Elismerései: 1962-ben tanügyminisztériumi kutatási díjat kapott, 2001-ben tevékenységét Vermes Miklós-díjjal jutalmazták. Szerteágazó tudományos és tudománynépszerűsítő munkásságáért az EMT vezetősége 2015-ben Pro Scientia Transsylvanica-díjjal jutalmazta.

2017. június 4-én este, életének 88. évében csendesen áthajózott az öröklétbe. Nyugodjék békében! Emlékét megőrizzük!

Kása Zoltán

tudod-e?

Centrált rendszerek

I. rész

A geometriai optika keretei között paraxiális közelítésben tárgyaljuk a gömb törőfelületet, gömbtükröket, valamint a vékony lencséket. Közös jellemzőjük, hogy mindegyikük rendelkezik optikai főtengellyel, amely egyben leképezésük szimmetriatengelye. Az optikai eszközök, melyek képalkotó elemei között megtaláljuk a fentebb említetteket, szintén tengelyszimmetrikus leképezést valósítanak meg. A gyakorlatban tehát kitüntetett szerepe van az ilyen leképezésnek. A tengelyszimmetrikus leképezést megvalósító rendszereket *centrált rendszereknek*, míg a leképezés szimmetriatengelyét a centrált rendszer *optikai tengelyének* nevezzük.

Az optikai eszközök a valóságban meglehetősen bonyolult, összetett rendszerek. Tárgyalásuk során gyakran egyszerűsítő feltételekkel élünk. Például objektívjeiket, okulárjaikat egyszerűen vékony lencséknek tekintjük, holott a valóságban ezek több, vastag lencséből álló leképező eszközök. Pontosabban eljárva megszerkeszthetjük és számítással is meghatározhatjuk a sugármenetet a tárgytól a végső képig, követve, hogyan halad keresztül a fénysugár egy nagyszámú visszaverő és törőfelületből álló rendszeren. Mindegyik törőfelületet, lencsét, tükröt külön-külön kell tárgyalnunk, követve azt az elvet, hogy egy előző optikai eszköz által alkotott kép tárgy a következő számára. Ez nem megvalósíthatatlan feladat, de mind a képszerkesztés, mind a képalkotási egyenletek megoldása általában hosszadalmas (nem feltétlenül nehéz) munkát igényel. Felvetődik a kérdés, hogy nem lehetne-e ezt a nagyszámú egyszerű összetevőt úgy helyettesíteni, hogy az ismert egyszerű szabályokat, vagy ezekhez hasonlókat tudjunk használni. Erre ad választ a centrált rendszerek általános elmélete felhasználva a leképezés szempontjából kitüntetett szereppel bíró, a leképezés tárgyalását leegyszerűsítő kardinális elemeket.

Centrált rendszerek kardinális elemei

Kardinális elemeknek nevezzük a leképezés szempontjából kitüntetett szerepet betöltő elemeket. Ilyenek például a jól ismert gyújtópontok és gyújtósíkok, melyek nagymértékben leegyszerűsítik a leképezési feladatok megoldását. Ezek a centrált rendszerek általános tárgyalásánál is megtartják tulajdonságaikat és kitüntetett szerepüket, a legfontosabb kardinális elemek közé tartoznak. Milyen más kardinális elemekkel találkozunk a centrált rendszerek általános tárgyalásakor?

