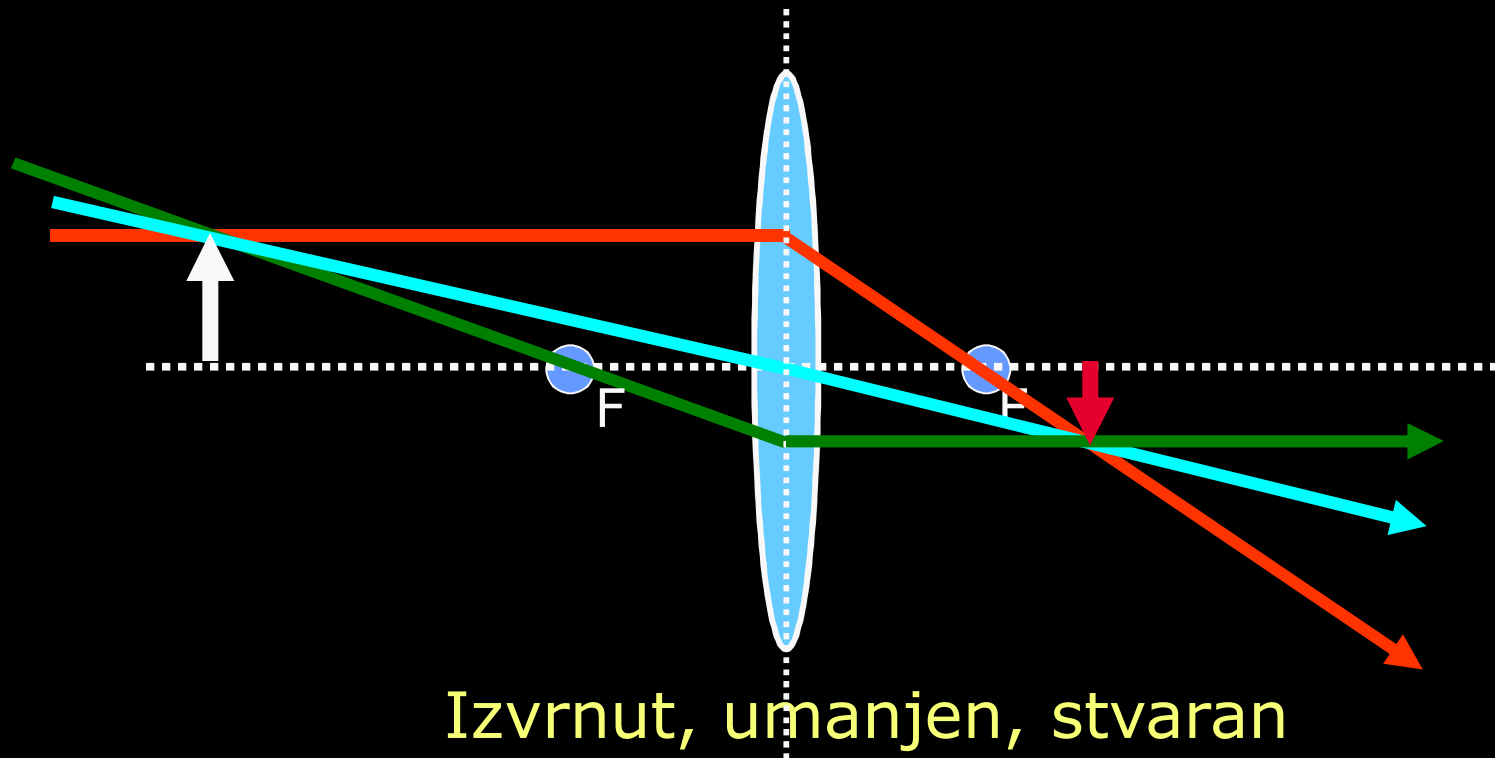
Broj likova koje formiraju dva ravna ogledala

$$N = \frac{360}{\alpha^{\circ}} - 1$$

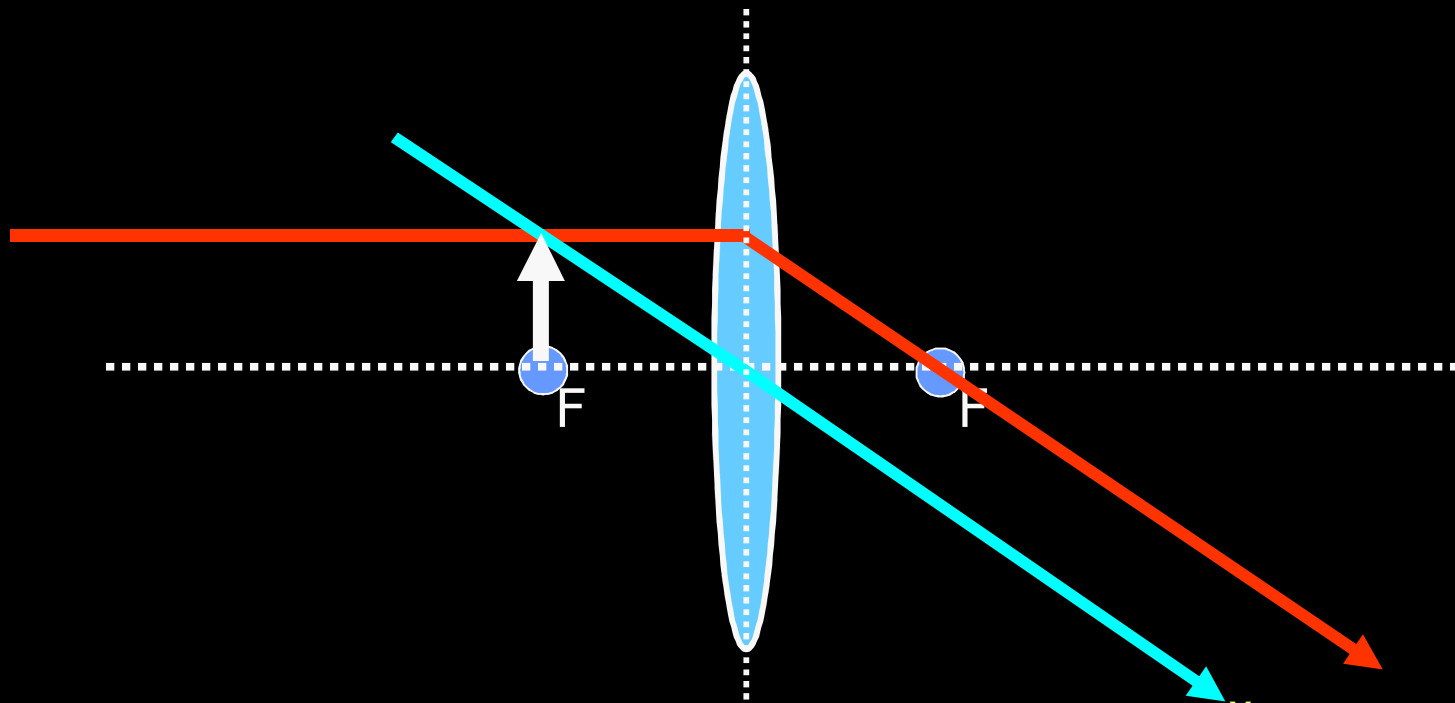
Ovo se može koristiti samo onda
kada je odnos u gornjoj
jednačini ceo broj !!!

