

FP2–V4. Leće i optički instrumenti

Ključni pojmovi

Leće, Besselova metoda, dijaprojektor, mikroskop, Keplerov i Galilejev teleskop

I. TEORIJSKI UVOD

Jednadžba leće

Žarišna duljina tanke leće f , udaljenost predmeta od leće a te udaljenost slike od leće b povezane su relacijom:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{ab}{a+b} \quad (1)$$

Oznake i karakteristične zrake za konvergentnu leću prikazane su na Slici 1. Pripadno povećanje je dano izrazom:

$$\gamma = \frac{y}{x} = \frac{b-f}{f} = \frac{b}{a} \quad (2)$$

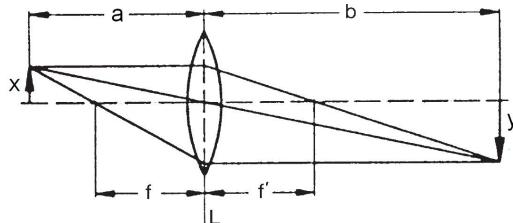
gdje je y visina slike, a x visina predmeta.

Žarišna duljina optičkog sustava od dvije tanke leće žarišnih duljina f_1 i f_2 dana je izrazom:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{n f_1 f_2} \quad (3)$$

gdje je d udaljenost među lećama, a n je indeks loma sredstva među lećama. Za kombinaciju leća $f_1 > 0$ i $f_2 < 0$ te $|f_2| > f_1$ u granici $d \rightarrow 0$ dobivamo konvergentni optički sustav čija je žarišna duljina dana s:

$$\frac{1}{f} \approx \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} > 0 \quad (4)$$

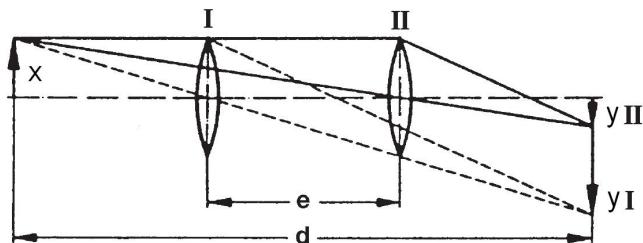


Slika 1: Konstrukcija slike za konvergentnu leću.

Besselova metoda

Određivanje žarišne duljine konvergentne leće ili konvergentne kombinacije sustava leća pomoću Besselove metode temelji se na činjenici da za danu udaljenost d između predmeta i realne slike postoji dva položaja leće (položaji I i II na Slici 2) međusobno udaljena za e . U jednom od položaja slika je manja od predmeta, a u drugom je veća od predmeta. Budući da je $a_I = b_{II}$ i $a_{II} = b_I$, slijedi da su pripadna povećanja dana s $\gamma_I = 1/\gamma_{II} = b_I/a_I$ te da je:

$$a_I + b_I = d \quad \text{i} \quad b_I - a_I = e \quad \Rightarrow \quad f = \frac{d^2 - e^2}{4d} \quad (5)$$



Slika 2: Određivanje žarišne duljine konvergentne leće Besselovom metodom.

Mikroskop

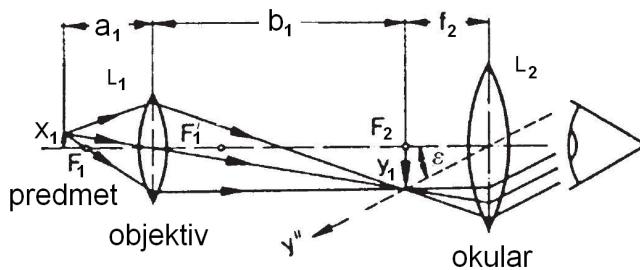
Mikroskop je optički sustav sastavljen od dvije konvergentne leće, objektiva žarišne daljine od nekoliko milimetara te okulara. Predmet smještamo infinitezimalno blizu žarišta objektiva ($a_1 \geq f_1$, dakle s "vanjske" strane) te daje realnu sliku (vidi Sliku 3). Realna slika predstavlja predmet za okular i namješta se vrlo blizu žarišta okulara ($a_2 \leq f_2$, dakle s "unutarnje" strane). Za ugođeni mikroskop konačna slika je virtualna i nalazi se na udaljenosti od okulara približno jednakoj udaljenosti jasnog vida. Ukupno povećanje mikroskopa dano je umnoškom povećanja objektiva:

$$\gamma_1 = \frac{y}{x} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{b_1}{f_1} - 1 \quad (6)$$

(b_1 je udaljenost slike od objektiva) i kutnog povećanja okulara:

$$\Gamma_2 = \frac{b_2}{a_2} = \frac{25 \text{ cm}}{f_2} \quad (7)$$

gdje 25 cm predstavlja udaljenost jasnog vida.



