



# Távcsőkészítés

## Egy olajréses triplétt fluorit apokromát

Amióta csak Almási Csaba barátommal (Unioptik Bt) elkezdtuk a nagyobb méretű, „GPU APO” fantáziánév alatt forgalmazott apokromatikus objektívek építését, mindig vártam az alkalmat, hogy egy kisebb lencsét is készítsünk. Egy kicsi távcső ugyanis (tapasztalataim szerint) könnyű „hadrafoghatósága” okán sokkal többször látja a csillagos eget, mint egy nagyobb és nehezebb műszer, illetve kimondottan alkalmas utazáshoz is.

Az általunk eddig gyártott lencsék mindegyike ún. olaj-immenziós fluorit triplétt apokromát volt, amelyek középső tagja fluorit üveg. A lencsék optikai terveit én készítettem, és Csaba feladata volt a gyakorlati megvalósítás. A lencsék foglalatjai és az elkészült tubusok pedig Sári Pál barátom keze munkáját dicsérik.

Az optikák minden lehetséges optikai aberrációra jól korrigáltak, kivéve a fókusz-sík görbületét, ez az aberráció azonban minden ma létező triplétt apokromát lencse esetén jelen van. A jelenleg tesztelés alatt levő fókusz-sík korrektorunk ezt is megszünteti, de vizuális használathoz a korrektor felesleges, annak csak mély-ég fényképezésnél van szerepe.

Az eddig épített 127–140 mm közötti átmérők esetén egyértelmű volt az olajréses kivitel választása, de a lényegesen kisebb, terveink szerint kb. 80 mm körüli lencse esetén a biztonság kedvéért újra megvizsgáltuk az ideális optikai megoldás kérdését.

Az olajréses lencsében az egymás felé forduló belső lencsefelületek sugarai megegyeznek, közöttük a rendkívül vékony (kb. 0,001 mm) olajfilmet a molekuláris erők tartják a helyén: ezek sokszorta erősebbek mint a gravitáció, ezért az olaj a lencsetagok közül nem tudna kifolyni az alkalmazott hermetikus szigetelés nélkül sem. Az olaj hatására a lencse belső felületein nem keletkezik fényvisszaverődés (hiszen a törésmutató nem változik, amikor a fény átlépi a belső felületeket) ezért a típus fényátteresztés és a hullámfront minősége szempontjából is optimális: mindössze kettő üveg-levegő felülete van, ezeken egy modern, többrétegű antireflexiós bevonatot alkalmazva a teljes lencse fényátteresztése jóval 99% felett tartható. Ugyanezen okból a belső felületek a hullámfrontot sem tudják rontani, csupán a két külső felület járul hozzá a lencse végső hullámfrontjához: a belső felületek esetleges hibáit az alkalmazott olaj elfedi.

További előny, hogy a típus szinte teljesen érzéketlen a mechanikai hibákra. A légrések lencsék fokozott mechanikai érzékenysége pont a légrések következménye, azok hiánya viszont a problémakört elegánsan és hatékonyan megszünteti. A légrések felelősek továbbá a szellemképek megjelenéséért is, amelyek a hosszú expozícióval készített mély-ég felvételeken szellemképeket (korong vagy karika alakú színes foltokat) rajzolhatnak a fényesebb objektumok köré. Olajrések lencsék esetén ezek hiányoznak.

A csillagos ég alatt az olajréses kivitel jó belső hővezetése is előny: míg a légréses triplett lensék középső tagja csak lassan tud kihűlni a légrések alkotta hőszigetelő felületek között, a jó hővezetésű olajrétegek gyorsan és hatékonyan kivezetik a hőt a lencse felületére. Emiatt az optika gyorsabban lehűl, és jól követi az éjszaka során a környezet hőmérsékletének változását. Ez mindenképpen növeli a lencse használhatóságát, de ez az előny nagyobb méretben jelentősebb, 80 mm átmérő mellett a légréses lensék esetén sem komoly probléma a lehűlés. Ez az előny tehát kisebb méret esetén nem döntő.

