

9.7. LEĆE

Leća je prozirno optičko tijelo omeđeno dvjema poliranim površinama koje mogu biti ili obje zakrivljene, ili jedna zakrivljena, a druga ravna. Ako su površine sferne, govorimo o SFERNIM LEĆAMA – govorimo o prozirnomo optičkom sredstvu koje je omeđeno dvjema sfernim granicama čija središta zakrivljenosti leže na zajedničkoj optičkoj osi.

Vrste leća:

KONVERGENTNE

- Bikonveksna leća
- Plankonveksna leća
- Konvergentni menisk

SLIKA: KONVERGENTNE STAKLENE LEĆE – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 5.40. STR. 226.

DIVERGENTNE

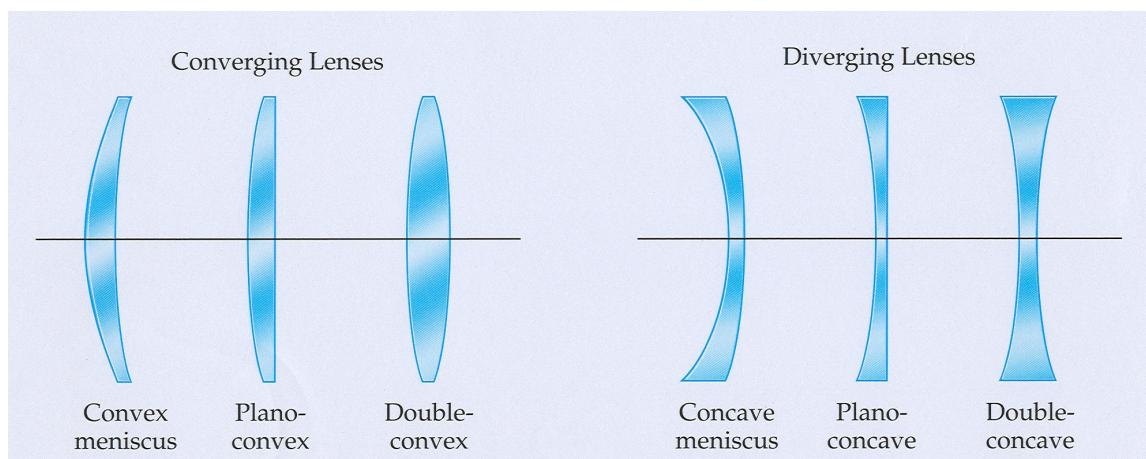
- Bikonkavna
- Plankonkavna
- Divergentni menisk

SLIKA: DIVERGENTNE STAKLENE LEĆE – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 5.41. STR. 226.

Središte zakrivljenosti s lijeve strane $R > 0$

Središte zakrivljenosti s desne strane $R < 0$

Zrake dolaze s lijeva nadesno.



9.7.1. JEDNADŽBA TANKE LEĆE

Ako je udaljenost između tjemena sfernih granica malena i približno = 0, govorimo o TANKOJ LEĆI. Izvest ćemo jednadžbu tanke leće.

SLIKA: LOM ZRAKE SVJETLOSTI KROZ LEĆU – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 5.42. STR. 226.

Koristit ćemo zakon loma na sfernoj granici dva puta. Zraka svjetlosti ide od točke A, u kojoj je svijetli predmet, koji se nalazi u sredstvu 1, indeksa loma n_1 do točke D_1 na prvoj sfernoj granici koja dijeli sredstva 1 i 2 (ovo drugo je indeksa loma n_2). Nakon toga svjetlost dolazi do točke D_2 koja se nalazi na drugoj sfernoj granici koja dijeli sredstva 2 i 3 (indeksa loma n_3). Svjetlost se drugi put lomi u točki D_2 i dolazi do optičke osi gdje stvara sliku u točki B.

Udaljenost $\overline{AT_1} = a$ je predmetna udaljenost.

Udaljenost $\overline{T_2B} = b$ je slikovna udaljenost.

