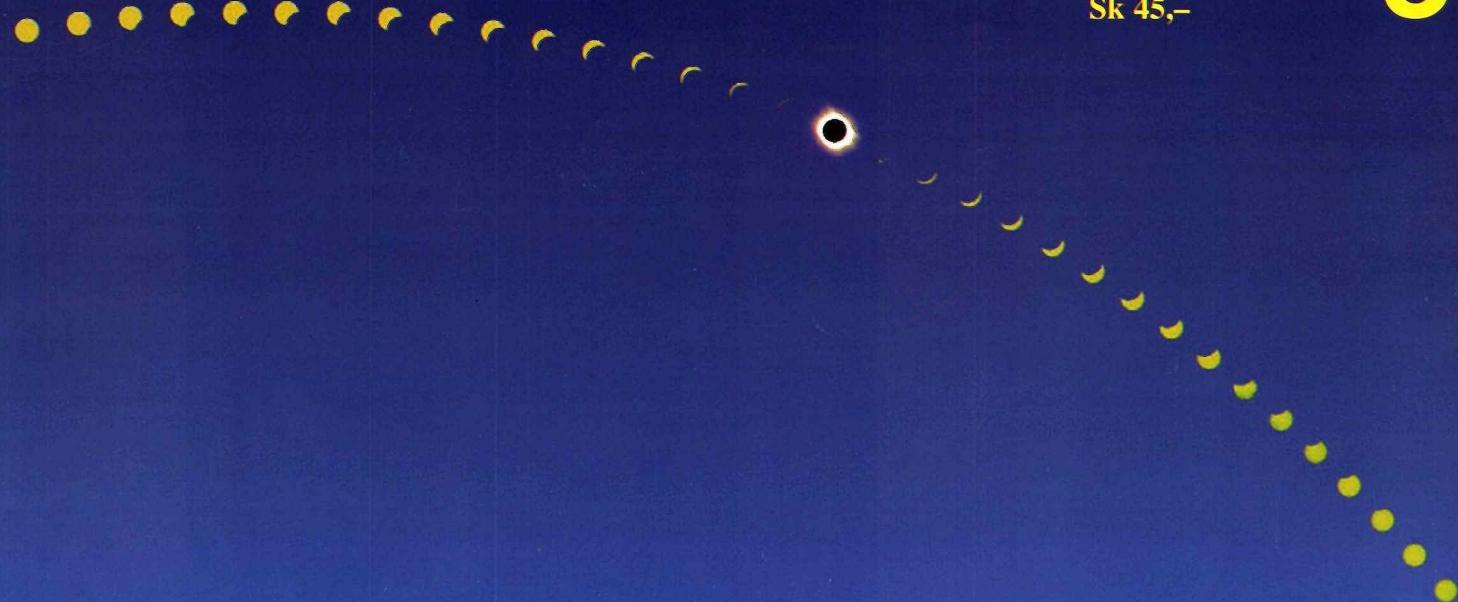


# KOZMAOS

2006  
ROČNÍK XXXVII. 3  
Sk 45,-



- Čierne Slnko z Turecka
- Rozprava o symbiotických hviezdach
- Ještě preciznější kosmologie
- Disky:  
záhadné kolotoče vesmíru



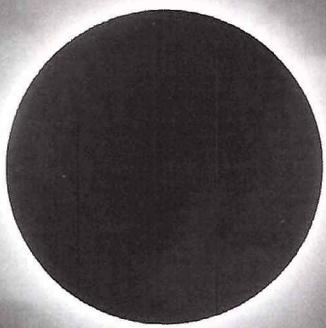
## Jedenásta hurbanovská koróna

Presná fotometria každého obrázku je podkladom na určenie množstva hmoty v koróne. To je však možné, iba ak poznáme mechanizmus vyžarovania. V súčasnosti je obecne akceptovaná teória, ktorá vznik žiarenia koróny spája s rozptylom svetla fotosféry na voľných elektrónoch. Nevylučuje sa však možnosť, že časť žiarenia má aj iný pôvod, napr. brzdné, synchrotrónové alebo plazmové žiarenie. Táto možnosť sa tiež dá overiť zo zatmeňových pozorovaní, ak sa doplnia aj polarizačnými meraniami. Z časového radu určení rozloženia hmoty sa dá rekonštruovať jej pohyb, podobným spôsobom, ako sa tvorí animovaný film, a z pohybu hmoty sa dá usudzovať o silach, ktoré tento pohyb spôsobujú. Tieto určenia sú pomerne vzácné, lebo si vyžadujú snímky s veľkým rozlíšením detailov. Rýchlosť uzlíkov hmoty dosahuje vysoké hodnoty, až niekolkotisík km/s.

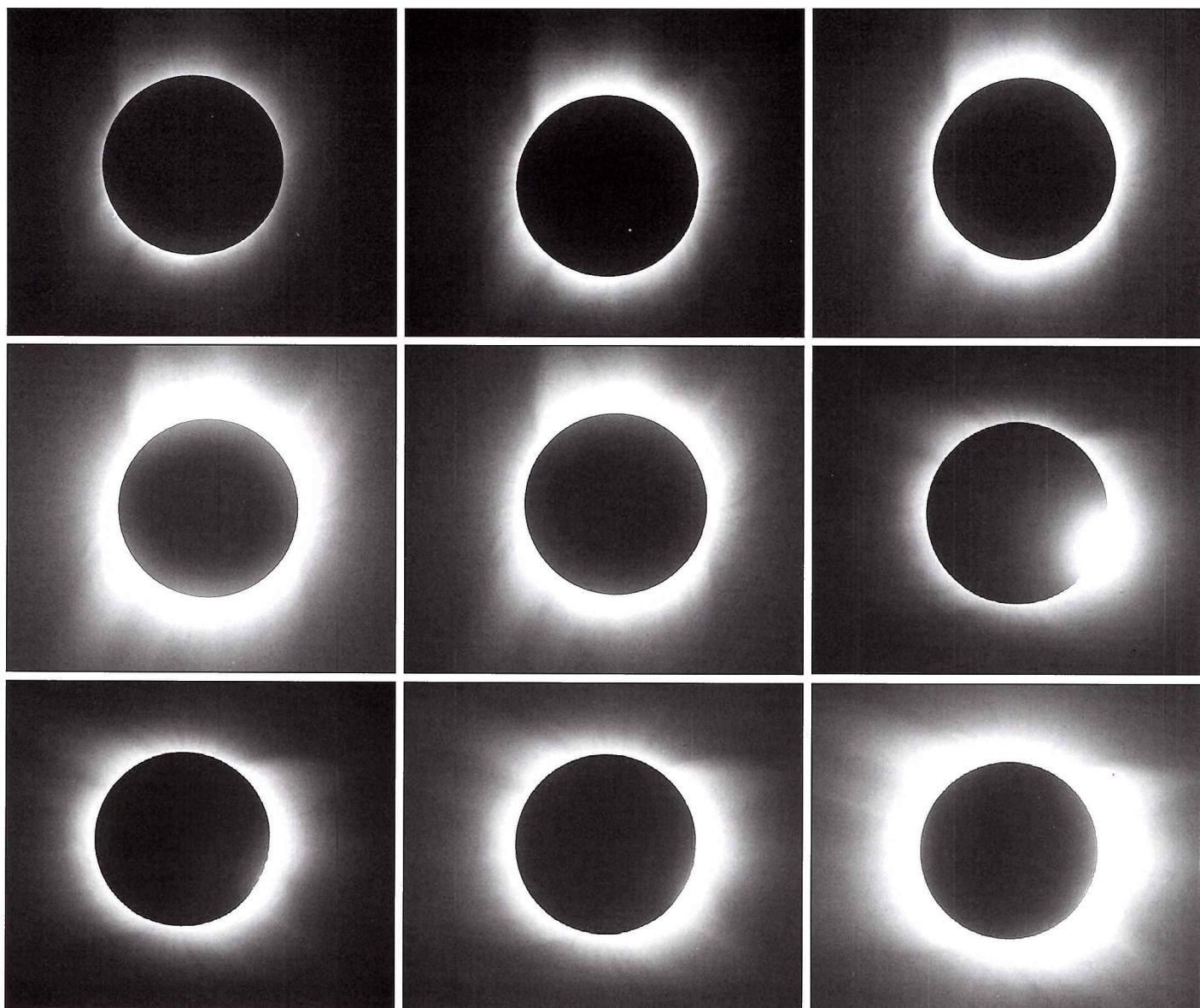
Pri dlhšie trvajúcich zatmeniach a pri použití pozorovacieho materiálu z rôznych miest pásu totality je možné určiť aj rozsiahlejšie presuny hmoty.

Údaje sú podkladom pre teoretické úvahy o vzniku koróny, jej variácii a prechodu do slnečného vetra. V tejto oblasti máme najviac medzier. Sme stále v oblasti „tušenia súvislostí“ bez presných dôkazov, ktoré sú pre akceptovanie teórie v prírodných vedách nevyhnutné.

Komplikovanosť problému si môžeme objasniť analógiou. Vieme, že v nebeskej mechanike je dokázaná neriešiteľnosť problému troch telies v analytickom vyjadrení. Pritom tam sa jedná iba o gravitačné sily pôsobiace na elektricky neutrálnu hmotu. V prípade koróny ide o veľké množstvo elektricky nabitych častíc, ktoré pri sú pri pohybe ovplyvnené aj magnetickým poľom a sám ich pohyb toto pole mení. Tzv. magnetohydrodynamika nemôže problémy koróny riešiť pre množstvo zjednodušujúcich predpokladov. Riešenie možno očakávať od časti teoretickej fyziky, ktorá má názov „fyzikálna kinetika“.



Séria obrázkov koróny pri úplnom zatmení 29. marca 2006 s rôznymi expozíciami od 1/4000 s po 1 s, exponované digitálnymi fotoaparátmi Canon EOS 5D/1200 mm a Canon EOS 350D/600 mm. Pokles jasu koróny so vzdialenosťou od slnečného okraja je veľmi prudký, preto sa nedá zaznamenať na jednu snímku. Celkový obraz v tvare koronálnych lúčov získame kompozíciou viacerých snímkov. Kompozit (hore) je zložený z troch snímkov programom Photoshop.



**Vydáva:** Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. Za vydavateľa zodpovedný: Ing. Teodor Pintér.

**Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lídia Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail kozmos@nextra.sk

**Redakčný kruh:** doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčák, CSc., RNDr. Bohuslav Lukáč, CSc., doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, PhD Anna Pribulová, RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc. Predseda redakčného krahu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

**Tlač:** Tlačiareň KASICO,

a. s., Beckovská 38,

823 61 Bratislava.

**Vychádzky:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevracíame. Cena jedného čísla 45,- Sk/Kč. Pre abonentov ročne 240,- Sk/Kč vrátane poštovného.

**Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta a doručovateľ Slovenskej pošty. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk.

**Predplatitelia:** V Čechách A.L.L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711.

Podávanie novinových zásielok povolenie Riadiťstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechach rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v Čechach bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998.

Zadané do tlače 22. 5. 2006

ISSN 0323 – 049X

## Témy čísla

- 3 Ještě preciznější kosmologie /**  
*Zdeněk Mikulášek*
- 9 Disky: záhadné kolotoče vesmíru /**  
*Omer Blaes*
- 14 ROZPRAVA O SYMBIOTICKÝCH HVIEZDACH (1)**  
**Základné zložky žiarenia /**  
*Augustin Skopal*
- 21 ZATMENIE SLNKA 2006**  
**Jedenásta hurbanovská koróna /**  
*Teodor Pintér;*  
**Zatmenie v Kábule / Lubomír Šurina**  
(str. 32);  
**Čierne Slnko z krajiny polmesiaca /**  
*SZAA Solar Eclipse Team (str. 32);*  
**2. strana obálky: Jedenáste zatmenie Slnka pracovníkov SÚH v Hurbanove**  
**3. strana obálky: SZAA SET**
- 24 Stardust – o misii a jej prvých výsledkoch... / Marián Jakubík**
- 25 Kríza vo fundamentálnej fyzike /**  
*Lee Smolin*
- 28 Astrofoto 2005**  
**Podmienky súťaže Astrofoto 2006**

## Aktuality

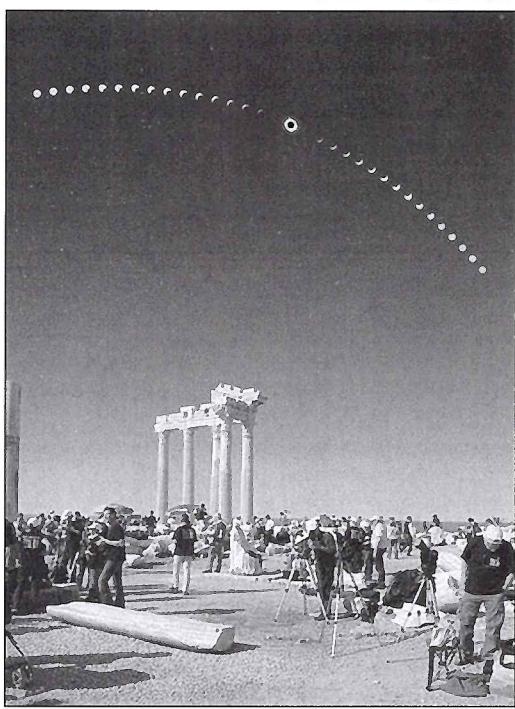
- 2 Objavili najväčšiu, najsvietivejšiu hviezdu...**
- 8 Radarové lego z Titanu**
- 18 Väčšina hviezd v našej Galaxii sú jedináčkovia;**  
**Magneticke pole formuje výtrysky z umierajúcej hviezdy**
- 19 Neobyčajné vzplanutie žiarenia gama;**  
**Fosílie staré 650 miliónov rokov**
- 20 Hviezda s protismerné krúžiacimi planétami?**

## Rubriky

### POZORUJTE S NAMI

- 34 Obloha v kalendári**  
(jún – júl 2006 / *Pavol Rapavý*)
- 37 Kalendár úkazov a výročí /**  
*Pavol Rapavý*
- ALBUM POZOROVATEĽA**
- 31 Rozpad kométy Schwassmann-Wachmann-73P /**  
*Peter Delinčák*
- 38 Amatérská detekcia GRB 060124A /**  
*Rudolf Slošiar*
- 39 Fotografovanie kométy Pojmanski /**  
*Tomáš Maruška*
- 39 Slnčná aktivita**  
(december 2005 – január 2006) /  
*Milan Rybanský*
- PODUJATIA**
- 40 Expedícia Jarné Roztoky 2006 /**  
*Zdeněk Komárek;*  
**Kolofota 2006 /**  
*Pavol A. Dubovský*

## Obálka

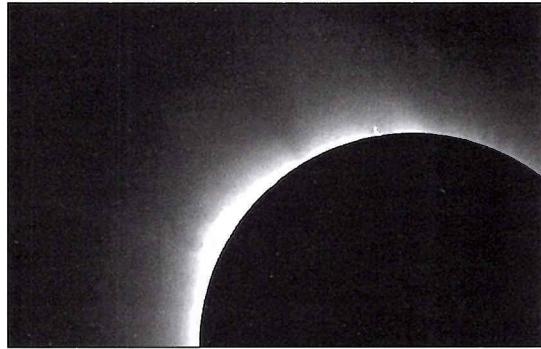


Postupka zatmenia nad Apolónovým chrámom.

Foto: SZAA EC

## K zatmeniu Slnka 2006 sa ešte vrátime

Do pásu totality zatmenia Slnka v tureckej Kappadocii išla expedícia 55 pozorovateľov z Čiech a zo Slovenska. Viac o expedícii prinesieme v budúcom čísle Kozmosu.



Slnko, chromosféra, protuberancia, koróna – nádhera.



V budúcom čísle prinesieme reportáž z expedície SASTUR 2006. Na snímke astronóm dr. Demircan, rektor Univerzity v Canakkale, príjima darček od dr. Hrica.

# Objavili najväčšiu, najsietivejšiu hviezdu...

Astronómovia z Floridskej univerzity (FU) objavili hviezdu, ktorá je sedemkrát svietivejšia ako Pistol Star, držiteľ doterajšieho rekordu. Ako je možné, že tohto hviezdného obra doteraz nikto neobjavil? Na vne sú husté záclony galaktického prachu medzi Zemou a týmto obrom, ktorý pohlcuje všetko viditeľné svetlo.

Svetlo zo Slnka prekoná vzdialenosť Zem/Slnko za 498 sekúnd (8,3 minút). Fotóny z hviezd/rekordéra, ktoré zachytily astronómovia, leteli na Zem 45 000 rokov. Objekt sa nachádza na opačnej strane Galaxie. Objavili ho pomocou citlivých infračervených detektorov, pretože dlhšie vlny infračervenejho žiarenia lepšie prenikajú prachom.

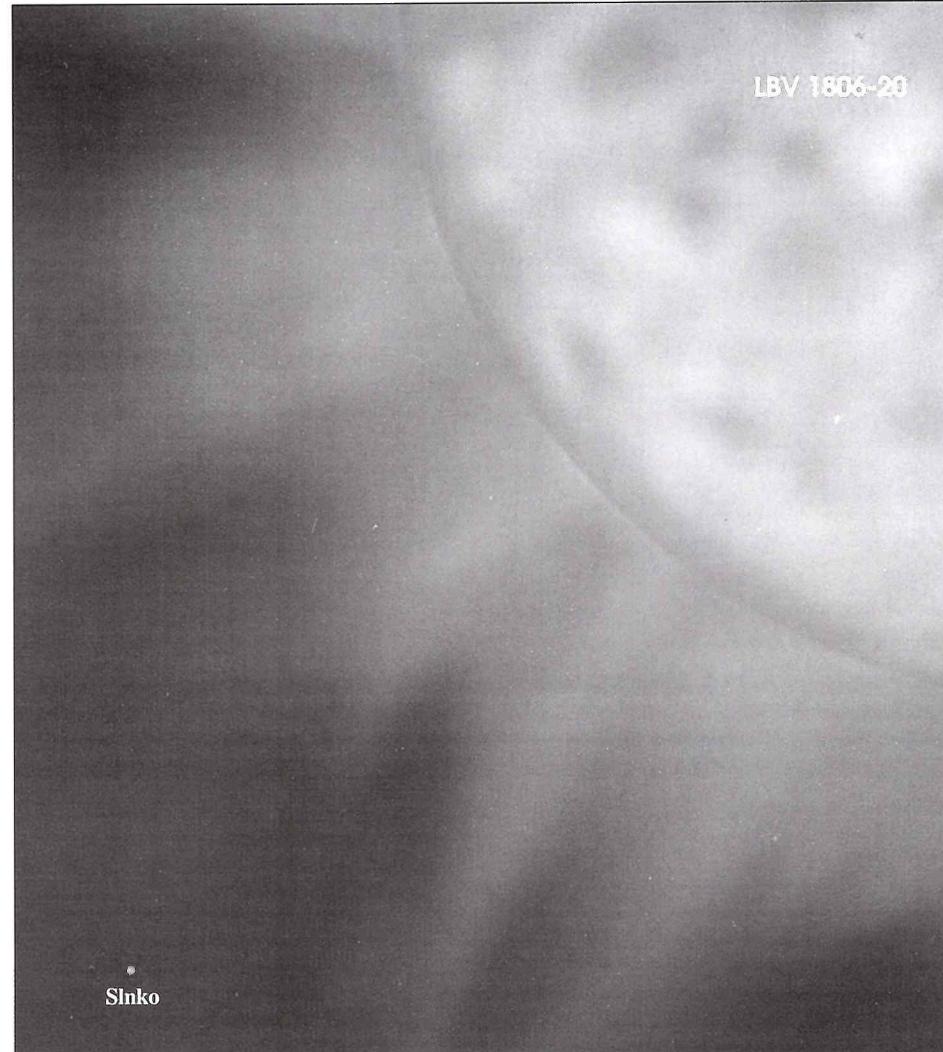
Objaviteľia na tlačovke začiatkom januára na konferencii Americkej astronomickej spoločnosti vyhlásili, že obor LVB 1806-20 je najmenej taký svietivý ako Pistol Star (pomenovali ju podľa tvaru hmloviny, ktorá ju obklopuje), ktorá je na čele tabuľky najsietivejších hviezd. Pistol Star je 5- až 6-miliónkrát jasnejšia ako Slnko. LVB 1806-20 však bude podľa všetkého až 40-miliónkrát jasnejšia.

