

# Základy optických přístrojů IV

Zdeněk Řehoř

V předešlých částech tohoto seriálu jsme se zabývali zejména základní konstrukcí a vlastnostmi dalekohledů a některých vybraných doplňků. Doposud jsme se ale nezmiňovali o jedné důležité části, díky níž je možné dalekohled plnohodnotně využívat – jeho montáži. V posledním díle seriálu, věnovaného začínajícím astronomům, se podíváme právě na toto téma. Na závěr pak uvedeme pár základních pravidel pro začínající astronomy týkajících se používání jejich přístrojů.

## Druhy montáží

Cílem montáže umístěné pod dalekohledem (popř. jiným přístrojem) je zejména zajistit fixaci jeho polohy. Ta musí být samozřejmě dostatečně pevná a stabilní. Sebelepší dalekohled nevyunikne, pokud obraz v něm se bude neustále chvět při sebemenším dotyku pozorovatele. Mimo to by měla vhodná astronomická montáž umožnit i snadné a přesné navedení přístroje na sledovaný objekt, popř. i sledování jeho pohybu po obloze.

## Azimutální montáž

Azimutální montáž je nejjednodušším typem montáže. Svoji základní koncepcí je podobná např. obyčejnému fotografickému stativu. Tento typ montáže umožňuje pohyb podél dvou os. První osa umožňuje otáčení kolem vodorovné roviny (v azimutu), druhá pak v rovině svislé (ve výšce).

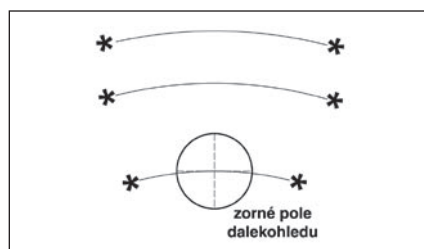
Obrovskou výhodou azimutální montáže je její snadné ovládání. Prakticky od narození je lidský mozek trénován v prostorové orientaci v základních směrech nahoru-dolů a doprava-doleva. Veškeré pohyby vedoucí k zamíření dalekohledu na požadované místo jsou proto u tohoto typu montáže velmi přirozené. Právě tato snadnost a intuitivnost ovládání z ní dělá velmi vhodný typ montáže pro začínající astronomy a samozřejmě nejen pro ně; je též mimořádně vhodná pro sledování rychle se pohybujících objektů (např. letadel nebo družic).

Nevýhodou azimutální montáže je nutnost při sledování objektu na obloze pohybovat oběma osami najednou. I kdybychom udrželi azimutální montáží objekt přesně ve středu zorného pole, nebude jeho obraz nehybný. Při ohybu po obloze opisují objekty oblouk, jehož část, pozorovaná v přístroji na azimu-

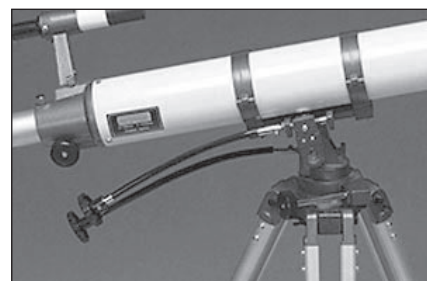
ální montáži, vyvolá dojem stáčení objektu. Rovněž zamíření přístroje do zenitu je poměrně obtížné.

Nejčastěji se můžeme setkat se dvěma typy azimutálních montáží. Základním typem je montáž velmi podobná masivnějšímu fotografickému stativu, doplněného o jemné pohyby v obou směrech. Hlava montáže pak bývá uchycena k vlastnímu stojanu – stativu tvořenému nejčastěji klasickou trojnožkou. Uchycení přístroje může být v tomto případě realizováno např. vidlicí. Tato konstrukce je vhodná pro uchycení refraktorů. Pro uvedenou konstrukci není problém v případě potřeby dořešit i jemné pohyby nutné k pohodlnému sledování pozorovaných objektů.

Azimutální montáže lze konstruovat velmi robustní. Příkladem takového typu montáže je **Dobsonova montáž**, která je určena pro dalekohledy Newtonova typu. Dalekohled je uchycen v těžišti do kolébky ne nepodobné vyřízlé krabici. Celá kolébka se pak otáčí na čepu na azimutální desce. Díky této konstrukci je montáž velmi nízká. To se odráží v její neobyčejné stabilitě. Přitom pro ni platí veškeré výhody (a bohužel i nevýhody) azimutálních montáží. Jednoduchá konstrukce přináší i další výhodu – umožňuje snadnou realizaci Newtonových dalekohledů se zrcadly velkých průměrů. Montáže jiných typů by v tomto pří-



Stáčení polohy objektu při sledování azimutální montáží



Příklad klasické křížové azimutální montáže

padě byly uskutečnitelné jen za cenu velkých finančních nákladů.

