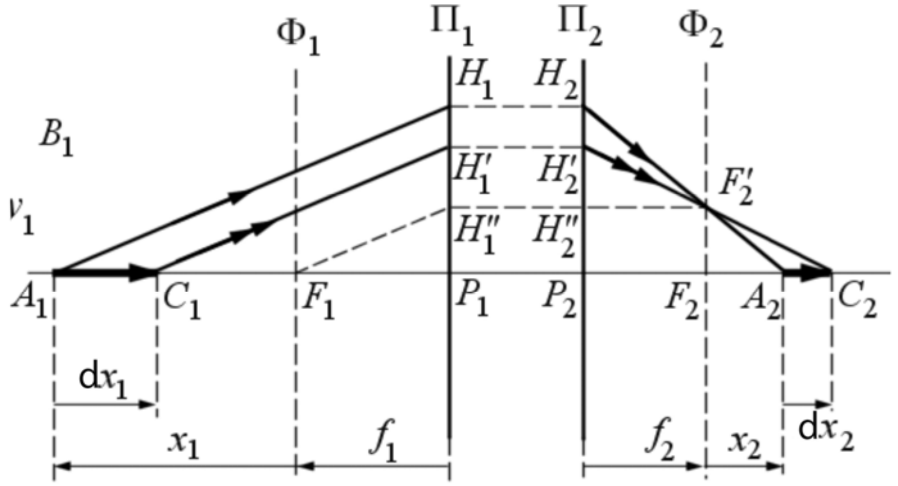
Centrált rendszerek

II. rész

5. A transzverzális és tengelymenti vonalas nagyítások kapcsolata

Egy tengelymenti tárgy és képének mérete között a μ *tengelymenti* vagy *mélységbeli vonalas nagyítás* teremt kapcsolatot. Legyen az optikai tengelyen fekvő kicsiny tárgy A_1C_1. Sztigmatikus leképezéskor ennek A_2C_2 képe szintén az optikai tengelyen keletkezik. A képszerkesztés egyik lehetséges változatát a 2. ábra mutatja.

Az A_1 és C_1 tárgypontokból, valamint az F_1 tárgytéri gyújtópontból húzzunk egymással párhuzamos sugarakat. Ezek a tárgytéri fősíkot a H_1, H_1' és H_1'' pontokban metszik, melyek képtéri konjugáltjai a H_2, H_2' és H_2'' pontok. Ezen pontokból kiinduló konjugált sugarak az F_2' mellékfókuszban kell találkozzanak. Innen továbbhaladva a H_2F_2' és $H_2'F_2'$ sugarak az optikai tengelyt az A_2 és C_2 pontokban metszik, meghatározva az A_1C_1 tárgy A_2C_2 képét. A két szakasz aránya adja meg a *tengelymenti (mélységbeli) vonalas nagyítást.*



2. ábra

Ha dx_1 –gyel jelöljük a tárgy nagyságát és dx_2 -vel a képét, akkor a

$$\mu = \frac{dx_2}{dx_1} \tag{5.1}$$

tengelymenti vonalas nagyítás kiszámítható a (4.2) Newton-képlet differenciálásával, tekintettel arra, hogy a C_1 pont tárgytávolsága a tárgy dx_1 lineáris méretével egyenlő mennyiséggel különbözik az A_1 tárgypont tárgytávolságától és a C_2 képtávolsága dx_2 mennyiséggel az A_2 képpont képtávolságától. A Newton-képlet

$$x_1 dx_2 + x_2 dx_1 = 0$$

differenciált alakjából rögtön adódik

$$\mu = \frac{dx_2}{dx_1} = -\frac{x_2}{x_1} \tag{5.2}$$

Alakítsuk át ezt az eredményt, felhasználva a távolságok között fennálló (4.3) kapcsolatokat, melyek alapján írhatjuk:

$$\mu = -\frac{p_2 - f_2}{p_1 - f_1} = -\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{1 - \dfrac{f_2}{p_2}}{1 - \dfrac{f_1}{p_1}}$$

Ezt a (4.4) képalkotási egyenlet értelmében még

$$\mu = -\frac{f_1 p_2^2}{f_2 p_1^2} \tag{5.3}$$

alakra is hozhatjuk. Az (5.3) képlettel a tengelymenti vonalas nagyítást a p_1 és p_2 távolságokkal tudjuk meghatározni.

