

# Závěrečný workshop

projektu KOSOAP

Kooperující síť v oblasti astronomických odborně-pozorovatelských programů



## SBORNÍK Z WORKSHOPU

Horní Bečva 17. – 18. února 2012

# ODBORNÉ POZOROVATELSKÉ PROGRAMY V PŘESHRANIČNÍ SPOLUPRÁCI A JEJICH DALŠÍ ROZVOJ



Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Bílé Karpaty



PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁČE  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



Vzdělávací soustředění studentů  
v rámci projektu KOSOAP  
Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů



**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
Hvězdiárna Valašské Meziříčí 16. – 18. září 2011  
**MOŽNOSTI POZOROVÁNÍ TĚLES  
MEZIPLANETÁRNÍ HMOTY  
POZOROVÁNÍ METEORŮ**  
Vladimír Zoujál (1993), Ivo Mláček 2005, Jiří Šerba 2011



Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Blá Karpaty



Vzdělávací soustředění studentů  
v rámci projektu KOSOAP  
Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů




**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
Hvězdiárna Valašské Meziříčí 4. – 6. listopadu 2011  
**PROMĚNNÉ HVĚZDY  
A MOŽNOSTI JEJICH POZOROVÁNÍ  
A VÝZKUMU**  
Ladislav Bráň, Ladislav Šmelcer, Jaroslav Trnka



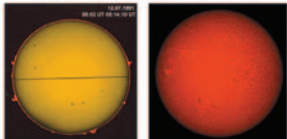
Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Blá Karpaty




Vzdělávací soustředění studentů  
v rámci projektu KOSOAP  
Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů



**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
Hvězdiárna Valašské Meziříčí 11. – 13. listopadu 2011  
**SLUNCE, PRŮJEVY SLUNEČNÍ  
AKTIVITY A VYUŽITÍ SPEKTROSKOPIE  
V ASTRONOMICKÉM VÝZKUMU**  
Eva Marková, Pavl Rapová, Jan Zahajský, Libor Louza



Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Blá Karpaty



Vzdělávací soustředění studentů  
v rámci projektu KOSOAP  
Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů



**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
Hvězdiárna Valašské Meziříčí 11. – 13. listopadu 2011  
**ZÁKLADY SPEKTROSKOPIE**  
Libor Louza, Jiří Šerba



Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Blá Karpaty



Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů



**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
**Astronomická fotografie**  
Petr Doležalík



TENTO MIKROPROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNIÍ, Z PROSTŘEDKŮ FONDU MIKROPROJEKTŮ SPRÁVOVANÉHO REGIONEM BLÁ KARPATY



Kooperační síť v oblasti astronomických odborně-pedagogických programů



**METODICKÝ A VZDĚLÁVACÍ MATERIÁL**  
**Poziční merania - zákryty  
a zatmenia nebeských telies**  
Jaroslav Gerbel



TENTO MIKROPROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNIÍ, Z PROSTŘEDKŮ FONDU MIKROPROJEKTŮ SPRÁVOVANÉHO REGIONEM BLÁ KARPATY



*V rámci realizace projektu KOSOAP vznikl soubor vzdělávacích a metodických materiálů pro podporu přeshraniční spolupráce v oblasti odborných astronomických pozorování. V elektronické podobě jsou ke stažení na webových stránkách projektu KOSOAP obou partnerů.*

# Meteoroidy, meteory a meteority

Juraj Tóth, Fakulta matematiky a fyziky Univerzity Komenského v Bratislave

Aristoteles vo svojom diele *Meteorológia* (350 pred Kr.) opisuje „padajúce hviezdy“ – meteory, ale rozlišuje ich od skutočných hviezd. Jav meteoru vysvetľuje ako telesá, ktoré sú zmesou elementov vzduchu a ohňa a nachádzajú sa nad oblakmi, pohybujú sa veľkou rýchlosťou a trením so vzduchom sa zohrievajú. Tieto predstavy môžeme považovať za prvé pokusy o fyzikálne vysvetlenie javu, ktorému dnes hovoríme meteor. Zmienky o pozorovaní meteorov sú zaznamenané v čínskych (napríklad meteorický roj Lyríd), arabských a európskych kronikách.

V súčasnosti pod pojmom **meteoroid** rozumieme častice (telesá) s rozmermi od mikrometrov až po niekoľko metrov; majú vlastné dráhy, po ktorých samostatne obiehajú okolo Slnka. Pri stretnutí so Zemou sa vplyvom trenia so vzduchom zohrievajú a žiaria. Tomuto svetelnému javu hovoríme **meteor**. Ak takéto teleso preletí zemskú atmosféru a dopadne na Zem, nazývame ho **meteorit**. Roku 1813 Parížska akadémia vied vyhlásila, že meteority padajú z oblohy, teda majú mimozemský pôvod.

Za **zrod meteorickej astronómie** sa považuje až r. 1833, keď sa v Severnej Amerike pozoroval **dážď meteorov** z roja Leoníd. Frekvencie sa odhadovali na 15 000 – 60 000 meteorov za hodinu. Olmsted si všimol, že meteory vyletujú akoby z jedného miesta (radiantu) – zdanlivého bodu na oblohe, ktorý sa pohybuje spolu s oblohou. **Radiant** sa premieta do niektorého zo súhvezdí, a preto **meteorický roj** dostáva pomenovanie podľa neho (súhvezdie Leva – Leonidy, Lýry – Lyridy, Perzea – Perzeydy, ľudovo nazývané slzy svätého Vavrinca atď.). Prečo meteory vyletujú z jedného miesta? Častice s rozmermi od zlomku milimetra až po desiatky centimetrov, ktoré predtým unikli z **materského telesa** – kométy a vnikli do atmosféry Zeme, sa pohybujú rovnakou rýchlosťou po paralelných dráhach, čo v perspektíve vidíme ako bod (podobne ako vidíme rovnobežné koľajnice na horizonte spojené v jednom bode).

Iné typy meteorov sú **sporadické**, lebo nemajú spoločný radiant a prichádzajú z rôznych smerov. Meteorické roje sú pozorovateľné iba v určitom období roka počas niekoľkých dní až týždňov (napríklad Perzeydy môžeme pozorovať každý rok okolo 12. augusta), kým sporadické môžeme pozorovať každú noc v roku. Častice rôznych meteorických rojov majú rôznu **periódu obehu**, napríklad roj Leoníd má periódu 33,25 roka. Neskôr sa na základe výpočtov a pozorovaní zistila súvislosť medzi obehom materských komét a meteorických rojov; napríklad kométa Tempel-Tuttle bola potvrdená ako materské teleso roja Leoníd. Návrat tohto roja r.1899 sa vyznačoval veľmi slabou aktivitou a predpokladalo sa, že v dôsledku poruchových vplyvov veľkých planét bude stále slabšia. Kométa Temple-Tuttle

sa pozorovala aj r. 1965 a dážď Leoníd 17. novembra 1966 dosiahol zatiaľ neprekonanú frekvenciu 144 000 meteorov za hodinu (40 meteorov za sekundu). Ďalší návrat materskej kométy nastal r. 1998, pričom sa ukázala aj výrazná aktivita roja Leoníd predpovedaná na 17. novembra 1998.

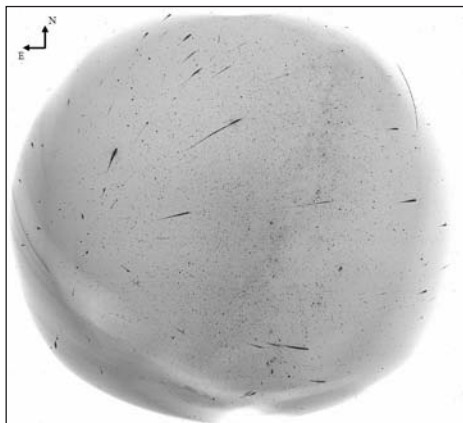
Predpoveď výraznej meteorickej aktivity Leoníd podľa viacerých autorov pripadla na čas 17. novembra 1998 okolo 20:00 UT, čo zvýhodňovalo pozorovateľov vo východnej Ázii. Preto sa mnoho odborníkov presunulo do východnej Ázie spolu s prvou **leteckou medzinárodnou expedíciou Leonid MAC** (Multi-instrument Aircraft Campaign), kde na palube dvoch špeciálnych lietadiel NASA bola celá plejáda vedeckých prístrojov. My na našom univerzitnom pracovisku v Modre sme nemali tú možnosť odísť na expedíciu do Ázie, tak sme zostali štandardne pracovať doma. Tradične nepriaznivé poveternostné podmienky v novembri nedávali veľkú šancu pozorovateľom v strednej Európe. Navyše predpovedaná aktivita Leoníd, zväčša trvajúca iba niekoľko málo hodín, mala byť pre pozorovateľov na Slovensku nepozorovateľná. Ale niektorí mladí pozorovatelia monitorovali aktivitu Leoníd aj noc pred 17./18. novembrom (napr. Paulech a Tóth).

V noci zo 16./17. novembra 1998 bolo skoro celú noc nad **Astronomicko-geofyzikálnym observatóriom FMFI UK v Modre** (AGO) jasno, iba nadránom oblohu pokryla oblačnosť. Po východe radiantu nad obzor (po 22:30 SEČ) Tomáš Paulech začal vizuálne pozorovanie a upozornil i Juraja Tótha na začínajúcu aktivitu v podobe niekoľkých jasných Leoníd s takmer paralelnými dráhami k obzoru (radiant bol len  $\sim 5^\circ$  nad obzorom). V tom čase sa už na AGO uskutočňovalo celooblohové fotografické pozorovanie 2 kamerami typu Zeiss/Distagon podľa pravidelného pozorovacieho programu. Negatív v pointovanej komore (sledujúcej chod hviezd krokovým motorom) sa vymieňal každé štyri hodiny, zatiaľ čo v nepointovanej komore (statická kamera) bol jeden negatív celú noc, viac ako 11 hodín.

Celkove sa za celú noc exponovali 3 pointované a 1 nepointovaná platňa. Na posledných 2 pointovaných snímkach je 168 Leoníd. Z toho na poslednej pointovanej snímke v čase od 23:33:00 UT do 03:37:10 UT je 156 Leoníd. Zvyšujúci sa počet Leoníd súvisel so zmenou výšky radiantu nad obzorom a miernym rastom aktivity s maximom okolo 1:40 UT. Zároveň s fotografickými pozorovaniami sa vykonávali pozorovania dopredným meteorickým radarom na základni Bologna - Modra a pokračovali vizuálne pozorovania, z ktorých bola odhadnutá ZHR  $\sim 400$  (Paulech a Tóth, Kozmos 1999, Tóth a kol., 2000). Leonidy boli výnimočne jasné, s mnohými výbuchmi a stopami trvajúcimi v niektorých prípadoch niekoľko desiatok minút.

Leonidy v túto noc pozorovali i fotograficky a vizuálne z Partizánskeho (V. Mešter), fotograficky a vizuálne zo Slovenského Grobu (F. Erben) a niektorí ďalší vizuálne v oblasti západného Slovenska a východnej časti Moravy

(K. Hornoch). Ostatné územie v strednej Európe bolo pokryté oblačnosťou, a preto i naše celooblohové snímky patria k jediným z celej Európskej bolidnej siete, a sú teda jednostaničným pozorovaním celooblohových komôr. **Pointovaná celooblohová snímka** s 156 Leonidami patrí k najkrajším ilustratívnym fotografiám meteorického roja v celej histórii meteorickej astronómie a doslova obletela svet. Odhaduje sa, že fotografiu v novinách, časopisoch, knihách a na internete videlo viac ako 100 miliónov ľudí. Používa sa v učebniciach astronómie a na rôznych internetových stránkach na ilustráciu meteorického roja.



*Obr. 1 Pointovaná snímka dráh 168 Leoníd zo 16. na 17. novembra 1998 (J.Tóth, L. Kornoš, T. Paulech, AGO FMFI UK Modra)*

V roku 1998 išlo o výnimočnú aktivitu roja Leoníd. Maximum nastalo o 18 hodín skôr, ako sa očakávalo a malo i iný pôvod. D. Asher z observatória Armagh v Severnom Írsku ukázal, že išlo o meteoroidy, ktoré boli v dráhovej rezonancii 5/14 s Jupiterom a boli vyvrhnuté materskou kométou pri prechode perihéliom ešte v roku 1333. Pozorované a fotograficky verne dokumentované pozorovanie tohoto bolidného maxima Leoníd v roku 1998 podnietilo viacerých autorov detailnejšie skúmať dynamiku prúdu. To prinieslo spresnenie predpovedí výnimočných aktivít meteorických rojov až na 5 minút, ako to bolo potvrdené v prípade Leoníd v nasledujúcom roku 1999.

**Každý deň** vnikne do zemskej atmosféry približne 42 ton medziplanetárneho materiálu zväčša vo forme prachu, ale aj väčších telies, ktoré môžu dopadnúť na kontinenty a oceány. Makroskopických meteoritov dopadne denne na celú planétu asi 100. Väčšina z nich sa nikdy nenájde. Malá časť sa pozoruje fotograficky a pomocou videotechniky.

Mnohé meteority pochádzajú z asteroidov a delia sa na **tri základné skupiny**: kamenné (94 %), železokamenné (1 %) a železné (5 %). Z kamenných tvoria najpočetnejšiu skupinu **chondrity**. Vyznačujú sa tým, že obsahujú **chondrule**

(sférické guľovité útvary) s rozmermi od 0,1 do niekoľkých milimetrov roztavených a znovu skondenovaných minerálov. Pravdepodobne vznikali pri formovaní protoplanetárnej hmloviny. Ich materskými telesami môžu byť aj planetárne telesá, napríklad Mars alebo Mesiac. Z nich sa mohli uvoľniť len po impakte asteroidu alebo kométy.

Jeden z najaktuálnejších prípadov **zrážky telesa so Zemou** je prípad z 15. septembra 2007, keď meteoroid s rozmerom asi 1m dopadal rýchlosťou približne  $3 \text{ km s}^{-1}$  do hraničnej oblasti medzi Peru a Bolíviou. **Meteorit Carancas** vytvoril kráter s priemerom 13 m, ktorý zaplavila podzemná voda. V okolí sa našli zvyšky kamenného meteoritu, klasifikovaného ako obyčajný chondrit spolu s horninou zo vzniknutého impaktného krátera. Zvláštne na celom prípade je, že telesá s týmto priemerom sa skoro všetky zabrzdia v atmosfére a potom dopadajú vo forme meteoritov voľným pádom rýchlosťou podstatne nižšou ako  $250 \text{ m s}^{-1}$ . Práve rýchlosť je zodpovedná za vytvorenie impaktného krátera, pretože kinetická energia telesa je úmerná druhej mocnine rýchlosti.

Viaceré faktory podľa dr. Borovičku spôsobili, že toto malé teleso preniklo až na zemský povrch. Jeden z nich bola jeho súdržnosť, teleso sa nerozpadlo pri prelete atmosférou a pravdepodobne sa nepoškodilo predchádzajúcimi kolíziami. Veľkou rýchlosťou dopadlo do horskej oblasti 3 800 m n. m. Ak by dopadlo do oblasti na úrovni morskej hladiny, jeho rýchlosť by sa spomalila brzdením v atmosfére pod  $1000 \text{ m s}^{-1}$  – vytvorilo by len kráter vo forme priehlbiny na povrchu.



*Obr. 2 Meteorit Košice a členovia prvej expedície z Astronomického ústavu SAV a Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK, ktorá ho našla. Prvý a druhý fragment našli J. Tóth a D. Búzová.*

Prvé správy, ktoré hovorili o tomto prípade, sa spájali s ochoreniami ľudí, ktorí navštívili impaktný kráter. Ich ochorenia však nemožno spájať so samotným meteoritom, pretože pravdepodobne išlo o otravu plynmi nachádzajúcimi sa v podloží, ktoré sa po impakte odkrylo.