Steve Eikenberry z Floridskej univerzity výhľásil: „Ak objekt, ktorý sme objavili, nie je viac hviezdnym systémom, potom sme objavili doteč najjasnejšiu hviezdu.“ Tím zo Space Telescope Science Institute v Baltimore, ktorý objavil Pistol Star, uverejnili stanovisko, podľa ktorého takúto možnosť nemožno vylúčiť, hoci údaje o objekte LVB 1806-20 sú mimoriadne kvalitné. Overovanie ešte nejaký čas potrvá.

Astronómovia o LVB 1806-20 vedia už šestnásť rokov. Objekt v roku 1990 identifikovali ako jasné, modré, premenné hviezdy. Takéto hviezdy sú relatívne vzácne. Vie sa o nich, že sú mimoriadne masívne. Ich život od zrodu až po búrlivú smrť (a premenu na supermasívny objekt) je pomerne krátky, pretože hmotnosť a teplota v jadre generujú jadrové reakcie, ktoré palivo veľmi rýchle spotrebujú. Typické pre tieto hviezdy je ich variabilita, prejavujúca sa kolísaním jasnosti a farby v infračervenom spektri.

Jasné, modré, variabilné hviezdy sú extrémne veľké. LVB 1806-20 (ak naozaj ide o jedinú hviezdu) by mala byť 150-krát väčšia ako Slnko. Navyše: je to mimoriadne mladá hviezda, nemala by mať viac ako 2 milióny rokov. (Naše Slnko má bezmála 5 miliárd rokov, pritom jeho životnosť sa odhaduje na minimálne 10 miliárd rokov.)

Astronómovia z Floridy vylepšili snímky získané 200-palcovým dalekohľadom na Mount Palomare pomocou „škvarkového fotografovana“ novej technológie, umožňujúcej vyšie rozlíšenie objektov vo veľkej vzdialosti. Nový prístroj eliminuje chvenie vrchných vrstiev atmosféry.



Slnko

**UV 1806-20: najväčšia a najsietivejšia zo všetkých doteč objavených hviezd vo vesmíre.**

sféry (podobné chveniu horúceho vzduchu nad cestou), čím sa kvalita snímky podstatne zvýši.

Istým problémom bolo zmeranie vzdialenosť LBC 1806-20. Najskôr museli odhadnúť teplotu hviezdy a vypočítať, kolko infračervenejho žiarenia absorbovali mraky prachu, kym ho zachytili na Zemi. Spoľahlivé údaje získali pomocou 4-metrového ďalekohľadu Blanco, ktorý je súčasťou Interamerického observatória na Cerro Tololo v Chile. Najprv upresnili hodnotu absorbcie. Tak odhadli teplotu a z teploty odvodili vzdialenosť. To všetko im umožnilo veľmi spoľahlivo určiť hodnotu svietivosti. Fakt, že hviezda je premenná, bolo v tomto prípade výhodou.

Vedci zatiaľ nevedia, prečo je LVB 1806-20 taká veľká hviezda. Teória o tomto type modrých hviezd hovorí, že ich hmotnosť by nemala prevyšiť 120-násobok hmotnosti Slnka. Veľký tlak a vysoká teplota v ich jadre totiž hmotu z horných vrstiev hviezdy stahujú do stredu a komprimujú, čím sa priemer objektu zmenšuje. Možné vysvetlenie ponúka teória, podľa ktorej sa hviezda sformovala nárazom rázovej vlny (po výbuchu supernovy) do veľkého oblaku molekúl plynu, takže materiál gravitačne rýchle skolaboval a vytvoril masívnu hviezdu.

Hvezdárov neďívajte iba veľkosť hviezdy. Astrofyzikov doslova šokovalo zistenie, že LVB

1806-20 sa nachádza v malej kope neobyčajných, extrémne zriedkavo sa vyskytujúcich hviezd. Medzi týmto exotmi identifikovali hviezdu – zdroj periodických vzplanutí žiarenia gama. Ide o magnetar (magnetickú neutrónovú hviezdu), jednu zo štyroch, ktoré boli doteč objavené medzi 100 miliardami hviezd Galaxie. Magnetar má magnetické pole, ktoré je o stovky miliárdkrát silnejšie ako magnetické pole Zeme. Periodické vzplanutia žiarenia gama z magnetarov generujú podľa všetkého interakcie hmoty z akrečného disku, ktorá periodicky (v rytme pulzov magnetického pola) dopadá na povrch degenerovanej hviezdy. Okrem viacerých exotických hviezd objavili v kope aj celkom mladú hviezdu.

Astronómov nadchýna rôznorodosť typov hviezd v kope, pretože sa všetky zrodili z jediného nevelkého oblaku. V rovnakej maternici sa obyčajne rodia čo do typu a veku podobné hviezdy.

Objav LVB 1806-20 sa považuje za významný, pretože pomôže upresniť predstavy o zdroe a evolúcii hviezd. Navyše zriedkavá, masívna hviezda pomôže definovať podmienky formovania takýchto veľkých hviezd, ktoré sa (na rozdiel od mladého vesmíru) formujú v dnešnom vesmíre iba ojedinele.

UF News

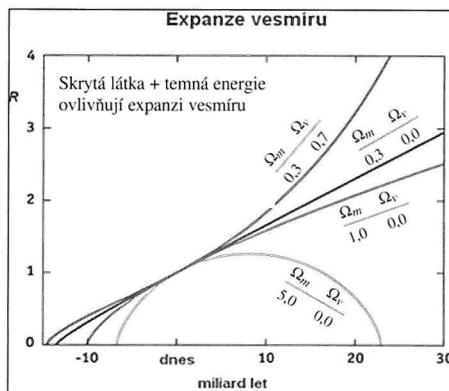
# Ještě preciznější KOSMOLOGIE

## Úvodem

Právě před pěti lety, přesně to bylo 30. června 2001, v 19h 46min 46s světového času, se začala psát zcela nová kapitola ve výzkumu stavby a vývoje vesmíru. V tom okamžiku se v kosmodromu na mysu Canaveral od země oddělila raketa Delta II, která na své palubě vynesla do kosmu tunovou sondu pro výzkum anizotropie mikrovlnného reliktního záření, označenou jako MAP. Po úmrtí hlavního autora celého projektu prof. Davida Wilkinsona v září 2002 byla sonda přejmenována na WMAP – *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*.

Její tvůrci si pro ni vyhlédli zvlášť klidnou lokalitu: blízké okolí vnějšího Lagrangeova bodu L<sub>2</sub> soustavy Země-Slunce, vzdáleného od Země půl druhého milionu kilometrů ve směru od Slunce. Oběžná doba sondy kolem Země i kolem Slunce je táz – jeden rok, vzájemná poloha Slunce, Země a sondy se tak v průběhu času nemění. Dostat se tak daleko od Země je energeticky náročné, proto byli tvůrci sondy nuteni využít známého triku, bez něhož se naše současné cestování po sluneční soustavě neobejde. Po řadě oběhů kolem Země se sonda nesená raketou ocitla v bezprostřední blízkosti Měsíce. Ten ji coby gravitační prak patřičně urychlil a odeslal ji na místo určení. Celá operace byla mimořádně delikátní a zejména pak náročná na správné načasování všech nezbytných manévrů a akcí, třeba jen okamžik vlastního startu prý bylo nutno dodržet s přesností 18 sekund!

Jen co se sonda počátkem října 2001 uhnízdila poblíž Lagrangeova bodu L<sub>2</sub>, hned se dala do měření. Pečlivě, kousek po kousku prohlížela mikrovlnnou oblohu, a to hned v pěti frekvencičních pásmech od 22 do 90 GHz (odpovídající vlnová délka 13,6 až 3,3 mm). Jedna taková kompletní prohlídka oblohy jí zabere právě půl roku. Mikrovlnnou oblohu tak poprvé přehlédl



Obr. 1: Znázornění relativní změny velikosti vesmíru v průběhu času podle různých modelů. Spodní oblouk výjádřuje konečný vesmír s hustotou pětinásobně převyšující hustotu kritickou. Dve střední čáry znázorňují plochý vesmír s hustotou kritickou, hyperbola znázorňuje do nekonečna se rozvíjející vesmír s podkritickou hustotou. Vše nasvědčuje tomu, že žádný scénář se ve skutečnosti nerealizuje. Hustota našeho vesmíru je sice právě rovna hustotě kritické, takže zřejme v plochém vesmíru, ovšem plných 70% hmoty ve vesmíru představuje gravitačně odpudivá temná energie, která už od doby 3 miliard let po velkém třesku urychlí vesmírnou expanzi. Poměr hustoty energie ku hustotě gravitačně přitažlivé látky se bude stále zvětšovat, expanze vesmíru bude akcelerovat. Podle tohoto modelu vesmíru nás od velké třesku dělí časová vzdálenost 13,7 miliardy let, což souhlasí s odhadem stáří těch nejstarších hvězd v Galaxii.

v dubnu 2002, a od té doby pak už mnohokrát. Činí tak jistě i v současnosti, a pokud se jí nic zlého nepřihodí, pak v tom bude pokračovat nejméně do roku 2008. Celý projekt přišel na necelých 150 milionů dolarů, což je prosím nejméně desetkrát méně, než jedna cesta raketoplánu, a mnohonásobně méně, než kolik stál vývoj, vypuštění a opravy mediálně hýčkaného

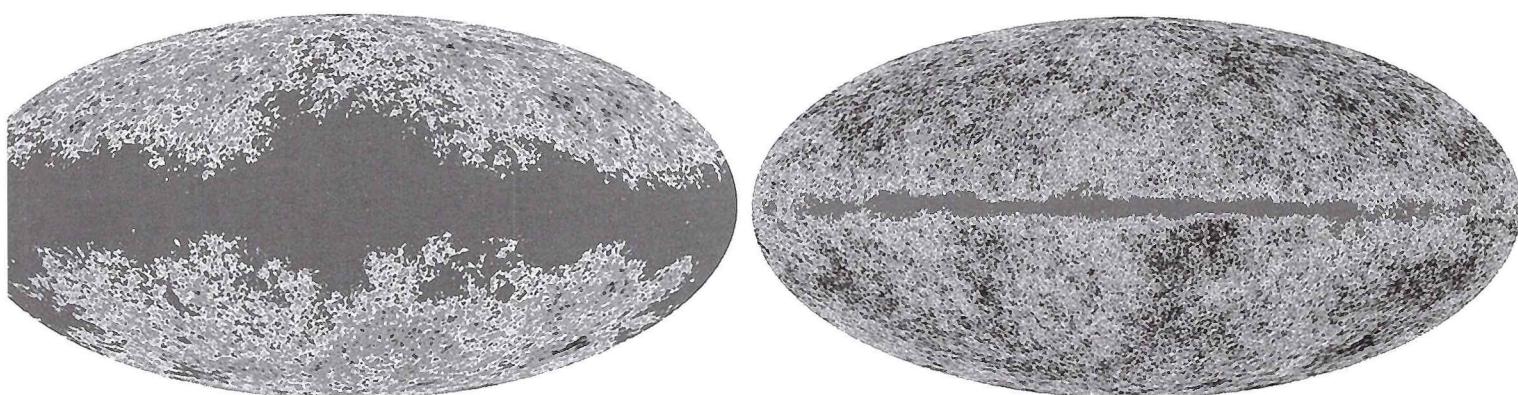
Hubbleova kosmického dalekohledu. Přesto to byla právě sonda WMAP, která nám toho o vesmíru, a zejména pak ranném vesmíru, prozradila víc, než všechny předcházející kosmické projekty dohromady.

## Kosmické mikrovlnné pozadí (CMB)

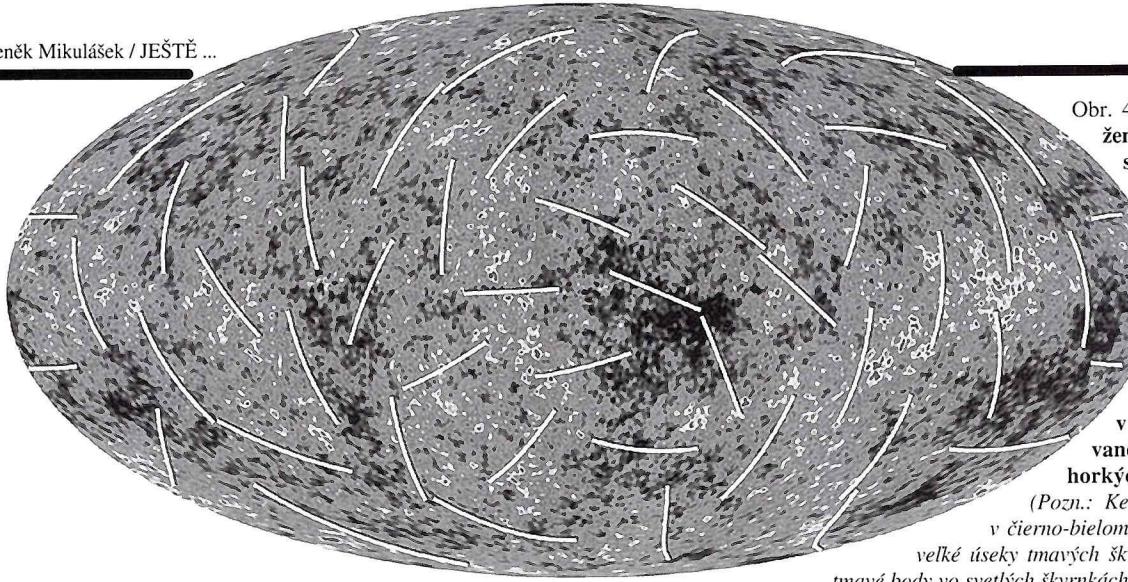
Jak souvisí vzhled oblohy na vlnové délce kolem jednoho centimetru s tím, co se dělo v první půlmiliardě let po velkém třesku? Ukazuje se, že přímo intimně. Chceme-li se něco dozvědět o ranném vesmíru, pak se ovšem nesmíme moc dívat po blízkých objektech zářících v oblasti mikrovln, jako je zvětšovací světlo vzniklé rozptylem slunečního záření na prachových částicích ve sluneční soustavě, nebo rádiové záření mračen prachu, která na obloze nacházíme ponejvíce v bezprostředním okolí galaktického rovníku. Nesmíme též hledět na oblasti ionizovaného vodíku, ani na zbytky po výbuchu supernov, musíme zavřít oči před množstvím úhlově nepatrných, kontrastně zářících vzdálených galaxií, galaktických kup, radiogalaxií a kvasarů. Tentokrát bychom si totiž neměli všimat herců a revizit v popředí, ale zaměřit se na kulisy – mikrovlnné pozadí oblohy (Cosmic Microwave Background).

Na kulisách nás přitom zajímá vše, jak rozlehle struktury přes půl oblohy, tak i ty nejmenší podrobnosti o rozloze zlomků úhlového stupně. Někde to pozadí vidíme jako na dlani, jinde nám jez větší či menší míry překrývají rádiové zářící zdroje v popředí. V různých vlnových délkách se blízké zdroje uplatňují rozdílným způsobem (viz obr. x) – nejhůře je „pozdější přemalbou“ postižen obraz oblohy v nejkratších vlnových délkách. Čím dlouhovlnnejší pak záření je, tím snadněji se prodírá přes překážky, které jim stojí v cestě. Nesmírně akorátní, doslova restaurátorskou práci pak museli radioastronomové odvést, aby se probojovali až k původní malbě, k samotnému podkladu. Vynaložené úsilí se jim ovšem bohatě vyplatilo, protože se takto dostali až k tomu vůbec nejstaršímu světlu, které k nám z vesmíru přichází.

V první přiblížení se nám zdá, že ono nejstarší světlo k nám přichází ze všech směrů stejněměrně, jinými slovy, je přísně izotropní. Intenzita záření mikrovlnného pozadí oblohy i jeho spektrální složení velmi přesně odpovídá záření fyzikálně idealizovaného absolutně černého těle-



Obr. 2: Mapa jasové teploty oblohy na vlnové délce 3,3 a 13,6 mm znázorňuje skvrny s nerovnakou teplotou. Na mapě vpravo je zvlášť dobře patrná silně zaprášená oblast kolem galaktického rovníku, jsou tam viditelné i oblouky částí obálek supernov typu Ia. Snahou výzkumníků ovšem bylo všechny tyto blízké zdroje mikrovlnného záření odstranit nebo maximálně potlačit.



Obr. 4: Mapa teplotního rozložení reliktního záření po odstranění vlivu mezihvězdné a teplejší (řídší) oblasti znázorněny červenou barvou, chladnější, tedy hustejší oblasti jsou tmavomodré. Bílé úseky či oblouky naznačují rovinu polarizace reliktního záření, k němuž došlo později v mezihvězdné látky ionizované ultrafialovým zářením horkých hvězd 1. generace.

(Pozn.: Kedže je obrázok uverejnený v čierne-bielom prevedení, tmavomodré sú veľké úseky tmavých škvŕn, červené sú iba menšie tmavé body vo svetlých škvŕnkach.)

sa o teplotę 2,725 kelvinů. Přesně týž obraz bychom dostali, pokud bychom se nacházeli v dobře vyčerněné dutině nějakého tělesa vyhřátého právě na tuto, povězme hodně nízkou teplotu. Maximum záření onoho rovnovážného záření vysílaného stěnami dutiny se nachází na vlnové délce 1,1 mm (158 GHz), v každém metru krychlovém napočítáme v průměru 411 milionů fotonů tohoto záření.

