

Zadatak GP6: Dva sočiva, žižnih daljina $f_1' = -f_1 = 30 \text{ mm}$ i $f_2' = -f_2 = 50 \text{ mm}$, čine složeni optički sistem (kod oba sočiva se glavne ravni međusobno poklapaju); optička dužina tubusa sistema je $t = 40 \text{ mm}$.

Grafičkim i analitičkim postupkom odrediti lik tačkastog predmeta (**P**) čiji je položaj definisan u koordinatnom sistemu žiže prvog sočiva koordinatama $(0, 30, -30)$:

- sukcesivnim preslikavanjem prvim pa drugim sočivom,
- preslikavanjem ekvivalentnim sistemom.

Rešenje GP6:

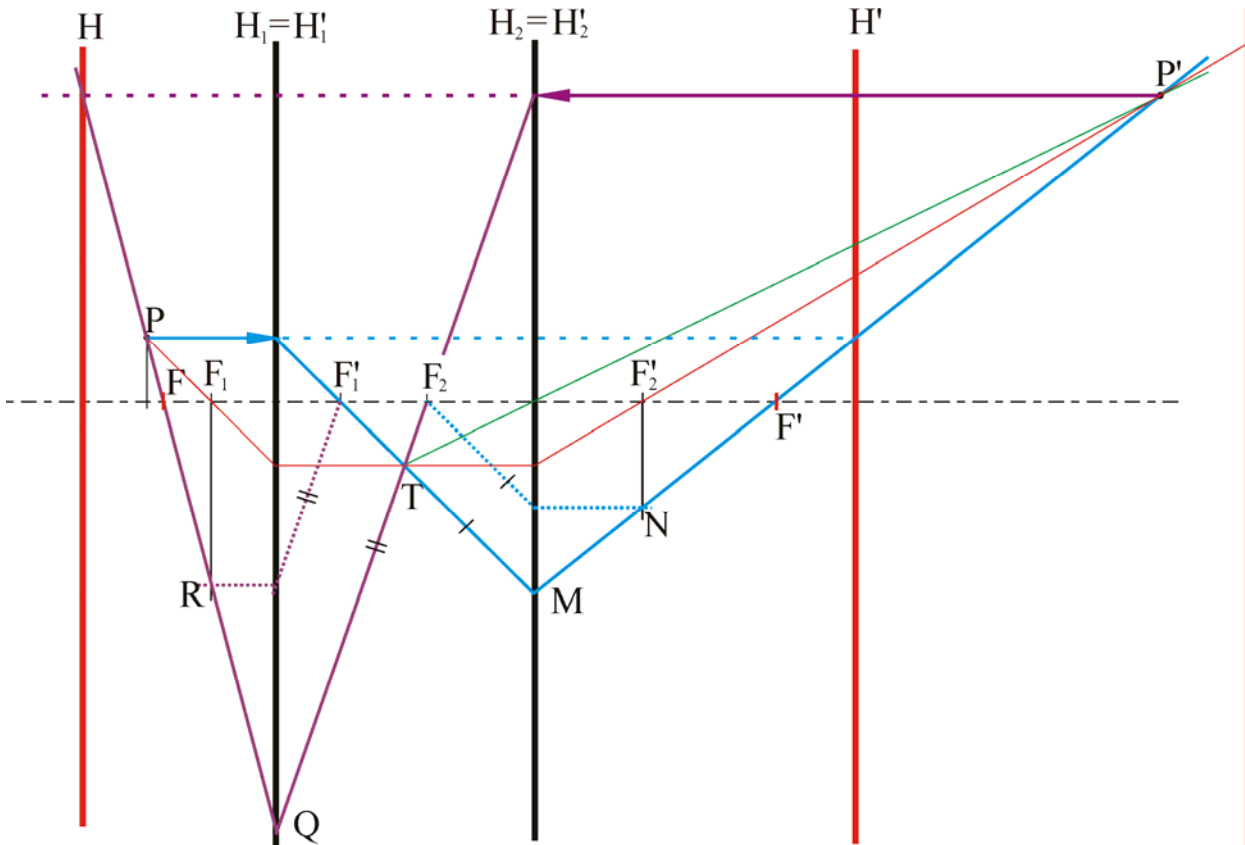
Grafički postupak

Koristeći zadate vrednosti treba najpre nacrtati glavne ravni oba sočiva i položaje žiža (slika GP6a), a zatim odrediti kardinalne tačke ekvivalentnog sistema.