## Paralaktická montáž

Zatímco pro vizuální pozorování lze azimutální montáž považovat za výbornou volbu, v případě, že chcete fotografovat delšími expozicemi, je nutné kompenzovat vlastní pohyb sledovaných objektů. To umožňuje tzv. paralaktická (nazývaná též ekvatoriální) montáž. Azimutální montáž má svislou osu namířenu přímo do zenitu. Svírá tak s osou rotace Země úhel závislý na zeměpisné šířce místa pozorovatele. Pro kompenzaci pohybu Země je nutné osu paralaktické montáže sklonit tak, aby byla rovnoběžná s osou rotace Země, tj. tak, aby svírala s vodorovnou rovinou úhel rovný zeměpisné šířce našeho místa. Na severní polokouli přibližný směr udává police hvězdy Polárky. Tuto osu pak u paralaktické montáže nazýváme hodinovou, popř. též. polární. Pro udržení hvězdy v zorném poli pak stačí, když se přístroj kolem této osy otáčí rychlostí jedné otáčky za den. Mechanismus, který otáčí montáží kolem polární osy, se z historických důvodů nazývá hodinový stroj. Pokud jím není paralaktická montáž vybavena již přímo z výroby, lze jej zpravidla snadno doplnit. Ekvivalentem azimutu u azimutálních montáží je pak tzv. rektascenze. Z praktických důvodů ale není udávána ve stupních, ale v úhlových hodinách (celý kruh je rozdělen na 24 hodin). Osu kolmou (obdoba výšky u azimutální montáže) pak nazýváme osou deklinační.

Druhů paralaktických montáží je celá řada. Pro astronomy amatéry jsou nejzajímavější montáže německé a vidlicové.

**Vidlicová paralaktická montáž** je velmi podobná vidlicové montáži azimutální. Základní rozdíl je zejména ve skloněné svislé

### Dr. Ing. Zdeněk Řehoř, PhD. (\*1970)

vyučuje na Univerzitě obrany (UO), Fakultě vojenských technologií v odborné skupině Přístrojová a automatizační technika, kde se zabývá zejména optickými a optoelektronickými systémy.

E-mail: zdenekr@atlas.cz

ose. Podobnost obou typů montáží velmi často vede výrobce astronomických přístrojů k tomu, že kombinují obě řešení do jediného. Azimutální montáž je doplněna mechanismem pro nastavení sklonu svislé osy – tzv. paralaktickým klínem. Ten může být jak součástí samotné montáže, tak (a to mnohem častěji) je volitelným příslušenstvím. Toto řešení je obzvláště vhodné pro Cassegrainův nebo Gregoryho dalekohled, popř. z nich odvozené katadioptrické systémy.

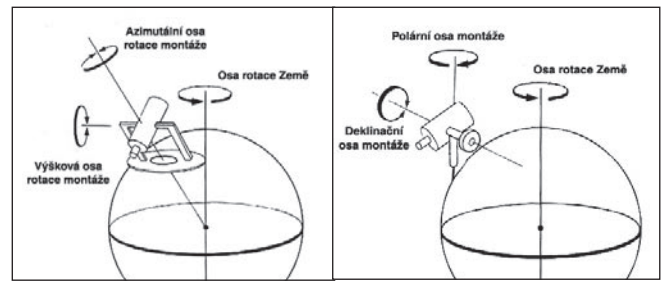
**Německá paralaktická montáž** patří mezi nejoblíbenější paralaktické montáže současnosti. U tohoto typu montáže je na kříži umístěn přístroj na jedné straně a na druhé je systém vyvážen závažím. Výhodou tohoto řešení je, že těžiště soustavy se nachází uprostřed v základně, což výrazně zvyšuje stabilitu. Nevýhodou je pak nutnost zpravidla neúžitečné zátěže a nezbytnost vyvažování systému. Druhá a často podstatnější nevýhoda této montáže je v tom, že bez dalších úprav jí nelze sledovat objekty nepřetržitě od jejich východu až po jejich západ, v okolí poledníku je nutné montáž tzv. přeložit. To znamená, že montáž je nutné otočit o 180° kolem polární i deklinační osy. Tato vlastnost velmi sťažuje některé typy astronomických pozorování. Svě oblibě ale vděčí tento typ montáže zejména díky tomu, že ji lze poměrně snadno rozložit na několik menších částí, což výrazně usnadňuje její transport.

Mimo těchto dvou základních typů paralaktických montáží existuje celá řada jejich odvozenin a větších či menších úprav, ale i zcela originální konstrukce. Většina z nich je však zpravidla poměrně úzce zaměřena na určitý typ přístroje, popř. umístění montáže.