Ešte novším případom je **meteorit Košice**, ktorý sa podarilo nájsť na našom území po dlhých rokoch. Je to unikátny prípad, pretože tento meteorit má známu dráhu v Slnecnej sústave, ktorú vypočítal Jiří Borovička z Ondřejova a patrí len k 15 podobným prípadom na svete a prvým na našom území.

## Proč pozorovat Měsíc?

Pavel Gabzdyl, zástupce ředitele Hvězdárny a planetária Brno

*Astronomie nás usměřňuje metaforicky i doslova mírní naši ješitnost, abychom se vešli na ono malinkaté jeviště, na kterém rozehráváme naše životy – na pouhé smůtko po kosmické explozi.*

*A geologie nám zase připomíná naši krátkou existenci jako jedincům i jako druhu.*

*Richard Dawkins*

*Tato kresba vznikla v roce 1994 při překreslování jedné fotografie měsíčního úplňku.*

*Kresba: Pavel Gabzdyl.*



Náš nejbližší vesmírný soused je **po Slunci nejjasnějším objektem na pozemské obloze** a i bez dalekohledu na něm rozeznáme řadu podrobností. Snadno také můžeme sledovat jeho měnící se fáze, které vedle změn ročních období patří k nejužasnějším pravidelným cyklům v přírodě. Není proto divu, že právě první teleskopická pozorování Měsíce, která publikoval **Galileo Galilei**, vzbudila největší ohlas. Málokdo se totiž na počátku 17. století dokázal srovnat s poznatkem, že onen stříbrný kotouč zdobící noční oblohu není ničím jiným než světlem podobným naší Zemi.

Pozorování Měsíce zažívala svůj zlatý věk. Vždyť při tehdejší úrovni pozorovací techniky žádné jiné kosmické těleso zdaleka nenabízelo tolik podrobností, jako měsíční povrch. Zprvu se zájem pozorovatelů soustřeďoval na co nejvěrnější **zmapování tohoto světa** a společně s tím i na vytvoření nové měsíční nomenklatury. Tento trend pokračoval až do poloviny 18. století, kdy pozorovatele začala stále více zajímat povaha měsíčních útvarů. Skutečný původ měsíčních kráterů, pohoří a trhlin byl ovšem pro astronomy a geology dlouhou dobu velkou hádankou. Mnoho

zkušených pozorovatelů Měsíce také informovalo o častých proměnách některých útvarů, které podporovaly teorii, že náš nejbližší kosmický soused ještě není zcela mrtvým světem. Snad nejvíce pozornosti v tomto ohledu vzbuzoval malý světlý kráter v Moři jasu pojmenovaný po švédském botanikovi, lékaři a cestovateli Carl von Linném. Údajné proměny kráteru však byly způsobeny pouze zdánlivými změnami jeho vzhledu při měnících se světelných podmínkách, nikoliv sesuvy nebo sopečnými explozemi, jak se tehdejší pozorovatelé domnívali.

Dokonce i v první polovině 20. století se často objevovaly senzační zprávy **o pozorování podivných měsíčních útvarů**. Když si například v červenci 1959 prohlížel John O'Neil (vědecký editor novin The New York Herald Tribune a držitel Pulitzerovy ceny za rok 1937) dva pahorky (mys Lavinium a Olivium) na západním okraji Moře nepokojů, zahlédl mezi nimi úzkou linii světla, kterou začal považovat za měsíční most obřích rozměrů! A senzace byla na světě. O'Neilovo pozorování navíc o měsíc později potvrdil i ředitel tehdejší lunární sekce Britské astronomické společnosti (B.A.A.) – H. P. Wilkins. O měsíčním mostu se tak dovědělo mnoho pozorovatelů Měsíce, kteří však zjistili, že se jedná pouze o jednu z mnoha iluzí, jež na měsíčním povrchu vytvářejí hry světla a stínů. Wilkins ale na svém tvrzení stále trval, čímž si vysloužil pořádnou ostudu a záhy odstoupil ze svého postu v B.A.A.



NASA AS11-40-5927

Po ukončení ambiciózního **projektu Apollo**, jehož vyvrcholením bylo přistání člověka na měsíčním povrchu a doprava zhruba **382 kilogramů vzorků měsíčních hornin** do pozemských laboratoří, však zájem o pozorování Měsíce prudce opadl. Přesto bychom i ve druhé polovině 20. století našli řadu disciplín, ve kterých mohli přispět svým dílem i amatérští pozorovatelé.

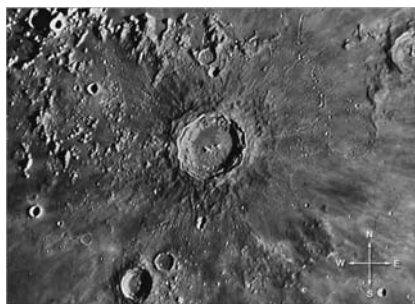
Zmiňme alespoň mapování některých útvarů za specifických světelných podmínek, sledování dosud neznámých oblastí (ještě v devadesátých letech 20. století bychom našli na měsíčních mapách bílá místa!) nebo sledování zákrytů hvězd Měsícem, které umožňovalo **přesněji definovat pohyb Měsíce a jeho topografii**.



V posledních třech letech se však míra poznání měsíčního povrchu tak prudce změnila, že **selenologie** a **selenografie** zažily doslova revoluci, která nemá v historii poznávání Měsíce obdoby. Tuto revoluci způsobily výsledky japonské sondy **Kaguya** (SELENE - *Selenological and Engineering Explorer*) a americké sondy **LRO** (*Lunar Reconnaissance Orbiter*), která je nejlépe vybavenou a nejkompexnější vědeckou misí, jaká se od poloviny 70. let dvacátého století vydala k Měsíci. Zejména sonda **LRO poskytla naprosto převratná data**, díky kterým již nemohou teleskopická pozorování uskutečňovaná ze Země přinést žádné nové poznatky. **Výjimkou jsou pouze pozorování některých přechodných jevů**, zejména sledování záblesků na noční straně Měsíce, způsobených dopady meteoroidů na jeho povrch.

Astronomové tedy už dnes o Měsíc zdaleka nejeví takový zájem, jako před sto lety. Citlivé detektory současných dalekohledů se na nejbližší kosmický objekt zaměřují jen zřídka – obvykle jen z důvodů kalibrace přístrojů, určených pro sledování mnohem vzdálenějších vesmírných objektů.

Měsíc však pro obdivovatele přírodních úkazů své kouzlo rozhodně neztratil. Naopak! Dnes, když víme, jak mnohé měsíční útvary vznikly, a kdy k jeho studiu máme k dispozici úžasná data, může být **pohled na Měsíc pomocí dalekohledu fantastickým výletem do minulosti**. Vždyť na jeho povrchu snadno spatříme stopy po katastrofických dopadech velkých kosmických těles nebo po intenzivní vulkanické činnosti! Každý, kdo má k dispozici trochu slušný astronomický dalekohled, se tak může stát průzkumníkem fascinujícího světa, který je doslova vstupní branou do tajů oboru zvaného planetární geologie. A není už jen to pádným důvodem, proč prohlížet Měsíc?



*Při tomto osvětlení (col. 31,4°) vynikají téměř všechny detaily kráteru Koperník: Síť sekundárních kráterů (vpravo nahoře), vyvržený materiál (nalevo od kráteru), středové vrcholy, terasovité stupňování vnitřních valů i náznaky světlých paprsků. Výřez z Lunar Consolidated Atlas.*

*Zdroj: Prohlídka Měsíce*

*(<http://mesic.astronomie.cz/Prohlidka/krater-kopernik.php>)*

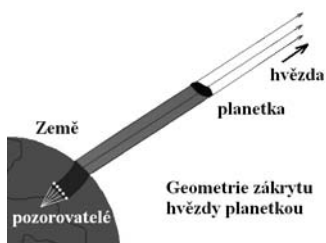
**Více o prohlížení Měsíce na <http://mesic.astronomie.cz>**

# Zákryty hvězd tělesy Sluneční soustavy

Karel Halíř, ředitel Hvězdárny Rokycany, Zákrytová a astrometrická sekce ČAS

## Zákryty: Nejrychlejší úkazy na obloze

Když se podíváte na Měsíc dalekohledem, můžete v jeho blízkosti občas vidět jednu či dvě hvězdy, které jsou součástí tzv. nebeského pozadí. Pokud byste v pozorování zmíněného seskupení pokračovali, všimnete si po překvapivě krátké chvíli, jak se **Měsíc vůči hvězdám pohybuje**. K zaregistrování tohoto pohybu stačí jen několik minut! Jedná se o praktický důkaz známé skutečnosti, že Měsíc obíhá kolem Země.



Ale co se stane v okamžiku, kdy některá z hvězd leží přímo v dráze Měsíce? V takovém případě Měsíc vstoupí před hvězdu a zakryje ji. Těmto úkazům začali astronomové říkat **occultations**. Název je odvozen z latinského „occultare“, což znamená „zakrýt“.

**Zákryty** nastávají poměrně často a jedná se o velice zajímavé a svým způsobem dramatické úkazy. Počet pozorovatelných úkazů samozřejmě významně závisí na mohutnosti a parametrech užitého dalekohledu. Hvězda se zpočátku minutu po minutě blíží k Měsíci, až dosáhne jeho okraje. Na této hraně chvíli – několik sekund – zdánlivě balancuje a pak náhle, zcela neočekávaně a překvapivě zmizí.

Řadu desetiletí se astronomové amatéři účastní pozorovacího projektu, jehož cílem bylo **přesné měření časů, kdy ten který konkrétní zákryt nastal**. Stačil jim k tomu nepříliš velký dalekohled, stopky, nějaký zdroj přesného času a odhodlání. I dnes řada zájemců o astronomii zákryty sleduje. Jejich vybavení je již jiné. Vedle stále stejného dalekohledu však namísto oka používají **citlivé TV kamery** a **vkладаče vědeckého časového signálu**, případně **CCD kamery** či další obdobná zařízení. Takové vybavení už je samozřejmě dražší, ale v dnešní době dostupné i amatérům. Změnil a rozšířil se i záběr pozorovaných úkazů. K zákrytům hvězd Měsícem se přidaly **tečné zákryty**, zákryty hvězd planetkami a ti nejzkušenější si troufnou i třeba na vzájemné úkazy měsíců velkých planet. Odměnou těmto pozorovatelům je vědomí, že i na dnešní dobu s naprosto směšným vybavením dokáží získávat vědecky použitelné údaje.

## Nebeské „srážky“

Záznamy o pozorování zákrytů hvězd Měsícem mají skutečně dlouhou historii. První písemný záznam týkající se této problematiky provedl Aristoteles. Jeho zpráva říká, že v dubnu roku 4357 před našim letopočtem prošel Měsíc před planetou Mars a došlo k zákrytu, z čehož správně vyvodil, že vzdálenost „bludné hvězdy“ – planety – je větší než vzdálenost Měsíce.

Pozdější sledování zákrytů jasných hvězd dalo astronomům, již v dávné době před vynálezem dalekohledů, možnost odvodit ze zákrytů i další důležitou skutečnost. Okamžité zmizení či objevení se hvězdy za neosvětleným okrajem Měsíce vypovídá o tom, že náš **nebeský soused nemá žádný plynný obal – atmosféru** – a tím pádem je velice problematické očekávat na něm život v našem slova smyslu. Kdyby totiž Měsíc jakýmkoliv plynným obalem disponoval, museli bychom vidět postupné pohasínání hvězd u jeho okraje, stejně jako se to denně děje ve chvílích, kdy se Slunce noří večer do hustších vrstev atmosféry krátce před západem. Exaktně tuto problematiku zkoumal kolem roku 1843 německý astronom Friedrich Wilhelm Bessel, který dospěl k závěru, že lunární obal těsně nad jeho okrajem nemůže mít v žádném případě hustotu přesahující 1/2000 hustoty atmosféry Země.

Již poměrně nedávno, v polovině minulého století, bylo měření okamžiků zákrytů užíváno pro řešení řady dalších vědeckých problémů. Po řadu let byly zákryty jedinou cestou, jak s vysokou přesností **zjišťovat drobné odchylky v ne zcela pravidelné oběžné dráze Měsíce kolem Země**. S vylepšující se pozorovací technikou, lepším časovým rozlišením průběhu úkazu a jemnějším určováním průběhu světelné křivky sledování zákrytů hvězd také vedlo **k objevu řady těsných dvojhvězd**, které se prozradily postupným pohasnutím u okraje Měsíce. V takových případech dochází k tomu, že v první chvíli hvězda sníží částečně svůj jas a teprve po několika okamžicích zmizí definitivně. Je to dáno tím, že napřed je zakryta pouze jedna ze složek systému a druhá složka je ještě nějaký čas pozorovatelná. Při prostém pohledu, byť i velkým dalekohledem, nám dvojice hvězd splývá v jediný bod, který rozlišíme až prostřednictvím změn jasu tohoto páru u okraje Měsíce.

Paradoxně nám měření časů zákrytů hvězd Měsícem poskytlo zajímavé informace i o naší Zemi. Ukázalo se, že rotace naší planety, od níž bylo odedávna odvozováno měření času, není pravidelná. Za předpokladu, že dráha Měsíce byla vypočtena s ohledem na všechny vlivy, které na ni působí, bylo zřejmé, že pozorované odchylky nejsou skutečným urychlením nebo opožděním Měsíce na jeho dráze, ale že jsou způsobovány **rozdíly efemeridového** (pravidelně plynoucího času) a **času rotačního** (odvozovaného z pohybu nebeských těles).

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že sledování zákrytů prováděné systematicky z mnoha stanic na různých místech Země mohlo být užíváno ve své době

**k neuvěřitelně přesnému stanovování poloh hvězd, zpětně polohy pozorovacího místa a samozřejmě také polohy Měsíce** (a to za předpokladu, že dva z těchto tří údajů známe). Právě řešení této jednoduché úlohy o dvou neznámých vedlo v polovině minulého století k tomu, že měření časů zákrytů bylo částečně i v centru zájmu vojenských kruhů. Jednalo se konkrétně o možnost přesného navádění mezikontinentálních střel na své cíle.

Mnohé, ba lze říci že prakticky všechny, výše popsané přínosy sledování a časová měření zákrytů s postupem času a nástupem nových přesnějších a důmyslnějších technologií pozbyly své původní důležitosti. Ale s rozvojem techniky se před astronomy, jejichž zájmem jsou zákryty hvězd tělesy Sluneční soustavy, objevily nové možnosti a cíle. **Metoda měření časů zákrytů není v žádném případě oblastí mrtvou!**

### Zákrytářská současnost



Svůj význam si ještě donedávna udržely expedice za tzv. **tečnými zákryty**. Jedná se o skupinové sledování klasického lunárního zákrytu hvězdy, který se při pozorování z přesně vybrané oblasti odehrává u severního či jižního okraje Měsíce. Hvězda v takovém případě poblikává, jak je zakrývána jednotlivými kopci v profilu Měsíce a opět probleskuje přílehlými údolím. Při vhodném

rozestavení skupiny pozorovatelů a užití vhodné techniky **lze touto metodou mapovat měsíční profil s přesností až na desítky metrů**, což odpovídá dnes již běžně dosahovanému časovému rozlišení na setiny sekundy.

S rozvojem výpočetní techniky se před pozorovateli zákrytů otevřely i další, do nedávné doby zcela netušené, možnosti. Jako nejzajímavější oblast lze zmínit **pozorování zákrytů hvězd planetkami**, ale svůj význam mají například i časy a **světelné křivky** získané při vzájemných **úkazech měsíců velkých planet** (nejznámější jsou periodicky se opakující vzájemné zákryty Jupiterových, tzv. Galileiovských měsíců). Pozorování zákrytů hvězd planetami vedlo k odhalení ze Země neviditelných prstenců planety Uran (ještě před jejich potvrzením prostřednictvím snímků z meziplanetárních sond), či možností detailního studia dvojitého objektu Pluto – Charon při sérii jejich vzájemných přechodů. Hitem posledních let byla snaha o **zachycení zákrytů hvězd tělesy rychle se rozrůstající rodiny transneptunických objektů**.

