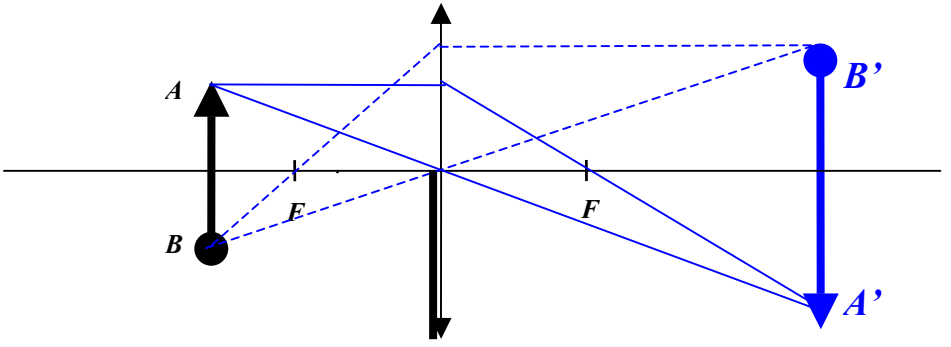
Zadanie 3. Soczewki *(12 pkt)*

Zadanie 3.1 *(2 pkt)*

Na rysunku poniżej przedstawiono świecący przedmiot **A-B** i soczewkę skupiającą, której dolną część zasłonięto nieprzezroczystą przesłoną. Uzupełnij rysunek, rysując bieg promieni pozwalający na **pełną konstrukcję** obrazu **A'-B'**.



Zadanie 3.2 *(4 pkt)*

Wykaż, wykonując odpowiednie obliczenia, że przy stałej odległości przedmiotu i ekranu $l = x + y$, spełniającej warunek $l > 4f$, istnieją dwa różne położenia soczewki pozwalające uzyskać ostre obrazy.

$\frac{1}{f}=\frac{1}{x}+\frac{1}{y}$ *oraz* $l=x+y \rightarrow x=l-y$ *zatem po podstawieniu:*

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{l-y}+\frac{1}{y} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{f}=\frac{l}{(l-y)\cdot y}$$

Po przekształceniu otrzymuję:

$$y^2-ly+l\cdot f=0$$

Równanie kwadratowe ma dwa różne rozwiązania (y_1 *oraz* y_2)*, gdy* $\Delta > 0$.
$\Delta = l^2 - 4l\cdot f$ *zatem musi być spełniony warunek* $l\cdot(l-4f)>0$, *który sprowadza się do warunku* $(l-4f)>0$, *ponieważ zgodnie z treścią zadania* $l > 0$.

Zatem $l > 4f$

Informacja do zadania 3.3 i 3.4

Zdolność skupiającą układu dwóch soczewek umieszczonych obok siebie można dokładnie obliczać ze wzoru

(1) $Z = Z_1 + Z_2 - d \cdot Z_1 \cdot Z_2$ gdzie d – odległość między soczewkami.

Dla dwóch soczewek położonych blisko siebie można zastosować uproszczony wzór

(2) $Z = Z_1 + Z_2$

Zadanie 3.3 *(2 pkt)*

W pewnym doświadczeniu użyto dwóch jednakowych soczewek o zdolnościach skupiających równych 20 dioptrii każda i umieszczonych w odległości 10 cm od siebie.

Wykaż, że jeżeli na układ soczewek, wzdłuż głównej osi optycznej, skierowano równoległą wiązkę światła, to średnica wiązki po przejściu przez układ soczewek nie uległa zmianie.

$$Z = Z_1 + Z_2 - d \cdot Z_1 \cdot Z_2$$

Po podstawieniu danych liczbowych:

$$Z = 20\frac{1}{\text{m}} + 20\frac{1}{\text{m}} - 0{,}1\text{m} \cdot 20\frac{1}{\text{m}} \cdot 20\frac{1}{\text{m}}$$

$Z = 0\frac{1}{\text{m}}$, *zatem układ soczewek nie zmienia biegu wiązki światła.*

Zadanie 3.4 *(4 pkt)*

Dwie jednakowe soczewki o zdolnościach skupiających 10 dioptrii każda umieszczono w powietrzu w odległości 1 cm od siebie.

Oszacuj bezwzględną (ΔZ) i względną ($\Delta Z/Z$) różnicę, jaką uzyskamy, stosując do obliczenia zdolności skupiającej układu soczewek uproszczony wzór (2) zamiast wzoru (1) w opisanej sytuacji.

$|\Delta Z| = |Z - Z'|$, *gdzie* $Z = Z_1 + Z_2 - d \cdot Z_1 \cdot Z_2$ *oraz* $Z' = Z_1 + Z_2$

$$Z = Z_1 + Z_2 - d \cdot Z_1 \cdot Z_2 \qquad Z' = Z_1 + Z_2$$

$$Z = 10\frac{1}{\text{m}} + 10\frac{1}{\text{m}} - 0{,}01\text{m} \cdot 10\frac{1}{\text{m}} \cdot 10\frac{1}{\text{m}} \qquad Z' = 10\frac{1}{\text{m}} + 10\frac{1}{\text{m}}$$

$$Z = 19\frac{1}{\text{m}} \qquad Z' = 20\frac{1}{\text{m}}$$

Różnica bezwzględna: *Różnica względna:*

$$|\Delta Z| = \left|19\frac{1}{\text{m}} - 20\frac{1}{\text{m}}\right| \quad |\Delta Z| = 1\frac{1}{\text{m}} \qquad \left|\frac{\Delta Z}{Z}\right| = \frac{1\frac{1}{\text{m}}}{19\frac{1}{\text{m}}} \qquad \left|\frac{\Delta Z}{Z}\right| = \frac{1}{19}$$