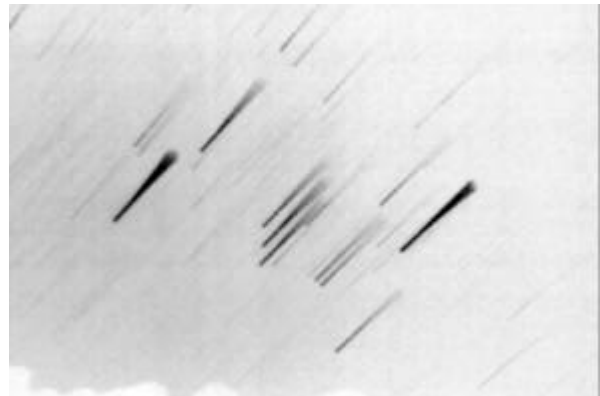


A már említett „Akira Fujii-effektus” alkalmazása a digitális képeken sokat segíthet a csillagképek még szembetűnőbb kiemelésében. Sarki fény esetén ne alkalmazunk 20–30 másodpercnél hosszabb expozíciót, ugyanis ilyen időskálán változik a jelenség szerkezete, és a finom részletek, oszlopok, ívek stb. elmosódnak.

Állókamerás („csíkhúzás”) képek esetén ha már bemozdul a téma, akkor ezt jó alaposan tegye. A hosszú ívekhez legalább negyed, de inkább 1–4 órás expozíciók kellenek. Emiatt mindig figyeljünk az égi háttér fényességére, ennyi idő alatt ugyanis teljesen letörölhet mindent a képről. Fényes égbolt esetén blendézzük le az objektívet; 2 órás expozícióhoz 400 ASA-s filmen legalább  $f/5,6$ – $f/8$  fényerőt használjunk. Klaszikus téma a Polaris és környéke, a több órás expozícióval rögzített csillagívek szépen kirajzolják az égi pólust. Ilyen hosszú expozíciókhoz lehetőleg mechanikus záras vázat használjunk (I. III. fejezet, Gépvázak).

Nagyban feldobja a kép hangulatát, ha valamilyen *tereptárgyat is belekomponálunk* a képbe. Ez lehet közeli, akár egy zseblámpával vagy kisebb vakuval megvilágított fa, erdőszél, de lehet természetes forrás (Hold) vagy fényszennyezés (város) miatt megvilágított hegyvonulat, tengerpart stb. Telehold idején igen érdekes, szinte nappali fényviszonyokat tükröző, de hideg színekkel rajzolt táj jelenik meg a képen, s a sötét égen a csillagok is látszani fognak. Ilyenkor legfeljebb 3–10 percet exponáljunk maximális fényerő mellett.

Mind az égi háttér, mind a Hold vagy más forrás által megvilágított előtér könnyen beéghet egy hosszú felvételen. Digitális fényképezőgépekkel azonban lehetőség van több 2–5 perces felvétel összeadására, ezáltal hosszú csillagívek és halvány csillagok rögzítésére megfelelően megvilágított előtér/háttérfényesség mellett. Ennek módja: úgy adjuk össze a képeket, hogy egy adott pozícióban lévő képpontot tekintve minden egyes felvételtől csak a legfényesebbet tartjuk meg. Az egyes részképeken ugyanis az előtér/háttér ugyanott marad, míg a csillagok elmozdulnak. Így előbbi nem ég be, hiszen adott képpont közel azonos intenzitású minden képen, míg ha egy csillag átvonul egyetlen képen is az adott képponton, akkor ez meg fog jelenni a végeredményen. A részképek között a lehető legkevesebbet várjunk, különben szaggatottak lesznek a csillagívek. (Sokszor a fényképezőgép sebessége számít, az, hogy milyen gyorsan menti el a képet, illetve van-e



5.46. ábra. A hosszú expozíció alatti szaksos defokuszálás eredménye (2,8/35, Fujichrome 100, 15 p., Fűrész Gábor)



5.47. ábra. Digitális „csíkhúzás” – félórás digitális expozíció. A technikának köszönhetően a halvány csillagok mellett a holdfényben fürdő szikla sem lett túl világos. Canon EOS 300D, 2,8/24–80 (50 mm,  $f/5,6$ ), 100 ASA, 6x5 perc expozíció (Fűrész Gábor)

belső tára, és azonnal indítható-e új expozíció.)

Szintén érdekes hatást érhetünk el, ha az expozíció során *fokozatosan defokuszáljuk* a képet. Végtelenre állított objektívvel kezdjük a fotózást, s az expozíció végére a 2–5 m-es távolságértékig jussunk el. Nézzük meg, hogy ehhez mennyit kell elforgatni az élességállító gyűrűt, ezt osszuk fel 10–15 részre, s az expozíció alatt 2–4 percenként ennyivel állítsuk el az objektívet. Így legyezőszerűen szétnyíló csillagnyomokat kapunk az egyszerű csíkok helyett, s a csillagok színe sokkal jobban érvényesül. Óvatosan nyúljunk a géphez expozíció alatt, ne lökjük meg, stabil állványt használjunk.

Egyes gépeken lehetőség van egy képkockára több expozíciót készíteni, bár a digitalizált/digitális képek feldolgozása során ez egyszerűbben megoldható. A *multiexpozíció* lehetőségét kihasználhatjuk az asztrofotó izgalmasabbá tételére. Holdbolygó együttállásokat pl. 8–10 percenként megismételt 5–20 másodperces expozíciókkal, tereptárgy belekomponálásával fotózhatunk. 35–200 mm közötti fókusz mellett használjuk e technikát. (Amennyiben a digitális sötétkamrában próbálunk egy tereptárgyat utólag a képre varázsolni, úgy figyeljünk az azonos színhőmérsékletre és zajkarakterisztikára a felhasznált képek esetében, különben túl egyértelmű lesz a „beavatkozás”. Lehetőleg azonban próbáljunk eredeti fotót készíteni...)

*Egész égbolton*, ún. all-sky felvételeket vagy halszemoptikával vagy pedig all-sky kamerával készíthetünk. Az előbbi hátránya, hogy nagyon drága, és APS méretű CMOS/CCD szenzorokhoz nem könnyű beszerezni, viszont akár hosszabb vezetett fotók is készíthetők vele. A 0,4x-es fókuszcsökkentő feltételek szinte kivétel nélkül nagyon rontják a képminőséget, inkább ne is próbálkozzunk azokkal. All-sky kamerát viszont könnyen barkácsolhatunk. Egy nagyobb átmérőjű, erősen domború lencsére lesz szükségünk, amit tükröző réteggel vonunk be. Kiválóan megfelel a célra egy leselejtezett, autófényszórók beállítására szolgáló műszer kondenzorlencséje. Az ebből kialakított domború tükröt a földre helyezük, majd egy fotóállványon a fényképezőgépet pontosan a tükrő fölé állítjuk, úgy, hogy a gép lefelé, a tükrőre nézzen. Egy 135–200 mm-es teleobjektívvel és esetleg közgyűrűk használatával elérhető, hogy teljesen kitöltse a látómezőt a gömbtükrő élesre állított képe. Még nappal próbáljuk ki, milyen távolságra kell lennie a gépnek a tükrőtől, s ekkor az objektíven milyen távolságbeállítás mellett látjuk élesen a földön tükröt. Figyeljünk arra, hogy ez a beállítás nagyon érzékeny a szórt fényre, a világos égi háttérre.



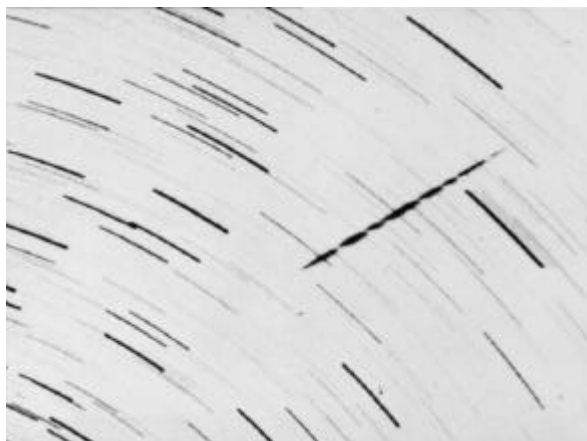
5.48. ábra. All-sky kamera

A *meteorfotózás* sokkal pontosabb radiáns-meghatározást tesz lehetővé, meghatározható annak helyzete, szerkezete, az egyes meteorok fénymenete, szimultán fotózásnál térbeli mozgása. Hátrány viszont, hogy sokkal kevesebb meteor rögzíthető,

hiszen alapobjektíves felvételeken 400 ASA-s érzékenység mellett csak a +1m-nál fényesebb meteorok hagynak nyomot. Célszerű a fényerős, nagylátószögű és alapoptikák használata, minél érzékenyebb, 400–3200 ASA beállítás mellett. Az exp. idő növelésével nem tudunk halványabb, legfeljebb több meteort rögzíteni egy kockára, de a megnövekedett háttér letörölheti a halvány nyomokat. A meteoros határfényességet a meteor szögsebessége és fényessége határozza meg, a lassabbak közül a halványabbak is, a gyorsak közül viszont csak a fényesek rögzíthetők. Állókamerás technika mellett csak az expozíciós idő által meghatározott pontossággal határozható meg a radiáns helyzete, vezetett fotók esetében sokkal jobb a pontosság. A radiánstól kb. 40 fokra állítsuk a képmező közepét, és lehetőleg a horizonttól távolabb, 40–50 fok magasságban fotózzunk. Ne feledjük, akkor van nagyobb esély sikeres fotóra, amikor lassabb és fényesebb rajtagok tűnnek fel. Ez nem minden esetben következik be a vizuálisan észlelhető maximumkor, esetleg 5–6 órával később is jelentkezhet (pl. Geminidák). Halványabb rajtagok esetén (pl. Orionidák) a film érzékenységére, fényesebb raj esetén (pl. Perseidák) pedig a minél teljesebb ég-lefedettségre koncentráljunk. A negatívon szabad szemmel csak a fényesebb meteorok látszanak, vizsgáljuk át nagyítóval vagy okulárral is a képet a halványabb nyomok után kutatva.

Szimultán fotózás esetén két, 30–100 km-re lévő helyről a légkör ugyanazon részét kell fotózni, és szerencsés esetben mindkét képen megfigyelhető ugyanannak a meteoroknak a nyoma, amiből a földrajzi helyzet és a képen kimérhető pozíciók, valamint időadatok alapján a meteor térbeli pályája is megadható.

A *forgószeaktoros meteorfotózás* esetén a meteor szögsebességét is rögzíthetjük a felvételen. Egy olyan árnyékolóra van szükségünk, ami periodikusan eleltakarja rövid időre az objektívet. Ezt könnyen megvalósíthatjuk, ha egy nem túl gyorsan forgó motor tengelyére kis lapátó(ka)t helyezünk, melyek másodpercenként 10–30-szor takarják ki az objektívet. Ezáltal a csillagok továbbra is folytonos ívet húznak, a meteorok nyoma azonban apró szakaszokra tagolódik, egy-



**5.49. ábra.** Forgószeaktoros Perseida-felvétel (2/58, Forte 400, 25 p., a meteor fényessége  $-1^m$ , Berkó Ernő)

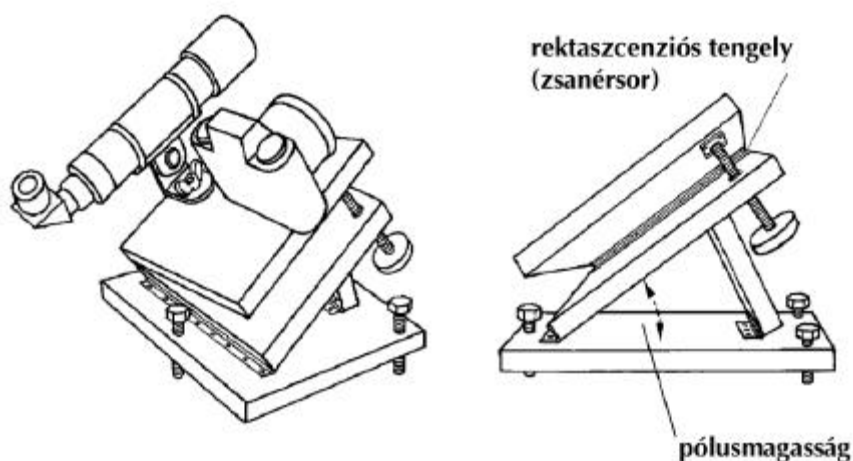


**5.50. ábra.** Forgószeaktoros meteorkamera-rendszer

és a lapátok számát, meghatározható a meteor megjelenése és eltűnése közti idő, illetve ebből és a képről megmérhető, ill. kiszámítható pályahosszból megadható a szögsebesség. Az egyenetlen szaggatottság a változó sebességre utalhat, de perspektivikus okokból is eredhet.

Mindenképpen növeli a hatékonyságot, ha nem egy, hanem több gépet használunk egyidejűleg. Ezekkel célszerű egyszerre exponálni, esetleg több géphez egy közös forgószektor is alkalmazható. Az elkészített fotón a környező csillagokhoz képest határozhatjuk meg a meteor nyomvonalának kezdő és végponti koordinátáit. Adatbeküldéskor készítsünk az egyes nyomokról részletnagyítást/nyomtatást is.