Zraci-tanká sočiva

- Naći lik predmeta koji se formirao tankim sočivom.

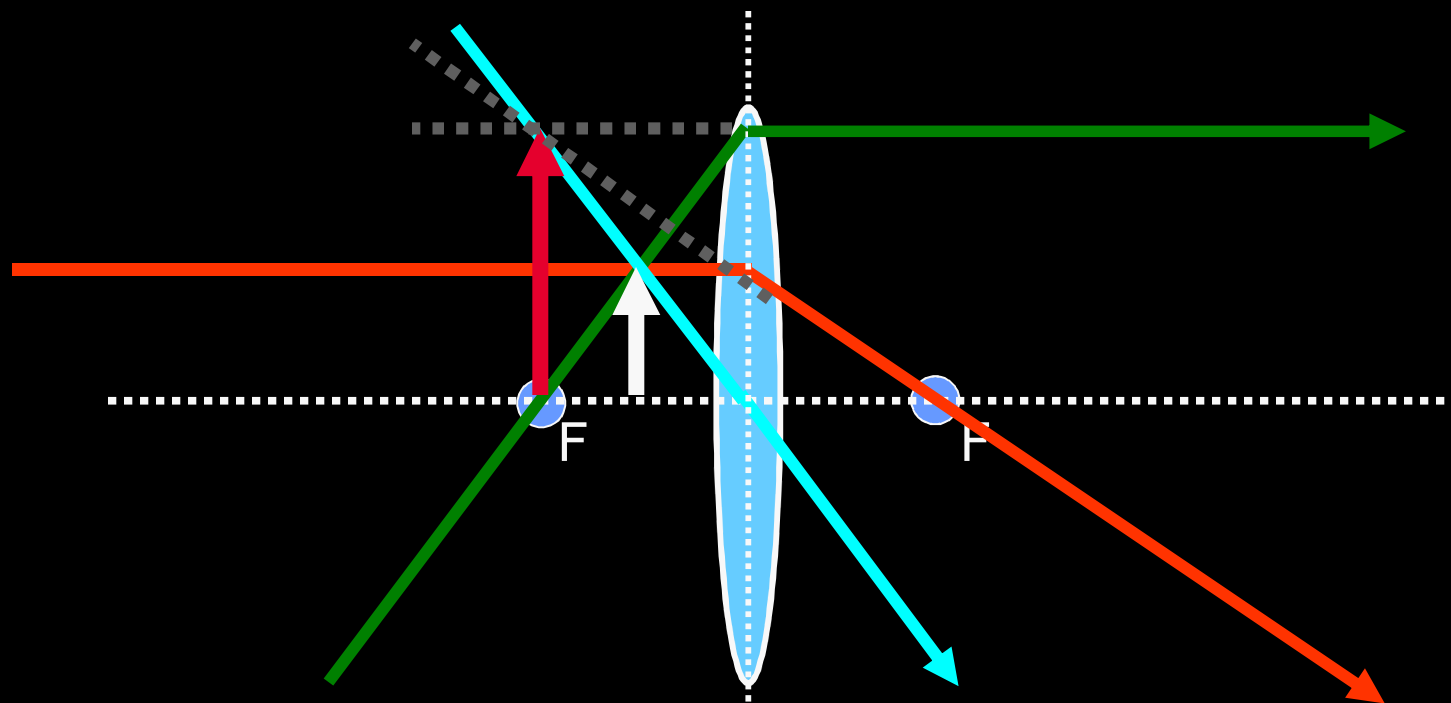


- Naći lik predmeta koji se formirao tankim sočivom i opisati ga.