Számítsuk most ki a szögnagyítás és mélységbeli vonalas nagyítás szorzatát. Felhasználva a (4.6) (5.2) és (4.1) összefüggéseket a nagyítások között a

$$G \cdot \mu = -\frac{x_2}{x_1} \cdot \frac{x_1}{f_2} = -\frac{x_2}{f_2} = \gamma \tag{5.4}$$

kapcsolatot kapjuk, melybe ha behelyettesítjük a szögnagyítás (4.5) és a mélységbeli vonalas nagyítás (5.3) kifejezéseit, a transzverzális vonalas nagyítás

$$\gamma = -\frac{f_1 p_2}{f_2 p_1} \tag{5.5}$$

kifejezéséhez jutunk. Összehasonlítva ezt az eredményt (5.3)-al levonhatjuk a következtetést, hogy a transzverzális és mélységbeli vonalas nagyítás általában nem egyenlő egymással, s így nem kaphatunk még tökéletes rendszereknél sem térbeli tárgyról a tárgyhoz teljesen hasonló képet.

6. Ellentett fősíkok

A fő- illetve gyújtósíkokhoz viszonyítva újabb kardinális elemek helyét is meghatározhatjuk. Leképezési feladatok megoldásánál gyakran hasznos az ellentett fősíkok helyzetének ismerete. *Ellentett fősíkoknak* nevezzük azt az optikai tengelyre merőleges két konjugált síkot, amelyeknek $\gamma = -1$ transzverzális vonalas nagyítás felel meg. Ennek értelmében a $\overline{\Pi}_1$ tárgytéri ellentett fősíkban található tárgynak vele egyenlő nagyságú, de fordított állású kép felel meg a $\overline{\Pi}_2$ képtéri ellentett fősíkban. Az ellentett fősíkok az optikai tengelyt a $\overline{P}_1$ és $\overline{P}_2$ *ellentett főpontokban* metszik.

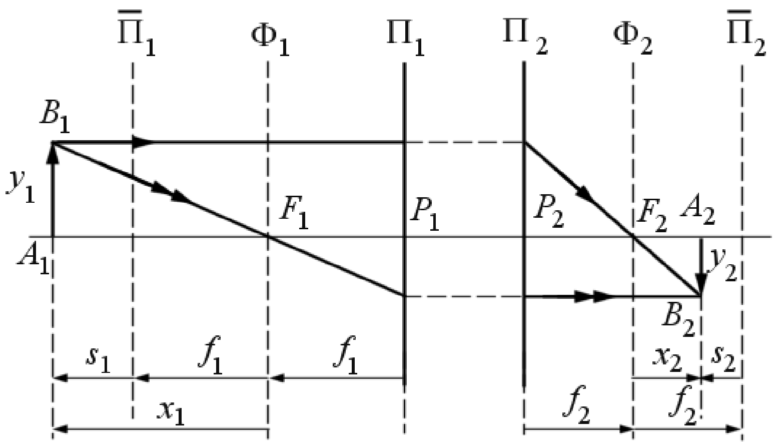
Meghatározásuk értelmében az $F_1\overline{P}_1$ és $F_2\overline{P}_2$ konjugált szakaszok ki kell elégítsék a (4.1) összefüggést $\gamma = -1$ értékére. Így az ellentett fősíkoknak a gyújtósíkoktól mért távolságára az

$$F_1\overline{P}_1 = f_1 \tag{6.1.a}$$

és

$$F_2\overline{P}_2 = f_2 \tag{6.1b}$$

adódik, melynek értelmében az ellentett fősíkok a megfelelő gyújtósíkokhoz viszonyítva a hozzájuk tartozó fősíkokkal szimmetrikusan helyezkednek el (3. ábra). Alkalmazva ezt egyszerű optikai eszközökre, levonhatjuk a következtetést, hogy a gömbtükrök ellentett főpontjai a görbületi középpontban találhatóak, míg vékony lencsék esetében a lencse két oldalán, kétszeres gyújtótávolságra a lencsétől.



3. ábra

Mint ismeretes, ezekre a helyzetekre alkotnak a fentebbi eszközök fordított állású, a tárggyal megegyező nagyságú képet.

Az ellentett fősíkok is használhatók vonatkoztatási síkokként. Jelöljük ekkor a tárgy- és képtávolságokat s_1-gyel, illetve s_2-vel. A 3. ábra alapján

$$x_1 = f_1 + s_1 \tag{6.2.a}$$

és

$$x_2 = f_2 + s_2 \tag{6.2.b}$$

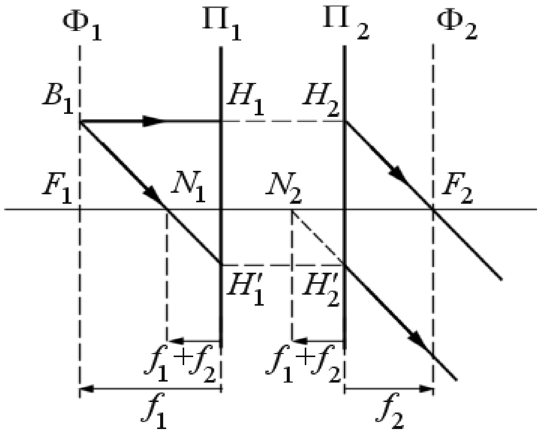
Ezeket behelyettesítve a (4.2) Newton-képletbe és hasonlóan eljárva, mint a (4.4) egyenlet levezetésénél, az

$$\frac{f_1}{s_1}+\frac{f_2}{s_2}=-1 \tag{6.3}$$

képalkotási egyenletet kapjuk.

