

Távcsökészítés

Egy apokromatikus triplet objektív születése

A Meteor 1991/6. számában érdekes cikket olvashattunk Babcsán Gábor tollából "Négyhüvelyknyi csillagtűz" címmel, amely az általa vásárolt amerikai Starfire triplet objektív tulajdonságairól szólt. Hogyan indult hódító útjára egy kiváló optika, és miért kerül annyiba, amennyibe, erről szól az alábbi cikk, melyet az optika tervezője írt.

Emlékezetes hétvégi nap volt az 1981-es Riverside-i (Big Bear, Kalifornia) találkozón, amikor bemutattam magasan színcorrigált, háromtagú objektívvel rendelkező 5 hüvelykes (12,7 cm-es) refraktoromat. Számos amatőr nézte meg a Jupitert és a Szaturnuszt ezzel a távcsővel, és nagyon meglepődött, mennyire részletgazdag és kontrasztos a kép. Körös-körül jóval nagyobb távcsöveket is használtak: Makszutovokat, Schmidt-Cassegrainekeket és Newtonokat, egészen 60 cm átmérőig. De ezek közül egyik sem mutatott olyan sok részletet, mint a 12,7 cm-es lencse. A Jupiter korongján legalább hét sáv látszott, és számos kis, fehér ovál. A bolygó 200x-os nagyításnál borotvaélesen vált el a sötét ég háttérétől. Amikor az egyik hold árnyéka megjelent a bolygó pereménél, élesen, határozottan, jól láthatóan növekedett, amíg az egész árnyék teljesen rá nem kúszott a Jupiter korongjára.

A tintafekete pont egész este folytatta átvonulását. Egyszer csak megjelent az "árnyékvető" hold az ellentétes oldalon. A fényes pont végigvonult a bolygókorong előtt, amíg el nem érte a sötét égi háttérrel. A hold percekben belül eltávolodott a Jupiter-korongtól. Ekkor összehasonlítottuk a látott képet más távcsövekkel — a reflektorok úgy mutatták a holdat, mintha ködösség áramlott volna ki a bolygóból. "Lehetetlen", mondták sokan, "hogyan egy 12,7 cm-es lencse fölülműlja a sokkal nagyobb távcsöveket!" Ennek oka kétségtelenül a jobb "kontraszt". A kitakarás nélküli távcsövek sokkal kontrasztosabb képet adnak, mint a központi kitakarást okozó, segédtükörrel rendelkező rendszerek. A magasfokú színcorrekció az apokromatikus refraktoroknál tovább növeli a kontrasztot, mivel minden látható szín gyakorlatilag a fókuszpontba esik (nem úgy, mint az átlagos akromatikus refraktoroknál).

Jól ismert, hogy a csillag képe egy jó optikai rendszerben az úgynevezett Airy-korongból és néhány, ezt körülvevő fénylő gyűrűből áll. Egy kitakarás nélküli rendszerben az Airy-korongba gyűlik össze a fény 84 százaléka. A többi 16 százalék a gyűrűkben oszlik szét. A legfényesebb, legbelső gyűrűbe 7,2% jut.

A tükrös távcsöveknél a segédtükör átlagosan 4%-nyit takar le a beeső fényből. Sokkal nagyobb baj, hogy úgy módosítja a diffrakciós képet, hogy az Airy-korongba csak a fény 76%-a jut, az első gyűrűbe pedig 14%. Más szóval a kontraszt a csillag képének közelében a felére csökken. Egy kiterjedt bolygóképet úgy is felfoghatunk, mint egymást átfedő diffrakciós jelek hal-

mazát, így az alacsony kontrasztú diffrakciós jelek szinte elködösítik a képet.

Az átlagos refraktor-objektívek többnyire kéttagúak; BK-7-es korona- és F-4-es flintüvegből állnak. Ezt a kombinációt hívják akromatikusnak, mivel nagyban korrigálja az egytagú lencse színihibáját. Azonban a másodlagos spektrum mégis megmarad, és viszonylag jelentős színi hibát okoz. A mai, gazdag optikaiüveg-választékban található típusok kellő párosításával jelentős javulás érhető el. Kéttagú objektívek esetében azonban egyedül a kalcium-fluorid, egy abnormális diszperziójú (igen drága) üvegyanyag alkalmazásával lehet a maradék színihibát (a másodlagos spektrumot) kiküszöbölni. A másik megoldás az, ha három különböző fajtájú üveget használunk.

