

## Éder Iván

# Digitális mélyérfotózás

Minden kezdő amatőrcsillagász számára a Hold és a bolygók megfigyelése jelenti a legnagyobb élményt, látványuk lenyűgöző. A mélyég-objektumokkal azonban már nem ez a helyzet. Aki már nézett távcsőbe, tudja, hogy a ködök, galaxisok zöme igen halvány, kis távcsővel szemlélve elsőre nem nyújtanak olyan élményt, mint pl. a Szaturnusz gyűrűi. Megfigyelésükhöz tiszta, sötét ég és gyakorlott szem szükséges. Egy-egy érdekes, halványan derengő objektum megpillantása is nagy élményt adhat az észlelőnek, de a fényképezés egészen új lehetőségeket kínál ezen a területen.

A mélyégek fotózása nem egyszerű feladat, sok türelmet és kitartást igényel. Cserében viszont olyan halvány objektumokat is megörökíthetünk, amelyek megpillantására amatőrtávcsővel esélyünk sincs. Láthatóvá tudjuk tenni a színeket, amelyeket halványságuk miatt vizuálisan nem érzékelünk távcsőben – legfeljebb a legfényesebb planetáris ködök esetében.

A lényeg a hosszú záridőben rejlik. A film, vagy digitális kamera érzékelője – saját szemünkkel ellentétben – ugyanis képes a beérkező fotonokat hosszabb ideig gyűjteni, aminek hatására a nagyon halvány objektumok, vagy alacsony kontrasztú részletek is nyomot hagynak a képen.

Napjainkban három elterjedt képrögzítési módszer alkalmas színvonalas mélyérfotózásra. A hagyományos kémiai, vagyis filmes technika, a kifejezetten csillagászati célra kifejlesztett hűtött CCD-kamerák, és az egyre szélesebb körben elterjedő digitális tükörreflexes fényképezőgépek (DSLR, digital single-lens reflex camera).

## A filmes fotózás

Legnagyobb előnye, hogy nem igényel komoly kezdeti beruházást, hiszen a mélyégek fotózásához nem szükséges nagy tudású fényképezőgép. Lényeges szempont, hogy a gép tükörreflexes legyen, tehát az objektívnek levehetőnek kell lennie, hogy a távcsövet mint egy szuper-teleobjektívet csatlakoztathassuk hozzá. Továbbá feltétlenül szükséges a „B idő”, hiszen

ezzel a funkcióval tudunk hosszú percek, vagy akár órákat exponálni. A B idő a legtöbb kisfilmes tükörreflexes gépen beállítható, beleértve a 30–40 éves, teljesen manuális modelleket is, mint pl. a Zenit, vagy a Praktica. Ilyen kisfilmes tükörreflexes gépek pár ezer forintért beszerezhetőek a fotóbizományi üzletekben. Ahhoz, hogy szép fotót tudjunk készíteni, érdemes a célnak legmegfelelőbb filmet választani. Fontos, hogy a film kontrasztos legyen, hiszen halvány objektumokat szeretnénk megörökíteni. A diapozitívok eleve sokkal keményebbek a negatívoknál, érdemes azokat használni. A vörösérzékenység is nagyon lényeges ezen a területen, viszont a legtöbb film alig, vagy egyáltalán nem érzékeny a  $H\alpha$  vonal 656 nm-es hullámhosszára. Mélyérfotózáshoz a legjobban a Kodak E200 ill. a Fuji Provia 400F típusú diák váltak be a jelenleg még kapható filmtípusok közül. Az E200 vöröse éppen ezen a hullámhosszon a legérzékenyebb, ezért az emissziós ködök fotózására talán ez a legalkalmasabb emulzió. A filmes fotózásnak azonban sok hátránya van a digitálissal szemben. Az úgynevezett reciprocitási hiba (vagy Schwarzschild-effektus) miatt jóval hosszabb expozíciót kell alkalmazni,  $f/4$ – $f/6$  fényerőkre jellemzően 30–120 perc záridő szükséges sötét egű észlelőhelyről is. Ez elsősorban az objektum követése miatt okoz gondot, továbbá a kép ellenőrzése sem lehetséges sem fókusz, sem követés szempontjából. Számtalan alkalomra emlékszem, amikor egy-egy csodás egű észlelőhelyvége után az izgatottan várt képek a fotólaborban végül nagy csalódást okoztak. Legtöbbször életlen, bemozdult, ritkábban megkarcolódott, vagy idegen fényt kapott képek születtek.

De a jól sikerült felvételeket is érdemes egy kis számítógépes utómunkával feldolgozni, hogy szebbek, kontrasztosabbak legyenek, és a halványabb objektumok is előtűnjenek. Ehhez először digitalizálni kell a nyersanyagot, amit jó minőségben nem egyszerű. A kifejezetten erre a célra gyártott filmszkennerek meglehetősen drágák (több százezer forint), az olcsóbb diafeltétes lapszkennerekkel ellenben nem lehet azt a részletgazdagságot visszaadni, ami az eredeti dián, vagy negatívon látható. Profi laborokban elvégzik ugyan a szkennelést, de a jó minőségért komoly pénzt kérnek, képenként akár több ezer forintba is rúghat a tarifa. Saját filmes pályafutásom is itt ért véget, hiszen ekkor már elgondolkodik az ember azon, hogy olcsó gépváz ide vagy oda, tényleg megéri-e megvenni a diát, aztán csak bajlódni a laborokkal, utána pedig fizetni a szkennelést... Arról nem is beszélve, hogy nagyon sok filmtípus gyártását már beszüntették, és sok – jelenleg még kapható – emulzióra is minden bizonnyal ez a sors vár. Ki tudja, meddig lesz még kapható asztrofotózásra is alkalmas film?

Ezek után nézzük meg, mik a lehetőségek a digitális vonalon!

