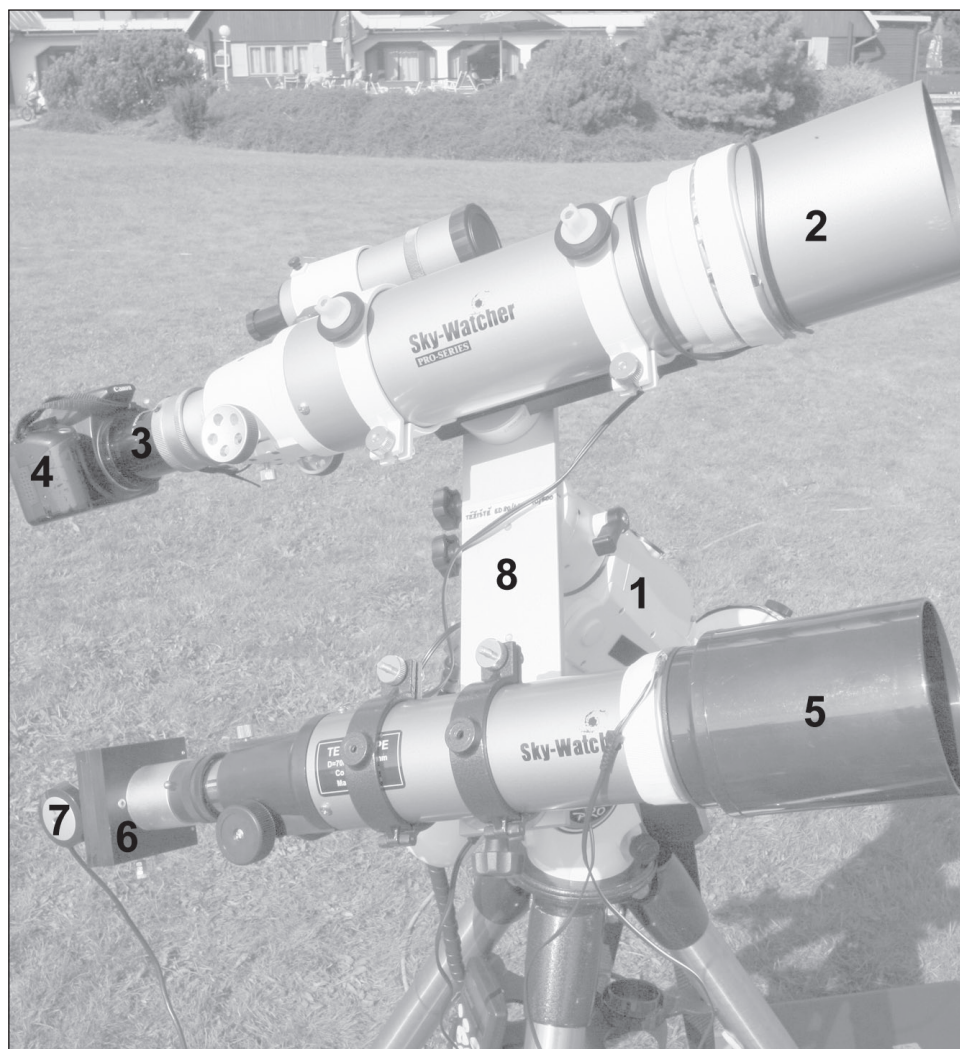


Je známým faktem, že mnoho z pozorovatelů noční oblohy časem zatouží po tom, zvětšit si krásu nad námi na své vlastní snímky. Po prvních pokusech ve stylu focení star-trails ze stativu či širokoúhlých záběrech Mléčné dráhy a nabytí prvních zkušeností začne fotograf postupně vytahovat delší a delší teleobjektivy, až nakonec zjistí, že už by to opravdu chtělo tu paralaktickou montáž a dalekohled vhodný k fotografování. V ten okamžik se dostává do problému, kterou montáž a jaký dalekohled z celkem široké nabídky zvolit, obzvláště pokud nechce zruinovat rodinný rozpočet. Můj článek se pokusí dát návod k pořízení astrofotografické sestavy střední třídy, použitelné k fotografování vesmírných objektů dlouhými pointovanými expozicemi. Součástí článku jsou i orientační ceny jednotlivých komponent, platné v době vydání článku, které je však nutno brát s rezervou, protože se mohou u jednotlivých prodejců lišit a podléhat změnám.