*Asztrofotózás „pajtaajtóval”.* Kisebb fókusztávolság esetén (135 mm-ig) van egy egyszerű módszer rövidebb expozíciós idejű (5–10 perc) vezetett fotók készítésére, az „égre nyíló ajtó”, vagy „pajtaajtó”. A mellékelt ábrák szinte mindent elmondanak az eszköz működéséről. Az ajtó egyik lapja fix, a fotógépet és a vezetőtávcsövet a másik, zsanér mentén „nyitható” lapra rögzítjük. A vezetést egy kézzel forgatható csavar teszi lehetővé, ez valószínűleg a finommozgatást. Az ajtó élével, a zsanér tengelyében elnézve célozzuk meg a Sarkcsillagot, ez a pólusra állás. A fényképezőgépet érdemes panorámafejre szerelni, hogy tetszőleges égbolt-részt be tudjunk állítani.



5.51. ábra. Asztrofotózás „pajtaajtó” mechanikával

Hasonló elven, bár kissé más megoldást használva is készíthetünk vezetett fotókat. Itt a két, egymáshoz képest elmozduló lap a lényeg, de ezek egymással párhuzamos síkban, szinte egymáson csúszva fordulnak el egy tengely körül. A rögzített felületet itt az égi egyenlítővel párhuzamosra kell állítani. Ezt úgy tehetjük, ha a műszerláb alapsíkját gondosan vízszintezzük, majd a megfelelő meredekségűre (a földrajzi szélesség kiegészítő szöge, Budapesten ez 42j5) készített lejtőt el kell fordítani északi irányba. Az elmozduló lap mozgatása csavarorsó segítségével történik, aminek egyik végére kis hajtókart szerelünk, vagy meghajlítjuk az orsót. Az orsó egy menetes tuskó közvetítésével illeszkedik a rögzített felülethez. Csavaráskor a hajtókar átellenes vége egy hajlított alumíniumlemezből kialakított támadási ponton adja át a mozgást az elmozduló lapnak, ami a panorámafejjel és a rárögzített géppel együtt fordul el a tengelyként is szolgáló, a két lapot egymáshoz kapcsoló csavar kö-



5.52. ábra. Egyszerű vezetés kicsit másként

rül. A hajlított alulemezt és a rögzített alaplapot egy rugó kapcsolja össze, hogy az alaphelyzetbe történő mozgás során is meglegyen a kontaktus a lemez és az orsó vége között. A támadási pont és a forgástengely közötti távolság ( $r$ ) megfelelő méretezésével elérhető, hogy az égbolt mozgásának kompenzálásához a hajtókart pontosan egy óra másodpercmutatójával szinkronban kelljen forgatni. A közölt táblázat segítségével meghatározhatjuk  $r$  szükséges értékét adott menetemelkedés esetén. Alap-, vagy kis teleobjektívves vezetett fotók a távcsőre szerelt gépvázzal is készíthetőek, ekkor a távcsővel vezethetünk (5.52. ábra).

Menet	Menetemelkedés (mm)	$r$ (mm)
M 5	0,80	183,5
M 6	1,00	229,4
M 8	1,25	286,7
M 10	1,5	344,0

## IV.2. A Nap

A *napfotózás* előnye, hogy – más észlelési területektől eltérően – bőségesen elegendő a fény, és a rövid expozíciós idők (1/500, 1/1000 s) miatt óragépre sincs szükség. Jól használhatók a magas kontrasztú, kis érzékenységű filmek, illetve a digitális kamerák legkisebb zajú (legkisebb érzékenységű) beállításai. A kontraszt javítható, valamint kiküszöbölhető a lencsék színi hibája keskeny sáv szélességű (<10 nm) interferenciaszűrőkkel. Ha nem áll módunkban valamilyen speciális, keskenysávú szűrő beszerzése, akkor szélessávú zöld színszűrőt alkalmazzunk, ezzel érhető el a legnagyobb kontraszt.

A tapasztalat szerint 1/250 s-nál hosszabb expozíciós időknél a részleteket elmossa a levegő mozgása. 1/1000 s-nál, 6 cm átmérőjű objektívvel már feltűnik a penumbra szálszerkezete és a granuláció is. A film előtti szűrő lehet Zeiss interferenciaszűrő, krómszűrő, a Solar Screen vékonyabbik fóliája, Astrosolar fóliaszűrő vagy megfelelően nagy méretű prizma egyik befogójáról zenitprizmaként visszavert napkép, ez az ún. nap-prizma (bővebben I. III fejezet, Szűrők). Ha a napprizmát megfelelő szögben állítjuk (ún. Brewster-szög), akkor a visszavert fény lineárisan polarizált lesz. Ekkor a prizma és az okulár/fényképezőgép közé egy elforgatható polárszűrőt (lineárisat) helyezve annak forgatásával változtatni tudjuk a kép fényességét.

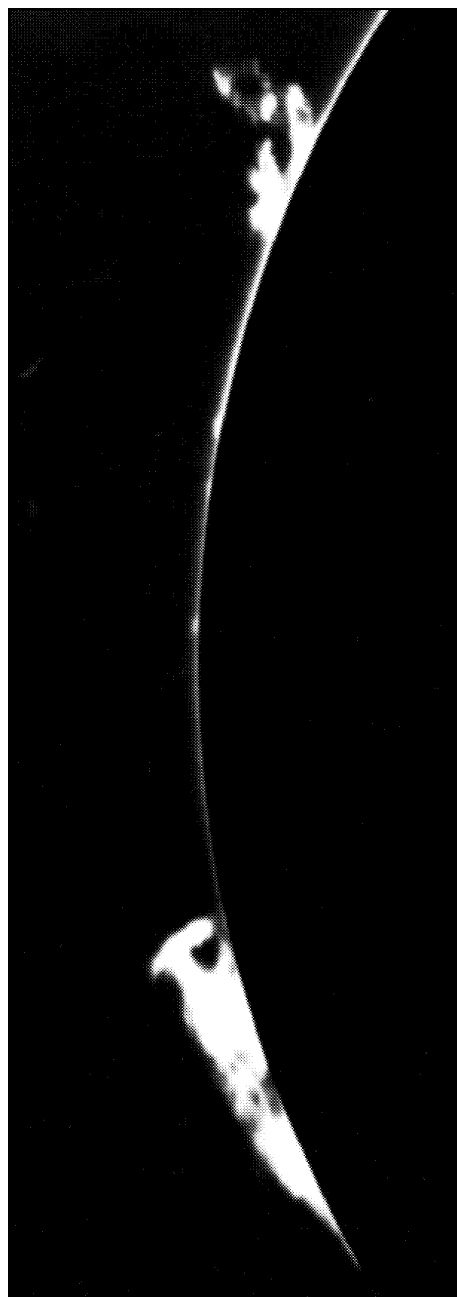
Korongfotóhoz 1 m körüli fókuszú távcsőnél egy fókuszkétszerező konvertert lehet legjobban alkalmazni kisfilm esetén. Az 1 m-es fókusz APS méretű szenzorokkal gyártott digitális gépekhez plusz optikai elem nélkül is optimális feloldást/látómezőt ad korongfotóhoz. Ha kicsit növelni akarjuk a képátmérőt, akkor alkalmazzunk kétszerezőt, valamint a nyújtó optika és a gépváz közé helyezzünk körgyűrűt. Mindig használjunk exponálószinórt! Nagyfelbontású fotók készítésekor alkalmazhatunk okulárprojekciót, de érdemes a projektort és a gépvázat összekapcsolni, és az egész egységet mozgatni az objektívhez képest. Itt is az okulár (vagy a nyújtó tag) előtt kell alkalmazni a szűrést, mert a műanyag szűkítők másodpercek alatt elolvadnak. Kompakt digitális gépeket is az okulár mögé helyezhetünk, ekkor a gép beépített objektívje az okulárból kilépő párhuzamos sugarakat fókuszálja, részletek megörökítésére kiválóan alkalmas nagy nagyítást adva. Webkamerák a kis pixelszám/detektorméret miatt elsősorban részletek megörökítésére alkalmasak, Barlow-nyújtás vagy okulárprojekció mellett.

A fotózás több fényt igényel megfelelően rövid expozíciós idők eléréséhez, mint ami szemünknek kényelmes. Ezért a keresőben látható kép a beállításnál olyan fényes legyen, hogy a kilépő pupillához legalább egy közepes denzitáscsökkentő szűrő

legyen szükséges. A kép fedettségén meglepően erősen meglátszik a légköri átlátszóság: a 3–4-es fokozat között az expozíciós idő legalább egy értéknyi változtatást igényel (pl. 1/125 s helyett 1/250 s). A légköri nyugodtság is erősen befolyásolja a kép élességét: 6-os érték alatt nem érdemes próbálkozni. Ki kell tapasztalni azt is, hogy hány képet kell készíteni ahhoz, hogy közöttük biztosan legyen jó is, illetve webkamera esetén milyen hosszúságú videót érdemes rögzíteni.

A protuberanciáknál megfigyelhető gyors változások hiteles megörökítésére természetesen a fotózás, illetve a web- vagy *videokamera* adja a legjobb eredményt.

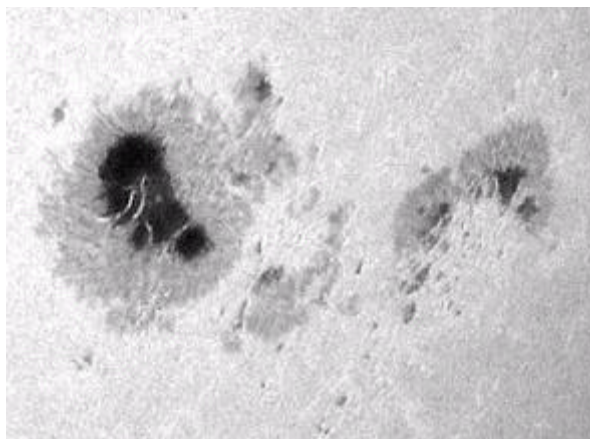
Napmegfigyeléshez jó eredménnyel használhatóak az olcsó biztonságtechnikai célra készülő videó CCD-kamerák (bővebben I. III fejezet, Videokamerák). E területen történő alkalmazás esetén az alábbiak szerint válasszunk: adott felületen a lehető legnagyobb pixelszám, ebből adódóan kis pixelméret, lehetőleg nagyfelbontású chip, 0,1 lux érzékenység. A fekete-fehér kamerák felbontása jobb, ilyet válasszunk. A megfelelő fényerősséget vagy az előzőekben említett, polárszűrővel kiegészített nap-prizma használatával, vagy kisebb mértékű objektívszűrés mellett a kamera elé helyezett megfelelő számú vagy különböző áteresztésű neutrálszűrővel érhetjük el. Ezek helyett esetleg különböző sötétségű hegesztőüvegek is használhatóak, ezek viszont nem optikai minőségűek, nem síkpárhuzamosak, így rontják a kép minőségét. A megfelelő szűrés fontos, egy alul, vagy felülszűrt képen a granuláció, illetve a penumbra szálszerkezete teljesen eltűnik. A CCD nagy spektrális érzékenysége miatt a fáklyák kontrasztosabbak, valamint egy 4 angströmös  $H\alpha$  szűrővel a fényes filamentek is láthatóak a korongon, míg vizuálisan nem. A DV szalagok megfelelő minőséget biztosítanak a későbbi feldolgozásra, azonban mégis egyszerűbb/eredményesebb, ha a rögzítéshez számítógépet használunk. A monitoron figyelve a képet a nyugodt pillanatokban 5–8 felvételt készítsünk, és ezek közül válasszuk ki a legjobbat további feldolgozás céljára. Itt nem kell flat field és dark képekkel korrigálni (bár előbbi hasznos lehet a detektoron lévő por esetében), de a lineáris átskálázással és az életlen maszk eljárással csodát lehet tenni a képekkel. Esetleg próbálkozhatunk az árnyékoló hatású szűrőkkel is. Nem csak egyes kockákat érdemes elmenteni –  $H\alpha$  szűrővel sok, gyors lefolyású eseményt folyamatában is rögzíthetünk, egyfajta kisebb moziként.



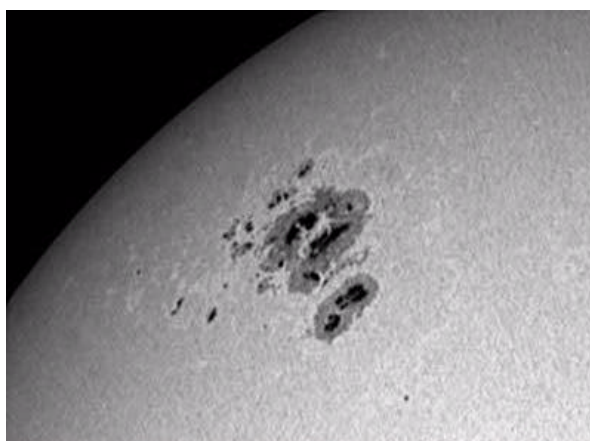
**5.53. ábra.** Protuberanciák a Nap peremén (100/1000, fókuszétszerező + protuberancia-feltét, TP2415, 1/60 s, Iskum József)

Webkamerák esetén a szűrésre szintén a fentiek érvényesek, illetve ez esetben is a minél nagyobb pixelszámú, kisebb pixelméretű, fekete-fehér kamerák használata ajánlott. Nyugodtan készítsünk egy-egy területről, foltcsoportról akár több száz, ezer képet is, s azokból utólag kiválogatva tartjuk meg a legjobbakat, amiknél legkevésbé látszik a légkör hatása (l. a Registax szoftverről leírtakat és az erre vonatkozó irodalomjegyzéket). A turbulencia okozta zavarokat tovább csökkenthetjük, ha a fókuszálás során használatos Hartmann-maszk segítségével lecsökkentjük az apertúrát.

