

Távcsöves tudnivalók II.

Lencsés távcsövek

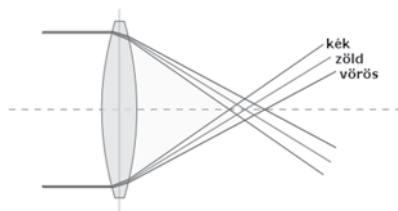
A most következőkben a lencsés távcsövek (refraktorok) leendő tulajdonosainak kívánunk segítséget nyújtani az alap tudnivalók tekintetében, míg sorozatunk következő részében a tükrös műszerek kerülnek majd terítékre. Az itt leírtak kizárólag a fény útjába eső első optikai elem működéséről szólnak, mely egyszersmind minden távcső esetén a leginkább befolyásolja a látott kép minőségét. A főntelbi megállapítást természetesen nem úgy kell értelmezni, hogy a távcső más optikai, vagy mechanikai részei mellékesek. A későbbiekben minden kiegészítőt sorra veszünk majd, hogy ezáltal átfogóbb képet kapjunk, alapvető összefüggéseket is megérthessük. A távcsövek minden alkatrésze különböző mértékben ugyan, de befolyással van a megfigyelésre.

A további megértést segítő, célszerű a lencsés távcsöveket típusokba sorolni. Alapvetően két típus van ma használatban, az akromatikus és apokromatikus refraktorok.

Lencsés távcsövet (refraktort) Galileo Galilei fordított először az égbolt felé 1609-ben, de a találmány 1608-ban Hollandiában született, Jan Lippershey szemüveggéztítőnek köszönhetően. Galilei objektívként gyűjtőlencsét használt, melynek képét egy negatív, szórólencsével tette a szem számára felfoghatóvá. Johannes Kepler más elrendezést javasolt, amely szerint a szemlencse is gyűjtőlencse, ezen ötletével alaposan megnövelve az egyszerre látható éterületet, vagy más néven a látómezőt. Galilei elrendezése egyenes állású képet adott, de roppant kicsi látómezővel működött, míg a Kepler-féle rendszer fordított képet ad. A csillagászati célú távcsövek zöméhez ma is pozitív okulárokat használunk, ennek eredményeként ezek a távcsövek fordított képet adnak. A lencsés műszerek sokáig egyeduralkodók voltak, igazi aranykorukat a XIX. század-

ban éltek. Ekkorra sikerült ugyanis igazán jól használható eszközzé fejleszteni őket. A fénytannak annak előtte gyerekcipőben járt, még ha a legalapvetőbb törvények már ismertek is voltak.

A lencsék gömbfelületére eső fénysugarak a fénytörés (refrakció) jelensége miatt irányt változtatnak, és egy közös pontban, a fókuszpontban egyesülnek. Az itt előálló képet a szemlencsén (okulár) át nagyítva szemlélhetjük a Kepler-féle távcsőben. A Galilei-távcsőben az okulárt – egy szórólencsét – a fókuszpont előtt kell elhelyezni, a kép virtuális kép lesz. Az ilyen távcső látómezője igen szűk. Galilei távcsöve az optikai hibák miatt elég tökéletlen, és meglehetősen rossz képalkotású volt. (Első távcsövem egy 1993-ban, egyszerű szemüveglencséből épített alkalmatosság volt. Kepler-féle elrendezésben készült, de természetesen minden jellemző optikai hibát nagyszerűen reprezentált. Ennek ellenére a késő nyári égen kelő Szaturnusz gyűrűrendszerét egyértelműen megmutatta. Valószínűleg mindig az a pillanat marad életem egyik legmeghatározóbb távcsöves élménye.)



Az egyszerű lencse az összetett fényt a színeire bontja.

A hatást két fénysugár reprezentálja. Legerősebben az ibolya, leggyengébben pedig a vörös szín törik meg, ezért előbbi közelebb, utóbbi távolabb fókuszálódik a lencsétől.