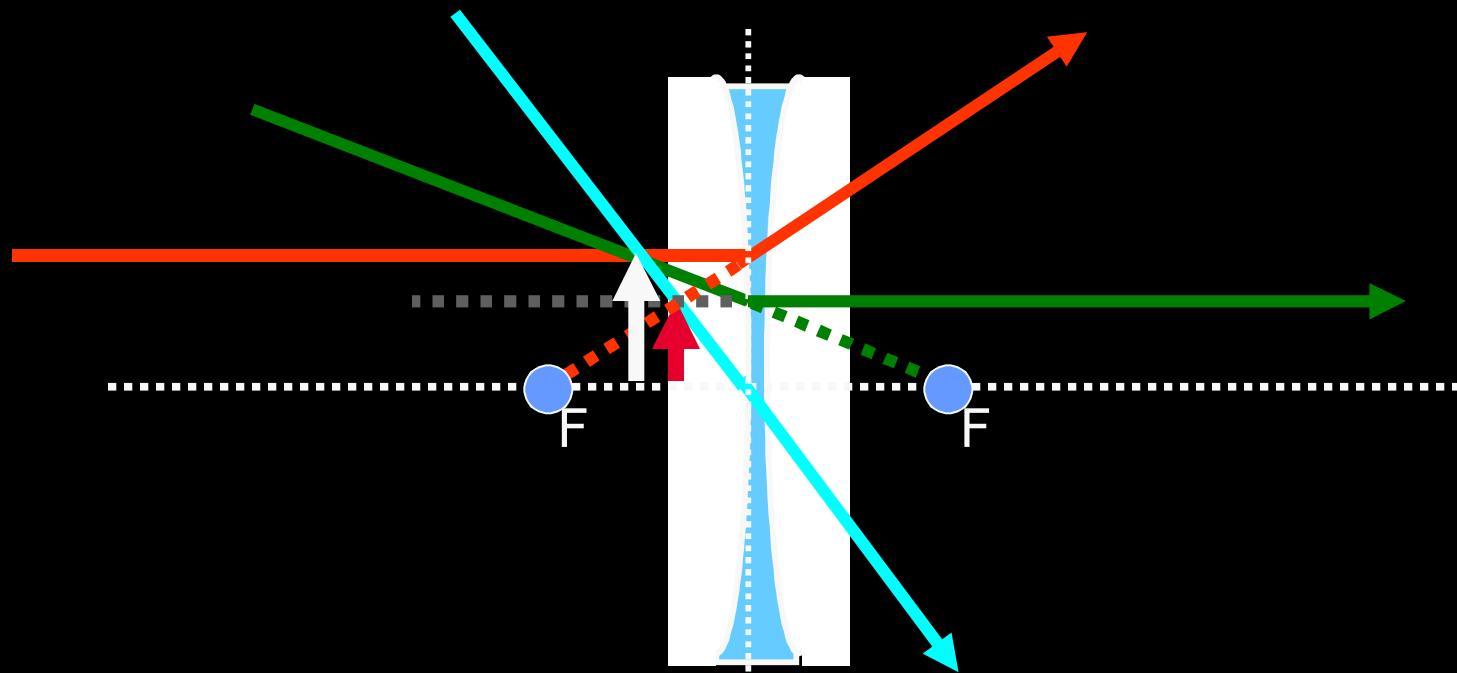
Nema lika; (lik je u beskonačnosti)

- Naći lik predmeta koji se formirao tankim sočivom i opiši ga.