*Napfogyatkozás* során részleges fázisok megörökítése teljesen azonos szűrést igényel, mint amit normális esetben használunk a Nap fotózására. Elsősorban rövidebb fókuszu műszerek ajánlottak, melyek a teljes napkorongot mutatják. Ha nincs napfotózási tapasztalatunk, úgy a záridő- és blendenyílás-értékeket érdemes jó előre kipróbálni. Ez megtehető bármelyik derült napon, hiszen a napsarló felületi fényessége megegyezik a teljes napkorong felületi fényességével. Fénycsökkentésre csak a totalitás előtt, illetve az után van szükség, a teljesség megörökítése mindenféle szűrés nélkül történhet. A használatos expozíciós időkre megadunk egy tájékoztató jellegű táblázatot (100 ASA = 21 DIN érzékenységre).



5.54. ábra. Érdekes szerkezetű napfoltcsoport (130/780 APO, Herschel-prizma, Nikon CP4300, 1/125s, Éder Iván)



5.55. ábra. Napfoltcsoport webkamerával (100/1300-as refraktor, Philips ToUCam, IR blokkoló szűrő, Horváth Tibor)

F/D	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
85%-os fázis előtt (szűrő)	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
85%-os fázis után (szűrő)	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
gyémántgyűrű	–	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
protuberanciák	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼
belső korona	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
külső korona	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16

A megadott értékek inkább nagyságrendi ajánlásnak tekinthetők, és legalább 30 fokos horizont feletti magasságra érvényesek. Érdeemes egy adott beállítás esetén is legalább 2–3 felvételt készíteni, ha a táblázat alapján pl. 1/500 s az ajánlott érték, akkor 1/2000 és 1/125 s közötti expozíciós időknél is 3–3 képet készíteni. A hosszabb fókuszos, illetve hosszabb expozíciók mellett szükséges a követés (l. III. fejezet, Egy-

szerűbb számítások, táblázatok). A totalitás alatt érdemes a gép adta teljes expozíciós tartományt „végiglőni”, egy expozíció dinamikai tartománya ugyanis sokkal kisebb, mint amit az emberi szem át tud fogni. Legyen szó akár filmről, akár szilíciumalapú érzékelőről, ha pl. a külső korona szépen látszik, akkor a belső teljesen beég, és a protuberanciák biztosan nem lesznek láthatóak. A különböző expozíciókat digitálisan egybeolvasztva a vizuális látványhoz igen közeli képet kaphatunk. Ehhez a részképek tökéletes illesztése, valamint megfelelő maszkolás szükséges. Ennek során minden egyes képből csak az intenzitástartomány középső részébe eső képpontokat tartjuk meg (a napkorong alakjából adódóan egy körgyűrűhöz hasonló régiót), aminek peremét folyamatosan elhalványulóvá tesszük. Ezeket külön rétegekben egymás fölé helyezve, a megfelelő fényességszint/kontraszt beállításokat, valamint a középpontból kifelé irányuló, gradiens fényességszint-korrekciót alkalmazva „gyúrhatjuk” egybe. A középpontban szinte teljesen átlátszatlan, de a peremen teljesen átlátszó körszimmetrikus gradiens szűrőket az analóg technikában is alkalmaznak napfogyatkozás fotózására.

Érdemes teljesen új filmet befűzni, vagy üres memóriakártyát behelyezni a totalitás kezdete előtt 10 perccel, esetleg több, filmmel töltött gépvázat használni. Az említett okok miatt a színgazdagabb és kontrasztosabb képet adó színes diák ajánlatosak filmes technika esetén.

A IV.1-ben leírt multiexpozíciót is alkalmazhatjuk, amit akár egyetlen B idős képen is megvalósíthatunk, ha az objektívsapka gyors le- és felhelyezésével végezzük az expozíciókat. A totalitás alatt finoman vegyük le a szűrőt, és 1/4–2 másodpercet exponáljunk. Nagylátószögű optikákkal akár 20–40 másodpercet is exponálhatunk, ezzel a megjelenő fényesebb csillagokat és bolygókat örökíthetjük meg a sötét napkorongot körbeölelő korona mellett. Nagyobb fókuszok esetén számítsuk ki az alkalmazott film vagy chip esetén a látómező méretét (I. III. fejezet), és tartsuk szem előtt, hogy a korona leghalványabb részei 2–3 napátmérő távolsáig nyúlhatnak. A CCD-kamerák sokkal nagyobb intenzitáskülönbségeket képesek egy képen rögzíteni, azonban a napkorona fényviszonyait még így sem lehet egy felvétellel visszaadni. CCD-k esetén is több beállítással készítsünk képeket. Ezeket, valamint az esetleg digitalizált diákat, negatívokat speciális képfeldolgozási módszerekkel a vizuális látványt megközelítő végeredményt kaphatunk. (Érdemes nemlineáris skálázást alkalmazni, illetve a fentebb említett speciális montázst.) Videokamerás felvétel esetén az optikai zoomot alkalmazzuk (I. III. fejezet, Videokamerák), és ha lehet, olyan kamerát használjunk, amin a fényerőt és kontrasztot, valamint az élességet manuálisan is lehet állítani, így sokkal többet tudunk visszaadni a jelenségből. Mivel a totalitás alatt a korona nem mutat időben jelentős változásokat, így néhányszor tíz másodpercet használjunk ki arra, hogy növeljük a látószöveget, s az égboltot, a tájat is mutassuk meg, kihasználva, hogy nincs fent a szűrő. A szűrőt videózás esetén csak közvetlenül a gyémántgyűrű-jelenség előtt vegyük le, és a totalitás végén, rögtön az ismét felünő gyémántgyűrű után tegyük is fel, a CCD-chipek ugyanis nagyon érzékenyek, és véglegesen tönkretelhetjük kameránkat.

**FONTOS:** a vizuális látványt és élményt egyetlen fénykép sem pótolhatja, így a megörökítés nagy igyekezetében ne felejtsünk el legalább néhány másodpercre felnézni a jelenségre.

### ***IV.3. A Hold***



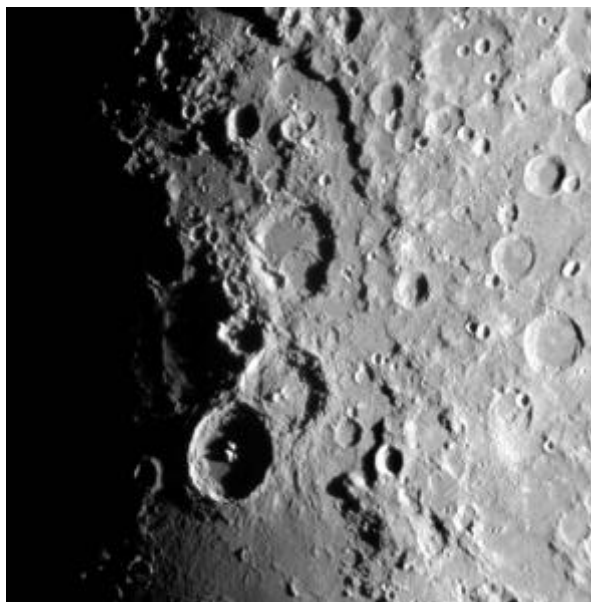
A holdfelvételeknél törekedni kell arra, hogy minél rövidebb expozíciós időt alkalmazunk, a légköri mozgások lehetőség szerinti kiküszöbölésére. Óragép nélkül csak korongfotót lehet készíteni, de azt is csak akkor, ha a nyílásviszony és a filmérzékenység megfelelően illeszkedik egymáshoz (I. III. fejezet, Egyszerűbb számítások, táblázatok). Ha lehet, az óragép sebességét állítsuk át a Hold követésének megfelelő sebességre, ugyanis 2 másodpercnél hosszabb expozíció esetén a Hold már 1 ívmásodpercet elmozdul. Fontos, hogy exponálásakor a zár miatti remegést az objektíveltakaras expozícióval kerüljük el, illetve segíthet a mirror-lock funkció (I. III., Gépvezetés).

Korongfotót primer fókuszban készíthetünk, ekkor úgy válasszuk meg a műszer fókuszát, hogy a negatív/detektor 50–80%-át töltsse ki a korong. Kiseb pixelszámú CCD-vel nem érdemes korongfotót készíteni egy képre leképezve a teljes holdkorongot. Esetleg nagyobb fókusz/nyújtás mellett több részképből mozaiktechnikával állíthatunk össze szép, részletgazdag korongfotót.

Részletek megörökítésére projekciót, fókusznyújtást alkalmazunk (I. III. fejezet Fókusznyújtás és csökkentés). Ez esetben a megfelelő képkivágás könnyű beállítására érdemes úgy elkészíteni a feltétet, hogy a gép az optikai tengely körül egyszerűen elforgatható és tetszőleges pozícióban rögzíthető legyen. Az sem hátrányos, ha egy szűrőtartót is beépítünk a rendszerbe. Szűrőt csak a vetítő okulár vagy a kétszerező elé szabad tenni, mert az esetleg rajta lévő szennyeződések (pl. por) árnyékot vetnek a fókuszsíkra. Az óragépnek hibátlan járásúnak kell lennie, mert Hold- és bolygófotózásakor nem lehet vezetni a távcsövet és korrigálni a követési hibákat. Mivel a téma elég fényes, elkerülhető a billenőtükör alkalmazása, ezek nélkül is jól látható és beállítható a kívánt részlet a gép keresőjében. CCD használata esetén viszont szinte elengedhetetlen ez a segédeszköz. Mivel a csillagászati CCD-k sokkal érzékenyebbek, néha részletfotók esetén is szükség lehet kisebb mértékű fénycsökkentésre.

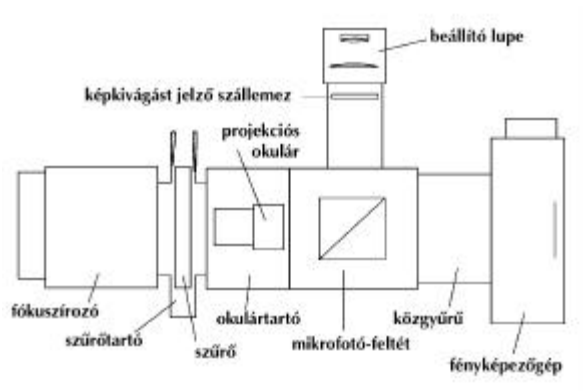
Az élesség beállítását (I. III. fejezet, Fókuszálás) célszerű a terminátoron vagy a Hold peremén végezni, ahol legnagyobb a kontrasztkülönbség.

A helyes expozíciós idő megállapítása nagyon nehéz. Sok a változó tényező, először sokat kell kísérletezni, és abból egy táblázatot összeállítani. CCD/digitális kamera esetén könnyű helyzetben vagyunk, hiszen rögtön ellenőrizhetjük az elkészített kép intenzitásvizonyait. Fotózás esetén minden felvételtől minden adatot fel kell jegyezni: holdfázis, horizont feletti magasság, átlátszóság, nyugodtság, filmtípus, érzékenység, a távcső projektált fényereje, expozíciós idő, a felvétel időpontja, szűrő, hívási adatok (típus, keverési arány, hőfok, hívási idő). Mint látjuk, 8–10 változót kell



**5.56. ábra. A Theophilus–Cyrillus–Catharina kráterhármás az asztrofotósok kedvelt célpontja. Éder Iván felvétele 130/780-as APO refraktorral készült, 2003.11.14-én, Nikon Coolpix 4300-as fényképezőgéppel (100 ASA, 1/15 s expozíció)**

figyelembe venni egy jó felvételhez. Ha ennek ellenére alul- vagy túlexponált lett a negatív, nagyításnál korrigálható lágyabb vagy keményebb papírral. A Hold megvilágítási szögéből adódik, hogy a perem felé fényesebb, a terminátor felé sötétebb a felülete. A perem felé haladva kevesebb az árnyékhatás, ezért érdekesebb a terminátor környéke. Korongfotónál közepesen kell exponálni, projekciónál a még éppen látható részletre, ami kiválik a sötétebből. Részletfotónál előfordulhat, hogy a negatív két szélé között ötszörös a különbség a nagyításhoz szükséges expozíciós időben. Ezt manuális nagyítás során lehet kompenzálni, erre manapság azonban keveseknek van lehetősége, azonban a digitális képfeldolgozás (lineáris gradiens intenzitás-szűrő) itt is megoldást nyújthat.



**5.57. ábra. Okulárprojekcióhoz hasznos az egyes elemeket egy egységgé összefogni; projekciós feltét szerkezeti vázlatát mutatja az ábra**



**5.58. ábra. A fogyó Hold 2003.09.21-én hajnalban. A mozaikfelvételt Nagy Zoltán Antal készítette 200/1800-as Cassegrain-távcsővel és Philips ToUcam webkamerával**

Digitális képfeldolgozás esetén a jó jel/zaj viszonynak köszönhetően kiválóan alkalmazhatóak a felüláteresztő szűrők. Az emberi szem számára megszokott megvilágítottsági viszonyokat az egynél kisebb kitevőjű (0,8–0,4) exponenciális vagy logaritmus skálázás adja meg, mozaikolással pedig nagy területek fedhetőek le. A mozaik készítése során ügyeljünk arra, hogy minden képet azonos expozíciós idővel készítsünk, és csak az összerakás után alkalmazzuk a nemlineáris vagy akár lineáris skálázásokat, szűréseket, különben élesen látszani fognak a részkepek szélei! A pontos illesztést a már említett rétegek átlátszóvá tétele, illetve az illesztendő képek különbségének képzése segítheti. Figyeljünk azonban arra, hogy a terminátorral párhuzamos sávokban pásztázzuk a Holdat, és gyorsan készítsük az egyes felvételeket, az árnyékok ugyanis 10 perc elteltével elmozdulnak, s ez lehetetlenné teszi a pontos illesztést.