Közöttük a szivárvány többi színéből egy szakaszon jelennek meg a képek, melyek közül mindig csak egyet lehet az okulár eltolásával élesre állítani, a többi éleetlen lesz és homályos fénypacába burkolja a tárgyat. A helyzet annál rosszabb, minél rövidebb a fókusz távolság és minél nagyobb az átmérő

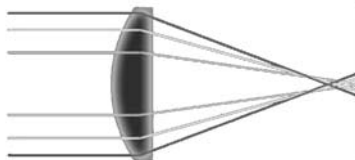


80/900-as akromatikus refraktor EQ2-es mechanikán. Sokan kezdik az égbolttal való ismerkedést ilyen vagy hasonló teljesítményű refraktorral

De milyen jelenségek okozzák az egyszerű lencsés rendszerek rossz képalkotását? A két legfontosabb probléma a színi hiba (kromatikus aberráció) és a gömbi hiba. Elsőként lássuk a színi hibát! A fénytörő közegen áthaladó fény hullámhosszától (színétől) függő mértékben változtat irányt. Mivel a tárgyakról érkező fény több színből összetett, ezek mind máshol fókuszálódnak. Ennek eredménye, hogy a megfigyelt objektum a szivárvány színeiben tündököl, a kép összességében elmosódott, homályos megjelenésű lesz.

Az optikusok, felismervén a problémát, kísérletezni kezdtek, és minden fellelhető anyagot megvizsgáltak annak reményében, hogy megtalálják azt az átlátszó közeget, mely nem bontja színeire, csupán megtöri a fényt. Természetesen nem járhattak sikerrel, a jelenség fénytörés alkalmával mindenképpen föllép (mert alapvető fizikai okai vannak), de később, a kísérletek hasznos hozadéka lett az a megállapítás, hogy minden fénytörő anyag különböző mértékben bontja színeire a fénysugarakat. Egy zseniális optikus kellett ahhoz, hogy felismerje, ez utóbbi tény felhasználható egy sokkal tökéletesebb objektív létrehozására. Chester Hall 1733-

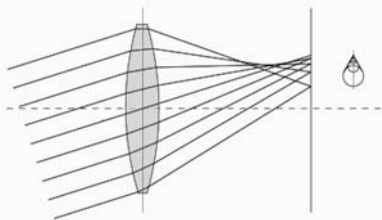
ban készítette el az első akromatikus lencsét, de John Dollond szabadalmaztatta az elvet 1758-ban. Elgondolásuk azon alapult, hogy ha találunk két olyan anyagot, melyek színszórása (diszperziója) és fénytörése megfelelő módon illeszkedik egymáshoz, akkor úgy is kaphatunk gyűjtő hatású lencsét, ha az alacsonyabb színszórású üveget gyűjtővé csiszoljuk, mögé pedig egy erősebb színszórású, de kisebb törésmutatójú szórólencsét helyezünk, mely ellentétes értelmű hibát produkál, kioltva a gyűjtőlencse színhibáját. Az ötlet működött, és megszületett a ma is használt legelterjedtebb lencsetípus, az akromatikus távcső szíve, melyet akromátnak nevezünk. Az objektív tehát két lencséből áll, s ezek együtt már jó leképezést tudnak biztosítani. Valóban jó lencsét először Joseph von Fraunhofer készített a XIX. század elején, mert neki ekkorra már rendelkezésére álltak a megfelelő minőségű üvegyanyagok. A színi hiba persze tökéletesen sohasem tüntethető el ezen a módon, de olyan csekély mértékű is lehet, hogy alig észlelhető marad az emberi szem számára.