1. Optikai tengely

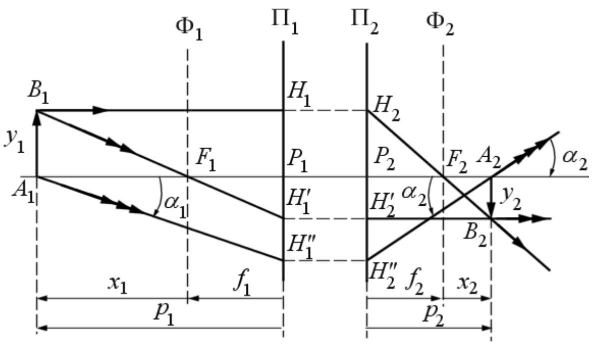
A centrált rendszerek kardinális egyenese az *optikai tengely*. Sztigmatikus (pontszerű) leképezés esetén a tárgytér és a képtér elemei között kölcsönös és egyértelmű megfeleltetés van, ezért az egymásnak megfelelő tárgytéri és képtéri elemeket konjugált elemeknek nevezzük. Az optikai tengely szimmetriatulajdonságából következik, hogy önmaga konjugáltja. A gömb törőfelület, gömbtükör és vékony lencsék esetében nem csak az optikai főtengely rendelkezik az optikai tengelyt jellemző tulajdonsággal (önmaga konjugáltja). A gömb törőfelület és gömbtükör esetében minden, a geometriai sugár mentén haladó fénysugár, míg a vékony lencséknél minden, az optikai középponton átmenő sugár rendelkezik azzal a tulajdonsággal, hogy egybeesik önmaga konjugáltjával. Ezért nevezzük ezeket optikai melléktengelyeknek. Leszámítva a fentebbi sajátságos eseteket, általános esetben a centrált rendszerek csak egyetlen optikai tengellyel rendelkeznek, így szükségtelen az optikai főtengely elnevezés használata. Az optikai tengely szimmetriatulajdonságaiból szintén következik, hogy egy, az optikai tengelyre merőleges sík konjugáltja egy, az optikai tengelyre merőleges sík.

2. Fősíkok és főpontok

A gömb törőfelület esetén a határfelületen (a két különböző törésmutatójú közeget elválasztó gömbsüvegen) található minden pont egyszerre mind a két közegben levőnek tekinthető, s így a gömb törőfelület a határfelületen levő pontokat önmagukba képezi le. A gömbsüveg paraxiális része jó közelítéssel síknak tekinthető. Ezért a tárgytérben a határoló felületen található, az optikai főtengelyre merőleges tárgy képe ugyanolyan nagyságú, az optikai tengelyre merőleges szakasz. Tehát ezt a tárgyat a gömb törőfelület $\gamma = \dfrac{y_2}{y_1} = +1$ transzverzális – az optikai tengelyre merőleges irányban mért – vonalas nagyítással képezte le. Hasonló megállapítást tehetünk a gömbtükrök, illetve vékony lencsék leképezésével kapcsolatban is. Ezeknél az egyszerű optikai eszközöknél is létezett egy konjugált síkpár (a gömbtükör felülete, illetve a vékony lencse egybeeső két oldala), melyekre a $\gamma = +1$ lineáris transzverzális nagyítás jellemző. A geometriai térben e síkpár két eleme egybeesik, tőlük mérjük a gyújtótávolságokat (tárgytérben a tárgytérit, képtérben a képtérit) és használjuk vonatkoztatási síkoknak a képalkotási egyenleteknél. Annak a síkpárnak, amelynek $\gamma = +1$ lineáris transzverzális nagyítás felel meg, a centrált rendszerek általános tárgyalásakor is kitüntetett szerepe van. Ezeket *fősíkoknak*, míg metszéspontjaikat az optikai tengellyel *főpontoknak* nevezzük. A Π_1 *tárgytéri fősíkban* elhelyezkedő, az optikai tengelyre merőleges tárgynak a Π_2 *képtéri fősíkban* a tárggyal egybevágó és vele azonos irányítású (egyenes állású) kép felel meg. Az egyszerű rendszerekhez hasonlóan a P_1 *tárgytéri főponttól* az F_1 tárgytéri gyújtópontig mérjük a tárgytéri gyújtótávolságot és a P_2 *képtéri főponttól* a hozzá tartozó gyújtópontig a képtéri gyújtótávolságot.

3. Képszerkesztés a fő- és gyújtósíkokkal

Ismerve a fő- és gyújtósíkok, illetve a nekik megfelelő fő- és gyújtópontok helyzetét, könnyen megszerkeszthetjük az optikai tengelyre merőleges A_1B_1 tárgy A_2B_2 képét. Sztigmatikus képalkotás esetén nyilvánvaló, hogy konjugált sugarak konjugált pontokon kell keresztül haladjanak. Az is nyilvánvaló, hogy – mind a tárgytérben, mind a képtérben – egy sugár meghatározásához két pont, míg egy pont meghatározásához két sugár szükséges és elégséges. A képszerkesztésben olyan, úgynevezett szerkesztési sugarakat használunk, amelyek képtéri konjugáltja ismert (1 ábra).