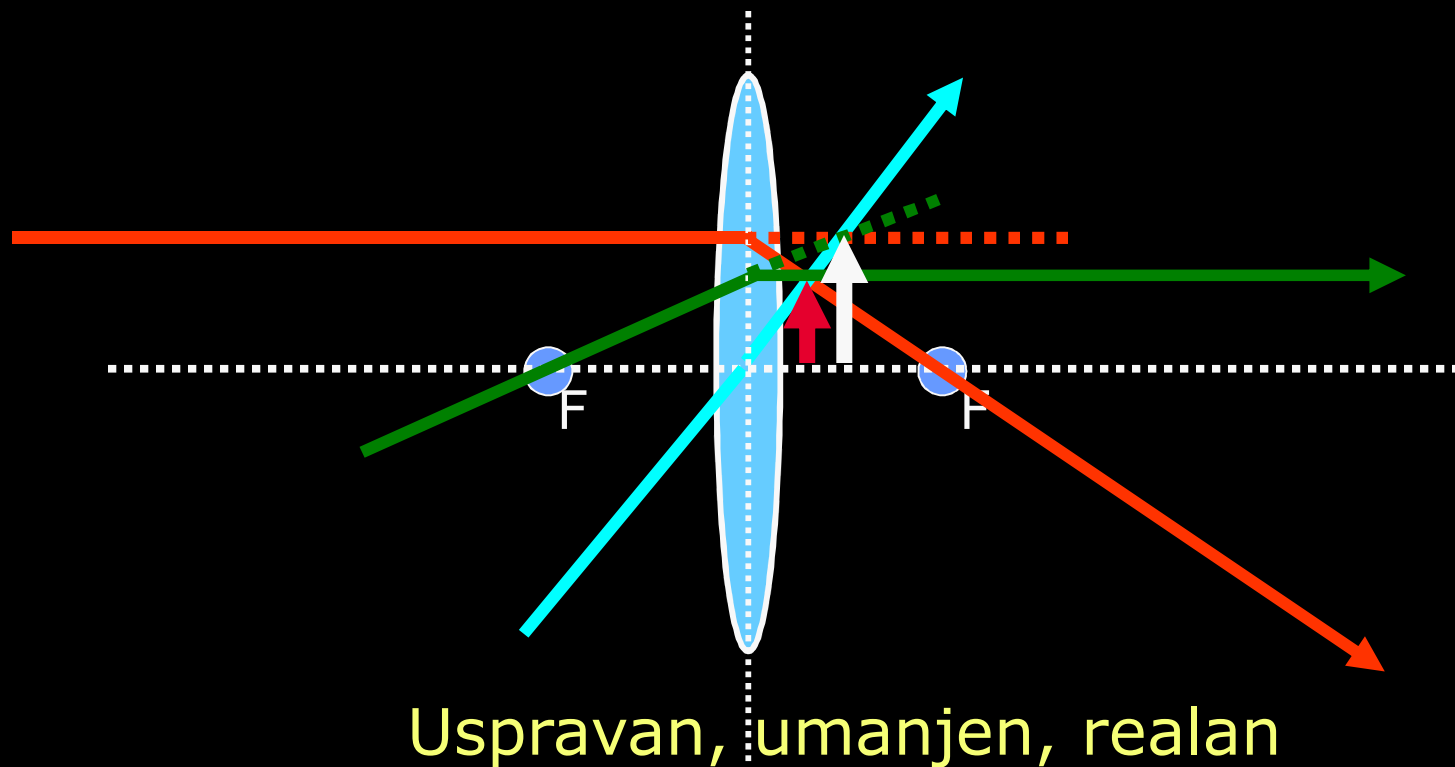
Uspravan, uvećan, nestvaran

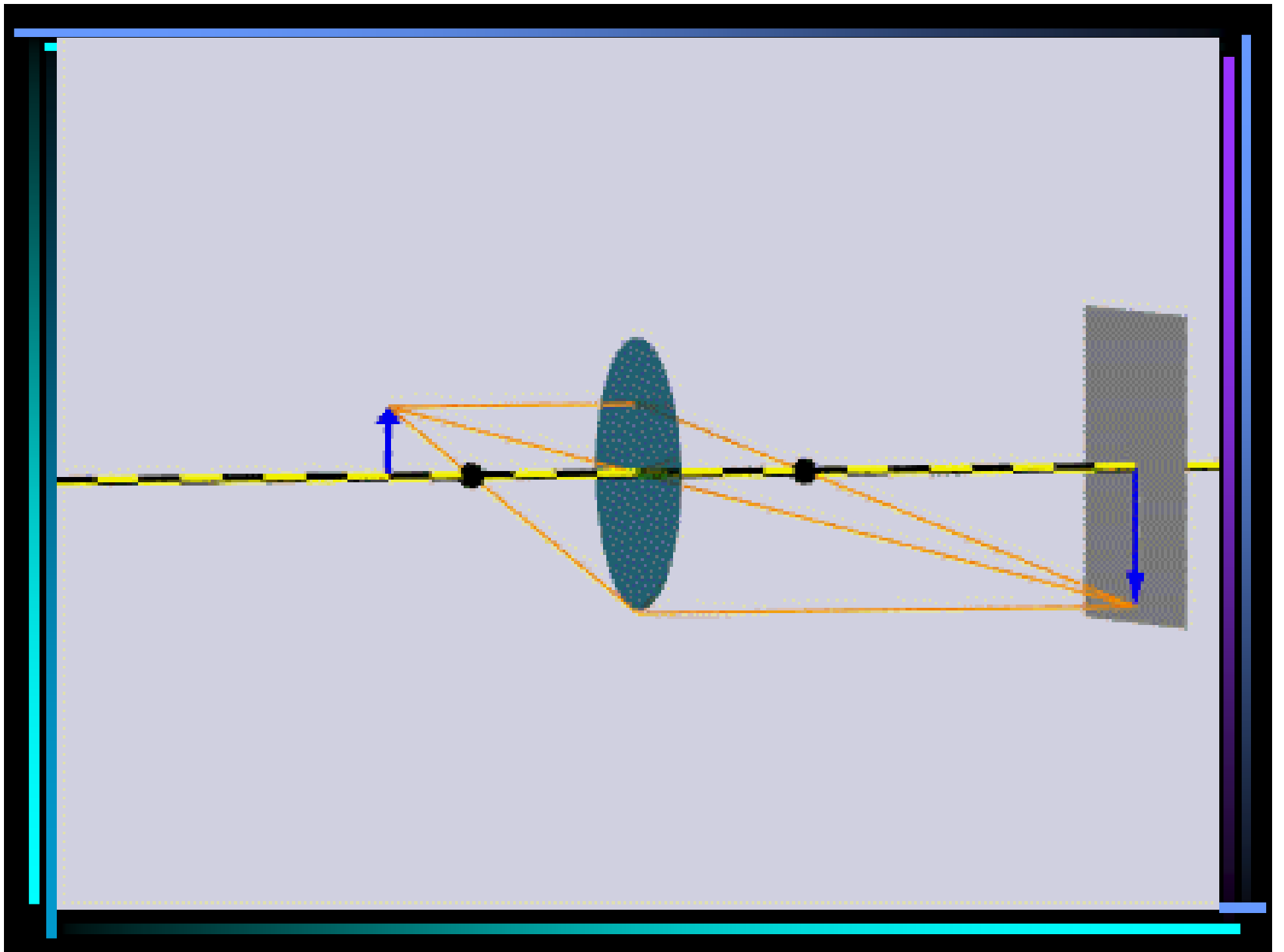
- Naći lik predmeta koji se formirao tankim sočivom i opiši ga.