Egyszerű lencse gömbi hibája
A fókusz távolság a lencse pereme felé egyre rövidebb

A másik probléma a gömbi hiba (szférikus aberráció) volt, mely voltaképpen egy geometriai törvényszerűség. A végtelenben levő pontszerű fényforrás képe nem pontszerű lesz, mivel a gömb felületű lencse fókusz távolsága a középtől kifelé haladva egyre csökken. (Optikai értelemben tökéletesen pontszerű fényforrásnak tekinthető pl. egy csillag.) Erre a problémára ugyanaz a megoldás született, mint a színi hibára, vagyis kimondhatjuk, hogy a két tagú lencse (akromát) e hiba kiküszöbölését is lehetővé teszi. A mai lencsék jobbra gömb felületekkel készülnek, de görbületeik oly ügyesen

vannak megválasztva, hogy a kétféle üvegből együtt kiténő távcsőobjektív készíthető. A gömbi hiba eltüntethető a lencsék gömbtől eltérő felületű kialakításával is, de ezen megoldás még inkább bonyolítja a gyártást, és önmagában nem old meg más problémákat, pl. a színi hiba problémáját sem.



Az optikai tengelyen kívül az egyszerű lencse a pontszerű fényforrást üstököshöz hasonló területre képezi le. A helyzet annál rosszabb, minél nagyobb a nyílászó viszony

Mivel két lencse van az objektívben, ezeknek összesen négy felületét kell tökéletesen megmunkálni. A felhasznált üveganyagnak jó minőségűnek, homogénnek kell lennie. Az eredmény egy amatőr körökben (is) közkedvelt távcső, amely mára elég nagy számban fordul elő 50–100 mm átmérőben, de nem túl ritka a 150 mm-es vagy afeletti objektívátmérő sem. A két üveganyag a színkép két hullámhosszát egy pontba, a többi színt pedig közel ugyanoda irányítja, ezért vizuális megfigyelésnél közel tökéletes kép is létrejöhet. A lencse – azonos minőséget feltételezve – annál jobb leképezésű, minél kisebb a fényereje, és valahol $f/10$ fényerőtől már igen kiváló teljesítményt nyújt. A bolygók szerelmesei előszeretettel használják a hosszú fókusú akromátokat, melyek igen erős kontrasztú és csekély színi hibájú képet adnak elérhető áron. (Saját, 100/1000-es akromáttal szerelt távcsővemben 150x nagyításon jó körülmények között a nagyon fényes Jupiter esetén is alig látszik színhiba.)

A nagyobb átmérőjű és kis fényerejű lencsék tubusa az átmérő növelésével értelemszerűen egyre hosszabb lesz, ezért már egy 15 cm körüli átmérő is obszervatóriumi méretű tubust kíván, tehát nem illeszkedik a

kitelepülési kénytelen amatőr életmódjához. A problémát azonban meg lehet kerülni az ún. összehajtott refraktorokkal, melyekben a hosszú fényutat egy vagy több síktükör segítségével egyszerűen elfelezik, elharmadják. Ilyen szerelésben egy nagy akromát is kényelmesen szállítható méretű tubusba kerülhet. Ide kívánczok, hogy a megfelelő, elég nagy méretű síktükör elég borsos árú is lehet, viszont nem érdemes csak a jobb minőségűek közül választani, hiszen a silány optikai sík tönkreteszi a leképezést. Emellett megemlítendő, hogy minden plusz optikai elem feltétlenül a leképezés és a fényhasznosítás rovására megy, de ez, magas minőségű alkatrészek használatával többnyire észrevétlenül marad.



100/1000-es akromatikus refraktor EQ3-as mechanikán már sokoldalúan használható műszer

A rövidebb fókusú akromátok tervezésüktől függően több színi hibát mutatnak, ám kisebb nagyításon nagy égterület leképezésére alkalmasak, ezért kiténőek nagy kiterjedésű mélyég-objektumok megfigyelésére. Nagy nagyításnál már előtérbe kerül a színi hiba, ettől függetlenül sokszor inkább a kép esztétikai, mint valódi minőségszökkenése áll fenn. Az igazsághoz tartozik, hogy a vezérelvek általánosságban igazak ugyan, de a mai modern anyagok felhasználásával akár a kissé fényerősebb akromátok is jó teljesítményt nyújthatnak még bolygók megfigyelésekor is.