**Pozorování zákrytů tedy v každém případě má svoji budoucnost** a navíc je to jeden z mála oborů současné astronomie, do něhož nezanedbatelnou měrou mohou vstupovat i astronomové amatéři, byť i u nich je nutno počítat s tím, že musí užívat

stále dokonalejší a přesnější techniku, aby získali objektivní výsledky. Televizní kamery, přijímače časového signálu z GPS i vkladače času se ovšem stávají průběžně dostupnějšími, a proto není třeba podléhat skepsi jako v mnoha jiných oblastech astronomie, které se před amatérskou astronomickou obcí nenávratně uzavřely právě pro svoji finanční náročnost.

## Čekání na bliknutí

Po většinu času je určitá část měsíčního disku ozářena Sluncem a zbylá část se topí ve tmě. Navíc při menších fázích Měsíce je matně viditelná i neosvětlená část lunárního kotouče, což je důsledek osvětlení noční části Měsíce světlem přicházejícím ze Slunce a odraženým od naší Země. Na první pohled si jistě všimnete, že spatřit hvězdu u tmavého okraje je podstatně jednodušší než u opačné osvětlené strany Měsíce. Důvod je samozřejmě nutno hledat v jas osvětlené části Měsíce, v jehož záři se hvězda ztrácí a při větším přiblížení s ním dokonce ještě relativně dlouho před vlastním zákrytem splyne, takže ji ztratíme z dohledu ještě dlouho předtím, než úkaz nastane.

To je důvod, proč **vstupy hvězd za měsíční těleso pozorujeme v období mezi novem a úplňkem na večerní obloze** a naopak **použitelných výstupů se dočkáme ráno v čase mezi úplňkem a novem**. Za výše popsaných podmínek totiž dochází k zákrytovým jevům za neosvětlenou částí Měsíce.

Naše možnosti při těchto pozorováních tzv. „**totálních**“ **zákrytů** jsou velice rozmanité. Měření časů bylo prováděno různými vizuálními metodami. K nejpoužívanějším patřila metoda, při níž pozorovatel sledoval vizuálně úkaz se stopkami v ruce, které v okamžiku zmizení (či objevení se) hvězdy u měsíčního okraje spustil. Následně je pak srovnal s přesným vědeckým časovým signálem a určil tak přesný čas úkazu. Tato velice jednoduchá a technicky nenáročná metoda však v poslední době už přestala poskytovat uspokojivě přesné údaje. Na vině je nestálost reakční doby pozorovatele, kterou je případ od případu velice obtížné a nejisté stanovit s požadovanou přesností. **Osobní chyba**, jak se čas mezi úkazem a reakcí na něj nazývá, závisí na mnoha objektivních ale i subjektivních vlivech. Mezi ty, které lze poměrně dobře určit, patří například zkušenost pozorovatele či objektivní podmínky konkrétního zákrytu (jasnost zakrývané hvězdy, fáze Měsíce, výška úkazu nad obzorem, stav atmosféry, ...), ale už obtížněji se zohledňují faktory, jakými jsou únava pozorovatele či jeho „psychická pohoda“. Tato nejistota pak vede k tomu, že přesnost naměřených časů je v intervalu desetin sekundy, a to už je v dnešní době bohužel natolik velký časový rozptyl, že tato měření rychle ztrácí svoji bývalou důležitost.

Nový význam dostávají **pozorování „totálních“ zákrytů prováděná objektivními metodami**. Jedná se především o využití televizních kamer s vysokou

citlivostí, které nám nahráním umožní získávat rychlé série snímků (50 pulsů snímků za sekundu) a následné zpracování. Pokud navíc do obrazu vkládáme zdigitalizovaný záznam vědeckého časového signálu, je určení okamžiku zákrytu možno stanovovat **s přesností kolem 0,04 s**. Pokud navíc celé zařízení máme zkalibrováno a je určena „přístrojová chyba“ – tedy časová prodleva způsobená užitou technikou (která je většinou minimálně o řád níže než přesnost měření) – je použitelnost měření pro další zpracování podstatně vyšší. Zajímavost získaných výsledků samozřejmě dále stoupá, jestliže z pořízeného záznamu dokážeme vedle času stanovovat i průběh světelné křivky úkazu, případně další průvodní údaje. Právě to otevírá i před „totálními zákryty“ nové vyhlídky. Poté, co shromažďování a zpracování výsledků převzala mezinárodní organizace IOTA (*International Occultation Tininy Association*) od International Lunar Occultation Center (ILOC) pracujícího při *Geodety and Geophysics Division Hydrographic Department* v Tokiu (Japonsko), získává zpět svůj význam i měření totálních zákrytů.

Výsledky jsou shromažďovány už prakticky výhradně elektronicky do databází a začínají se využívat ke zcela novým účelům a statistickým zpracováním. Již bylo např. zmíněno užití při odhalování nových těsných dvojhvězd. Na internetu jsou současně každému k dispozici **předpovědní programy** (např. Occult), které po zadání údajů o pozorovacím stanovišti a užívaném přístroji spočítají zájemci předpovědi přesně na míru.

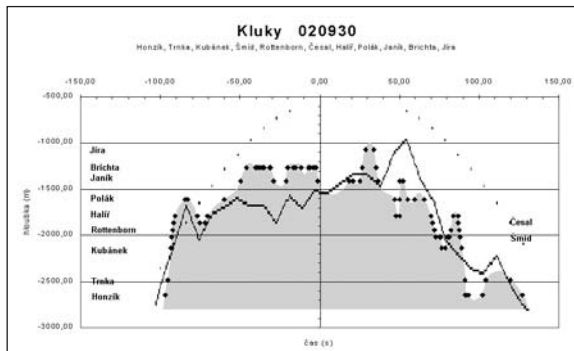
## Tečné zákryty

Se zlepšujícími se možnostmi předpovídání zákrytů hvězd Měsícem se již v polovině minulého století v USA objevil nápad uspořádat expedici skupiny pozorovatelů zákrytů do oblasti, odkud by totální úkaz byl pozorovatelný u některého z růžků Měsíce. Takovým úkazům, kdy hvězda pouze lehce „škrtá“ o měsíční profil, se začalo říkat tečné zákryty. Skupiny nadšených pozorovatelů bohužel velice často narážely na problémy spojené s nepříznivým počasím, ale také s nejistotou určení linie tečného zákrytu. I chyba v řádu několika kilometrů ve směru kolmém k pohybu „stínu“ vedla k nemožnosti získat požadovaná měření.

Avšak v okamžiku, kdy je početná skupina na správném místě, ve správný čas a za příznivého počasí, je možno získat až **překvapivě přesné údaje o profilu Měsíce i s užitím překvapivě jednoduchých pozorovacích prostředků**. Opět samozřejmě platí, že přednost mají „objektivně“ získané časy. Ale i méně přesná vizuální měření dlouho poskytovala velmi zajímavé údaje. Dnes se ovšem jedná spíše o velice zajímavou a částečně i adrenalinovou zábavu.

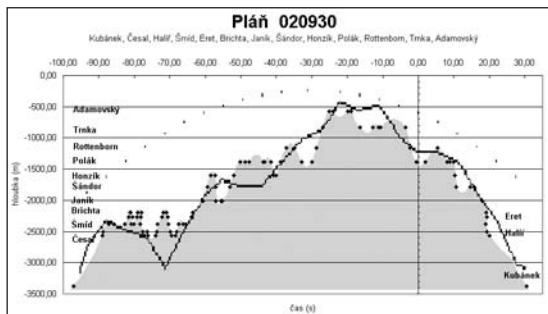
O tento typ pozorování zákrytů se již od 70. let minulého století pokoušeli i pozorovatelé u nás. První, alespoň částečný úspěch byl však zaznamenán až 11. listopadu 2001 u obce Kamínky (u Rokycan). Pět pozorovatelům se podařilo

během necelých dvou minut zachytit 32 úkazů (vstupů a výstupů) hvězdy za severním růžkem Měsíce. Údaje byly následně zpracovány a porovnány s Wattsovým profilem. Hlavním přínosem expedice však bylo získání prvních praktických zkušeností.



nedovolil úspěšné pozorování), kteří naměřili celkově téměř 80 vstupů a výstupů hvězdy. Zpracování pozorování tohoto tečného zákrytu a porovnání výsledku s předpokládaným Wattsovým profilem je na připojeném obrázku.

Shodou okolností hned o noc později, stále ještě 30. září 2002, bylo úspěšných



plných 13 pozorovatelů (závada stopky se tentokrát nevyhnula trojici pozorovatelů), z čehož tři měli pro záznam k dispozici televizní kameru. Expedice tentokrát vyjela k obci Pláň (severozápadně od Plzně). Získáno bylo 87 bliknutí hvězdy. Výsledek pozorování v grafické podobě je opět připojen.

Měření tohoto typu dnes slouží, pokud jsou prováděna objektivní metodou, obdobně jako totální zákryty. Pro určování profilu i přes svoji obdivuhodnou přesnost ztratila svůj původní význam.

## Stále ještě hit sezóny – zákryty hvězd planetkami

Pokud byla ještě před několika roky řeč o klasických – „totálních“ – zákrytech hvězd Měsícem či o tečných zákrytech, mohlo se zdát, že informace o těchto projektech věští soumrak amatérské zákrytářské astronomie. Dnes i ty pomalu zažívají své znovuzrození, ale skutečným **hitem současné doby je rychle se rozvíjející měření časů zákrytů hvězd planetkami**. Jedná se o obor, v němž

se i dnes velice dobře uplatní prakticky kterýkoliv astronom amatér, byť i zde už začíná být pravidlem a nezbytností vybavení umožňující získávání objektivních výsledků měření.

**Počátky sledování zákrytů hvězd planetkami** byly provázeny ještě většími problémy a neúspěchy, než jak to bylo popisováno u měření časů tečných úkazů. Nejistoty předpovědí, na nichž se podílela naše neznalost jak pozic hvězd, tak především drah drobných planetek, vedla k prakticky stoprocentní jistotě, že zákryt při pozorování nespátříte. U většiny planetek, jejichž průměry se pohybovaly v rozmezí desítek až jedné či dvou stovek kilometrů (a tutéž šíří měly i pásy jejich stínů) byla nejistota v mnoha stovkách kilometrů na zemském povrchu a tím i v řadě minut v čase, kdy by k několikasekundovému zákrytu mělo dojít. Bylo jasné, že takovýto způsob nemůže vést k požadovaným výsledkům a především odrazilo méně vytrvalé pozorovatele od projektu, jehož prakticky každé pozorování končilo pouze konstatováním negativního výsledku.

Zlom nastal na konci 80. let, kdy se začaly objevovat informace o tzv. **upřesněních „v poslední minutě“**. Jedná se o to, že hvězda i planetka byly přesnou astrometrií sledovány krátce před předpověděným úkazem a na základě nových údajů byla zpracována nová přesnější předpověď. Tato cesta se ukázala být správnou. Zpočátku vedla k nárůstu pozitivních měření především v oblasti Severní Ameriky, ale od poloviny 90. let se upřesněné předpovědi začaly čím dál častěji objevovat i pro další oblasti včetně Evropy. Velkou pomocí pro pozorovatele zákrytů hvězd planetkami se postupně stal také **internet**, který umožňuje rychlé předávání informací o upřesněných stopách.

V současné době **informace o zákrytech hvězd planetkami** získáte hned na několika www adresách. Nominální (neupřesněné) předpovědi zpracovávané vždy pro nadcházející kalendářní rok jsou k dispozici na stránce [ftp.ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids](http://ftp.ster.kuleuven.ac.be/dist/vvs/asteroids), kterou každoročně na jaře pro následující rok doplňuje Belgičan Erwin Goffin. „Evropská data spadají do skupiny Region 3 – Evropa, severní Afrika a blízký východ“. Nejdůležitější je ovšem sledovat upřesněné předpovědi. **Nejrenomovanější adresou**, která je v současné době k dispozici, jsou bezesporu stránky S. Prestona (USA) <http://asteroidoccultation.com/>.

Existuje ovšem i možnost, jak se dozvědět o nadcházejících zákrytech hvězd planetkami, které jsou aktuální pro pozorovatele přímo ve střední Evropě. Jedná se o **aktivitu Hvězdárny v Rokycanech**, která zaregistrovaným zájemcům bezplatně prostřednictvím internetu rozesílá vždy několik dnů před očekávaným úkazem podrobné předpovědi se všemi potřebnými údaji. Pokud máte o tuto službu zájem, dozvíte se o ní více na stránce <http://hvr.cz>.

Způsobů, **jak pozorovat tak rychlé úkazy, jakými jsou zákryty hvězd planetkami**, je hned několik a záleží především na technickém vybavení stanoviště.

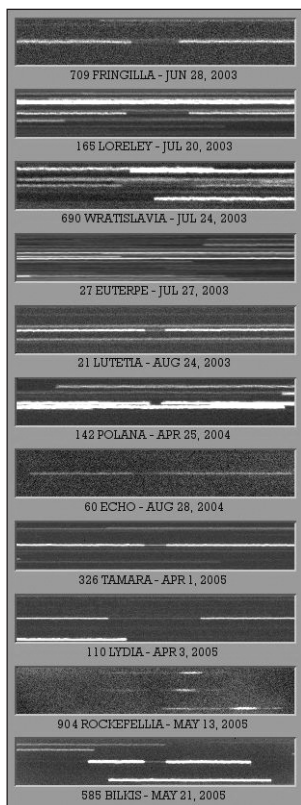


Základní princip je shodný s pozorováním zákrytů hvězd Měsícem. Pouze blízký a ve srovnání s planetkami rozměrný Měsíc je nahrazen drobnou planetkou na její dráze někde mezi Marsem a Jupiterem. **Nejjednodušším postupem** (byť, jak už bylo několikrát konstatováno, rychle vytlačovaným) je **pozorování vizuální**. V čase kolem udané předpovědi (u neupřesněných nominálních předpovědí se doporučuje + 5 minut, u zpřesněných pak stačí interval podstatně kratší) je nutno sledovat pozorně zakrývanou hvězdu, kterou musíte po celou dobu pozorování bezpečně vidět (v případě, že hvězda je na hranici pozorovatelnosti, raději měření časů vůbec neprovádějte). Čekáte na okamžik, kdy hvězda na několik sekund zmizí z oblohy. Planetka má totiž většinou podstatně menší jasnost a vůbec ji nevidíme, takže v čase překrytí vlastně pozorujeme zmizení hvězdy. Právě určení absolutních časů vstupu a výstupu hvězdy zpoza planetky je požadovaný výsledek. Stejně hodnotným výsledkem však za určitých okolností může být i konstatování, že úkaz na daném stanovišti nenastal.