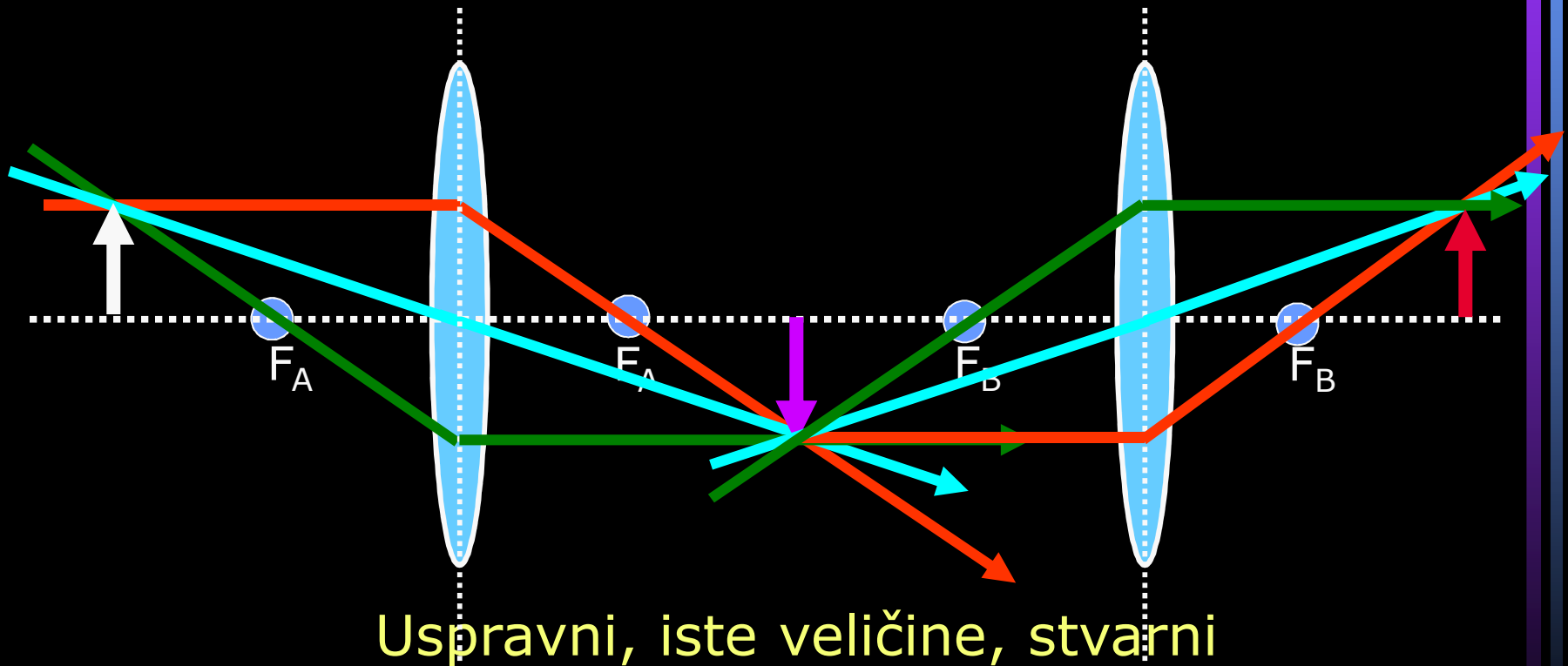
Uspravan, redukovan, Virtuelan

- Naći lik "virtualnog" predmeta koji se formirao tankim sočivom i opiši ga.

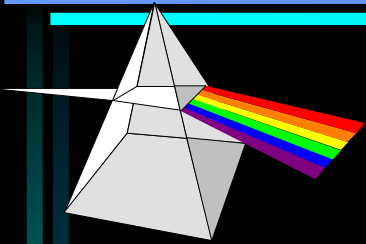




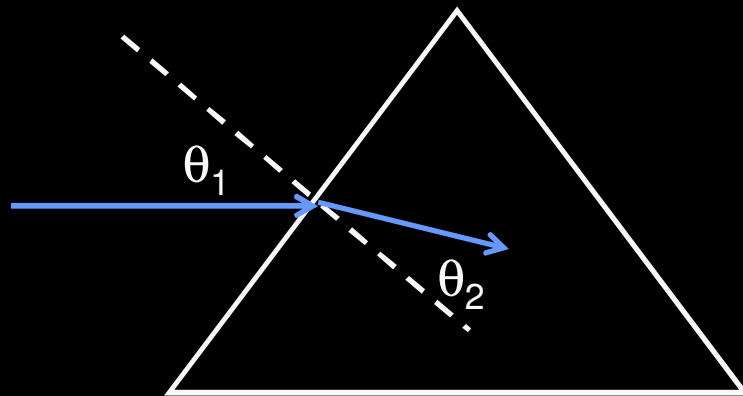
- Naći finalni lik predmeta koga formiraju dva tanka sočiva i opisati ga. Markeri su postavljeni na 1 cm.



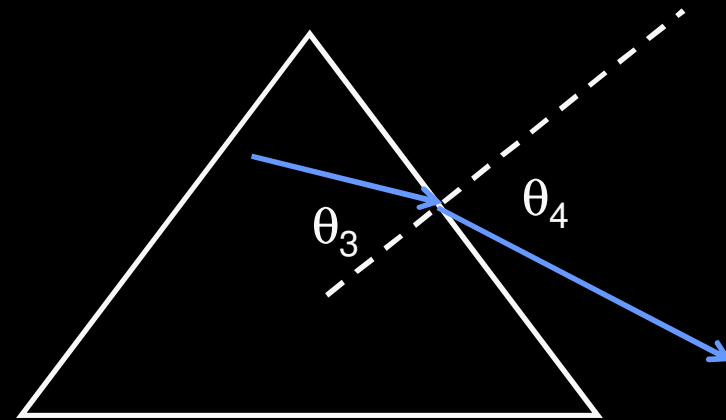
Prisma



Upadni



Izlazni



Za granicu vazduh/staklo mi
koristimo $n(\text{vazduha})=1$,
 $n(\text{stakla})=n$