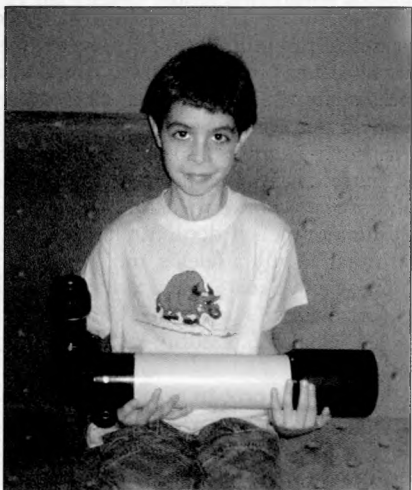


Három objektív (balról jobbra): 83/500 RR Achromat, GPU 80/525 és TMB 80/480

A légréseknek azonban vannak előnyei is, nevezetesen hogy a fényerős lensék esetén segítségükkel kismértékben csökkenthető a színhiba és korrigálható a lencse ún. ötödrendű szferikus aberrációja. Ez utóbbi tulajdonság a fontosabb, mert az ötödrendű szferikus aberráció a nyílászviszonnyal erősen nemlineárisan változik. Nagyon fényerős ( $f/5-f/5,5$ ) optika építése esetén ez a hiba jelentősen csökkentené az olajréses lencse definíciós fényességet és szétmosná az éles képet, ezért itt már az olajrés alkalmazása nem lenne előnyös, ebben a tartományban csak a légréses lensék építése lehetséges. 80 mm átmérő és  $f/6$  nyílászviszony felett azonban az aberráció hatása már gyakorlatilag lényegtelen, a számítógépes szimulációk szerint csupán  $\lambda/20$  alatti hibát okoz.

Az összes tulajdonság vizsgálata alapján úgy látszott, hogy az olajrések alkalmazása ilyen kis méretben is előnyös, feltéve, hogy legalább  $f/6$ -os nyílászviszonyú lencsét építünk.

A tervezetés közben azt is elhatároztuk, hogy a nagyobb lensékhez rendelkezésre álló kész szerszámokat fogjuk ennek a lencsének az elkészítésekor is használni, legalábbis a kritikus, külső felületek esetén. Ennek figyelembevételével viszont a fókusztávolságot csak két érték közül választhattuk: 470 mm és 525 mm voltak a lehetséges értékek. A választás itt könnyű volt: az 55 mm-rel hosszabb fókusztávolság nem növelte jelentősen a távcső fizikai méretét, viszont a nagyobb elérhető nagyítást és az extrém alacsony optikai aberrációkat komoly előnynek éreztük. A kis lencse nevet is kapott: GPU 80/525-nek kereszteltük el. Minden kézen volt, már csak az alapanyag hiányzott. Hamarosan az is feltűnt a horizonton, amikor egy közel 80 mm-es darabot kellett levágni egy fluoritlap végéből ahhoz,



A GPU 80/525-össel gyerekjáték észlelni...

hogy egy 140 mm-es lencse anyaga előálljon. Természetesen a vágási maradék sorsa azonnal eldőlt: a 80 mm-es lencsénk fluorit tagja lett belőle.

A lencse születése ezután igazán regénybe illő történet. A fluorit anyag darabolásakor hiba csúszott a számításokba, és a 83 mm átmérőre tervezett korong csak 80,5 mm átmérőjű lett a valóságban. Mivel nem akartuk a 80 mm hasznos átmérőt csökkenteni, úgy döntöttünk, hogy a triplett külső tagjai továbbra is 83 mm átmérőjűek maradnak, a középső tagot pedig a foglatba épített három kis csavar segítségével fogjuk középre igazítani. Ez csak mechanikai probléma, optikai gondot szerencsére nem jelent. A sugárkúp ugyanis már a lencsébe belépéskor elkezd szűkülni, így mire a középső lencsetagot eléri, az átmérője jelentősen csökken. Emiatt a középső tag peremének a szerepe csak a mechanikai központosítás, de mi ezt a feladatot átruháztuk a három kis centralizáló csavarra.

A lencse külső tagjaihoz szükséges anyagra Csaba egy optikus ismerősének a raktárában járva véletlenül figyelt fel: meglátott egy üvegtömböt egy polcon, amelyre filctollal valaki pont az egyik általunk is használt üveg nevét írta rá. Úgy döntöttünk, megpróbáljuk a lencsét ebből a „talált” anyagból megépíteni. Mivel ez egy kb. 30 éves, még az NDK-ban gyártott üveg, várható volt, hogy valamennyire el fog térni a mai megfelelőjétől. Felkészültünk tehát arra, hogy a lencsét esetleg módosítani kell, ha elsőre nem működik megfelelően. Csaba ezért úgy építette meg a lencsét, hogy csak egy gyors polírozást adott a belső felületeknek, ami lehetővé tette a kipróbálást és a szükséges módosítások megtervezését.

