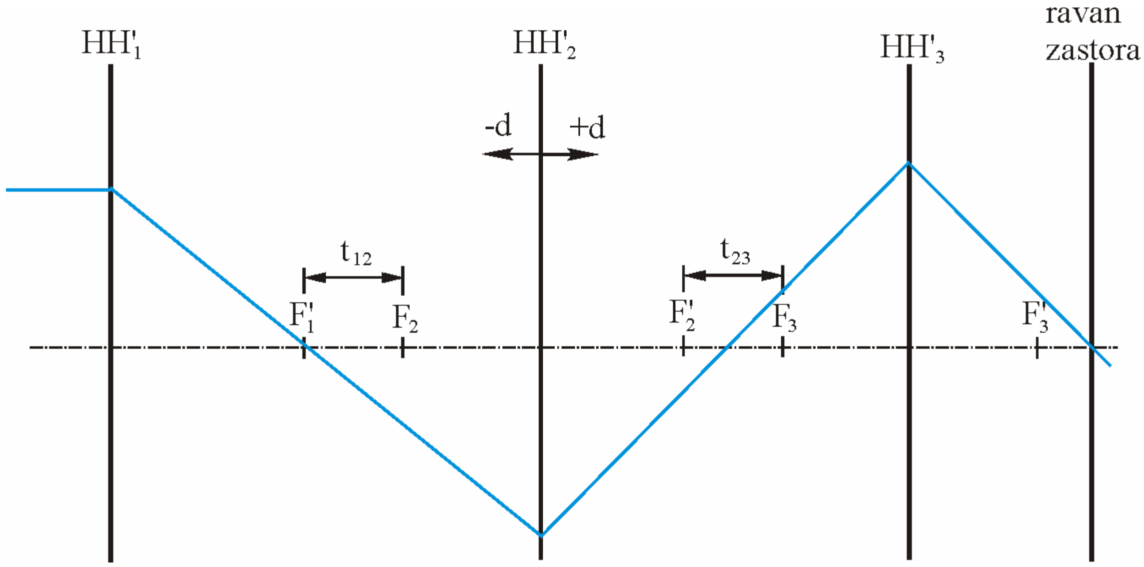
***Zadatak GP11**: Na slici je prikazan tročlani variosistem kod koga se položaj drugog sočiva može podešavati u odnosu na nepokretna sočiva (**1** i **3**) u opsegu ±**d**; položaj ravni zastora se poklapa sa Gausovom ravni lika za **d = 0**. Sva tri sočiva su tanka, žižnih daljina $f_1' = -f_1 = -20$ **mm**, $f_2' = -f_2 = 50$ **mm** i $f_3' = -f_3 = 40$ **mm**, a optičke dužine tubusa za **d = 0** su: $t_{12} = 40$ **mm** i $t_{23} = -22{,}5$ **mm**. Odrediti:*

*a) žižnu daljinu (**f '**) i položaje glavnih ravni ekvivalentnog sistema, kao funkcionalne zavisnosti od parametara sistema i pomeranja **d**,*

*b) položaj Gausove ravni lika za $s_1 = -\infty$ i odstupanje $\Delta z_3'$ od ravni zastora, kao funkcionalne zavisnosti od parametara sistema i pomeranja **d**,*

*c) vrednosti $\Delta z_3'$ i $\Delta f'$ za **d = -10 mm**, **d = -20 mm** i **d = -30 mm** i grafički prikazati funkcionalne zavisnosti $\Delta z_3'(d)$ i $\Delta f'(d)$.*