## Hűtött csillagászati CCD-kamera

Kétségtelen, hogy a legjobb minőséget ilyen kamerákkal érhetjük el. Ám a legtöbb ilyen CCD felbontása még nagyon kicsi, másképpen fogalmazva kevés képpontot (pixelt) tartalmaznak, jellemzően 2 Mp alattiak. Ez akkor igazán probléma, ha részletgazdag, ugyanakkor nagyobb látómezejű képeket szeretnénk készíteni. Ehhez nagyobb méretű és pixelszámú érzékelőre van szükség. Természetesen léteznek 3, 6, 11, sőt, újabban már 16 megapixeles (Mp) modellek is, ám ezek ára milliós nagyságrendű. Tehát ha valaki a legjobb minőséget szeretné, mélyen a zsebébe kell nyúlnia. A CCD-kameráknak ezen kívül nagy hátrányuk, hogy használatuk igen körülményes, továbbá számítógépet és szaktudást igényelnek. Ez a városi embereknek nagy probléma, hiszen az egyre növekvő fényszennyezés miatt kénytelenek elmenekülni egy-egy sötét egű észlelőhelyre – legtöbbször nomád körülmények közé – hogy szép fotót tudjanak készíteni a kiszemelt mélyég-objektumokról. Ilyenkor általában felmerül az áramellátás problémája is, hiszen ezek a kamerák igen sokat fogyasztanak. Egy laptop, egy nagyobb CCD-kamera és a távcsőmechanika együtt már annyi energiát vesz fel, hogy egy nagy autóakkumulátort is gyorsan lemeríthet. A város fényburája alól speciális szűrőkkel lehet ugyan fotózni, azonban ez csak bizonyos objektumok esetében működik, és a képek sohasem lesznek olyan szépek, mintha jó ég alatt készültek volna.

A filmes és a CCD-kamerás képrögzítés helyett az amatőröknek kiváló alternatívát jelentenek az egyre inkább elterjedő digitális SLR-ek.

## A digitális tükörreflexes fényképezőgépek

Úgy gondolom, ár-érték arányban ezek a legjobb asztrokamerák, nem utolsósorban pedig velük lehet a legkönnyebben sikeres felvételeket készíteni. Magukban hordozzák a filmes gépek egyszerűségét és a nagy csillagászati CCD-kamerák legtöbb jó tulajdonságát is. Ezenkívül – eredeti funkciójukat betöltve – nappal is teljes értékű fényképezőgépként üzemelnek.

Jelenleg körülbelül 140 ezer forintnál kezdődnek az asztrofotózásra jól alkalmazható új gépvázak, amelyek 15×22,5 mm-es, ún. APS-C méretű és 6–10 Mp felbontású képérzékelővel vannak ellátva. 600 ezer Ft-ért teljes, kisfilm méretű (24×36 mm) szenzorral szerelt modellt kaphatjuk meg, közel 13

Mp-es felbontással. A tapasztalat az, hogy a legolcsóbb modellek legalább annyira jó teljesítményt nyújtanak mélyégfotózásnál, mint a drágábbak, s ezért szerencsére elég csak a szükséges minimumot költenünk egy ilyen gépvázra. Természetesen a képérzékelő mérete a legolcsóbbak esetében csak 15×22,5 mm-es, és a felbontás is 6–10 Mp közötti, viszont ezek a paraméterek a csillagászati CCD-kamerák közül a legjobbakra jellemzőek. A teljes kisfilm méretű érzékelővel szerelt gépek igazából nem nyújtanak annyival nagyobb látómezőt és felbontást, mint amennyivel többé kerülnek. Röviden nem éri meg a drágább modellekre költeni pénzünket, kivéve, ha a maximumot szeretnénk kihozni a digitális SLR gépek adta lehetőségekből.

## Felbontás

A filmes fotózásra legjellemzőbb 24×36 mm-es (kisfilm) ill. a 6×4,5–6×9 cm-es középformátumhoz képest a képérzékelő mérete kisebb ugyan, de a sűrűn elhelyezett pixelek mégis nagyon részletgazdag és jól nagyítható képeket eredményeznek, 20×30 cm-es, vagy még nagyobb méretben. A filmek a digitalizálás során általában sok részletet veszítenek, amit csak méregdrága profi szkenneléssel lehet kiküszöbölni. A digitális gépek megkímélnék bennünket ettől a procedúrától.

Fontos kiemelni, hogy egy ilyen kamerával, adott távcsővel jóval részletesebb képet készíthetünk egy-egy objektumról, mint filmre (l. színes melléklet). Igaz, a látómező mérete kisebb lesz, de ezt bőven kompenzálja a kép felbontása. Valójában egy 500 mm fókuszú műszerrel már meglepően részletgazdagok a kisebb kiterjedésű galaxisok is, nem is szólva a nagyobb szög méretű objektumokról. Tökéletes vezetés és élességállítás esetén ilyen fókuszú műszerrel hasonló felbontást érhetünk el, mint filmre egy kb. 1000 mm-es fókuszú távcsővel. Ebben az esetben a nagyjából azonos felbontás mellett viszont a digitálissal mégis nagyobb látómezőt kapunk, és csak fele akkora távcsővel dolgozunk (l. színes melléklet).

## Határfényesség

A kép részletességét nem csak a felbontás határozza meg, nagyban befolyásolja a megörökíthető leghalványabb objektumok fényessége is. Megfelelően hosszú expozíciókkal a képek határfényessége meglepően jó, a 20 magnitúdót már kis távcsővel is könnyedén el lehet érni. Ebben a csillagászati CCD-khez képest valamelyest elmaradnak ugyan, a filmes technikánál azonban sokkal jobbak a digitális SLR gépek, ráadásul utóbbiaknál sokkal rövidebb expozíciós idővel érhető el a határfényesség.

