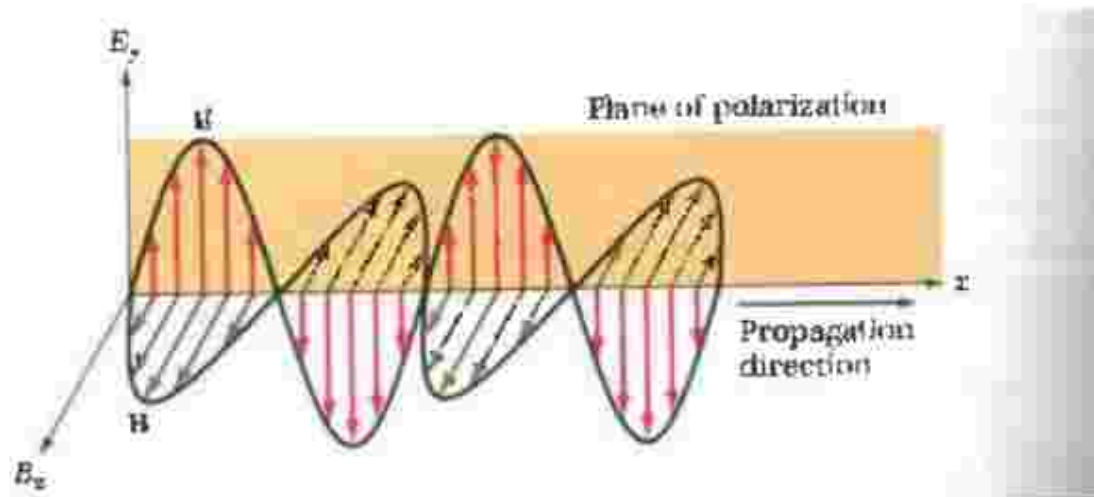


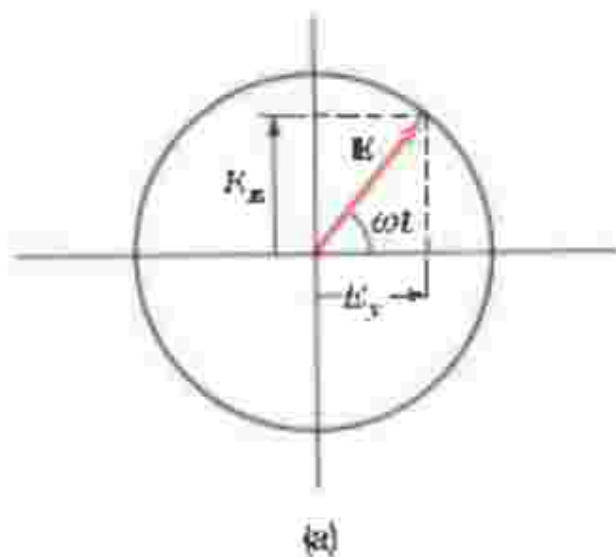
Polarizacija svjetlosti

- polarizacija vala karakterizira smjer valnih oscilacija
- svjetlost je elektromagnetski val u kojem osciliraju električno i magnetsko polje
- u ravnom valu smjer električnog i magnetskog polja su okomiti jedno na drugo i okomiti na smjer propagacije vala

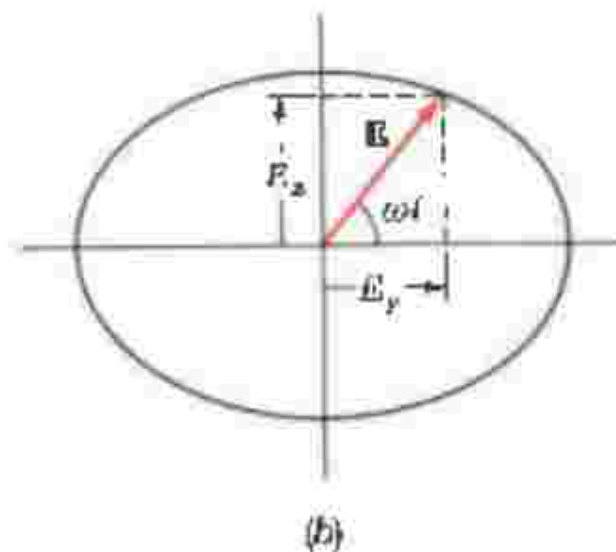


- najjednostavnija polarizacija je ravninska polarizacija
- primjer: val je polariziran duž +-y smjera
- ravnina koja sadrži električno polje i smjer propagacije naziva se ravninom polarizacije

Cirkularna i eliptična polarizacija



- ako vrh vektora električnog polja rotira u smjeru kazaljke na satu, polarizacija je desna
- ako vrh vektora električnog polja rotira u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu, polarizacija je lijeva



- kod eliptične polarizacije amplituda električnog polja mijenja iznos

Kratka povijest shvaćanja svjetlosti

- u XVIII. i XIX. st.

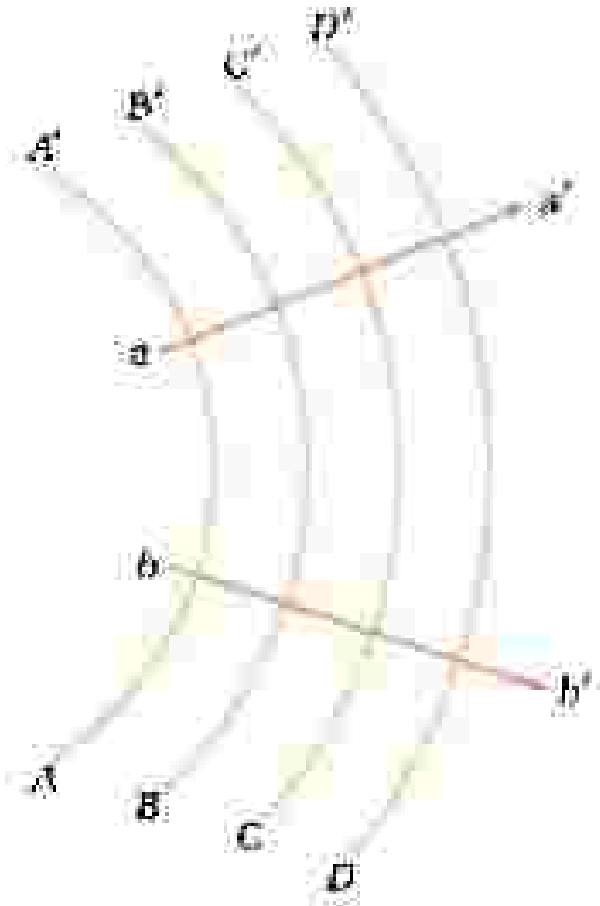
- * Augustin-Jean Fresnel i Thomas Young eksperimentalno opazili difrakciju, odbacili Newtonovu korpuskularnu teoriju
- * James Clerk Maxwell formulirao jednadžbe elektromagnetizma, Heinrich Rudolf Hertz verificira princip emisije s antene

- u XX. st.