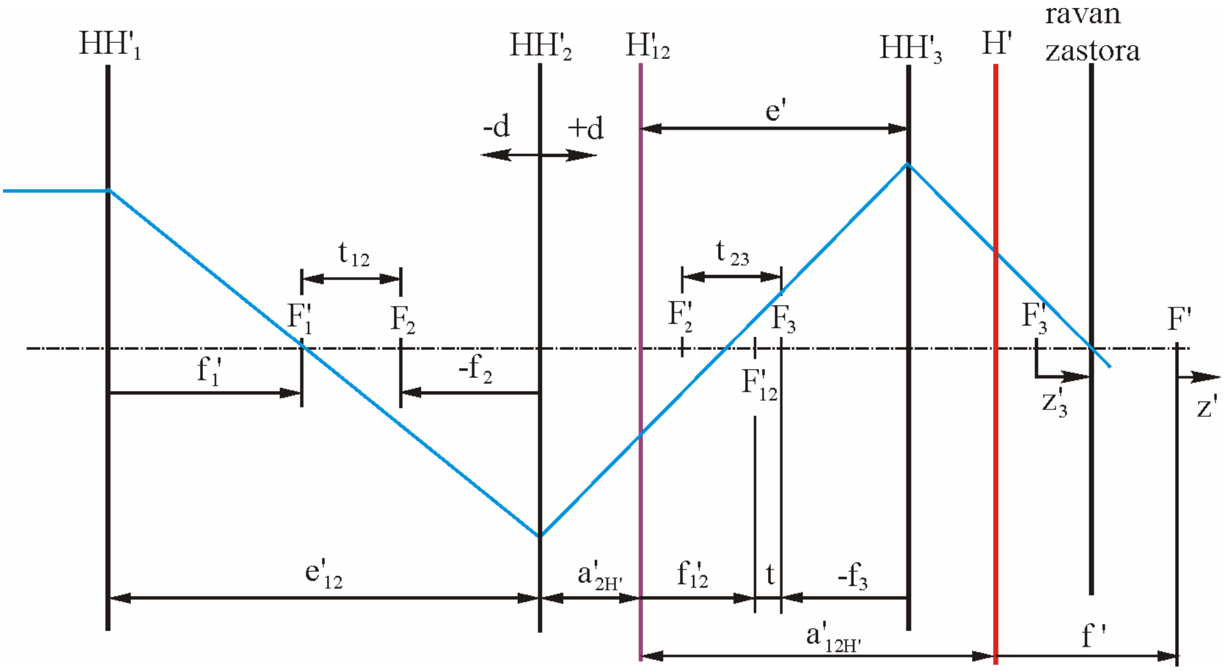
***Rešenje GP11**:*

a) Najpre treba odrediti kardinalne elemente ekvivalentnog sistema koji zamenjuje preslikavanje prvim i drugim sočivom. Žižne daljine ovog sistema određujemo relacijama (slika GP11a):

$$\mathbf{f_{12} = \frac{f_1 \cdot f_2}{t_{12} + d} = -\frac{1000}{40 + d}[mm]} \quad \text{i} \quad \mathbf{f_{12}' = -\frac{f_1' \cdot f_2'}{t_{12} + d} = \frac{1000}{40 + d}[mm]}.$$

Rastojanje između glavne ravni oblasti lika prvog sočiva ($\mathbf{H_1'}$) i glavne ravni oblasti objekta drugog sočiva ($\mathbf{H_2}$) iznosi:

$$\mathbf{e_{12}' = f_1' + t_{12} - f_2 = 70 + d}$$, pri čemu je **d[mm]**.



Slika GP11a

Položaj glavne tačke oblasti objekta ekvivalentnog sistema prva dva sočiva (**H₁₂**) u odnosu na glavnu tačku oblasti objekta prve prelamajuće površi (**H₁**) odredjuje relacija:

$$\mathbf{a_{1H} = \frac{f_1 \cdot e'_{12}}{t_{12} + d} = \frac{20 \cdot (70 + d)}{40 + d} [mm]},$$

a položaj glavne tačke oblasti lika ovog sistema (**H₁₂'**) u odnosu na glavnu tačku oblasti lika druge prelamajuće površi (**H₂'**) relacija:

$$\mathbf{a'_{2H'} = \frac{f'_2 \cdot e'_{12}}{t_{12} + d} = \frac{50 \cdot (70 + d)}{40 + d} [mm]}.$$

Ako ovaj ekvivalentni sistem (**H₁₂H₁₂'**) i treće sočivo posmatramo kao dvočlani optički sistem, optička dužina tubusa ovog sistema može da se odredi iz relacije (slika GP11a):

$$\mathbf{a'_{2H'} + f'_{12} + t = f'_2 + t_{23} - d}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{t = f'_2 + t_{23} - d - a'_{2H'} - f'_{12} = -\frac{d^2 + 62{,}5\,d + 3400}{40 + d} [mm]}.$$

Žižnu daljinu ekvivalentnog sistema (koji zamenjuje preslikavanje sva tri sočiva) u oblasti lika određuje relacija:

$$\mathbf{f' = -\frac{f'_{12} \cdot f'_3}{t} = \frac{40000}{d^2 + 62{,}5\,d + 3400} [mm]}.$$

Rastojanje izmedju glavne ravni oblasti lika ekvivalentnog sistema prva dva sočiva (**H₁₂'**) i glavne ravni oblasti objekta trećeg sočiva može se odrediti iz relacije:

$$\mathbf{a'_{2H'} + e' = f'_2 + t_{23} - d - f_3}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{e' = f'_2 + t_{23} - d - a'_{2H'} - f_3 = -\frac{d^2 + 22{,}5\,d + 800}{40 + d} [mm]}.$$