A lencse az első kipróbáláskor szépen működött, egyedül a defokuszált képből látszott a Hold peremén egy kis színhiba, emellett egy igen enyhe szferikus alulkorrigáltság látszott a csillagteszten. A színhiba korrekciójához először megállapítottam, hogy mennyire kell leszűkíteni az optikát, hogy a kép színmentessé váljon, majd számítógépes szimuláció segítségével meghatároztam, hogy ugyanennek a hatásnak az eléréséhez (a 80 mm átmérő megtartása mellett) melyik görbületen és mennyit kell módosítani. Az áttervezés azt az eredményt adta, hogy az egyik belső görbület sugárának 2 mm-es növelésével lehet a színhibát megszüntetni. Csaba a görbület módosítása után kézzel polírozta a belső felületeket, majd a lencsét ismét összeraktuk.

A második próbán a lencse színkorrekció szempontjából már optimálisan működött, de mutatott egy kis alulkorrigáltságot, amit zavarónak találtunk, ezért annak eltüntetése mellett döntöttünk. (Ezért az aberrációért a 30 éves üveg kissé eltérő törésmutatója volt a felelős, míg az első próbán látott kis színhibát az üveg eltérő ún. Abbe-száma okozta). A szferikus hibát a lencse egyik külső felületének igen enyhe aszferizálásával korrigáltuk. Ehhez azonban már nem kellett a lencsét tagokra szedni, csak a foglatból szedtük ki, hogy a módosítandó felülethez Csaba szabadon hozzáférjen.

A harmadik próbán az optika végül megmutatta, hogy mit is tud egy apokromát. Igaz, hogy a specifikáció nélküli üvegyanyag használata okozott egy kis plusz munkát, de a képminőség láttán Csabával teljes egyetértésben úgy ítéltük meg, hogy a lencse elkészítése így is megérte a befektetett időt.

Aki azóta a kis lencsét kipróbálta, elismerően nyilatkozott. A csillagteszten a defokuszált képek között nincs látható különbség, fókuszpontban és annak közelében a színhiba nem észlelhető sem a Holdon, sem a Vega megfigyelésekor (3 mm fókuszú okulárral, kb. 175x-ös nagyítással mellett). Az optika leképezése asztigmatizmustól és kómahibától mentes, a definíciós fényesség (olajrése lencséhez illően) igen magas.

Ennek jó példája, hogy az  $\epsilon$  Lyrae komponensei körül eddig még nem láttunk diffrakciós gyűrűt ezzel az optikával, azaz a legtöbb fényt a lencse az Airy-korongba préseli.

A kis átmérő ellenére a mélyég-objektumok is jól mutatnak a látómezőben, a Polariscsillagvizsgáló teraszáról a Lyra-gyűrűsköd egy formás kis füstkarikának látszott, az M13 gömbhalmaz pedig szépen mutatta a csillagait.

A kis átmérő miatt a lencse kevés légköri zavarást szed össze a nyugtalan égboltról is, így a csillagok szinte minden éjjel éles kis fénypontoknak látszanak vele. Az apokromatikus leképezésből adódó kemény kontraszt a bolygók megfigyelésekor is példás teljesítményt ígér. Ezt azonban sajnos még nem volt alkalom kipróbálni, mivel a látványos bolygók mostanában elkerülték az éjszakai égboltot. Az eddigi tapasztalatok alapján azonban nincsenek kétségeink, hogy a lencse a bolygókon is szépen fog teljesíteni.

GYULAI PÁL

## Okulárteszt: az 5 mm-es Type 6 Nagler

Városi ég alatt távcsövező észlelők számára a határmagnitúdó (hmg) növelésének egyetlen útja a minél nagyobb nagyítás alkalmazása. Ezzel a kiterjedt égi háttér felületi fényessége látszólag lecsökken a pontszerű égitestekhez viszonyítva, azaz utóbbiak kontrasztja megnő, tehát könnyebben észrevehetjük a távcsövünk határmagnitúdójához közel eső halvány csillagokat. A nagy nagyítással együtt járó kisebb látómező viszont adott esetben lehetetlenné teszi a nagyobb szögtávolságra eső objektumok egyidejű észlelését, ami például változócsillagok megfigyelése esetén kényszerítő erő a csak mérsékelten nagy nagyítások felé.

Sydney-i peremkerületi házunk kertjéből a 200/1200-as Dobson-távcsövemmel észlelve holdmentes éjszakákon általában nagyobb erőfeszítések nélkül elérhető az inner sanctum tartomány, azaz a  $14^m,0$  és halványabb fényességek birodalma. Ehhez mindaddig egy 7 mm-es Vixen LV okulárt használtam, amivel 171-szeres a nagyítás, a látómező pedig kb. fél holdkorongnyi. Az utóbbi időben egyre jobban hiányoltam a nagyobb látómezőt hasonló vagy még nagyobb nagyítással, ezért elhatároztam, hogy kiegészítem a Dobsonnal kapott Plössl-okulárokból, egy Meade 10 mm-es orthóból és a Vixen LV-ből álló készletemet egy nagyobb látómezőt adó oklival. A témában nem különösebben tájékozottként a Mira-listán kértem tanácsokat, illetve az internetes honlapokat böngészgettem a kérdés kapcsán, különös tekintettel a változós fórumokra.