Reálné záření pozadí mikrovlnné oblohy nám však naštěstí přináší další informace. Předně vidíme, že ono záření pozadí sice má ve všech směrech povahu záření absolutně černého tělesa, ale jeho teplota v různých směrech není přesně stejná. Poměrně jednoduché vysvětlení má pozorovaná tzv. dipolová teplotní asymetrie, kdy ve směru k souhvězdí Lva je teplota pozadí o 0,00337 K vyšší a v opačném směru pak zase nižší než ona průměrná teplota. To je důsledek skutečnosti, že naše Slunce se vůči poli záření přicházejícího k nám z ranného vesmíru pohybuje rychlosťí  $(368 \pm 2)$  km/s. Ve směru pohybu, v tzv. apelu, je přicházející záření teplejší, a to hned ze dvou důvodů. Jednak tím, že jdeme proudem fotonů vstříc, tak jich více potkáváme, ale také kvůli tomu, že v důsledku aberace se plošné výměry zdrojů v okolí apelu zmenšují a jejich jas úměrně narůstá, zatímco úhlové rozmetry zdrojů v antapelu rostou a jejich tudíž klesá. Oba tyto efekty společně lze pak dobře popsat tak, že v apelu má záření pozadí 2,728 K, v opačném směru je pak teplota přicházejícího světla 2,722 K.

Dipolové asymetrii mezi jarní a podzimní částí oblohy tedy jakž takž rozumíme a není příliš obtížné její vliv odečíst. I pak vidíme, že se teploty záření přicházejícího z různých směrů od sebe liší, byť už pouze v milioninách kelvinů. Pochopejme a správně interpretovat tyto delikátní rozdíly je mnohem náročnější.

### Kosmický stroj času

Mohutné atmosférické elektrické výboje, všeobecně nazývané blesky, při nichž se ve zlomku sekundy uvolní a následně promrhá úžasné množství elektrické energie, lidi odjakživa fascinovaly. Jeden nejmenovaný národ pak natolik, že se připomíná hned v začátku své národní hymny. Blesk je děj komplexní, má řadu projevů, především oslňující světelný záblesk následovaný s jistou časovou prodlevou i hromovým zahříváním. Zpoždění hromu za bleskem je tím

větší, čím dál se ono oslnující přírodní divadlo odehrává. Vzdálenost blesku v kilometrech pak lze snadno odhadnout, podělíte-li časovou prodlevu v sekundách třemi. Důvod je jednoduchý – vše to souvisí s různou rychlosťí šíření elektromagnetického a akustického vlnění. Světlo se pohybuje skutečně svižně – jeho cestovní rychlosť činí 299 720 km/s, zvuk za ním se svými 0,3 km/s silně zaostává.

V našem každodenním životě na konečnou rychlosť elektromagnetického záření nemusíme brát zřetel, zpoždění daná touto skutečností jsou nepostřehnutelná. Stačí se však rozšířit svůj obzor i na nejbližší okolí Země a hned vidíme, že rychlosť 300 tisíc km/s zase tak velká není. Kabinetní ukázkou této skutečnosti jsou třeba památné rozhovory amerických astronautů vysazených na Měsici s jejich řídícím střediskem v Houstonu. Konverzace to byla vpravdě přerývaná. Odpověď na přímou a jednoduchou otázku se dostavovala až po dvou, po třech vteřinách, jakoby ti hoši byli poněkud duševně opoždění nebo před námi chtěli něco ututlat. A teď si představte takový rozhovor s našimi lidmi na Marsu...

Vzdálenosti, které nás dělají od objektů mimo sluneční soustavu, jsou vskutku propastné. Svetlo některých hvězd naší Galaxie k nám putuje i stovky tisíc let, podobenka, kterou nám nabízí jedna z nejbližších galaxií, galaxie M31 v Andromedě, je prošla už nejméně dva miliony let, a to zde lidé ještě nebyli. Tato skutečnost však má v sobě i cosi pozitivního. Umožňuje nám překonat handicap krátkosti lidského života a bezprostřední lidské zkušenosti a nahlížet i do doby, kdy ještě ani neexistovala sluneční soustava. Díky konečné rychlosti světla se můžeme dívat i do časů, kdy se ještě nestáčily zformovat první hvězdy ve vesmíru. Chce to jediné, mít k dispozici dostatečně citlivé přístroje, jimž bychom mohli sledovat i ty nejvzdálenější objekty, které v principu pozorovat můžeme. Astronomická pozorovací technika, reprezentovaná i sondou WMAP, se tomuto cíli začíná již velice blížit.

### Kosmologický princip. Rozpínání vesmíru

Pozorování vesmíru a jeho součástí nás přesvědčuje o tom, že v něm platí kosmologický princip, podle něhož je vesmír od určitých měřítek všude v podstatě stejný. To, co platí o prostoru, neplatí však o času, vesmír v minulosti vypadal jinak, než ten současný, má svůj časový

vývoj. Právě ten máme před sebou jak na dlani, prohlížíme-li různě vzdálené objekty, pozorování těch nejvzdálenějších končin vesmíru tak nahlížíme i do své nejdávnější historie.

Je-li vesmír skutečně homogenní, pak jedinou silou, jež určuje jeho dynamiku je gravitace, ostatní síly jsou totiž ve velkých měřítcích v dokonalé rovnováze, a ve svých úcincích se ruší. Připomeďme, že podle obecné teorie relativity, gravitace nemusí být nutně jenom přitažlivá, může být i odpudivá, ale to musíme mít co do činění s látkou, která budí záporný tlak (viz obr. x). Vzhledem k tomu, že se gravitaci nemůže nic postavit, nemůže být vesmír statický, nehybný. Na výběr přitom má jednu z možností – buď se může rozpínat, nebo naopak hroutit.

Už od dvacátých let minulého století bylo jasné, že žijeme v rozpínajícím se vesmíru. Vzdálenosti dostatečně odlehlych objektů každoročně zde narůstají, a to zhruba o svou čtrnáctimiliardtinu. Vzhledem k tomu, že se stáří vesmíru počítá na miliardy let, nelze tuto skutečnost nebrat v úvahu.

Rozpínání vesmíru bychom si neměli představovat jako panický úprk galaxií z nějakého zvlášť odpudivého místa, ono totiž spíše jde o proces připomínající kynutí těsta na velikonoční mazaneč. Obsahuje-li těsto kvásek a trošku cukru, a je-li předtím dostatečně vymícháno (je homogenní, jako ten vesmír), pak v teplém prostředí povolna bobtná, zvětšuje se, přibývá v něm prostoru. Testovači body reprezentované rozsekanými mandlemi a hrozinkami se od sebe vzdalují, a to tím více, čím jsou od sebe dál. Budeme-li se důsledně držet našeho přímluv, pak poznámejme, že vlastní kynutí prostoru mazance se na ony mandle a hrozinky nevztahuje, ty se jej neúčastní. Ve vesmíru pak platí, že ani atomy a molekuly, ani gravitačně vázané souvislé objekty jako jsou hvězdy nebo planety se v důsledku rozpínání vesmíru nezvětšují. Takové rozpínání, které by zahrnovalo úplně vše, tedy i naše délkové etalony, by se nedalo nijak prokázat, v podstatě bychom se o něm ani nedověděli.

V dnešním vesmíru k prostoru jednoho krychlového metru přibude asi pětina milimetru krychlového nového prostoru, v minulosti bylo toto tempo rozpínání kvantitativně popisované tzv. Hubbleovou konstantou (ta však konstantou není) občas i o mnoho rádů větší. V každém případě se vesmír za dobu své existence mnohonásobně zvětšil, a my průběh tohoto kynutí vesmíru můžeme velice snadno kontrolovat pozorováním vzdálených objektů.

## Kosmologický červený posuv a zpomalený film

Vše nasvědčuje tomu, že atomy a molekuly byly, jsou a budou v celém vesmíru a ve všech dobách identické a vůči rozšíření prostoru jsou tudíž imunní. Spektrum jejich záření je tak totožné se spektrem jejich kolegů zkoumaných v domácím prostředí pozemských fyzikálních laboratoří.

Jakmile atom opustí foton, na nějž v této chvíli můžeme pohlížet jako klubko elektromagnetického vlnění, vydá se na někdy dost dlouhou cestu rozšířujícím se vesmírem. Vlnové klubko záření si lze představit jako jisté zvlnění prostoru. Pokud se tento prostor natahuje, je to to samé, jakoby byste vytahovali nakrabcenou látku. Nařasení se natáhne, velikost vlnek se zmenší, elastická tkanina se vyhledá, aniž byste ji museli zehlit. Vlnová délka vyslaného záření se tak prodlužuje přímo úměrně tomu, kolikrát se vesmír natáhl od té doby, kdy foton záření vyrazil na svou i několik miliard let trvající cestu až k nám. Následnému relativnímu prodloužení vlnové délky v důsledku rozšíření vesmíru pak říkáme nejčastěji kosmologický červený posuv nebo také jenom červený posuv.

S tím, jak v důsledku rozšíření vesmíru narůstá vlnová délka přijímaného záření, klesá i jeho frekvence, kmitočet. Plynutí času vždy odvozujeme od frekvence nějakých kmití či oscilací, lhostejno zda kyvadla hodin, tyčinky vybroušeného křemene nebo záření atomu rubidia. Všeobecný pokles frekvence všech zvnějšku pozorovaných dějů si pak můžeme nejpohodlněji vysvětlit tak, že ve vzdálených končinách vesmíru čas plyne pomaleji. Jako bychom sledovali k uzoufání nudný zpomalený film, kde se děj trvající několik sekund roztáhne na celovečerní film, kdy vrahova kulka opouští hlaveň jeho revolveru hlemýždí rychlosť 10 cm za sekundu... Pokud bychom dohlédli až k velkému třesku, čas by se tam zastavil docela.

Kosmologický červený posuv, který můžeme měřit ve spektrech vzdálených objektů s velkou přesností, nám poskytuje neocenitelnou informaci o tom, jak velký byl vesmír v okamžiku, kdy k nám byly vyslány fotony, které dnes přijímáme. Pokud dokážeme mimoto alespoň u několika vybraných objektů hodnověrně určit, jak dlouho světlo trvalo, než k nám dorazilo, dokážeme velice spolehlivě zrekonstruovat historii rozšíření vesmíru od minulosti až do dneška.

Obr. 5: Vesmír se po celou dobu své existence rozšíří, i když velice rozdílným tempem. Období nejrychlejší expanze, kdy vesmír v nepatrém zlomku sekundy po velkém třesku zvětšil své rozměry o mnoho rádů, je tzv. období inflace, která byla předpovězena už před 25 lety. Nová pozorování WMAP inflační scénář plně potvrzují. Stejně tak potvrzují, že i náš vesmír se začíná exponenciálně rozširovat v důsledku odpudivé gravitace temné energie.

Ke kalibraci funkce rozšíření vesmíru se s výhodou používají takové objekty, u nichž máme důvody si myslet, že jejich zářivý výkon byl, je a bude vždy stejný. Typickým příkladem takové vesmírné „standardní svíčky“ jsou supernovy typu Ia, jejichž vzplanutí je výsledkem jaderné denotace hmotu přijímajících zhroucených bílých trpaslíků ve chvíli, kdy jejich hmotnost dosáhne přesně stanovené kritické meze. Znalost funkce rozšíření vesmíru nám pak umožnuje velmi detailně pochopit, jaký je vesmír, v němž žijeme. Poskytuje nám ale ještě jeden, velice praktický výsledek – zjistíme-li u nějakého neznámého vzdáleného objektu velikost jeho červeného posudu, lze pomocí toho údaje zjistit, jak je tento objekt starý a jak je od nás daleko.

Těmi největšími a technologicky nejdokonalejšími přístroji jsme schopni zachytit a analyzovat světlo velmi svítivých kvasarů, které teď vidíme tak, jak vypadaly ve chvíli, kdy byl vesmír řekněme sedmapůlkrát menší, než je v současnosti. Tehdy byl vesmír starý 800 milionů let. Sonda WMAP přinesla důkazy o tom, že tento rekord určitě nebude konečný, protože ve vesmíru existovaly velmi jasné, horké hvězdy už i v době, kdy měl vesmír stáří pouhých 400 milionů let. Před touto dobou, kdy se ve vesmíru zformovaly první hvězdy, bylo ve vesmíru temno. Temno? Ne tak docela, už tehdy byl celý prostor vesmíru prostoupen zbytkovým, neboli také reliktním zářením, které má ve svém křestním listu zapsáno jako datum svého narození 380 tisíc let po velkém třesku. Co se to tehdy vlastně stalo?

### Reliktní záření

Ranný vesmír se od toho dnešního lišil v řadě ohledů, především byl v průměru o dost hustejší, homogennější, nevyskytovaly se v něm žádné nápadné zhustky, jako třeba hvězdy nebo planety. Byl také mnohem teplejší. Rozpínal se však, a tím nejen řídnl, ale i chladnul. Zrekapitulujme si, jak to tu tehdy vypadalo krátce před zlomovým 380. tisíciletím po velkém třesku.

Vesmír byl tehdy jedenáctsetkrát menší, než je dnes, hustota látky sestávající takřka výhradně z vodíku s příměsi helia byla tedy asi tak miliardkrát větší, než je dnešní hustota nukleonové složky vesmíru. Podrobnejší výpočet by ukázal, že v jednom metru krychlovém se tehdy potoulalo asi 250 milionů atomů vodíku nebo je-

jich kladných iontů – protonů, a zhruba 20 milionů atomů helia a několik desítek milionů volných elektronů. Z našeho každodenního pohledu byla látka tehdejšího vesmíru zředěna na technicky nedosažitelné vakuum, byla totiž o více než 18 rádů řidší než vzduch v zemské atmosféře.

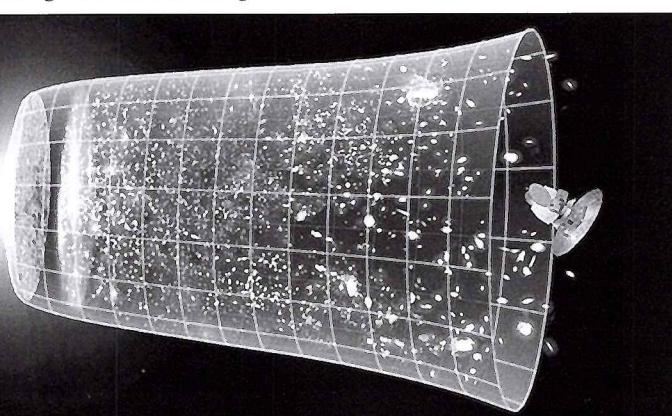
Nad těmito atomy co do počtu vysoko převládaly fotony – na každý proton či neutron tu připadalo na 1,65 miliardy fotonů<sup>1</sup>! Energie fotonů byly tehdy vysoké, odpovídaly energiím viditelného nebo blízkého infračerveného elektromagnetického záření. Spektrální složení světla i počet fotonů v objemové jednotce odpovídaly teplotě tehdejšího vesmíru – ta tehdy činila právě 3000 kelvinů. Celková hustota energie fotonů v té době převyšovala i hustotu energie atomů, kterou bychom získali jejich úplnou anihilací.

Na reliktní neutrina, jakkoli jich bylo zhruba tolik co reliktních fotonů, můžeme klidně zapomenout, jejich energie byla zanedbatelná, navíc tato neutrina s ostatními formami hmoty nijak neinteragovala. Nesmíme ovšem zapomenout na skrytu látku, hustota jejíž energie byla osmnáctkrát větší hustota energie fotonů, a byla to právě ona, která svou přitažlivou gravitací určovala dynamiku rozšíření tehdejšího vesmíru. Představovala solidní fundament pro vzájemné hrátky útlejších složek vesmíru – záření a plazmatu tvořeného vodíkem, helium a volnými elektryny. Sama se jich neúčastnila, protože s jinými složkami vesmírné látky dokázala interagovat pouze gravitačně.

Teplota řídkého plazmatu byla tehdy totožná s teplotou fotonového plynu, fotony a látkové částice byly v kontaktu, srážely se, vyměňovaly si energii. Zcela zde ovšem tehdy dominoval jeden mechanizmus, a totož rozptyl fotonů na volných elektronech. Kde ty se vzaly? Byly to elektryny svobodné, které se dosud nedaly lapit do pevného svazku manželského s kladně nabitémi ionty s neúplnou elektronovou obálkou. Pokud jde o helium, tak tam už byly prakticky všechny atomy vybaveny dvojicí elektronů, a byly tak elektricky neutrální. Pro fotony nepředstavovaly žádnou překážku. Jistá část vodíkových atomů však ještě zkomentovala nebyla a číhala v prostoru na nějaký dosud nezadaný elektron, aby s ním vytvořila neutrální atom vodíku. Záření ve spojení s řídkým plazmatem vytvářelo zvláštní, docela pružné prostředí. Volné elektryny působily jako ovčáčtí psi, kteří vracejí vrtohlavé ovce – fotony zpět do stáda, fotony pak této látce dodávaly nezbytný vnitřní tlak. Tímto pružným prostředím se mohly šířit akustické vlny, mohly tam vznikat, přetrvávat a oscilovat i gravitační zhustky gigantických rozměrů.

S tím, jak vesmír chladnul, byly volné elektryny stále malnější a tudíž i svolnější vstoupit s nějakým žádostivým volným protonem do atomového svazku. S poklesem teploty pak nezadaných elektronů zpočátku pomalu, ale pak stále rychleji ubývalo. Vzhledem k tomu, že atomy vodíku fotonům v letu až tak nevadí, úbytkem elektronů se začal prostor čistit, průhlednět, jako opadla mlha.

Asi by bylo dobré připomenout, že i tehdy, kdy bylo všude volných elektronů relativně dostatek, jejich absolutní koncentrace v prostoru byla nepatrna. Takový foton pak mohl cestovat prostorem i desítky tisíc let, aniž by na nějaký



volný elektron narazil. Kolem roku 380 000 po velkém třesku ale vesmír už zchladl natolik, že z prostoru zmizel i poslední elektronový myškání – záření se od nyní již zcela netečné látky prakticky oddělilo. Látka a záření, které nám tu z ranného vesmíru zbylo, začaly žít svým vlastním životem.