Montáže Celestron CG5 Advanced GT (vlevo, 16 000 Kč), Skywatcher H-EQ5 (nahore, 19 000 Kč) a EQ6 (vpravo dole, 27 000 Kč)



Základním prvkem takové sestavy je dostatečně dimenzovaná paralaktická montáž, přizpůsobená konkrétní sestavě dalekohledů. Vzhledem k úhlové velikosti nejčastěji fotografovaných objektů a velikosti seeingu (neklidu atmosféry) v našich končinách budeme pro takovou sestavu uvažovat dalekohled s ohniskovou vzdáleností v rozmezí zhruba 0,5–1 metr. Jeden dalekohled nám ale k astrofotografii stačit nebude. Žádná z běžně dostupných montáží (pomíne-li zařízení v ceně několika set tisíc korun) není vyrobena s takovou přesností, aby byla schopna udržet snímány objekt v poli s přesností povolující odchylku nejvýše pár jednotek úhlových vteřin i méně po dobu v řádu jednotek až desítek minut (takováto expoziční doba je totiž potřeba k zachycení objektů, z kterých k nám přichází jen velmi

- 1 – Montáž H-EQ5 Pro
- 2 – Refraktor Skywatcher 80ED
- 3 – Rovnač pole (Skywatcher Flattener)
- 4 – Digitální zrcadlovka Canon
- 5 – Pointér Skywatcher 70/500mm
- 6 – Pozicionér pointační kamery
- 7 – Upravená webkamera SPC 9000NC
- 8 – Upinací lišta pro dvojici dalekohledů

málo světla). Obvykle díky házivosti šneku a ozubených kol v převodech vzniká kolísavá odchylka od správného chodu, nazývaná periodická chyba. Proto je nutno chod montáže v průběhu fotografování korigovat pomocí druhého dalekohledu, tzv. pointéru či pointačního dalekohledu. Pomocí něj (ať již okem či citlivou kamerou) sledujeme tzv. pointační hvězdu a korigujeme odchylky od správného chodu (tato činnost se nazývá pointace či *guiding*). V současné době je již obvyklé tuto činnost svěřit zařízení zvanému *autoguider*. Poslední, co nám ještě ve výčtu chybí, je snímáči zařízení. Pomineme-li klasický fotoaparát na film, který je dnes již na ústupu a až na pár výjimek překonán digitálními senzory, je první logickou volbou digitální zrcadlovka. Při vyšším rozpočtu lze uvažovat i o specializované CCD kameře, ale tomu ponechám samostatný článek, protože problematika je to velmi obsáhlá.

Nyní si postupně probereme jednotlivé komponenty sestavy.

Paralaktická montáž

Zde (ale i u ostatních komponent) až na výjimky platí pravidlo, že cena je úměrná kvalitě. Pro náš případ hledáme montáž, která unese dva malé refraktory či malý zrcadlový dalekohled a pointační refraktor. Dále je vhodné, aby měla vstup pro autoguider. *Go-To* systém navádění na objekty se také hodí, ale není podmínkou. Periodická chyba montáže by měla mít hladký průběh. Je-li tomu tak, pak velikost chyby (hodnota P–V, tedy rozdíl mezi minimem a maximem průběhu odchylky) není nijak kritická a obvykle v rozsahu desítek úhlových vteřin (řekněme 10–40") nečiní problémy. Na nižší hodnoty než zhruba 10" se v naší cenové kategorii u klasické montáže se šnekovým kolem obvykle nedostaneme. Takovou dostupnou montáží, ověřenou již mnoha lety používání mezi astrofotografy, může být montáž H-EQ5 nebo její o trochu větší varianta EQ6 značky SkyWatcher. Menší z nich spolehlivě unese dvojici refraktorů, případně Newtonův dalekohled s průměrem 150 mm. Menší Newton bych na astrofoto nedoporučoval, pro dostatečně dimenzované sekundární zrcátko by měl již zbytečně velké centrální zastínění. Na větší EQ6 lze posadit v případě potřeby i 200mm zrcadlový dalekohled, ale je dobré kvůli setrvačným hmotám preferovat kratší (světelnější) přístroje se

Dalekohled	Vhodný rovnač/reduktor
Skywatcher 80ED (9 000 Kč)	Skywatcher 0.85x Reducer & Corrector (6 000 Kč) Skywatcher flattener (1x) (3 000 Kč) Borg 7887 0.85x Reducer/Flattener (8 000 Kč) Vixen 0.67x reducer (6 000 Kč)
William Optics Megrez 72 Doublet (15 000 Kč)	William Optics 0.8x Flattener III (7 000 Kč)
Teleskop Service INED APO 70/420mm (9 000 Kč)	Teleskop Service TSFLAT2 (6 000 Kč)
Borg 77ED (19 000 Kč)	Borg 7887 0.85x Reducer/Flattener (8 000 Kč) Borg 7704 ED F4 Super Reducer/Flattener (20 000 Kč)
Pentax 75 SDHF (29 000 Kč)	nepotřebuje rovnač, je již integrovaný v dalekohledu

světelností f/4 až f/5, kde je tubus dlouhý zhruba 80–100 cm. Pokud vás bude lákat na EQ6 posadit 250–300 mm teleskop, vězte, že montáž to sice unese (ve smyslu „nepoškodí se“) ovšem použitelnost takové sestavy bude velmi špatná, omezená prakticky jen na noci s bezvětřím, a místo focení budete soustavně bojovat s nepřesnou pointací, kmitáním a nedostatečnou tuhostí celé sestavy.