1. ábra

A B_1 tárgypont képének megszerkesztésekor a B_1-ből kiinduló, a tárgytérben az optikai tengellyel párhuzamosan haladó, valamint az F_1 tárgytéri gyújtóponton átmenő szerkesztési sugarakat használjuk. Az elsőnek említett sugár a Π_1 fősíkot a H_1 pontban metszi. Ennek a pontnak a konjugáltját ismerjük. Ez a Π_2 fősík H_2 pontja, amely teljesíti a $P_1H_1 = P_2H_2$ feltételt. Az előzőek alapján a B_1H_1 sugár konjugáltja a H_2F_2 képtéri sugár, mivel át kell haladjon az F_2 képtéri gyújtóponton.

Messe a B_1F_1 sugár a Π_1 fősíkot a H_1' pontban. Ennek konjugáltja a Π_2 fősík azon H_2' pontja, amelyre $H_2'P_2 = H_1'P_1$. Így a B_1F_1 sugár képtéri konjugáltja az optikai tengellyel párhuzamosan haladó $H_2'B_2$ sugár. Ez a H_2F_2 sugarat a B_2 pontban metszi, meghatározva a B_1 pont B_2 konjugáltját (képét).

Tekintettel arra, hogy az A_1B_1 tárgy az optikai tengelyre merőleges síkban található, képének szintén az optikai tengelyre merőleges síkban kell elhelyezkednie. Merőlegest bocsátva az optikai tengelyre a B_2 képpontból, meghatároztuk az A_1 tárgypont A_2 képét is, tehát a tetszőleges A_1B_1 tárgy képének helyét, irányítását és nagyságát. Levonhatjuk azt a fontos következtetést, hogy amennyiben egy centrált rendszer fő és gyújtósíkjai ismertek, a rendszer a képalkotás szempontjából egyértelműen meghatározott.

4. A képalkotási egyenlet

Az A_2B_2 képre vonatkozó adatokat számítás útján is meghatározhatjuk. Használjuk az 1. ábra jelöléseit. A tárgy és kép helyzetét határozzuk meg a megfelelő gyújtópontoktól mért $F_1A_1 = x_1$ *tárgytávolsággal* és az $F_2A_2 = x_2$ *képtávolsággal.* (Vigyázat, irányított szakaszok, alkalmazzuk rájuk az ún. geometriai előjelszabályt, melynek értelmében a fény terjedési irányával megegyező irányú távolságot pozitívnak, míg az ellentétes irányításút negatívnak tekintjük. Szintén pozitívnak vesszük a lentről felfelé haladó irányt. A szögek mérésénél a trigonometriai irányt vesszük pozitívnak)

A tárgy méretét az $A_1B_1 = y_1$, a képét az $A_2B_2 = y_2$ irányított szakaszokkal jellemezzük.

Az ábra alapján az $F_1P_1H'_{1\Delta} \sim F_1A_1B_{1\Delta}$, valamint az $F_2P_2H_{2\Delta} \sim F_2A_2B_{2\Delta}$ hasonló háromszögek megfelelő oldalai nagyságának arányaiból következik, hogy a γ transzverzális vonalas nagyítás értéke:

$$\gamma = \frac{y_2}{y_1} = -\frac{f_1}{x_1} = -\frac{x_2}{f_2} \tag{4.1}$$

illetve, a képtávolságokra a Newton-képletnek nevezett képalkotási egyenlet:

$$x_1 \cdot x_2 = f_1 \cdot f_2 \tag{4.2}$$

Nézzük meg a továbbiakban hogyan alakul a képalkotási egyenlet, ha viszonyítási síkként a fősíkokat választjuk. Bevezetve a $p_1 = P_1A_1$ és $p_2 = P_2A_2$ jelöléseket, és nem tévesztve szem elől a szakaszok irányítottságát, az ábra alapján írhatjuk:

$$x_1 = p_1 - f_1 \tag{4.3.a}$$

$$x_2 = p_2 - f_2 \tag{4.3.b}$$

Behelyettesítve a (4.3) kifejezéseket a (4.2) egyenletbe, kapjuk:

$$(p_1 - f_1)(p_2 - f_2) = f_1 f_2,$$

ahonnan a zárójelek felbontása, majd p_1p_2 -vel való osztás után a képalkotási egyenlet

$$\frac{f_1}{p_1} + \frac{f_2}{p_2} = 1 \tag{4.4}$$

alakra hozható.