Položaj glavne ravni oblasti objekta ekvivalentnog sistema sva tri sočiva (**H**) u odnosu na glavnu ravan oblasti objekta ekvivalentnog sistema prva dva sočiva (**H₁₂**) odredjujemo relacijom:

$$\mathbf{a_{12H} = \frac{f_{12} \cdot e'}{t} = -\frac{d^2 + 22{,}5\,d + 800}{d^2 + 62{,}5\,d + 3400} \cdot \frac{1000}{40 + d}\,[mm]},$$

a položaj glavne ravni oblasti lika ekvivalentnog sistema sva tri sočiva (**H'**) u odnosu na glavnu ravan oblasti lika ekvivalentnog sistema prva dva sočiva ($\mathbf{H_{12}'}$) relacijom:

$$\mathbf{a'_{12H'} = \frac{f'_3 \cdot e'}{t} = 40 \cdot \frac{d^2 + 22{,}5\,d + 800}{d^2 + 62{,}5\,d + 3400}\,[mm]}.$$

b) Pošto je objekt u beskonačnosti ($\mathbf{s_1}$ = -∞), lik se poklapa za žižom oblasti lika ekvivalentnog sistema (**F'**). Zamenom $\mathbf{z' = 0}$ u relaciji (slika GP11a):

$$\mathbf{z'_3 - z' = a'_{12H'} - e' - f'_3 + f'}$$

dobija se položaj Gausove ravni lika u koordinatnom sistemu druge žiže trećeg sočiva:

$$\mathbf{z'_3 = a'_{12H'} - e' - f'_3 + f'}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{z'_3 = 40\,\frac{d^2 + 22{,}5\,d + 800}{d^2 + 62{,}5\,d + 3400} + \frac{d^2 + 22{,}5\,d + 800}{40 + d} - 40 + \frac{40000}{d^2 + 62{,}5\,d + 3400}\,[mm]}.$$

Odstupanje $\mathbf{\Delta z_3'}$ od ravni zastora može se odrediti kao odstupanje vrednosti koordinate $\mathbf{z'_3}$ u nekom od položaja drugog sočiva ($\mathbf{d \neq 0}$) u odnosu na početni položaj ($\mathbf{d = 0}$):

$$\mathbf{\Delta z'_3 = z'_3 - z'_{3(d=0)}}\,.$$

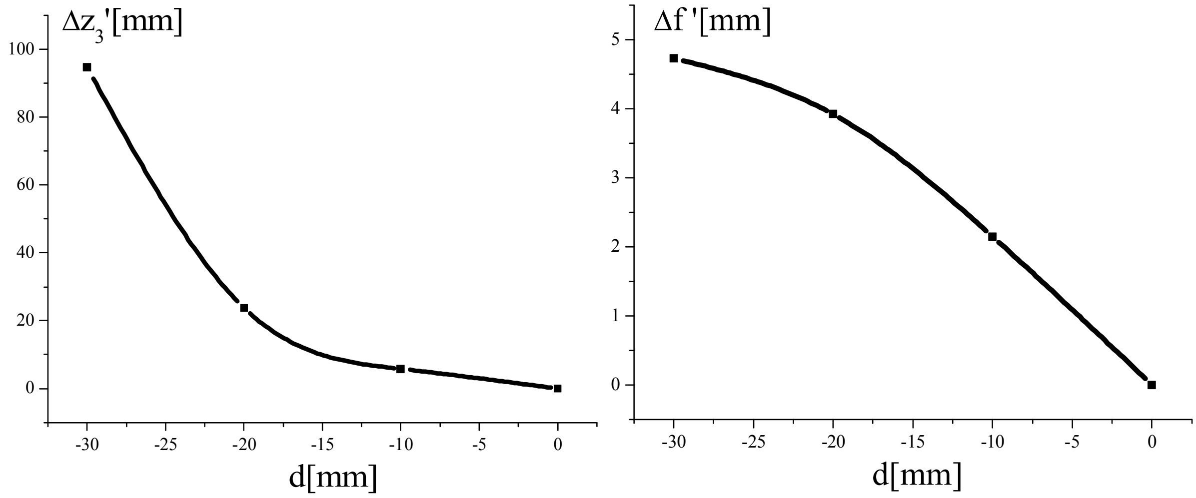
c) Odstupanje $\mathbf{\Delta f'}$ predstavlja odstupanje žižne daljine oblasti lika ekvivalentnog sistema u nekom od položaja drugog sočiva ($\mathbf{d \neq 0}$) u odnosu na početni položaj ($\mathbf{d = 0}$):

$$\mathbf{\Delta f' = f' - f'_{(d=0)}}\,.$$

Zamenom zadatih brojnih vrednosti u prethodnim relacijama dobija se:

	$\mathbf{z'_3}$ [mm]	**f '** [mm]	$\mathbf{\Delta\, z'_3}$ [mm]	**Δ f '** [mm]
d = 0	1,176	11,765	0	0
d = -10 mm	5,804	13,913	4,628	2,148
d = -20 mm	24,951	15,686	23,774	3,921
d = -30 mm	95,902	16,495	94,726	4,73

Na slici GP11b grafički su prikazane funkcionalne zavisnosti $\mathbf{\Delta z_3'(d)}$ i $\mathbf{\Delta f'(d)}$.



Δz3'[mm]
100
80
60
40
20
0
-30 -25 -20 -15 -10 -5 0
d[mm]
Δf '[mm]
5
4
3
2
1
0
-30 -25 -20 -15 -10 -5 0
d[mm]

Slika GP11b