A webkamerák kis képmérete miatt nagyobb felületek csak mozaikolással fedhetőek le. Kisebb területről nagyon részletgazdag képek készíthetőek a már említett Registax program segítségével.

Részletes leírást I. az irodalomjegyzékben, illetve a bolygófotózásnál leírtak is alkalmazhatóak.

Az alábbi táblázatban hozzávetőleges expozíciós időket adunk meg, de érdemes a bolygós fejezet végén lévő képletet és táblázatot is áttekinteni.

	50 ASA dia	100 ASA (ff)	200 ASA (színes)	400 ASA
f/7	1/4	1/8	1/15	1/15
f/10	1/2	1/4	1/8	1/8
f/20	1	1/2	1/4	1/4
f/40	3	2	1	1/2
f/100	18	10	5	3

Az adatok a Hold 40–80 fokos horizont feletti magasságára és 3–4-es átlátszóságra értendők. Amennyiben a hamuszürke fényt akarjuk megörökíteni, 400 ASA érzékenység és f/10 fényerő esetén 10–60 másodpercet exponáljunk, de ekkor már mindenképp fontos, hogy óragépünk a Holdat kövesse. Nagyon szép képet készíthetünk így a *Hold csillagfedéseiről*. CCD-kamerás megfigyeléskor még igen kis szeparáció esetén is rögzíthető halvány objektum a fényes perem közelében is. Nemlineáris skálázással elérhető, hogy a csillag, ill. a holdkorong részletei is látszódjanak; filmen ezt nem tudjuk egyszerre megörökíteni. A megvilágítatlan perem melletti objektum esetében nyugodtan alkalmazhatunk akár 2 perc expozíciót is, ekkor viszont már hosszabb fókusznál a Hold mozgása miatti elmozdulás is észrevehető lesz, ha csak nem azt követi az óragép, de ekkor a csillag húz kis ívet. Ezért inkább érzékenyebb filmet, fényerősebb optikát és rövidebb expozíciós időt alkalmazzunk.

A *Hold bolygófedései* esetén pontosan olyan beállításokat használjunk, mintha az adott bolygót fotóznánk (I. IV.4.). Szerencsére a bolygók felületi fényessége eléggé hasonlít a Holdéhoz, így mindkettő részletei kivehetőek még a kis dinamikai tartományú filmek esetén is. A fedési jelenségek gyorsan játszódnak le, így készüljünk fel jó előre, megtervezve és begyakorolva minden egyes mozdulatot.

A *holdfogyatkozás* nagyon hálás téma. A IV.1-ben leírt multiexpozíció itt is kiválóan alkalmazható, megoldható a többszörös exponálás az objektívsapka gyors le- és felhelyezésével, vagy az utólagos digitális montázs segítségével. Számítsuk ki, hol lesz a Hold a totalitás közepén, s ide állítsuk a látómező közepét. Ha a totalitásba történő be- és kilépést is rögzíteni akarjuk, megfelelően nagy látómezejű objektívet válasszunk, hiszen az U1 és U4 időpontok között nagyon hosszú idő is eltelhet, ami az égbolt látszólagos forgása miatt nagy szögtávolságként jelentkezik. Állókamerás felvételt (I. IV.1.) is készíthetünk, az előbbihez hasonló objektívvel és



5.59. ábra. A Hold elfedi az Aldebarant (280/2800 Schmidt–Cassegrain, f/6,3, Kodak 400 film, 8 s, Fűrész Gábor)

hasonlóan pozicionálva a látómezőt. Itt a lehető legjobban blendézzük le az objektívet ( $f/16-32$ ), és alacsony érzékenységű filmet/beállítást használjunk (50–100 ASA). Esetleg videokamerával pár percenként exponálva vagy egy folyamatos felvételt utólag felgyorsítva látványos mozi készíthetünk a jelenségről. Mivel legalább fél fókusz, de inkább nagyobb képmező használható jól, a kisebb pixelszámú CCD-kamerák nem ideálisak e célra, csak az igen nagy felületűek, különben csak zavaróan kevés részlet örökíthető meg a Hold korongján. A fekete-fehér CCD-képeknél vagy fotóknál sokkal többet mutatnak a színes képek. A totalitás alatt több másodpercet is exponálhatunk óragépes mechanikán, így esetlegesen a csillagkörnyezetet is rögzíthetjük. Ekkor 200–500 mm-es fókuszt ajánlott 24x36-os vagy APS detektorméret esetén, a korongképekre pedig a holdfotózásról szóló megfelelő részben említettek érvényesek egy adott műszerre vonatkozóan. Az alábbi táblázat 400 ASA-s és  $f/8$  fényerő mellett adja meg az expozíciós időket. Mint a napfogyatkozás fotózásánál is említettük, érdemes egy beállításnál is több képet készíteni, és többféle expozíciós időt is kipróbálni, esetleg ezen képeket kombinálni utólag.

<b>nem fogyatkozó telehold</b>	1/2000 s
<b>Hold 10–50%-a az umbrában</b>	1/30 s
<b>Hold 50–75%-a az umbrában</b>	1/8 s
<b>75%-tól a totalitásig</b>	1 s
<b>totalitás</b>	1–100 s

#### IV.4 Bolygók

A bolygók képét a fókusznnyújtás során általában nem érdemes néhány mm-nél nagyobbra megnövelni. Ekkor ugyanis már olyan kicsi a felületi fényesség, hogy a légkör által nem megengedett hosszúságú expozíciókkal lehetne csak azt kompenzálni, vagy érzékeny filmet használni, ekkor viszont jelentősen romlik a felbontóképesség. A CCD-k sokkal érzékenyebbek, mint az átlagos negatívok, és tekintetbe véve még a gyenge, bolygókra általánosan jellemző 20%-os kontrasztviszonyokat, azt kell mondani, a CCD-k sokkal jobban használhatóak e területen. Az elektronikus érzékelők esetében ugyanis az utólagos képfeldolgozás csodákat művelhet a bolygóképekkel, s kissé javíthatunk a gyenge kontrasztviszonyokon, webkamera-képek százát átlagolva pedig egy 20 cm-es távcső akár az Ión is mutathat némi részletet.



5.60. ábra. A Szaturnusz (25 cm Newton,  $f/25$ , ST-5C, 0,6 s, Dán András)

A bolygózáshoz használt távcső az átlagosnál jobb minőségű, lehetőleg 25%-nál kisebb központi kitakarású és színhibától mentes (tehát ha lencse, akkor apokromatikus) legyen. Mivel sok CCD-chip nagyon érzékeny az infravörös tartományra, apokromát használata esetén ezt a tartományt ki kell szűrni (I. III. fejezet, Szűrők). Webkamerák esetében erre mindenképp szükség van, digitális/videokamerák esetén általában beépített az infra-blokkoló szűrő. A távcső jusztirozása tökéletes kell hogy legyen, és erős, precíz kihuzat is szükséges. A mechanika a rezgéseket néhány másodperc alatt csillapítsa, periodikus hibája 10 ívmásodpercnél ne legyen nagyobb. A sorozatképek összeilleszthetősége – és fotók esetén az akár több másodperces expozíciók miatt – nem árt a pontos pólusra állás sem. A CCD-kamera pixelei négyzetesek legyenek, és 10 mikrométernél lehetőleg ne legyenek nagyobbak. Így elkerülhetjük a kép torzulását és a túlzott fókusznnyújtást. Mivel sok képet kell majd készítenünk, a letöltési idő 10 másodperc alatti, az elektronika legalább 14, de inkább 16 bites legyen. Ha színes képeket is szeretnénk készíteni, a színes chippel szerelt CCD-kamerával érünk a leghama-

rabb célba, de a szűrőváltóval a lehetőségek tágabbak, bár a munka lényegesen nagyobb. Mivel a Jupiter pl. pár perc alatt fordul 1 ívmásodpercnyit a centrálmeridiánon, ezért a három színszűrős felvételek mindegyikét ennél rövidebb idő alatt kell elkészítenünk. Színes, ill. fekete-fehér CCD-kamera esetén is lehetőleg kerüljük a sorközi továbbítású chip-et (I. II.2. fejezet), bár mikrolencsékkel ellátott detektor esetén nem veszítünk annyit az intenzitásból/feloldásból.

A CCD- vagy webkamerával készített nyers képek átlagos nyugodtság esetén nem mutatnak sokkal többet, mint egy jól sikerült fotó (I. 5.26. ábra). Ha a távcső jó minőségű, képfeldolgozással nagyon sok részletet elő lehet csalogatni a nyers képekből. A megfelelő skálázás, képek átlagolása és az életlen maszkolás a kulcsszó. (Nagyon hasznos, ha a képfeldolgozó program egyszerre sok képet képes megjeleníteni a monitoron, mert így összehasonlíthatjuk képfeldolgozási kísérleteink eredményeit. Ez a szempont a kamera vezérlőprogramjánál is fontos.) A skálázás gyakran lineáris szét-húzás, illetve kisebb mértékű exponenciális vagy logaritmikus (I. II.4. fejezet). Skálázás előtt nézzük meg a hisztogramot, s ennek alapján úgy állítsuk be a lineáris szét-húzás alsó és felső határát, hogy előbbi az égi háttérrel legyen egyenlő, utóbbi pedig a bolygókorong legfényesebb képpontjainál legalább 100, de inkább 500 értékkel magasabban legyen. Ezzel elkerülhetjük a későbbi képfeldolgozási lépések során az egyes képpontok esetleges beégését. Az egyszerű felüláteresztő szűrők inkább csak a zajt növelik, ha konvolúciós mátrixot akarunk alkalmazni, akkor héjas szerkezetű legyen. Ebben az alul- és felüláteresztő szűrők jegyei felváltva jelennek meg a mátrix egyre növekvő rádiuszánál, ami akár 3–5 pixel is lehet. Az alábbiakban a kísérletező kedvűeknek egy példát mutatunk be. Nagyon effektív viszont az életlen maszkolás. 2–6 pixel sugarú Gauss-elmosást használjunk a maszk készítéséhez, s a bolygó eredeti képét 2-vel, 3-mal vagy 4-gyel megszorozva a maszkot 1, 2 ill. 3-szor vonjuk le.



A pontos élességállítás alapvető fontosságú (I. III. fejezet, Fokuszálás), ezért hagyjuk jól áthűlni a tubust, és alkalmazzunk Hartmann-maszkot, ill. parfokális okulárt.

**5.61. ábra. Aluláteresztő és felüláteresztő jegyeket tartalmazó szűrő mátrixa és hatása egy Jupiter-képre**

Ha szeretnénk a képből kihozni távcsövünk elméleti felbontását, olvassuk el figyelmesen a III. fejezet Egyszerűbb számítások, táblázatok ide vonatkozó részeit. Jól használható és könnyen megjegyezhető, ha a detektor által megengedett legkisebb részletet  $d$ -vel jelölve a nyújtással elérendő effektív fényerőt az

$$F/D = 170 \cdot d / 0,1$$

képlettel számítjuk (100 vonal/mm-nél vagy 10 mikronos pixelméret esetén  $d= 0,01$  mm). Az optikai elmélet szerint adott körülmények között jobb képminőséget lehet elérni Barlow-lencsével (lencsékkel), mint kivetítéssel.

Az expozíciós időt úgy válasszuk meg, hogy a legfényesebb területek a maximálisan lehetséges érték 80%-a körül legyenek (16 bit ADC esetén kb. 50 000)! A bolygózás módszere a sorozatkép készítése. Lehetőségeinkhez mérten sok képet készítsünk gyors egymásutánban. Ezek közül válasszuk ki azokat, amelyek nyugodt(abb) pillanatban készültek! Ha a légkör nyugtalan, és a 80%-os telítettség eléréséhez szükséges idő alatt a kép túlságosan elmosódik, elmehetünk kb. 50% telítettségig. Ekkor azonban mindenképp több kép átlagolása szükséges az elfogadható minőség eléréséhez. Az átlagolás jó nyugodtság esetén is nagyon sokat javít a kép minőségén. Sokat jelent, ha az óragép nagyon pontos, és az egymás után készített képek egymással pontosan fedésbe hozhatóak. Amennyiben ez nem így van, pontos eltolással hozzuk fedésbe a képeket. Sajnos ezt a bolygókorong nem egzaktul meghatározott kontúrja miatt kevés program teszi lehetővé közvetlen utasítással. Ekkor manuális próbálkozással állapíthatjuk meg a szükséges eltolás értékét pl. úgy, hogy egy próbaértékkel eltoló képet kivonunk az alapnak kinevezett képből, s addig változtatgatjuk az eltolás mértékét, míg a kivonás után maradt kép a legkevesebb részletet mutatja, ekkor a legjobb az illeszkedés. Az így összetolt képeket egyszerűen átlagoljuk, medián átlagolással (I. II.4.), és 5–30 jó képet használjunk.