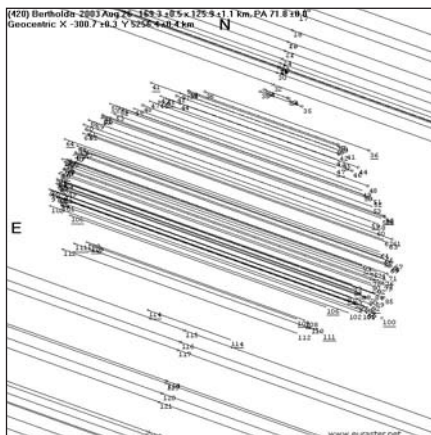
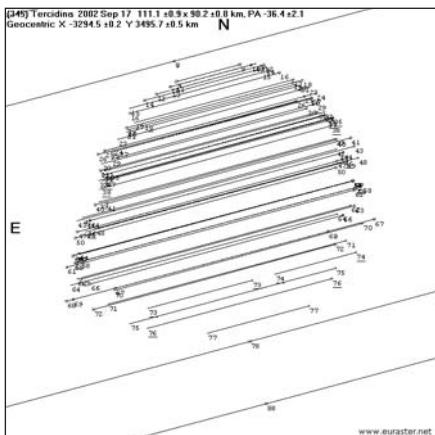
Získání požadovaných hodnot je však ještě podstatně lepší dosáhnout některou z objektivních metod. Velice vhodnou možností je **snímání hvězdy televizní kamerou**

**v ohnisku dostatečně velkého dalekohledu**. Pokud máme do obrazu navíc vkopírováván vědecký časový signál, je pak již zcela rutinní záležitostí odkrokovat následně na videozáznamu přesné okamžiky začátku a konce zákrytu. V těchto případech je často největším problémem získat jistotu, že v obvykle velmi malém zorném poli kamery je skutečně právě ta správná zakrývaná hvězda. V poslední době se stále více začíná rozšiřovat metoda založená **na snímání zakrývané hvězdy velice citlivou CCD kamerou ze statického dalekohledu**. Při vhodně zvoleném zorném poli (ohniskové délce objektivu – dalekohledu a rozměru políčka filmu, případně čipu), nastavení výchozí pozice aparatury a vhodné délky expozice se jedná o metodu velice praktickou a spolehlivou. Na políčku snímku se totiž zachytí dráhy hvězd jako čárky. Na stopě zakrývané hvězdy je pak přerušení, jehož délka udává trvání zákrytu a pozice na dráze absolutní časy. Na připojeném obrázku je vidět několik takto provedených pozorování.

**Protokoly o sledování zákrytů hvězd planetkami jsou soustředěny** organizacemi IOTA či EAON a následně jsou zpracovávány výsledky. Dnes již prostřednictvím pozorování zákrytů hvězd planetkami



máme k dispozici řadu profilů různě velkých tělísek více či méně nepravidelných tvarů, jejichž získání jinou cestou je ze Země prakticky vyloučeno. Konkurovat zákrytům může pouze využití meziplanetárních sond. Prvního pozitivního měření v České republice jsme se po více než dvou desetiletích neúspěšných pokusů dočkali 24. května 2000, kdy se hned ze tří pozorovacích stanic podařilo pozorovat zákryt hvězdy velkou planetkou Juno. Avšak největší úspěchy naše pozorovatele ještě čekaly. 17. září 2002 se několik skupin zákrytářů z České republiky vypravilo do oblasti kolem Mnichova v sousedním Německu.



Výsledkem bylo získání hned jedenácti tětív protínajících planetku Tercidina. Navíc tyto tětivy byly získány prakticky napříč celým profilem téměř stokilometrové planetky. **Pozorování zákrytu hvězdy planetkou Tercidina** se i díky našim astronomům zařadilo mezi dva nejúspěšnější evropské „planetové“ zákryty. Celkově bylo totiž získáno 64 použitelných měření a podařilo se s vysokou přesností určit tvar profilu planetky. Výsledek zpracování je vidět na připojeném obrázku. Z českého pohledu se vůbec nejúspěšnější expedicí za „planetovým“ zákrytem stala akce uskutečněná 26. srpna 2003. Dvě skupiny pozorovatelů (západočeská a pražská) se hlavní měrou podílely na 79 pozitivních měřeních času **zákrytu planetky Bertholda**. Vedle zmíněných kladných měření bylo při tomto úkazu posbíráno i 57 negativních pozorování a výsledek vidíte na dalším obrázku. Protáhlý tvar planetky byl určen na hodnoty 120 x 170 km s nejistotou nepřevyšující 2,7 km. Při pozorování zákrytů hvězd planetkami je velice důležité dbát na pečlivost získávání přesných časů a každé pozorování vyžaduje pečlivou přípravu. A právě pro získání zkušeností, technických dovedností, pozorovatelské rutiny a ověření užívané techniky vám pomohou klasické zákryty hvězd Měsícem či tečné zákryty, které tím dostávají další **nezastupitelnou funkci v dalším rozvoji pozorování zákrytů hvězd tělesa Sluneční soustavy**.

# Kozmické počasie

Stanislav Kaniansky, Krajská hvězdárna a planetárium Maximiliána Hella, Žiar nad Hronom

Pod týmto, možno trochu záhadným názvom, rozumieme **momentálny stav a zmeny žiarivého poľa fotónov vo všetkých vlnových dĺžkach, slnečného vetra i kozmického žiarenia v bezprostrednom okolí Zeme.**



Momentálny stav kozmického počasia je **podmienený hlavne situáciou v slnečnej atmosfére.** Slnko - pomerne hmotná hviezda hlavnej postupnosti s povrchovou teplotou asi 5 500 °C, má v porovnaní s inými hviezdami podobného typu **mimoriadne nízku aktivitu.** Obdobie solárneho minima a maxima sa mení v zhruba jedenásťročnom cykle. V jeho priebehu sa mení polarita hlavného magnetického poľa

Slnka a severný pól si vymení miesto s južným. Slnečné škvrny nám ukazujú miesta s extrémne silným magnetickým poľom. Pri monitorovaní kozmického počasia je nutné sledovať exotické fotóny v rozsahu RTG žiarenia, spršky nabitých častíc a časovo kolísavý tok kozmického žiarenia. Práve **ľudské aktivity si vynútili predpovedanie kozmického počasia.**

Slnečné magnetické „búrky“ dokážu prerušiť telefónne linky a televízne vysielanie. Vo vážnejších prípadoch vyradujú z prevádzky elektrárne a ničia satelity na obežnej dráhe. V týchto prípadoch býva ohrozené aj zdravie kozmonautov a nastávajú komplikácie s technikou na obežnej dráhe. V ohrození sú aj posádky a cestujúci v dopravných lietadlách, hlavne pri polárnych letoch. Pri zmenách magnetického poľa, ku ktorým pri kontakte magnetosféry so slnečným vetrom dochádza, sa v rozvodných sústavách, podmorských káblach a telefónnych či televíznych sieťach vytvárajú silné elektrické prúdy.

Známy je **prípád geomagnetickej búrky z marca 1989**, kedy silný koronálny výron hmoty (*CME – coronal mass ejection*) vyradil z prevádzky energetickú sieť firmy HydroQuebec. V Kanade tak bez elektriny zostalo viac než 7 miliónov ľudí. Na mori sa odchyľovali strelky kompasov lodí a polárnu žiaru pozorovali aj v Stredomorí. Poruchy v ionosfére rušili rádiové a televízne vysielanie a dokonca musela byť o jeden deň skrátaná misia raketoplánu Discovery.

Bezprostredné **ohrozenie života na povrchu Zeme však nehrozí.** Žijeme totiž **pod spoľahlivými štítmami zemskej atmosféry a magnetosféry.** Tie dokážu zastaviť väčšinu

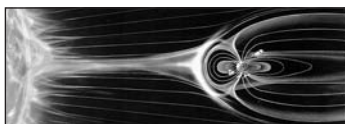
částic v bezpečnej vzdialenosti. Magnetosféra dovolí nabitým časticiam vniknúť hlbšie len v okolí magnetických pólov, pričom vznikajú bizarné polárne žiare. Rozsiahle škody však spôsobujú slnečné búrky na satelitoch okolo Zeme. Nabité častice slnečného vetra znižujú účinnosť solárnych panelov a ničia ich elektroniku. V dobe, keď na bezdrôtovom spojení a satelitnej komunikácii stojí prakticky celá ekonomika, je teda sledovanie a predpovedanie kozmického počasia nanajvyš dôležitou a neodmysliteľnou súčasťou vedeckého skúmania.

## Slnko a jeho aktivita

Slnečná aktivita je **komplex dynamických javov, ktoré sa v obmedzenom čase a priestore vyskytujú na slnečnom povrchu alebo tesne pod ním**. Prejavuje sa vo forme zmien magnetického poľa v atmosfére Slnka, s čím súvisia aj rozdielne množstvá vyvrhovaných častíc do okolitého priestoru.

**Slnečná aktivita pravidelne kolíše** s periódou okolo 11 rokov. Toto obdobie nazývame slnečný cyklus. Mení sa polarita magnetického poľa Slnka a v jeho atmosfére pozorujeme najväčší počet javov, súvisiacich so slnečnou aktivitou. **Dĺžka tohto cyklu nie je fixná**, môže sa meniť od 8 do 15 rokov. Najviditeľnejším prejavom slnečnej aktivity sú slnečné škvrny, vznikajúce v dôsledku zmien magnetického poľa. V čase slnečného minima sa škvrny na Slnku takmer nevyskytujú, v maxime je ich zase veľké množstvo. S aktívnymi oblasťami na Slnku súvisia aj gigantické uvoľnenia obrovského množstva energie do okolia. Voláme ich **slnečné erupcie**. Vznikajú ako reakcia slnečnej atmosféry na náhly a rýchly proces uvoľnenia magnetickej energie. Často bývajú tieto udalosti spojené aj s **výronmi korónalnej hmoty (CME)**, pri ktorých dochádza k uvoľneniu veľkého množstva materiálu zo slnečnej koróny do okolitého priestoru. Vyvrhnutá hmota sa ako **plazma**, pozostávajúca hlavne z protónov a neutrónov, stáva zvýšeným tokom slnečného vetra. V medziplanetárnom priestore pokračuje ako **medziplanetárna rázová vlna** a pokiaľ zasiahne Zem, väčšinu zachytí zemská magnetosféra. Práve vtedy, keď je magnetické pole Zeme narušené, hovoríme o **geomagnetickej búrke**.

## Slnečný vietor



Slnečný vietor je **prúd nabitých častíc, unikajúci zo slnečnej koróny do medziplanetárneho priestoru**. Zložený je väčšinou z **vysokoenergetických elektrónov a protónov** (~ 500 keV), ktoré unikajú slnečnej gravitácii rýchlosťami obvykle 300 - 700 km.s<sup>-1</sup>. **Hustota častíc slnečného vetra** kolíše v blízkosti Zeme bežne medzi 3 - 15 časticami v jednom kubickom centimentri. Pri slnečných erupciách sa ich rých-

lost' a hustota zväčšujú. Slniečným vetrom možno vysvetliť mnoho javov, ako sú už spomínané geomagnetické búrky, polárne žiare alebo chvosty komét, mieriace vždy smerom od Slnka.



Naša najbližšia hviezda stráca v dôsledku slnečného vetra viac ako 1 milión ton hmoty za sekundu. Pri hmotnosti a veľkosti Slnka je to však zanedbateľné množstvo. V prípade opisu toku častíc pri iných hviezdach ako Slnko používame termín hviezdny vietor. Eugene Parker v roku 1958 objavil, že od Slnka prúdi neustále silný prúd častíc, ktorý vyplňa lokálny medziplanetárny priestor ionizovaným plynom (plazmou). Rozvoj satelitnej techniky v 60-tych rokoch 20. storočia túto hypotézu potvrdil. Objav dramaticky zmenil náš pohľad na bezprostredné okolie Zeme a pomohol vysvetliť niektoré pozorované javy.

**Vzdialenosť Slnko - Zem je približne 150 miliónov km.** Vyvrhnutá hmota zo Slnka potrebuje 2 až 4 dni na prekonanie tejto vzdialenosti. V blízkosti Zeme sa priemerná rýchlosť slnečného vetra pohybuje okolo  $450 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . V miestach stretu slnečného vetra s magnetosférou Zeme vzniká **rázová vlna**, tzv. „bow shock“. Slnečný vietor neustále deformuje zemskú magnetosféru. Kolísanie hustoty a rýchlosti slnečného vetra má za následok meniaci sa tlak na jej „náveternú“ stranu a teda aj zmenu jej tvaru. **Magnetosféra** častice zachytáva v tzv. **van Allenových radiačných pásoch**. V polárnych oblastiach môžu pozdĺž magnetických siločiar častice preniknúť až do vysokej atmosféry a spôsobovať polárnu žiaru.

Slnečný vietor vydúva aj akúsi „bublinu“ v medzihviezdnej látke, pozostávajúcej zo zriedených plynov vodíka a hélia. Hranica, v ktorej už nie je sila slnečného vetra dostatočná aby pretlačila medzihviezdnu látku, sa nazýva heliopauza a leží ďaleko za dráhou Neptúna. Považujeme ju za vonkajšiu hranicu Slnečnej sústavy. Vzdialenosť k heliopauze presne nepoznáme, mení sa totiž podľa aktuálnej rýchlosti slnečného vetra a lokálnej hustoty medzihviezdnej látky.

## Kozmické žiarenie

Prúd vysokoenergetických častíc a žiarenia s veľmi malou vlnovou dĺžkou vnikajúcich do zemskej atmosféry z kozmického priestoru, nazývame kozmické žiarenie. Patria sem jadrá všetkých prvkov, elektróny a žiarenie gama.

O **primárnom kozmickom žiarení** hovoríme pred jeho stretom so zemskou atmosférou v priestore, kde sa častice pohybujú rýchlosťami blízkymi rýchlosti svetla a majú vysokú kinetickú energiu. Žiarenie je tvorené úplne ionizovanými atómami. 90 %-ný podiel v ňom majú jadrá vodíka (protóny), približne 9 % tvoria jadrá hélia

a zostatok sú ťažšie jadrá alebo vysokoenergetické voľné elektróny. Žiarenie neprenikne do atmosféry hlbšie ako do výšok 12 - 15 km nad povrchom. Častice primárneho kozmického žiarenia interagujú v atmosfére s jadrami dusíka a kyslíka, následkom čoho vznikajú **častice sekundárneho kozmického žiarenia**.

**Hustota toku kozmického žiarenia je veľmi nízka.** Najvyššiu hustotu majú častice nižších energií prichádzajúce zo Slnka. Sú produktom slnečných erupcií. Podstatná časť kozmického žiarenia prichádza však z galaktických oblastí, jeho pôvodcami sú supernovy a ich relikt. Zdrojom najenergetickejších častíc sú mimogalaktické oblasti. Pochádzajú z kvazarov a aktívnych jadier galaxií. S veľkou pravdepodobnosťou sú zdrojom kozmického žiarenia aj mimogalaktické gama záblesky - najenergetickejšie procesy pozorované vôbec vo vesmíre.

Kozmické žiarenie sa detekuje pomocou rozsiahlych pozemských detektorov, výškových balónov, družíc na obežnej dráhe Zeme a sond v medziplanetárnom priestore.

## Výskum kozmického počasia

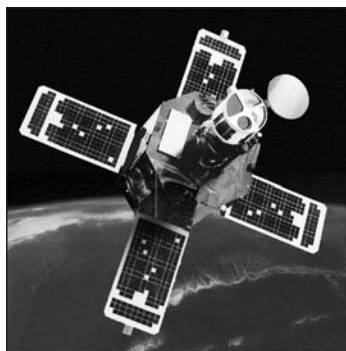
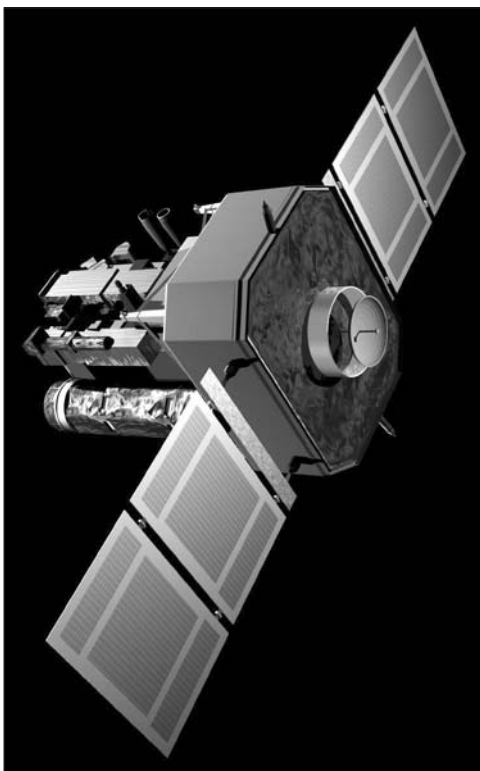
Z radu automatických zariadení, sledujúcich a vyhodnocujúcich kozmické počasia, spomeňme tie najdôležitejšie. Najznámejšou je kozmická sonda **SOHO** (*Solar and Heliospheric Observatory*). Je to spoločný projekt Európskej vesmírnej agentúry (ESA) a NASA. SOHO sa pomocou celého spektra prístrojov na svojej palube zameriava hlavne na výskum vonkajšieho okraja Slnka, skúmanie slnečného vetra v okolí libračného bodu L1 a helioseizmologický výskum podpovrchových štruktúr na Slnku. Okolo Slnka obieha po kruhovej dráhe asi 1,5 milióna kilometrov od Zeme smerom k Slnku. Prenos dát a komunikácia s pozemským riadiacim strediskom prebieha pomocou siete Deep Space Network. Okrem údajov o aktuálnom stave Slnka, jeho atmosféry a slnečného vetra sa dáta používajú aj pri zostavovaní predpovedí slnečných erupcií. Súčasťou sondy je širokouhlý spektrometrický koronograf **LASCO** (*Large Angle and Spectrometric Coronagraph*), určený na výskum slnečnej koróny.