Obě montáže se dodávají buď se základním ovladačem SynTrek, který sice nemá *Go-To* navádění, ale naštěstí i tato verze montáže má vstup pro autoguider. Verze s *Go-To* se nazývá SynScan (starší pojmenování SkyScan). Z levnější verze SynTrek lze SynScan udělat dokoupením příslušného SynScan ovladače. Cenově je ovšem výhodnější koupit rovnou verzi s *Go-To* systémem.

Pokud potřebujeme ještě lehčí a kompaktnější sestavu, lze udělat u montáže ústupek směrem dolů a pořídit například montáž Celestron CG5 (nejlépe v provedení Advanced GT). Ta ještě bez větších problémů unese dva malé refraktory či refraktor + teleobjektiv a vzhledem k použitému DC motorům s enkodéry má oproti H-EQ5 a EQ6 vybavených krokovými motory výrazně menší spotřebu, a tedy delší dobu provozu na akumulátor. To může být výhodou při výletech za tmavou oblohou do odlehklých oblastí bez elektřiny. Zároveň je montáž této třídy a velikosti takovým minimem pro smysluplné pointované astrofoto. Dalším ekvivalentem může být například montáž Vixen GP či v nouzi EQ5 doplněná SynScanem.

Dalekohledy

Jako fotografický dalekohled lze využít jak refraktor, tak reflektor. Máme-li se

udržet v cenové kategorii střední třídy, může být vhodnou volbou malý ED refraktor o průměru objektivu někde mezi 60–80 mm v cenové relaci v rozsahu zhruba 10–30 tisíc korun, nebo menší zrcadlový dalekohled Newtonova typu s průměrem zrcadla 150–200 mm, který lze pořídit v podobné cenové relaci či spíše o něco levněji než refraktor. Budeme-li uvažovat fotografování digitální zrcadlovkou, která pro senzor velikosti minimálně formátu APS vyžaduje korigované pole o průměru kolem 28 mm, bude potřeba obě soustavy doplnit o korektor.

Dublet malého refraktoru z moderních nízkodisperzních (ED) skel nám sice zajišťuje (na rozdíl od obyčejného achromátu) velmi dobrou korekci barevné vady, ale stále ještě trpí sklenutím obrazového pole, které způsobí nezaostřené oválné obrazy hvězd v okrajích pole, čím více, čím je soustava světelnější. Výrobci proto obvykle nabízejí pro fotografické použití k těmto refraktorům tzv. rovnač pole, který u některých typů funguje i jako reduktor ohniskové vzdálenosti, takže kromě srovnání pole do roviny zároveň zvýší světelnost dalekohledu. Rovnač se vkládá většinou do okulárového výtahu a bývá zakončen nějakým standardním závitem, obvykle T2, na který se našroubuje T2 kroužek pro příslušný typ fotoaparátu. V tabulce nahoře je několik příkladů více či méně použitelných kombinací refraktorů a rovnačů pole/reduktorů, které cenově spadají do kategorie střední třídy a které jsou prakticky vyzkoušené buď mnou, nebo ke kterým lze nalézt uspokojivé referenční snímky.

Ani u Newtonova zrcadlového dalekohledu se obvykle neobejdeme bez dodatečného optického členu. Dominantní