A közönséges kéttagú akromátokat úgy tervezik, hogy két jellemző hullámhosszt képezzenek le közös fókuszba. Ez gyakran a Fraunhofer-féle C vonal (6563 angström, vörös) és az F vonal (4861 angström, kék). Az eredmény az, hogy a sárga és a zöld fény (ahol a szem a legérzékenyebb) fókusza közelebb esik az objektívhez. Ám az akromatizált régió kívül eső színek komoly mértékben kívül esnek a fókuszon.

A közönséges kéttagú objektíveknél a fókuszhiba a sárgászöld vagy a vörös és kék szín között kb. 0,05% a fókusz hosszában mérve. Az ibolya szín (4000 angström) 10-szer távolabb fókuszálódik. A mélyvörös szintén fókuszon kívül van, ennek eredménye egy bíbor színű halo, mely körülveszi a fényes csillagok képét. Ez azonban nem nagyon zavarja a vizuális képet, mivel a szem nem érzékeny erre a tartományra. Fotózáskor egy kis ködösséget mutat a film a fényes csillagok körül.

Mi nyilván azt tartanánk fontosnak, hogy az ibolyától a vörösig minden szín egyetlen fókuszba jusson. Az apokromátok azok az objektívek, amelyek ezt valóban tudják, ám magas árak miatt általában elérhetetlenek az amatőrök számára. Számos tanulmány jelent meg az apokromátok tervezéséről, ám mindegyik különleges, drága üvegeket alkalmaz. Azok a tervek, melyek olcsóbb üveget használnak fel, rendkívül csekély görbületű felületeket adnak meg, vagyis a fókusz igen hosszú lesz.

A szakirodalom tanulmányozása során rájöttem arra, hogy a tökéletes színkorrekció valójában nem szükséges. Ha egy kevés színi hibát megengedünk a vörös vagy az ibolya színben, akkor az objektív költségei nagymértékben csökkennek. A rádiuszok elég rövidek lehetnek, ezért f:10-es vagy ennél fényerősebb rendszer készíthető. Objektívemnél a színi hiba csak tized része az akromátoknál tapasztalható. Ez a csekély hiba még fényes objektumoknál sem feltűnő.

A tervezés gyötrelmei

Asztali számítógépet használtam a különböző tripleteknél mutatkozó másodlagos színi hiba, szférikus aberráció és kómahiba minimalizálásának érdekében. A kiinduló adatok a háromféle üvegnek a Fraunhofer-féle C- és e-vonalra vonatkozó törésmutatója és részleges diszperziója (F-c, d-C, g-F) voltak. A program kiírta a görbületeket és a fókuszhibákat a C, d, e, F és g vonalaknál. Annak érdekében hogy a különböző üvegekombinációk között választani lehessen, a lencsegörbületeket a szükséges mértékben változtatni lehetett, azzal a megszorítással, hogy a két külső görbület egyenlő legyen, és a belső négy, konvex-konkáv görbület egymáshoz illeszkedjék, a könnyű gyárthatóság érdekében.

Ezen a módon számtalan üvegekombinációval kísérletezhettem, ami végülis egy, a gyakorlatban is megvalósítható tripletet eredményezett. Mivel az ár volt a legfontosabb szempont, semmilyen különleges üveget nem használhattam, így a kalcium-fluoridot sem. Még így is több tucat kombináció eredményezett kiváló színkorrekciót. A legolcsóbb rendszer egyben a legelegánsabb is volt, mivel majdnem teljesen szimmetrikusnak tekinthető.

A mellékelt táblázatban az alapterv két változata szerepel. Mindkettő 16 cm-es, f/10-es objektívre vonatkozik. Az első változat gyakorlati előnye az, hogy csak két különböző görbülete van, de ha a négy belső felület érintkezik, akkor némi aszférikus korrekció szükséges a hátsó tagon. Mindez akkor kerülhető el, ha az első és a második tag között csekély, 0,13 mm-es légrést alkalmazunk.

A második változatban nincs légrés, és minden felület szférikus, azon az áron, hogy a belső görbületek között némi eltérés van. A légrés elhagyása jelentős haszonnal jár. Ha a négy belső felület úgy érintkezik, hogy kevés tiszta olajat teszünk közéjük, akkor a reflexiós hibák eltűnnek, és a felületi pontatlanságok okozta hatás jelentősen csökken. Ezeket a felületeket nem is kell korrigálni polírozás után. A két külső felület csekély görbületű, így ezeket könnyű gömbre készíteni. Mivel az objektív minden görbülete szférikus, a kómahiba és a szférikus aberráció vizuálisan jelentéktelen.