- * kvantna fizika objašnjava dualnost vala i čestice
- * izum holografije
- * izum lasera
- * razvoj optičkih aplikacija u računalstvu, komunikacijama, temeljnim znanostima, medicini, proizvodnji, zabavi

Geometrijska optika

- vrhovi elektromagnetskog vala propagiraju iz izvora prema van



- valne fronte su površine konstantne faze svjetlosnog vala

- svjetlosna zraka je linija koja pokazuje u smjeru propagacije vala

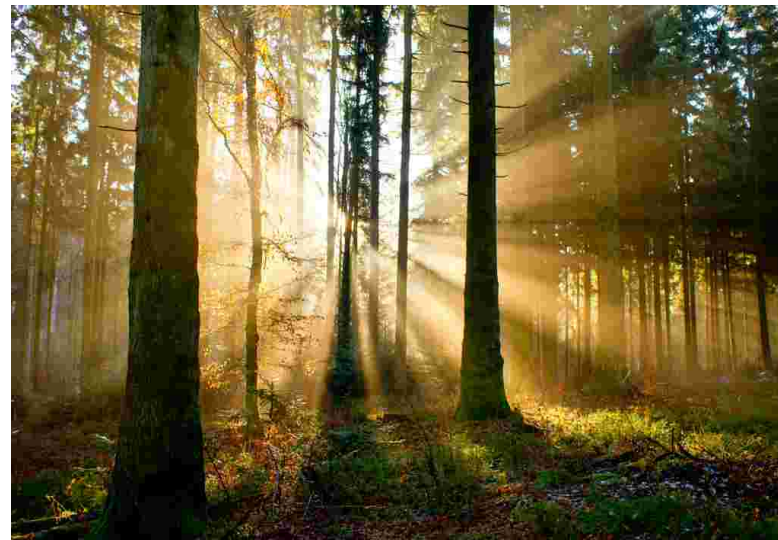
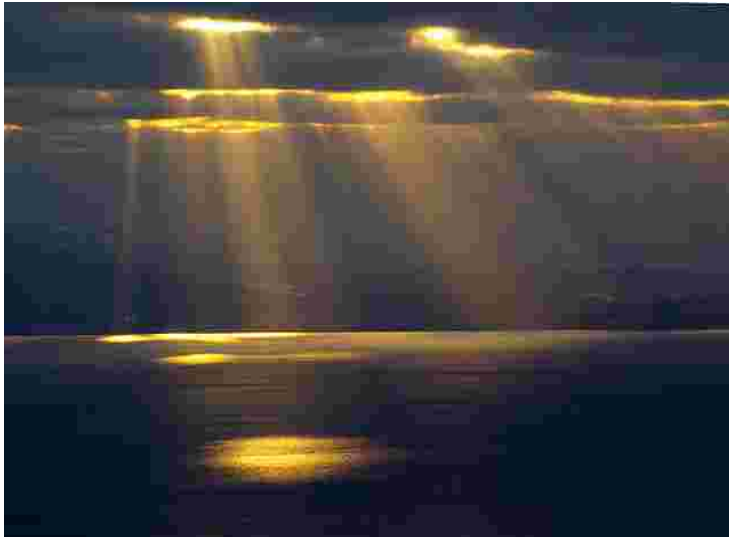
Zakoni geometrijske optike

→ valna duljina svjetlosti je zanemarivo mala u usporedbi s veličinom komponenti optičkog sustava kroz koji svjetlost propagira

- 1.) Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti: U homogenom izotropnom sredstvu svjetlost se širi pravocrtno.
- 2.) Zakon o neovisnosti snopova zraka svjetlosti: Dva snopa svjetlosti u prostoru ne međudjeluju.
- 3.) Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti: Svjetlost koja upada na zrcalo odbija se, pri čemu upadna i odbijena zraka leže u istoj ravnini okomitoj na površinu zrcala, a kut odraza jednak je kutu upada.
- 4.) Zakon loma ili refrakcije svjetlosti: Svjetlost koja upada pod kutom na granicu dvaju prozirnih sredstava djelomično se odbija i djelomično lomi, pri čemu upadna, odbijena i lomljena zraka leže u istoj ravnini, okomitoj na granicu sredstava.

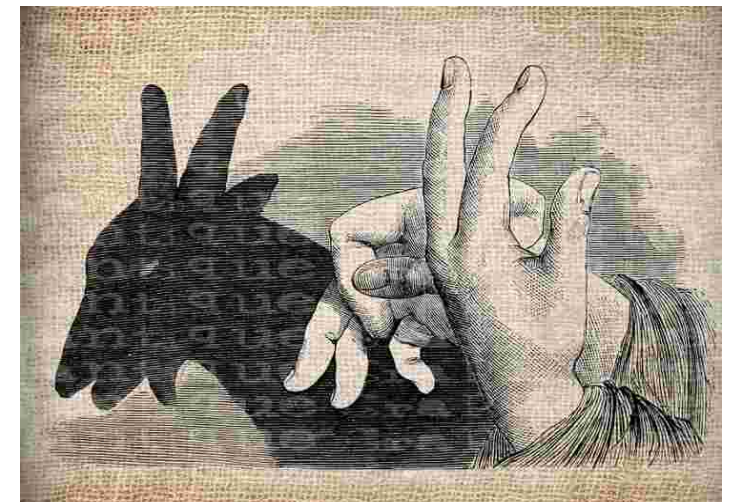
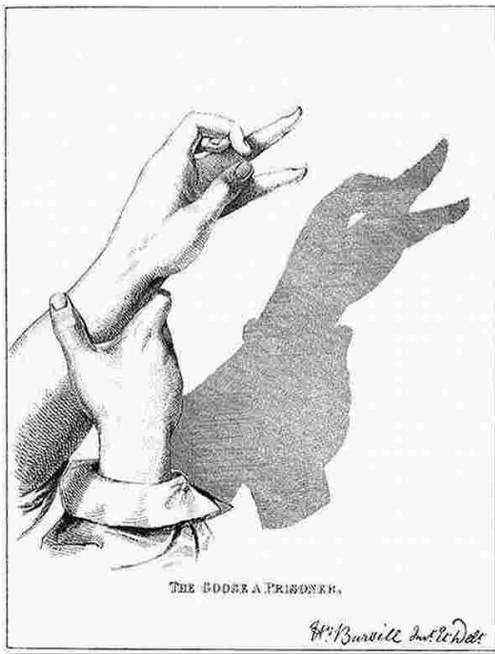
Zakoni geometrijske optike: 1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti

U homogenom izotropnom sredstvu svjetlost se širi pravocrtno.