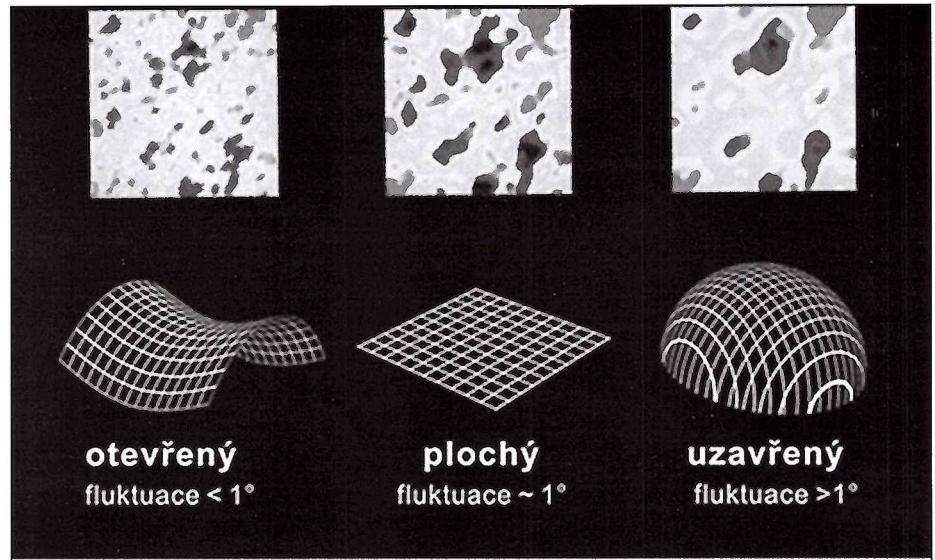
Reliktní záření se v důsledku rozšíření vesmíru rychle ochlazovalo, jeho fotony ztrácely na energii, a raliktní záření přestalo ve vesmíru hrát jakoukoliv důležitou roli. Tím, že se vesmír od té doby zvětšil více než tisícinásobně, více než tisícinásobně poklesla i teplota raliktního záření, takže v současnosti má neškodných 2,725 kelvinů a dění v látkovém vesmíru ovlivňuje jen pranepatrne. Nicméně to, že se s ním po těch 14 miliard let kromě natahování způsobeném rozšířením vesmíru vlastně nic nedělo, znamená, že v sobě zakonzervovalo informaci o tom, jak svět vypadal v době, kdy ještě kamarádilo s ostatními složkami vesmíru.

Ta část vesmíru, odkud k nám nyní zbytkové čili raliktní záření přichází, je nejvzdálenější a nejstarší částí vesmíru, kam dohlédneme. Tam narázíme na neprostupnou bariéru, zed, za níž může být cokoli. Stěna posledního rozptylu je vlastní obdobou hvězdné fotosféry, která oddeluje vnější části hvězdy přístupné pozorování od jejího nitra, kam můžeme jen prostřednictvím své fantazie podepřené hvězdným modelářstvím. V tom případě sedí i teplota, snad jen hustoty jsou ve vesmíru o několik rádů menší – však také ona vrstva, odkud k přichází nejstarší světlo, není tlustá tisíce kilometrů, ale tisíce světelných let. Zásadní rozdíl ovšem tkví v tom, že tu nejsme vnějšími, ale vnitřními pozorovateli! Jsme poblíž centra dutiny, jejíž stěny jsou vyhřáté na 3000 kelvinů. Za normálních okolností bychom už dávno nebyli mezi živými, 3000 kelvinů nepřečkal nikdo, ani čerti ne! Naštěstí se ale od nás stěny té dutiny vzdalují, raliktní záření se rozšířením řídí a natahuje. Jeho teplota se tak z původních tří tisíc kelvinů zmenší na necelé tři kelviny, a tak chladné záření nás nechává na pokoji.

### Předpověď a objev raliktního záření

Už v padesátých letech minulého století se vědělo, že v látce, jíž jsou tvořeny i ty nejstarší hvězdy ve vesmíru, jsou vedle atomů vodíku i atomy těžších prvků, které rozhodně nevznikly v nitru hvězd, ale v určité etapě vývoje ranného vesmíru. V prvních několika minutách vývoje vesmíru, kdy byl vesmír opravdu hustý, vedle sebe existovaly protony a neutrony, a to ve zhruba stejném zastoupení. Jejich vzájemná příchylnost diktovaná jádernou silou by vedla k hromadnému vzniku jader těžších prvků, takže bychom se ve vesmíru vlastně vůbec neměli setkat s lehkým vodíkem tvořeným protonem a elektronem. Ve skutečnosti (a naštěstí) vodík přece jen zůstal nejčastějším prvkem ve vesmíru.

V ranném vesmíru tedy musel proti zmíněnému hromadnému spojování nukleonů působit i jiný proces, který by ona nově vzniklá jádra zase roztlukal na prvočinitele. Byl-li onen počátek vesmíru dostatečně horký, a pak by těmi ničitelskými částicemi mohly být výsudypřítomné fotoony rentgenového záření, které by nově vzniklá jád-



Obr. 6: Vzhled drobných jasových skvrnek na mapě rozložení teploty raliktního záření silně závisí na geometrii prostoru. V uzavřeném vesmíru s kladnou křivostí jsou skvrny zvětšené, jako bychom si je prohlíželi brýlemi se spojkami, v případě vesmíru s podkritickou hustotou jsou skvrny menší (pohled přes rozptylkly). Zdá se, že náš vesmír je velice přesně plochý, takže jeho střední hustota odpovídá hustotě kritické.

ra dokázala lehce rozbit. Pozůstatkem těchto rasantních fotonů, které nám pro dnešní vesmír zachovaly valnou většinu dnešního vodíku, toho nejvýhřejnějšího jáderného paliva pro celé generace hvězd, by pak mělo být mikrovlnné difúzní záření, které by k nám mělo přicházet ze všech stran.

Tak uvažovali otec horkého ranného vesmíru George Gamow spolu se svými žáky Ralphem Alpherem a Robertem Hermanem, když v roce 1948 předpověděli existenci raliktního záření. Charakterizovali jeho vlastnosti, odhadli jeho teplotu, ale nehledali jej. Nezávisle na nich pak raliktní záření popsali ještě Jakov Zeldovič ze Sovětského svazu, Fred Hoyle a John Tailor z Velké Británie, ale ani oni se nesnažili odhalit toto záření i pozorovatelsky. Neplánovaně se to podařilo v roce 1964 Arno Penziasovi a Robertu Wilsonovi, kteří je objevili při realizaci rádiového spojení s pasivní rádiovou družicí Echo na vlnové délce 73,5 mm. Snažili se technicky odrušit veškeré zdroje šumu přijímací antény, což se jim ovšem nezdálo v všeobecném záření o jasové teplotě 2,7 K. Za objev získali v roce 1978 Nobelovu cenu za fyziku. Jeho teoretické zdůvodnění podali Robert Dicke, Jim Peebles, Peter Roll a David Wilkinson, a to hned v témež čísle časopisu Astrophysical Journal, v němž Penzias a Wilson svůj nález oznámili.

V roce 1989 byla vyvedena na oběžnou dráhu kolem Země specializovaná družice COBE (COsmic Background Explorer), jež se zaměřila na výzkum mikrovlnného pozadí na obloze. Družice zjistila, že raliktní záření má teplotu  $(2,725 \pm 0,001)$  kelvinu. Po odečtení již zmíněné dipolové anizotropie zbyly i další, tentokrát mnohem menší teplotní odchylky, které slibovaly prozradit i něco více o stavu vesmíru v okamžiku uvolnění záření, ale i dříve. Výzkum však byl silně limitován skutečností, že družice byla silně tupozraká, rozlišovací schopnost jejího aparatury nebyla větší než  $7^{\circ}$ .

Další experimenty se stratosférickými balony a měření z chladné Antarktidy měly již rozlišení

lepší. Nicméně družice by byla ještě lepší, zejména taková, která by se pohybovala co možná nejdále od rušivé Země. Onou nástupkyní družice COBE se pak stala sonda WMAP. Její přístroje pomohly vykreslit nevídání podrobnou mapu teplotních fluktuačí raliktního záření s úhlovým rozlišením  $0,3^{\circ}$  a citlivostí pouhých  $20 \mu\text{K}$  (miliontin kelvinu). Sonda pozoruje oblohu v pěti pásmech, sběrnou plochu představuje speciální zrcadlo o rozměrech  $1,4 \times 1,6 \text{ m}$ , důležité součásti pozorovacího přístroje jsou chlazený na teplotu  $95 \text{ K}$ .

Pozorované fluktuační teploty oblohy souvisejí s tím, že vesmír v roce 380 000 už nebyl tak úplně stejnordý, že již v něm existovaly zhustky nejrůznějších rozměrů s odlišnou hustotou i teplotou. Celým tehdejším vesmírem prostupovaly akustické vlny s nejrůznější vlnovou délkou, samotné zhustky pulsovaly. V okamžiku, kdy vesmír zpruhledněl a záření se oddělilo od látky, vydaly se fotony na svou cestu prostorem. Ty, které přitom vyletely z hustějších oblastí, musely obětovat část své energie, aby překonaly i gravitační pouto, které je k témuž zhustkám poutalo, což efektivně znamená, že pak měly o pár miliontin nižší teplotu než ty ostatní fotony. Tuto vlastnost si podržely do dneška a rozbořením rozložení teploty na raliktní obloze lze poměrně spolehlivě zrekonstruovat situaci v tehdejším vesmíru. Ta ovšem byla odrazem předcházejících dějů, byla otevřenou knihou, v níž bylo třeba se naučit číst.

Podíváme-li se na mapu teplotních fluktuačí, vidíme jen beznadějnou změť skvrn, z níž vydobyt jakoukoliv informaci musí být kromobyčejně těžké. Proto si vědci hned od počátku pomohli tím, že si pozorované skvrny rozložili do jednodušších struktur a zejména sledovali, jak se mění výraznost těchto skvrn podle jejich úhlové velikosti. Nalezené spektrum výraznosti skvrn podle jejich velikosti je sice komplikované, nicméně je pro ně velice dobré teoretické vysvětlení. Je možné předem sestavit nějaký hodnověrný model vesmíru, měnit jeho parametry

a pak porovnávat teoretickou předpověď s pozorováním. Čím spolehlivější to pozorování bude, tím jemnější a dokonalejší ten model vesmíru může být.

### WMAP po roce

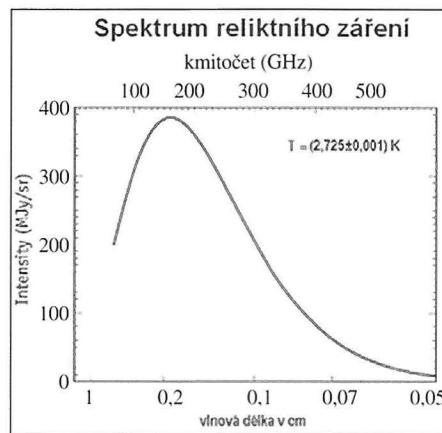
Po roce fungování sondy byly uskutečněny dvě kompletní přehlídky mikrovlnné oblohy, což postačilo k sestavení první, nevýbale podrobné mapy reliktního záření. Modely vesmíru tak měly co vysvětlovat, měly se o co opírat. Rázem se dostalo odpovědi na řadu otázek, které trápily celé generace kosmologů, kosmologie se stala ze spekulativní vědy, kde si mohl každý hlásat, co chtěl, vědou se solidními základy, začala éra precizní kosmologie.

Ukázalo se, že současné tempo rozpínání vesmíru, popisované Hubblovou konstantou, činí  $(71 \pm 4)$  km/s/Mpc. Tato hodnota se velice dobře shodila s tím, co určili pozorovatelé interpretující pozorování získaná Hubblovým kosmickým dalekohledem. Dále se zřejmě již s definitivní platností vyřešil problém stáří vesmíru, které bylo stanoveno na 13,7 miliardy, a to s přesností na 1%. To byla velmi dobrá zpráva pro hvězdné modeláře, protože ti pro ty nejstarší hvězdy ve vesmíru odvodili stáří cca 13 miliard let. Rovněž se potvrdil fakt odhalený již dřívé pozorováním vzdálených supernov typu Ia, a totož, že tempo rozpínání našeho vesmíru se zvětšuje, což je výsledkem působení odpudivé gravitace tzv. temné energie, která je se svými 73% tou nejvýznamnější složkou vesmírné hmoty. Proti účinkům temné energie se staví gravitačně přitažlivá chladná temná látka neznámého složení. Na gravitačně přitažlivou hmotu tvořenou nukleony a leptony (hlavně elektrony) připadají pouhá 4%. Podíl ostatních forem látky nestojí za řeč.

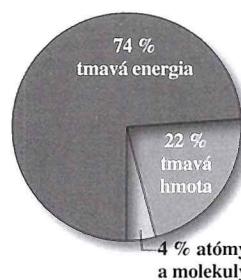
Hustota vesmíru je zřejmě úplně přesně rovna hustotě kritické, což znamená, že žijeme ve vesmíru, který je ve velkých měřítkách naprostě plochý, takže v něm můžeme bez obav používat eukleidovskou geometrii, důvěrně známou ze školních lavic. To je ta, která například troufale tvrdí, že součet vnitřních úhlů v trojúhelníku je roven  $180^\circ$  nebo že délka kružnice o poloměru  $r$  je rovna  $2\pi r$ . Na pozorovaném vyhlazení vesmíru se nejspíš podepsala předpokládaná inflace, ale shoda v tomto ohledu nebyla stoprocentní.

Velkým překvapením bylo zjištění, že už 200 milionů let po velkém třesku se ve vesmíru objevily první žhavé hvězdy, které svým ultrafialovým zářením dokázaly ionizovat mezihvězdný vodík. Ten pak představoval významnou překážku pro postupující reliktní záření, které se na něm rozptylovalo a odchylovalo ze své dráhy. Hvězdy úplně první generace by pak měly být monstry o hmotnosti několika set hmotností Slunce. S tak hmotnými hvězdami se v dnešním vesmíru už nesetkáme.

Zůstala však řada otazníků a pochybností. Výzkumníci, kteří měli přístup k dalším pozorováním z paluby WMAP, se na celé dva roky odmlčeli, nechávali své vědecké kolegy i novináře hádat, co se tam vlastně děje. Šuškalo se, že pracovní tým narazil na něco natolik neobvyklého a zvláštního, že to bude známenat naprostý převrat v našich představách o vesmíru, jiní stří-



Obr. 7: Schématicky zakreslený průběh spektra reliktního záření podle měření družice COBE. Proložená krivka odpovídá záření absolutně černého tělesa o termodynamické teplotě 2,725 kelvinů.



Obr. 8: Relativní zastoupení různých forem hmoty v dnešním vesmíru. Nejméně tu je hmoty ve formě atomů případně molekul (4 %), pětkrát více je gravitačně přitažlivé skryté (temné) látky neznámého složení. Zcela však převládá gravitačně odpudivá temná energie (74 %), jejíž podíl bude s časem narůstat. Tato temná energie je přičinou toho, že se dnešní vesmír rozpíná stále rychleji.

zlivěji založení lidé, kteří si dovedli představit, jak nesmírně subtilní a zranitelná asi jsou měření teploty záření s přesností na miliontiny stupně, si říkali: „Asi to tentokrát dělájí skutečně důkladně a mají to dost těžké.“

### WMAP po třech letech

Bыло to v březnu tohoto roku, zrovna ve chvíli, když už se skoro všechni začínali smířovat s tím, že z měření WMAP se už nic, co by stalo za publikaci, nevymáckne. Tehdy vyrukovaly pracovní týmy Wilkinsonovy sondy hned s pěti zásadními vědeckými pracemi, které vědecký svět přesvědčili o tom, že po celé ty dva roky rozhodně nezáhálely. Pravdu měli ti, kteří vsázelí na obtížnost zpracování a jistou opatrnost při formulaci závěrů.

Nic převratného se neobjevilo, až stonásobně zpřesněná pozorovací data, doplněná o měření polarizace reliktního záření, v zásadě potvrdila správnost obrazu vesmíru, tak jak jej WMAP po prvním roce pozorování nastínila. Nejistoty v určení hodnot základních parametrů modelů vesmíru se ztenčily, mnohá z extravagantních kosmologických hypotéz a nápadů se dostaly do problémů. Příroda, jak se ukazuje, si libuje spíše ve střízlivé eleganci, obloukem se vyhýbá „módním výstřelkům“ typu teorie strun, ekpyrotických vesmírů s branami, či vesmíru vystlaného tajuplnou kvintesencí. Nic z toho se zřejmě nerealizuje, ale to neznamená, že by ten vesmír, který nám WMAP místo nich nabízí, byl nějak nudný.

Nova měření, zdá se, nade vši pochybnost

prokázala, že vesmír velice krátce po velkém třesku, v období cca  $10^{-35}$  s prošel stadium inflace, během níž se z atomárního rozměru rozepnul do vpravdě vesmírných rozměrů. Současně s tím gigantickým rozepnutím vznikla ve vesmíru prakticky všechna jeho hmota, tedy i hmota, z nichž jsou vytvářeny hvězdy a planety, z nichž jsme utvořeni i my. Hustota vesmíru je naprostě přesně rovna hustotě kritické, což ovšem znamená, že náš vesmír je v dostačně velkých měřítkách dokonale plochý, eukleidovský. Právě pozorování polarizace reliktního záření nyní vyloučila jakákoli jiná vysvětlení, kromě toho, že v dávné minulosti k oné inflaci skutečně došlo. Tato éra byla nesmírně důležitá pro další vývoj vesmíru i proto, že právě během ní se v ranném vesmíru objevily první zárodky nehomogenit látky, z nichž se nakonec zformovaly i hvězdy, planetární soustavy i galaxie a jejich soustavy.

Pokud jde o přitažlivou temnou látku ve vesmíru, pak se zdá, že v ní rozhodující slovo mají poměrně hmotné částice, které s ostatní látkou interagují jen velice spoře, zatímco hmotnostní podíl lehkých částic, jako jsou neutriny, je zanedbatelný. Zcela záhadnou se zatím jeví gravitačně odpudivá temná energie, nicméně svými projevy ze všeho nejvíce podobá prosté energii vakuua se záporným tlakem, popisované proslovou Einsteinovou kosmologickou konstantou.

Největší posun ovšem představovalo zjištění, že ty úplně první hvězdy, které byly s to svým zářením reionizovat mezihvězdný vodík, se přece jenom objevily o něco později, tedy po 400 milionech let po velkém třesku. Rovněž tak bylo možno upustit od křečkovitého předpokladu, že muselo jít o tak děsivě hmotná tělesa.