A lencsetagok között általában immerziós mikroszkópolajat vagy tiszta ásványi olajat használnak. Én Wessen-féle salátaolajjal próbálkoztam a 12,7 cm-es tripletnél — sikerrel. Az elemeket ragasztani is lehet jó minőségű optikai ragasztóval, bár a lencsetagok eltérő hőtágulása miatt ez 15 cm-es átmérő fölött nem tanácsos.

A BK-7 és a BaF-10 típusú üvegek általában kaphatók. Alacsony árak miatt ezekre esett választásom. A színkorrekció javítását a középső tag végzi, amely 613443 kódszámú flintüveg. Ez egy abnormális diszperziójú üveg, mivel parciális diszperziója majdnem olyan, mint a koronaüvegeké. A különböző üvegyártó cégek termékeinél nagy eltérések tapasztalhatók a parciális diszperzió tekintetében. Ezért a színkorrekció attól is függ, hogy honnan származik az üveg.

A Schott két változatban is gyártja a 613443-ast, ezek a KzFS-1 és a KzFS-4. Az első adná a legjobb színkorrekciót, de a Schott cég csak néhány tonnás tételben hajlandó legyártani. A második fajta üveg szinte állandóan kapható, de színi hibája 20%-kal nagyobb.

Néhány évvel ezelőtt egy ismerősöm révén körülnézhettem egy porosodó raktárban, ahol különféle üvegeket tároltak. Ezeket eredetileg az űrprogramhoz vásárolták, de mivel a költségvetés megnyirbálta a támogatást, a NASA sohasem használta fel őket. Itt bukkantam 613443-as üvegekre, de legtöbbjükéről nem lehetett megállapítani, hogy milyen gyártmányú.

A Rochesteri Egyetemre küldtem el az üvegeket, hogy meghatározzák a törésmutatót. Mikor megküldték mérésük eredményét, nem akartam hinni a szememnek: ez a fajta jobb volt az általában kapható KzFS-1 típusúaknál, ráadásul színkorrekciója minden általam ismert gyártmányt felülmúlt! A belső feszültség kisebb volt, mint 5 nm/cm, és ez 25 cm-es korongnál elhanyagolható. A flintüvegeknél szokásos sárgás elszíneződésnek nyoma sem volt.

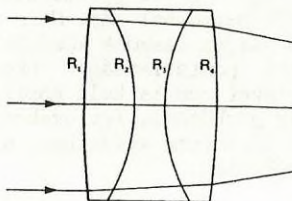
Műhelytitkok

A gyakorlott tükörcsiszolónak nem jelent különösebb problémát egy ilyen triplet elkészítése. Azonban a 613443-as flintüveg még a profi optikusoknak is gondot okozhat. Ezt a típust ugyanis megtámadja a víz és a savak. Polírozás után azonnal le kell törölni a vízcseppeket, az ujjlenyomatokat pedig acetonnal vagy alkohollal kell letisztítani. Ha a felületen mégis víz marad, pár perc múlva megmarja az üveg felületét. Ezt úgy akadályozhatjuk meg, ha közvetlenül polírozás után akril lakkal bevonjuk a felületet. Mikor mindegyik elem polírozása elkészült, az akril lakkot acetonnal el kell távolítani. A végső összeállításkor a másik két tag már megvédi a flintüveg elemet.

A Christen-triplet paraméterei

Felület	1. vált.	2. vált.	Tűrés
R_1	+1,664	+1,664	+12
R_2	-419	-419	+5
R_3	+419	+406	+5
R_4	-1,664	-1,664	+12

Lencsetag	Üvegtípus	Kód	Vastagság
1.	BK-7 korona	517642	18
2.	KzFS-1 flint	613443	10
3.	BaF-10 flint	670471	18



A görbületi sugár, a tűrés és a lencsetagok vastagsága mm-ben szerepel. Mindkét változat átmérője 160 mm, fókusz távolsága kb. 1624 mm.