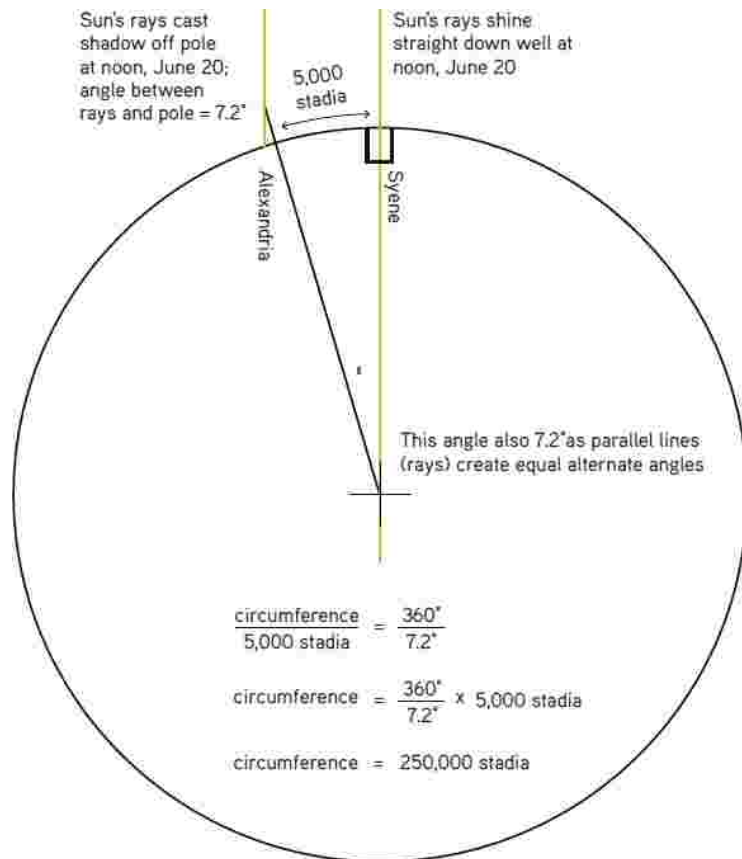
Zakoni geometrijske optike: 1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti

Sjena kao dokaz pravocrtnog širenja svjetlosti.



Zakoni geometrijske optike: 1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti

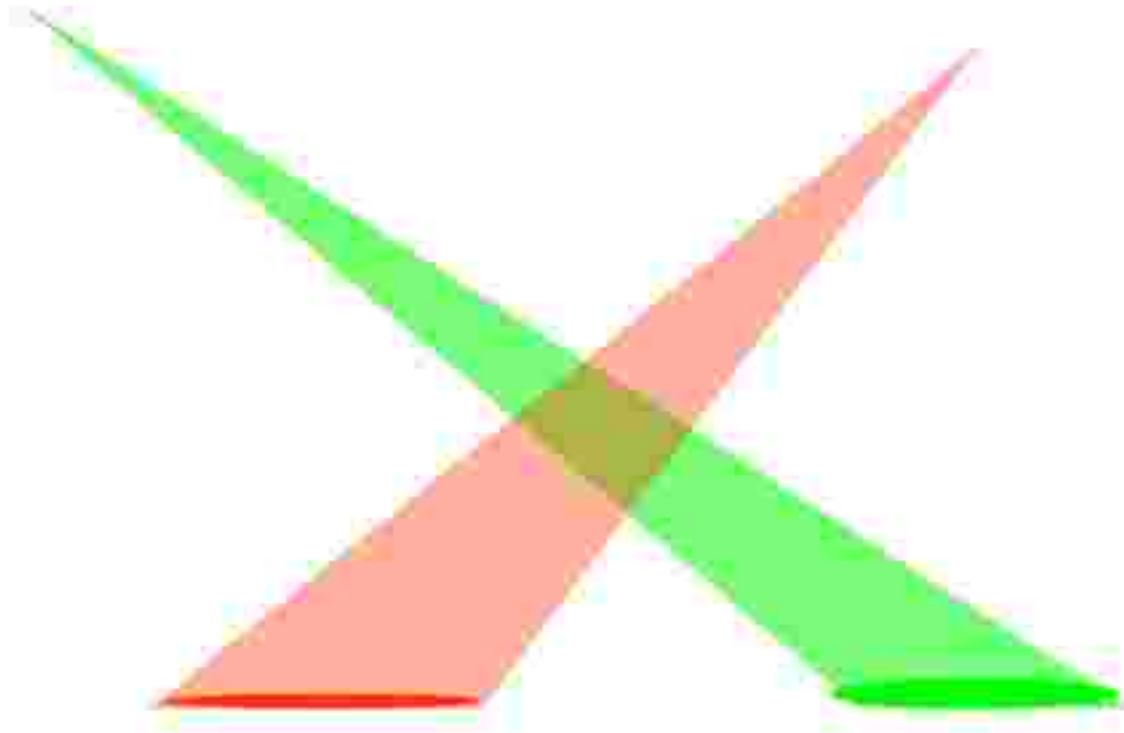
Eratosten (~276. pr. Kr. - ~ 195. pr. Kr.) koristeći spoznaju da je zraka svjetlosti koja dolazi sa Sunca pravocrtna na dan ljetnog solsticija izmjerio sjenu štapa u Aleksandriji, te hodajući do gradića Asuana (tadašnje Sijene) na ekvatoru, u kojem na taj dan Sunce u podne točno ulazi u bunar, odredio udaljenost od Aleksandrije do Asuana



- odredivši udaljenost od Aleksandrije do Asuana, tj. poznavajući duljinu kružnog luka, te odredivši kut tog kutnog odsječka iz mjerenja sjene štapa u Aleksandriji, Eratosten je odredio opseg zemlje
- Eratosten izmjerio da je opseg Zemlje 40000km
- današnje mjerenje: 40008km

