

gusai az ezernyolcszázad évek második felében (Nagy László, Felméri Lajos) hangoztatva, hogy a tantárgyakat nem elszigetelten, hanem életszerű módon, saját tapasztalatra alapozva kell oktatni, kiemelve a gyermeki megfigyelések jelentőségét az oktatásban. A XIX. sz. végén, XX. sz. elején a matematika, fizika, kémia oktatás minőségét nagyban emelte a középiskolai laboratóriumok felszerelésének jelentős javulása és ezek használata, színvonalas ifjúsági lapok elindítása, önképzőkörök és igényes tanulmányi versenyek szervezése.

A jelenkori oktatás kritikájáról, s javításának lehetőségeiről Szent-Györgyi Albert Nobel-díjas biokémikus is több alkalommal írt. Hangoztatta, hogy „a könyvek azért vannak, hogy megtartsák magukban a tudást, mialatt mi a fejünket valami jobbra használjuk. A kutató tudós is a polcon tartja az emlékezetét, azt tudja, hogy hova kell nyúlnia. Oktatásunk során nagyobb hangsúlyt kell helyeznünk az általánosításokra, mint a részletekre. Persze, a részleteknek és az általánosításoknak megfelelő egyensúlyban kell lenniük: általánosítást csak részletekből kiindulva lehet elérni, míg az általánosítás az, amely értéket és érdekességet ad a részleteknek. Amit az iskolának el kell végeznie, elsősorban az, hogy megtaníttassa velünk hogyan kell tanulni, hogy felkeltse a tudás iránti étvágyunkat, hogy megtanítsa bennünket a jól végzett munka örömeire és az alkotás izgalmára, hogy megtanítsa arra, hogy szeressük amit csinálunk, és hogy segítsen megtalálni azt, amit szeretünk csinálni ... Általánosan elterjedt vélemény, hogy a memorizálás nem okoz bajt, hogy a tudás nem ártalmas. Attól tartok, hogy árt. A holt ismeretanyag eltompítja a szellemet, megtölti a gyomrot anélkül, hogy táplálná a testet. Az elme nem feneketlen gödör, és ha beleteszünk valamit, esetleg ki kell hagynunk belőle egy másik dolgot. Életszerűbb tanítással betölthetjük a lelket, és a szellemet a valóban fontos dolgok számára tarthatjuk fenn. Az ilyen élő tanítás, amely betölti mind a lelket, mind a szellemet, hozzásegíti az embert, hogy szembenézzon egyik legsúlyosabb problémájával: mihez kezdjen saját magával.”

A tanévkezdés elején a fentiek alapján tartsuk szem előtt Nagy Károly fizika professzor (ELTE) intelmeit: „Az oktatás szent dolog. Aki abban bármilyen minőségben is tevékenykedik, azt alázattal és nagy felelőséggel kell tennie.” Ilyen értelemben legyen eredményes és termékeny a 2004-2005-ös tanév minden diák és tanár számára!

Máthé Enikő



A digitális fényképezőgép

IX. rész

3.5.5. Optikai lencsék leképzési hibái

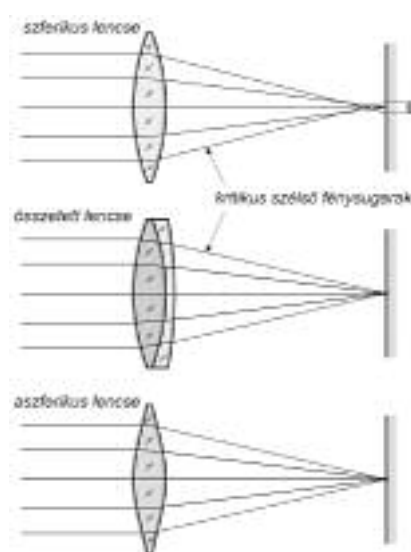
Lencsehibáktól még a legkitűnőbb objektívek lencségei sem mentesek. Ez alatt nem a gyártási folyamat során fellépő pontatlanságokat és megmunkálási hibákat, hanem a valós *lencsék fizikai képzési hibáit*, az ún., *aberrációkat* értjük.

A lencsehibák következtében a tárgypontból kiinduló fénysugarak nem az elméletileg meghatározott pontokban egyesülnek, hanem a hibák fajtájától és nagyságától függően az elméleti egyesülési pontok környezetében, tehát egy tárgypont képe nem pontként, hanem szóródási körként jelenik meg a képsíkon. Az objektívek bonyolult lencserendszerét úgy tervezik és építik, hogy a lencsehibák minél kevésbé érvényesüljenek, ill. az objektív lencsetagjai egymás hibáit kiegyenlítsék. A lencserendszerek hibáinak javítása csak bizonyos határok közt lehetséges. A továbbiakban az egyszerű lencsék aberrációit vizsgáljuk. Elvileg az aberrációkat két csoportba soroljuk: *monokromatikus*- és a *keromatikus aberrációk*. A monokromatikus aberrációk közül a következőket említjük meg: szférikus aberráció, kóma, asztigmatizmus, képmező-elhajlás, fókuszfelület görbülés és torzítás.