Na obežnej dráhe okolo Zeme sa nachádza sonda **TRACE** (*Transition Region And Coronal Explorer*). Od roku 1998 skúma trojrozmerné usporiadanie magnetických polí v atmosfére Slnka, slnečnú korónu a riedku vrstvu pod ňou, ktorú voláme prechodová oblasť. Hlavným cieľom je objasniť vzťahy medzi magnetickým poľom a zahrievaním koróny.

Na obežnej dráhe Slnka sa nachádza aj dvojica kozmických observatórií **STEREO** (*Solar Terrestrial Relations Observatory*). Ich cieľom je študovať slnečné javy, najmä výrony koronálnej hmoty (CME) a pochopiť mechanizmus ich vzniku. Sú vybavené prístrojmi:

- **SECCHI** (*Sun-Earth Connection Coronal and Heliospheric Investigation*) – súbor prístrojov pre štúdium slnečno-zemských vzťahov. Toto zariadenie poskytuje údaje na vytvorenie trojrozmerného obrazu slnečnej koróny a heliosféry.

- S/WAVES (*STEREO/WAVES*) – súprava prístrojov na detekciu rádiových zábleskov, porúch a vzplanutí. Prístroj je schopný sledovať vznik a vývoj týchto porúch a ich šírenie od Slnka až po dráhu Zeme.
- IMPACT (*In-situ Measurements of Particles and CME Transients*) – súbor prístrojov na meranie medziplanetárneho magnetického poľa a energetických častíc.
- PLASTIC (*PLAsma and SupraThermal Ion Composition*) – súbor prístrojov na výskum vlastností medziplanetárnej plazmy. Tento experiment poskytuje kľúčové merania hmotnosti a náboje ťažkých iónov a parametre CME plazmy odlišujúce sa od okolitej plazmy koróny.



Nahore: sonda TRACE  
Vlevo: sonda SOHO

# CCD pozorování sluneční chromosféry na Hvězdárně Valašské Meziříčí

Bára Gregorová, Jiří Srba, Libor Lenža, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

## Úvod



*Budova odborného pracoviště Hvězdárny  
Valašské Meziříčí, p. o.*

S rozvojem moderních technologií se v průběhu devadesátých let 20. století staly široce dostupné **elektronické fotografické systémy založené na technologii CCD** (*Charge Coupled Devices*, nábojově vázané prvky). Tato zařízení umožňují záznam obrazu prostřednictvím čipu, který provádí konverzi dopadajícího světla na elektrický náboj. Náboj je akumulován v mikroskopických buňkách - pixelech, ze kterých je následně hodnota náboje elektronicky vyčtena a pomocí převodníku převedena na číselnou informaci o intenzitě světla.

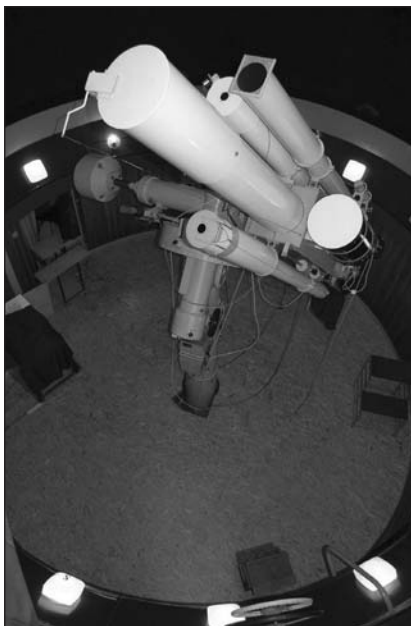
## CCD technika a Slunce

První experimenty s pozorováním Slunce pomocí CCD techniky se na Hvězdárně Valašské Meziříčí uskutečnily v roce 1997 a od roku 1999 byla pravidelně prováděna pozorování protuberancí a později (od roku 2001) chromosféry pomocí CCD videokamery OSCAR. Tato kamera sice obraz snímá digitálně, ale jejím výstupem je sekvence snímků v podobě analogového videosignálu.

V roce 2008 jsme ve snaze o zvýšení kvality našich **pozorování chromosféry** (v souvislosti s cíli záměru pozorování) zmodernizovali naše elektronické vybavení a zakoupili novou CCD kameru G1-2000 od firmy Moravské přístroje a. s., jejíž výstup je plně digitální. Nejedná se navíc o videokameru, ale o kameru poskytující jednotlivé snímky. Kamera je osazena čipem SONY ICX274AL o rozměrech  $7,2 \times 5,4$  mm. Čip poskytuje hloubku obrazu 14 bitů a digitální převodník kamery pracuje s 16 bity, tedy 65 538 úrovněmi šedé. Ve spojení s metodikou zpracování pomocí software SIMS je k dispozici až 32 bitů (při softwarovém sčítání – binningu jednotlivých pixelů).



Kamera poskytuje snímky s maximálním rozlišením  $1628 \times 1236$  pixelů při velikosti obrazového bodu  $4,4 \mu\text{m}$ . Křivka spektrální citlivosti čipu má maximum na vlnové délce  $500 \text{ nm}$ , v oblasti H-alfa se citlivost pohybuje kolem  $60 \%$  oproti maximu. Kamera není chlazená (pouze větraná), což vede k relativně velkému tepelnému šumu, který však při pozorování Slunce není ve většině případů kritickým faktorem. K počítači je kamera připojena pomocí rozhraní USB, ze kterého je napájena a zároveň přes něj probíhá přenos dat (snímků) z kamery do počítače. Elektronická závěrka umožňuje pořizování snímků s nejkratšími expozičními časy v řádu  $0,001$  a elektronika dokáže vyčíst až 2 snímky za sekundu v plném rozlišení.



*Dalekohledy v kopuli odborného pracoviště slouží převážně pro pozorování projevů sluneční aktivity.*

Kameru používáme ve spojení s **hromosférickým dalekohledem** o průměru objektivu  $135 \text{ mm}$  a ohniskové vzdálenosti  $2350 \text{ mm}$ , efektivní ohnisko celého přístroje je  $5170 \text{ mm}$ . Dalekohled je vybaven H-alfa filtrem DayStar s pološířkou čáry  $0,7 \text{ \AA}$ . Ve spojení s tímto dalekohledem poskytuje kamera zorné pole  $4,7'$  na delší stranu čipu a celý systém má teoretické rozlišení asi  $0,8''$ .

## Výstup z kamery

Systém práce s CCD kamerou je výrazně odlišný od klasické fotografie. CCD kameru ovládáme prostřednictvím počítače a výstupní data získáváme v digitálním formátu, který zpracováváme a archivujeme pomocí vhodného softwaru.

**Jednotlivý snímek z CCD kamery nepředstavuje hotová data.** Výstup z kamery je zatížen řadou artefaktů daných konstrukcí přístrojů, se kterými se musíme vyrovnat. Na straně kamery je to **tepelný a vyčítací šum**. I když vstupní signál do systému bude nulový (do dalekohledu nevstupuje světlo), na snímku z kamery nalezneme zaznamenaný takzvaný **tepelný šum**, jehož intenzita je úměrná teplotě snímače. Dále je to také **vyčítací šum** - signál, který se ke každému snímku přidá v průběhu procesu vyčítání. Oba druhy šumu lze dobře eliminovat pomocí temného snímku (dark frame, krátce dark), který reprezentuje právě pouze tento signál. Např. pořídíme snímek objektu s expozičním časem  $30 \text{ s}$  a následně

za stejných podmínek snímek se zakrytým dalekohledem. Po vzájemném odečtení snímků dostaneme záběr bez tepelného a vyčítacího šumu.

Při průchodu světla použitým dalekohledem dochází v důsledku daných optických vlastností přístroje k **nerovnoměrnému osvětlení čipu v ohniskové rovině**. Podobný efekt mohou způsobit jemné prachové částice na některých optických členech či samotném čipu. Snímek bez těchto vad získáme tak, že pořídíme takzvaný **flatfield** neboli flat (záběr rovnoměrně osvětlené plochy, který reprezentuje nerovnoměrnosti při průchodu světla optickým systémem). Na flat je potřeba pohlížet jako na samostatný snímek se signálem, a proto jej také musíme opravit o samostatný dark.

Ze statistických důvodů pořizujeme vždy několik temných snímků i flatů a pro redukci snímku připravujeme takzvaný masterdark a masterflat.

## Jak pozorujeme u nás

Pro upevnění kamery na náš chromosférický dalekohled můžeme použít stejné uchycení jako u dříve používané kamery Oscar, protože nová kamera má stejný závit (typu CS). Dále je třeba zapojit kameru k počítači pomocí USB kabelu. Pak už lze kameru ovládat počítačem pomocí programu SIMS. Před zahájením samotného pozorování je nutné kameru překrýt, jelikož do ní vniká parazitní světlo.

## Pořizování snímků

Ještě před začátkem snímání vybrané aktivní oblasti musíme **upravit nastavení filtru** (pokud možno co nejpřesněji nastavit čáru H-alfa) a kontrolovat toto nastavení velmi často během pozorování. **Filtr je laditelný náklonem**, takže prakticky provádíme změnu úhlu náklonu filtru vůči optické ose systému. V obraze se ladění naštěstí docela dobře rozpozná změnou parametrů jasu a kontrastu. Správná funkce filtru je výrazně teplotně závislá a se zvyšující teplotou se velmi rychle dostáváme mimo H-alfa čáru.

Při samotném snímání v prostředí programu SIMS nastavíme počet snímků v jedné sérii (obvykle 20 – 30 snímků) a délku expozice (používáme 0,003 s – při kratších expozicích není snímek dostatečně proexponován, při delších se začíná projevovat seeing a objevují se saturovaná místa). Pak co nejdříve pořídíme sérii flatfieldů, aniž bychom měnili postavení dalekohledu. Protože flatfield vyjadřuje odezvu celé snímací soustavy na rovnoměrné osvětlení, pořizujeme tyto snímky přes matnici umístěnou před objektivem dalekohledu, který je stále namířen na stejné místo Slunce, jako při pořizování konkrétních snímků aktivních oblastí či jiných zajímavých struktur. Těchto snímků můžeme nafotit méně, stačí 5 až 10.

Kamera není chlazená, tudíž se nemůže vyhnout velkému tepelnému šumu, a proto také pořizujeme darkframe, a to jak pro surový snímek, tak pro flatfield. Opět stačí 5-10 snímků s odpovídajícími časy. Dalekohled je při pořizování darkframe namířen na stěnu kopule.

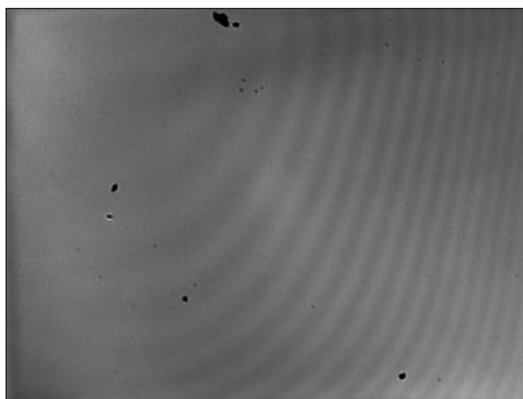
## Úprava snímků

Abychom snímek mohli opravit (kalibrovat), potřebujeme série tří různých snímků, které si časově odpovídají. Raw (surový) snímek, flatfield (plochý snímek) a darkframe (temný snímek) pro surový snímek a pro flatfield. Snímky načteme do programu SIMS a ze série darkframe vytvoříme masterdark (pro snímky chromosféry i pro flat).

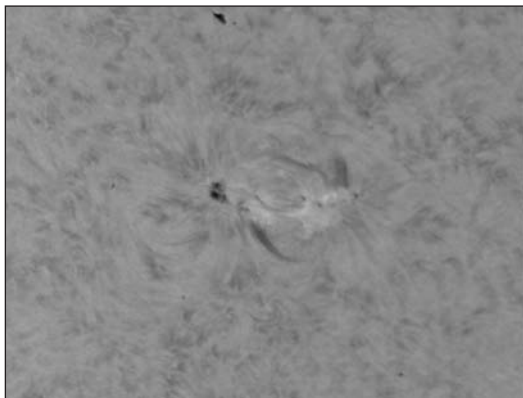
Aplikací darku na flatsnímky a následným zprůměrováním vytvoříme masterflat. Masterdark a masterflat pak aplikujeme na předem vybrané, nejkvalitnější surové snímky, které zkalibrujeme. Po úpravě dostáváme snímek ve formátu FITS. Takto upravené snímky jsou archivovány, aby mohly být později použity k další práci.



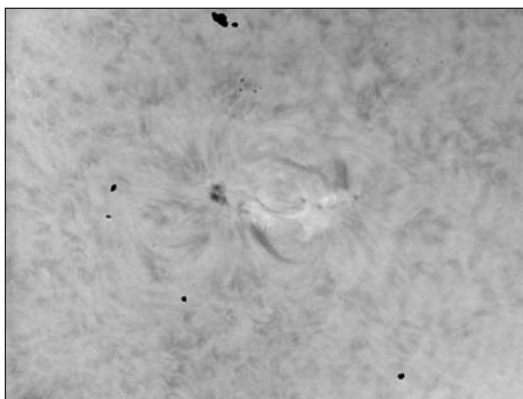
*Ukázkový darkframe pro expozici o délce 0,003 s.*



*Ukázkový flatfield pořízený expozičním časem 0,3 s.*



*Ukázkový surový snímek pořízený expozičním časem 0,003 s.*



*Upravený snímek 0,003 s.*

## Některé problémy

Pozorování Slunce je poměrně specifickou astrofotografickou disciplínou. Snímáme totiž prakticky rovnoměrně osvětlené pole (obvykle s malými rozdíly jasu), což sebou **přináší řadu nečekaných problémů**. Výkon našeho systému je v současnosti limitován několika faktory, které jsou víceméně dány vlastnostmi teleskopu.

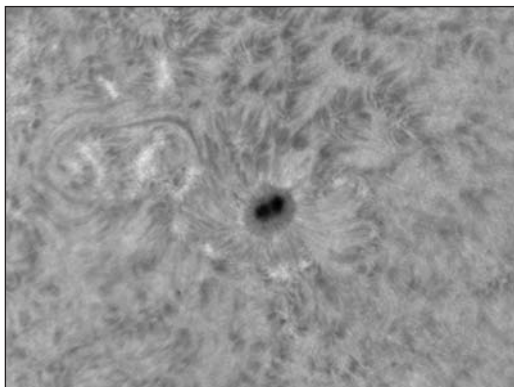
1. Nevíme přesně, kde je ohnisková rovina – fotografování slunečního disku s sebou přináší **mnohonásobně větší turbulence vzduchu** v denních hodinách, než je tomu v noci. Při efektivní ohniskové vzdálenosti přes 5 m a světelnosti systému cca 1:40 (s obrovskou hloubkou ostrosti) **je problematické na rovnoměrně osvětlené ploše dobře zaostřit**. To je proveditelné jen v případě extrémně kvalitních podmínek v atmosféře a v době, kdy můžeme na Slunci pozorovat nějaký útvar s ostrou strukturou, který je svým jasem ostře oddělen od zbytku chromosféry.