Az akromátok sokáig egyeduralkodók voltak a lencsék világában, de az optikusok folyton keresték a megoldást a maradék hibák mérséklésére, és megszületett egy új lencsetípus, mely már három lencsetaggal működött; a ma oly sokat használt apokromát (APO). A háromtagú objektív három távoli hullámhosszon produkál közös fókuszpontot, a maradék színi hiba pedig rendszerint érzékelhetetlen marad. Még $f/6$ fényerő mellett is közelítheti a fizikai értelemben vett tökéletes képalkotás fogalmát. A bolygók színei nagy nagyításnál is tiszták, kis nagyításnál pedig hatalmas, hibamentesen leképezett látómező érhető el. (Lásd pl. a GPU 100/635 teszteléséről szóló cikket a Meteor 2012. decemberi számában.)



80/400-as gyári akromatikus távcső. Az $f/5$ -ös akromatikus objektív színezése jelentős, azonban sokféle észlelési célra kiválóan használható ez az olcsó, könnyen hordozható típus

Mindkét lencsetípus készülhet légréses kivitelben is. Az akromátok közül a kisebb átmérőjűek két tagja egymásba illő felületükön ragasztott is lehet. Az APO-k olajrésszel is készülnek, közös tulajdonságuk, hogy a szintén egymásba illő felületek között speciális olaj van, egy igen vékony réteg, melyet a kohézió tart a tagok között. Manapság olyan fénytörő anyagok is rendelkezésre állnak, melyek felhasználásával két taggal, tehát lényegében egy akromát rendszerrel is nagyon jó színkorrigáltságot érhetünk el.

Ezek az úgynevezett semi APO, fél APO lencsék. Áruk alacsonyabb az APO-k áránál, de korrigáltságuk jobb, mint a hagyományos akromátoké. Kaphatóak hagyományos akromátokhoz készült további lencsetagok is, melyek a maradék színhibát is jelentősen csökkentik. Ezek általában elég drága alkalmazások, teljes hatásfokkal pedig csak egy bizonyos objektívvel működnek együtt és főleg nagyobb lencséknél érdemes beruházni rájuk.

A lencsés távcsövek kevésbé érzékenyek, a zárt tubus miatt, a hőmérséklet-különbségekre, ezért meleg lakásból a tél hidegére kivitt távcső is gyorsan adaptálódik a körülményekhez. A ragasztott, illetve az olaj immerziós lencsék tagjai, hőtanilag szinte egy tömeget képezve, szinte egyszerre hűlnek le. A lencsés távcsövek beállítási hibákra kevésbé érzékenyek, beállításukat sokáig megtartó és rendszerint könnyű műszerek. A lencsés műszerek, ha rövidebb fókusszal készülnek, kb. 10 cm-es objektívátmérőig kiváló utazótávcsövek. Optikai felületeik megmunkálási pontatlanságai kevésbé rontják a leképezést, a rövidebb típusokhoz azonos súly mellett kisebb teherbírású mechanika is elégséges. Áruk nagyobb átmérőben igen borsos, a 20 cm feletti átmérőjű lencsés műszerek elegendően ritkák. Ebben az ár mellett szerepe van az átmérő növekedésével egyre nehezebb gyárthatóságnak is. A különleges üvegek nyersanyaga is drága, a felületek pontos megmunkálásának igénye pedig tovább növeli a költségeket. A legnagyobb lencse a világon 102 cm átmérőjű, ez a Yerkes-obszervatórium refraktorában kapott helyet. Körülbelül ez az a maximális méret, mely még érdemben használható, a további átmérő-növelés értelmetlen lenne. A lencse üvegyanyaga a saját súlya alatt torzul, hisz csak a peremén van megtámasztva. Számunkra az a fontos, hogy amatőr viszonylatban egy lencse sosem rossz választás, ha anyagi kereteink megengedik, és valóban jól tervezett és kivitelezett optikáról beszélünk.