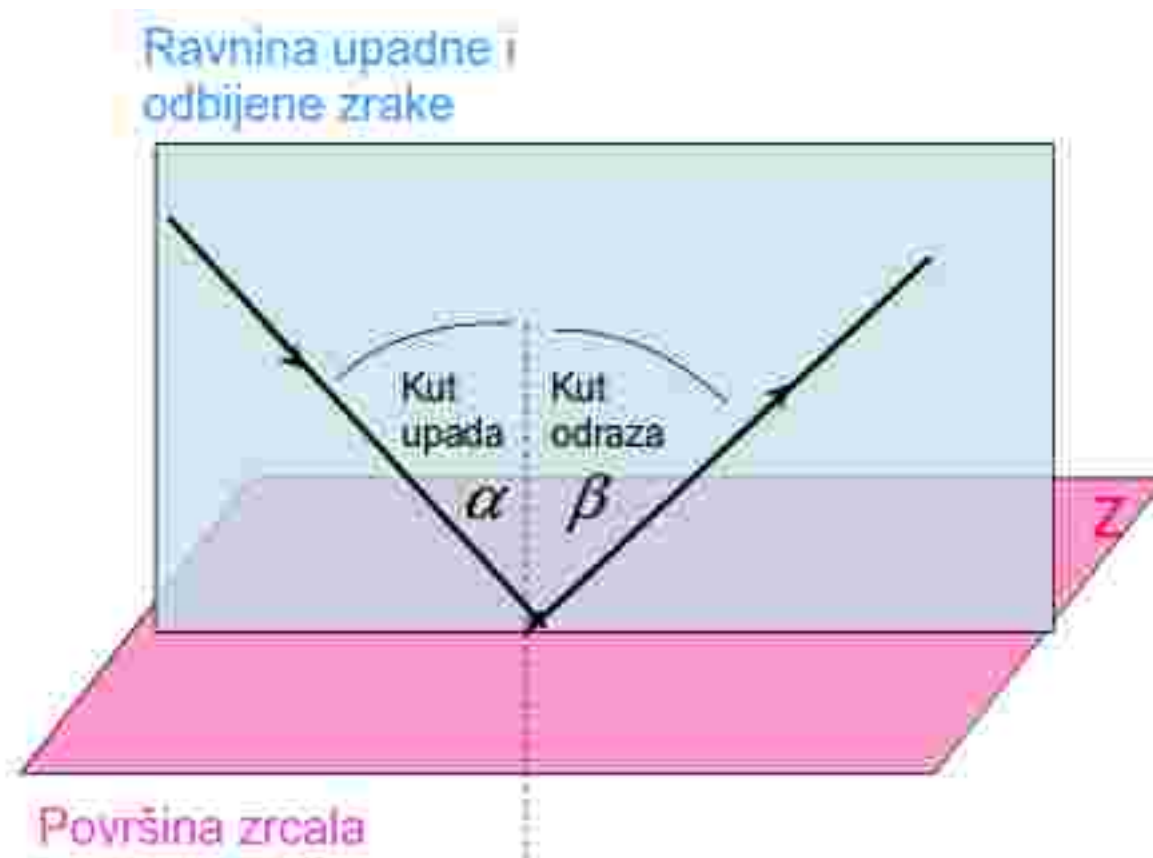
Zakoni geometrijske optike: 2. Zakon o neovisnosti snopova zraka svjetlosti

Dva snopa svjetlosti u prostoru ne međudjeluju.



Zakoni geometrijske optike: 3. Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

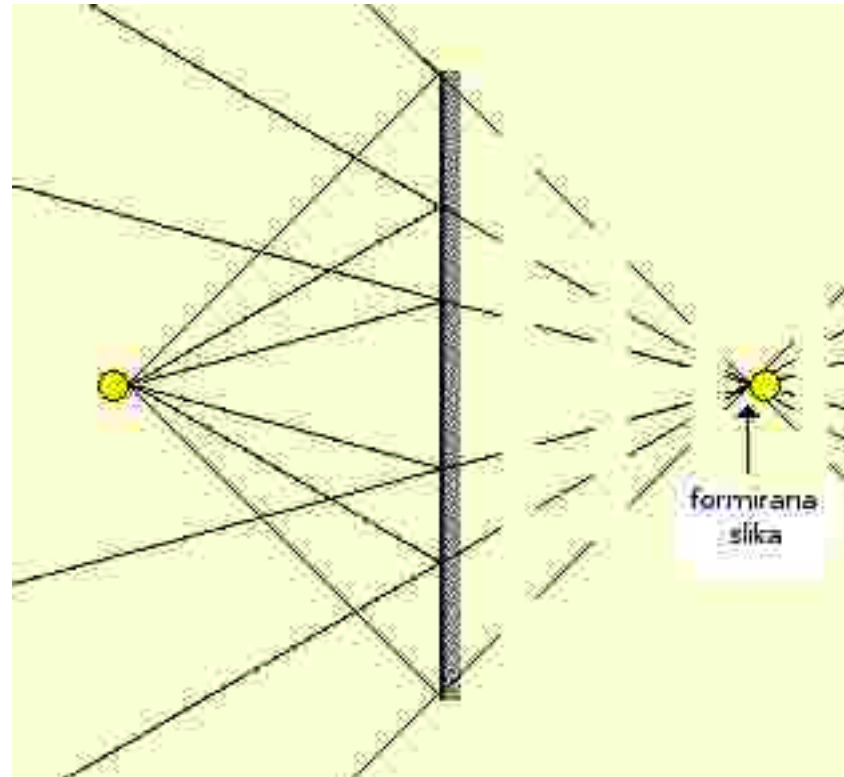
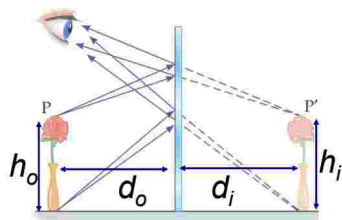
Svjetlost koja upada na zrcalo Z odbija se, pri čemu upadna i odbijena zraka leže u istoj ravnini okomitoj na površinu zrcala, a kut odraza β jednak je kutu upada α .



Zakoni geometrijske optike: 3. Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

Ravno zrcalo

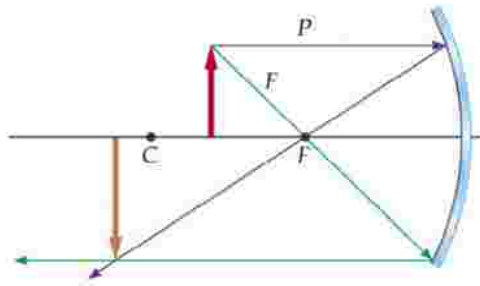
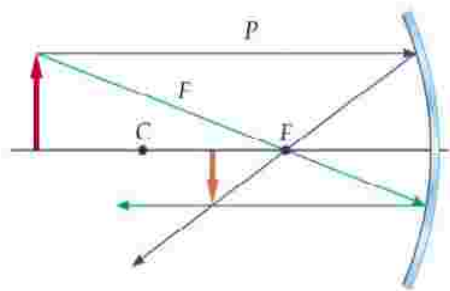
- mnoštvo zraka svjetlosti s objekta dolazi na ogledalo;
- odbijaju se po zakonu odbijanja ili refleksije;
- slika se formira na mjestu na kojem se sijeku reflektirane zrake (iza zrcala, tzv. virtualna slika);



Udaljenost formirane slike od ogledala jednaka je udaljenosti objekta od ogledala. Formirana slika nije povećana, nije invertirana, lijevo i desno su zamijenjeni.