### Výhledy do budoucna – Planck

Sonda WMAP ve výzkumu reliktního záření sice ještě neřekla své poslední slovo, ale myslí se již na její nástupkyni. Snad již v příštím roce by měla vynést raketa Ariane-5 k oblibenému bodu L<sub>2</sub> sondu *Planck* pojmenována podle německého fyzika Maxe Plancka, který byl jedním ze zakladatelů kvantové mechaniky. Sonda s dalekohledem o průměru přes 1,5 metru by měla opět sledovat reliktní záření, tentokrát však v daleko širším rozsahu frekvencí od 30 do 857 GHz. Měla by být ještě citlivější (pět miliontin stupně) a poskytnout neobyčejně dobré rozlišení až šest obloukových minut, lepší než je rozlišovací schopnost lidského oka při nočním vidění. Misi pořádá ESA (European Space Agency) a je jejím prvním projektem naplánovaným v novém tisíciletí. Plánovaná délka mise je půl druhého roku, přičemž prvních 4 až 6 měsíců je počítáno na let, zbytek na samotné pozorování. Cílem této sondy je získat ještě podrobnější mapu teplotních fluktuací a polarizace reliktního záření tak, aby mohla posloužit jako rozhodující prostředek pro testování a další precizaci modelů vesmíru. *Planck* bude vypuštěn co nevidět, snad již v únoru roku 2007, a jeho výsledky určitě přispějí k lepšímu pochopení světa, v němž se nám tak dobře žije.

**ZDENĚK MIKULÁŠEK**

<sup>1</sup>) Tento poměr mezi počtem reliktních fotonů a nukleonů je závazný i pro dnešní vesmír.

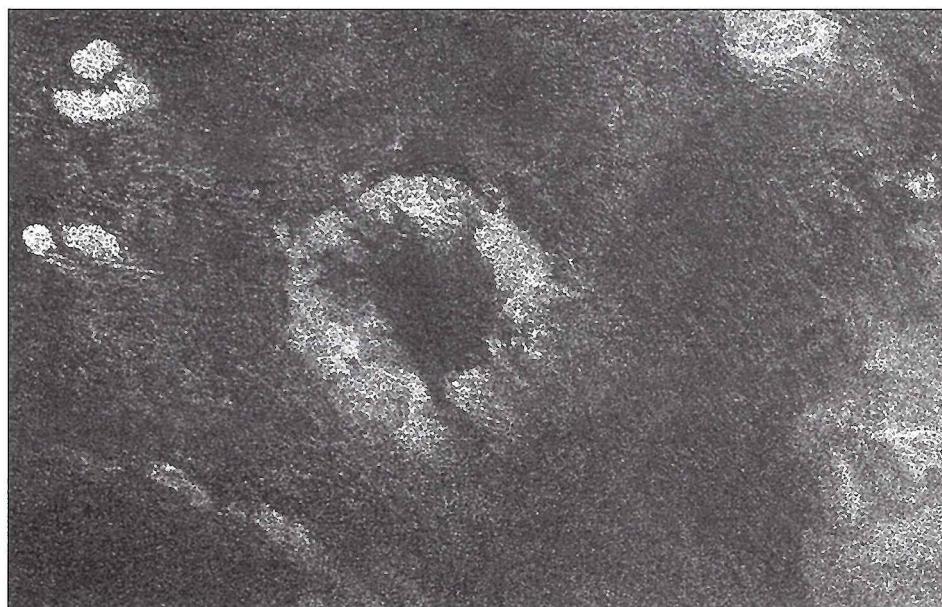
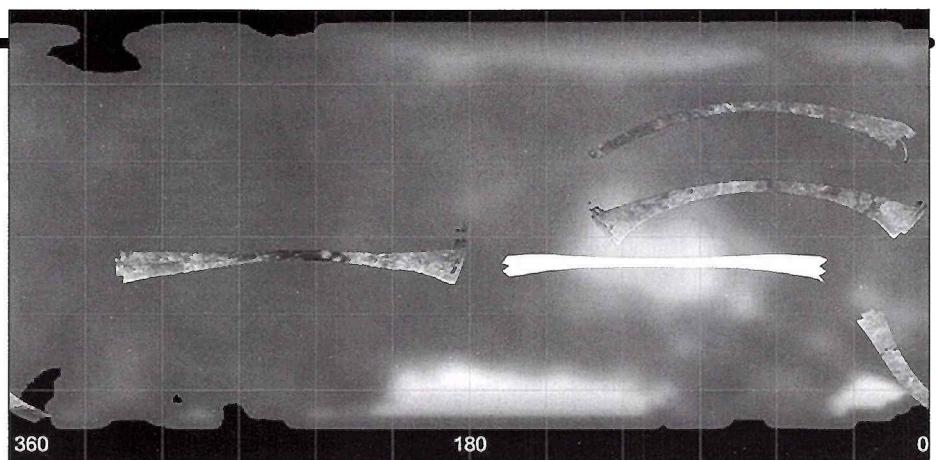
# Radarové lego z Titanu

Na tejto mape Saturnovho mesiaca Titan vidíte pruhy, ktoré ohmatal radarový mapovač na sonda Cassini počas niekoľkých blízkych oblietov. Pruh na ľavej strane získala sonda 28. októbra 2005. Pás vpravo na samom vrchu bol nasnímaný 26. októbra 2004. Pás pod ním 15. februára 2005. Pás vpravo dole je zo 7. septembra 2005. Biely pás bol radarom zmapovaný 30. apríla 2006, tri dni po vydaní tejto skladačky. Pretína „kontinent“ Xanadu, jeden z najvýraznejších svetlých útvarov na tmavom Titane. O Xanadu sme toho veľa nevedeli, ale po 30. apríli už vieme, že sú tam akéosi poskrúcané útvary, ktoré pripomínajú korytá(?) alebo stuhnuté prúdy akéhosi tekutého materiálu? Akého, to predbežne nevieme.

Najvýraznejším objektom „radarového slíža“ z 30. apríla je okrúhly útvar s priemerom 90 kilometrov. Ide buď o impaktný kráter, alebo o kalderu, pozostatok po studenom vulkanizme. Ide o starý útvar, pretože výlevy materiálu z podložia ani nárazom vyhodené horniny v okolí nevidno. Pokrývajú ich dunové polia.

Ďalšie biele ostrovčeky (vľavo hore) sú najskôr vyvýšeniny, pred ktorými sa hromadí vetrom naviatý materiál neznámeho pôvodu.

Radarová mapa Titanu bude čo nevidieť hotová. Prístroj zaznamenal celý rad geologických formácií: impaktné krátery, pahorkatiny naviate vetrom, kanály a trhliny, kde sa prejavuje kryovulkanizmus.



**Titan: nie oceány etánu, ale rozľahlé duny**

Po analýze snímkov z posledného obletu Titanu (30. apríla) vedci zistili, že tmavé plochy, považované za hladinu uhlíkovodíkového oceánu, tvoria rozľahlé duny z materiálu pripomínajúceho piesok. Povrch týchto oblastí sa podobá na púšť v Namíbii a Saudskej Arábii. Najvyššie duny majú až 100 metrov a dĺžku vyše 1500 kilometrov. Na Titane, objekte s hustou atmosférou, sa nepredpokladali vetry, ktoré by dokázali premiestňovať také množstvo materiálu. Vietor generujú slápové sily Saturna. Radar na Cassini snímal povrch z výšky približne 300 kilometrov.

# DISKY:

## záhadné kolotoče vesmíru

Akrecný disk v dvojhviezdnom systéme špiráluje do čiernej diery, ktorá gravitačne vysáva hmotu z červeného obra. Plyn v disku špiráluje čoraz väčšou rýchlosťou, rastie jeho teplota, takže intenzívne žiarí v röntgenovom svetle. Disk generuje aj prúdy častic, ktoré unikajú/sú vymršťované z jeho vnútorných oblastí.



Vo vesmíre sú miliardy diskov. Miliardy obrovských krúžňav z prachu a plynu, ktoré obiehajú mladé hviezdy, čierne diery a často i jednu zo zložiek dvojhviezdnych systémov. Mnohé z nich astronómovia študujú, existenciu väčšiny z nich predpokladajú na základe logickej extrapolácie. Vedci k jednému typu „diskov“ pripojili prídavné meno „akrečný“, pretože hmota, ktorá ho tvorí, sa do tvaru plochého lievanca sformovala gravitačným nabaľovaním hmoty, teda akréciou. Dynamike týchto diskov začínajú vedci rozumieť až v posledných rokoch. Väčšina akrečných diskov žiari na rozličných vlnových dĺžkach. Žiarenie diskov generuje (pri masívnych objektoch) narastajúca rýchlosť po špirále sa pohybujúcej, čoraz horúcejšej hmoty a v menšej miere i žiarenie hviezdy/kanibala, ak pravda nejde o čiernu dieru či neutrónovú hviezdu. (V poslednom prípade však výtrysky z pôlov kanibala majú podľa posledných štúdií na formovanie, vzhľad, viditeľnosť a dynamiku disku významný vplyv.) Hvezdári sa dokonca nazdávajú, že nabalovanie neprebieha plynulo (ako v prípade vlákna na klobko), ale chaoticky, neusporiadanie v závislosti od hviezdných vetrov i premenlivej súhry magnetických polí.

Na rozdiel od akrečných diskov normálne, pomalšie krúžiace, stabilnejšie protoplanetárne disky formuje (najmä v prvom štádiu) a zvi-

diteľne žiarenie hviezdy, ktorú obiehajú. Disky tvorí materiál, ktorý sa počas hviezdotvorby nespotreboval. Tento materiál obsahuje aj hmotu, ktorá už prešla recykláciou vo vnútrach zaniknutých hviezd prvých generácií; aj hmotu, ktorá bola tepelne spracovaná v niektorom zo záverečných štadií hviezdnej evolúcie (štádium červeného obra, výbuchy supernovy); aj hmotu, ktorá bola zmixovaná po kolíziách odvrhnutých obálok s prachoplynovými mračnami.

Vo väčšine diskov prebiehajú turbulentné procesy, ktorých mechanizmus ešte nie je objasnený. Vedci predpokladajú, že turbulencie spôsobuje jav označovaný pracovne ako „**magnetorotačná nestabilita**“ – MRI. Podľa všetkého ide o interakcie magnetických polí mladej hviezdy s magnetickými poliami v diskoch. Ambíciou vedcov je pochopíť, ako tento jav funguje v rozličných typoch akrečných diskov. Napríklad v tesných diskoch, krúžiacich okolo mladých hviezd, ktorých UV-žiarenie ešte nestihlo vytlačiť disk do väčšej vzdialenosťi, sú interakcie magnetických polí mimoriadne búlivé.

Obrovské akrečné disky krúžia aj okolo supermasívnych čiernych dier v jadrách galaxií. Tieto gigantické čierne diery (aj miliardkrát masívnejšie ako Slnko) nabafujú nielen hmotu prachoplynových oblakov, ale aj materiál rozpadnutých hviezd, ktoré sa ocitli v dosahu destruktívnej gravitácie čierneho kanibala.

Planéty v našej Slnečnej sústave obiehajú Slnko rovnakým smerom a s výnimkou Pluta (ktorý vlastne nie je planétou), aj v rovnakej rovine. Planetológovia to považujú za presvedčivý dôkaz toho, že sa planéty sformovali v prachoplynovom disku, ktorý obiehal okolo mladého Slnka. Mimochodom: tvar disku nadobudla v istom štádiu vývoja aj naša Galaxia.

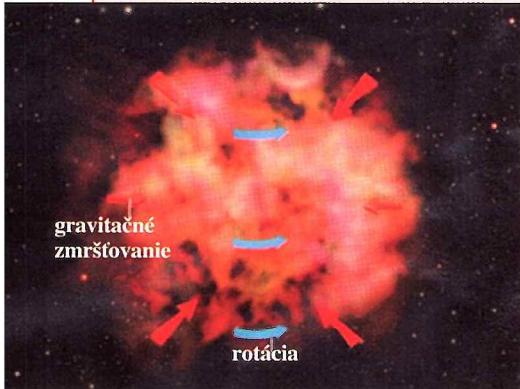
Vo vesmíre pozorujeme pestru paletu diskov v rozličných mierkach. Elegantným príkladom sú prstence Saturna, ale nejde o nijakú výnimku, veď menej výrazné prstence majú aj ostatné obrie planéty našej sústavy. Disky, ako vieme, obiehajú mnohé mladé hviezdy. Nazývame ich protoplanetárnymi diskami, pretože sa podobajú na disk, z ktorého sa vytvorila aj naša Slnečná sústava. V niektorých dvojhviezdoch hmotnejšia zložka, často neutrónová hvieza alebo čierna diera, gravitačne vysáva hmotu z menej hmotného súpútnika. Tento kanibalizmus pozorujeme ako „mostík“- pás hmoty, prúdiaci zo „slabšej“ hviezdy k hmotnejšej zložke, okolo ktorej sa špirálovite zavija, pričom pohlcovanie hmoty nebýva, ako sa nedávno dokázalo, vždy plynulé, ale skôr chåoticke.

Najväčšie disky majú špirálové galaxie, podobné našej Mliečnej ceste, ktorá má priemer 100 000 svetelných rokov.

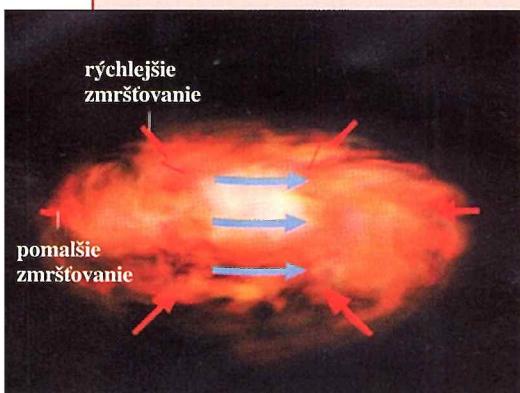
Miliardy vŕiacich diskov skrývajú nejedno tajomstvo. Astrofyzici sú presvedčení, že

## AKO SA FORMUJÚ DISKY?

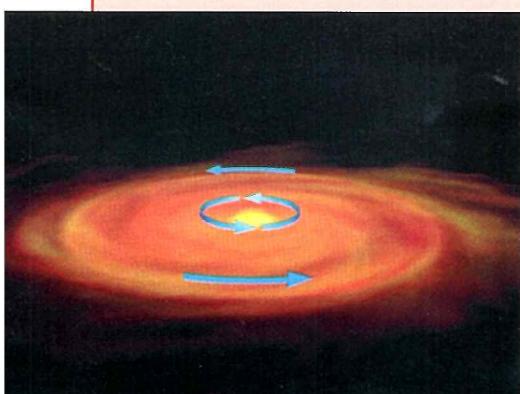
Veľký počet diskov vo vesmíre vysvetluje princíp zachovania momentu hybnosti. Táto veličina je úmerná rýchlosťi rotácie disku a rozloženiu hmoty okolo osi rotácie. Nakolko moment hybnosti musí byť zachovaný, rotujúce teleso, ktoré sa postupne zmršťuje, musí rotovať čoraz rýchlejšie.



Oblak medzhviezdneho plynu pomaly rotuje okolo svojej osi, pričom jeho vlastná gravitácia ho zmršťuje. Gravitačný kolaps oblaku zrýchluje jeho rotáciu.



V rovine rovníka (oblaku) sa plyn pohybuje dovnútra pomalšie, pretože jeho rýchlejšia rotácia oslabuje pôsobenie gravitácie. Nad touto rovinou i pod ňou padá plyn dovnútra kolabujúceho oblaku oveľa rýchlejšie.



Po istom čase spadne do roviny rovníka všetok materiál oblaku. Sformuje sa disk, ktorý rotuje, obieha zárodok hviezdy. Rotácia vyvažuje vplyv gravitácie centrálneho telesa.

akrečné disky obiehajúce supermasívne čierne diery ovplyvňovali a ovplyvňujú vznik a vývoj galaxií; že akrečné disky okolo mladých hviezd, ktoré sa časom premenili na protoplanetárne, majú zásadný vplyv na vznik slnečnej sústavy; že turbulencie v niektorých akrečných diskoch sú zdrojom gigantickej energie. Navyše z niektorých akrečných diskov tryskajú prúdy častic, ale predbežne iba tušíme, aký mechanizmus také javy generuje.

Miliardy diskov vo vesmíre skrývajú ešte mnohé tajomstvá.

### Nebeský kolotoč

Rotácia disku ho chráni pred vplyvom gravitácie. Keby nerotoval, zrútil by sa na povrch telesa ktoré ho sformovalo. Rotáciu určuje ich moment hybnosti. Je to hodnota, ktorú definuje rýchlosť rotácie a rozloženie hmoty okolo osi rotácie. Moment hybnosti je dôležitá veličina. Podobne ako energia aj moment hybnosti sa zachováva; v uzavretom systéme ho nemožno ani vytvoriť, ani zničiť. Keď krasokorčuliarka počas piruety pripaží ruky, rýchlosť otáčok sa zvýši. A naopak: moment hybnosti musí byť totiž konštantný. Pohyb hmotnosti bližšie k osi otáčania je vyvážený zrýchlením otáčok.

Neobyčajne hojný výskyt diskov vo vesmíre vysvetluje práve zachovávanie momentu hybnosti. Predstavme si prachoplynový oblak, ktorý sa scvrkáva pod vplyvom vlastnej gravitácie. Vo vesmíre na tej alebo onej úrovni všetko rotuje. Preto určitý moment hybnosti majú aj kolabujúce oblaky. Princíp zachovávania hybnosti nútí každý oblak, aby počas zmršťovania rotoval čoraz rýchlejšie. Pritom: materiál v „rovníkovej oblasti“ oblaku sa tým, že rotácia začína vyvažovať príťažlivý účinok gravitácie, pohybuje smerom dovnútra čoraz pomalšie. Materiál rozložený pozdĺž rotačnej osi však padá po vertikále k rovine rovníka oveľa rýchlejšie. Výsledkom tohto procesu je disk, ktorého stabilitu rotácia udržuje.

Tento proces vysvetluje, ako sa okolo mladých hviezd formujú protoplanetárne disky. Dá sa predpokladať, že podľa rovnakých zákonov sa formujú aj disky okolo čiernych dier v centre galaxií. Hoci na to, aby sa na disk premenila celá galaxia, musia sa vytvoriť podmienky, ktoré umožňujú správne načasovanie jednotlivých fáz procesu.

Spirálové galaxie sa vynoria z takého oblaku, ktorý dokáže stabilizovať rotáciu ešte predtým, ako sa v jeho najhustejších oblastiach začnú formovať hviezdy. Ak sa hviezdy začnú formovať

## GALÉRIA DISKOV

### Protoplanetárny disk

Na snímke vidíte jeden z tisícov už objavených protoplanetárnych diskov. Krúži okolo mladej hviezdy v hmlovine Orion, 1500 svetelných rokov od Zeme. Hviezda má iba milión rokov, disk má priemer 40 miliárd kilometrov, trikrát viac, ako naša Slnečná sústava. 99% disku tvorí plyn, zvyšok častice prachu. Aj v tomto protoplanetárnom disku sa časom môže sformovať planetárna sústava.



### Spirálová galaxia

NGC 7331 sa nachádza 50 miliónov svetelných rokov od Zeme. Tvarom sa podobá našej Galaxii. Infračervená snímka dalekohľadu Spitzer potvrdzuje prítomnosť čiernej diery v jadre tejto galaxie.