A lencsék összeillesztésekor egy kevés olajat kell az elemek közé cseppenteni, majd az egész objektívet a pereménél körberagasztani. Így a lencse már egyetlen optikaként kezelhető. A foglalatba helyezéskor egy-egy távtartó gyűrűt kell a foglalatba helyezni, hogy ne érintkezzen egymással az üveg és a foglalat fémfelülete. Ezek a távtartók kiküszöbölik a fém és az üveg eltérő hőtágulásából adódó feszültségeket is. Az objektív nem "kotyoghat" a foglalatban, mivel ez asztigmatikus képet okozhat. A távcső használata közben a cső állandóan változó állása következtében a lencsetagok ugyanis laza befoglalás esetén elcsúszhatnak egymáson.

A kész objektívek még akkor is több fényt gyűjtenek össze egy hasonló méretű tükörről, ha külső felületeikre nem kerül reflexiógátló réteg. A nagy látómező és a központi kitakarás hiánya jóminőségű okulárok használata mellett fantasztikus élményt ad mély-ég objektumokról. 12,7 cm-es objektívvel olyan halvány objektumokat is észleltem már, amiket csak 20 cm-es reflektorral láttam azelőtt. Jól felbontja pl. az M13 gömbhalmazt (a központi részét is). Egy precízen elkészített objektív felbecsülhetetlen érték — sokkal jobban kihasználható mind vizuálisan, mind fotografikusan, mint egy hasonló méretű tükörös rendszer.

ROLAND CHRISTEN
(Sky & Telescope, 1981. október -- ford. Mogyorósi Imre)

A szerkesztő megjegyzése

Tudomásunk szerint hazánkban mindössze két Starfire-apokromát (egy 4 és egy 5 hüvelykes) van amatőr kézben. Jelenleg egy 12,7 cm-es (5 hüvelykes) f/8-as Astro-Physics gyártmányú apokromatikus triplet objektív ára kb. 1600 dollár.

Christen 11 évvel ezelőtt megjelent cikke óta az optikákat előállító Astro-Physics jól menő optikai vállalkozássá nőtte ki magát. A cég ez év elején rukkolt elő továbbfejlesztett Starfire EDT apokromátjaival. Hirdetésük szerint ezek az optikák semmilyen színi hibát nem mutatnak (még a Vé-nusznál és a legfényesebb csillagoknál sem észrevehető!). Az EDT lencsék színtkorrekciója ötszörte jobb a hagyományos kéttagú fluorit-apokromátokénál. Starfire ED kéttagú apokromátjukkal a fluorit-objektíveket sikerült jóval olcsóbb és jobban korrigált optikával "kiváltaniuk". A 130 mm-es f/8-as EDT apokromát ára 2450 dollár, az ugyanilyen átmérőjű ED apokromát 1795 dollárba kerül. Érdemes összevetni ezeket az árakat a Zeiss új apokromátjával. A 130/1000-es objektív a Károly körüti Fotoáruházban is megrendelhető, 645 ezer Ft-ért.

Könyvböngészés Bécsben

A hazai műkedvelők, főleg a távcsőépítő és az észlelő amatőrök egyik régi problémája a kézikönyvek, térképek, atlaszok beszerzésének nehézsége. Külföldi folyóiratok könyvismertetéseit nézegetve sokszor gondolhatunk irigykedve az ottani amatőrcsillagászok rendelkezésére álló gazdag kínálatra, a különféle angol, német vagy más nyelvű gyakorlati kézikönyvekből, Hold- és csillagtérképekből, atlaszokból. Bár ezek megrendelése nem ütközik nehézségbe a magyar cégeken keresztül, a fél évnél hosszabb szállítási határidő és a jócskán megemelt valutaátszámítási tarifa sokak kedvét szegi.

Ma már azonban lehetőség van arra is, hogy külföldi könyvkereskedőknél vásárolhassunk — feltéve, ha rendelkezünk a megfelelő valutamennyiséggel. Mivel Bécs valóban gyorsan elérhető számunkra, érdemes kissé körülnézni az ottani könyvpiacot. A nagyobb bécsi könyvkereskedések mindegyikében találunk csillagászati tárgyú könyveket, gyakran a német nyelvűek mellett az érdekesebb, kelendőnek ígérkező angol és amerikai kiadványokat is raktáron tartják. Mivel a belvárosi üzletek némileg drágábbak, célszerű a Ringen (a bécsi Körúton) túli üzleteket felkeresni. Ilyen szempontból azonban a híres-hírhedt Mariahilferstrassét nyugodtan elkerülhetjük; az ottani üzletek nem sokat kínálnak.