V souvislosti s paralaktickou montáží se můžete setkat s několika pojmy, které je dobré

si objasnit. Již z principu uvedeného výše je jasné, že polární osa musí mít v prostoru poměrně přesně definovanou polohu. Proces nastavení polární osy tak, aby byla rovnoběžná s osou Země, se nazývá *ustavení montáže*.

Pro ustavení montáže je montáž vybavena pomocným nezávislým stavěcím mechanismem v azimutu i výšce. Ten je zpravidla tvořen dvojicí šroubů, které hýbou vrchní částí montáže. Po nastavení požadované polohy nezapomeňte protišroub s citem dotáhnout. Pro první hrubou orientaci stačí zorientovat montáž pomocí kompasu (pozor na správně nastavenou magnetickou deklinaci daného místa) do zeměpisného severu a na výškové stupnici nastavit zeměpisnou šířku místa pozorovatele. Pro vizuální pozorování pak zpravidla zcela postačuje přibližná orientace na Polárku. Velmi dobrým pomocníkem pro přesnější ustavení je tzv. polární hledáček. Jde o malý pomocný dalekohled umístěný velmi často v duté polární ose (u německých montáží). V okuláru je umístěna ohnisková destička s křížem vyznačujícím polohu pólu Polárky pro aktuální datum a lokální čas nastavený na montáži. Ustavení pomocí polárního hledáčku je poměrně přesné a zcela postačuje pro vizuální pozorování i kratší fotografické experimenty. V případě dlouhých expozic může být nutné ustavení ještě zpřesnit. K tomu je vypracována celá řada metod, mezi něž patří např. poměrně oblíbená *driftová metoda*. Ta je u některých typů montáží bez polárního hledáčku (např. vidlicové) jednou z nejnějnějších metod, jak zpřesnit ustavení montáže. Její podstata je velmi snadná. Mimo vlastní dalekohled potřebujete jen okulár se záměrným křížem (tzv. *pointační okulár*). Po vyrovnaní stavu do vodorovné polohy a přibližné orientaci montáže zvolte nějakou jasnou hvězdu, která je v okolí poledníku (myslená linie, v níž vrcholí hvězdy) poblíž nebeského rovníku. Vycentrujte hvězdu v zorném poli a sledujte její drift (pohyb v zorném poli). Jestliže hvězda utíká k jihu, je polární osa příliš východně a naopak: uchyluje-li se na sever, míří polární osa příliš západně. Posuňte polohu polární osy správným směrem, vycentrujte hvězdu a celé pozorování opakujte, dokud nezůstane hvězda ve směru sever-jih na místě (při zapnutém hodinovém stroji). Pokud hodinový



Schématy azimutální (vlevo) a paralaktické montáže (vpravo)

stroj nemáte, musíte korekci provádět jemným pohybem kolem polární osy sami. Nyní vyberte hvězdu nad východním obzorem (nejlépe tak kolem 20° nad obzorem) poblíž nebeského rovníku. Vycentrujte ji a opakujte pozorování jako v předchozím případě. Utíká-li hvězda k jihu, je polární osa příliš nízká. Uchyluje-li se hvězda k severu, je polární osa naopak příliš vysoko (je třeba ji sklonit). V případě, že použijete hvězdu nad západním obzorem, jsou potřebné opravy opačné.

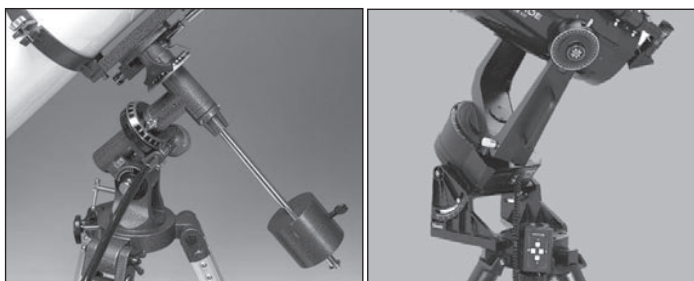
### Automatizovaná montáž

Nalezení objektu na obloze vyžaduje určitou dávku zkušeností. Více či méně sofistikovaných metod pro nastavení dalekohledu do požadovaného směru je celá řada. Prakticky vše ale mají společné, že problém nalezení objektu roste s jeho klesající intenzitou. Snaha o zjednodušení jeho nalezení vedla až k úplné či dílčí automatizaci celého procesu.

Nejjednodušším prvkem „automatizace“ jsou vlastní mechanické stupnice na montáži. Přímé nastavování požadovaných souřadnic objektu však zpravidla není dostatečně přesné. Existují sice postupy na zpřesnění jejich využití, klade to však další požadavky na pozorovatele. Za prvek skutečné dílčí automatizace lze považovat mezi amatéry velmi oblíbené tzv. **digitální kruhy** (DSC – *digital setting circles*). V tomto případě jsou mechanické stupnice nahrazeny snímači, které snímají otáčení dalekohledu kolem os montáže. Signál ze snímačů je následně přepočítán na reálné souřadnice dalekohledu. Při známých souřadnicích hledaného objektu pak lze poměrně snadno koordinovat vlastní pohyby montáže správným směrem. V případě digitálních kruhů je tento pohyb zpravidla ruční. Výhodou tohoto doplňku montáže pak je, že jej lze velmi snadno aplikovat prakticky na jakýkoliv typ montáže, a to i dodatečně.