7. Csomópontok és az optikai középpont

A centrált rendszerek esetében található az optikai tengelyen két olyan pont, amelyek egymásnak konjugáltjai és $G=+1$ szögnagyítás felel meg nekik. Ezeket *csomópontoknak* nevezzük. Jelentésük, hogy az optikai tengelyt az N_1 tárgytéri csomópontban α szög alatt metsző sugár konjugáltja a képtérben az optikai tengelyt az N_2 képtéri csomópontban szintén α szög alatt metszi, s így párhuzamos a tárgytéri sugárral (4. ábra).



4. ábra

A csomópontok helyzetének meghatározására helyettesítsük be a szögnagyítás (4.5) kifejezésébe a $G=+1$ értéknek megfelelő $p_1=P_1N_1$ és $p_2=P_2N_2$ konjugált távolságokat. Eredményül

$$P_1N_1=P_2N_2$$

egyenlőséghez jutunk, s így a (4.4) képalkotási egyenlet értelmében a csomópontoknak a főpontoktól mért távolságára

$$P_1N_1=P_2N_2=f_1+f_2 \tag{7.1}$$

adódik. A csomópontokat a 4. ábrát követve tudjuk megszerkeszteni.

A tárgytéri gyújtósík B_1 pontjából húzzunk az optikai tengellyel párhuzamos sugarat. Ez a fősíkot a H_1 pontban metszi, melynek konjugáltja a képtéri fősík H_2 pontja. A B_1H_1 sugár konjugáltja a H_2F_2 képtéri gyújtóponton áthaladó sugár. Most szerkesszük meg a tárgytérben a B_1 mellékfókuszból kiinduló és a H_2F_2 sugárral párhuzamos sugarat. Ez a tárgytéri fősíkot a H_1' pontban, az optikai tengelyt pedig az N_1 pontban metszi. A H_1' pont képtéri konjugáltja a H_2' pont. A B_1H_1' sugár képtéri konjugáltja át kell menjen a H_2' ponton, és párhuzamosan kell haladjon a H_2F_2 sugárral, mivel ezek azonos tárgytéri mellékfókuszon átmenő sugarak konjugáltjai. Jelöljük ennek a sugárnak a metszéspontját az optikai tengellyel N_2-vel. A fentiek alapján a B_1N_1 és N_2H' sugarak egymással párhuzamosak, így az N_1 és N_2 pontok eleget tesznek a csomópontokra kirótt feltételnek. Mind a csomópontok helyzetét meghatározó (7.1) összefüggésből, mind a szerkesztésből következik, hogy a csomópontok a hozzájuk tartozó fősíkoktól azonos távolságra és irányban helyezkednek el. Ezért, ha egy centrált rendszer fősíkjai, tehát főpontjai egybeesnek, a csomópontok is egybe fognak esni. Ennek egyenes következménye, hogy az egybeeső csomópontokon a fénysugarak töretlenül haladnak át. Az egybeeső csomópontokat a rendszer *optikai középpontjának* nevezzük. A gyakorlatban eléggé elterjedtek az optikai középponttal rendelkező rendszerek.

A gömb törőfelület és gömbtükrök esetében a fősíkok egybeestek, ezért ezek optikai középponttal rendelkező rendszerek. Optikai középpontjuk a görbületi középpontban található. Vékony lencsék esetében a gömb törőfelületek tetőpontjai, így a főpontok is egybeesnek, tehát a vékony lencsék is rendelkeznek optikai középponttal, amely (7.1) értelmében egybeesik a közös főpontokkal. Ezért lehet a vékony lencséknek az optikai tengelyre merőleges egyenes szakasszal való ábrázolásakor az O metszésponton áthaladó sugarat törésmentesen rajzolni.

Karácsony János

Miért lettem fizikus?

VI. rész

Interjúalanyunk Dr. Lázár Zsolt, a kolozsvári Babeş–Bolyai Tudományegyetem Fizika Karának adjunktusa. Ugyanezen a karon szerzett oklevelével a norvég bergeni egyetemen mesterizett és doktorált. Már fizika oktatóként informatika képzésben is részesült a BBTE-n.

Mi adta az indíttatást, hogy a fizikusi pályára lépj?

A természettudományokhoz való viszonyulásomat nagymértékben meghatározta az a maradéktalanul koherens értékrend, amibe beleszülettem. Édesapámról, maga is fizikus, a természettudományok és a matematika szeretete ragadt rám, míg édesanyám