Szférikus aberráció (gömbi eltérés)

A szférikus aberráció oka, hogy a lencse optikai tengelyének közvetlen szomszédságában és a szélső részein a gyújtótávolság nem azonos (6. ábra).

A gyűjtőlencsénél a lencse szélén áthaladó fénysugár nagyobb törést szenved, mint az optikai tengely közelében áthaladó. Tehát az optikai tengelytől távolodva a lencse gyújtótávolsága egyre csökken. Így a tárgy bármelyik pontjából kiinduló, a lencse optikai tengelyének közelében és a szélein áthaladó fénysugarak nem egy pontban egyesülnek, hanem az elméleti egyesülési pont körül egy szóródási kört rajzolnak. A szférikus aberráció kiküszöbölésének egyik módszere egy gyűjtő- és egy szórólencse összeillesztése. Ugyanis a szóró lencsénél a szférikus aberráció a gyűjtő lencsénél fellepővel ellentétes, ezáltal két megfelelő optikai üvegből készült gyűjtő-szóró lencse együttes a szférikus aberrációt a minimálisra csökkenti. Egyébként ez a módszer más lencsehibák kiküszöbölésére is alkalmas. A jelenlegi, korszerű optikai ipar a szférikus aberráció csökkentésére egy másik módszert is nyújt – a nem gömbfelületekkel határolt, ún. aszférikus lencsék segítségével.



6. ábra

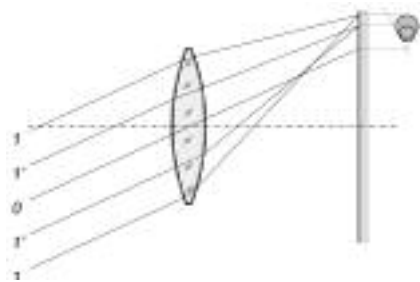
Szférikus aberráció (gömbi eltérés)

Az aszférikus lencse különlegesen kiképzett, változó görbületű lencse, amellyel el lehet érni azt, hogy a lencse sugárirányában növekedő gyújtótávolság változása minimális legyen. A szférikus aberrációt rekeszelléssel is lehet csökkenteni: a szóródási körök átmérője a lencse szélső részein áthaladó fénysugarak kirekesztése által csökken.

Kóma (üstököshiba)

Az üstökös hiba a lencse optikai tengelyével viszonylag nagy szöget bezáró fénysugarak szférikus aberrációjából adódik. Ez abban nyilvánul meg, hogy a lencse tengelyéhez képest nagyon ferdén és nagy nyílásszögben érkező fénysugarak nem pontszerű képet alkotnak, hanem üstököscsóvához hasonló fényfoltot képeznek (7. ábra). A lencse külső részei által rajzolt szóródási kör középpontja nem esik egybe a lencse tengelyéhez közelebb lévő részei által rajzolt szóródási kör középpontjával, így végered

ményként nem szabályos szóródási kört, hanem az elméleti találkozási pontból kiinduló üstökösszerű csóvát kapunk. A kóma leginkább a képmező széle felé mutatkozik meg és inkább a nagy fényerejű és nagy látószögű objektíveknél lehet megfigyelni. A szférikus aberrációnál ismertetett megoldásoknak köszönhetően a mai objektíveknél jelentősége elhanyagolható. A kóma mértéke a rekesznyílás szűkítésével ugyancsak csökken.

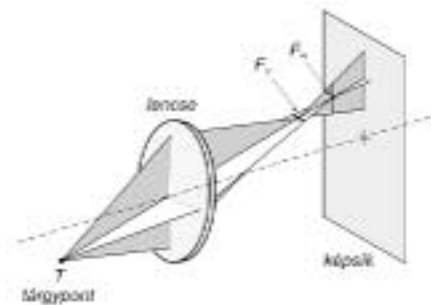


7. ábra
Kóma (üstököshiba)

Asztigmatizmus (pontnélküliség)

Az astigmatizmust az okozza, hogy az objektív fókusza a vízszintes és a függőleges síkban haladó fénysugarak számára eltérő. A vízszintes és függőleges fénysugarak az elméleti egyesülési pont környezetében, a fénynyaláb tengelye mentén eltelve egy pont helyett függőleges ill. vízszintes vonalat rajzolnak (8. ábra). A függőleges és vízszintes sugarak egyesülési pontjai között a tárgypont képe ellipszis, ill. két kereszteződő ellipszis formájában jelenik meg.