Mnohem pokročilejší jsou systémy s motorizovaným vystavením požadovaného objektu – tzv. **GoTo**. Tyto systémy jsou zpravidla doplněny rozsáhlými databázemi různých typů





Paralaktické montáže – vlevo německá, vpravo vidlicová

objektů, jejich součástí je též celá řada doplňkových funkcí pro usnadnění práce s přístrojem (např. GPS, ...).

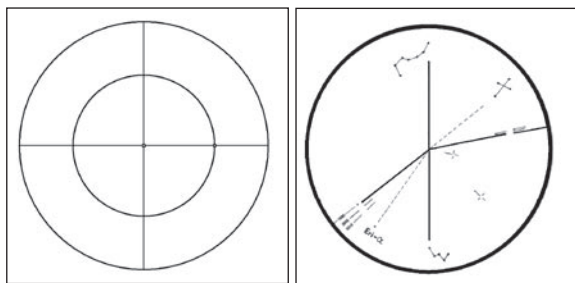
Stejně jako téma reflektor či refraktor, je i téma montáže na astronomických fórech na celé Zemi často předmětem horlivých debat. Nutno ovšem říci, že podobně jako v diskuzích nad ideálním dalekohledem, ani v tomto případě jednoznačná odpověď prostě neexistuje. Pro začínající pozorovatele je bezesporu vhodná azimutální montáž doplněná vhodným dalekohledem. Naopak pro zájemce o astrofotografii deepsky objektů je paralaktická montáž nezbytností. Stejně tak se poměrně těžko hledá odpověď na otázku, zda automatizované GoTo systémy ano či ne. Začínající astronom-amatér by si měl určitě nejprve osvojit základní orientaci na obloze. Z tohoto pohledu je určitě výhodnější věnovat prostředky na nákup kvalitního přístroje (montáže). Naopak při pozorování slabých deepsky objektů může jejich nalezení trvat i poměrně dlouhou dobu. Pokud není vlastní hledání těchto objektů pro vás i určitým druhem sportu, je GoTo systém tím ideálním řešením.

### Další doplňkové příslušenství

V průběhu našeho seriálu jsme se již seznámili s celou řadou konstrukcí používaných v astronomii – čočkové i zrcadlové dalekohledy, různé konstrukce okulárů i základní astronomické filtry. Mimo nich se samozřejmě využívá celá řada dalších užitečných konstrukcí. Jedním z nich jsou **binokulární nástavce**. Výhody pozorování oběma očima jsou zřejmé. To, co běžně ve dne považujeme za samozřejmost – pohodlí a přirozenost tohoto způsobu pozorování, to v noci při pozorování „obyčejným“ přístrojem s jedním objektivem velmi často neplatí. Ne vždy je však možné realizovat přístroj se dvěma nezávislými optickými větvemi tak, jako jsou např. řešeny obyčejné triedry. Proto je v tomto případě

velmi příjemné využít doplněk, který pozorování oběma očima umožní – binokulární nástavec. Uvnitř každého nástavce je důmyslná optická soustava, zpravidla hranolů, které rozdělí při-

cházející optický svazek z objektivu na dva. Tato optická soustava způsobuje určitý úbytek světla. Podle kvality binokulárního nástavce se pohybuje i kolem deseti procent. U kvalitního nástavce ale dosahuje světelná ztráta jen pouhých jednotek procent. Ztrátu světla ale většinou vykompenzuje intenzivnější zrakový vjem při pozorování oběma očima. Binokulární nástavce jsou výborným pomocníkem zejména při pozorování objektů naší sluneční soustavy. Určitou nevýhodou použití binokulárního nástavce je zpravidla omezenější zorné pole a nutnost počítat při nákupu s vyššími výdaji za okuláry (je nutno nakupovat dvojmo). Zařazením binokulárního nástavce do optické soustavy dojde k prodloužení optické dráhy paprsku. To by u některých konstrukcí (zejména u Newtonových dalekohledů, ale i refraktorů) znemožnilo korektní zaostření přístroje. V tomto případě je proto nutné tuto vzdálenost kompenzovat „protážením“ ohniskové vzdálenosti. Kompenzátor (v podstatě jde o slabou Barlowovu čočku kombinovanou se slabým korektorem zbytkové barevné vady vyvolané následujícími hranoly) se skládá mezi binokulární nástavec a vlastní dalekohled. Prodloužení ohniskové vzdálenosti je samozřejmě nutné přizpůsobit volbu ohniskové vzdálenosti okulárů. Kompenzátor optické dráhy není zpravidla nutný u některých katadioptrických konstrukcí Schmidt-Cassegrain a Maksutov-Cassegrain, kde lze binokulární nástavec použít přímo. Vždy je však lépe předem si ověřit rozsah ostření daného konkrétního dalekohledu.