Webkamerák esetén az említett Registax a Fourier-térbeli információkat használja fel az élesség megítélésére, valamint a pontos illesztésre. A feldolgozandó AVI fájlt 320x240 vagy 640x480 felbontással vehetjük fel. A második méret előnye a jobb felbontás, hátránya a nagy adatmennyiség, azonban ez utóbbi a mai merevlemezek korában nem lehet probléma. A fényességszint (brightness) 60–70%, a gamma érték 20%, az beégési határ (saturation) 80–100% körüli legyen, azonban ezek csak irányadó értékek, a távcső, kamera, légkör, horizont feletti magasság függvényében változhatnak. A zársebességet/expozíciót  $1/25$ – $1/30$  s körülire állítsuk, 10 képkocka/s rögzítési sebesség mellett. Az erősítési tényezőt (gain) tartssuk olyan alacsonyan, amilyen kis értékkel még a dinamikai tartomány 30–50%-át kihasználjuk. A magas gain érték magasabb zajt is jelent; túl magas érzékenység mellett a kép zajos lesz, a fényes részek beégnek és információt veszítünk. A fehéregyensúlyt (white balance) manuálisan kell beállítani, pl. a Jupiter okulárból ismert színeinek alapján. A feldolgozás célja a rossz minőségű kockák szűrése, az egyes kockákon levő képek egymásra illesztése (ezek a légkör nyugtalanlansága és a mechanika pontatlansága miatt nem illeszkednek), majd a részletek kiemelése. A felvétel alatt a képkockát átszelő ingadozások nehezen korrigálhatók, tehát a jó vezetés fontos. A zaj némileg csökkenthető, ha sötétképet is készítünk, ami szintén egy AVI sorozatból készülhet, melyet letakart objektív mellett rögzítünk. Világoskép is javasolt az árnyékoló por-szemek miatt. Ezeket pl. a Registax képes alkalmazni a feldolgozás során.

A már említett Fourier-transzformációs válogatás és átlagolás olyan, mintha többféle sugárral készült életlen maszkolást kombinálnánk. A kis sugár sokszor a zajt erősíti, tehát ebből keveset kell használni. A nagyon nagy sugár természetellenes kontrasztot kelt. Minden képhez megtalálhatjuk az optimális maszkkombinációt. A Photoshopban még érdemes foglalkozni a jobban sikerült felvételekkel.

Színes képet CMY rendszerben készítve az expozíciós időt 50%-kal rövidíthetjük. A mi földrajzi szélességünkön gyakran tartózkodnak alacsonyan a bolygók. A 30–40 fok horizont feletti magasság alatt a légkör színbontó hatása – néhány ívmásodperc mértékben – elmossa a teljes spektrumban egyszerre felvett (azaz fekete-fehér) képet. Ilyenkor célszerű RGB szűrőket használni, mert az elmosódás így harmadára csökken. A CMY szűrőhármast ilyen esetben azért nem előnyös, mert egyik tagja egyszerre engedi át a spektrum két szélső tartományát. Érdekes az LRGB technikát alkalmazni (l. II.4.).

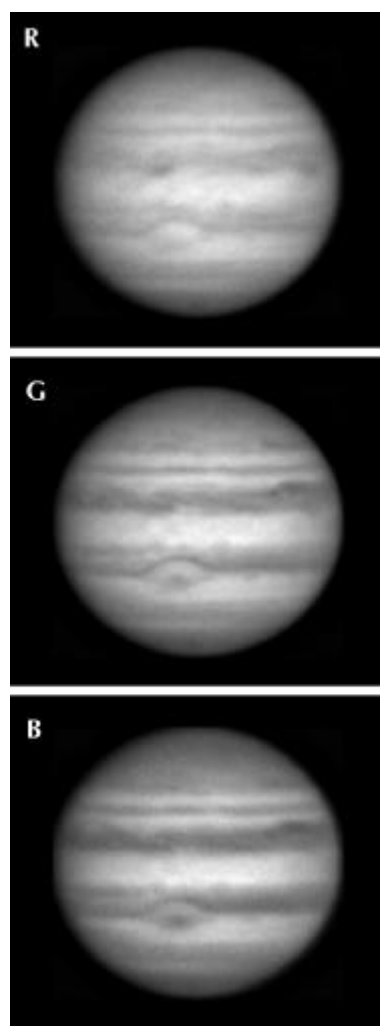
A gyorsan forgó óriásbolygók esetében hamar bekövetkezik akkora elfordulás, ami már illeszthetlenné teszi a színes komponenseket. A Jupiter a centrálmeridiánon nézve kb. 4 percnként fordul 1"-et, tehát a három képet lehetőleg 1–2 percen belül kell elkészíteni. A Vénusz a CCD-k számára túl fényes, így a gyengébb átlátszóságú és általában nyugodtabb, fátylas égen készítsünk képeket, és esetleg használjunk csak az UV tartományt áteresztő szűrőt. Esetleg Hartmann-maszkot is alkalmazhatunk a fényesség csökkentése érdekében.

objektum	L
Merkúr	625
Vénusz	1042
Mars	59
Jupiter	16
Szaturnusz	4,9
Uránusz	1,4
Neptunusz	0,6
telehold	200
első negyed	30
holdsarló	7
hamuszürke fény	0,001
holdfogyatkozás (totalitás)	0,005

A Vénusz fotózásához használjunk csak ultraibolyában áteresztő szűrőt. (A széles körben használt UV és sky-glow szűrők pont az UV-t nem engedik át, tehát e szűrők komplementerét kell beszereznünk!) A zavaróan fényes Vénusz esetében „természetes szűrőt is használhatunk”, vékony fátyolfelhőkön át készítve CCD-felvételeket. Más bolygók esetében is segítenek a szűrők, pl. a Nagy Vörös Foltot jól kiemeli egy kék szűrő, a sávok kö-



5.62. ábra. CCD-felvételek a Vénuszról (35 cm Newton, AMA-KAM, Berkó Ernő)



5.63. ábra. A Jupiter RGB képei (25 cm Newton, f/25, ST-5C Dán András)

zötti kontrasztot a sárga szűrő növeli. A Mars esetében a felszíni alakzatokat a narancs szűrő dobja meg.

Az expozíciós idők megállapításához ad támpontot az alábbi képlet:

$$t = (F/D)^2 \cdot s \cdot f / (L \cdot S)$$

ahol  $L$  a bolygó felületi fényességével arányos tényező (l. a táblázatot az előző oldalon),  $S$  a film/detektor érzékenysége ASA-ban megadva,  $f$  az esetlegesen használt szűrő fénycsökkentését korrigáló szorzófaktor,  $s$  értékeit a III. fejezet Egyszerűbb számítások, táblázatok c. részében a csillagokra vonatkozó határfényesség számításánál közölt táblázat tartalmazza). Vegyük észre, hogy nem a magnitúdóban megadott látszólagos fényességtől függ az expozíciós idő, hanem az adott égítest felületi fényességétől! A képlet segítségével számított expozíciós időt másodpercben kapjuk, de itt is igaz, hogy több képet kell készítenünk egy-egy beállítás mellett. Az expozíciós időt pl. az eredményül kapott 1 s esetén 1/4, 1/2, 1, 2 és 8 s értékekkel is próbáljuk ki. Mivel nem az egész filmkockát/detektorfelületet használjuk ki, érdemes oly módon spórolni, hogy multiexpozíciót alkalmazunk, és az egyes exponálások között finoman elmozgatjuk a távcsövet.

#### **IV.5. Mélyég-objektumok**

A jó mélyég-felvételek titka a tökéletes pólusra állás és a hibátlan vezetés, valamint a megfelelő fókuszálás. Itt a seeing kevésbé számít, bár nyugodt égen szebb felvételek készíthetőek. Különösen igaz ez a kis látómezejű CCD-felvételekre. Filmek közül az érzékenyebb, általában 400 ASA-s emulziók ajánlhatóak, ha kevésbé pontos követést tudunk megvalósítani, akkor teleobjektívet és 800–1600 ASA-s filmet használunk. Vörös objektumokra a Kodak, kék és zöldekre pedig a Fuji filmjei ajánlhatóak. Legyünk figyelemmel a maximálisan megengedhető expozíciós időre (égi háttér), valamint a vezetésnél és pólusraállásnál leírtakra (utóbbi a Távcsöves tudnivalók c. fejezetben található). Fotók esetén sokat segíthet a filmszkennelés és utólagos digitális képfeldolgozás (l. III. fejezet, Filmszkennerek és II.4.). A légköri nyugodtsággal kevésbé törődünk, inkább a kiváló átlátszóság és a sötét égi háttér legyen mérvadó. Úgy tervezzük meg az észlelési programot, hogy lehetőleg mindig a délvonal környékén fotózzunk. A papírképek nagyíttatásánál figyeljünk a sötét égi háttérre.

Az expozíciós időt analóg technika esetén a filmek *hiperszenzibilizálásával* csökkenthetjük. Az érzékenyítési eljárások (hiperszenzibilizálás) közül megemlítünk kettőt, mert egyrészt a középformátumú emulziók még nagy valószínűséggel évek múltán is versenyképesek lesznek a nagy látómezejű asztrófotózásban, másrészt a hűtés a digitális technikában is széles körben alkalmazott. Az érzékenységnövelés lényege a filmeknél abban rejlik, hogy a zselatin nem csak az AgBr kristályokat köti meg, hanem különféle nemkívánatos gázokat (oxigén, vízgőz), szennyeződések is, amelyek rontják az érzékenységet.

- *Expozíció alatti hűtés.* E technika hatására a film még fél óra után is effektíven dolgozik. A hűtésre legalkalmasabb a szárazjég, melynek beszerzése nem túl egyszerű, de egy megfelelően kialakított hűtőtáskában (pl. hungarocellel hőszigetelve, a szublimáló gáz kiáramlását biztosítva) hetekig eltartható egy nagyobb adag. Szén-dioxidot tartalmazó palack birtokában egy keskeny fúvókán át a gázt nagy sebességgel egy durva szövésű zsákba engedve, s közben a zsák száját leszorítva a fúvókára, a zsák belső felén szárazjég-darabkák keletkeznek. Ezek a darabkák a zsákot kifordítva összegyűjthetőek. A film ilyen alacsony hőmérsék-



leten ( $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  környéke) megmerevedik, így hagyományos tekercses továbbításra nincs lehetőség. Vagy fel kell melegíteni két expozíció közt a filmet, vagy speciális tartókazettát és gépvázat kell kialakítani. Speciális filmtartóra már csak azért is szükség van, mert el kell kerülni a pára kicsapódását a lehűtött negatívra. Vagy ablakkal lezárt kis vákuumkamrát, vagy dupla ablakkal lezárt, száraz gázzal töltött kis kazettát kell alkalmazni.

- *Gázkezelés.* A filmet a kazettából el kell távolítani, rozsdamentes fémspirálba fűzni. Lehetőleg igen alacsony nyomásra szívható vákuumkamrába helyezni (1–0,00001 torr, otthoni körülmények között csak az 1 torr elérése reális), majd többször egymás után leszívni a kamrát pár órára, és utána felengedni száraz nitrogénnel. Több ilyen ciklus után 24 órára hagyjuk állni nitrogénben az emulziót, majd leszívva a kamrát engedjük be alacsony nyomású hidrogént vagy formingázt (92% nitrogén, 8% hidrogén). Így 20–60 órát hagyjuk állni a filmet a kamrában (a kezelés ideje az emulziótól függ), közben 4–5-ször cseréljük le a gázt. Végül tiszta nitrogénfürdő következik pár órára, majd a film kazettába csévézése és gyors felhasználása. Amennyiben száraz gázban (nitrogén), de legalább hűtve, alufóliába csavarva tudjuk tárolni az érzékenyített emulziót, úgy esetleg néhány hét is eltelhet a megnövelt érzékenység jelentős csökkenése nélkül. *Vigyázat, a hidrogénnel végzett műveletek **robbanásveszélyesek**, csak megfelelő előképzettség és felszerelés esetén alkalmazzuk e technikát!*



5.64. ábra. Gázkezelés hatására ugyanakkora expozíció mellett halványabb objektumok rögzíthetőek

A hűtés a csillagászati CCD-kamerák alaptartozéka, azonban digitális és webkamerák esetében is igen hatékony. Az olcsóbb webkamerák műanyag borítását könnyebb eltávolítani (és kevésbé „veszélyes”), könnyebb hozzáférni a detektorhoz, és meleg nyári éjszakákon egy egyszerű ventilátor is sokat segíthet. Digitális kamerák hátlapját ventilátorral ellátva, vagy az egész vázat egy hűtött dobozba helyezve csökkenthetünk a sötétáramon, a bátrabbak (a garancia lejártá után...) felnyithatják a

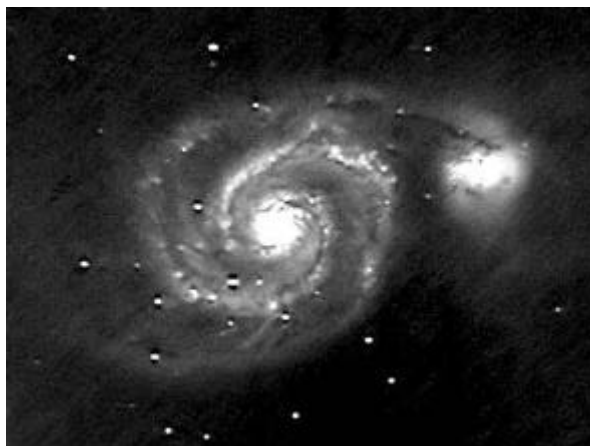
vázat, s kis rézlemezről hajlított hővezetőt erősíthetnek a szenzor hátlapjára, amit a vázon kívülre vezetve egy Peltier-elem segítségével hűthetnek.