## Képzaj

Ha diára fotózunk, a képzaj mértéke elsősorban az emulzió érzékenységtől és típusától függ. Általános szabály, hogy minél érzékenyebb egy film (minél magasabb az ISO, vagy DIN értéke), annál zajosabb lesz a kép. Általánosságban még elmondható, hogy azonos érzékenység mellett a diák kevésbé zajosak, mint a negatívok. Természetesen a zaj akkor is erősebb lesz, ha alulexponált a kép.

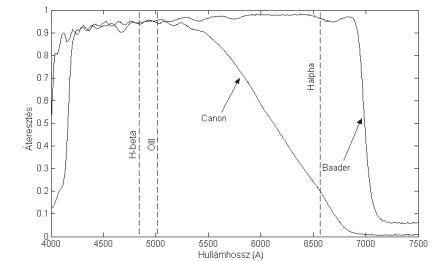
A digitális technikánál kicsit bonyolultabb a helyzet. Itt a képzaj sok dologtól függ. Függ a géptípustól, a beállított érzékenységtől (ISO érték), függ a hőmérséklettől és az expozíció hosszától. A képzaj annál nagyobb, minél nagyobb az ISO érték, minél magasabb a hőmérséklet és minél hosszabb a záridő. Mivel a mélyég-objektumokra még a digitális gépekkel is hosszú perceket kell exponálni, a képzaj jelentősen megnőhet a rövid záridejű felvételekhez képest. A nappali fotózásnál magas ISO értéknél jelentkező képzaj általában egyenletes eloszlású, filmszerűen jelentkezik, a hosszú expozícióknál azonban egyes képpontok fényesednek ki. Mivel a pixelek érzékenysége nem azonos, vannak olyanok, amelyek gyorsabban, és vannak, amelyek lassabban telítődnek. Ilyen kifényesedett pixelből akár több tízezer is megjelenhet a képen hosszú expozíció alatt. De mivel azonos körülmények között (expozíciós idő, ISO érték, hőmérséklet) ezek ugyan ott vannak és az intenzitásuk is azonos, megfelelő sötétkép (dark) segítségével ez a zaj utólag korrigálható úgy, hogy a sötétképet kivonjuk az eredeti képből. A csillagászati CCD-kamerák egyik legnagyobb előnye, hogy az alacsony képzaj érdekében hűtéssel látják el őket, amivel a képérzékelő hőmérsékletét  $-20$  és  $-40^\circ\text{C}$  közé (termoelektromos hűtés), vagy akár  $-100^\circ\text{C}$ -ra (folyékony nitrogénnel) tudják csökkenteni. Az amatőrök részére készített kamerák esetében az egyszerűbb, termoelektromos hűtés csak a külső hőmérséklethez képest eredményez  $20$ – $40$  fokkal kevesebbet, de így is a hosszú expozíciós felvételeken jóval kisebb a termikus zaj, mint a hűtlen digitális tükörreflexes gépeknél. Télen,  $0^\circ\text{C}$  körül egyébként már a DSLR-eknek is minimális mértékű a zajsztintje.

A képzaj másik összetevője leegyszerűsítve a kamera érzékenységtől függ. Ez a zaj látszik a nappali rövid záridős felvételeknél is. Minél nagyobb ISO értéket állítunk be, annál szemcsésebb lesz a kép. Magas érzékenységnél a gép már jelentős erősítést alkalmaz a kép megfelelő fényessége érdekében, ezért lesz erős a zaj. A kompakt digitális kamerákban egy-egy pixel mérete nagyon kicsi, ezért sokkal kevesebb fotont tud gyűjteni adott záridő alatt, mint egy tükörreflexes gép jóval nagyobb képpontjai. Emiatt ott már

alacsony érzékenységen (pl. ISO 100) is erősítést alkalmaznak, így ezeknél a típusoknál az erős képzaj sokkal jellemzőbb. Mivel a mélyég-objektumok legtöbbször igen halvány, lényeges, hogy a képzaj ne nyomja el azt a kis jelet, ami ezekről az objektumokról jön. Mivel az erősítésből eredő zaj véletlenszerű, ezért képlevonással nem korrigálható, viszont a mértéke több felvétel átlagolásával tetszés szerint csökkenthető. Minél több képet átlagolunk össze, annál jobban csökken a zaj, így annál halványabb, kevésbé kontrasztos részletek válnak láthatóvá.

## Spektrális érzékenység

A mélyég-objektumok egy része csak néhány hullámhosszon sugároz a látható tartományban. Ezek döntően az emissziós ködök, planetáris ködök és szupernóva-maradványok. A legfontosabb hullámhosszak az OIII vonalai ( $500$  nm körül), a H $\beta$  ( $486$  nm) és a H $\alpha$  ( $656$  nm) vonalak. Ahhoz, hogy az ilyen típusú objektumokat megörökítsük, a kamerának is érzékenynek kell lennie ezekre a hullámhosszakra. A DSLR-ek kivétel nélkül jól „látanak”  $500$  nm körül, ám bajok vannak  $656$  nm-nél, a H $\alpha$  vonalnál, ahol a piros színű diffúz ködök sugároznak. A baj szerencsére nem az érzékelőben van, hanem a képérzékelő elé gyárilag beépített UV/IR és aluláteresztő szűrőben. Ez a szűrő vörösben jelentősen kevesebbet ereszt át, és a képérzékelő egyenletlen spektrális érzékenységét hivatott kompenzálni (1. ábra). Tehát ha ezt a szűrőt kicseréljük, vagy eltávolítjuk a gépből, akkor  $656$  nm-en körülbelül hatszorosára nő az áteresztés, ami lényeges különbség. Hatására a kamera egyszerűen megtámaszkodik, és a leghalványabb ködöket, H $\alpha$ -emissziós tartományokat is lefotózhatjuk vele. Az átalakítást viszonylag kedvező áron itthon is vállalják, mindenképpen megéri megcsináltatni. Vigyázzunk, csak megfelelő referenciával rendelkező, tapasztalt emberre bizzuk a munkát!