Příklady ohniskových destiček polárního hledáčku – vlevo od firmy SkyWatcher, vpravo od firmy Losmandy

Dalším zajímavým doplňkem je **reduktor ohniskové vzdálenosti a rovnač pole**. Velmi často se oba prvky spojují do jediného výrobku. Funkčně jde o speciálně navrženou spojnu soustavu, která se podobně jako v předchozím případě umísťuje na výstup dalekohledu před navazující prvky. Cílem reduktoru ohniskové vzdálenosti je zkrátit výslednou ohniskovou vzdálenost systému. Plní tedy opačnou funkci než již zmiňovaná Barlowova čočka. Toho lze s výhodou využít u systému s větší ohniskovou vzdáleností při potřebě zvětšit velikost výsledného zorného pole. Při zvětšení zorného pole dojde k zvýraznění zbytkových aberací, mj. tzv. sklenutí (zakřivení obrazové roviny). Rovnač pole pak má primárně za úkol toto zvětšené zorné pole opravit tak, aby ve výsledné obrazové rovině byl pozorován obraz dostatečně kvalitní. Reduktor/rovnač pole je určen primárně pro CCD a astrofotografii, lze jej však zpravidla využít i při vizuálním pozorování. Díky němu lze u některých konstrukcí (např. Schmidt-Cassegrain) realizovat pozorování pro ně jinak jen stěží myslitelná.

### Používání dalekohledu

Používání dalekohledu není žádná velká věda. Optický přístroj je nicméně poměrně jemné mechanické zařízení, vyplatí se proto dodržovat pár základních zásad.

Velmi často je vlastní dalekohled uložen doma a na místo pozorování je jej nutné dopravit. Zejména v zimě je tak vystaven velkému rozdílu teplot. Sklo je materiál s poměrně malou tepelnou vodivostí, vyrovnání teplot okolí a přístroje tak může trvat docela dlouho. Po dobu vyrovnávání teplot může být obraz vytvářený dalekohledem nekvalitní, v některých případech až nepoužitelný. Po umístění dalekohledu na pozorovací stanoviště je nutné počítat s určitou dobou na temperování. Jejich délka je závislá na velikosti rozdílu teplot, ale i konkrétním dalekohledu. Nejméně citlivé jsou na vlastní temperaci refraktory. Velmi dobře temperují otevřené konstrukce – např. Newtonův dalekohled. Zde závisí i na materiálu, z jakého je vyrobeno zrcadlo. Mimo běžného optického skla (např. BK7) se používají i materiály s malou teplotní roztažností (SUPRAX, PYREX, apod.). Zrcadla s těmito materiály temperují velmi rychle a doba temperace je oproti běžnému optickému sklu i poloviční až čtvrtinová. Nejdelší dobu na tepelné vyrovnání potřebují katadioptrické systémy, zejména pak Maksutov-Cassegrain. Zatímco doba temperace malého refraktoru či otevře-

ného Newtona s hlavním zrcadlem z Pyrexu je řádově desítky minut, doba temperace větších průměrů Maksutova dalekohledu je při velkém rozdílu teplot i jedna až dvě hodiny, u velkých průměrů i více. V případě rychlejšího poklesu teplot je možné občas pozorovat zhoršení kvality obrazu. To je poměrně přirozený důsledek vlastností dalekohledu, nejedná se tedy o jeho závadu. Zpravidla stačí určitou dobu počkat na nové tepelné vyrovnání přístroje. Tímto neduhem trpí hlavně katadioptrické systémy – jmenovitě již zmíněný Maksutov-Cassegrain.

Ani kvalitní dalekohled spolu s dokonalým teplotním vyrovnáním nemusí nutně znamenat kvalitní obraz při pozorování. Viníkem není přístroj ani naše uživatelská chyba, ale atmosféra Země. Vzduchové vrstvy mezi námi a pozorovaným objektem nejsou prakticky nikdy zcela homogenní ani v klidu. To má za následek chvění obrazu a jeho rozbití na fragmenty. Při velkých zvětšeních pak můžete pozorovat obraz, který je málo kontrastní, neustále se vlní a deformuje. Použití zvětšení pak musíte přizpůsobit (zmenšit) úměrně aktuální situaci. Stav atmosféry je zpravidla hodnocen pomocí různých stupnic. V tabulce níže je doporučená desetistupňová stupnice seeingu i s charakteristikami výsledného obrazu.