### Výtrysk z mladej hviezdy

V protoplanetárnom disku, (z ktorého vidíme iba okraj, celkom vľavo) je mladá hviezd HH-30. Vzdialenosť: 450 svetelných rokov od Zeme. Zo stredu tohto disku tryskajú protismerné dva prúdy plynu s rýchlosťou 960 000 km za hodinu. Mimoriadne úzke, vejárovite sa nerozširujúce výtrysky, sformovali a udržujú v pôvodnom tvare voľné magnetické siločiary, zavinuté okolo výtrysku.

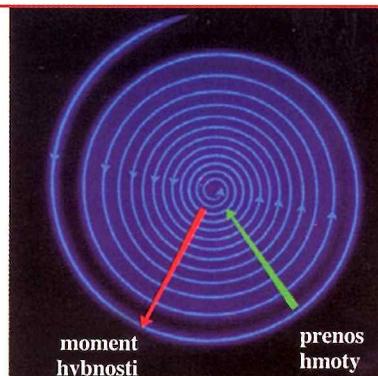
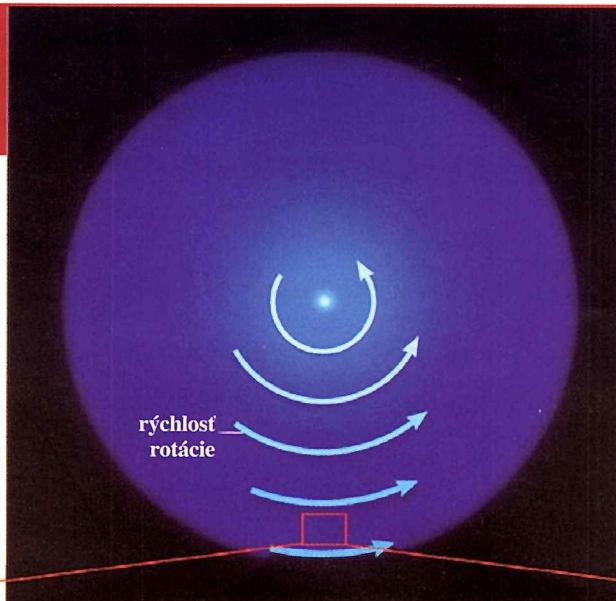
### Prúd z aktívnej galaxie

Obria elliptická galaxia M87 je vzdialá od Zeme 50 miliónov svetelných rokov. Z jej aktívneho jadra tryská prúd elektrónov s vysokou energiou, ktorý je dlhý najmenej 6500 svetelných rokov! Do tohto prúdu pumpuje väčšinu svojej energie akrečný disk, krúžiaci okolo supermasívnej čiernej diery.

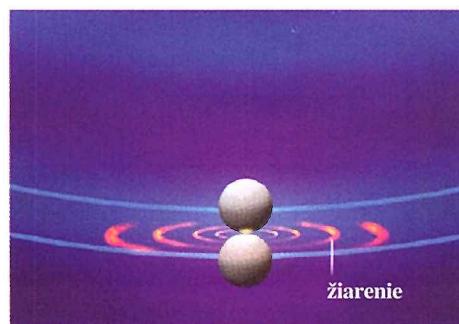
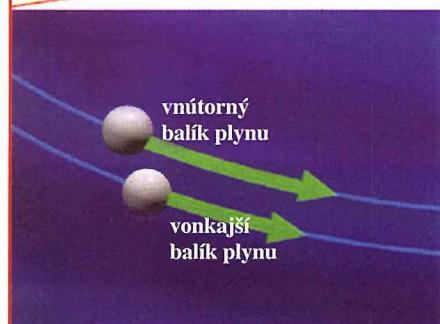


## AKO DISK VYTVÁRA ŠPIRÁLY A AKO ŽIARI

Hmota vo vnútorej časti disku obehne hviezdu rýchlejšie ako hmota vo vonkajších častiach. V akrečnom disku sa prudko zrážajú veľké objemy plynu (dole). Tento proces prenáša moment hybnosti von. Časť plynu stratí rýchlosť a gravitácia ho pritahuje smerom k hviezde. (Dole, celkom vpravo). Nakolko kolízie plyn zohrejú, začne disk žiarif vo viditeľnom, ultrafialovom i röntgenovom svetle. (Dole, v strede).



Zrážky prenášajú moment hybnosti do vonkajších oblastí disku, takže pomalšie rotujúci plyn po špirále postupuje do vnútra k centrálnej hviezde.



Dva balíky plynu obiehajúce hviezdu po blízkych, mierne odlišných dráhach. Keď vnútorný balík (protože je rýchlejší, dobehne ten vonkajší), nastane kolízia.

Zrážka prenesie energiu a moment hybnosti z vnútorného na vonkajší balík. Zohriatý plyn začína žiariť.



Vnútorný balík, ktorý časť energie stratal a pohybuje sa pomalšie, sa premiestni na obežnú dráhu bližšiu k hviezde, kde začne krúžiť rýchlejšie. Vonkajší balík je naopak vytlačený na vzdialenejšiu dráhu, čo jeho pohyb spomalí.

ešte pred stabilizovaním rotácie, hviezdy si udržia pôvodné dráhy okolo stredu a galaxia nadobudne tvar elipsoidu.

Galaxie sa však iba zriedka formujú nerušene, bez vonkajších gravitačných vplyvov. Oveľa častejšie sa stáva, že na ich evolúcii vplyvajú interakcie s najbližšími galaxiami, alebo rezidencia aj zrážky s veľkými susedmi a v neposlednom rade aj kanibalizmus, gravitačné požieranie malých galaxií z okolia. Vedci majú v rukách dôkazy o tom, že elliptické galaxie i špirálové galaxie s výraznými výduťami v centrálnej časti vznikli ako produkt takých zrážok.

Proces formovania akrečných diskov v dvojhviezdných systémoch sme opísali vyššie. Plyn, ktorý teleso s väčšou hmotnosťou (väčšinou ide o kompaktný zvyšok po normálnej hviezde) nasáva z väčšieho, ale menej hmotného súpútňika, má veľký moment hybnosti. Zachováva si totiž moment hybnosti pohybu oboch zložiek okolo spoločného fažiska v dvojhviezdom systéme. V absolútnej väčšine prípadov preto plyn nie je nasávaný priamo, ale sformuje sa okolo kanibala do špirály. Vznikne disk.

Na Merkúre trvá rok 88 dní. Na Zemi 365 dní. Aj v protoplanetárnom disku obehnú vnútorné oblasti disku hviezdu rýchlejšie ako vonkajšie oblasti. Tieto rozdiely spôsobujú

„prešmyky“, či presnejšie interakcie (dočasné dotyky či až prekrývanie okrajov) jednotlivých prstencov disku s nerovnakou rýchlosťou. Prešmyky sa prejavujú tak, že jednotlivé prstence sa o seba trú. Trenie rýchlosť pohybu vnútornej časti disku spomaluje, pohyb vonkajšej časti urýchluje. Tak sa z vnútorných oblastí do vonkajších prenáša moment hybnosti. Dôsledok: čoraz pomalšie krúžiaci vnútorný disk, či presnejšie, materiál, ktorý ho tvorí, už nedokáže vzodorovať gravitácii hviezdy a padá na ňu. Vznikne špirála, krúžava, ktorú nasáva centrálna hvieza, alebo čierna diera.

Aj špirálujúci materiál v akrečnom disku postupne stráca/odvzdáva potenciál gravitačnej energie. Časť energie urýchľuje pohyb materiálu, časť sa premení na trenie, teplo či iné formy energie. Tak sa materiál v disku môže do takej miery zohriať, že intenzívne žiari vo viditeľnom, ultrafialovom a röntgenovom svetle. Disky sa zmenia na gigantické zdroje energie.

Obyav takýchto diskov upozornil astronómov na to, kde majú teoreticky vypočítané čierne diery hľadať. Čierne diery, či presnejšie ich gravitácia, zabraňuje únik akéhokoľvek žiarenia. (Tzv. Hawkingovo žiarenie, teoretický konštrukt, ktorý by sa mal pozorovať pri najmenších čiernych dierach, sa doteraz nikomu nepodarilo

zmerať.) Podľa Einsteinovej všeobecnej teórie relativity by sa energia uvoľňovaná akrečným diskom krúžiacim okolo čiernej diery mala rovnať 10 % energie klúdovej hmotnosti materiálu. (Ide o násobok hmotnosti disku štvorcov rýchlosťi svetla.) To je gigantický potenciál! Astrofyzici vypočítali, že horúci disk vyžaruje viac energie, ako by sa uvoľnilo počas termonuklearných reakcií, ktoré prebiehajú v jadrách hviezd či vo vodíkových bombách. Túto teóriu potvrdzujú údaje o žiarenií kvazarov.

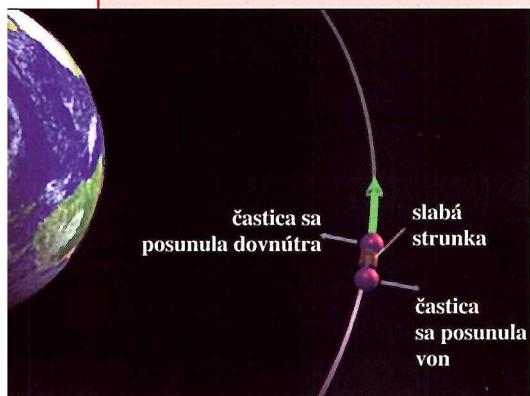
Také množstvo energie vyžarujú akrečné disky okolo supermasívnych čiernych dier v jadrách mladých galaxií.

### Turbulencie vo vesmíre

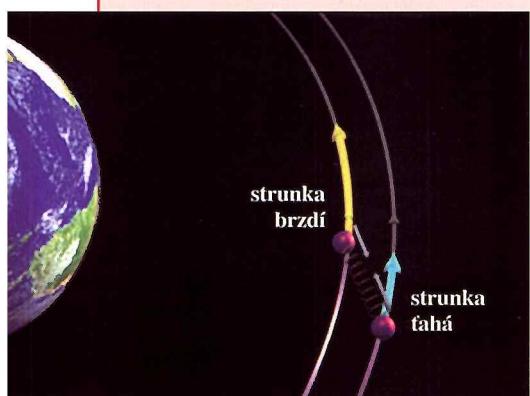
Čo generuje trenie v akrečných diskoch, ktoré generuje také obrovské uvoľňovanie energie? Jedna z teórií to vysvetluje kolíziami častic v disku, ktoré si počas zrážok vymieňajú malé množstvá energie i momenty hybnosti. Taký mechanizmus funguje v Saturnových prstenoch: kamienky, kamene a balvany, ktoré tieto prstence tvoria, strácajú kolíziami energiu vo forme tepla a moment hybnosti sa prenáša smerom von. Podobný efekt pozorujeme v bežných kvapalinách, pričom Saturnove prstence môžeme považovať za viskóznu kvapalinu.

## NESTABILITA DISKU

Turbulencie v akrečných diskoch vznikajú preto, lebo magnetické pole „pasie“ elektricky nabité časti kružiacie v disku. Ak sa od seba vzdialujú, zavráti ich. Ak je magnetické pole slabé, časticie nedokáže zavraciať. Tento jav sa nazýva magnetorotačná nestabilita. Najlepšie si ho vysvetlime pomocou analógie dvoch častic, prepojených slabou strunkou.



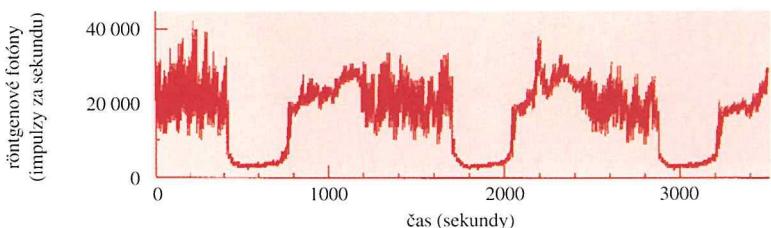
Zem obiehajú dve časticie. Náhodná zrážka zmení ich dráhy. Jedna sa posune bližšie k Zemi, druhá sa od Zeme vzdialí.



Pružná strunka sa usiluje obe časticie opäť priblížiť. Pnutie v strunke rýchlejšiu, vnútornú časticu spomalí, ale vonkajšiu, pomalšiu, urýchli.



Vnútorná častica stratí energiu, a preto padá nižšie, ale na bližšej dráhe sa jej pohyb zrýchli. Vonkajšia častica vystúpi na vyššiu dráhu, ale jej pohyb sa spomalí. Bezpočet takýchto nestabilít generuje turbulencie.



Na grafickom zázname röntgenového žiarenia z akrečného disku GRS 1915+105, ktorý obieha čiernu dieru v dvojhviezde vzdialenej 40 000 svetelných rokov, objavujú sa podivné „húštiny“. Príčinu týchto oscilácií sa zatiaľ nepodarilo vysvetliť.

Pravdaže, úlohu kolidujúcich molekúl tu hrajú kamene. Tento proces spôsobuje, že prstence majú tendenciu vzdalať sa od planéty. Keby Saturn nemal mesiace a mesiačky, ktoré sú rezervoármi momentu hybnosti, prstence by boli čoraz širšie a od planéty by sa vzdalaovali. Pastierske mesiace ich však fixujú na pôvodnom mieste, ba v niektorých prípadoch aj prikrumujú materiálom, ktorý pod vplyvom sláporových sôl strácajú.

Tento proces však ani zdaleka neplatí pri všetkých akrečných diskoch. Zatiaľ nepoznáme všetky typy akrečných diskov a veľa nevieme ani o vlastnostiach a správaní tých, ktoré pozorujeme. Napríklad v dvojhviezdných systémoch i v centrach galaxií sa nasávaná hmota pohybuje oveľa pomalšie, ako by sa mala, keby jej pohyb generovali iba zrážky častic. Taká pomalá špirála by však tak intenzívne žiaríť nemohla.

Zdá sa, že prúdenie hmoty v takýchto systémoch podporujú špirálové vlny v diskoch. Zvukové vlny dokážu prenášať energiu vzduchom. Špirálové vlny dokážu vynášať moment hybnosti von z disku a urýchľovať tak akréciu smerom dovnútra. V niektorých dvojhviezdných systémoch už špirálové vlny boli pozorované. Teória však má slabiny: špirálové vlny v týchto sústavách sú príliš slabé na to, aby dokázali prúdiaci materiál urýchliť do takej miery, aby žiaril tak intenzívne, ako sa pozoruje.

Generátormi chýbajúcej energie sú asi **turbulencie**. Voda v potrubí teče najrýchlejšie v strede, na okrajoch, kde sa trie o steny, teče pomalšie. Ak otočíme kohútik na maximum, rýchlosť prúdu sa zväčší do takej miery, že sa prúdenie stane turbulentným, chaotickým. Takoéto „prešmyky“ rýchlosťí sa vyskytujú aj v akrečných diskoch. Hypotézy o vysokej trublencií akrečných diskov (vznikli ešte v 70. rokoch) však ani počítačové modely, ani základné rovnice o prúdení kvapalín nepotvrdili.

Astronómovia dlho nevedeli, kde je chyba. Možno boli nesprávne modely, možno je analógia s prúdením vody nesprávna. O vlastnostiach rotujúcich sústav zatiaľ veľa nevieme. Laboratórne experimenty, ktoré nasimulovali turbulencie v prúdeniach, pripomínajúci akrečné disky, uspokojivé výsledky nepriniesli. Turbulencie sa v modeloch objavili iba v niektorých prípadoch, pričom nie je isté, či sú javy, ktoré ich vyskiali, objavujú aj v reálnych akrečných diskoch.

Astrofyzici sa však turbulencie v diskoch nechceli vziať. Po roku 1973 si osvojili matematický odhad diskovej turbulencie z dielne sovietskych fyzikov Nikolaja Šakura a Rašida Sjujajjeva. Vznikli prvé teoretické modely

akrečných diskov, ktoré vedci mohli porovnávať s pozorovanými diskami. Ukázalo sa, že niektoré akrečné disky v dvojhviezdoch sa sporadicky výrazne zjasňujú. Najčastejšie sa tento jav vyskytuje pri trpasličích novách, kde akrečný disk špirálujúci okolo bieleho trpaslika občas vzplanie. V tomto prípade sa podarilo dokázať, že generátorom týchto dočasných zjasnení je nestabilita disku. Nestabilita, ktorú spôsobuje rýchle prúdenie materiálu.

Šakurov a Sjujajjev model sa dlho držal, ale novú generáciu astrofyzikov/diskárov už neuspokojovali.

### Kozmický autodrom

K prelomu došlo v roku 1991. Steven Balbus a John Hawley z Virginskej univerzity vykrovali s myšlienkom, že keby bol materiál v akrečnom disku silne elektricky vodivý a slabě zmagnetizovaný, magnetické pole by v disku vytvorilo nestability. Tieto nestability by potom spôsobovali turbulentné prúdenie, ktoré by moment hybnosti vynášalo von a rozptyľovalo by gravitačnú energiu. Tento jav nazvali „**magnetorotačná nestabilita**“ (MRI). Dnes sa nazdávame, že väčšina akrečných diskov funguje podľa tohto scenára.

V prostredí, ktoré je elektricky vysoko vodivé, musia sa siločiari pohybovať v synchróne so základným pohybom prostredia. Kam sa pohybuje materiál, tam smeruje aj magnetické pole. Magnetické siločiary však na prostredie spätné pôsobia. Ohýbajú sa, zakrívajú, zaplietajú a využívajú tak na spôsob pružných prstencov silné pnutie.

Predstavte si dve časticie spojené pružným špirálovým vinutím na obežnej dráhe okolo Zeme (pozri obrázky). Keby niekoľko tieto časticie od seba oddialil (jedna by sa k Zemi priblížila, druhá vzdialila), dalo by sa očakávať, že pnutie v strunke by ich opäť vrátilo do pôvodnej polohy. Ak by však bolo pnutie nepatrné, časticie by sa od seba ešte viac vzdialili. Častica, ktorá by sa premiestnila dovnútra, by sa pohybovala rýchlejšie, inakšie by si moment hybnosti nezachovala. Častica, ktorá sa vzdialila, by svoj pohyb z rovnakých príčin spomalila. Špirála by tak pohyb rýchlejšej časticie spomaľovala, pomalšej urýchľovala. Vnútorná častica, pripravená o časť svojej kinetickej energie, by však padala ďalej dovnútra (jej pohyb by bol čoraz rýchlejší), zatiaľ čo vonkajšiu časticu by rovnaký proces vymrštil ďalej von, kde by sa pohybovala ešte pomalšie. Špirála by takto prenesla moment hybnosti z vnútorej časticie na vonkajšiu.

A presne takto fungujú siločiari v akrečnom disku, ktorý tvoria elektricky nabité časticie.