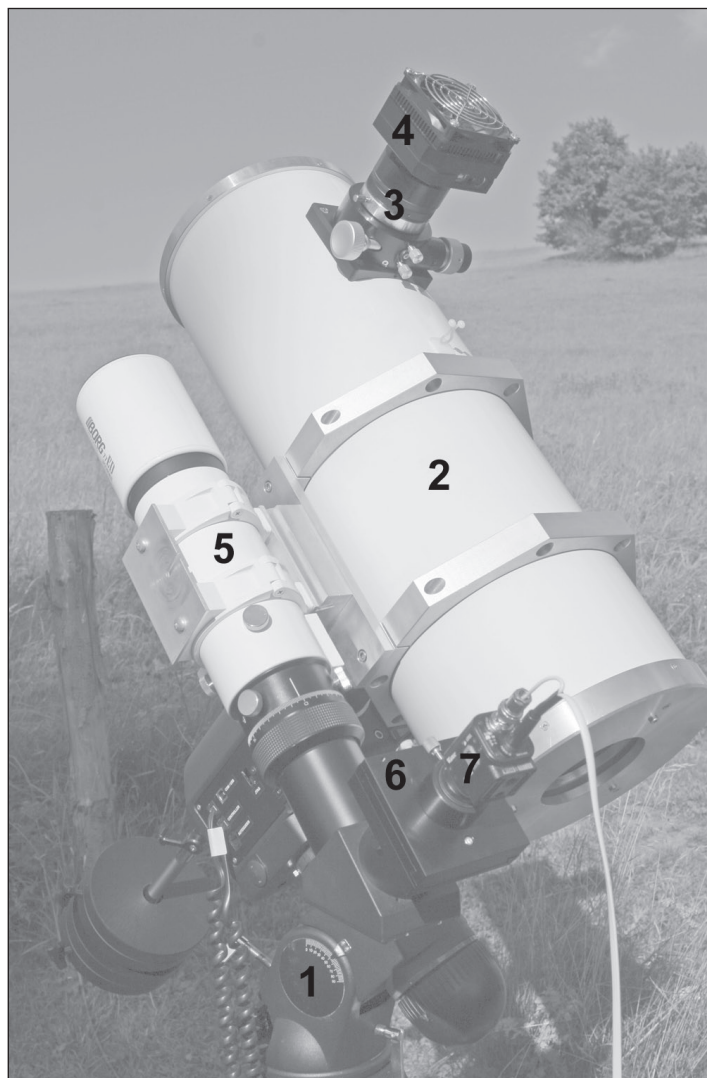
Běžně dostupné korektory komy	
Baader MPCC (3 000 Kč)	Jednoduchý a levný dvoučočkový komakorektor, neprodlužuje ohniskovou vzdálenost. Optimální pro $f/4,5$, funguje v rozmezí $f/4$ – $f/6$
ATC CCF-5 (3 000 Kč)	Neprodlužuje ohniskovou vzdálenost, lepší kontrast než MPCC.
Televue Paracorr PLU-1106 (8 000 Kč)	Špičková korekce na formátu APS při světelnostech $f/4$ a nižších. Koeficient prodloužení 1,15x.
Televue Paracorr Type 2 VIP-2010 (12 000 Kč)	Nová verze, dle výrobce optimalizovaná pro světelnější parabolická zrcadla $f/3$ – $f/4$. Úspěšně otestováno na mém $f/3,3$ zrcadle. Koeficient prodloužení 1,15x.

optickou vadou parabolického zrcadla je koma. Tu lze odstranit tzv. komakorektorem, který je u Newtona pro fotografování prakticky nutností. Na trhu je několik typů různých výrobců, s různou mírou eliminace komy. I ty nejlevnější typy však obraz velmi výrazně vylepší ve srovnání se stavem bez korektoru. V tabulce nahoře uvádím přehled cenově ještě přijatelných komakorektorů.

U Newtonova dalekohledu určeného pro fotografii je třeba věnovat pozornost hlavně dostatečně robustní mechanické konstrukci a kvalitě okulárového výtahu. Preferovaný je nějaký bezvůlový typ (ať již typu Crayford nebo kvalitní hřebenový), mikroostření s převodovkou je velkou výhodou. Z vlastní zkušenosti varuji před nejnižšími (myslím rozměrem – výškou) modely výtahu typu Crayford z produkce Teleskop Service. Vypadají sice na první pohled hezky, s výhodou potřeby jen malého vytažení ohniska od tubusu, ovšem mechanická stabilita vedení tubusu je nízká a zatížení digitální zrcadlovkou vede k rozkolimování soustavy. Zde udělá vyšší typ výtahu lepší službu. V případě nutnosti použití nízkého je pak nutno si připlatit za robustnější (Baader Steeltrack, Monolite, JMI). Je to jedna z kritických komponent Newtonova dalekohledu pro fotografii, která dokáže při nedostatečné tuhosti dokonale znehodnotit obraz. Většina komakorektorů je velmi citlivá na sousost s optickou osou soustavy. Dalšími kritickými místy (zvláště u levnějších přístrojů) je držák sekundárního zrcátka (tzv. pavouk) a systém justování primárního zrcadla. Obecně je s Newtonem více práce a levnější typy vyžadují kontrolu, případně doladění kolimace před fotografováním. Ve srovnání s víceméně bezúdržbovými refraktory lze ale získat za relativně malý peníz podstatně větší průměr a světelnost. Co preferovat, to se už musí zájemce rozhodnout sám.