Při přepravě dalekohledu je jej nutno chránit před nadměrnými otřesy. Některé konstrukce (např. refraktory) jsou vůči němu poměrně odolné, jiné (např. Newtonův dalekohled) jej snázejí hůře. Zpravidla sice nehrozí přímé fyzické poškození, po přepravě je ale občas nutné takovýto dalekohled zkolimovat.

### Kolimace dalekohledu

Kolem kolimace dalekohledu je celá řada mýtů a pověr. Přitom její podstata i vlastní provedení je poměrně snadné. Cílem kolimace dalekohledu není nic jiného než dosažení takové vzájemné polohy optických ploch, aby výsledné zobrazení bylo co nejvyšší.

V podstatě jde o snahu dosáhnout souhlasu optických os jednotlivých optických členů soustavy. K tomu je soustava (typicky uložení zrcadel) vybavena stavěcími šrouby (zpravidla jsou využity v kombinaci dva typy – tlačný/oporný a tažný/stavěcí). Při běžném užívání refraktory prakticky není nutné kolimovat. Katadioptrické systémy vyžadují kolimaci jen příležitostně. Asi nejcitlivější na rozjustování (např. během přepravy) jsou otevřené konstrukce s uchyceným sekundárním zrcadlem pomocí tří nebo čtyřramenného kříže (tzv. pavouka). Typickým zástupcem této konstrukce je Newtonův dalekohled. Obecně lze říci, že tyto dalekohledy jsou zpravidla tím citlivější na přesnou kolimaci, čím mají větší světelnost.

Test, zda je přístroj správně seřízen, je velmi snadný. Stačí zamířit dalekohled na jasnou hvězdu a trochu rozostřit. Mimo rozostřeného obrazu hvězdy budeme u systému se sekundárním zrcátkem pozorovat uprostřed jeho tmavý stín a ve vlastním obrazu hvězdy tmavé kroužky. Pokud je kolimace správná, musí být celý obrazec symetrický kolem středu – stín sekundárního zrcadla je umístěn uprostřed a kolem něj tmavé kroužky. Při použití většího zvětšení (asi dvojnásobku průměru objektivu) lze za velmi dobrých podmínek pozorovat difrakční obrazec přímo bez rozostření. V tom případě při správné kolimaci uvidíme upro-

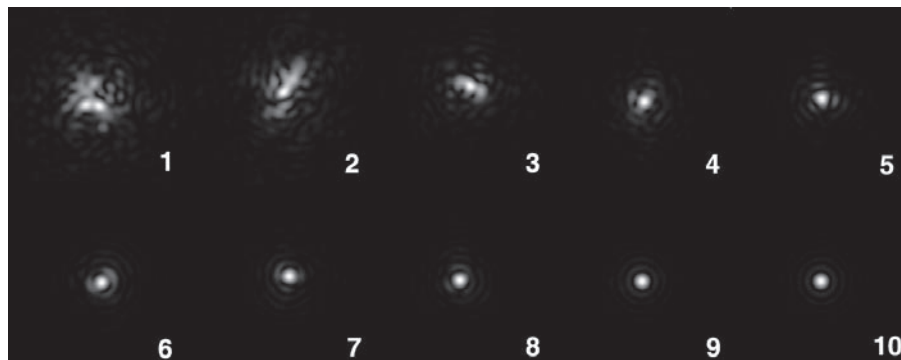
střed jasný Airyho disk obklopený difrakčními kroužky. I tyto kroužky musí být symetrické kolem středu. Při posuzování kolimace by měl být obraz hvězdy co nejvíce ve středu zorného pole. Rovněž tak by měl být dalekohled teplotně vyrovnán.

Na nejrůznější konkrétní postupy kolimace jednotlivých typů dalekohledů, jejich výhody i nevýhody, se během postupného publikování tohoto seriálu sešlo snad nejvíce dotazů. Proto jim bude věnován samostatný článek v některém budoucím vydání.

### Čištění optiky

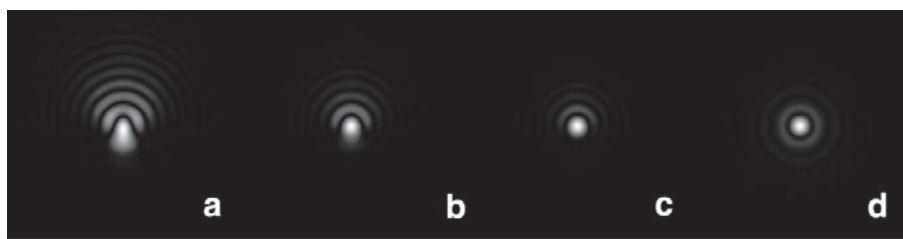
Při používání optiky si uživatel postupně povšimne nárůstu nejrůznějších nečistot na jednotlivých optických plochách. Zpravidla jde o miniaturní zrnka prachu, ale i pylů. Na očích čočkách okulárů jsou velmi častým jevem mastné skvrnky od řas víčka. Již tady je nutné zdůraznit, že většina těchto nečistot má na kvalitu pozorovaného obrazu vliv naprosto minimální, asi nejpodstatnějším vlivem je rozptýlení světla. Rozptýlené světlo je ale v drtivé většině odraženo zpět (ven od dalekohledu), popř. je pohlceno v tubusu. Tomu odpovídá i základní rada ohledně čištění. Pokud není optika opravdu silně znečištěná, je nejlepší péče o ni ji nečistit.