Hűtött, elektronikailag módosított (hosszabb, pár másodperces integrációt megengedő) webkamerákkal rögzíthetők fényesebb mélyég-objektumok több tucat kép átlagolásával. Kompakt digitális gépek általában max. 30 másodperces expozíciós időt, és legfeljebb 400–800 ASA érzékenységet tudnak, valamint a fix zoom-objektív nem szerelhető le így az okulár mögé illesztett kamera látómezeje korlátozott. Mindezek ellenére fényesebb mélyég objektumok (Orion-köd, M13 stb.) fotózhatók kis türelemmel, pár tucat kép rögzítésével és azok megfelelő feldolgozásával.

Csillagokból álló objektum esetében nem a fényerő a mérvadó a határmagnitúdó tekintetében, hanem az átmérő. Kiterjedt objektumok esetében előnyösebb a fényerős műszerek használata. Ekkor viszont az égi háttér felületi fényessége is növekedni fog a képeken.

Többnyire távcsövek primer fókuszában vagy teleobjektívekkel fotózunk mélyég-objektumokat. Egy 1000–2000 mm fókuszú távcső pontos vezetéséhez azonban igen stabil, minden részletében tökéletes mechanikára van szükség, ami gyakran már nem esik a hordozható kategóriába. CCD-képek esetén mégsem annyira kritikus a jó követés, hiszen több rövidebb expozíciójú képet átlagolhatunk. Ne összegezzük a képeket, mert így a háttér egy idő után annyira megnőhet, hogy teljesen elvész a dinamikai tartomány. Átlagoljunk, mégpedig medián átlagolással, előtte pedig hozzuk fedésbe a képeket. Ezen eljárással szinte tetszőlegesen növelhetjük a határfényességet (l. II.4).

A digitális képfeldolgozás során az objektum határozza meg, milyen módszereket alkalmazzunk. Gömbhalmazok esetében lineáris széthúzással skálázzuk a képet úgy, hogy a háttér teljesen fekete legyen, és a legfényesebb 10–20 csillag épp telítődjön. Ezután 0,3–0,8 közötti exponenciális vagy logaritmusos skálázást alkalmazunk az átlagolt képre. Galaxisok, ködök esetében is alkalmazhatjuk ezt, viszont a lineáris széthúzásnál a felső határt a köd legfényesebb részeihez igazítsuk. Így is előfordul azonban, hogy egyes tartományok túl fényesek lesznek. Ekkor készítsünk két

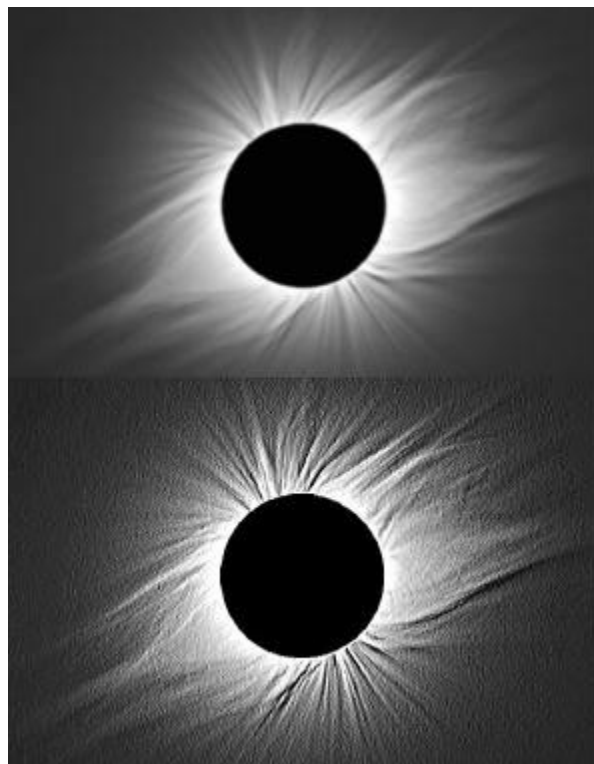


**5.65. ábra.** Ez az M51 felvétel módosított Philips ToUCam webkamerával, 20 cm-es távcsővel és 31x30 s expozícióval készült



**5.66. ábra.** Akár 10 cm-es lencsés távcsővel is rögzíthetünk  $19^m2-s$  csillagokat. Az NGC 925-öt ábrázoló kép összesen 5 órányi expozíciós idővel készült, egyenként 3–10 perces CCD-képek összegzésével (Berkó Ernő felvétele)

változatot, az egyikben szépen látszódnak a fényesebb területekben a részletek, és a halványak alig, a másikon pedig a halvány részek legyenek hangsúlyosak, a fényes részek lehetnek már-már beégve, de ne ériék még el a telítődést. E két kép részarányos összeadásával (egyiket pl. 30%-ban, másikat 70%-ban felhasználva:  $C = 0,3A + 0,7B$ ) állíthatunk elő új képet. A II.4-ben leírt intenzitás-maszkolás jól alkalmazható (bővebben I. az irodalomjegyzékben megadott Sky & Telescope cikket.) Szálas szerkezet kiemelésére alkalmasak a sűrű megvilágítás hatását keltő árnyékoló szűrők. Az élethen maszk technika is alkalmazható, bár finoman bánjunk vele. Zajos képeknél enyhe elmosást alkalmazhatunk vagy aluláteresztő, vagy Gauss-szűrővel. A feluláteresztő szűrők kevésbé használhatóak, sokkal inkább a dekonvolúciós eljárások. Ezt sajnos nem sok program támogatja, de ha igen, körültekintően válasszuk meg a PSF-nek mintául szolgáló csillago(ka)t. Ez sem tesz azonban csodát, a túl sok iterációs lépés inkább elrontja a kép esztétikáját, a háttérben és az amúgy egyenletes fényű felületekben is hamis struktúrák jelenhetnek meg, a csillagok körül pl. zavaró sötét gyűrűk. Mozaik képek készítése esetén ugyanazzal a beállítással és feldolgozással kezeljük minden részképet, és ha lehet, előbb illesszük őket össze, s utána alakítsuk át az intenzitásviszonyokat.



**5.67. ábra. Az árnyékoló hatást keltő szűrő kiemeli a részleteket**

Színes képek esetén CMY vagy RGB szűrőket használjuk. Sokat spórolhatunk az expozíciós idővel, ha az LRGB vagy LCMY technikát használjuk. A „single-shot” színes kamerák meglepően szép és gyors eredményt szolgáltatnak, pláne, ha valaki már próbálta az RGB technikát...

Mindenképp készítsünk világosképeket, és bármiféle feldolgozás előtt előbb a sötétképre, majd a világosképre korrigáljuk a felvételeket. Több kép átlagolása mellett az egy-egy képen szinte nem is látszó világoskép szerkezet igen zavaróvá tud válni. A világosképek készítésénél figyeljünk rá, hogy lehetőleg ne legyenek csillagnyomok a képeken, és azok átlagos intenzitása a dinamikai tartomány 50–80%-a között legyen. Több világosképet készítsünk, járó óragép mellett, az egyes képek között kissé elmozdítva a távcsövet. A képeket medián átlagoljuk, s legalább 2–3 másodperces integráció mellett készítsünk flat-feldeket. Az éjszaka során figyeljünk a chip állandó hőmérsék-

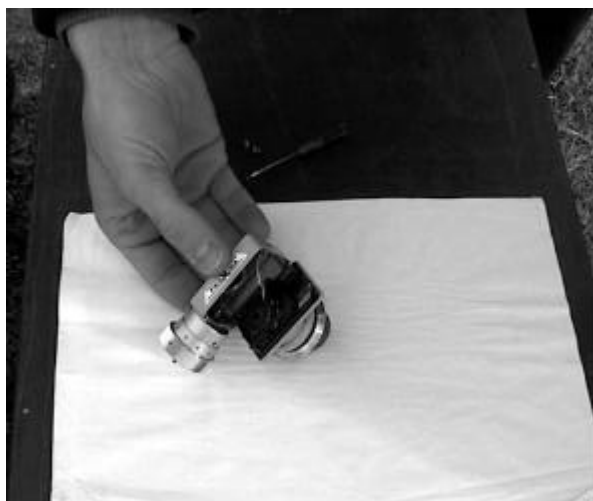
letére és arra, nem fagyott-e ki pára a kamera ablakára. Ez esetben vegyük vissza a hűtést  $-5...0$  fok körülire, s újabb használat előtt töltsük fel a kamerafejet száraz gázzal (pl. nitrogén, vagy egy hűtőláda légterében „szellőztetve” a kamerafejet). Nyári melegben a környezet hőmérséklete az éjszaka elején magas lehet, ekkor a kisebb termoelektromos hűtéssel ellátott kamerák nem képesek a chipet nulla fok alá hűteni. Ekkor úgy csökkenthetjük a zavaróan magas sötétáramot, hogy jéggel teli zacskót

rögzítünk gumival a kamerafej hűtőbordáira vagy egy ventilátorral áramoltatjuk a bordák közötti levegőt.

#### **IV.6. Üstökösök**

Intenzitásviszonyait tekintve a legtöbb üstökös hasonlít a mélyég-objektumokhoz, ezért az ott leírtak (IV.5.) érvényesek itt is, mind a műszereket, mind a filmet, a papírkép és CCD-kép feldolgozását illetően. A fényesebb, szabadszemes üstökösök esetén a IV.1-ben leírt, nagylátószögű képet adó technikák használhatóak. Egyes fényes égi vándorok esetében (pl. Hale-Bopp-üstökös) nagyon érdekes szerkezet figyelhető meg a kómában (I. Üstökösök c. fejezet: Jelenségek a kómában). Ezek megörökítése nagyobb fókuszú műszert és viszonylag rövidebb (400 ASA érzékenység esetén 0,5–5 perc) expozíciót igényel.

Hosszabb fókusz, hosszabb expozíciós idők mellett, vagy gyors mozgású üstökösök esetén nem jó, ha egy csillagra követünk, ugyanis ekkor a csóvában elmosódik a finomszerkezet az üstökös enyhe elmozdulása miatt. CCD-képek esetén nincs ilyen probléma, itt 1–2 perces felvételeket készítve azokat utólag megfelelő mértékben elcsúsztatva adhatjuk össze. Így a csillagok kis pontokból álló sorozatok lesznek ugyan, a csóva viszont élesen, részletgazdagon jelenik meg. Hagyományos fotózás esetén más eszközhöz kell folyamodnunk. Megoldás, ha nem csillagra, hanem magára az üstökösre állítjuk a vezetőtávcsövet. Ez csak akkor eredményes, ha a kométának fényes, csillagszerű magja van. Amennyiben mindkét tengelyen elektromos finommozgatással ellátott tengelykeresztünk van, és a pozíciót ívmásodpercre kijelzi a kézivezérlő, valamint az óragép esetleges periodikus hibája elég kicsi (max. 4"–5"), akkor előre kiszámolva az üstökös elmozdulását, a kijelző alapján „virtuálisan” követhetjük a kométa mozgását. Nem kevés munka árán egy hasznos kis segédeszközt készítünk, mint ahogy azt Rózsa Ferenc is tette. Az alábbiakban az általa elkészített kis üstököskövető-feltét rövid leírását ismertetjük (részletesebben I. az irodalomjegyzékben megadott forrást).



**5.68. ábra. A C/2001Q4 (NEAT) üstökös Csabai István felvételén. 110/750-es objektív, Ilford Delta 400 film, 15 perc expozíció**

Szükség van egy mozgatható és egyben megvilágítható szállal ellátott okulármikrométerre. A Zeiss pl. gyárt ilyet direkt csillagászati célokra, azonban igen drága és nehéz beszerezni. Vállalkozóbb kedvűek esetleg a bizományikban fellelhető szintén Zeiss-mikroszkóp okulármikrométer kis átalakításával próbálkozhatnak. Ennek során a mikrométerorsót finomabb menetemelkedésűre kell cserélni, az állószál eltávolítható, a mozgószál megvilágíthatóra (karcolt lemez vagy pókháló) kell cserélni, valamint a mozgószán rugóját is finomabbra (gyengébbre)

kell cserélni. Amit a gyári eszközzel is érdemes megtenni, az a nóniusz LED-es megvilágítása és egy legalább 5 fokos osztásközzel ellátott osztott kör felszerelése a kihuzatra.