Érdekes módon a képalkotást, színtorzítást és látómezőket taglaló tesztek tucat-szám találhatóak, ám a határfényesség kérdését lényegében egyetlen írásban sem fejegették számszerűsíthető módon. Egyedül az AAVSO fórumán leltem a kérdéseimre egyöntetű választ adó leírásokra: mindenki a Televue Nagler-okulárjaira hivatkozott, mint a legjobb hmg-t adó optikákra. A megoldás nem olcsó (az ausztrál márkakereskedő 459 dollárért, azaz kb. 72 ezer forintnyiért adja darabját), ám elvileg egy életre szól, azaz ha tényleg olyan jó, akkor megéri – gondoltam a döntés meghozásakor. Alábbiakban az első tapasztalataimat foglalom össze, nem titkolva a különböző okulártípusokban felmutatott járatlanságomat. (Huygens, ortho, Erfle, Plössl, LV –

eddig csak ilyenek voltak a kezemben hosszú időn keresztül, így az alábbi összefoglaló végkövetkeztetése természetesen nagyon szubjektív.)

Egy 7 mm-es okulár birtokában, illetve a tipikus sydney-i légköri nyugodtság mellett egyértelmű volt az 5 mm-es Nagler választása. Az 1982-ben bevezetett, hét optikai tagból álló okulársorozat jelenleg a Type 6-os változatnál tart. 13, 11, 9, 7, 5, 3,5 és 2,5 mm-es fókusz távolságokkal kaphatók, pupillatávolságuk egyöntetűen 12 mm. Látómezejük 82 fokban, így 1200 mm-es fókusz, azaz 240x-es nagyítás mellett az 5 mm-es okulár elvben 20,5 ívperces látómezőt ad. 225 g-os tömegével különösebb távcsőkiegyensúlyozási problémákat sem okoz. Nagyjából ennyit tudtam összeszedni a vásárlás előtt, és izgatottan vártam az első derült estét az értékes optika megvételét követően.

Október 24-én este végre gyakorlat váltotta fel az elméletet. Közepes ég borult a városra, amit egy közeledő front fátýolfelhői tönkre is tettek három órával napnyugta után. Megérkezésük előtt kb. 4<sup>m</sup>5-s szabadszemes hmg mellett hasonlítottam össze a már meglévő okulárjaimat a készlet új és egyben legarisztokratikusabb tagjával. A tesztbe bevontam a 20 mm-es Plössl (60x-os nagyítás) és a 10 mm-es ortho (120x-os nagyítás) okulárt is, hogy számszerűsíthessem a nagyítással nyert hmg-javulást.

Elsőként a tényleges látómezőket mértem ki az égi egyenlítőől mindössze három fokkal északra található  $\delta$  Aql áthaladási idejével. A percben kifejezett mérési adatokat 15-tel beszorozva kaptam meg az 50 ívperc (20 mm), 27 ívperc (10 mm), 16 ívperc (7 mm) és 20 ívperc (5 mm) eredményeket. Utóbbi a látvány nélkül is letaglózó eredmény: 40%-kal nagyobb a nagyítás, mint az LV-vel, de még így is 25%-kal nagyobb a látómező. A betekintés pedig tényleg óriási élmény, szinte belebújhat az ember, akkora a látómező... A  $\delta$  Aql elegendően fényes volt ahhoz, hogy a látómezők permén fellépő színi és leképezési hibákat jól megmutassa. Mint az várható volt, a Nagler képe messze szebb volt, mint bármelyik másik okuláré (ami persze elsődlegesen az utóbbiak minőségét tükrözi), egyedül a látómező legperemén jelent meg egy enyhe bíbor szellemkép a csillag mellett. Ettől eltekintve a kb. 2 ívmásodperces csillagkorong a Naglerben volt a legtisztább.