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

$$\theta_1 > \theta_2$$

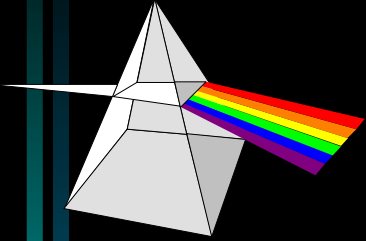
Svetlost se prelama nadole

$$n \sin \theta_3 = \sin \theta_4$$

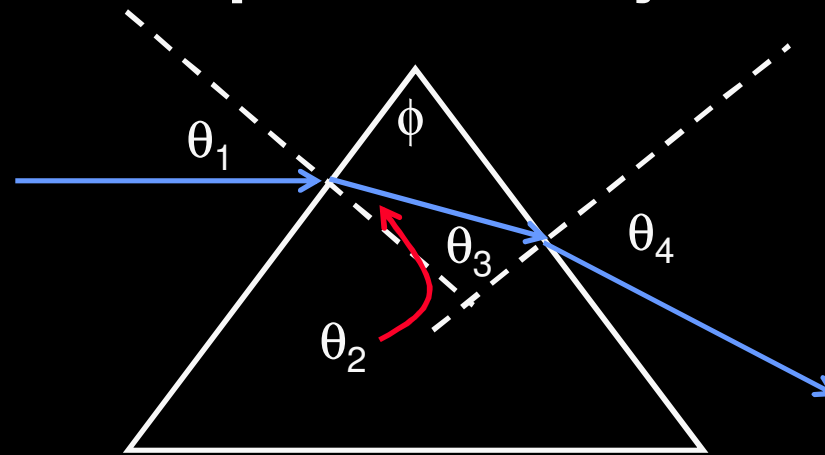
$$\theta_3 < \theta_4$$

Svetlost se prelama nadole

Prizma



Ukupno skretanje



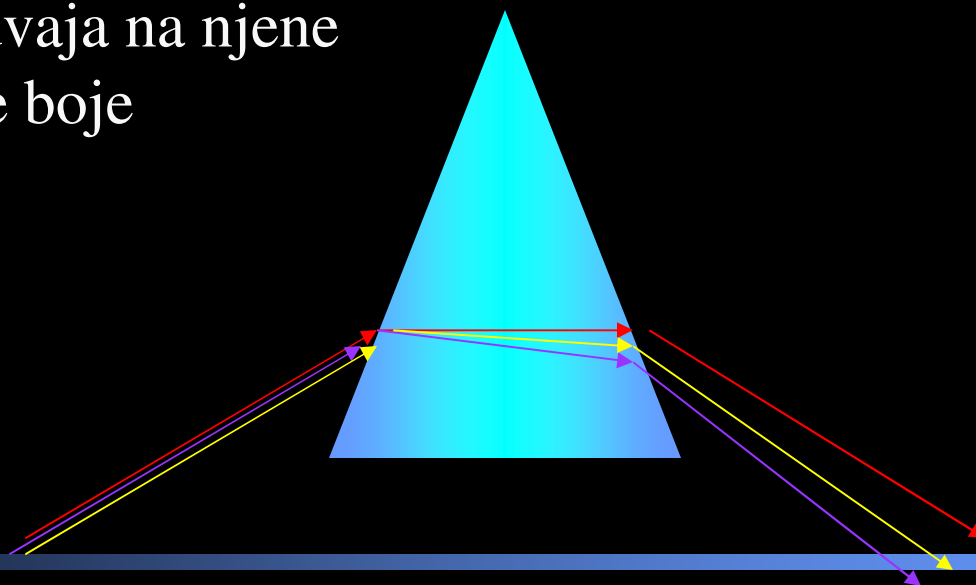
- Ukupno skretanje nadole zavisi od indeksa prelamanja n (i od ugla prizme, ϕ).
- Različite boje će različito skretati !

Disperzija

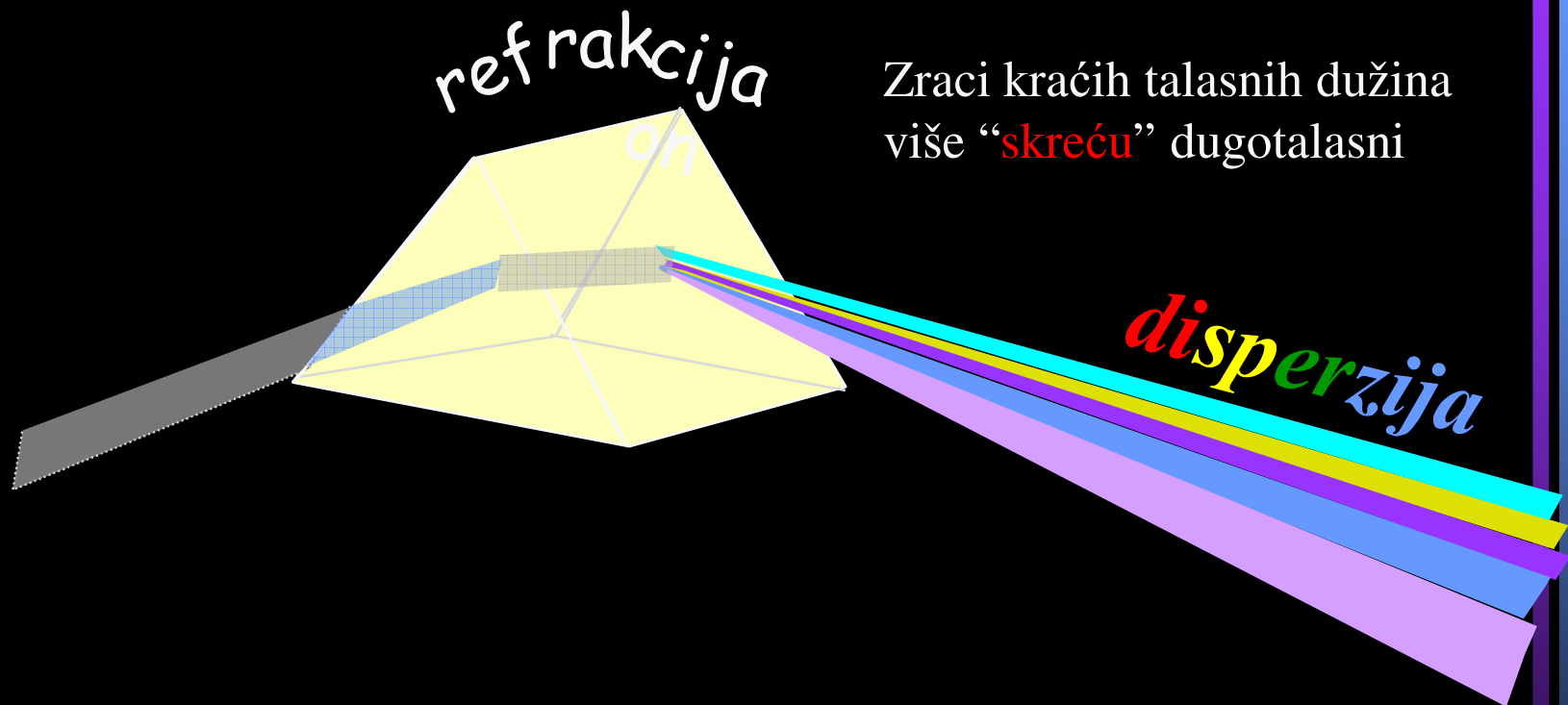
- Skretanje nadole može zavisiti od talasne dužine svetlosti
- Za većinu materijala kraće talasne dužine (plava) više skreću nego dugotalasne komponente (crvena)
- Bela svetlost (miks svih boja) se razdvaja na njene komponentne boje