Pomoću zakona loma na sfernoj granici izračunamo položaj prve slike B' (udaljenost $\overline{T_1B'} = b'$) nakon prvog loma na mjestu D_1 . Ta slika postaje predmet za lom na drugoj sfernoj granici, tj. $b' \rightarrow a' + \overline{T_1T_2}$, gdje je $\overline{T_2B'} = a'$ pa je $b' = a' + \overline{T_1T_2}$.

Lom na 1. sfernoj granici (iz sredstva 1 u sredstvo 2): $A \xrightarrow{n_1} D_1 \xrightarrow{n_2} B'$

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b'} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} \quad (\text{uz Gaussove aproksimacije})$$

Lom na 2. sfernoj granici (iz sredstva 2 u sredstvo 3): $B' \xrightarrow{n_2} D_2 \xrightarrow{n_3} B$

$$\frac{n_2}{a'} + \frac{n_3}{b} = \frac{n_3 - n_2}{R_2}$$

S obzirom da se radi o taknoj leći, onda je $\overline{T_1T_2} \approx 0$, pa je $|b'| = |a'|$. Budući je $A' \equiv B'$ desno od sferne granice, to je $a' < 0$, $b' > 0$, pa je: $a' = -b'$.

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b'} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} \qquad \frac{n_2}{b'} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} - \frac{n_1}{a}$$

$$-\frac{n_2}{b'} + \frac{n_3}{b} = \frac{n_3 - n_2}{R_2} \qquad \frac{n_2}{b'} = \frac{n_3}{b} - \frac{n_3 - n_2}{R_2}$$

$$\frac{n_2 - n_1}{R_1} - \frac{n_1}{a} = \frac{n_3}{b} - \frac{n_3 - n_2}{R_2} \qquad \frac{n_1}{a} + \frac{n_3}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} + \frac{n_3 - n_2}{R_2} \quad \text{jednadžba tanke leće}$$

9.7.2. ŽARIŠTA LEĆE

Definiramo predmetnu i slikovnu žarišnu daljinu f_a i f_b . Uzimamo da je $T_1 = T_2 = T$.

PREDMETNO ŽARIŠTE F_a – mjesto na optičkoj osi iz kojeg izlaze zrake koje nakon loma na leći imaju smjer paralelan s optičkom osi, tj. sijeku se u beskonačnosti.

PREDMETNA ŽARIŠNA DALJINA $\overline{F_a T} = f_a$

$$a = f_a, b \rightarrow \infty, \frac{n_1}{f_a} + \frac{n_3}{\infty} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} + \frac{n_3 - n_2}{R_2} \Rightarrow f_a = \frac{n_1 R_1 R_2}{R_2(n_2 - n_1) + R_1(n_3 - n_2)}$$

SLIKOVNO ŽARIŠTE F_b – mjesto na optičkoj osi na kojem se dobije slika predmeta koji je u beskonačnosti.

SLIKOVNA ŽARIŠNA DALJINA $\overline{F_b T} = f_b$

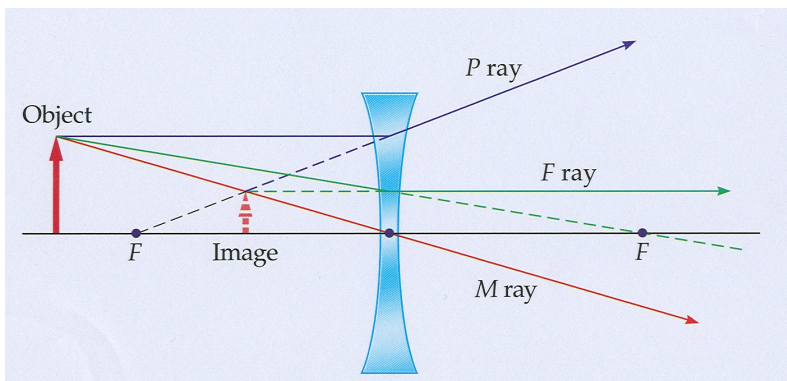
$$b = f_b, a \rightarrow \infty, \frac{n_1}{\infty} + \frac{n_3}{f_b} = \frac{n_2 - n_1}{R_1} + \frac{n_3 - n_2}{R_2} \Rightarrow f_b = \frac{n_3 R_1 R_2}{R_2(n_2 - n_1) + R_1(n_3 - n_2)}$$