Meg kell jegyezni, hogy pusztán az a tény, hogy refraktorról beszélünk, nem feltétlenül jelent kimagasló minőséget, néha sajnos még

csak használható sem, erről magam is meggyőződhettem. Tény viszont, hogy a lencsék előállítására nagy apparátust követel, mely többnyire csak gyáraknak van meg, és nagy biztonsággal elmondható, hogy a lencsés távcsövek túlnyomó többsége jó, igen jó, vagy kitűnő műszer.

Az eddigiekben vizuális megfigyelésről szóltunk, ám sokak számára egyre könnyebben elérhető a fotózás is. A fényképek készítését két területre bontva tárgyaljuk, egyik a bolygók nagy felbontású részleteinek megörökítése, a másik a halvány objektumok fényképezése. A fényképezési film, vagy a CCD-detektor a vizuális látványt felerősítve adja vissza az égitestek megjelenését, de egyre gyakoribb a vizuálshoz közeli, de már nem látható hullámhosszokon (UV, infravörös) való képrögzítés is. A lencsék e hullámhosszakat is megtörik, de színszórásuk miatt más fókuszpontba egyesítik azokat, mint a látható fényt. A vizuálst megközelítő képben a rosszabbul leképezett, de a szenzorok által még nagyon jól érzékelhető fény is rajta hagyja a nyomát. Ez ellen speciális szűrőkkel lehet védekezni, de a módszer rendszerint a színinformációk sérülését jelenti, vagyis a kép nem lesz egészen természetes megjelenésű. Az effektus APO-k esetén is fennáll valamikorra – rendszerint kicsi, vagy elhanyagolható – mértékben. Leginkább a tervezéstől és a használt hullámhossztól függ, hogy e hatás mennyire jelentős.

Egy másik probléma is adódhat fotós területeken. Egyes hullámhosszakon jelentős elnyelődés mutatkozhat a lencse üveganyagában, mely sehogyan sem orvosolható, mivel fizikai törvényszerűségekből ered. Ezt úgy képzelhetjük el, hogy a lencsén mi teljesen tisztán átlátunk, mert az ibolyától a mélyvörösre, amíg szemünk érzékelni képes, a lencse átlátszó. A jó lencséken az átjutó fény mennyisége 99 százalék is lehet, de ritkán kevesebb 90 százaléknál. Egyes hullámhosszokon azonban az üveg csaknem átlátszatlan. Példaként említhető a Vénusz felhőképződményeinek

infravörös fotózása, mely emiatt lehetetlenné is válhat.

A mélyég-objektumok fotózása más jellegű terület. A lencsés távcsövek, különösen a rövidebb fókuszuak, nagy égetületről képesek torzításmentes képet alkotni, ami a nagy kiterjedésű objektumoknál igen előnyös. Az ilyen objektumok, vagyis a Tejút-felhők, hatalmas nyílt csillaghalmazok, szupernóvamaradványok, gázködök lehetnek a refraktorok fő célpontjai. Ez a lencsék egyik legvonzóbb tulajdonsága.



Az AstroPhysics 130/819-es EDF apokromatikus „Gran Turismo” refraktora kisebb vagyonba kerül, ám szinte minden észlelési célra kitűnően teljesít

Mindent egybevéve, aki szert tesz egy jó lencsés távcsőre, az biztosan beleszeret, mert kiváló minőségű, életre szóló műszer birtokába jut. Az amatőr számára már egy 5–7 cm-es távcső is nagyon sok látnivalót kínál akár a bolygókon, vagy a mélyég-objektumok világában (Jupiter holdjai és főbb sávjai, fényes csillaghalmazok). 8–10 cm-es műszer pedig kimeríthetetlen élményforrást jelent, hiszen a Mars hősapkáinak, vagy a Jupiter rögs felhősávjainak, esetleg az Uránusz korongjának látványát nem fogjuk elfeledni. Ha az érdeklődés tartós, és később egy nagyobb műszer is birtokunkba kerül, a kis lencsének akkor is biztosan mindig lesz szerepe.

Kurucz János