Zakoni geometrijske optike: 3. Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

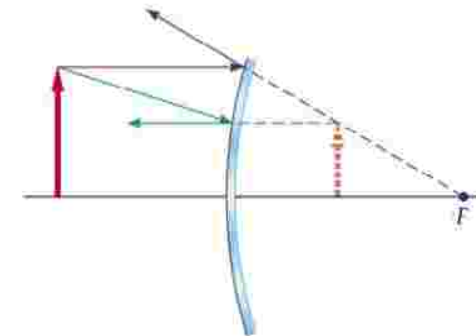
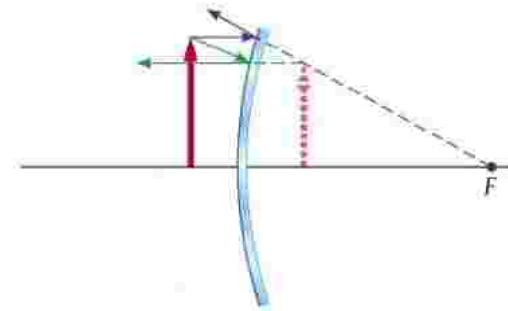
Konkavno zrcalo



Formirana slika je realna.

- Reflektirane zrake sijeku se u fokalnoj točki F.
- Paralelna zraka P reflektira se kroz fokalnu točku F.
- Fokalna zraka F reflektira se paralelno optičkoj osi.
- Zraka radijusa zakrivljenosti C reflektira se natrag od kud je i došla.

Konveksno zrcalo

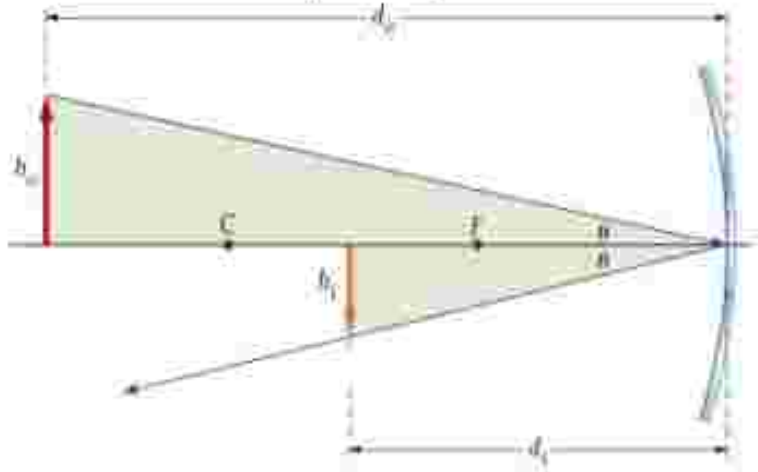


Formirana slika je virtualna.

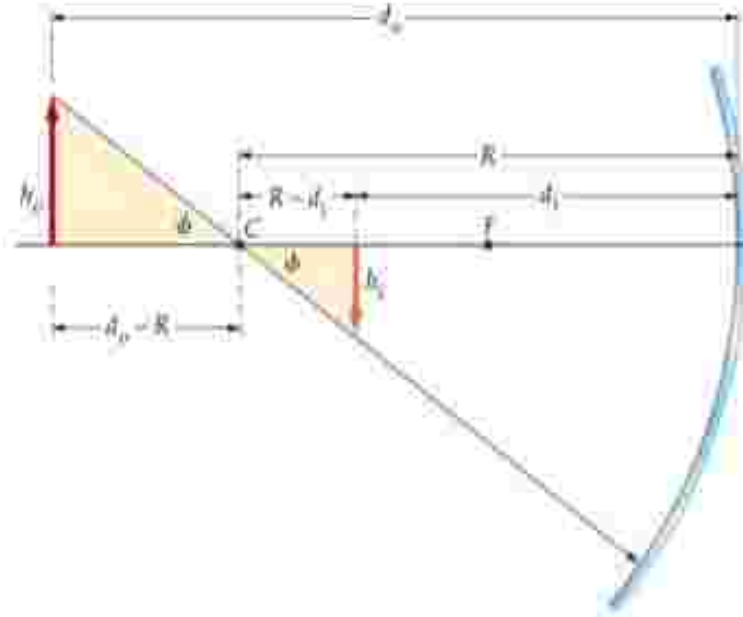
Zakoni geometrijske optike: 3. Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

Jednadžba zrcala

$$\frac{h_o}{-h_i} = \frac{d_o}{d_i}$$



$$\frac{h_o}{-h_i} = \frac{d_o - R}{R - d_i}$$



$$\frac{R - d_i}{d_o - R} = \frac{d_i}{d_o} \quad f = \frac{1}{2} R$$

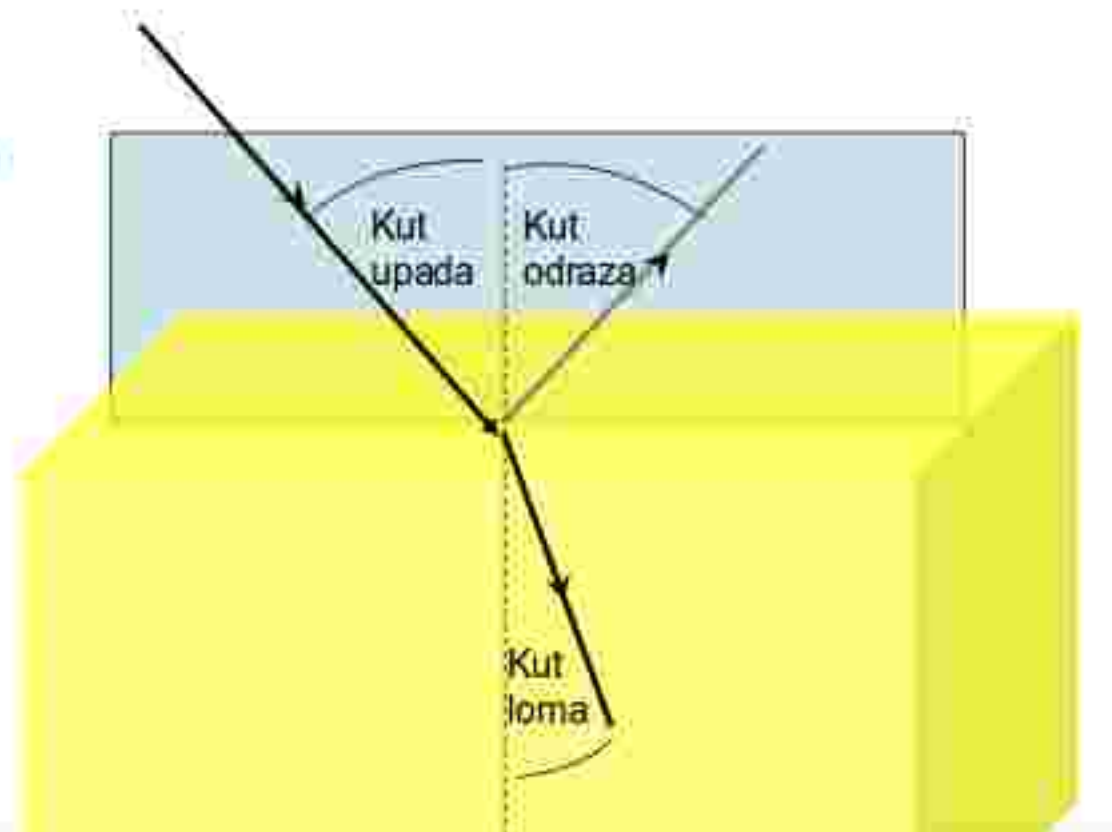
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

d_o = udaljenost od objekta do zrcala
 d_i = udaljenost od slike do zrcala
 f = fokalna duljina