Prvo sočivo prelama upadni zrak kroz tačku **P**, paralelan s optičkom osom, ka žiži F_1' . Ovaj zrak, na slici GP6a označen plavom bojom, prodire glavnu ravan drugog sočiva (H_2) u tački **M**. Drugo sočivo prelama zrak kroz prvu žižu (F_2), paralelan prethodnom zraku između sočiva, paralelno optičkoj osi (...). Ova dva zraka formiraju lik u žižnoj ravni oblasti lika drugog sočiva (u tački **N**) što nam omogućava da odredimo pravac plavog zraka iza drugog sočiva (**MN**). Pošto je upadni zrak paralelan sa optičkom osom, izlazni zrak prolazi kroz žižu oblasti lika ekvivalentnog sistema (F') odakle sledi da ova žiža leži u preseku pravca izlaznog zraka (**MN**) sa optičkom osom.

Geometrijsko produženje upadnog zraka, koji je paralelan sa optičkom osom, i njegov pravac nakon prolaza kroz oba sočiva seku se u tački koja leži u glavnoj ravni oblasti lika ekvivalentnog sistema (pošto je prema definiciji glavnih ravni $\beta'=1$) što nam omogućava da odredimo ovu glavnu ravan (H').

Kardinalne tačke oblasti objekta ekvivalentnog sistema određujemo povlačenjem upadnog zraka (paralelnog s optičkom osom) s desna na levo (na proizvoljnoj upadnoj visini); ovaj zrak je na slici GP6a označen ljubičastom bojom. Pošto drugo sočivo prelama ovaj zrak ka žiži F_2 , on prodire glavnu ravan prvog sočiva (H_1) u tački **Q**. Prvo sočivo prelama zrak kroz drugu žižu (F_1'), paralelan prethodnom zraku između sočiva, paralelno optičkoj osi (...). Ova dva zraka formiraju lik u žižnoj ravni oblasti objekta prvog sočiva (u tački **R**) što nam omogućava da odredimo pravac ljubičastog zraka ispred



Slika GP6a

prvog sočiva (**QR**). Pošto je upadni zrak paralelan sa optičkom osom, izlazni zrak prolazi kroz žižu oblasti objekta ekvivalentnog sistema (**F**) odakle sledi da ova žiža leži u preseku pravca izlaznog zraka (**QR**) sa optičkom osom.

Geometrijsko produženje ljubičastog upadnog zraka, koji je paralelan sa optičkom osom, i njegov pravac nakon prolaza kroz oba sočiva seku se u tački koja leži u glavnoj ravni oblasti objekta ekvivalentnog sistema što nam omogućava da odredimo ovu glavnu ravan (**H**). Na slici GP6a ljubičasti zrak slučajno prolazi kroz tačkasti objekt **P** što za određivanje kardinalnih tačaka oblasti objekta ekvivalentnog sistema nije od značaja.

a) Prvo sočivo prelama plavi zrak kroz tačku **P**, paralelan s optičkom osom, ka žiži **F₁'**, a crveni, kroz žižu **F₁**, prelama paralelno optičkoj osi, i u preseku prelomljenih zraka formira lik tačkastog predmeta (**T**). Kao provera tačnosti dobijenog lika može da posluži i činjenica da na slici GP6a kroz ovu tačku prolazi i ljubičasti zrak iz tačkastog predmeta.

Preslikavanjem ovoga lika kroz drugo sočivo, u preseku prelomljenog crvenog i plavog zraka, dobija se definitivni lik tačkastog predmeta (**P'**). Za određivanje ovog lika može se koristiti i zeleni zrak, kroz čvornu tačku (poklapa se sa glavnom tačkom **H₂**), koji ne menja pravac nakon prelamanja.

b) Isti položaj definitivnog lika dobija se i preslikavanjem ekvivalentnim sistemom, u preseku prelomljenog ljubičastog i plavog zraka. Ljubičasti upadni zrak, kroz prvu žižu **F**, ekvivalentni sistem prelama paralelno optičkoj osi, na visini, na kojoj upadni zrak kroz tačkasti predmet **P** prodire prvu glavnu ravan (**H**). Plavi upadni zrak, paralelan optičkoj osi, nakon prodora druge glavne ravni (**H'**), ekvivalentni sistem prelama ka drugoj žiži sistema (**F'**).