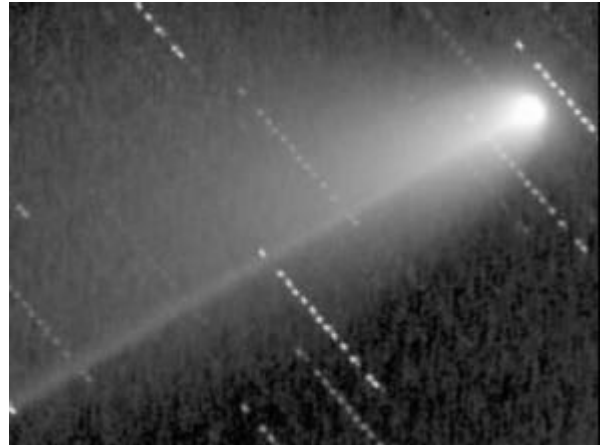
Ha készen van a kis segédeszköz, akkor ki kell számítani, az expozíció alatt mennyit és milyen irányban mozog az üstökös, s ez a vezetőtávcső fókuszában hány mikrométeres elmozdulásnak felel meg. Pl. 60 perc alatt 45'-et halad a kométa, ez 540 mm fókuszú távcső esetében 39,5. Diffúz objektumnál elegendő, ha 4"-5"-re korrigálunk, vagyis a 45"-es elmozdulást pl. 10 lépésben tesszük meg. Ezek szerint a vezetősillagot a szátra állítva 60/10 = 6 percenként (39,5/10)= 3,95, vagyis közel 4 mikrométernyit kell tekernünk a szálon, s ezt követően a távcső finommozgatásának segítségével gyorsan újra a szátra vinnünk a csillagot, majd az elkövetkezendő 10 percben így vezetünk. Természetesen a megfelelő pozíciószögbe kell állítani az okulármikrométer mozgatóját, ezt a kis osztott kör segítségével tehetjük meg. Azt viszont alaposan gondoljuk végig, hogy milyen irányban kell ennek mentén mozgatni a szálat!

Digitális felvételek esetén jól használhatóak a mélyég-felvételekre ajánlott eljárások. A csóva finomszerkezetét megfelelő irányú árnyékoló szűrő szépen kiemeli. Esetleg fűrészfog- vagy lépcsős átviteli függvényt is használhatunk a megjelenítésre.

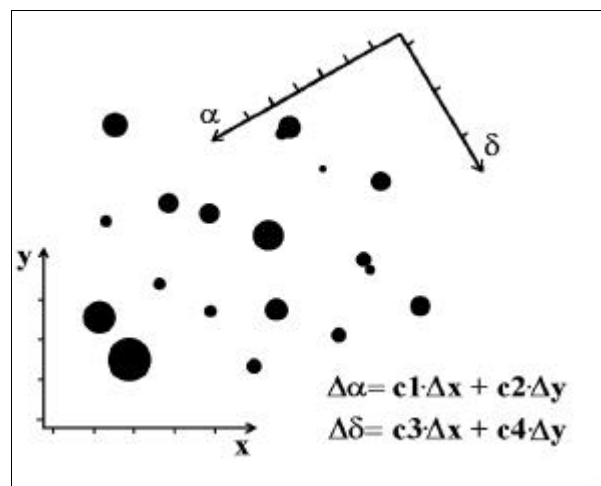
#### IV.7. Kisbolygók, kettősök – asztrometria

Kisbolygók CCD asztrometriájára bármely távcső alkalmas, mely a használt CCD-detektorral eléri a 2"-2,5"/pixeles felbontást. Így van esély arra, hogy a kimérés pontossága elérje az 1"-et. A jobb felbontás természetesen növeli a pontosságot, ám vigyázni kell arra, hogy egy gyors mozgású földszűrő kisbolygó hamar több pixelre kenődhet szét, és egy vonal két végpontjának kimérése sokkal körülményesebb. Ráadásul kisebb pixelek, vagy nagyobb fókusz-távolság (így érhető el jobb felbontás) esetén csökken a rögzített terület mérete, ami a referenciacsillagok számát a minimálisan megkívánt alá csökkentheti. Optimálisnak tekinthető az 1"-2"/pixel közötti felbontás, és a legalább 10'-es látómező.

A pontszerű források (csillagok, kisbolygók) képei viszonylag egyszerűen behatárolhatók, mint a háttér szórásából jelentős mértékben kiemelkedő, ill. a leképezés minősége és a légkör által meghatározott profilt mutató csúcsok. A felvételek felbontásától függő pontossággal illeszthető a profilokhoz valamilyen ana-



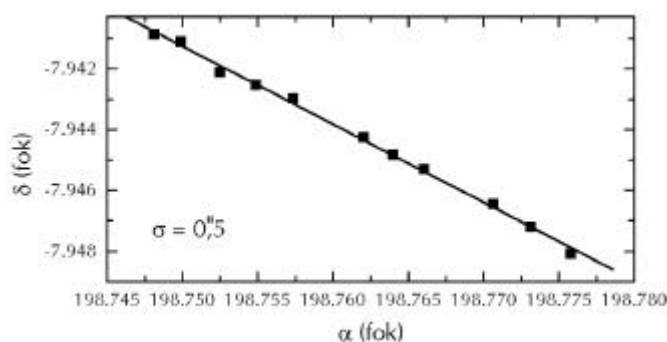
5.70. ábra. Több rövid expozíciós idejű CCD-kép eltolt összeadása az üstökös direkt követését helyettesíti



5.71. ábra. A pixel- és égi koordináták viszonya

litikus függvény, ami az esetek többségében egyszerű kétdimenziós Gauss-görbe. Az analitikus függvény előnye, hogy egzaktul ki lehet számítani a maximumát az XY pixelkoordináta-rendszerben néhány tizedpixel pontossággal. Ez az első lépés az égi koordináták meghatározásához. Néhány ismert koordinátájú csillag együttesét kiválasztva a képen meghatározhatjuk az XY koordinátákról a rektaszenció-deklináció koordinátákra való átváltást megvalósító ún. lemezkonstansokat. Mint azt a mellékelt ábra is jól illusztrálja (l. 5.71. ábra), általános esetben a két koordináta-rendszer egymáshoz képest eltolt kezdőpontú, átskálázott egységű, ill. elforgatott tengelyű. A pontos részleteket mellőzve csak annyit érdemes megjegyezni, hogy az említett három műveletet be lehet zsúfolni egy mátrixba, amelyben négy együtttható szerepel, és ezek a lemezkonstansok. Öt-hat pontos koordinátájú alapszillag segítségével (ezeknek tehát a képen meghatározott XY, ill. katalógusokból az égi koordinátáit felhasználva) a lemezkonstansok már kiszámíthatók legkisebb négyzetes illesztéssel. Ezek után már csak ki kell választani egy alappont csillagot és a tőle mérhető

$\Delta X$ ,  $\Delta Y$  koordinátakülönbséget egyszerűen átszámíthatjuk  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\delta$  különbségekre, amelyeket az alappont RA, D értékeihez hozzáadva kapjuk a kisbolygó égi koordinátáit. Természetesen az ábrán szereplő egyszerű lineáris összefüggések csak elegendően kicsi látómező (a tapasztalatok szerint  $<15'$ ) és nem túl nagy deklináció ( $<75^\circ$ ) mellett kellő pontosságúak. Hogy valóban igen jó eredménnyel alkalmazható ez a közelítés, azt jól mutatja az 5.72. ábra, amely a 73-as sorszámú Klytia kisbolygó egy éjszaka során kimért pozícióit tünteti fel. A mérési pontok szórása, eltérése a valódi pályát jelző egyenestől mintegy fél ívmásodperc! Az észleléshez használt műszer az SZTE Optikai és Kvantumelektromikai Tanszékének 28 cm-es Schmidt-Cassegrain (f/6,3) távcsöve és a Kísérleti Fizikai Tanszék ST-6 CCD-detektora volt.



5.72. ábra. A (73) Klytia kimért pozíciói egy éjszaka során

Viszonylag széles körben elterjedt Magyarországon a Hubble Guide Star Catalog (GSC, vagy Guide), amely  $15^\circ$ -s határfényességével és  $0^\circ 2' - 0^\circ 5'$ -n belüli pontosságú koordinátaival az átlagos igényeket messze kielégíti. Aki nagyobb műszert, kisebb látómezőt, vagy érzékenyebb detektort használ, az US Naval Observatory munkatársai által összeállított USNO-B1.0 katalógushoz forduljon, amely  $20^\circ$ -s határfényességével és  $0^\circ 2'$ -s pontosságával a legprofibb célokra is megfelel.

*Változócsillagok asztrometriája.* Kicsit talán furcsának tűnhet az ötlet, hiszen azt gondolnánk, hogy a változóknak ismerjük a pontos pozícióját. Nos ez egyáltalán nincs így, bár a Hipparcos- és Tycho-programok sokat javítottak a helyzeten, hiszen az összes, maximumban legalább  $11^\circ$ -s változócsillag pontos koordinátáit kimérték. Ám a  $11^\circ$  alatti tartomány sok ezer változócsillagot rejt, melyek koordinátái gyakran csak tized ívperc, sőt esetenként csak ívperc pontossággal ismertek.

A csillagok azonosítása többféle módon is történhet, de itt is szükségünk lesz a Guide használatára. Csakhogy a változókat a program sokszor olyan koordinátára teszi, ahol egyáltalán nincsen csillag. Általában azért sejthető, hogy a GSC melyik csillaga a változó, de az eltérések szembeütőek.

Ha kiszemeltünk néhány, maximumban 11•-nál halványabb változót, akkor két módon is azonosíthatjuk őket. Ha hozzáférünk változós szakirodalomhoz, például a nyomtatott GCVS-hez (General Catalogue of Variable Stars, általános változócsillag-katalógus), a megadott referenciák alapján utánanézhethetünk az eredeti publikációnak, hátha a felfedezők közöltek egy keresőtérképet (bár az is sokszor előfordult, hogy a felfedezők rossz csillagot jelöltek meg a változónak...).

A legbiztosabb, ha a megadott amplitúdó akkora, hogy a műszerünkkel mi is ki tudjuk mutatni a fényváltozást. Így lehetséges az egyértelmű azonosítás, ráadásul a minimum és maximum fényességére is tudunk valamit mondani, ami sokszor eltér a GCVS-ben megadottól. A koordináták kimérése szűrő nélküli képeken is történhet, ám ha a fényváltozás amplitúdójára korrekt értékeket akarunk kapni, legalább egy V szűrőre is szükségünk lesz (I. III. fejezet, Szűrők).

*Kettőscsillagok* CCD-s megfigyelése esetén fotometriai szempontból a helyzet szinte azonos a változócsillagok fotometriájával, talán azzal a tényezővel nehezítve, hogy szoros komponensek esetén különös gondot kell fordítani a komponensek megfelelő mértékű szeparációjára, hogy az egyes tagok fényességének mérésekor a további társ(ak) zavaró hatását kiküszöböljük. Azonban a kettősök látható tulajdonságai közül fontosabb a szögtávolság (S) és a pozíciószög (PA).

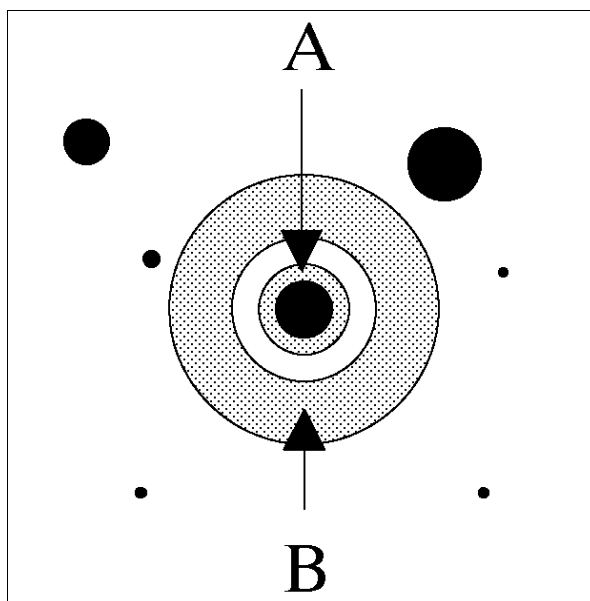
Először a kettőscsillag komponenseire a CCD-felvétel(ek)en csillagkeresést kell végezni. Ha a tagok megfelelően elkülönülnek, akkor ezt különösebb gond nélkül elvégezhetjük. A megtalált csillagcentroidok kiértékelésére több módszert alkalmazhatunk. Asztrometriai módszerrel a képen azonosított referenciacsillagok felhasználásával első lépésben a komponensek égi koordinátáit határozzuk meg. Második lépésben a koordinátákból kiszámoljuk a PA és S értékeket. Abban az esetben, ha a képen nem találunk megfelelő számú és pontosságú referenciacsillagot, más utat kell keresnünk.

Egyik ilyen lehetőség, ha a kép X, Y (sík) koordináta-párjaiból számítjuk ki a PA és S értékeket (polárkoordináta). Ebben az esetben ismernünk kell a képskála "/pixel értékét, amely a távcső fókuszától és a chip pixelméretéből adódik (I. III. fejezet, Egyszerűbb számítások, táblázatok). A másik feltétel, hogy a chip tájolása vagy nagy pontossággal egybeessen az égi koordináta-rendszer RA és D irányával, illetőleg az esetleges eltérés mértékét nagy pontossággal ( $<0,1$ ) meg tudjuk határozni. Ez utóbbi eltérés méréséhez az éppen célként kijelölt égterületen, egy fényesebb csillagról készítsünk felvételsorozatot kikapcsolt óragéppel (csíkhúzó felvételek). A csíkok végpontjainak kiméréseivel, majd kettősként történő kiértékeléssel, átlagolással az eltérési szöget megkapjuk. A későbbiek folyamán ezt az értéket a kettősök PA-értékéhez megfelelő előjellel hozzá kell adni. Ha a távcsövünk, illetve a komplett rendszer deformációra hajlamos, akkor jelentősebb távcsőelmozdulás (más égterületre állás) után újabb referenciacsíkokat kell készíteni, ill. felhasználni.