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

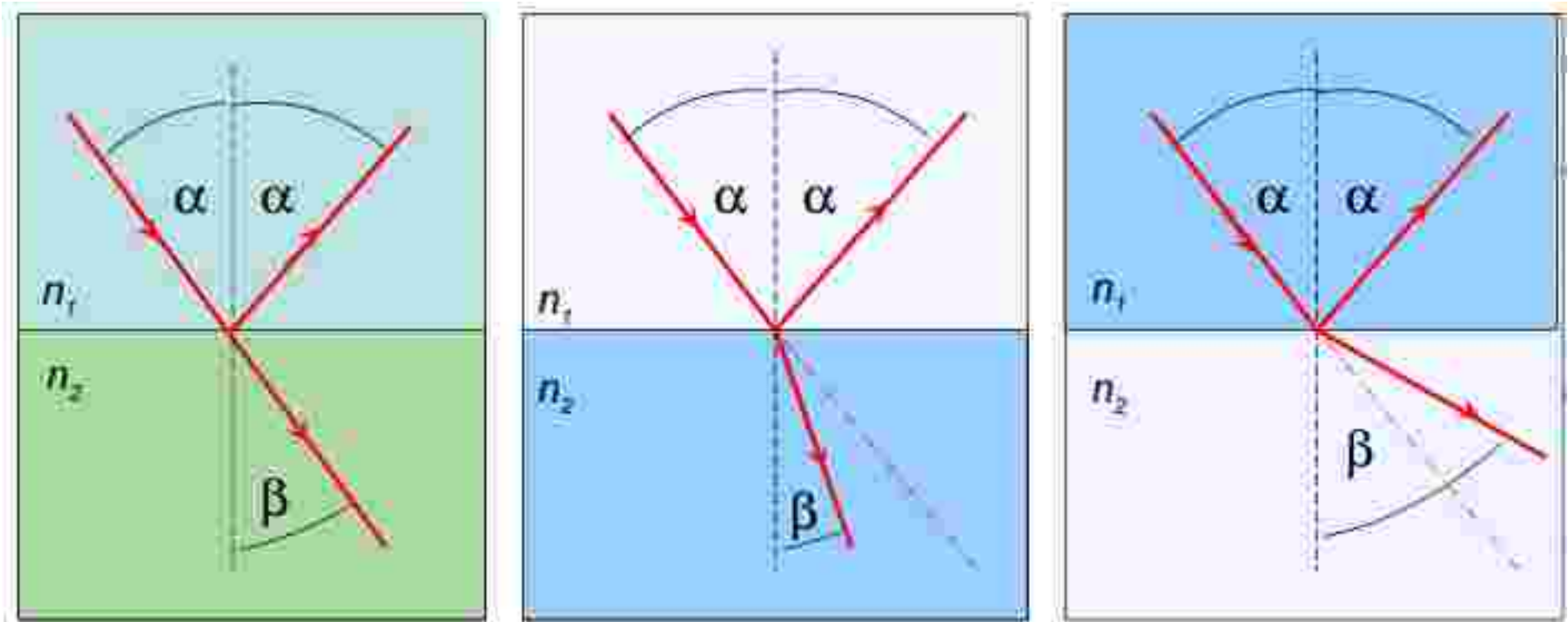
Svjetlost koja upada pod kutom na granicu dvaju prozirnih sredstava djelomično se odbija i djelomično lomi, pri čemu upadna, odbijena i lomljena zraka leže u istoj ravnini, okomitoj na granicu sredstava.

Ravnina upadne,
odbijene
i lomljene zrake



Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

indeks refrakcije jednak je omjeru brzine svjetlosti u vakuumu i u sredstvu, $n=c/v$



$$v_2 = v_1$$

$$n_2 = n_1$$

$$\beta = \alpha$$

$$v_2 < v_1$$

$$n_2 > n_1$$

$$\beta < \alpha$$

$$v_2 > v_1$$

$$n_2 < n_1$$

$$\beta > \alpha$$

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

Primjeri indeksa loma svjetlosti

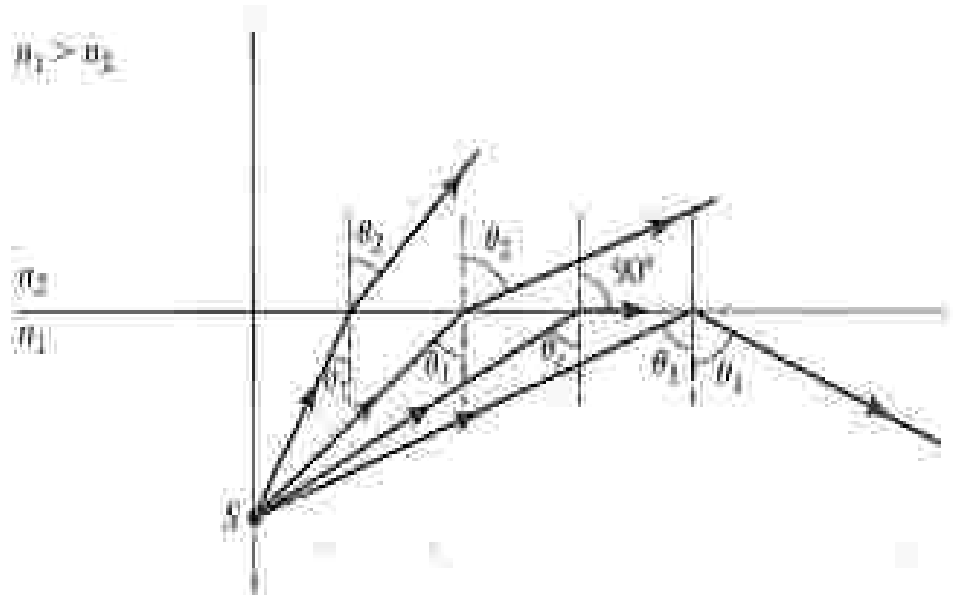
sredstvo	n^*
Vakuum	1
Zrak (standardni uvjeti)	1,00029
Voda	1,33
Aceton	1,36
Etilni alkohol	1,36
30% otopina šećera	1,38
Glicerin	1,47
Kvarcno staklo	1,48-1,70
Staklo	1,52
Flintno staklo	1,65
Safir	1,77
Dijamant	2,42