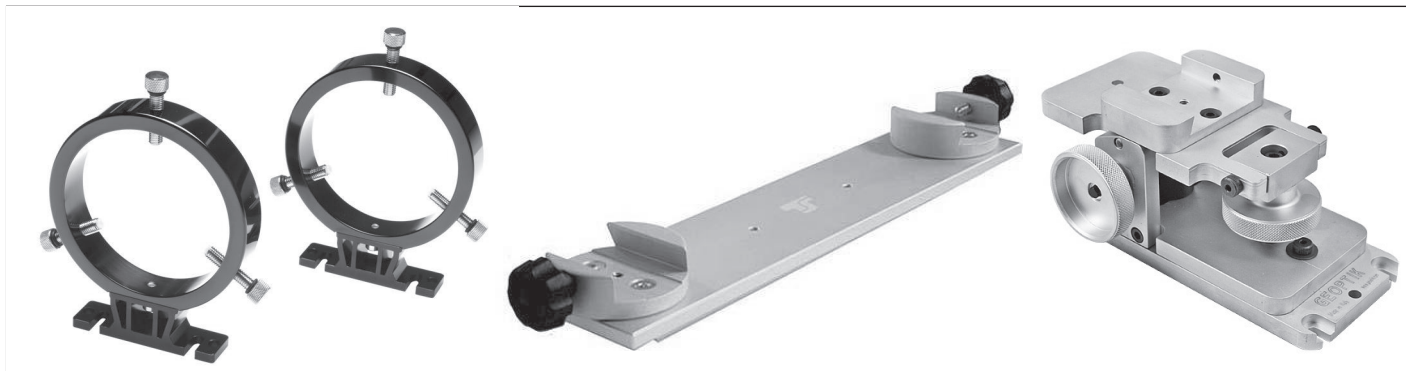
Jako pointační dalekohled lze použít i obyčejný achromatický dalekohled. Zde jsou nároky na velikost vykresleného pole malé, jde pouze o dobré zobrazení vybrané pointační hvězdy. Důležitá je ale mechanická stabilita pointéru, hlavně pevný okulárový výtah bez vůlí, a dostatečná tuhost tubusu. Plastovým výrobkům se vyhněte i zde. Ohnisková vzdálenost pointačního dalekohledu při pointaci pomocí většiny současných moderních autoguiderů vyhoví v rozmezí $1/3$ – $1/2$ ohniskové vzdálenosti fotografického dalekohledu. Je zjevné, že k autopointaci menšího refraktoru můžete s výhodou použít i teleobjektiv nebo dokonce jen upravený hledáček, místo jehož okuláru se umístí snímací kamera autoguideru. K hlavnímu dalekohledu se pointační dalekohled dá

připojit několika způsoby. Nejjednodušší je sešroubování napevno. Tedy buď třmeny obou dalekohledů k sobě, jeden na druhý, nebo upevnit oba dalekohledy vedle sebe na společnou upínací desku či lištu, a tuto teprve upnout do montáže. V tomto případě je nutné použít buď citlivou pointační kameru s delší dobou expozice (jednotky sekund), která je schopná zobrazit pointační hvězdu v libovolném místě oblohy, bez nutnosti hledání pointační hvězdy změnou polohy sestavy. V případě použití méně citlivé kamery bez integrace – web-



Astrofotografická sestava autora článku s Newtonovým dalekohledem a refraktorem:

- 1 – Montáž EQ6
- 2 – Newton 185/610mm vlastní konstrukce
- 3 – Komakorektor Paracorr Type 2 zasunutý v okulárovém výtahu
- 4 – Barevná (OSC) CCD kamera QHY8
- 5 – Pointér Borg 77ED (použitelný též k fotografování)
- 6 – Pozicionér pointační kamery
- 7 – Pointační CCTV kamera Watec 902 H3



Různé komponenty pro upevnění pointéru: stavitelné pointační objímky, dvojité upínací lišta, upínák s mikroposuvy

kamera, průmyslová televizní (CCTV) kamera – je vhodné použití tzv. pozicionéru, který umožní pohybovat kamerou v ohniskové rovině do stran a najít dostatečně jasnou hvězdu.

Druhou z možností je použít stavěcí kruhy (objímky), ve kterých lze pomocí stavěcích šroubků pohybovat pointačním dalekohledem vůči fotografickému, nebo upínací prvek s mikroposuvy, umožňující naklápění pointéru. Tak lze obvykle nalézt jasnou hvězdu i za pomoci méně citlivé kamery. Ve všech případech je třeba důsledně dbát na dostatečnou tuhost upínacích prvků (s ohledem na hmotnost dalekohledů), aby byla zaručena po dobu expozice neměnná vzájemná poloha pointéru a fotografického dalekohledu.