Az astigmatizmus a fénysugarak beesési szögével növekszik. Az astigmatizmus kiküszöbölése szintén két különféle optikai üvegből készült lencse egymáshoz való illesztésével, valamint a rekeszszerkezet objektív belüli helyzetének megfelelő megválasztásával lehetséges. Az ilyen típusú lencsét anasztigmatoknak és két ilyen anasztigmatikus lencsetagot (rendszerint elől és hátul) tartalmazó objektívet kettős anasztigmatoknak nevezik. Az astigmatizmus is csökkenthető rekeszeléssel.

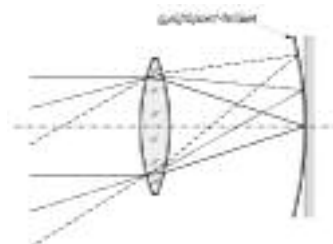


8. ábra
Asztigmatizmus (pontnélküliség)

Képző-elhajlás (képgörbület, képdomborúság)

Ha a lencse optikai tengelyére merőleges, nagy kiterjedésű sík tárgyat képezünk le, akkor a képpontok nem egy síkban, hanem a lencse görbületéhez hasonló gömbfelületen keletkeznek (9. ábra).

Ezért a képet felfogó síkban a tárgysík nem minden egyes pontjáról keletkezik éles kép. A képző elhajlás mértéke függ a lencse alakjától: kétszer domború lencsénél a legnagyobb és meniszkuszlencsénél a legkisebb. A rekesznyílás szűkítésével a képző elhajlás mértéke egy kissé csökkenthető, de kiküszöbölése csak a fent említett összetett lencsetagokkal lehetséges.



9. ábra
Képző-elhajlás (képgörbület)

Torzítás (disztorzíó)

A lencse torzítása a kép élességétől független, és abban nyilvánul meg, hogy a képsíkban a tárgysíkban lévő egyenes vonalakat görbe vanalanként képezi le. A torzítás akkor lép fel, ha a lencse optikai tengelyétől távolodva a lencse nagyítása változik. Ha egy négyzetrácsos hálót képezünk le, akkor két jellegzetes torzítás alakulhat ki: hordó, vagy párna alakú (10. ábra). A hordószerű torzítás akkor keletkezik, ha a lencse külső részének a nagyítása kisebb. A párna alakú torzítás pedig akkor lép fel, ha a külső részek nagyítása nagyobb. A torzítás mértéke függ a rekeszszerkezet elhelyezésétől is.

Lencse előtt elhelyezkedő rekesz esetében hordó-, míg a lencse mögött elhelyezkedő rekesz esetében párnatorzítás jelentkezik. A lencsék szimmetrikus elhelyezésével a torzítás minimálisra csökkenthető, ezért reprodukációs célokra ilyen felépítésű objektíveket alkalmaznak. A jelenlegi korszerű objektívek, a nagyon nagy látószögűektől eltekintve torzításmentesnek tekinthetők.

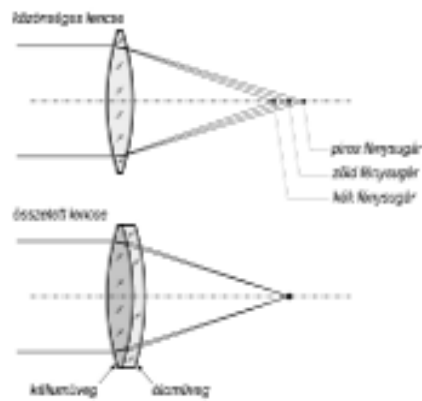


10. ábra
Torzítás (disztorzíó)

Kromatikus aberráció (színhiba, színi eltérés)

A kromatikus aberráció oka, hogy az egyszerű lencsék törésmutatója a fény hullámhosszával változik. Legjobban a rövidebb hullámhosszú fénysugarakat töri meg, míg a hosszabb hullámhosszú fénysugarakat legkevésbé. Ezért az ibolyaszínű fénysugarak gyújtópontja az objektívhez közelebb, míg a vörös színűek gyújtópontja távolabb esik (11. ábra). Így tulajdonképpen nem egyetlen közös gyújtópont van, hanem a gyújtópontok sorozata. Kromatikus aberráció miatt fehér fényel történő leképezés során keletkező kép különböző részei különbözőképpen színeződnek el. A színhiba csökkentése összetett, vagy különleges üvegből készített lencsékkel lehetséges.