1. ábra. Fent a gyári Canon és a Baader UV/IR szűrők áteresztése látható. Jól látszik, hogy míg az  $500$  nm körüli hullámhosszakon mindkét szűrő közel  $100\%$ -ban átereszt, addig a H $\alpha$  vonalon csak a Baader.

## Áramfelvétel

A DSLR-ek saját akkumulátorról működnek, amellyel általában elég sok expozíciót lehet készíteni napal. Éjszaka azonban ez nincs így. Hosszú záridejű felvételeknél a gép sajnos folyamatosan áramot vesz fel – típustól függően néhány száz milliampert óránként –, ezért a saját eleme gyorsan lemerül, főleg hideg, téli éjszakán. Be lehet szerezni külső tápellátást (pl. 12 V-os akkumulátor, l. 2. ábra), amellyel működtethetőek a kamerák. Így már egy kisebb kapacitású zselés akkumulátorral is több éjszakán keresztül fotózhatunk. Ez a teljesen manuális filmes kamerákhoz képest nyűg ugyan, mégis sokkal kényelmesebb, mint egy több amper fogyasztó nagy csillagászati CCD és a hozzá szükséges számítógép.



2. ábra. Házi készítésű külső táp.

## Fotózzunk DSLR-rel!

### A távcső

Távcsövünk egy nagylátószögű fotóobjektívtól a hosszú fókuszú amatőr-távcsövekig bármilyen lehet. Fontos a jó fotografikus képalkotás, mivel a DSLR gépek érzékelőinek finom felbontása már a legkisebb hibát is láthatóvá teszi, legyen az akár színezés, vagy torzítás a látómező szélén. A másik fontos paraméter a fényerő. Minél fényerősebb a távcsövünk vagy objektívünk, annál rövidebb idő szükséges egy-egy kép elkészítéséhez. Ez azért nagyon fontos, mert a hűtetlen DSLR-ek képzaja jelentősen növekszik az expozíció növelésével, főleg egy meleg, nyári éjszakán. Ezenkívül egy-egy kitelepülés alkalmával több objektumot is lefotózhatunk. A fókusz távolság választásánál vegyük figyelembe azt, hogy a DSLR-ekkel legalább kétszer jobb felbontást tudunk elérni, mint egy átlagos asztro-filmmel. Ezért azonos fókusszal készült felvételeket sokkal nehezebb megvezetni, ha digitálissal fényképezünk. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy nem érdemes 1000 mm-es fókusz fölé mennünk, mert nagyon nehéz dolgunk lesz a vezetéssel, és a légköri nyugtalanság (seeing) is gyakran korlátozni fogja a felbontást.

Mégis, milyen távcsövet vegyünk? Manapság nagy divatja van az ún. *apokromatikus refraktoroknak*, éles, kontrasztos, színhiba-mentes leképezésük és nagy kitakarásmentes (vignettálatlan) látómezőjük miatt. Sajnos azonban kevés az igazán fényerős modell, és általában nem tökéletesen korrigált a látómezőjük. A legtöbb apokromáthoz ezért képsík-korrektort kell használni, ami nem mindig egyszerű, hiszen nem minden cég gyárt ilyen lencsét távcsövéhez. Más gyártók korrektojai ugyan működhetnek jól, de erről csak tapasztalati úton tudunk meggyőződni. Esetleg az interneten találhatunk információt, vagy referenciaképet a megfelelő távcső-korrektor kombinációról. Sok gyártó a korrektort egyben fókuszreduktorral is kombinálja, amivel kicsit tovább növeli a fényerőt. Ha fotózásra szeretnénk használni a műszert, vásárlás előtt mindenképpen győződjünk meg arról, hogy szükséges-e hozzá korrektor lencse, és ha igen, pontosan milyen, kapható-e stb.



3. ábra. 130/780-as TMB refraktor EQ6 mechanikán

Az apokromátoknál jóval olcsóbb megoldást jelentenek a *klasszikus Newton-távcsövek*, melyeket akár  $f/4$  fényerővel is megvásárolhatunk. A kóma-hiba, vagy széltorzítás itt törvényszerűen jelentkezik, viszont a megfelelő kómakorrektort könnyen be lehet szerezni, hiszen minden közepes fényerejű ( $f/4$ – $f/6$ ) Newton-reflektorhoz általában azonos típus való.

Ilyen pl. egy 150/750-es ( $f/5$ ), vagy 200/800-as ( $f/4$ ) modell, mely ideális választás lehet.

Léteznek még fényerősebb, *speciális asztrográfok*, ám nagyon-nagyon drágák. Ilyenek pl. a Borg 100–125 mm-es nyílású  $f/2,8$ – $f/4$ -es lencsés távcsövei, az ASA 20–30 cm közötti nyílású és  $f/2,2$ – $f/3,8$  közötti nagyfényerejű fotós Newtonjai, vagy a Takahashi 180/500-as  $f/2,8$ -as, módosított Newton-rendszerű (hiperboloid főtükör + korrektor) asztrográfja. Kicsi, de nagyteljesítményű műszerek lehetnek még a *fényerős teleobjektívek* is, mint pl. a Canon



2,8/200 L, vagy 2/135 L objektívjei, amelyek teljes nyíláson is kiváló képet adnak, és az áruk még viszonylag megfizethető.

Kisebb kompromisszumokkal alkalmasak lehetnek fotózásra a *fényerős akromátok* is. Ezek a legolcsóbb lencsések, mint pl. egy 80/400, 100/500, vagy 120/600-as modell. Ugyan a színi hibájuk jelentős az apokromátokhoz képest, tehát a fényesebb csillagok körül erős kék haló látszik, ám ez speciális szűrőkkel csökkenthető, vagy teljesen el is tüntethető. A tapasztalatok szerint legjobban a Baader Contrast Booster és UHC-S szűrője látja el ezt a feladatot.