* za svjetlost valne duljine 589 nm

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

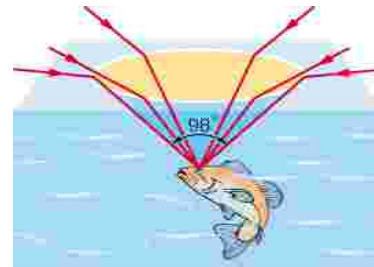
Snellov zakon $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\left(\frac{\epsilon_2 \mu_2}{\epsilon_1 \mu_1}\right)}$

Totalna unutarnja refleksija



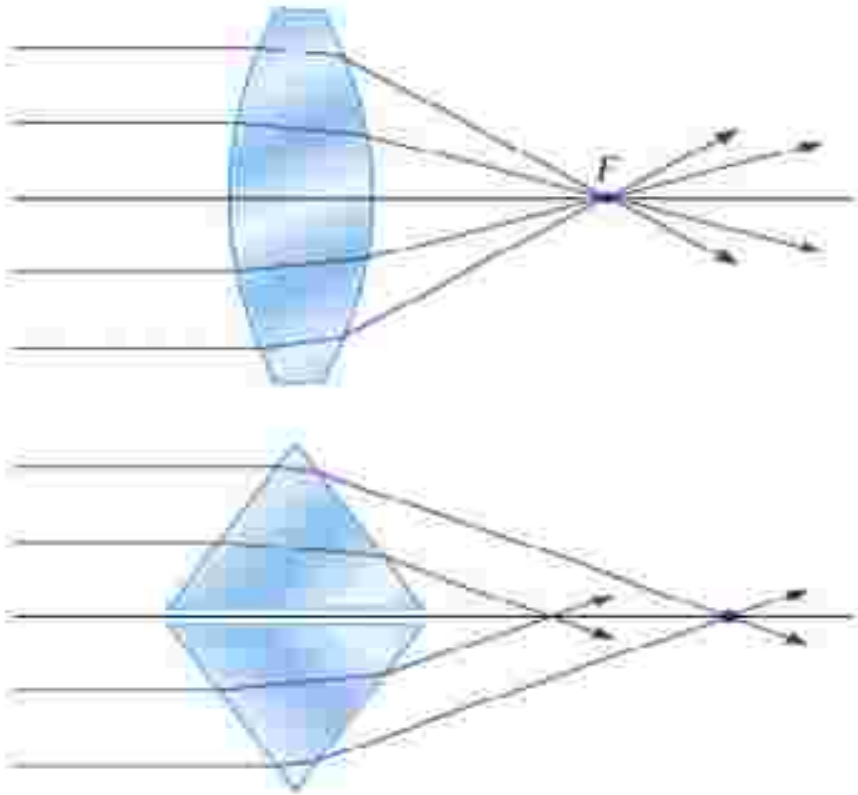
kritični kut:

$$\theta_c = \theta_i = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right),$$