2. V optickém systému dalekohledu **dochází k odleskům**, jejichž vliv lze částečně eliminovat, ale znamená to pořizovat flatfield ihned po nasnímání série snímků. Jakákoliv změna pozice dalekohledu vede k jinému tvaru odlesků a jejich neodstranitelnosti. Navíc tuto metodu lze jen obtížně aplikovat v okamžiku, kdy je v zorném poli okraj Slunce, což znesnadňuje záznam protuberancí.
3. Používaný H-alfa filtr je vybaven termostatem a měl by být udržován na přesné pracovní teplotě. V praxi však **dochází při pozorování k neustálým teplotním změnám**, které prakticky znemožňují udržení nastavení filtru, a tedy opakovatelnost pozorování v daném místě čáry H-alfa.
4. V systému dochází **ke vzniku interferenčních obrazců** a s velkou pravděpodobností se jedná o problém vznikající na filtrech.
5. Celý systém je **nedostatečně odolný proti vnikání prachu**, což při pozorování vede k jeho usazování na krycím skle či samotném čipu kamery, kterou je pak třeba velmi často čistit.
6. **Tvorba flatfieldu je klíčovým parametrem** při pozorování s naším systémem, jelikož lze jeho správnou konstrukcí a aplikací částečně eliminovat problémy v bodech 2, 4 i 5. Vzhledem k vlastnostem chromosférického dalekohledu se však ukazuje, že je nemožné efektivně vytvořit flatfield jinak, než snímáním samotného slunečního disku. To vyžaduje umístění rozptylného zařízení těsně před dalekohledem (daleko mimo ohniskovou rovinu i poloměr křivosti objektivu), což vede ke zrovnoměnění osvětlení plochy snímané čipem kamery). Použití fotografické matrice se ukázalo být neefektivní vzhledem k vysoké absorpci v čáře H-alfa a následnému nedostatku signálu (zvláště v létě byl při použitých expozicích dominantním signálem tepelný šum). Proto jsme po experimentech s různými druhy fólií nakonec použili matnici z eurofolie, která funguje spolehlivě.

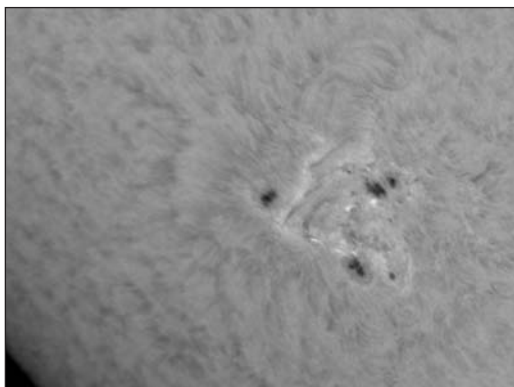
## Ukázky pozorování

Pro lepší představu uvádíme několik vybraných snímků z posledního intenzivního testování systému v létě 2010. Snímky jednak demonstrují problémy systému, ale zároveň naznačují jeho možnosti pro praktickou a systematickou činnost.

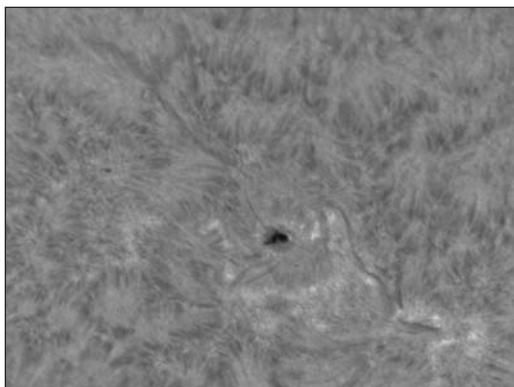
Kromě **pozorování chromosféry** jsme schopni přejet dalekohledem na okraj a sledovat **protuberance**, ale kvalita těchto pozorování je výrazně nižší než v případě použití klasického koronografu.



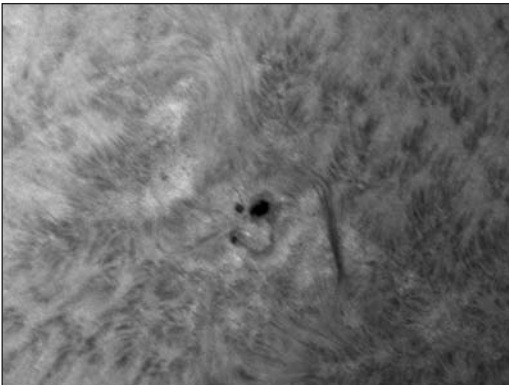
*Opravený snímek aktivní oblasti NOAA1093 pořízený 10. srpna 2010 v 7:03 UT. (zvětšit). Centrální sluneční skvrna s dvojitou umbrou je obklopena útvarem známým jako „moat“.*



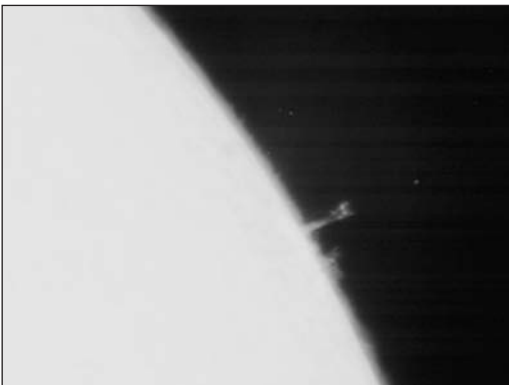
*Opravený snímek aktivní oblasti NOAA1089 pořízený 22. července 2010 v 7:32 UT (zvětšit). Aktivní oblast s řadou skvrn různých morfologických typů, světlejší body jsou pravděpodobně subflares.*



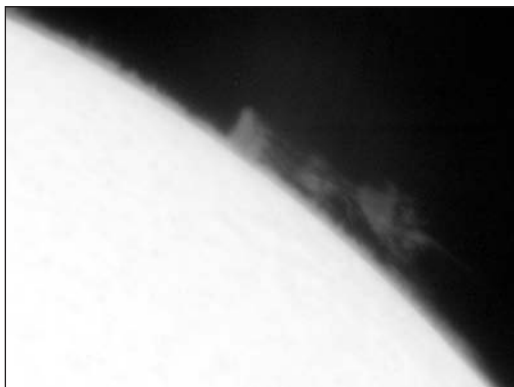
*Opravený snímek aktivní oblasti NOAA1087 pořízený 16. července 2010 v 10:46 UT (zvětšit). Aktivní oblast s centrální skvrnou a řadou dlouhých filamentů.*



*Dvojice snímků aktivní oblasti  
NOAA1087 pořízených 13. července  
2010 v 6:33 a 7:33 UT.*



*Výtrysk v chromosféře na  
slunečním okraji snímáný pomocí  
chromosférického dalekohledu 21.  
července 2010 v 7:40 UT.*



*Snímek protuberance na slunečním okraji pořízený chromosférickým dalekohledem 10. srpna 2010 v 8:27 UT.*



*Slabá erupce zaznamenaná 13. července 2010 v oblasti NOAA 1087.*

## **Účel pozorování a cíle pozorovacích kampaní**

Pozorování Slunce má nejen **význam pro sledování projevů sluneční činnosti, jejich vzájemných vazeb a zákonitostí**, ale v nemalé míře i **význam edukační a motivační**. V rámci zájmové činnosti dětí a mládeže je pozorování Slunce s následným zpracováním vhodným nástrojem a formou pro motivaci a seznámení se základními technikami snímání a zpracování digitálního obrazu i obecně vědecké či odborné práce.

Naše hvězdárna se pozorování sluneční aktivity věnuje už mnoho desítek let a i s nástupem velmi výkonných družic a sond určených k pozorování naší nejbližší hvězdy v pozorovací řadě pokračujeme. Odborný pozorovatelský program je zaměřen na vývoj systému, který by umožňoval s dostatečným rozlišením sledovat aktivní procesy v chromosféře, jejich vliv na fotosféru a protuberance v nízké koróně.

**Dostatečným rozlišením míníme** celkem tři hlediska:

1. **Dostatečné časové rozlišení** – schopnost snímání kvalitních snímků nejméně 1krát za minutu.



2. **Dostatečné prostorové rozlišení** na povrchu Slunce (v korespondenci na velikost pixelů a rozlišení dalekohledu).
3. **Bitová hloubka** – s ohledem na povahu snímků je nutné mít rozlišení nejméně 12, lépe 14 bitů.

Stávající systém prakticky všechny podmínky splňuje, ovšem s omezeními, která jsme uváděli výše. Proto jej chceme dále zlepšovat a vyvíjet.

Nemalým problémem, kterého jsme si vědomi a v praxi se ukázal jako opravdu závažný, je **problém efektivního zpracování napozorovaných dat** (v podobě snímků), jejich archivace a následná práce s daty. Samostatnou kapitolou je problém jejich zpřístupnění na internetu či jinou formou. V současné době již pracujeme na efektivním řešení, které je ale podmíněno realizací velkého IT projektu našeho zřizovatele. Máme však připraveno i alternativní řešení.

Cílem první fáze programu je v současnosti získat opticko-elektronický systém pro dlouhodobé systematické pozorování fotosféry, chromosféry a protuberancí digitální technikou.

V rámci **odborného pozorovatelského programu chceme sledovat a studovat především následující jevy:**

- **časový a prostorový vývoj erupcí** v chromosféře a jejich vliv na konfiguraci filamentů (protuberancí) v aktivní oblasti a jejím okolí
- **projevy změn morfologie aktivních oblastí ve fotosféře a chromosféře** v závislosti na intenzitě a časovém průběhu erupční aktivity oblasti
- **časový a prostorový výskyt protuberancí typu výtrysk (surge)** v aktivních oblastech (Kde jsou tyto jevy ukotveny v chromosféře? Jsou rekurentní? Odhad celkové energie v rámci času.)
- **morfologie a dynamika aktivních protuberancí** (zejména eruptivních)

Již v současné době některé věci studujeme na bázi fotografických záznamů a stávajícího pozorovacího systému. Navíc už máme zajištěny prostředky (finanční i materiální) pro další rozvoj tohoto programu jak v rámci odborně-pozorovatelských aktivit, tak především v oblasti vzdělávací.

## **Možnosti a potenciál spolupráce, šance pro studenty**

Vyvíjený pozorovací systém a uvedený záměr pozorovatelského programu dává značný **prostor mladým lidem, studentům**, a otevírá cestu k velmi úzké spolupráci. V zásadě je možný dvojí druh spolupráce: **samotné pozorování a jejich zpracování**. V praxi je to obvykle kombinace obojího.

Dále se otevírají značné možnosti a perspektivy spolupráce s řadou vzdělávacích i odborných institucí.

Při práci s naším vybavením si mohou zájemci o astronomii a pozorování Slunce vyzkoušet fotografování Slunce, pořizování dat a jejich další zpracování včetně společné publikace výsledků s pracovníky hvězdárny a dalších spolupracujících institucí.

Pokud by vás spolupráce na tomto programu zajímala, obraťte se nejlépe e-mailem na pracovníky hvězdárny.

## CCD fotometrie komet

Jiří Srba, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

K pozorování komet jasnějších cca +15 mag bylo v letech 2003 - 2006 využíváno fotografického teleobjektivu MTO 8/500 mm a CCD kamery SBIG - ST7. Na jaře roku 2006 se podařilo uvést do provozu nový dalekohled Newton 150 o průměru hlavního zrcadla 150 mm, který umožnil sledování těles do cca +16 mag. Zároveň byl zakoupen fotometrický R filtr, který zpřesnil výsledky našich měření. V roce 2008 zakoupila Hvězdárna Vsetín nový dalekohled Newton NYX 300/1800, který je nyní ve spojení s kamerou ST-7 hlavním přístrojem pro fotometrii komet na Vsetíně a v projektu pokračuje Emil Březina, spolupracovník hvězdárny.

Po řadě technických pokusů s různými přístroji (fotometrie pomocí DSLR Nikon D50, CCD kamera G1-2000, různé objektivy Nikkor 4-5.6/70-300 mm, Orestegor 4/300 mm) se v průběhu roku 2008 podařilo projekt znovurozběhnout, tentokrát pod hlavičkou Hvězdárny Valašské Meziříčí a s těmito přístroji - MTO 8/500 mm a CCD kamera Apogee AP7p zapůjčená Petrem Pravcem z Astronomického ústavu akademie věd ČR v Ondřejově.

Velmi významným impulsem k dalšímu kvalitativnímu zlepšení byl projekt KOSOAP, který umožnil nákup výkonné vědecké CCD kamery vybavené potřebným filtrem v pásu R. Neméně důležitá je i skutečnost, že tento projekt podpořil rozvoj přeshraniční spolupráce, která je i v této oblasti nezbytná a přínosná. Navíc posunul tento odborný pozorovatelský program také do oblasti vzdělávání a zájmové činnosti mládeže na obou stranách hranice.

Vhodné komety - jasnější +15 mag - jsou snímány pomocí CCD kamery Apogee AP7p a vybavené čtvercovým backilluminated čipem SITE o hraně 12,3 mm (pixel 24 mikrometrů). K ovládání kamery je využíváno software Maxim DL. Rozlišení

snímků je 512 x 512 pixelů při hloubce 16 bitů (tedy 65536 úrovní šedi).

Nově nyní pracujeme také s kamerou G-2, která je významným zlepšením kvality pořizovaných dat.

Systém popsany výše má stelární dosah kolem +15 mag pro expozice trvající 60 s. Na sčítaných snímcích s expozicemi kolem 10 minut (600 s) je možné nalézt hvězdy s jasností +16 mag (platí pro obor R). Spektrální křivka citlivosti čipu ve spojení s používaným R filtrem velmi dobře odpovídá standardnímu oboru R.

V současnosti používaný fotografický teleobjektiv Maksutov - Cassegrain MTO 8/500 mm) je zapůjčen Miroslavem Jedličkou (kolegou z hvězdárny Vsetín) a jedná se o tentýž přístroj, který byl používán do roku 2007. Při průměru objektivu ~76 mm a ohniskové vzdálenosti 500 mm má světelnost 1:8. Ve spojení s kamerou Apogee je zorné pole systému cca 85' x 85'. Rozlišovací schopnost této kombinace přístrojů je však poměrně nízká vzhledem k výše uvedené velikosti pixelu. Na jeden pixel obrazu připadá cca 9.8" x 9.8".

Připravujeme ve spojení s novou kamerou pořízenou v rámci projektu také nový dalekohled zakoupený z laskavých darů sponzorů. Jedná se o vysoce světelný dalekohled typu Newton o světelnosti 1:4,7.

Získané **snímky komet stávající technikou jsou zpracovávány** pomocí programu Maxim DL, SIMS<sup>[2]</sup> Pavla Cagaše, programem Astrometrica<sup>[3]</sup> Herberta Raaba a fotometricky proměřovány v různých průměrech kruhových clon programem GAIA<sup>[4]</sup> pracujícím také pod operačním systémem Linux.

Zpracovaná data jsou v příslušném tvaru zasílána jednak do databáze **International Comet Quarterly** (ICQ)<sup>[5]</sup> a dále pravidelně publikována ve Zpravodaji Společnosti pro MeziPlanetární Hmotu (SMPH).