A Newton-távcsöveknél (és minden tükrös rendszernél) előfordul, hogy tökéletes vezetés esetén is kicsit bemozdult képet kapunk. Ez jellemzően a főműszer optikáinak az expozíció alatti minimális elmozdulása miatt van, amit a vezetőtávcsőben nem látunk, ezért értelemszerűen nem is tudunk korrigálni. Ez leginkább hosszabb záridőknél, vagy nem elég mereven befoglalt/alátámasztott optikák esetén fordulhat elő, sok bosszúságot okozva. Ha ilyen problémánk van, próbáljuk a főtükör alátámasztását mereven megoldani (pl. az esetleges rugalmas alátéteket kivenni), és a tubus minden lehetséges rugalmasságát megszüntetni. Ha nem boldogulunk, akkor az ún. off-axis vezető használata jelent megoldást.

Ez a mozgás természetesen jelen van a lencsés műszereknél is, de ott az optika természete miatt a kép nem mozdul el a fókuszbán.

## Mechanika

A mélyérfotózáshoz elengedhetetlen a jó minőségű, óragépes mechanika. Sajnos a legprecízebben kivitelezett távcsőállvány sem követ tökéletesen, aminek főleg mechanikai okai vannak. A legtöbb szerkezetben található csigaorsót és áttételeket szinte lehetetlen tökéletesen elkészíteni, ezért a követés pontatlan, az óragép hol picit késik, hol pedig siet. Ennek az ún. periodikus hibának a mértéke jellemzően a 30 és 5 ívmásodperc között mozog, de minőségi kategóriától függően előfordulnak ennél szélsőségesebb értékek is. Tehát ha pl. egy 135 mm-es teleobjektívvel elméletileg körülbelül 10–15"-es részleteket tudunk megörökíteni, akkor a mechanikának nem le-



4. ábra. Digitális fényképezőgép egy 200/1000-es Newton-távcsövön

het ennél nagyobb periodikus hibája, mert különben a kép bemozdult lesz. Ha ez a kritérium nem teljesül, akkor vezetni kell a felvételt, vagyis a követési hibákat korrigálni kell expozíció közben. A követés pontosságának határt szab a felállítási pontatlanság és a légköri refrakció is. A gyakorlatban igaz az, hogy egy 200 mm-es teleobjektívet 5–10 perces expozíciókkal már vezetni kell a tökéletes eredményhez. A mechanikát tehát objektívünk/távcsövünk felbontásához válasszuk meg. A kis periodikus hibán kívül nagyon fontos még, hogy a hiba mindkét tengelyen jól és azonnal korrigálható legyen. Fontos továbbá, hogy ne lépjük túl a mechanika névleges teherbírását, mert egy túlterhelt rendszer a legkisebb szélre is nagyon érzékeny lesz. A legjobb, ha a teljes fotós felszerelés tömege nem haladja meg a névleges terhelhetőség felét–kétharmadát.

## Vezetőtávcső

Ha hosszabb fókusszal fotózunk, és/vagy a mechanika követése nem elég pontos, vezetni kell felvétel közben. Ehhez a legtöbb esetben egy kis távcsövet, ún. vezetőtávcsövet kell szerelni a főműszer mellé. Evvel egy fényesebb csillagon folyamatosan ellenőrizhetjük a követést, és hiba esetén még időben korrigálhatunk rajta. Ezt vagy egy nagy nagyítást adó megvilágítható szálkeresztes okulár segítségével manuálisan végezzük, vagy automata vezetéssel (autoguidert) szerelünk fel. Az autoguidet nagyon hasznos eszköz, ám rendkívül érzékeny a szélre és a mechanika egyéb pontatlanságaira, ezért legtöbbször sok vele a gond. Vásárolhatunk kifejezetten ilyen célra gyártott eszközöket (pl. SBIG ST-4, SBIG STV), vagy akár egy hagyományos webkamera is alkalmas lehet, a megfelelő programmal működtetve. Utóbbi esetben sajnos elkerülhetetlen a számítógép, vagy laptop használata. Sok bosszankodástól kíméljük meg magunkat, ha a klasszikus okuláros módszerrel, vizuálisan vezetünk. Ehhez megfelelő lehet egy szálkeresztes okulárral ellátott 5–8 cm-es lencsés távcső, melynek nagyítása az alkalmazott objektív vagy távcső fókuszában minimum a negyed része legyen. Tehát pl. egy 200/800-as Newtont legalább  $800/4=200$  x-os nagyítással vezessünk. Ezt a lencsés távcsövet célszerű a főműszer tetéjére, vagy egy megfelelő platform segítségével közvetlenül mellé elhelyezni. Téves az az elképzelés, hogy a vezetőt a nagytávcsővel párhuzamosan kell szerelni. Az a cél, hogy úgy találjunk vezetésre alkalmas, viszonylag fényes csillagot, hogy a főtávcsövet kicsit se kelljen elmozdítani a megörökítendő égiterről. Ehhez valamelyik távcsövet, a legtöbbször a kisebb méretű vezetőt, a fix tubusgyűrű helyett állítható, ún. vezetőgyűrűbe célszerű tenni.

Aki tükrös távcsővel exponál hosszabbakat, annál a fent már említett tükrözgás-probléma jelentkezhethet. Ekkor érdemes a vezetőtávcső helyett ún. off-axis (vagy sajátfókuszú) vezetőtoldatot használni. Ez egy kis prizma segítségével a főműszer fénykúpjának tengelyen kívüli részéből vetíti ki egy darabot, amelyet vezetésre alkalmazni lehet. Ennek előnye, hogy a távcsőben keletkező mindenféle képmozgást, követési hibát tökéletesen korrigálni tudunk, továbbá nem kell a mechanikát a vezetőtávcső plusz tömegével terhelni. Hátránya viszont, hogy nehéz vele vezetőcsillagot találni, és használata viszonylag sok fényutat igényel. Ehhez általában minimum 20–25 mm többlet kell, hogy a vezetőtoldatot a kihuzat és a kamera közé rögzítve még éles képet kapjunk a fényképezőgéppel. Ez sajnos sok gyári Newton-távcsőnél gondot okoz, de a legtöbb esetben kis átalakítással orvosolható a probléma.