Predstavte si okrúhlu pretekársku dráhu. Autá na vnútorej dráhe sa pohybujú rýchlejšie ako autá na vonkajšej. Keby páry aut niekoľko prepojil, správali by sa rovnako ako molekuly v akrečnom disku. Vonkajšie autá by sa pohybovali rýchlejšie, vnútorné pomalšie. Vonkajšie by sa však vinou rýchlosťi na svojich dráhach neudržali. Dôsledkom by boli havárie, karamboly, v našom prípade turbulenčie.

Otvor MRI spôsobil vo svete „astrodiskárov“ revolúciu. Prelom možno prirovnáť k situácii v polovici 20. storočia, keď astronómovia zistili, že hlavným energetickým zdrojom hviezd sú reakcie jadrovej fúzie v ich jadrach. Vďaka MRI astrofyzici objavili mechanizmus ešte výdatnejších zdrojov energie, ako sú kvazary a aktívne jadrá galaxií. Dnes astrofyzici študujú, ako turbulencia MRI funguje v rozličných fyzikálnych podmienkach. Iba tak dokážu vysvetliť pozorované odchylinky v správaní rozličných druhov akrečných diskov.

Ako pôsobí turbulencia v protoplanetárnych diskoch, ktoré sú oveľa chladnejšie? Tieto disky sa sformovali z elektricky neutrálneho prachu a plynu. Netvorí ich horúca, ionizovaná plazma. Či magnetické polia dokážu ovplyvniť prúdenie aj v takýchto diskoch, nie je jasné.

Viaceré tím sa pokúšajú vypočítať, ako funguje MRI v horúcich, nepriehľadných akrečných diskoch, ktoré krúžia okolo čiernych dier. Tu by mali prevládať nadzvukové turbulencie, ktoré môžu vytvárať a pretvárať rázové vlny nabitych častic. Dôsledok: fotóny s vysokými energiami dokážu prekonat aj priehľadné medzery medzi rázovými vlnami, takže turbulencie MRI produkujú charakteristické žiarenie. Očakáva sa, že presne takéto žiarenie zo sústav s čiernymi dierami už onedlho budeme detegovať.

## Oscilácie a prúdy

Žiarivý výkon diskov je rozmanitý. Turbulencie sa v každom z nich prejavujú inakšie. Obyčajne sa v diskoch pozorujú náhodné a chaotické zmeny, v niektorých prípadoch však vzplanutia majú harmonogram. Na krivke svetelného výkonu takýchto diskov sa opakovane vyskytujú nevysvetliteľné tvary, húštiny, iba zriedka sa objavia zreteľné oscilácie s presne definovanými frekvenciami. Oscilácie v akrečných diskoch okolo neutrónových hviezd a čiernych dier (s hmotnosťami od 4 do 15 Slnk) mapuje najmä röntgenový satelit Rossi X-Ray Timing Explorer, ktorý dokáže zmerať zmeny röntgenového žiarenia.

Príčiny premenlivosti a oscilácií v diskoch sú neznáme. Vedci sa prikláňajú k názoru, že ide o tiché módy vibrácie disku, ktoré do značnej miery pripomínajú harmonické tóny struny na husliach. A tak, ako dokážeme z tónov odvodíť napätie a hmotnosť struny, ktorá ich produkuje, tak z pozorovanej frekvencie akrečného disku možno raz odčítame údaje o jeho stavbe, ako aj o časopriestore okolo neutrónovej hviezy či čiernej diery.

Väčšina gravitačnej energie uvoľnenej po spirále klesajúcim materiálov v akrečných diskoch sa mení na žiarenie. Táto energia občas uvoľní prúdy častic, ktoré disk opúšťajú. Astrofyzici skúmajú vznik týchto prúdov, ako aj to, čo určuje rozdelenie akrečnej energie na žiarenie a kinetickú svietivosť. Rôzne druhy diskov majú podľa všetkého rozličné mechanizmy vypudzovania častic. V niektorých prípadoch ich riadi akrečný disk, pretože časticie z neho odnášajú nielen hmotu a energiu, ale možno aj významné množstvo momentu hybnosti.

Vedci nevylučujú, že mechanizmom, ktorý

generuje niektoré typy výtryskov, by mohol byť aj tlak fotónov, ktoré produkuje akrečný disk. Fotóny majú súčasť nulovú kľudovú hmotnosť, moment hybnosti si však uchovávajú. Keď sa na materiále disku rozptylujú, vymieňajú si moment hybnosti s časticami, do ktorých narážajú. (Na tomto princípe fungujú slnečné plachetnice.)

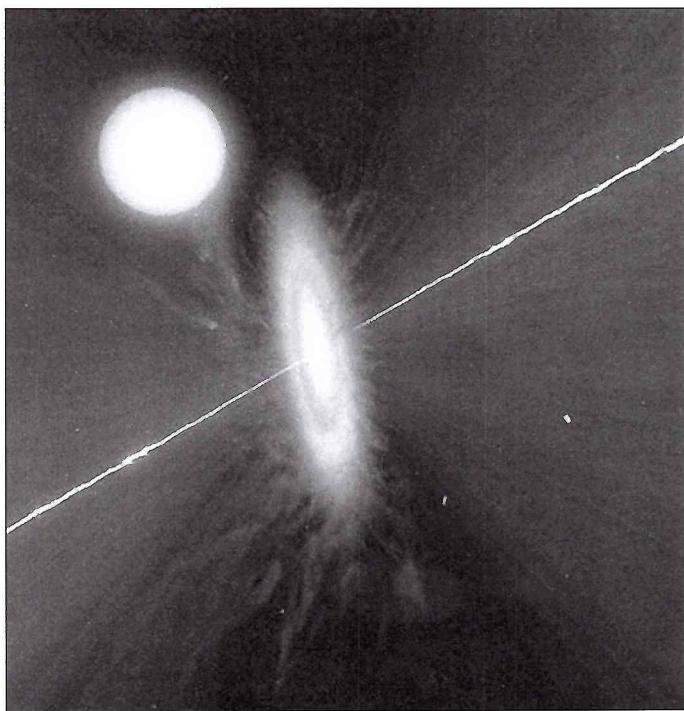
Ultrafialové fotóny, emitované mladými hviezdami, interagujú s atómami a iónmi okolo hviezy a generujú tak hviezdne vetry, ktoré čistia okolie hviezdneho novorodenca. Ultrafialové fotóny v akrečných diskoch okolo bielych trpaslíkov, v aktívnych jadrach galaxií či v kvarzoch môžu rovnako rozpútať vetry z častíc tvoriacich tieto disky.

Mladé hviezdy i niektoré aktívne jadrá galaxií produkujú veľmi rýchle, úzke prúdy častic. Výtrysky z mladých hviezd doletia do vzdialenosť niekoľkých svetelných rokov, z aktívnych jadier až do vzdialenosť niekoľkých miliónov svetelných rokov. Keby tieto lúče neboli ovinuté spirálou magnetického poľa, neudržali by sa tak dlho v takom úzkom zväzku.

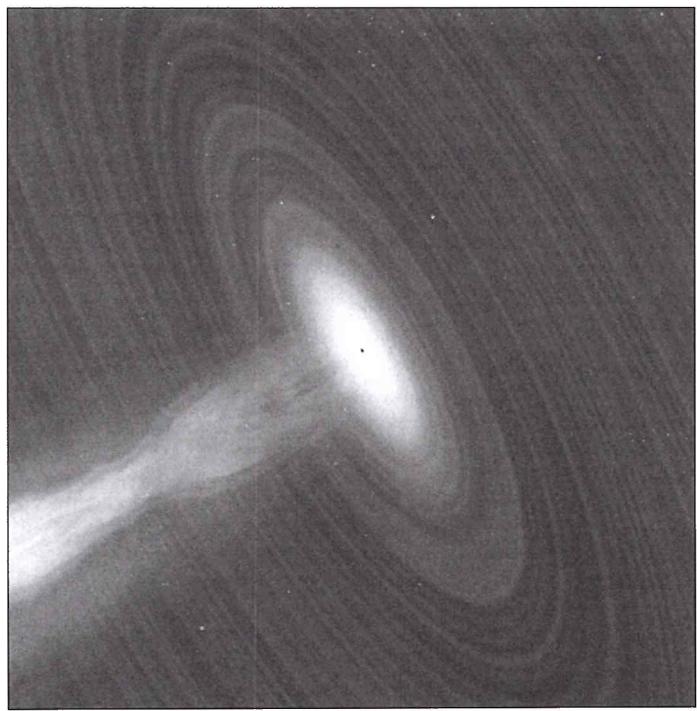
Akrečné disky sú bezpochyby zmagnetizované. Ich rotácia môže magnetické siločiary sformovať do podoby špirály, ktorá obopína prúd častic a pnutím ich udržuje v úzkom zväzku. Rotácia disku môže byť zároveň mechanizmom, ktorý umožňuje vymŕšťovanie materiálu pozdĺž zavijajúcich sa siločiar, a tak ich nasmerovať do prúdu.

Astrofyzici sa venujú akrečným diskom už niekoľko desaťročí. Napriek neuveriteľnej mnohotvárnosti týchto útvarov sú presvedčení, že im už začínajú rozumieť. Aj naša Slnečná sústava sa zrodila z akrečného disku. Ako...? To sa dozvieme až vtedy, keď dynamiku týchto fascinujúcich objektov nadobro rozlúštimo.

**OMER BLAES, Scientific American**



Dvojhviezda SS 433 je zvláštny systém. Hmotu z normálnej hviezdy, strhávanú gravitáciou masívneho objektu sa formuje do akrečného disku, ktorý generuje energiu do dvoch protiľahlých výtryskov.



Na ilustrácii, v 1000-násobne vyšom rozlíšení ako najlepšie ďalekohľady vidíme objekt SS 433, pravdepodobne čierna diera opísanú akrečným diskom, z ktorého prúdi plazma sformovaná siločiarami do úzkeho výtrysku magnetického poľa.

# Rozprava o symbiotických hviezdach

I.

# Základné zložky žiarenia

## 1. Úvod

Symbiotické hviezdy sú dvojhviezdy s orbitálnou periódou dlhšou ako rok, zložené z chladného obra a horúcej kompaktej hviezdy. Základnou podmienkou interakcie medzi zložkami symbiotického páru je strata hmoty obrou hviezdu – prirodzený jav vyvinutých hviezd s veľkým polomerom (teda nízkym gravitačným zrýchlením na povrchu) a svietivosťou. Takáto hvieza odfukuje do priestoru svoju vonkajšiu atmosféru, z ktorej malá časť, približne 1 – 2 %, sa dostáva do gravitačného pôsobenia kompaktného súpútania. Počas tzv. akréčneho procesu sa zachytená hmota v dôsledku zrážok jej jednotlivých častíc (t. j. jej viskozity) zohrieva na úkor svojej viazanej energie (kineticá a potenciálová), čo ju postupne pomaly posúva (hmota „špiráluje“) bližšie k centrálnej hviezde (tzv. akrétoru), do oblasti s menšou gravitačne-potenciálovou energiou. Tento proces formuje prenášanú hmotu okolo akrétoru do tenkého útvaru diskového tvaru, tzv. akréčneho disku, ktorý tak účinne transformuje gravitačne-potenciálovú energiou akreujúceho materiálu na (vysokoenergetické) žiarenie. Po dosadnutí na povrch akrétoru sa prenášaná hmota vo veľmi tenkej vrstve, tzv. *hraničnej vrstve* (z anglického *boundary layer*) zabrzdí, a tak uvolní zvyšok svojej kinetickej energie. Akréčny proces vedie k extrémnemu zohriatiu povrchu akrétoru až na stovky tisíc kelvinov a zvýšeniu jeho svietivosti približne na 100 – 10 000 svietivostí Slnka. Ta ktorý silný zdroj veľmi horúceho žiarenia je schopný účinne ionizovať hmotu v okolí dvojhviezdy, ktorej zdrojom je hviezdny vektor obra. Procesom ionizácie vzniká rozsiahly plazmatický útvar – symbiotická hmlovina – s rozmermi až niekoľko desiatok astronomických jednotiek. Žiarenie hmloviny vo forme silného spojitého žiarenia a emisných čiar je produkované procesom rekombinácie a brzdného žiarenia, keď uvoľnené elektróny sú zachytávané iónmi alebo prechádzajú v ich tesnej blízkosti. Výsledkom týchto procesov je, že žiarenie symbiotických hviezd sa skladá z troch základných zložiek. Dve zložky sú hviezdneho pôvodu – prvá je emitovaná chladným obrom pri teplotách 3 000 – 4 000 K a druhá horúcou hviezdu pri teplotách vyšších ako 100 000 K. Tretou zložkou je žiarenie hmloviny. Formálne preto môžeme pozorované žiarenie, v danej vlnovej dĺžke  $\lambda$ , zapísť ako súčet tokov žiarenia týchto zložiek

$$F(\lambda) = F_g(\lambda) + F_h(\lambda) + F_n(\lambda). \quad (1)$$

kde indexy g, h, n označujú obra (giant), horúcu (hot) hviezdu a hmlovinu (nebula). Príspievky jednotlivých zložiek žiarenia sú silne závislé od vlnovej dĺžky. V ďalekej ultrafialovej oblasti prakticky pozorujeme len žiarenie horúcej hviezdy, v blízkej ultrafialovej až optickej oblasti spektra často prevláda žiarenie hmloviny a v infračervenej oblasti dominuje žiarenie chladnej hviezdy. V prípade tzv. D-typu symbiotických hviezd (Dust = prach) sa v oblasti vlnových dĺžok väčších ako ~ 2.2 mm (fotometrický pás K) prejavuje aj príspievok prachovej emisie. V našich úvahách sa však budeme zaoberať len tzv. S-typom symbiotických hviezd (Stellar = hviezdny), v ktorých sa žiarenie prachu nepozoruje. Navyše, tok žiarenia, produkovaný horúcou hviezdom, je daný výdatnosťou akréčneho procesu, t. j. množstvom akreovanej hmoty a gravitačným potenciálom kompaktej hviezdy, ktoré sú veľmi rozdielne pre rôzne sústavy. Aby sme lepšie rozumeli pozorovanému spektru symbiotických hviezd, treba poznáť vlastnosti jeho jednotlivých zložiek žiarenia. Znamená to vedieť tiež zložky žiarenia zo spektra izolovať, teda určiť ich fyzikálne parametre, čo nám späť pomôže pri interpretácii našich pozorovaní. V nasledujúcich úvahách si objasníme metódu „rozmotania“ a následnej rekonštrukcie zloženého spektra symbiotických hviezd a jej najzaujímavejšie výsledky, ktoré sú spoločné pre túto skupinu objektov.

## 2. Rekonštrukcia pozorovaného žiarenia

Štruktúru symbiotických hviezd je možné odhaliť využitím rekonštrukcie spektroskopických a fotometrických pozorovaní od ďalekej ultrafialovej oblasti (1 100 Å) až po fotometrické pásmo M (50 000 Å) v infračervenej oblasti spektra. Na týchto vlnových dĺžkach možno pozorovať časť veľmi horúceho žiarenia ( $T_h = 1-2 \times 10^5$  K) a takmer kompletnej príspievok žiarenia hmloviny a chladného obra. Za týmto účelom sme použili spektroskopické pozorovania urobené družicami IUE (*International Ultraviolet Explorer*) a HST (*Hubble Space Telescope*), dostupné z ich archívov a fotometrického pozorovania v (UBV)RIJKLM pásmach. V prvom kroku, pozorovania prevedieme na rovnaké energetické jednotky, čím dostaneme *pozorované* rozdelenie energie (SED: *Spectral Energy Distribution*). Našim cieľom je určiť takú modelovú krivku (t. j. *modelové SED*) výsledného žiarenia  $F(\lambda)$  vo vzťahu (1), ktorá zodpovedá pozorovaniam v rámci presnosti ich merania.

Preto musíme poznáť zákony vyžarovania kozmických objektov a fyzikálne parametre, ktoré ich bližšie určujú. Pre jednoduchosť predpokladáme Planckov zákon žiarenia čierneho telesa pre zložku horúceho žiarenia, žiarenie chladnej obrej hviezdy aproximujeme vhodným syntetickým spektrom, aj keď Planckova krivka dáva uspokojujúci výsledok. Pre emisiu z hmloviny uvažujeme žiarenie vodíkovej plazmy. Každá zložka žiarenia je charakterizovaná dvomi základnými parametrami – teplotou a svietivosťou. Teplota určuje závislosť vyžarovania na vlnovej dĺžke a svietivosť udáva jeho množstvo; teda škáluje danú zložku žiarenia k pozorovaniam. V prípade žiarenia hmloviny sa namiesto svietivosti často používa tzv. miera emisie (EM: *Emission Measure*), ktorá zodpovedá súčtu všetkých aktív rekombinácie v objekte hmloviny. Modelové SED je teda určené 6 parametrami – teplota a svietivosť pre každú zložku žiarenia:  $T_h$ ,  $L_h$ ,  $T_g$ ,  $L_g$ ,  $T_e$ , EM. Formálne potom možno rovnici (1) prepísať do tvaru

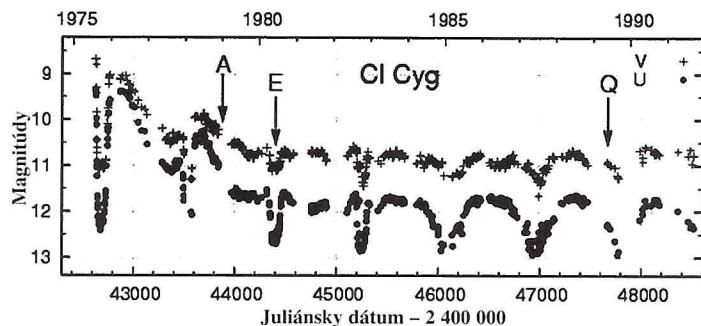
$$F(\lambda) = k_g \times F_g \text{ synth}(\lambda, T_g) + k_h \times B(\lambda, T_h) + k_n \times \epsilon(\lambda, T_e) \quad (2)$$

kde  $k_g$ ,  $k_h$  a  $k_n$  sú parametre škálovania, pomocou ktorých môžeme určiť svietivosť, respektíve mieru emisie, pre známu vzdialenosť objektu.  $B(\lambda, T_h)$  označuje Planckovu krivku a  $\epsilon(\lambda, T_e)$  je emisný koeficient pre vodíkovú hmlovinu. Vyhodou je, že syntetické spektrum chladného obra možno priamo naškálovať k pozorovaniam (zväčša) v JHKLM fotometrických pásmach, lebo v tejto oblasti spektra je chladná hvieza hlavným zdrojom žiarenia. Takto priamo odhadneme efektívnu teplotu a svietivosť obra. Zostáva určiť štvoricu zvyšných parametrov, ktoré charakterizujú žiarenie horúcej hviezdy a hmloviny. V praxi si zvolíme interval možných (predpokladaných) hodnôt každého parametra a podľa (2) počítame modelové krivky SED pre ich všetky možné kombinácie (1 model = 1 štvoricu parametrov), z ktorých potom vyberieme (samozrejme numericky) taký model, ktorý najlepšie vyhovuje pozorovaniom. Úloha je veľmi zložitá, pretože je potrebné pretestovať desiatky tisíc modelov.