Digitální zrcadlovka

Výrobci digitálních zrcadlovek je více. Snad se na mě nebudou zastánci jiných značek zlobit, když teď na rovinu napíšu, že pokud chcete využívat zrcadlovku k astrofotografii, máte si pořídit zrcadlovku značky Canon. K tomuto tvrzení je více důvodů. Vynecháme-li polemiky o množství šumu ve snímku při dlouhých expozicích či o tom, jak moc firmware zasahuje do

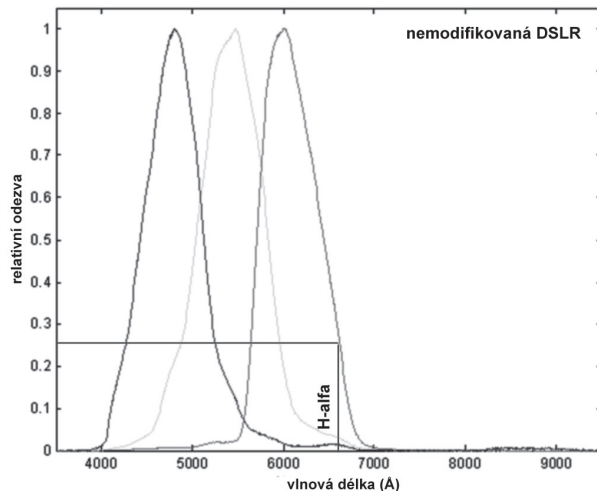
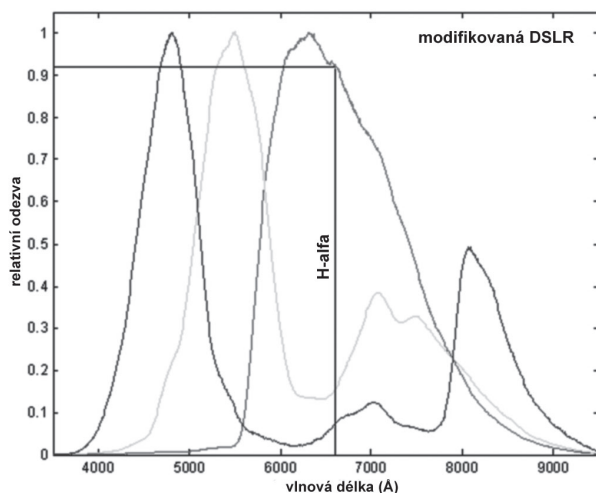
RAW dat ze snímače a podobně (které by vydaly na celý časopis), je nejpádňejším důvodem velmi výrazná podpora Canonů ze strany výrobců softwaru pro zpracování astronomických RAW snímků, stejně jako softwaru a jiných „udělátek“ pro ovládání fotoaparátu. Zrovna tak bohatá je i nabídka příslušenství pro astrofotografii, jako například speciální filtry vkládané do šachty DSLR či dokonce filtry pro modifikaci spektrální charakteristiky senzoru, o kterých se budu zmiňovat dále. Výběr konkrétního typu těla je snadný. Když se vyhneme těm úplně nejstarším modelům do 300D a 10D včetně, vyhoví prakticky jakýkoli, i starší model z bazaru. Většina funkcí, které postupně výrobce inovuje a přidává, je stejně pro astrofoto k ničemu. V principu stačí pouze možnost nastavit čas na režim B, otevřít závěrku na libovolně dlouhou dobu a naexponovaný výsledek uložit do RAW formátu. Snad jedinou dobře využitelnou funkcí novějších modelů je režim živého náhledu na displeji (live-view) s možností zvětšování do detailu, který se výborně hodí na ostření. K zahození není ani otočný

LCD panel u EOS 60D, díky kterému se není třeba plazit po zemi pod refraktorem, pokud chceme fotit blízko zenitu.

Digitální zrcadlovka má při použití v astrofotografii dvě závažnější nečnosti ve srovnání se specializovanými CCD kamerami. Obě je však možné řešit.

První z nich je úmyslně snížená citlivost na modrém i červeném konci spektra (což výrobce dělá kvůli věrnému podání barev – simuluje vlastně charakteristiku citlivosti lidského oka). Nám astrofotografům vadí hlavně to, že senzor s předřazeným filtrem má velmi špatnou citlivost na vlnové délce spektrální čáry H-alfa, 656,3 nm, kde září červené vodíkové mlhoviny. Toto lze vyřešit demontáží zrcadlovky, odstraněním původního filtru před senzorem a jeho nahrazením speciálním typem, vhodným pro astrofotografii. Tím citlivost na zmíněnou vlnovou délku vzroste téměř 4× (viz spektrální charakteristiky modifikované a nemodifikované DSLR níže). Jedná se i s výměnou o investici několika tisíc korun. Zrcadlovka však po takovéto úpravě již není moc vhodná pro fotografování denních snímků,

Porovnání spektrální charakteristiky modifikované a nemodifikované DSLR. Trojice křivek odpovídá vždy zleva citlivosti modrých, zelených a červených pixelů.