## Postup pozorování

V současnosti je pozorovací systém instalován před každým pozorováním zvláště. Na zahradě našeho domku v obci Mikulůvka mezi Valašským Meziříčím a Vsetínem je trvale umístěna poze paralaktická montáž, ke které je připínána sestava MTO + CCD. Počítač řídící kameru je umístěn v kůlně. Na počítač je kromě řídicího software kamery nainstalován také program sloužící pro vyhledávání objektů (GUIDE), v reálném čase tak lze srovnávat vzhled kamerou snímaného pole a sekvenci hvězd v okolí hledaného objektu. Tato metoda velmi usnadňuje nalezení požadované oblasti.

Snímání kamerou probíhá obvykle při teplotách čipu asi 35°C pod okolí. Nejčastěji (pokud to dovolí vlastní pohyb objektu, který nesmí přesáhnout 10" za dobu expozice) je používána expozice 60 s. Celkem je 10 až 20 snímků každé sledované komety. Fotografie jsou ukládány ve standardním formátu .fits a jejich

velikost je cca 250 kB. Navíc je během noci (na začátku či na závěr) získána série 10 - 20 jednotlivých temných snímků - darkframe pro pozdější zpracování, při kterém je na fotografie aplikován jejich medián. Vzhledem k nerovnoměrné citlivosti pixelů čipu je na každý snímek nutno aplikovat flatfield, který zajistí smazání rozdílů mezi jednotlivými elementy obrazu. Flatfield není snímán každou noc. Většinou je získáván zhruba jednou za měsíc tak, aby reprezentoval změny (zrnka prachu) na povrchu čipu či filtru. Snímán je obdobně jako darkframe v sérii 10 až 20 snímků (přičemž expozice je volena tak, aby jednotlivé snímky byly naexponovány na hodnotu kolem 30000). K jeho získání je ještě nesetmělé večerní oblohy.

Kromě snímků komet jsou během noci pokud možno v pravidelných intervalech **pořizovány fotografie dvou až čtyř kalibračních polí s hvězdami** s přesně známou magnitudou v oboru R. Tyto snímky slouží pro úpravu výsledného fotometrického měření na lokální hodnotu extinkce. Jasnost kalibračních hvězd se pohybuje v rozmezí +6,5 až +8,5 mag v oboru R a tomu je přizpůsoben také expoziční čas snímků. V současnosti je používána expozice 15 s.

### Používané standartní - kalibrační hvězdy

HD	SAO	rektascenze	deklinace	V-mag	V-R	R-mag	souhvězdí
37352	58292	5h 39m 15s	+30°09'02"	7,709	0,117	7,592	Aur
102056	81968	11h 44m 44s	+28°40'13"	7,024	-0,004	7,028	Leo
161817	85402	17m 46h 40s	+25°45'00"	6,982	0,123	6,859	Her
175544	124055	18h 55m 46s	+0°15'54"	7,395	0,074	7,321	Aql
218155	108392	23h 05m 33s	+14°57'33"	6,783	-0,014	6,797	Peg

## Zpracování a fotometrie

Zpracování nasnímaného materiálu probíhá až dodatečně pomocí software SIMS. Od jednotlivých snímků je odečten DarkFrame. Na takto upravené snímky komet je dále aplikován FlatField. Upravené snímky je však třeba sečíst. K tomuto účelu je využíván program Herberta Raaba – **Astrometrica**, který umožňuje skládání na objekt s předem definovaným pohybem mezi hvězdami. Výsledným produktem zpracování je snímek s ekvivalentní expozicí až 600 s, který je „pointován“ na pohybující se objekt.

Získaný snímek komety ve formátu .fits případně .sdf je proměřen pomocí linuxového software **GAIA**, který kromě jiného (průměr komy, délka a poziční úhel ohonu) nabízí možnost relativní fotometrie objektů v různých průměrech kruhových clon. Získané hodnoty je potřeba „srovnat“ s kalibračními hvězdami a kalibrovat na hodnotu místní extinkce (je zjištěna na základě jasností hvězd v různé výšce nad obzorem) – což je veličina, která za daných atmosférických podmínek udává hodnotu, o jakou klesne absolutní jasnost hvězdy průchodem přes vrstvu atmosféry o tloušťce odpovídající jedné „vzduchové hmotě“.

## Postup

Ze snímků je **zjištěna relativní magnituda jednotlivých hvězd či komet** (suma intenzit na pixelech náležících objektu minus pozadí). Mějme libovolnou hvězdu o R-magnitudě  $M$ , která během noci mění svou polohu na obloze v důsledku rotace Země, a promítá se tedy do různé výšky nad obzorem. Pokud by planeta Země byla bez atmosféry, pak bychom stejnými přístroji naměřili v každé výšce nad obzorem stejnou relativní jasnost  $m_1, m_2, \dots, m_n$  a platil by vztah  $m_1=m_2= \dots = m_n=M$ .

Jelikož však atmosféru máme, je nutné uvažovat, že **jasnost hvězdy je závislá na výšce hvězdy nad obzorem**. Tedy pro dvě různé výšky nad obzorem naměříme pro jednu hvězdu o R-magnitudě  $M$  hodnoty relativních magnitud  $m_1$  a  $m_2$ , které jsou vzájemně různé a navíc ani jedna z nich nepředstavuje námi hledanou  $M$ . V tomto jednoduchém případě platí, že  $m_1-m_2=k$ , kde předpokládáme, že  $k$  je konstanta pro období neproměnných atmosférických podmínek. Uvažujeme dále, že mezi  $M$  a  $m_1$  platí vztahy  $m_1=M+e.h_1$  a zároveň  $m_2=M+e.h_2$ , kde  $h_1$  a  $h_2$  jsou množství vzdušných hmot ve výškách nad obzorem  $H_1$  a  $H_2$ . Z těchto vztahů lze odvodit, že pro hodnotu  $k$  platí  $k=(M+e.h_1)-(M+e.h_2)$  odkud **pro hodnotu extinkce** platí vztah  $e=k/(h_1-h_2)$  tedy po úpravě [1].

$$e = \frac{(m_1 - m_2)}{(h_1 - h_2)} \quad [1]$$

Obdobný postup lze zvolit také pro dvě různé hvězdy o R-magnitudách  $M_1$  a  $M_2$ , které se nacházejí v jednom okamžiku v různých výškách nad obzorem  $H_1$  a  $H_2$  a naměříme pro ně tedy relativní magnitudy  $m_1$  a  $m_2$ . **Výsledný vztah pro extinkci má tvar** [2].

$$e = \frac{[(m_1 - m_2) - (M_1 - M_2)]}{(h_1 - h_2)} \quad [2]$$

Toho již lze využít pro zjištění jasnosti komety. Veličiny  $m_1, h_1, M_1$  jsou naměřené pro jednu kalibrační hvězdu, odpovídající  $m_k$  a  $h_k$  změříme pro kometu, hodnotu  $e$  známe z předchozího kroku, a tak lze pouhou úpravou předchozího vztahu získat **výraz pro výpočet absolutní jasnosti komety** ve tvaru [3].

$$M_k = e.(h_1 - h_k) - (m_1 - m_k) - M_1 \quad [3]$$

## Publikace

Naměřené výsledky je nutné zpracovat do protokolu, který pro **fotometrická měření komet** používá ICQ, jedná se o rozšířené kódování s 120 sloupci, které je modifikací kódu užívaného pro pozorování vizuální. Na následující ukázce CCD

pozorování zpracovaného pro publikaci v ICQ opět demonstrujeme jen základní stavbu kódu. Až do sloupce 43 jsou informace totožné, místo zvětšení (xxxx) je uváděna délka použité celkové expozice a opět následují parametry komy a ohonu bez DC. Další část kódu obsahuje informace o způsobu prováděných měření a parametry CCD kamety (InT APERTURcamchip SFW C ## u.uu xx.x PIXELSIZE). Informace o stupni kondenzace je nahrazena sadou několika měření téhož snímku v různých průměrech clon.

```

1          2          3          4          5          6          7          8          9
123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789 123456789
111111111 111111111 111111111 111111111 111111111 111111111 111111111 111111111 111111111
2003MFA22006 03 07.93 0C 15.1 1.2 6.3M 84840 2.0 2.0m279 ICQ XX SBD # 15C 0.50mET7 R40 GAI 5 9P0.25 7.0 7.4x 7.4
2003MFA22006 03 07.93 0C 14.2 1.2 6.3M 84840 2.0 2.0m279 ICQ XX SBD # 15C 1.00mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.0 7.4x 7.4
2003MFA22006 03 07.93 0C 14.1 1.2 6.3M 84840 2.0 2.0m279 ICQ XX SBD # 15C 2.50mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.0 7.4x 7.4
2003MFA22006 03 07.93 0C 13.9 1.2 6.3M 84840 2.0 2.0m279 ICQ XX SBD # 15C 2.50mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.0 7.4x 7.4
73h 2006 03 19.92 0C 12.9 1.2 1.5A 84900 > 4 ICQ XX SBD # 15C 4.40mET7 R40 GAI 4 9P0.30 7.0 1.1m 1.1
73h 2006 03 19.92 0C 11.7 1.2 1.5A 84900 > 4 ICQ XX SBD # 15C 8.90mET7 R40 GAI 4 9P0.30 7.0 1.1m 1.1
73h 2006 03 06.82 0C 12.3 1.2 6.3M 84200 2.6 > 3 n248 ICQ XX SBD # 15C 0.50mET7 R40 GAI 5 9P0.25 7.6 7.4x 7.4
73h 2006 03 06.82 0C 12.3 1.2 6.3M 84200 2.6 > 3 n248 ICQ XX SBD # 15C 1.00mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.6 7.4x 7.4
73h 2006 03 06.82 0C 12.3 1.2 6.3M 84200 2.6 > 3 n248 ICQ XX SBD # 15C 2.50mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.6 7.4x 7.4
73h 2006 03 06.82 0C 11.9 1.2 6.3M 84200 2.6 > 3 n248 ICQ XX SBD # 15C 2.40mET7 R40 GAI 5 9P0.20 7.6 7.4x 7.4
73h 2006 03 06.82 0C 11.9 1.2 6.3M 84200 2.6 > 3 n248 ICQ XX SBD # 15C 3.90mET7 R40 GAI 5 9P0.25 7.6 7.4x 7.4

```

ICQ však není jedinou organizací, která data shromažďuje a využívá. Řada pozorovatelů funguje na bázi více-méně národních skupin s přesně definovaným programem. V tomto směru jsou zajímavé výsledky italské skupiny **CARA** (*Comet Data Archive for Amateur Astronomers*), která používá pozorování svých členů ke sledování veličiny  $Af_{[r]}$ , která v podstatě reprezentuje množství prachu obsaženého v kometě a je mnohem méně závislá na pozorovacích podmínkách, přístroji atd.

## Odkazy

- [1] CCD fotometrie komet na Vsetíně. Dostupné z: <http://www.hvezdarna-vsetin.cz/showpage.php?name=comet>.
- [2] Moravské přístroje (Moravian Instruments) Home Page. Dostupné z: <http://ccd.mii.cz>.
- [3] Astrometrica Home page. Dostupné z: [www.astrometrica.at](http://www.astrometrica.at).
- [4] GAIA - Graphical Astronomy and Image Analysis Tool. Dostupné z: <http://star-www.dur.ac.uk/~praper/gaia/gaia.html>.
- [5] ICQ. Dostupné z: <http://www.icq.eps.harvard.edu/index.html>.



1.11. 2007 - Snímek komety, který pořídil Ladislav Šmelcer na Hvězdárne ve Valašském Meziříčí (Schmidt-Cassegrain Celestron 280/2800 - redukce 0,66 + CCD SBIG ST-7 obory R a I, 23 × 20 s).

## Proměnné hvězdy

Ladislav Šmelcer, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.



*Přístroje v kopuli odborného pracoviště včetně katadioptrického systému pro pozorování proměnných hvězd (na snímku v popředí) vybaveného CCD kamerou.*

Systematické pozorování proměnných hvězd na hvězdárně začalo počátkem devadesátých let. V tomto období se začaly sledovat symbiotické hvězdy, později také fyzické proměnné. Fotografická metoda, která v té době byla jediná objektivní, z dnešního hlediska pozorovatele byla velmi pracná. K získání několika bodů na světelné křivce bylo kromě dlouhých expozic nutné filmy vyvolat a proměnné hvězdy proměřit na irisovém fotometru.

Nástupem CCD techniky v roce 1997 se práce velmi zjednodušila a umožnila rozšířit aktivity. Co nyní pozorujeme je možné si přečíst na podstránce pozorovací program.

Zajímavé výsledky jsou publikovány v různých odborných periodikách. Tyto práce jsou také zveřejněny na serveru NASA ADS. Soupis prací je uveden na podstránce publikace.

### Co jsou proměnné hvězdy ?

Hvězdy svítí vlastním světlem, jejich povrch je zahřátý na teplotu řádově tisíce stupňů Celsia. Co zahřívá jejich povrch? Jsou to už zmiňované termionukleární reakce, probíhající ve středu hvězd. Uvolněná energie se pak přenáší do vyšších vrstev až k povrchu, kde se její část přemění na fotony, které dál putují vesmírem a do všech stran šíří informaci o existenci takového objektu. Právě fotony přicházející od hvězd jsou pro nás jedinou informací, kterou můžeme získat. Nicméně v nich je skryto mnoho důležitého, co se můžeme o hvězdě dovědět. V případě pozorování proměnných hvězd se tento tok fotonů mění, jinak řečeno hvězda je někdy jasnější, jindy slabší. Důvodů, proč se tak děje, je poměrně mnoho.

## Mechanismy proměnnosti hvězd

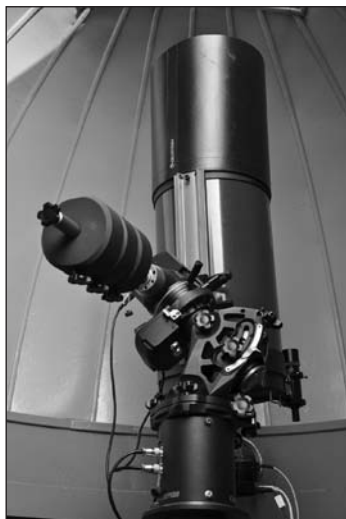
### a) geometrické

- aa) **rotující hvězdy** - předpokládá se, že na povrchu některých hvězd se vyskytují chladnější místa, ze kterých přichází i méně fotonů. Díky tomu, že se hvězdy otáčejí kolem své osy, promítají se směrem k pozorovateli teplotně různé oblasti. Tyto změny je pak možné fotometricky zaznamenat do výsledného grafu, kterému se říká světelná křivka.
- ab) **zákrytové hvězdy** - v tomto případě se jedná zpravidla o dvojhvězdy, které obíhají kolem společného těžiště. V případě, že rovina, ve které hvězdy obíhají, leží ve směru našeho pozorování, můžeme sledovat vzájemné zákryty hvězd. Tyto zákryty se projevují na světelné křivce jako periodické změny svítivosti.