Az összetett lencsék előállítására erősen fénytörő ólomüveget (flint-üveg) és kevésbé fénytörő káliumüveget (koronaüveg és cseh kristályüveg) alkalmaznak. A káliumüvegből készült gyűjtőlencséhez egy ólomüvegből készült szórólencsét ragasztva elérhető, hogy a két lencse egymás hibáit bizonyos határok közt kiegyenlítsse. Ezek az ún. akromát lencsék, amelyek a színhibát csak két meghatározott hullámhosszon – általában kékeszöldnek és sárgának megfelelően – egyenlítik ki. Mivel a többi hullámhosszon megmarad a színhiba, egy ún. másodlagos színkép keletkezik, amelynek kiküszöbölése három színre javított ún. apokromát lencsetagokkal lehetséges.



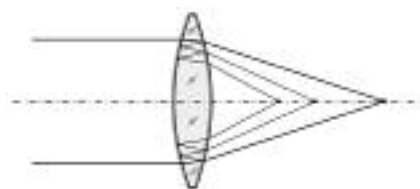
11. ábra
Kromatikus aberráció (színi eltérés)

is rendelkezik, pl., könnyen reped. Ez a megoldás már nagyon jó eredménnyel csökkenti a színhibát, ami rekeszeléssel tovább csökkenthető. Az apokromatikus lencsetagokat tartalmazó objektívek érzékenyek a hőmérséklet változására is, mivel a kalcium-fluoridnak az üvegtől eltérő hőtágulási együtthatója miatt nagy hőmérsékletváltozás hatására a lencsetagok elmozdulhatnak, így élettenséget és más leképzési hibákat okozhatnak. Ezek a hátrányok elsősorban a nagy átmérőjű lencsetagoknál jelentkeznek, ezért a professzionális nagy fényerejű teleobjektíveket speciális üvegkeverékből előállított alacsony diszperziójú (LD, ED) üvegből készített lencsetagokkal gyártják, amelyek az apokromatikonál jobb eredménnyel javítják a színhibát. A lencsetagoknak a hőtágulás következtében történő elmozdulását, esetleg repedését megelőzendő, az objektívgyártók néhány teleobjektívet fehér burkolattal hoznak forgalomba, mivel a fehér felület sokkal kevesebb hőnyel el környezetéből, mint a hagyományos fekete.

Tükröződés

A tükröződés nem kimondottan aberráció, de ez is zavarja a helyes képalkotást. A lencse sima és fényes felületét érő fénysugarak egy része visszaverődik (12. ábra). A visszavert fénysugár nem a megfelelő képalkotási pontban, hanem egy másik pontban éri a képsíkot. Egy lencsében a fénysugár visszaverődése többszörös is lehet. Minél több szabad lencsefelület van az objektív lencserendszerében, annál többször fordul elő a tükröződés.

Ezért a bonyolult soktagú objektívekben az így fellépő fényvesztés igen jelentős lehet. A tükröződés csökkentésére a szabad lencsefelületeket tükröződésmentesítő bevonatokkal látják el. A legegyszerűbb egyrétegű bevonat a máig alkalmazott Zeiss féle T réteg. Manapság az objektívek többségét többrétegű (MC, SMC) bevonatokkal látják el.



12. ábra
Tükröződés

Irodalom

- 1] *Antalóczy T.* : Alapfokon: Objektívek – Gyújtótávolság – Zoom – Fényerő. Digidcam, Index.hu Rt., <http://index.hu/tech/digicam/cikkek/objektiv>, 2002.
- 2] *Megyesi L.* : Hagyományos fényképezés. ELTE TTK Oktatástechnika Csoport – UNESCO, Informatótechnológiai Pedagógiai Központ, <http://felis.elte.hu/jegyzet/foto/hfoto000.htm>
- 3] *Pethő B., Sümegi A.* : Digitális fényképezés. ELTE TTK Oktatástechnika Csoport – UNESCO, Informatótechnológiai Pedagógiai Központ, <http://felis.elte.hu/jegyzet/digitfoto/dfoto000.htm>
- 4] *Szita P.* : Optikai lencsék leképzési hibái. FOTO-LISTA KÉPTÁR, <http://stargate.eik.bme.hu/foto/kisokos/lencsehibak>
- 5] *Tóth K.* : A fény. Mozaik WEB Oktatási Stúdió, <http://www.mozaik.info.hu/mozaweb/Feny>
- 6] *Vas A.*: Fotográfia távoktatási modul fejlesztése: III. Modultankönyv, 2000, Dunaujvárosi Főiskola; <http://indy.poliod.hu/program/fotografia/tankonyv.htm>

Kaucsár Márton