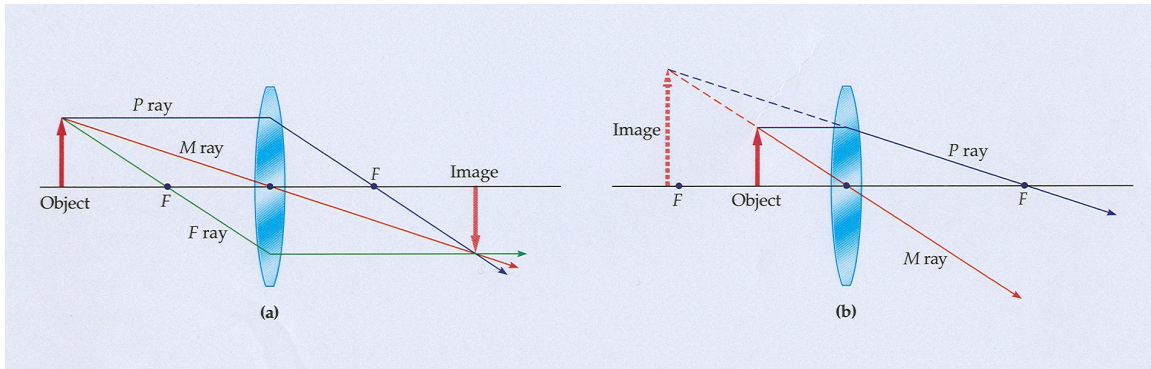
Dijeljenjem ova dva izraza se dobije: $\frac{f_b}{f_a} = \frac{n_3}{n_1}$

Jednadžbu leće možemo pisati i kao: $\frac{f_a}{a} + \frac{f_b}{b} = 1$

KARAKTERISTIČNE ZRAKE služe za konstrukciju slike kod tanke leće:

- zrake koje prolaze kroz žarište, padaju na leću i lome se tako da nastavljaju paralelno s optičkom osi
- zrake koje prolaze kroz tjeme leće, ne otklanjaju se
- zrake koje idu paralelno osi i padaju na leću, lome se i prolaze kroz žarište





9.7.3. TANKA LEĆA U ZRAKU

Ako se leća nalazi u homogenom sredstvu jednog indeksa loma (kao što je zrak), stvar se pojednostavljuje pa je $n_1 = n_3 = 1$.

$$f_a = f_b = f \quad \frac{1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Odnosno: $\frac{f}{a} + \frac{f}{b} = 1$ ili $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

JAKOST LEĆE $J = \frac{1}{f} [dpt]$ ako je žarišna daljina dana u metrima.

9.7.4. POVEĆANJE KOD TANKE LEĆE

Visina svijetlog predmeta = y

Visina slike = y'