A belvárosi üzletek közül azonban érdemes benézni a Szent István dóm közelében a híres Graben elegáns boltjaiba. Ezekben többnyire érdekes folyóiratokat is vásárolhatunk, 50-100 schilling körüli árban. A Graben végén, a Burg felé nyílik a Kohlmarkt széles utcája. A Kohlmarkt 9. alatt találjuk az európai hírnevű Freytag és Berndt könyvüzletet, amely szakmai művek árusításával, nem utolsósorban csillagászati művek forgalmazásával foglalkozik. A több polcnyi asztronómiai munka között egyaránt megtaláljuk a magas színvonalú szakkönyveket, az ismeretterjesztő műveket és az amatőr kézikönyveket. Itt elsősorban az újonnan megjelent csillagászati szakkönyvek között válogathatunk.

Van azonban Bécsben olyan könyvüzlet is, amely az amatőrcsillagászok igényeire specializálódott. Az Igazságügyi palotától kifelé vezető Lerchen-

felder-Strasse 138. alatti GEORG BARTSCH könyvüzlet már a cégtábláján hirdeti, hogy amatőrcsillagászok rendelkezésére áll. (A K. Renner-Ringről induló 46-os villamossal 4 megállonyit utazva percek alatt elérhető, ám vigyázzunk, mert 12:30-14:30 között ebédszünetet tartanak, szombaton pedig zárva vannak.) Csillagászati könyveken kívül meteorológiai, természetrajzi, környezetvédelmi művek, ásványok és kőzetminták is vásárolhatók itt.

Egyébként csillagászati tárgyú brossúrákat és igen jó elméleti és gyakorlati leírásokat (Nap, Hold, meteorok, üstökösök, kisbolygók, kettőscsillagok stb.) a bécsi Uraniában is vásárolhatók. (A Duna-csatorna mellett, az Aspern-hídnál, az Uraniastrasse 1. alatt található, vasárnap 11-12 óra között, hétköznapokon 19, nyáron 20 órától van nyitva.)

Tájékoztatásul és a választék megítélésére felsorolok néhány könyvet és atlaszt a G. Bartsch üzlet legutóbbi árjegyzékéből. (A német kiadásoknál az árakat márkában is feltüntettem.)

Atlaszok, térképek

Uranometria 2000.0 (Tirion-Rappaport-Lovi). Az I. kötet az északi, a II. a déli eget ábrázolja, 9,5 magnitúdóig. Kötetenként 990 űS.

Tirion: Sky Atlas 2000.0. 8 magnitúdóig. 750 űS. Hozzá Sky Catalogue I (állócsillagok) és II (kődök, halmazok, galaxisok) kötetenként 850 űS.

Drehbare Sternkarte mit Planetenanzeiger. (Forgatható csillagtérkép bolygó-jelzővel, beállítható minden napra és órára) Kis modell 76,50 űS, nagy modell 154,50 űS. Drehbare Welt-Sternkarte (minden földrajzi szélességre) 193,50 űS.

Rükl: Mondatlas (Holdatlasz), 224 o., 80 térkép, 20 DM, 159 űS.

Hünig: Der Kleine Sternhimmel. (Félgömb alakra összeilleszthető "asztali planetárium", a mindenkori látóhatár beállításával, utánvilágító csillagokkal), 160 űS.

Távcsőépítés, gyakorlati útmutatás

Strass: Fernrohmontierung und ihre Sutzbauten für Sternfreunden (Műkedvelők távcsőszerelése és azok védőépületei). 296 űS.

Wenske: Spiegeloptik (Tükörccsiszolás). 156 űS.

Oberndorfer: Fernrohr Selbstbau (Távcsőépítés házilag). 187,20 űS.

Thompson: Making your own telescope. (Készítse el saját távcsövet). 350 űS.

Rohr: Das Fernrohr für Jedermann (Távcső mindenkinek). 287 űS.

Gordon: Astrophotography (Asztrofotográfia). 450 űS.

Schwinge: Astrofotografie für Sternfreunde (Asztrofotográfia műkedvelőknek). 45 DM; 351 űS.

Taschenbuch für Planetenbeobachter (Bolygóészlelők zsebkönyve). 39 DM; 304,20 űS.

Folyóiratok

Sky and Telescope (amerikai). Számonként 90 űS.

Sterne und Weltraum (német). Számonként 72 űS.

Astro-Magazin (osztrák amatőr, negyedévi). Számonként 40 űS.

Der Sternbote (osztrák tájékoztató). Számonként 17 űS.

Star Observer (csillagdák, műszerek; kéthavi). Számonként 69 űS.

BARTHA L.