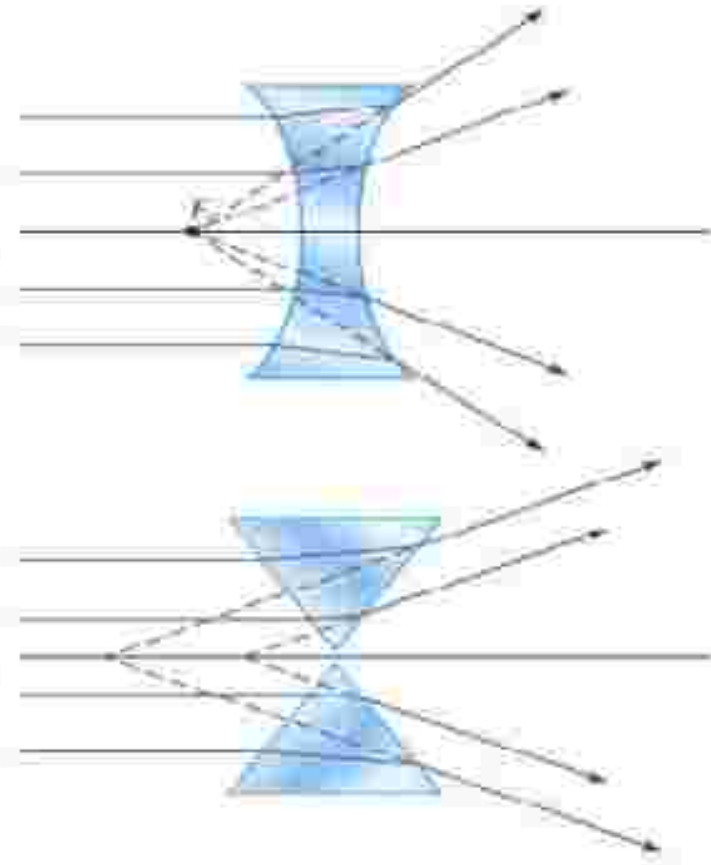


Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

Konvergentne leće



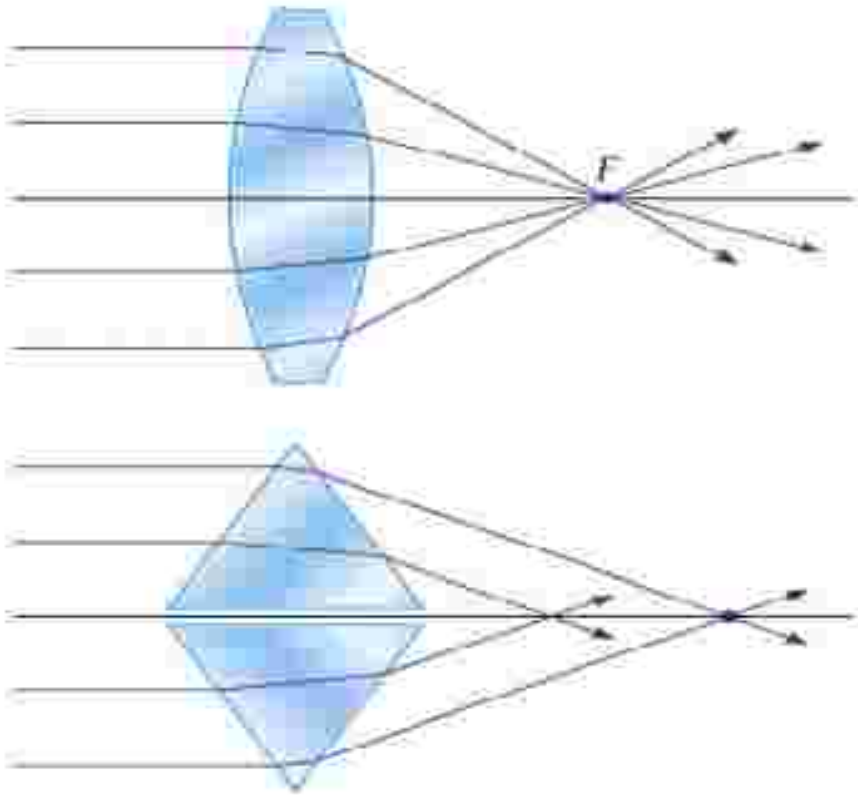
Divergentne leće



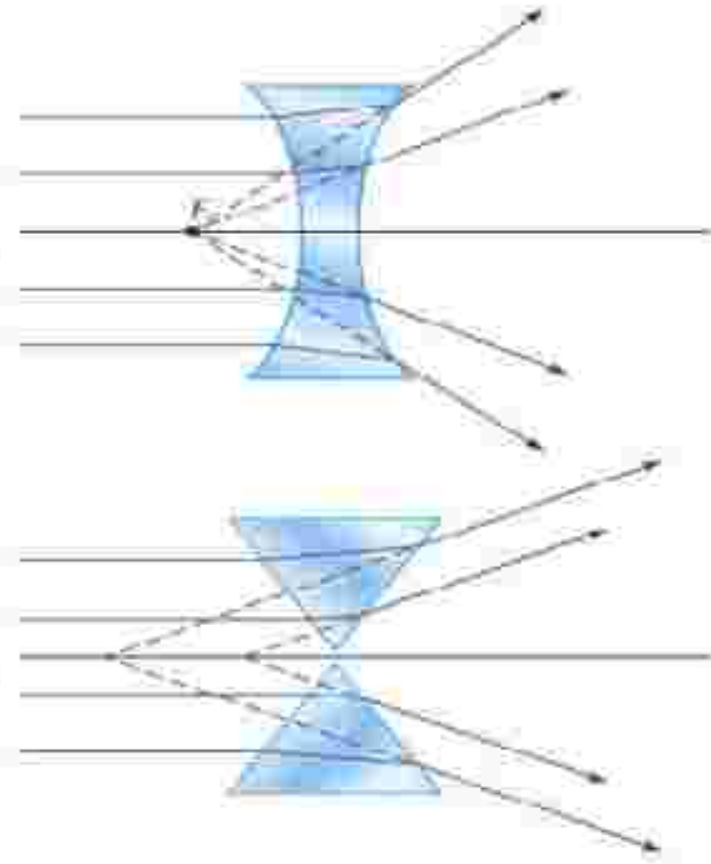
Fokalna točka leće je na mjestu na kojem paralelne upadne zrake konvergiraju.

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

Konvergentne leće



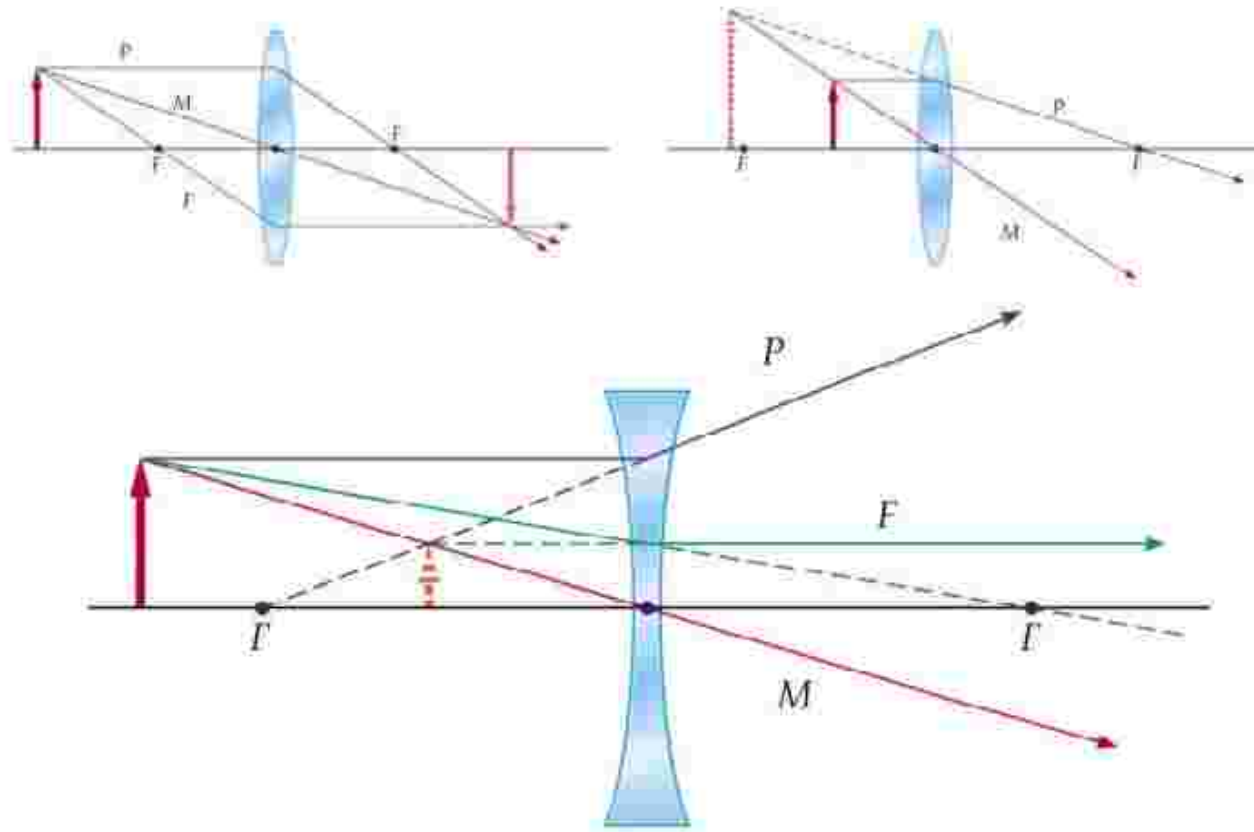
Divergentne leće



Fokalna točka leće je na mjestu na kojem paralelne upadne zrake konvergiraju.

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

Pronalaženje slika koje stvaraju tanke leće



Zraka P propagira paralelno glavnoj osi, dolazi do leće, refraktira se tako da prolazi fokalnom točkom. Zraka F prolazi fokalnom točkom, a izlazi iz leće paralelna glavnoj osi. Zraka M prolazi kroz sredinu leće bez otklona.

Zakoni geometrijske optike: 4. Zakon loma ili refrakcije svjetlosti

Disperzija svjetlosti

Crvena svjetlost se lomi manje od plave.
Svjetlost različitih boja će se raspršivati pod različitim kutovima.
Disperzivna sredstva stvaraju spektre.