Predmetna daljina = a

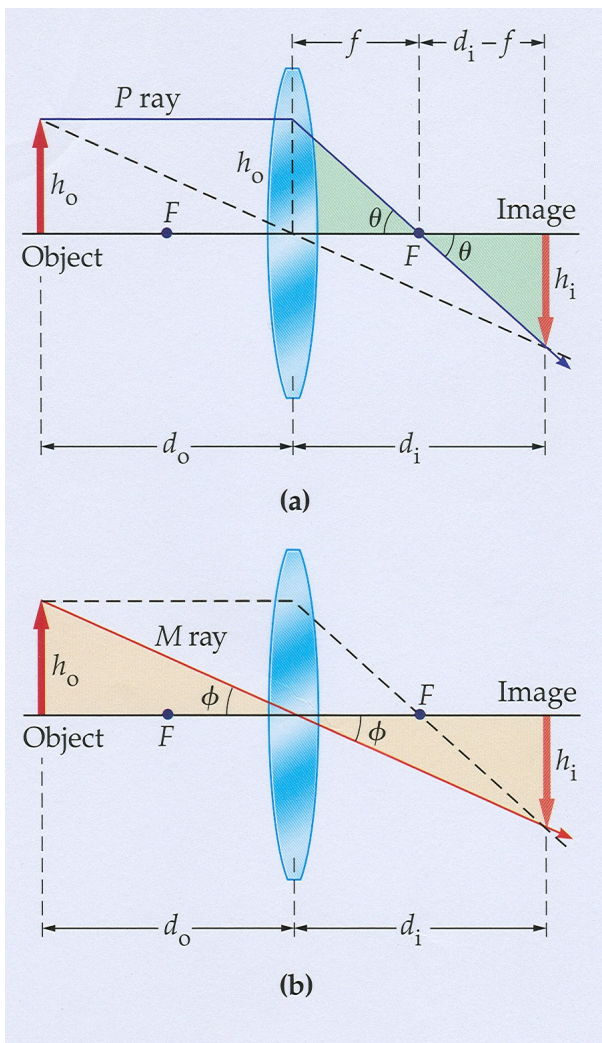
Slikovna daljina = b

SLIKA: UZ TUMAČENJE POVEĆANJA KOD TANKE LEĆE – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 5.45. STR. 231.

Iz geometrijskih omjera vrijedi: $\frac{|y'|}{|y|} = \frac{b}{a}$

Povećanje: $m = y' / y$

Prema prijašnjem dogovoru: $m = -b / a$ „–“ slika je obrnuta u odnosu na predmet.



9.7.5. POGREŠKE LEĆE

ABERACIJA – odstupanje od oštrole slike koju bi optički sustav trebao dati.

SFERNA ABERACIJA

SLIKA: SFERNA ABERACIJA KOD TANKE LEĆE – HENČ-BARTOLIĆ, KULIŠIĆ – SL. 5.46. STR. 231.

Pri izvođenju zakona za lom svjetlosti kroz tanku leću ograničili smo se na paraksijalne zrake, tj. uzeli zrake koje zadovoljavaju Gaussove aproksimacije. U slučaju širokog snopa zrake padaju pod različitim upadnim kutovima i slika nije oštra. Slika je formirana u točki B' koja je nešto bliže leći. To je sferna aberacija. Ispravljanje te pogreške moguće je postavljanjem zaslona kojim se ograničavamo samo na paraksijalne zrake. Otvor kojim se režu ne-paraksijalne zrake zove se APERTURA. Npr. fotoaparat – smanjenje aperture (blende) – manje svjetlosti pada na film – potrebno je dulje osvjetljavanje filma – dulja ekspozicija.

KROMATSKA ABERACIJA

Kromatska aberacija nastaje zbog ovisnosti indeksa loma o valnoj duljini pa se različite boje lome pod različitim kutovima. Npr. ljubičasta svjetlost se lomi bliže leći nego crvena svjetlost. Na leću najčešće pada bijela svjetlost pa se između crvenog i ljubičastog žarišta nalaze žarišta svih drugih valnih duljina. Korekcija te pogreške leće radi se ugrađivanjem leća u sustav leća s takvom sfernom aberacijom da poništava sfernu aberaciju nastalu od ostalih komponenti – korištenjem stakala različitih indeksa loma (krunko staklo, flintsko staklo...).

ASTIGMATIZAM

Od predmeta, koji je malo udaljen od optičke osi leće, lećom nastaju 2 slike. Uzrok je nesferičnost leće, tj. polumjer zakrivljenosti u vertikalnom smjeru nije jednak polumjeru zakrivljenosti u horizontalnom smjeru. Korekcija se radi pomoću cilindričnih leća koje se dobiju rezanjem cilindra paralelno s osi kroz bazu.