$$v = \frac{c}{n}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



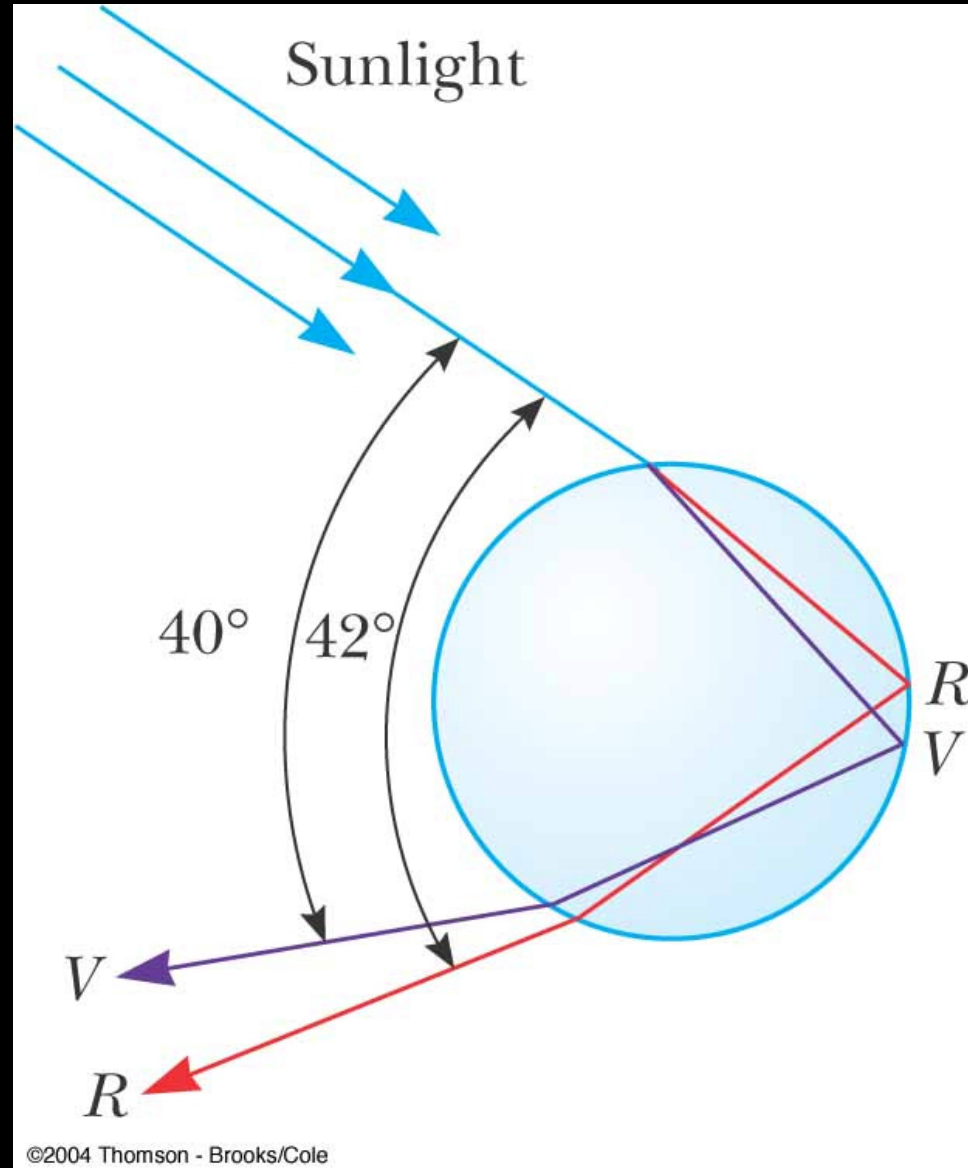
Refrakcija & Dispersija



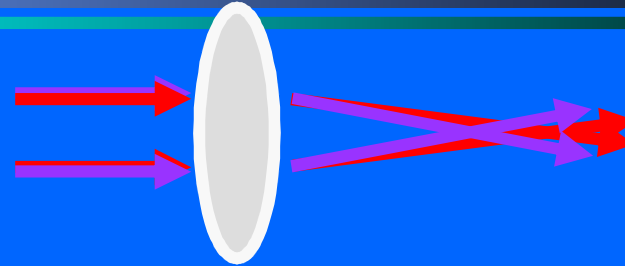
Slično ovome!

Koja je razlika između ove dve duge?





Aberacije



Aberacije su distorzije koje se javljaju u likovima, zbog nesavršenosti sočiva. Neke se mogu otkloniti neke ne.