Není-li zbylí a optiku je nutné vyčistit, je nutné postupovat s nevyšší opatrností. Každé



Pickeringova stupnice seeingu

1	Obraz hvězdy je silně proměnný se stěží určitelným středem, její průměr větší než 14"
2	Difrakční obrazec není pozorovatelný, obraz hvězdy se mění a dosahuje průměru 13-14"
3	Difrakční obrazec je prakticky nerozeznatelný, obraz hvězdy je je jasnější ve středu, jeho průměr dosahuje průměru 6-7"
4	Airyho disk je viditelný jen občas, krátké fragmenty difrakčního kroužku jsou viditelné jen na krátké okamžiky
5	Airyho disk je ještě rozeznatelný, viditelné jsou proměnné fragmenty difrakčního kroužku
6	Airyho disk je viditelný, difrakční kroužek je ještě rozeznatelný, je rozbit na krátké obloučky
7	Airyho disk je po většinu času ostře ohraničen, difrakční disk tvoří dlouhý oblouk nebo je celý, je neustále v pohybu
8	Airyho disk je ostře ohraničen, disk je viditelný neroztříštěný, po většinu času je v pohybu
9	Airyho disk i vnitřní kroužek jsou stabilní, vnější stabilní po většinu času
10	Celý difrakční obraz hvězdy je stabilní



Obraz hvězdy v postupně kolimovaném dalekohledu a)–c) špatně a d) správně zkolimovaný přístroj

sebepečlivější čištění je obvykle spjato s mikroskopickým poškozením optické plochy. Proto je vhodné, pokud to je jen trochu možné, dát přednost bezkontaktním metodám čištění proudem vzduchu. Pro odstranění zrněk prachu je např. výhodné použít balónek na čištění optiky nebo ještě lépe stlačený vzduch (popř. dusík). Speciální jemný štěteček na čištění optiky je doporučeno používat jen pokud není zbytlí. Správné tahy štětečkem pak jsou krátké, lehké bez vynaložení síly a ve směru k okraji optické plochy (v tomto případě raději pouze čočky).

Pro čištění refrakčních členů (zejména tedy čočkových objektivů a okulárů) lze v současnosti koupit i poměrně zajímavý a velmi účinný čisticí přípravek – tzv. *LensPen*. Je vyráběn v různých velikostech podle primárně předpokládaných čistěných ploch. Z jedné strany obsahuje tento nástroj jemný štětec na případné odstranění hrubých nečistot. Z druhé se pak pod krytkou skrývá malý zážrak – čisticí poduška pro odstranění nečistot z optického povrchu. Vlastní poduška je napuštěna čisticí směsí, která se u různých výrobců může trochu lišit. Zpravidla jde o oxidy hořčíku a uhlík ve speciální krystalické konfiguraci (jde o jakési miniaturní vločky). Jako celek pak *LensPen* umožňuje účinné odstraňování nečistot a to i mastných (např. nechtěného otisku prstu). Přitom rozhodně nemusíte mít obavy o případné antireflexní vrstvy, jejich poškození tímto přípravkem je nepravděpodobné. Pro čištění zrcadel ale *LensPen* bohužel určen není.

### Mokré čištění

Mokré čištění by mělo být až tím posledním řešením, jak optiku vyčistit. Některé nečistoty jsou poměrně úporné a nelze je odstranit jinak než důkladným očištěním pomocí čisticí lázně. Pro čištění optiky se používá celá řada roztoků. Jejich složení je velmi často tajemstvím jejich autorů. Některé jsou poměrně úzce zaměřeny na některé nečistoty, jiné zase na určité druhy optických prvků. Mezi ty nejznámější (a pravděpodobně i nejstarší, popř. dříve nejoblíbenější) roztoky na čištění nejen čoček patří tzv.