Analitički postupak (koordinatni sistem žiže)

a) Koordinate lika tačkastog objekta $\mathbf{P}(x_1, y_1, z_1)$, formiranog prvim sočivom su:

$$x'_1 = -\frac{x_1 \cdot f_1}{z_1} = 0$$

$$y'_1 = -\frac{y_1 \cdot f_1}{z_1} = -30 \text{ mm}$$

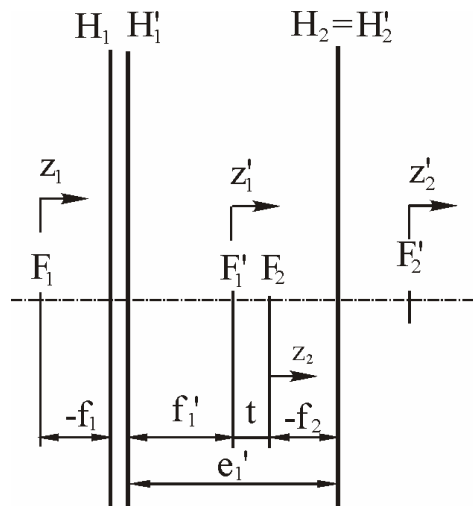
$$z'_1 = \frac{f_1 \cdot f'_1}{z_1} = 30 \text{ mm},$$

a preračunate u koordinatnom sistemu žiže \mathbf{F}_2 drugog sočiva (slika GP6b):

$$x_2 = x'_1 = 0$$

$$y_2 = y'_1 = -30 \text{ mm}$$

$$z_2 = z'_1 - t = -10 \text{ mm}.$$



Slika GP6b

Preslikavanjem ovoga lika kroz drugo sočivo dobija se definitivni lik tačkastog predmeta:

$$x'_2 = -\frac{x_2 \cdot f_2}{z_2} = 0 \text{ mm}$$

$$y'_2 = -\frac{y_2 \cdot f_2}{z_2} = 150 \text{ mm}$$

$$z'_2 = \frac{f'_2 \cdot f_2}{z_2} = 250 \text{ mm}.$$

b) Ukoliko se odrede položaji kardinalnih tačaka sistema kao celine:

$$f' = -\frac{f'_1 \cdot f'_2}{t} = -37,5 \text{ mm}$$

$$f = \frac{f_1 \cdot f_2}{t} = 37,5 \text{ mm}$$

$$e'_1 = f'_1 + t - f_2 = 120 \text{ mm}$$

$$a_{1H} = \frac{f_1 \cdot e'_1}{t} = -90 \text{ mm}$$

$$a'_{2H'} = \frac{f'_2 \cdot e'_1}{t} = 150 \text{ mm},$$

i preračunaju koordinate tačkastog predmeta u koordinatnom sistemu žiže ekvivalentnog sistema:

$$x = x_1 = 0$$

$$y = y_1 = 30 \text{ mm}$$

$$z - z_1 = -a_{1H} - f - (-f_1) \quad \Rightarrow \quad z = -a_{1H} - f + f_1 + z_1 = -7,5 \text{ mm},$$

ekvivalentnim, jednostrukim preslikavanjem dobijaju se koordinate lika:

$$x' = -\frac{x \cdot f}{z} = 0$$

$$y' = -\frac{y \cdot f}{z} = 150 \text{ mm}$$

$$z' = \frac{f \cdot f'}{z} = 187,5 \text{ mm}.$$

Koordinatu z' lika možemo da proverimo i preko relacije (donja slika na str. 46):

$$z'_2 - z' = a'_{2H'} - f'_2 + f' \quad \Rightarrow \quad z' = z'_2 - a'_{2H'} + f'_2 - f' = 187,5 \text{ mm}.$$