Chlazená DSLR Canon EOS 40D, výrobce Central DS, (35 000 Kč)

protože má špatné podání barev (snímky mají nádech do červeno-růžova). I bez modifikace je však astrofotografie možná a sníženou citlivost v červené oblasti lze částečně kompenzovat prodloužením celkového expozičního času.

Dalším problémem DSLR je to, že senzor není (na rozdíl od astronomické CCD kamery) chlazen a navíc se provozem ještě zahřívá. To vede k problému s nárůstem šumu v obraze. Naštěstí to není šum v pravém (fyzikálním) slova smyslu, ale pouze systematický termální signál, svým rozložením fixní pro konkrétní kus senzoru. Termální signál (někdy také nazývaný *dark current* – temný proud) způsobuje akumulování elektronů do jednotlivých pixelů senzoru různou rychlostí (v tzv. hotpixelech pak velmi rychle). Tuto nečinnost lze řešit pomocí odečtu tzv. temného snímku, kdy se (zjednodušeně řečeno) od obrazu objektu odečte obraz pořízený stejnou expoziční dobou a za stejné teploty, ale se zakrytým objektivem. Tento snímek obsahuje pouze onen termální signál a po jeho odečtení zbude v obraze již jen jeho šumová složka, která není tak výrazná. Další snížení šumu je možné pouze pomocí chlazení senzoru.



Barevná CCD kamera Orion StarShoot Pro (28 000 Kč)

Ať již pasivního, tím, že k fotografování využijeme chladnější zimní noci, nebo aktivního. Technicky nadaní jedinci mohou zkusit výrobu vlastního chladicího systému na bázi Peltierova článku, nebo lze takto modifikovanou specializovanou astro-zrcadlovku (zároveň s již výměnným filtrem před senzorem) koupit u firmy, která se modifikacemi zabývá. Nevýhodou je výrazně vyšší cena ve srovnání se svépomocně modifikovaným bazarovým nebo i novým fotoaparátem. Další možností je levná chlazená barevná (OSC – *One Shot Colour*) CCD kamera, která poskytne výsledky přibližně srovnatelné s chlazenou DSLR. Příkladem může být kamera Orion StarShoot Pro (27 000 Kč) nebo QHY8 (asi 28 000 Kč).

Autoguider

O problému pointace jsem se zmiňoval již v úvodu článku. Autoguidery lze rozdělit na dvě skupiny:

1) Autonomní autoguider – ke své funkci nevyžaduje počítač (autoguider je vybaven dostatečně výkonným procesorem s firmware, který vyhodnocuje obraz z kamery a koriguje chod montáže). Komfortnější typy (třeba

Autonomní autoguidery. Vlevo: Lacerta MGEN (13 000 Kč), vpravo: Synguider (7 000 Kč).



Lacerta MGEN, což je v současné době asi nejlepší autonomní autoguider), obsahují i displej, kde lze sledovat pointační hvězdu, nastavovat parametry pointace a podobně. Také zastane funkci časovače pro focení pomocí DSLR. Výhodou tohoto řešení je, že nemusíte do terénu tahat notebook, což oceníte hlavně v případě, kdy máte omezenou kapacitu napájecího akumulátoru.

2) Pointační kamera, která se připojuje k PC. Na něm běží vhodný SW, vyhodnocující pozici pointační hvězdy v obraze, a vysílá korekce do montáže. Tento SW je buď jednoúčelový, pouze pro pointaci (např. PHD Guiding), nebo je pointační algoritmus součástí SW balíku určeného pro obsluhu hlavního snímací CCD kamery (CCDOPS, MaxIm DL, SIPS). Při pointaci pomocí PC jsou možné dva způsoby řízení chodu montáže. Pokud má pointační kamera na sobě konektor pro připojení do pointačního vstupu montáže (tzv. *autoguider port*), je nejlepší propojit lokálně montáž s pointační kamerou. V tomto případě PC zasílá pointační povely do kamery po stejném (dnes obvykle USB) kabelu, pomocí kterého se vyčítá obraz pro pointaci. Kamera je pak vysílá do montáže. Výhodou tohoto způsobu je, že nemusíte mít montáž řízenou z PC a stačí pouze jeden kabel z PC k celé sestavě.

Druhou možností je případ, kdy je montáž propojena s PC a dá se ovládat k ní určeným komunikačním protokolem (například LX-200, NexStar, ASCOM). Pak může PC zasílat pointační povely přímo montáži, bez účasti pointační kamery. Výhoda tohoto řešení je v tom, že může být velmi levné. K pointaci lze použít i kameru, která původně není určena jako pointační a nemá tedy autoguider port. Například citlivá webkamera či CCTV kamera, která se dá pořídit v ceně jednoho až několika tisíc korun.