To su:

Hromatske aberacije

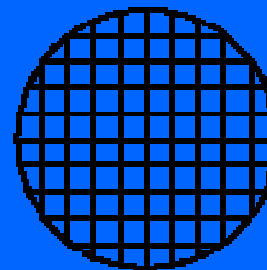
Sferne aberacije

Astigmatizam

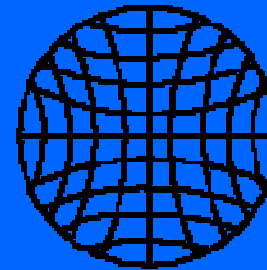
Koma

Krivljena pravih linija

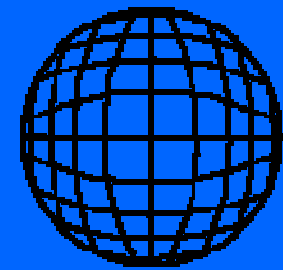
generalna distorzija



**Undistorted
Image**



**Pincushion
Distortion**



**Barrel
Distortion**

Aberacije

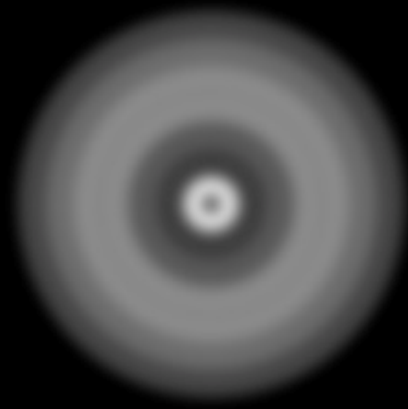
• Uzroci

- Predmet obično nije ravan ali ga mi želimo slikati na ravnom fotografskom filmu.
- Tačkasti predmet produkuje samo aproksimativno tačkasti lik.
- Refraktujuće osobine materijala sočiva variraju sa talasnom dužinom

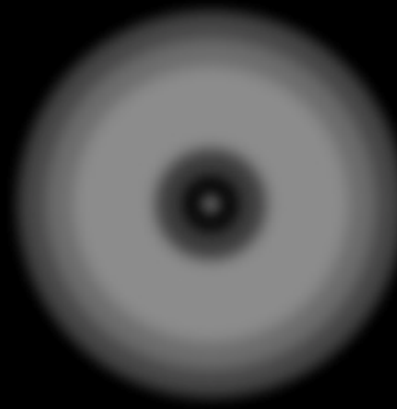
Sferna Aberacija

- Pojavljuje se jer sferno ogledalo samo aproksimira idealno fokusirajući oblik paraboloida

Inside focus



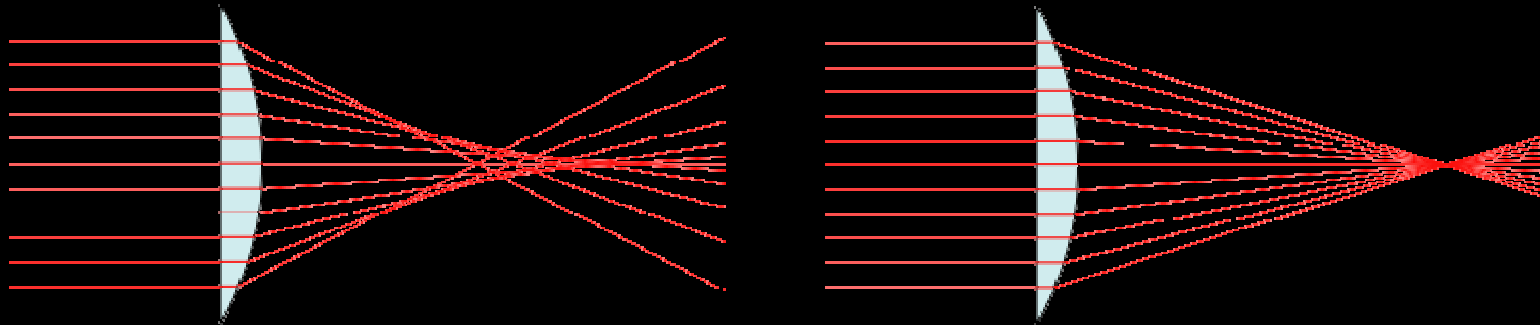
Outside focus



Sferna aberacija

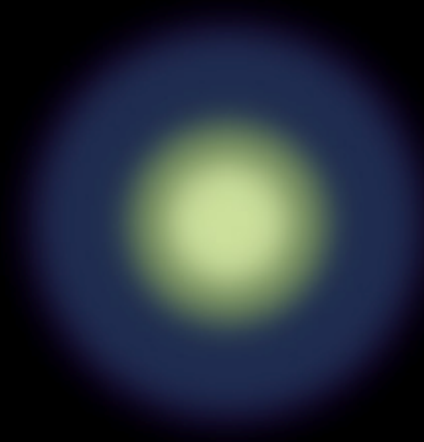
Rešenje

- 1) obezbediti da su upadni zraci što bliži i da su praktično paralelni optičkoj osi sočiva
- 2) koristiti samo centralni deo sočiva



Hromatska aberacija

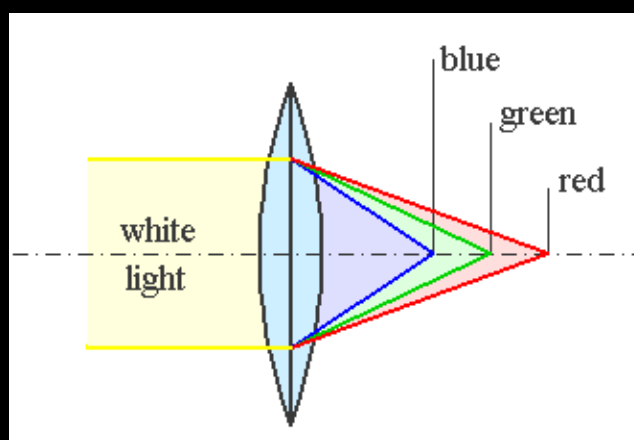
- se pojavljuje jer indeks prelamanja varira sa talasnom dužinom (disperzija)



Hromatska aberacija

Rešenje:

Koriste se kompozitna sočiva napravljena od različitog materijala, čiji različiti indeksi prelamanja omogućavaju da se nekoliko boja fokusiraju u istu tačku



Korekcija aberacija na Hubble teleskopu



Pre - i posle – servisiranja Hubble-ovog teleskopa slika M100 Spiral Galaxy