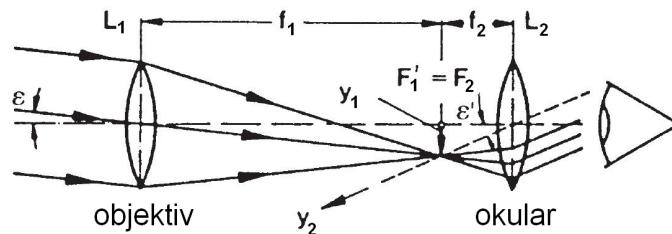
Slika 3: Mikroskop.

Teleskop

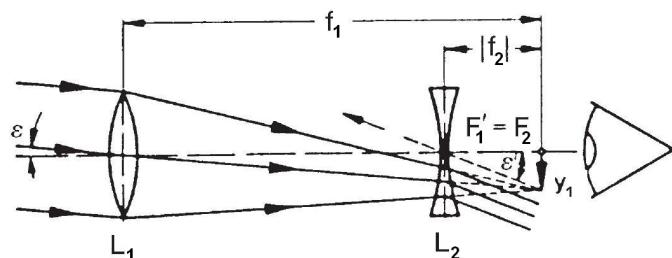
Teleskop je optički sustav u principu sastavljen od dvije leće, objektiva i okulara, namijenjen za promatranje udaljenih predmeta. Keplerov teleskop koristi dvije konvergentne leće razmaknute za $f_1 + f_2$, a Galilejev teleskop koristi jednu konvergentnu i jednu divergentnu leću na udaljenosti $f_1 + f_2 = f_1 - |f_2|$. Budući da je kutno povećanje u oba slučaja dano s:

$$\Gamma = \frac{f_1}{|f_2|} \quad (8)$$

zahtijeva se da je u oba slučaja $f_1 \gg f_2$ (Slike 4 i 5).



Slika 4: Keplerov teleskop.



Slika 5: Galilejev teleskop.

II. MJERNI UREĐAJ I MJERENJE



Slika 6: Leće i optički instrumenti.

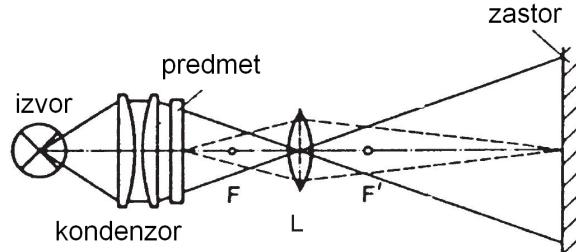
Mjerni uređaj na optičkoj klupi prikazan je na Slici 6. Sastoje se od izvora paralelnog snopa svjetlosti, nosača leća s predmetom i lećama te zastora. Također postoji jedan dijapozitiv, buha na objektnom stakalcu te zakretna ručka. Paralelni snop svjetlosti ostvaruje se pomoću svjetiljke i kondenzora ($f = +6 \text{ cm}$). (Po potrebi, stolna svjetiljka može poslužiti kao izvor svjetlosti.)

Pri određivanju žarišne daljine direktnom metodom predmet (zastor sa strelicom) se postavi na optičku klupu ispred kondenzora. Pomoću leće projicira se oštra slika na zastor postavljen na optičkoj klupi i određe se udaljenost a i b .

Kod Besselove metode izabere se udaljenost d između predmeta i zastora te se određe dva položaja leće za koje je slika na zastoru oštra. Mjeri se d te razmak e između dva položaja leće.

Projektor za dijapozitive se sastavlja prema Slici 7 koristeći konvergentnu leću $f = +10 \text{ cm}$.

Za mikroskop se upotrebljavaju leće $f_1 = +2 \text{ cm}$, $f_2 = +5 \text{ cm}$, za Keplerov teleskop leće $f_1 = +30 \text{ cm}$, $f_2 = +5 \text{ cm}$, a za Galilejev teleskop leće $f_1 = +30 \text{ cm}$, $f_2 = -5 \text{ cm}$. Za preciznije namještanje predmeta u odnosu na žarište objektiva mikroskopa koristi se zakretna ručka.



Slika 7: Dijaprojektor.

Zadaci

1. Pronađite oštru sliku predmeta na zastoru pomoću leće $f = +10 \text{ cm}$. Izmjerite a i b , procijenite nepouzdanosti i izračunajte f .
2. Za leću $f = +5 \text{ cm}$ izračunajte f Besselovom metodom.
3. Postavite projektor za dijapozitive, izračunajte povećanje i procijenite nepouzdanosti.
4. Postavite mikroskop, izračunajte povećanje i procijenite nepouzdanosti.
5. Postavite Keplerov ili Galilejev teleskop. Odredite kakva je slika udaljenog predmeta i što se s njom događa kada pomicate predmet.