Několik slov závěrem

Pointovaná astrofotografie delším ohniskem není bohužel zrovna levná záležitost. I proto je v názvu mého článku slovíčko levně v uvozovkách. Je třeba si uvědomit, že opravdu špičková plnohodnotná sestava pro astrofotografii se může pohybovat v cenách zcela jistě přes sto tisíc korun (klidně i několik set tisíc). Tedy je potřeba počítat s tím, že ani vy-



Upravená webkamera (1 500 Kč)

bavení střední třídy nebude jak se říká za hubičku. Zcela spolehlivě se vyšplhá na několik desítek tisíc korun a není vyloučené, že se bude blížit ke stotisícové hranici. Na trhu navíc není (pokud je mi známo) nic takového, jako kompletní astrofotografická sestava, tedy použitelná po zakoupení a vybalení z krabice. Většinou je třeba si ji sestavit z vhodně vybraných komponent. K úspěšnému zkompletování a provozování sestavy je tedy třeba alespoň základních znalostí o funkci jednotlivých komponent a trocha technického nadání. Dobré je využít rad prodejce ze specializované prodejny, nebo stejně postiženého kolegy, který již nějakou dobu astrofotografii provozuje. V tabulce

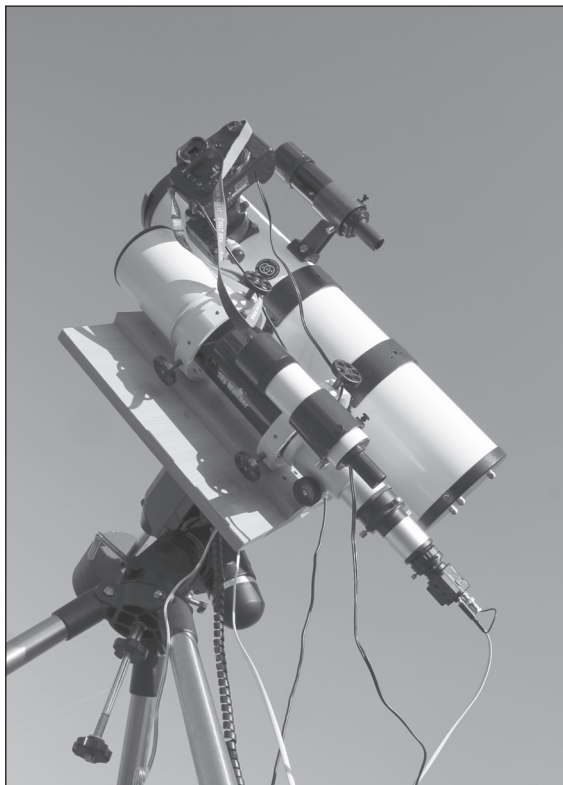
níže uvádím příklad takové „levné“ minimální, ale již celkem dobře použitelné sestavy (ceny jsou přibližné, není započítán notebook potřebný pro pointaci webkamerou).

Tento článek není v žádném případě vyčerpávající (problematika astrofotografie je mnohem, mnohem širší), ale přesto doufám, že odpověděl alespoň na základní otázky a ukázal, na jaký typ komponent směřovat další zájem. Na závěr tedy pouze mohu doporučit pevné nervy při samostudiu problematiky a hodně štěstí při nákupu.



Pointační kamery G0-0300 (10 000 Kč) a G1-0300 (13 000 Kč)

Položka		Cena
montáž	Celestron CG-5 Advanced GT	16 000 Kč
hlavní (fotografický) dalekohled	Skywatcher 80ED	9 000 Kč
rovnač pole, reduktor ohniska	Skywatcher 0.85x Reducer & Corrector	6 000 Kč
pointer	Skywatcher 70/500mm či větší hledáček	1 500 Kč
upevnění pointéru	stavitelné pointační objímky	2 500 Kč
pointační kamera	pointační webkamera + 1,25 tubusek	2 500 Kč
fotoaparát	DSLR EOS 40D (bazar) + modifikace	12 000 Kč
připojení fotoaparátu	Canon T2 kroužek	500 Kč
Celkem		50 000 Kč



Příklady dalších „levnějších“ astrofotografických sestav, které naše redakce zachytila v terénu na astropárty, připravené k noční „akci“. Vlevo: montáž EQ6 osazená Canonem 60D s objektivem Canon 300/4 L a pointačním reflektorem 114/1000 mm – tedy v konfiguraci, kdy je pointer výrazně větší než hlavní fotografický přístroj (majitel Jiří Los). Vpravo Newton 150/750mm s připevněnou digitální zrcadlovkou Canon 20D, spojený s montáží H-EQ5 a pointerem z refraktoru 102/500 mm pomocí kreativní dřevěné desky vlastní výroby (majitel Petr Skala).