A tükrös vagy katadioptrikus rendszereket éppen a tükrözgás miatt nem javaslom vezetésre.

## A fényképezőgép

Hosszú expozíciós felvételekre a Canon digitális EOS sorozata a legelterjedtebb, talán nem véletlenül. Az egyedülállóan fejlett – ma már harmadik generációs – CMOS érzékelők minimális zajszintet mutatnak magas ISO értékeknél is, ami nagyon lényeges a halvány és alacsony kontrasztú objektumok megörökítésénél. Más géptípusoknál (pl. Nikon) is hasonlóan kicsi a zajszint, de ezt csak rendkívül erős zajszűréssel érik el, ami sajnos a kép apró részleteinek a rovására megy, ugyanis a zajon kívül a szűrés azokat is elmosza. Ezáltal a halvány csillagok eltűnnek, az apró, finom részletek elvesznek a képről. A Canon EOS sorozatából a legegyszerűbb (és legolcsóbb) típusok a legmegfelelőbbek, hiszen a nagy tudásra és gyorsaságra nincs szükségünk, a lényeg a B idő és a hozzá tartozó minimális képzaj, illetve magas jel-zaj arány. Az sem utolsó szempont, hogy ezekben a modellekben a legkisebb teljesítményű a processzor, ami a belső hőtermelés szempontjából kedvező. Átalakításhoz is talán az olcsóbbakat érdemes feláldozni, melyek jelenleg az EOS 300D, 350D és 400D típusok. Természetesen a félprofesszionális vagy professzionális EOS gépek is kiválóan alkalmasak a feladatra.

## Az ég alatt

Ha kimentünk az észlelőhelyre és összeszereltük a távcsövet, első dolgunk, hogy a mechanikával pólusra álljunk. Ha új felszerelést vásároltunk,

mindenekelőtt ne felejtjük el a pólustávcső szállemezét párhuzamosítani az óratengellyel.

A DSLR fényképezőgépünket a távcső ún. primer fókuszába kell rögzíteni. Ilyenkor a távcső mint teleobjektív működik, tehát nincs szükség okulárra és a gép objektívjére. Szükség van viszont egy (vagy több) adapterre, amellyel a gépet az okulárhuzatba illesztjük. Bajonettes fényképezőgépnél általában ez egy megfelelő bajonett-T2 és egy T2–1,25" (vagy T2–2") adaptert jelent. Ha teleobjektívvel fotózunk, akkor a rögzítés magától értetődik, a gépet a fotómeneten keresztül valahogyan a (vezető)távcső mellé kell felszerelni.

Következő lépésként érdemes fókuszálni a kamerát. Ez sajnos az éjszakai égbolton nem könnyű feladat, s a gép keresőjében látott kép alapján legtöbbször csak közelítő eredményre juthatunk. Állítsunk be egy viszonylag fényes csillagot, vagy bolygót, amin a durva állítást el tudjuk végezni. Ezután készítsünk egy kb. 10 másodperces tesztfelvételt, és nagyítsuk ki a képet a gép LCD monitorján. Az élesség nem a fényes, hanem a halványabb csillagokon ellenőrizhető a legbiztosabban. Ha nem vagyunk elégedettek az eredménnyel, állítsunk az élességen valamelyik irányba. Az állítás mértékét ne a keresőben nézzük, hanem egy vörös fényű lámpával figyeljük a fókuszálót, vagy az objektív fókuszáló gyűrűjét. Nagyon kicsi mozgásra lesz szükség. Ezután megint csináljunk tesztfelvételeket és ellenőrizzük, hogy javul-e az élesség, jó irányba állítunk-e stb. Így próbálgatva néhány perc alatt beállíthatjuk a fókuszot. A fényerős, modern teleobjektívekkel fényes csillagra lehetséges ugyan az autofokuszálás, de a legtöbb esetben az automatika nem elég pontos. Ilyenkor manuálisan javítsunk még rajta. Ha megvan az élesség, ne felejtjük el az optikát rögtön átkapcsolni manuális módba, mert különben a gép minden expozíció előtt élesíteni próbál, és fényes csillag hiányában elállítja a nehezen megtalált fókuszot. Az élességet a hőmérséklet-változás (hőtágulás) miatt az éjszaka folyamán többször is ellenőrizzük.

A fókuszálásnak vannak egyszerűbb módjai is. Az egyik, hogy egy rövid fókuszú okulárt parafokálisra állítunk egy megfelelő állítható toldat segítségével (5. ábra).

Ilyenkor a gép helyére a toldatot tesszük, avval élesítünk, majd rögzítjük a fókuszálót és feltesszük a kamerát. Ezt a parafokalizálót úgy kell beállítani,



5. ábra. Parafokalizált élesítő toldat

hogya a felfekvés pontja és az okulár közötti távolság megegyezzen a fényképezőgép felütközési pontja és fókuszsíkja közti távolsággal. A módszer előnye, hogy nagyon pontosan látszik az élesség, és nem kell mindig tesztfelvételeket készíteni, csak egyszer, amikor beállítjuk a toldatot. Elég hosszú fenyút esetén, refraktoroknál billenőtükörrel is kombinálhatjuk a rendszert, ilyenkor fókuszálásnál nem kell levenni a gépvázat, csak átbillenteni a tükört. Mindenképpen olyan rövid fókuszu okulárt használjunk hozzá, amellyel a nagyítás eléri a távcső mm-ben mért átmérőjének az értékét, vagyis a kilépő pupilla legfeljebb 1 mm-es legyen, de inkább kisebb. Ezt a minimum nagyítást a nyílászviszonnyal mm-ben megegyező fókusztávolságú okulárral kapjuk meg. Tehát pl. egy 200/800-as Newton (f/4-es nyílászviszony) esetén ez 200×-os nagyítás, amihez 4 mm-es okulárra van szükség. Csak ilyen relatíve nagy nagyításon látszik megfelelő pontossággal a fókuszpont, a kis kilépő pupilla miatt.