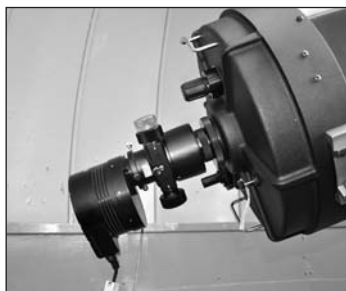
### b) fyzické

- ba) **reálné změny v okolohvězdném materiálu** - tento případ se zpravidla týká mladých hvězd, které zahájily svoji životní pouť. V jejich okolí se ještě vyskytuje velké množství prachoplynného materiálu, ze kterého hvězda vznikala. Hvězda však začala svítit vlastním světlem a právě díky tomu dochází k vzájemnému působení. Tlakem záření jsou zbytky hmoty kolem hvězdy odtlačovány pryč od hvězdy a zahřívány. Pro pozorovatele na Zemi se pak takový objekt jeví jako chaoticky svítící hvězda. Na světelné křivce jsou vidět neperiodické změny.
- bb) **reálné změny v podvrchových vrstvách** - příkladem takových proměnných hvězd jsou hvězdy v závěrečném stadiu vývoje, nazývané červení obří. Důsledkem narušení hydrostatické rovnováhy jsou pulsace, kdy se poměrně periodicky mění jejich velikost. S tím přímo souvisí i následné změny povrchové teploty. Tyto změny jsou pak opět fotometricky pozorovatelné.
- bc) **změny v jádře hvězdy** - to se týká velmi hmotných hvězd (od  $8 M_{\text{sl}}$  a více) také v závěrečné fázi vývoje, kdy vnitřní struktura připomíná cibuli. V jednotlivých vrstvách probíhají různé termonukleární reakce. V centrální oblasti pak vzniká železné jádro. Atomy železa se však už nemohou slučovat na další těžší prvky, tudíž v centrální části přestává působit gradient tlaku proti gravitaci a železné jádro se začíná hroutit. V určitém okamžiku se z něho stává velmi hustá látka tvořená neutrony, která vytvoří vůči dalším padajícím vrstvám hmoty nepřekonatelnou překážku. Dopadající hmota se zahřívá na obrovské teploty (kinetická energie se mění na potencionální) a v okolí kompaktního jádra dojde k překotným termonukleárním reakcím, které rozmetají vnější obal hvězdy. Tento jev nazýváme vzplanutí supernovy, který patří k nejvíce nápadným projevům změny jasnosti hvězdy ve vesmíru.





*Specializované vybavení pro pozorování proměnných hvězd ve východní kopuli Hvězdárny Valašské Meziříčí.*



## Pozorovací program

### Projekt B.R.N.O.

Projekt je zaměřen na pozorování zákrytových dvojhvězd. Výsledkem je především určování okamžiků minim jasnosti. V současné době jsou preferována pozorování trojhvězdných systémů, dvojhvězd s excentrickou oběžnou dráhou nebo se stáčením přímky apsid.

Pozorování je možné provádět vizuálně nebo pomocí CCD techniky. Výsledky jsou v současné době publikovány v odborných žurnálech **IBVS** (*Information Bulletin on Variable Stars*) či **OEJV** (*Open European Journal on Variable Stars*).

### Projekt MEDÚZA

Zastřešuje pozorování a výzkum fyzických proměnných hvězd. V tomto projektu se pozornost věnuje červeným pulzujícím proměnným, symbiotickým a kataklyzmickým proměnným, novám a supernovám. Na hvězdárně se v současné době zaměřujeme na různé pozorovací kampaně, zejména při vzplanutí nov.

### Projekt TRESKA

Nový atraktivní projekt je zaměřen na sledování zákrytů hvězd vlastním planetárním systémem.

Několik desítek extrasolárních planet má v prostoru orientovanou orbitální trajektorii rovnoběžně ve směru k pozemskému pozorovateli. Tehdy pozorujeme fotometricky přechod temného kotoučku planety přes disk mateřské hvězdy. Tento typ pozorování však vyžaduje kvalitní přístrojové vybavení a zkušenosti získané třeba z projektu B.R.N.O.

### Projekt HERO

Je zaměřen na sledování vysokoenergetických objektů - stelárních a extragalaktických zdrojů. Zpravidla tyto objekty vyzařují rentgenové a gamma emise a úkolem pozorování je sledovat jejich aktivitu v oblasti viditelného světla

a upozorňovat na neobvyklé chování (vzplanutí a pod.). Protože se jedná o slabé objekty, i v tomto případě je k pozorování nutná CCD technika.

Podrobnější informace se dovíte na sekčních stránkách pozorovatelů proměnných hvězd <http://var.astro.cz/>

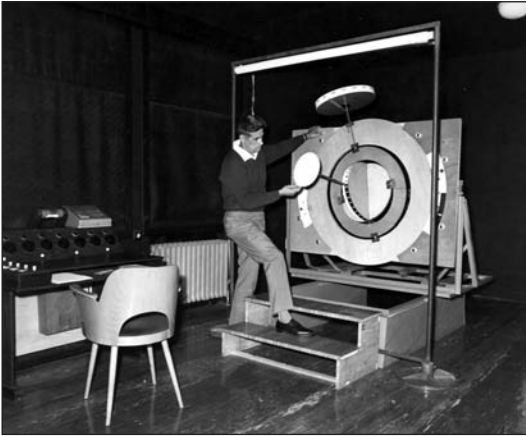
Výsledky fotometrie proměnných hvězd na hvězdárně je možné si prohlédnout na stránce [http://var2.astro.cz/obslog.php?obs\\_id=1180398539&lang=cz](http://var2.astro.cz/obslog.php?obs_id=1180398539&lang=cz)

## Pozorování Slunce a jeho využití ve vzdělávací činnosti

Libor Lenža, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

### Historie pozorování Slunce na Hvězdárně Valašské Meziříčí:

- 1) Počátky 1957 – Mezinárodní geofyzikální rok – počátek fotografických pozorování Slunce na skleněné fotografické desky.
- 2) Postupný rozvoj a přibírání dalších pozorovacích technik (detaily sluneční fotosféry, protuberance) - postupem doby bylo zahájeno a realizováno nejprve nepravidelné snímkování protuberancí a skupin slunečních skvrn, které později přešlo v pravidelnou činnost.
- 3) Vývoj rozsahu a povahy pozorování v čase - pozorování bylo závislé na personálních možnostech.
- 4) Podíl na službě FOTOSFEREX, sběr dat vizuálních pozorování Slunce z ČSSR, ČR, SR aj. - rozvoj pozorování Slunce, každodenní snímkování a zasílání snímků na AsÚ AV ČR.
- 5) Problémy materiálů, zdrojů – spolupráce a pomoc kolegů. Problémy především v zajištění potřebného kvalitního fotografického negativního materiálu. Počátkem 90. let pomohla americká observatoř Big Bear Solar Observatory (díky slovensko-české spolupráci a podpoře).
- 6) Systematické sledování, zpracování a publikování - rozvoj v první polovině 90. let až do konce desetiletí, pak mírný útlum způsobený ekonomickými problémy a postupným přechodem na CCD techniku.

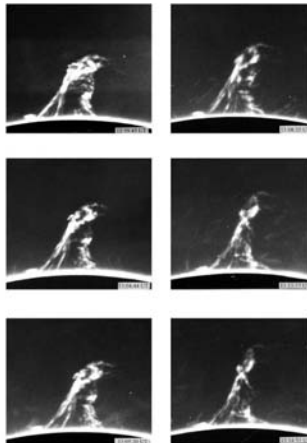
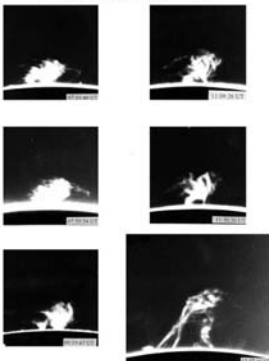


*Dnes již neexistující rektifikační přístroj sloužil k měření ploch slunečních skvrn u okraje slunečního disku. Na snímku Milan Neubauer.*

## Rozsah pozorování projevu sluneční aktivity

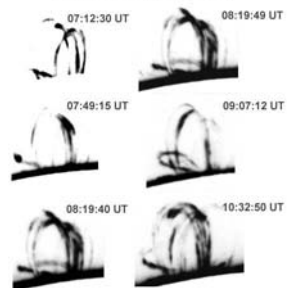
- Celkové snímky slunečního disku (fotosféra) - dnes na planfilmy
- Detailní snímky sluneční fotosféry (aktivních oblastí)
- Přehledové snímky protuberancí (celý limb a poloviny limbu)
- Detailní snímky protuberancí (v případě aktivních protuberancí)
- Detailní snímky aktivních oblastí v chromosféře (výhradně CCD)
- Celkové snímky sluneční chromosféry (zatím pilotní provoz)
- Archiv (možnosti využití rozsáhlého archivu)

**Vývoj erupční protuberance  
29. června 1994**  
Pozorování v čáře H-alfa dalekohledem  
Zeiss E 150/1950 mm s šolcovým filtrem (0,5 nm)  
Pozice W S20, KODAK SO 115  
Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.



*Ukázka systematického fotografického pozorování vývoje aktivních protuberancí.*

**Poerupční smyčky ze dne 26. 06. 1992  
(pozice W N12', exp. 1/15 s)**



## **Možnosti využití ve vzdělávací činnosti**

Některé dopady jsou přímé, jiné zprostředkované. Významnou složkou je průběžné vzdělávání pracovníků, zvyšování jejich kvalifikace, prohlubování odbornosti, vnímání souvislostí apod. To se projeví v práci odborných pracovníků například:

- osobnějším přístupem při výkladu - exkurzích (seznámení s pracovištěm)
- vzdělávacími programy nebo jejich doplňky zaměřenými na praktická pozorování a jejich interpretaci – znalost morfologie útvarů a jevů na Slunci ve fotosféře i chromosféře, včetně protuberancí
- využitím praktických pozorování k vysvětlení jiných jevů z oblasti fyziky (magnetické pole, plazma, spektroskopie, zpracování digitálního obrazu apod.)
- vyšší prestiží hvězdárny a lepší PR pracoviště
- výstupy pro popularizaci, osvětu, marketing (fotografie, animace apod.)

## **Potenciál využití ve vzdělávací činnosti**

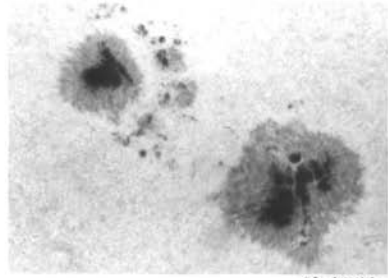
Možnosti dalšího rozvoje směrem k využití při výuce a vzdělávání:

- příprava a realizace vzdělávacích akcí zaměřených přímo na pozorování (systematičnost, výběr tématu – návrh pozorování – pozorování – zpracování – interpretace – publikace) – vícedenní akce (problém jak motivovat pedagogy a studenty k účasti)
- vyšší zapojení studentů do odborné činnosti hvězdárny (HVM) – do určité míry samostatná a systematické práce (velmi žádoucí, zatím se nám moc nedaří)
- využití a demonstrace spekter, vysvětlení podstaty a praktické ukázky
- různé druhy odborných prací a soutěží na školách všech stupňů

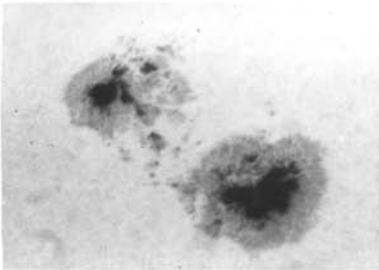
Velmi důležitá a nezastupitelná je zde role vzájemné spolupráce a jejího dalšího rozvoje směrem k lepšímu a efektivnějšímu využívání odborné pozorovatelské činnosti k lepší kvalitě a efektivitě vzdělávání.



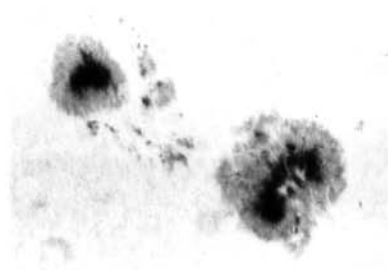
23.05.91  
12:38 UT



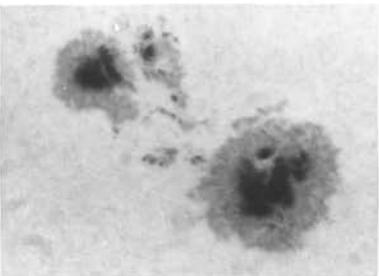
28.05.91  
14:58 UT



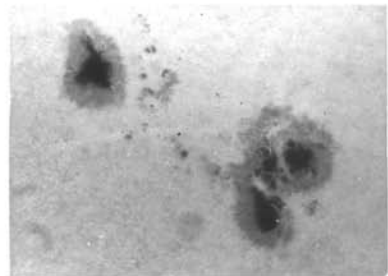
26.05.91  
13:09 UT



29.05.91  
12:48 UT



27.05.91  
12:08 UT



30.05.91  
11:56 UT

**Vývoj skupiny slunečních skvrn  
květen 1991  
Materiál ORWO MA 8  
Refraktor Zeiss AS 200/3000**

*Ukázka systematického fotografického pozorování vývoje skupiny slunečních skvrn.*

# Obsah

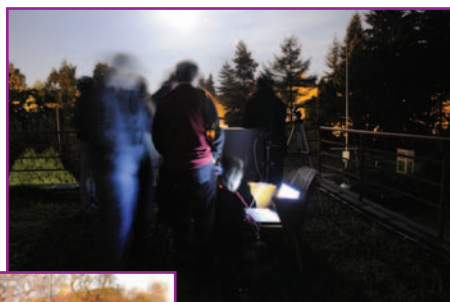
<b>Meteoroidy, meteory a meteority</b>	<b>1</b>
<b>Proč pozorovat Měsíc?</b>	<b>5</b>
<b>Zákryty hvězd tělesy Sluneční soustavy</b>	<b>8</b>
Zákryty: Nejrychlejší úkazy na obloze	8
Nebeské „srážky“	9
Zákrytářská současnost	10
Čekání na bliknutí	11
Tečné zákryty	12
Stále ještě hit sezóny – zákryty hvězd planetkami	13
<b>Kozmické počasie</b>	<b>17</b>
Slnko a jeho aktivita	18
Slněčný víctor	18
Kozmické žiarenie	19
Výskum kozmického počasia	20
<b>CCD pozorování sluneční chromosféry na Hvězdárně Valašské Meziříčí</b>	<b>22</b>
Úvod	22
CCD technika a Slunce	22
Výstup z kamery	23
Jak pozorujeme u nás	24
Pořizování snímků	24
Úprava snímků	25
Některé problémy	26
Ukázky pozorování	27
Účel pozorování a cíle pozorovacích kampaní	30
Možnosti a potenciál spolupráce, šance pro studenty	31
<b>CCD fotometrie komet</b>	<b>32</b>
Postup pozorování	33
Zpracování a fotometrie	34
Postup	35
Publikace	35
Odkazy	36
<b>Proměnné hvězdy</b>	<b>37</b>
Co jsou proměnné hvězdy ?	37
Mechanismy proměnnosti hvězd	38
Pozorovací program	39
<b>Pozorování Slunce a jeho využití ve vzdělávací činnosti</b>	<b>40</b>
Rozsah pozorování projevu sluneční aktivity	41
Možnosti využití ve vzdělávací činnosti	42

*Workshop zaměřený na pozorování projevů sluneční aktivity a spektroskopii se těšil velkému zájmu mezi studenty a jeho zaměření bylo velmi praktické. Účastníci využívali veškerou dostupnou techniku.*





*Pozorování Slunce projekcí na Kysucké hvězdárně.*



*Nahoře vpravo: praktické ukázky techniky pro pozorování proměnných hvězd.*

*Nahoře: Noční pozorování meteorů pomocí TV CCD kamery v rámci workshopu.*



*Společná fotografie účastníků workshopu zaměřeného na pozorování Slunce a spektroskopii.*



Jako vzdělávací a metodický materiál vydala Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

© 2012, Hvězdárna Valašské Meziříčí, p.o., Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Grafika a sazba: Libor Lenža

Vytiskla: Trikolora, s.r.o. Valašské Meziříčí

Materiál byl vydán v rámci projektu *Kooperující síť v oblasti astronomických odborně- pozorovatelských programů*. Partneři projektu jsou Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o. Zlínského kraje a Kysucká hvězdárna v Kysuckom Novom Meste.

Neprodejně!

Tento mikroprojekt je spolufinancován Evropskou unií, z prostředků Fondu mikroprojektů spravovaného Regionem Bílé Karpaty