*Hoffmanské kapky*. Jde o směs lihu a éteru v poměru 3:1 až 4:1. Obě vstupní složky musí být čisté, proto je asi nejlépe nechat si ji namíchat v lékárnách. Hoffmanské kapky jsou ideální čisticí prostředek na odstranění mastných nečistot (např. otisků prstů) z povrchu čoček. Jsou vhodné i k čištění ploch s antireflexními vrstvami. K čištění čoček lze rovněž s výhodou použít místo Hoffmanských kapek i izopropyl. Velkou výhodou je, že jej lze koupit i ve spreji, což usnadňuje jeho aplikaci. Postup **čištění refrakčních optických prvků** (čoček, hranolů, korekčních desek) pak lze shrnout do následujících bodů:

1. Očistit hrubé nečistoty z optických ploch (nejlépe stlačeným  $N_2$  nebo vzduchem). Přitom nevyvíjejte jednotlivé členy z objímky. To platí pro celý proces čištění. Je lépe se smířit se zrnkem prachu uvnitř soustavy, než riskovat špatné složení nebo jejich poškození.

2. Nanést bavlněným smotkem čisticí kapalinu na plochu; zde lze samozřejmě s výhodou využít izopropyl umístěný ve spreji.

3. Čistým smotkem velmi lehce setřít čisticí kapalinu od středu k okraji.

4. Celý postup opakovat až do úplného vyčištění. Při každém setření používejte nový smotek.

5. Na konci čištění se přesvědčte, že na povrchu nezůstala žádná znečištěná čisticí kapalina. Byla by zdrojem nepěkných map.

K čištění lze použít smotek z jemné chirurgické bavlny, popř. na tenké pásky rozstříhanou optickou utěrku. Jako nouzové řešení lze využít např. i vatové tyčinky na čištění uší. V tomto případě doporučuji ale postupovat obzvláště opatrně. Na čisticí smotek v žádném případě nevyvíjejte nadměrný tlak. Při pohybu po optické ploše je ideální, když po povrchu klouže jen svoji vahou. Pokud chcete riziko případného poškození ploch minimalizovat, je dobré dodržet i jednoduchou zásadu: nikdy nepoužívejte kruhové pohyby, ale krátké tahy od středu k okraji. Pro každý nový tah by měl být použit nový smotek.

Čištění zrcadel má s čištěním čoček řadu společných zásad. Právě u zrcadel je ale nutně

postupovat nanejvýš opatrně, aby nedošlo k jejich poškrábání. Na rozdíl od čištění čoček je výhodné ponořit zrcadlo do čisticí lázně a nechat jej v ní před vlastním čištěním důkladně odmočit. Vlastní čisticí lázeň je v tomto případě tvořena destilovanou vodou (nejlépe opět z lékárný). „Destilovaná“ voda z běžné drogerie není pro tyto účely vhodná. V případě potřeby lze pro první fázi čištění přidat pár kapek detergentu pro zvýšení odmašťovací schopnosti roztoku. Určitě se ale vyvarujte čisticích prostředkům na mytí nádobí se samolešticími přísadami. Vlastní **čištění zrcadel** pak má podobný průběh jako v předešlém případě:

1. Vyjmout zrcadlo z objímky a očistit hrubé nečistoty (nejlépe stlačeným  $N_2$  nebo  $CO_2$ ).

2. Opláchnout plochu proudem vody.

3. Ponořit celou plochu do čisticí lázně. Po odmočení lze zpravidla velkou část nečistot snadno opláchnout proudem vody.

4. V případě potřeby očistit jemným pohybem bavlněného smotku po optické ploše ponořené v čisticí lázni. Smotkem pohybuje opět pouze vlastní vahou. Nikdy jím neotírejte optickou plochu nasucho mimo čisticí lázeň, riskovali byste její poškrábání.

5. Opakovat předešlé body až do úplného vyčištění. Pro každé následné čištění použijte nový čistý smotek.

6. Opláchnout plochu proudem čisté destilované vody.

7. Nechat zrcadlo oschnout nejlépe ve vertikální poloze. V případě, že jste použili skutečně destilovanou vodu, je zbytečné plochu otírat. Kapičky vody samy oschnou, aniž by zanechaly jakoukoliv stopu.

Vlastní proces čištění je při pečlivé a jemné práci sám o sobě poměrně snadný. Pokud si ale poprvé na čištění optických ploch a zejména zrcadel netroufáte, je lépe požádat o pomoc zkušenějšího kolegu.

### Závěrem

Každý začátek je těžký. O to více to platí i u tak technickou „nabitým“ koníčkem, jako je astronomie. Cílem celého tohoto seriálu bylo proto seznámit začínající astronomy se základními principy a konstrukcemi využívanými u astronomických dalekohledů a usnadnit tak vstup do astronomické techniky. S ohledem na omezený rozsah seriálu nebylo možné podrobně zodpovědět veškeré dotazy, které se postupně objevily. To ostatně ani nebylo cílem. Na ty nejčastější dotazy a problémy začátečníků se zaměříme v některém příštím, tentokrát již samostatném článku. ■