Az élesítésre vannak más módszerek is. Az egyik a Hartmann-maszk, melyet a távcső nyílása elé kell helyezni, és aztán a kamera keresőjében ellenőrizni a fókuszt. A Hartmann-maszknak van egy módosított változata, melyen a két kis kör alakú nyílás helyett két, egymásra merőleges pálcika formájú lyukat vágunk a maszkra. Az élesség ebben az esetben akkor jó, ha a fényképezőgép keresőjében látott két pálcika pontosan középen metszi egymást.

A gépvázakhoz lehet kapni nagyobb nagyítású szögkeresőt, amellyel pontosabban látható a fókusztáv a gép keresőjében, mind a Hartmann-maszkos, mind pedig a sima fókusztáválásnál.

Élesíteni lehet még számítógépes segítséggel is, ám ehhez legtöbbször motorizált fókusztáv és megfelelő program szükséges.

Az élesség beállítása után keressük meg a fotózni kívánt égyterületet. Ha halványasága miatt nem látszik az objektum, egy térkép vagy térképprogram és a csillagkörnyezet segítségével tudunk a megfelelő pozícióra állni, ill. a kívánt képkompozíciót beállítani. Egy-két rövidebb vezetetlen tesztfelvétellel ellenőrizhetjük, hogy megfelelően állítottuk-e be a képkivágást. A művelet végén ne felejtjük el a mechanikát rögzíteni, aztán pedig ellenőrizni, hogy mindeközben nem mozdult-e el a képkivágás.

Ezután a vezetőtávcsővel keressünk vezetésre alkalmas csillagot, itt is ügyelve arra, hogy a főtávcsövet ne mozdítsuk el a beállított pozícióból. Ezért csak finoman állítsuk a vezetőgyűrű csavarjait, ne alkalmazzunk durva mozdulatokat. Ha a vezetőcsillag is megvan, próbáljuk ki a vezetést, hogy jó-e a korrekciós sebesség, megfelelően reagál-e a mechanika stb. Ezután elkezdhetünk exponálni. Mindenképpen szükségünk van elektromos kioldószinórra, de a legjobb, ha programozható expozícióvezérlőt használunk.

lunk. Ebben az esetben nem kell mindig lesni az időt, a beállított idő elteltével leáll az expozíció.

Ha halvány objektumot fotózunk, vagy szeretnénk halványabb részleteket is megörökíteni, célszerű sok képet készíteni az adott területről, melyeket aztán a kis zaj érdekében később számítógéppel összeátlagolunk. Egy-egy expozíció hossza jó égy esetén f/5,6-os nyílászviszony mellett lehet kb. 10 perc, ISO 800 érzékenységen. Más fényerőre lineárisan lehet átváltani az időt, tehát pl. f/4-re ugyanez 5 percet, f/2,8-ra két és fél percet, f/8-ra pedig 20 percet jelent. A legtöbb Canon-gépnél ez az ISO 800-as érzékenység mondható ideálisnak. Jogos lehet a kérdés, hogy nem jobb-e alacsonyabb érzékenységen hosszabbat fotózni, pl. ISO 100-on 80 percet. A tapasztalat azt mutatja, hogy lényegesen simább lesz 8 db 10 perces ISO 800 kép átlaga, mint az egy ISO 100-on készült 80 perces. Ez így kicsit több utómunkát igényel ugyan, de a szebb végeredmény érdekében mindenképp megéri a fáradozást. Más előnye is van a rövidebb záridőknek: pl. ha vezetés közben történik valami baki, jön egy szellőkés, felhő, vagy bármi, nem kell az egész hosszú expozíciót előlről kezdeni, azonkívül a fénykép sem zajosodik be annyira. Ha kicsit fényszennyezett az égyünk, és/vagy a Hold is a horizont felett van, használhatunk mélyégy-szűrőt a jobb eredmény érdekében. Látványos javulást az emissziós és planetáris ködök, valamint szupernóva-maradványok esetében érhetünk el, ezek azok, amelyek fényük jelentős részét csak az 500 nm és 656 nm körüli hullámhosszakon bocsátják ki. A szűrőt is ennek megfelelően válasszuk ki úgy, hogy ebben a két tartományban eresszen csak át. Ilyenek pl. a Baader UHC-S, a Lumicon Deepsky, az IDAS LPS, vagy az Astronomic UHC fotovizuális szűrői.

Mindenképpen nyers formátumban (RAW) rögzítsük a képeket, hiszen így színcsatornánkénti 12 bit (4048 árnyalat) áll a rendelkezésünkre, a jpeg 8 bitjével (256 szín) szemben. Ez nagyon fontos, ha a feldolgozás során ki szeretnénk emelni a halványabb részleteket is a képből. Emellett a színegyensúly és egyéb beállítások is utólag, adatvesztés nélkül végezhetőek el a képen.