A határfényességet szubjektív és kevésbé szubjektív módon becsültem. Előbbi azt jelenti, hogy megnéztem és összehasonlítottam néhány látványos mélyég-objektumot a négy okulárral. Az R CrA csillagkeletkezési régióban nem csak négy markáns fényváltozású változócsillag, az R, T, S és TY CrA található, hanem az egész, kb. egy fokban területet beteríti egy halvány ködösség, kicsit távolabb pedig az NGC 6723 gömbhalmaz virít. Emellett az M22, M15 és 47 Tuc gömbhalmazok halvány csillagainak derengésére voltam kíváncsi. Az eredmény nem lepott meg: a nagyobb nagyítás ellenére is nagyobb látómezővel a Nagler messze a legpazarabb élményt nyújtotta a



Nagler Type 6 okulárok a TeleVue honlapjáról ([www.televue.com](http://www.televue.com))

tüzetesen szemügyre vett mélyegekről. Különösen az M22 és a 47 Tuc lágyan derengő háttércsillagai nyerték el tetszésemet, melyek közül érezhetően több látszott a Naglerben, mint az LV-ben.

A kevésbé szubjektív hmg-becsléshez három halvány változó, a ZAND típusú FN Sgr és a Cet két törpenóvája, a WW Cet és WX Cet összehasonlítóit (öh) kerestem fel. Az FN Sgr egy lassú kitörés leszálló ágán, a WW Cet éppen kitörésben, a WX Cet pedig minimumban volt látható (pontosabban legutóbbi nem látható). A 20 mm-es Plössl lényegében mindhárom változónál  $13^m,0$ – $13^m,2$ -t mutatott, a halványabb öh-k elvesztek a fényes égi háttérben. A 10 mm-es ortho kb. fél magnitúdót hozott, a WX Cet 138-as (azaz  $13^m,8$  fényességű) öh-ja egészen jól látszott. A 7 mm-es LV-ben az FN Sgr 140-es öh-ja kicsit nehéz, de azért látszik, a WW Cet 136-osa és a WX Cet 138-asa könnyen észlelhető. Az 5 mm-es Naglerben az FN Sgr 140-es öh-ja folyamatosan látszik, a háttérben felvillanó csillagok az öh alapján extrapolálva  $14^m,3$ – $14^m,5$  körüliek. A WW Cet 144-es, illetve a WX Cet 146-os öh-ja néha bevillan, de ekkorra már a seeing elkezdett romlani a közeledő felhőzet megérkezésével párhuzamosan.

Ez az egy este meggyőzött arról, hogy változós szemmel – de mélyeges szempontból is – egy Nagler beszerzése, ha anyagi lehetőségeink megengedik, kiváló műszerfejlesztést jelent. Azóta több alkalommal is észleltem vele, és talán nem meglepő, hogy a Vixen LV egyre ritkábban kerül az okulárkihuzatba. Nem szeretem a reklámok szövegét ismételni, de a Hold finom felszíni alakzatai az óriási látómezőben pontosan azt az „űrséta élményt” adják, mint amivel a csillagászati lapokban hirdetik ezt a nagy teljesítményű szemlencse-költeményt.

Egyetlen negatív pontot tudok megemlíteni, mégpedig a többi okulárral való parfokáltság teljes hiányát. Míg a tesztben szereplő okulárok többé-kevésbé nyugodtan cserélhetőek, a kép a fókuszt közelében marad, addig a Naglerrel teljesen ki kell tekerni az okulárkihuzatot az éles képhez. Olcsóbb távcsöveknél akár azt is el tudom képzelni, hogy a végkitérésig csavart kihuzat sem elég, így a kellemetlen meglepetés (az okulárkihuzat megtoldásának szükségessége) nem zárható ki teljesen. Mindezzel együtt egy Nagler az okulárkihuzat dísze, az észlelő amatőrcsillagász éjszakai munkájának nagy hatékonyságú segítője.

KISS LÁSZLÓ

## Ifjúsági szakkör a Polarisban

Tájékoztatjuk Olvasóinkat, hogy a Polaris-szakkör foglalkozásai minden csütörtökön 18 órakor kezdődnek. A szakkör elméleti és gyakorlati foglalkozásaira a 15–19 éves fiatalok jelentkezését várjuk. A szakkört MCSE-tagok számára hirdetjük meg, az új szakkörösök a helyszínen rendezhetik tagdíjukat.

## Amatőrcsillagászok kézikönyve – harmadik kiadás!

536 o., 432 szöveggözi ábra + 9 o. színes melléklet. Ára 3000 Ft (tagoknak 2500 Ft). Kötetünk a színvonalas és rendszeres észlelőmunkához nyújt segítséget, sorra véve az amatőrcsillagászat hagyományos és újabb megfigyelési területeit a szabadzemes észlelésektől kezdve egészen az exobolygókig. Az alaposan átdolgozott kötet az MCSE-től rendelhető meg (mcse@mcse.hu), illetve megvásárolható a Polaris Csillagvizsgálóban, a távcsöves bemutatók alkalmával (kedd, csütörtök, szombat esténként).