Tökéletes képalkotás esetén egy leképező rendszer torzításmentes leképezést kell adjon. Ennek nyilvánvaló feltétele, hogy az optikai tengelyre merőleges síkbeli tárgyat állandó transzverzális nagyítással és $G = \mathrm{tg}\alpha_2 / \mathrm{tg}\alpha_1$ (α_1 és α_2 konjugált szögek) állandó *szögaránnyal* kell leképeznie. Ezen utóbbi kifejezésének meghatározására húzzuk meg az A_1 tárgypontból az optikai tengellyel α_1 szöget bezáró sugarat. Ez a Π_1 fősíkot a H''_1 pontban metszi. Ennek a pontnak képtéri konjugáltja a Π_2 képtéri fősík H''_2 pontja, s így az $A_1H''_1$ sugár konjugáltja a H''_2A_2 sugár, amely az optikai tengellyel együttesen az α_1 szög α_2 konjugáltját határozza meg. Az 1. ábra alapján

$$\mathrm{tg}(-\alpha_1) = \frac{-P_1H''_1}{-p_1}$$

Figyelembe véve, hogy az α szögek 90°-nál kisebbek, ezért $\mathrm{tg}(-\alpha_1) = -\mathrm{tg}\alpha_1$, így írhatjuk

$$\mathrm{tg}\alpha_1 = -\frac{P_1H''_1}{p_1}$$

és

$$\mathrm{tg}\alpha_2 = -\frac{P_2 H_2''}{p_2}$$

ahonnan, felhasználva, hogy $P_1 H_1'' = P_2 H_2''$, a G szögviszonyra a

$$G = \frac{\mathrm{tg}\alpha_2}{\mathrm{tg}\alpha_1} = \frac{p_1}{p_2} \qquad (4.5)$$

kifejezés adódik.

Áttérhetünk a szögviszonyt megadó összefüggésben az x_1 és x_2 távolságok használatára is a (4.3) relációk és a Newton-képlet alapján:

$$G = \frac{x_1 + f_1}{x_2 + f_2} = \frac{x_1(1 + f_1/x_1)}{f_2(1 + x_2/f_2)} = \frac{x_1}{f_2} = \frac{f_1}{x_2} \qquad (4.6)$$

Karácsony János

Miért lettem fizikus?

V. rész

Interjúalanyunk *Dr. Sárközi Zsuzsa*, a kolozsvári Babeş–Bolyai Tudományegyetem Fizika Karának adjunktusa, a nagy sikernek örvendő *Kísérletszombatok* fő szervezője, a *Fizika Szakkollégium* vezetője és a fizika népszerűsítését célul kitűző *EmpirX Egyesület* egyik alapító tagja.

Mi adta az indíttatást, hogy a fizikusi pályára lépj?

Sokminden. Édesanyám szerint, biztos ő „programozta", hisz terhessége alatt Marie Curie életét olvasta. De a viccet félretéve, mindig volt egy reál-légkör körülöttem otthon, főleg édesapám miatt, akitől ajándékként mindig valami tudományosat kaptam (optikai összerakosgatót, házitelefont, forrasztgatós elektronikai játékot). Tinédzserként viszont még eszem ágában sem volt fizikusnak lenni, a gyógyszerészi - gyógyszerkutatói pályán gondolkodtam. Sőt, a fizikát nagyon nem értettem. Tetszett ugyan, mert Aradon az általános iskolai tanáraim kísérleteken keresztül szerettették meg velünk a tárgyat, és már akkor tudtam, hogy mindennek az alapja a fizika, de azt is éreztem, hogy nem értem igazán. Úgy emlékszem, hogy X. osztályos koromtól kezdtem magánúton tanulni a tárgyat: először magyarul Juhász Bélánál, majd románul egy kedves német fizikatanárnővel, aki rávezetett arra, hogy még a matematika nyelvezetén is milyen egyszerű és szép a fizika. Azt hiszem ekkor jött meg a bátorságom ahhoz, hogy merjek egyáltalán egyetemre felvételizni, hisz akkoriban azért mindenütt a többszörös túljelentkezés volt a jellemző.