Korábban már említettem, hogy a digitális égyékelők hosszabb expozícióknál zajosodnak. Ez a zaj azonban eltüntethető a képről úgy, hogy azonos körülmények (expozíciós idő, hőmérséklet, ISO érték) mellett letakart optikával ún. sötétképet készítünk, amelyet később digitálisan levonunk az eredeti képből. Normális esetben ez a kép csak azt az állandó zajt fogja tartalmazni, amellyel a rendes képünk terhelt. Célszerű több darkot is készíteni, majd azokat összeátlagolni annak érdekében, hogy csak olyan zaj maradjon a végleges sötétképen (masterdark), amely a többi rendes képen is jelen van. A legtöbb DSLR gépen van beépített hosszú expozíciós zajszűrő.

rés, ami minden kép készítése után közvetlenül egy azonos zárídejű sötét-képet csinál, amit aztán saját maga levon az eredetiből. Ezt azonban nem előnyös használni, főleg, ha sorozatot készítünk. Ugyanis az expozíciós idő ebben az esetben gyakorlatilag megduplázódik, pl. 10 db 10 perces kép készítése 100 perc helyett 200 percig fog tartani. Ráadásul ebben az esetben a sötétkép-levonás sem lesz tökéletes, hiszen minden képből csak egy dark lesz levonva, nem pedig a masterdark. Ha tehát több képet készítünk, feltétlenül kapcsoljuk ki a zajsűrűséget. Így sokkal több idő jut az éjszakából a lényegre, hiszen a darkokat elég a képek után elkészíteni, ha már világosodik az ég. Amúgy is ritka a derült éjszaka, használjuk ki a lehetőségeket! Természetesen sötétképet később is készíthetünk, csak ügyeljünk arra, hogy a hőmérséklet is azonos legyen az eredeti expozícióéval. Sőt, az adott körülmények között készített darkokat tárolhatjuk is, mert könnyen lehet, hogy egy későbbi sorozathoz alkalmazhatók, és így akkor majd nem kell újakat készíteni.

A sötétkép levonása nem mindig tökéletes, előfordulhat, hogy egy-egy fényes pixel marad a képeken. Ezért a távcsővel exponált rendes képeket egymáshoz képest célszerű néhány pixellel elmozdítani, hogy az adott égrészlet mindig más képpontra essen a fényképezőgép érzékelőjén. Így aztán a csillagokra illesztett fotók átlagolásával ezek a véletlenszerű pixelek is kiátlagolódnak. A látómező-eltolás többek között segít eltüntetni a kisebb porszemek által vetett árnyékokat, és az érzékelő lehetséges hibáiból eredő kisebb egyenetlenségeket is. Ezt az eltolást elvégezhetjük manuálisan úgy, hogy picit mindig tekerünk a vezetőtávcső egyik csavarján, majd a kézivezérlővel középre állítjuk a vezetősillagot. Egyes számítógépes kameravezérlő programok is tudják ezt, és van olyan hazai gyártmányú kis programozható elektromos készülék is, amely magától elvégzi ezt az elmozgatást. Utóbbinak „T-boy” a neve („távcső-bolygató”). A szép, egyenletesen sima háttérű felvételeknek ez is a titka.

Ha a fotózott képeken vignettáció jelentkezik, akkor ún. flat képpel is korrigálnunk kell az eredeti felvételt. Ez egy homogén felületről készült kép (pl. tiszta kék égbolt), amely csak a megvilágítás egyenetlenségeit tartalmazza. A vignettáción kívül a porszemek árnyékát és az érzékelő esetleges nem egyforma karakterisztikáját is el lehet így tüntetni. A darkkal ellentétben itt nem lényeges, hogy ugyanolyan körülmények között készítsük a képeket, viszont fontos, hogy ugyanazzal az objektívvel, ugyanolyan blendével készüljön a felvétel. A porszemek miatt lehetőleg ne sokkal később, vagy korábban készült flat-et használjunk a kalibrációnál. Az ISO érték és az expozíció hossza ebben az esetben teljesen különbözhet, lehet ISO 100 mellett pl. 1/2000 másodpercet alkalmazni.

## Képfeldolgozás

A képfeldolgozás, az utómunkák lényege, hogy a nyers képek legtöbbször gyenge, alacsony kontrasztú megjelenését kicsit „kipofozzuk”, kihangsúlyozzuk mindazt, amit mi fontosnak érzünk megmutatni a képen. Természetesen mindezt a jó ízlés határain belül, úgy, hogy a kép részletgazdag és esztétikus legyen. Mivel erre nagyon sok alternatíva létezik, nincs recept, hogy pontosan hogyan kell ezt végezni.

Először viszont mindenképp arra van szükség, hogy kalibráljuk a képet, vagyis minden olyat eltüntessünk rólok, ami valójában nincs az égen. Ezek a zaj, a kiugró pixelértékek, a vignettáció, a porszemek árnyéka stb., melyekhez jellemzően a dark és flat képek szükségesek. A kalibrációt célszerű speciális képfeldolgozó programokkal végezni, hiszen ezek legtöbbször még a nyers formátumú képekkel teszi ezt, így nagyon pontosan dolgozik. Ilyen programok pl. az Images Plus, a MaxDSLR, a DeepSkyStacker, vagy az IRIS.

Kalibráció után az egyes képeket a lehető legpontosabban egymáshoz kell illeszteni és valamilyen algoritmus szerint átlagolni. Ezt is az olyan speciális programok valamelyikével végezzük, mint az előbb felsoroltak. Ezután a sok képből már csak egy igazi nyers képünk marad, amelyből előcsalogathatjuk mindazt, amit lefotóztunk az égen. Ez a képfeldolgozás igazán egyedi része, hiszen a végső kép részletgazdagságát, színét tekintve sokszor már nem támaszkodhat a vizuális élményre. Ezért mindenki úgy állíthatja be a kontrasztokat, színárnyalatokat, végső finomságokat a képen, ahogy neki tetszik. Ezekre a műveletekre már az általános képszerkesztő programok is kiválóan alkalmasak, mint pl. a Gimp, vagy a Photoshop.

Az IRIS program az amatőrcsillagászati képfeldolgozás minden lépésére kiváló alternatívát nyújt. Két nagy előnye van: teljesen ingyenes, és már magyar nyelvű leírás is született hozzá. Mindkettő letölthető az internetről, a program a

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>, a leírás pedig a  
[http://www.mcse.hu/tavcsoves\\_sarok/20070224\\_iris.html](http://www.mcse.hu/tavcsoves_sarok/20070224_iris.html) oldalról.

Ne felejtsük, a sikeres asztrofotók készítéséhez nagyon sok kitarás és türelem szükséges!