A felszerelés kalibrálása pontosan ismert paraméterű kettősökön történhet. Ezeket célszerű a WDS katalógusból kiválogatni. Kettősöknél több felvételt (5–10) készítsünk. Jó esetben egy felvételsorozat értékeinek szórása a pixelméret törtrésze is lehet (0,2–0,4 pixel), míg gyengébb seeing mellett ez a szórás kellemetlenül növekedni fog. Ez utóbbi esetben is javít a végeredményen, ha több felvétel eredményét átlagoljuk. A jó felbontóképességhez jelentős fókusznyújtást kell alkalmazni, aminek megint a seeing szabja meg a célszerű értékét. Tapasztalati értéként, 35,5 cm-es távcsővel, 3200 mm-es fókusszal 2"–3"-nél szélesebb párokat tudunk kettősként mérni. A tagok fényességeltérése 2"–3" lehet szoros pároknál, míg nyíltabb kettősöknél 5"–6" eltérés

is mérhető. Pontosság szempontjából standard vagy lazább pároknál könnyen elérhető az 1 $\sigma$ -on, ill. 0 $\sigma$ 5-en belüli pontosság.

Az asztrometria a következő alfejezetben tárgyalandó fotometriával együtt a tudományos igény(esség)ű amatőrcsillagászok területe. A megkívánt nagy pontosság, precizitás a műszerezettséggel szemben is magasabb követelményeket támaszt. Általában a direkt csillagászati célokra készült CCD-kamerák hoznak jó eredményeket, azonban az asztrometriában a webkamerák, kompakt és SLR digitális vázak is alkalmazhatóak, illetve fotometriában az utóbbiak egyre javuló zajkarakterisztikájuk miatt szintén eredményre vezetnek fényesebb objektumok esetében.



5.73. ábra. A kiértékelés során használt apertúra

#### **IV.8. Változók, kisbolygók, nóva- és szupernóva-keresés – fotometria**

A nóva- és szupernóva-keresés szempontjait és a keresés technikáját (blinkelés) a Változócsillagok c. fejezet végén találhatja az Olvasó. Itt most a változó fényességű objektumok fényességének meghatározására térünk ki. A CCD-kamera nagy előnye a hagyományos fotoelektromos fotometriával szemben, hogy egyszerre akár több tucat csillag is vizsgálható. Igaz, erre a fotográfia is képes lenne, azonban egyrészt nem lineárisak az emulziók, másrészt kicsi a dinamikai tartományuk. A CCD-s mérés pontossága még amatőr felszerelés esetében is összemérhető a foto-elektromos fotometriával. A legtöbb csillagászati képfeldolgozó program lehetőséget ad a fotometria elvégzésére, valamely katalógushoz képest (Guide, USNO stb.).

Fontos megjegyeznünk, hogy fotometriát csak olyan képeken végezhetünk, amely sötétkép- és világoskép-korrekción, átlagoláson, esetleg kozmikus sugár szűrésen kívül semmilyen képfeldolgozási folyamaton nem esett át! Ezek ugyanis sokszor nem lineárisak, megváltoztatják a pixelek egymáshoz képesti intenzitásának arányát, vagyis a fotometria fényességeredményei hamisak lesznek.

Az itt leírt fotometriai eljárás során kapott fényesség nagyon sok egyedi, az adott megfigyelést végző műszeregyüttesre és észlelési helyre jellemző (a detektor spektrális érzékenysége, a távcső spektrális átteresztése, a légkör állapota) tényezőtől függ, így más mérésekkel nem hasonlítható össze. Ezért is nevezik instrumentális fényességnek. Amennyiben szeretnénk összevetni méréseinket mások eredményeivel, esetleg tudományos értelemben is értékes megfigyeléseket továbbítani valamilyen adatgyűjtő központnak, úgy egy fotometriai rendszer szűrőjén keresztül készítsünk képeket (I. III. fejezet, Színszűrők). Az összehasonlítóként választott csillagnak ekkor az adott szűrőhöz tartozó sávban mért fényességértékét vegyük alapul a differenciális fotometriához. Az általunk mért fényességnél pedig jelezzük, hogy milyen szűrővel készült a mérés (pl. V 16 $\alpha$ 2). A leggyakoribb a Johnson V szűrő használata. (Aki nagyon igényes, és teljes értékű munkát kíván végezni, annak több szűrőre is szüksége van, és az adatok kiértékelése is körülményesebb, l. részletesen az irodalom-



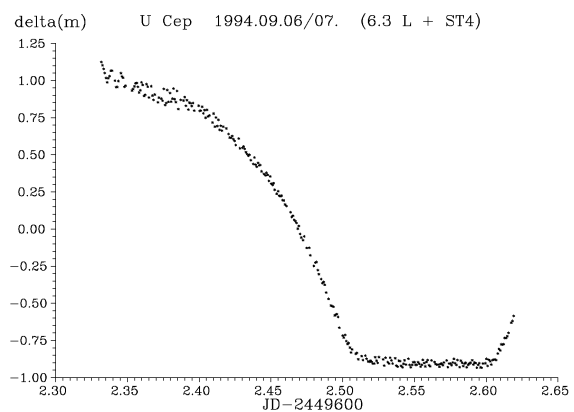
jegyzékben megadott forrásban.) De most ismerkedjünk meg az apertúra-fotometria lényegével!

A redukálás két alfolyamatra tagolható: a kérdéses csillagok megkeresésére a képen ill. az instrumentális magnitúdók meghatározására. Az első lépés történhet kézi vagy gépi úton. A manuális esetben az apertúrát egyszerűen rámozgatjuk a csillag képére, ügyelve arra, hogy az középre kerüljön (ajánlott a nagyítás). Az automatizált változat lényegében egy iteratív eljárás, amely a kiválasztó forma mozgatását és a magnitúdó meghatározását ismételteti. Rátérve a fényesség meghatározásra, tekintsük az 5.64. ábrát. A képen két satírozott tartomány látható (*A* ill. *B*). Az *A* mintavételezi a csillag képét tartalmazó régiót, a *B* pedig a háttérét. A kiemelt képterületeket koncentrikus körök határolják. A szakirodalomban e két terület együttesét nevezik apertúrának. Jelöljük  $S_A$ -val az *A* tartományban lévő képelemek (pixelek) intenzitásainak összegét, ill.  $N_A$ -val a kérdéses pixelek számát, valamint  $S_B$ -vel és  $N_B$ -vel a *B* terület megfelelő értékmérőit. Ezzel az apertúrába fogott csillag instrumentális fényességértékét a következő formula szolgáltatja:

$$V = -2,5 \cdot \log \left( \frac{S_A}{N_A} - \frac{S_B}{N_B} \right).$$

Amennyiben két csillag differenciális magnitúdóját akarjuk képezni, az eljárást mindkét objektumra elvégezzük, és a  $V$  értékeket kivonjuk egymásból. Az apertúra helyes pozíciója  $V$  minimumát is jelenti. Tehát az automatikus algoritmus során olyan irányba kell az apertúrát mozgatni, hogy  $V$  a lehető legkisebb legyen. A léptetés indítása történhet pl. a maximális értékű pixel középre állításával. Ha több csillagot szeretnénk egymás után megmérni, akkor minden egyes mérést követően az *A* területet kinullázzuk és újra ráállítjuk az apertúránk centrumát az aktuális, legmagasabb értékű képelemre. Az ismertetett módszerrel nyílthalmazokról készült felvételekkel is könnyűszerrel elbánhatunk. Sajnos a gömbthalmazok fotometriájára ugyanez a technika már nem alkalmazható, hiszen ott a zsúfolt területeken nem tudjuk a csillagokat szétválasztani.

A gyakorlati problémák közül a legfontosabb az apertúrák méretének megválasztása. Ideális esetben az optikai leképezés és a légkör együttese haranggörbévé formálja a csillagszerű objektumok képét. Minden csillag képe azonos kiszélesedést mutat, ezek csupán amplitúdóikban térnek el egymástól. Nem túl bonyolult számítással bebizonyítható, hogy akkor lesz az adatok szórása a legkisebb, ha a központi apertúra éppen a félérték magasságát követi. Tételezzük fel, hogy a maximális pixelérték 35 000, ekkor a belső apertúra vonalának a 17 500 értékhez közeli képelemeket kell érintenie. Tehát téves az a nézet, hogy a lehető legnagyobb belső apertúrával kell dolgoznunk. Persze ekkor biztosan belemérünk minden hasznos pixelt, de sajnos az egyes cellák szórásai összeadódnak és a hasznos jel mellé hatalmas felesleges zajt halmozunk. Nem ez érvényes a külső apertúrára. Itt a lehető legtöbb pixelt kell összeátlagolni. Sajnos ennek korlátot szab a képen elhelyezkedő többi csillag. A nyílthalmazok esetében előfor-



**5.74. ábra. Az U Cephei Algol típusú fedési változócsillag főminimuma. Apertúra-fotometriával nyert fénygörbe, mely közel 7 órát fog át**

dulhat, hogy nem minden csillag körül tudjuk pontosan meghatározni a háttérret a környező csillagok zavaró hatása miatt. Ebben az esetben használhatjuk a másik objektumnál megállapított  $S_B$  és  $N_B$  értékeket. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy minél távolabb mérünk háttérret a csillagunktól, annál pontatlanabbak lesznek eredményeink. Fontos észrevenni, hogy differenciális magnitúdó képzésének csak akkor van értelme, ha a redukálás során minden, a képen szereplő csillagra paramétereiben azonos apertúrát használtunk. Az ismertetett módszer hatékonyságát igazolja az 5.74. ábrán látható fénygörbe. Az alkalmazott távcső egy 63/840-es Zeiss refraktor volt, a detektor egy SBIG ST-4 CCD kamera (ebben egy TC 211 chip található, 8 bites A/D átalakítóval). Figyelemre méltó, hogy a görbe minősége alig marad el a 40 cm-es szegedi távcsővel és fotométerrel nyert adatok minőségétől!

## Irodalom

- Áldott G.: 2001, Napészlelés CCD-videókamerával, Meteor 2001/7–8, p. 46.
- Beringer P.: 2000, Színhelyes CCD-képek készítése, Meteor 2000/12, p. 21.
- Berry R.: 1994, Image Processing in Astronomy, Sky & Telescope, 1994/Apr.
- Berry R.: 1994, Introduction to Astronomical Image Processing, Willmann-Bell Inc.
- Berry R., Kanto V., Munger J.: 1994, The CCD Camera Cookbook, Willmann-Bell Inc.
- Buil C.: 1991, CCD Astronomy, Willmann-Bell Inc.
- CCD Astronomy, Sky Publishing Corp., 1994–96 évi 4 szám
- Dán A.: 1995, Okulárkivetítés felsőfokon, Meteor 1995/2 p. 12.
- Dán A.: 2003, Az amatőr csillagász és a webkamera – mit is kezdjünk egymással?, Meteor, 2003/7–8, p. 68.
- Dobbins T. A., Parker D. C., Capen C. F.: 1988, Introduction to Observing and Photographing the Solar System, Willmann-Bell
- Fejes I.: 1997, Vezetett fotózás – egyszerűen, Meteor 1997/6, p. 29.
- Fűrész G.: 1999, CCD-spektroszkópia – profi megfigyelések amatőr eszközökkel, Meteor 1999/7–8, p. 19.
- Fűrész G.: 1998, CCD-s érdekességek (az RGB technika), Meteor 1998/5, p. 19
- Fűrész G.: 1997, Sötétkép – világkép, Meteor 1997/12, p. 21.
- Fűrész G.: 1997, Mire képes egy CCD-kamera?, Meteor 1997/11, p. 31.
- Fűrész G., 1996–97, CCD-alapismeretek I–VII, Meteor 1996/7–8. és 1997/6. közötti számokban
- Fűrész G.: 2002, CCD-kamerák a csillagászatban, Meteor csillagászati évkönyv 2002
- Hegedüs T.: 1993, Emberközelen a CCD I, II, Meteor 1993/7–8, p. 9., 1993/9, p. 9.
- Iskum J.: 1998, CCD-videókamera napészleléshez, Meteor 1998/12, p. 19.
- Kaszás G., Kiss L.: 1994, A CCD-kamera alkalmazása a csillagászatban, TDK dolgozat, JATE, Szeged
- Kocska T.: 1993–1994, A fotográfia alapjai I–III., Meteor 1993/12, p. 16., 1994/1, p. 13., 1994/2 p.9
- Kocska T.: 1994, Hiperszenzibilizálás, Meteor 1994/4, p. 14.
- Nagy Z.A.: 2004, Holdmozaikok készítésének technikája, Meteor, 2004/11., p. 18.
- Martinez, P.: 1983, Astrophotography II, Willmann-Bell Inc.
- Rózsa F.: 2001, Űstökös követés indirekt módon, Meteor 2001/3., p. 22.
- Sárközi–Sevcsik–Hefelle: 1977, Fotósok könyve
- Sárneeczy K., Kiss L.: 1998, Asztrometria, Meteor 1998/3, p. 10.
- Simon D., Fűrész G.: 1998, Távolságmérés CCD-vel, Meteor 1998/1., p. 18.

Terence, D., Dyer A.: 1991, The Backyard Astronomer's Guide, Camden House  
Wallis, B. D., Provin, R. W.:1988, A manual of advanced celestial photography,  
Cambridge Univ. Press

### **Internetes források**

Frissített linkgyűjtemény a <http://ccd.mcse.hu/> oldalon található