## 3. Porovnanie modelu s pozorovaním

Na obr. 1 je znázornené pozorované a modelové rozdelenie energie spojitého žiarenia klasickej symbiotickej hviezdy CI Cygni, ktorá nedávno prešla štadiom vysokej aktivity (v rokoch 1975 – 1983) a približne od roku 1983 sa nachádza v tzv. fáze pokoja. Svetelná krivka objektu zachytáva zmeny jasnosti vo viditeľnom svetle. Pri interpretácii štruktúry horúcej zložky napomáha fakt, že ide o zákrytovú sústavu. Na demonštráciu zmien žiarenia CI Cygni v širokej spektrálnej oblasti sme vybrali pozorovania z fázy aktivity, fázy pokoja a zo zákrytu.

V infračervenej oblasti spektra pozorujeme takmer výlučne žiarenie červeného obra, ktoré je veľmi dobre porovnatelné so syntetickým



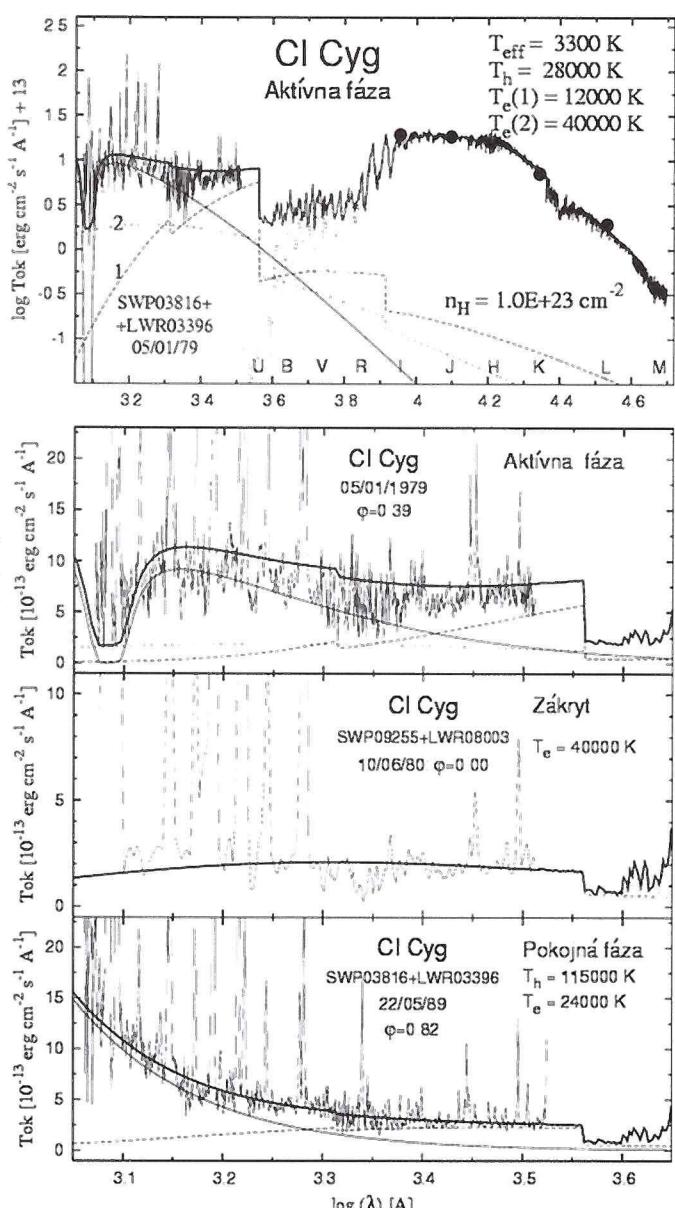
Obrázok 1. Príklad pozorovaného a modelového SED počas aktívnej fázy (A), zákrytu (E) a fázy pokoja (Q) pre symbiotickú hviezdu CI Cygni. Zodpovedajúce časy pozorovania sú označené na svetelnej krvíke (panel vpravo). Čiarkovaná, plná tenká a bodkovaná čiara predstavujú žiarenie hmloviny, horúceho objektu a obra. Hrubá plná čiara je ich súčtom (pozri vzťah (1)) a predstavuje tak výsledné modelové SED.

spektrom o efektívnej teplote  $T_g = 3\,300$  K a výkonom  $F_g^{\text{obs}} = 2.8 \times 10^{-8}$  erg s $^{-1}$  prechádzajúcim plochou 1 cm $^2$  vo vzdialenosťi  $d$  od zdroja. Táto veličina predstavuje celkový (bolometrický) pozorovaný tok žiarenia obra. Dostaneme ju integráciou syntetického spektra, definovaného parametrami  $T_g$  a  $k_g$ , cez všetky vlnové dĺžky. Svetivosť obra (t. j. výkon vyžarovaný celým povrchom hviezd) potom ľahko určíme vynásobením tejto veličiny celým povrhom sféry o polomeru odpovedajúcom vzdialenosťi sústavy, čiže  $L_g = 4\pi d^2 \times F_g^{\text{obs}}$  erg s $^{-1} = 3\,500$  svietivostí Slnka pre  $d = 2$  kpc. Alebo, zo známeho polomeru obra  $R_g = 180$  polomerov Slnka, určeného z geometrie zákrytu, a jeho efektívnej teploty, môžeme určiť svietivosť obra  $L_g = 4\pi R_g^2 \sigma T_g^4 = 3\,500$  svietivostí Slnka.

V ultrafialovej a optickej oblasti spektra je vyžarovanie CI Cyg silne závislé od toho, či je sústava vo fáze aktivity alebo pokoja. Teplota horúceho objektu počas fázy pokoja prevyšuje 100 000 K – profil spojitého spektra ukazuje nárast energie ku kratším vlnovým dĺžkam (spektrum je strmé), zatiaľ čo aktívna fáza je charakterizovaná podstatne nižšími teplotami, okolo 25 000 K – profil spektra je viac či menej plochý (obr. 1, stredný panel). Navyše, v ďalekej UV oblasti, okolo vodíkovej čiary Ly $\alpha$  (1216 Å), pozorujeme silné zoslabenie žiarenia v dôsledku tzv. Rayleighovo rozptylu fotónov na neutrálnych atónoch vodíka. Tento efekt nám dáva informáciu o prítomnosti (vytvorení sa) značného množstva neutrálnej okolohviezdnej látky, približne  $10^{23}$  atómov v stĺpci o priereze 1 cm $^2$  pozdĺž smeru pozorovania. Kedže dráhu CI Cygni pozorujeme pod veľmi vysokým uhlom (ide o zákrytovú dvojhviezdu), táto neutrálna látka sa nachádza najmä v jej obežnej rovine. V obidvoch prípadoch – pokoja a aktivity – pozorujeme silný príspevok emisie hmloviny. Vo fáze pokoja je to prirodzený dôsledok interakcie silného zdroja ionizujúceho žiarenia s okolitou látkou. Jej žiarenie z extrémnej UV oblasti ( $\lambda \leq 912$  Å) je procesom ionizácie a rekombinácie transformované do dlhších vlnových dĺžok ultrafialovej a optickej časti spektra. Vo fáze aktivity však pozorovaná súčasná prítomnosť nízko-teplotného žiarenia hviezdnej povahy a silného žiarenia hmlovinného pôvodu predstavuje paradox. Zdroj žiarenia o teplote  $T_h \approx 25\,000$  K totiž nie je schopný ionizovať také

množstvo látky, aké je požadované pozorovanou mierou emisie a emisnými čiarami vysokooionizovaných atómov. Napríklad, aby v spektri boli pozorované emisné čiary ionizovaného dusíka NV  $\lambda 1240$  a héliu HeII  $\lambda 1641$ , ktoré sú počas vzplanutí v spektri bežne prítomné, potrebujeme zdroj ionizujúceho žiarenia s teplotou okolo 100 000 K a viac. My však pozorujeme podstatne nižšiu teplotu, len okolo 25 000 K! Tento paradox dvojteplotného UV spektra je možné vysvetliť diskovým tvarom falosnej fotosféry, ktorá sa vytvorí počas vzplanutia v rovine obežnej dráhy dvojhviezdy. Potom, v prípade sústavy s vysokým sklonom dráhy, pozorujeme okraj

rozšíreného disku ako relatívne chladnú pseudofotosféru, ktorá zakrýva veľmi horúce vnútorné časti disku (napr. hraničnú vrstvu) a centrálnu hviezdu. Ich prítomnosť v sústave je sprostredkovaná nepriamo, pomocou hmloviny, ktorá je rozložená nad a pod diskom, a teda veľmi dobre „vidí“ centrálne horúce časti diskovej obálky. V princípe funguje ako „zrkadlo“, pomocou ktorého aj vonkajší pozorovateľ dostáva informáciu o prítomnosti horúceho zdroja v objekte. Presnejšie, aplikáciou známej diagnostiky vyžarovania hmlovín vieme odvodíť vlastnosti (teplotu a svietivosť) zdroja, ktorý je zodpovedný za žiarenie hmloviny. Hmlovina tak transformuje časť žiarenia horúceho zdroja z ľahko dostupnej, ďalekej až extrémnej UV oblasti do blízkej UV a optickej časti spektra, a tým nám poskytuje informáciu o prítomnosti takého zdroja v sústave a jeho vlastnostiach. Ďalším prekvapujúcim výsledkom presného modelovania SED symbiotických hviezd vo fázach aktivity je žiarenie počas úplného zákrytu. Očakávaným príspevkom bolo žiarenie hmloviny, ktorá sa rozkladá do veľkých vzdialenosťí od centrálnej hviezd, a teda nie je predmetom



zákrytu. Vieme, že je charakterizovaná elektrónovými teplotami 10 000 až 20 000 K, čo zodpovedá mieremu sklonu profilu kontinua s maximom v blízkej UV oblasti. Prekvapením však bolo, že pozorovaný profil zvyškového žiarenia bol prakticky vodorovný, čo indikuje prítomnosť veľmi horúcej hmloviny s teplotou okolo 40 000 K (predposledný panel na obr. 1). Navyše, jej miera emisie je veľmi vysoká. Pre opisovaný príklad CI Cygni bola úroveň horúceho kontinua asi  $2 \times 10^{-13}$  erg/s/cm $^2$ /Å, čomu zodpovedá škálovací faktor vo vzťahu (2),  $k_n = 1.1 \times 10^{15}$  cm $^{-5}$ , respektíve miera emisie EM =  $4\pi d^2 \times k_n = 5.3 \times 10^{59}$  cm $^{-3}$  alebo svietivosť  $L_n = 100$  Slnk pre vzdialenosť  $d = 2$  kpc. Teda okrem nízko-teplotnej hmloviny sa počas fázy aktivity vytvára aj silná, vysokoteplotná hmlovina, ktorá sa pri prechode do pokojovej fázy postupne zoslabuje.

Aplikáciou metodiky rekonštrukcie zloženého spektra na 21 symbiotických hviezd, pre ktoré boli dostupné pozorovania od ultrafialovej po infračervenú oblasť spektra, bolo možné určiť spoločné vlastnosti jednotlivých zložiek žiarenia, a teda aj ich zdrojov. V nasledujúcej kapi-

tole tieto charakteristiky a ich vzájomné vzťahy zhrnieme do základného modelu.

#### 4. Zjednotený model symbiotických hviezd

##### 4.1. Spoločné vlastnosti žiarivých oblastí

Zložka žiarenia chladných obrov je určená dvomi modelovými parametrami – efektívnu teplotou  $T_g$  a škálovacím parametrom  $k_g$ . Pomocou týchto parametrov určíme pozorovaný bolometrický tok obra,  $F_g^{\text{obs}}$ , ktorý nám definiuje jeho svietivosť ako  $L_g = 4\pi d^2 \times F_g^{\text{obs}}$  (pozri kapitolu 3). Spoločné vlastnosti chladných obrov sme skúmali pomocou tohto definičného vzťahu – hľadali sme (možnú) funkčnú závislosť nami určených hodnôt  $F_g^{\text{obs}}$  od vzdialenosť d. Pre všetky skúmané sústavy sme dostali nasledovné vzťahy:

$$\log(F_g^{\text{obs}}) = -2\log(d) - (7.30 \pm 0.05) \quad (3)$$

pre červených obrov, a

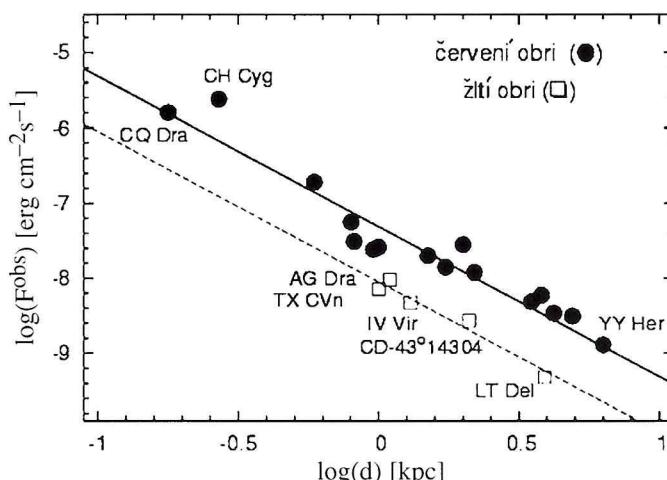
$$\log(F_g^{\text{obs}}) = -2\log(d) - (8.03 \pm 0.05) \quad (4)$$

pre žltých obrov v symbiotických hviezdach. Tok žiarenia je v jednotkách  $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  a vzdialenosť v kpc. *Obrázok 2* ukazuje tieto závislosti. Konštanty v týchto vzťahoch zodpovedajú charakteristickej svietivosti  $L_g = 1600 \pm 200$  a  $290 \pm 30$  SÍnk pre červených, respektíve žltých obrov. Tieto vzťahy môžu byť využité aj opačne. Pokiaľ by sme určili bolometrický tok  $F_g^{\text{obs}}$  (napríklad z IR fotometrie), potom tieto empirické závislosti určujú vzdialenosť symbiotickej sústavy.

Zložka žiarenia produkovaná horúcou hviezdou je určená parametrami  $T_h$  a  $k_h$  (vzťah 2). V pokojných fázach je teplota veľmi vysoká,  $T_h \geq 100 000 \text{ K}$ , čo je dané vzrástajúcim tokom žiarenia smerom ku kratším vlnovým dĺžkam – pozorujeme len dlhovlnný koniec Planckovej krivky odpovedajúcej extrémnym teplotám (jej maximum leží v oblasti mäkkého X-žiarenia). Z tohto dôvodu však nie možné presne určiť  $T_h$  priamym modelovaním tak malej časti žiarenia, ktorá je dostupná v ultrafialovej oblasti spektra. Môžeme odhadnúť len jej minimálnu hodnotu, ktorá zodpovedá takej teplote, pri ktorej horúci zdroj je práve schopný produkovať pozorované množstvo žiarenia hmloviny. Iné metódy využívajú známu diagnostiku žiarenia hmlovín v čiarach. Škálovací parameter žiarenia horúcej hviezdy sa dá vyjadriť ako

$$k_h = \theta_h^2 = (R_h^{\text{eff}}/d)^2 \quad (5)$$

kde  $\theta_h$  je uhlový polomer horúceho zdroja žiarenia a  $R_h^{\text{eff}}$  je jeho zodpovedajúci efektívny polomer. Tento zodpovedá polomeru sféry, ktoréj svietivosť sa rovná svietivosti horúceho objektu, ktorý však nemusí mať sférický tvar. Modelovanie SED v pokojných a aktívnych fázach ukázalo, že hodnoty  $R_h^{\text{eff}}$  sú v priemere asi 10-krát, respektíve 100-krát väčšie než je typický polomer bielych trpaslíkov, ktorí sú predpokladanými akréformi v symbiotických hviezdach. To znamená, že ani v pokojných fázach nepozorujeme povrch bieleho trpaslíka, ale len opticky hrubú falošnú fotosféru, ktorá vzniká v dôsledku intenzívneho procesu akrécie.



Obrázok 2. Vzťah medzi celkovým pozorovaným tokom žiarenia obrov,  $F_g^{\text{obs}}$  a vzdialenosťou d. Plná a prerusovaná čiara odpovedajú ich lineárnej regresii vyjadrenej rovnicami (3) a (4) v teste pre červených, respektíve žltých obrov. Rozšírení sú obri s nezávisle určeným polomerom alebo vzdialenosťou.

Test, či a ako tato zložka žiarenia spĺňa základný vzťah medzi svietivosťou, polomerom a teplotou zdroja žiarenia ( $L_h = 4\pi [R_h^{\text{eff}}]^2 \sigma T_h^4$ ) ukázal, že počas pokojných fáz horúci objekt svieti pri charakteristickej teplote  $T_h = 103 000 \text{ K}$ , ktorá sa drasticky znižuje na  $T_h = 22 000 \text{ K}$  pre väčšinu objektov v aktivite (tzv. 1. typ vzplanutia). Výnimku tvorí AG Dra a YY Her (vzplanutie v roku 1983), ktorých vzplanutia boli charakterizované veľmi vysokými teplotami  $T_h = 165 000 \text{ K}$  (tzv. 2. typ vzplanutia). *Obrázok 3* demonštruje vzťah „svietivosť – polomer“ pre zložku žiarenia horúcej hviezdy a pre všetky nami skúmané sústavy.

Ziarenie hmloviny je charakterizované modeľovými parametrami  $T_e$  a  $k_n$  (vzťah 2). Výsledky nášho modelovania SED ukázali na výrazné rozdiely vlastností hmloviny počas pokojných a aktívnych fáz. V *pokojných fázach* je jej žiarenie charakterizované jednotou elektrónovou teplotou (t. j. hmlovina nie je výrazne teplotne štruktúrovaná, čo uľahčuje modelovanie). Elektrónová teplota je pre jednotlivé sústavy rôzna a pohybuje sa v rozmedzí  $12 000 - 25 000 \text{ K}$ . Napríklad, pre spektrum AG Dra sú typické teploty  $T_e = 22 000 \text{ K}$ , zatiaľ čo v sústave V443 Her hmlovina svieti pri  $T_e = 14 000 \text{ K}$ . Na dlhších časových škálach, rádovo rokov, niekedy pozorujeme aj výrazné zmeny  $T_e$  pre danú sústavu až do  $10 000 \text{ K}$  (Z And, AG Peg). Množstvo hmlovinného žiarenia je dané škálovacím faktorom  $k_n$ , ktorý určuje mieru emisie ako

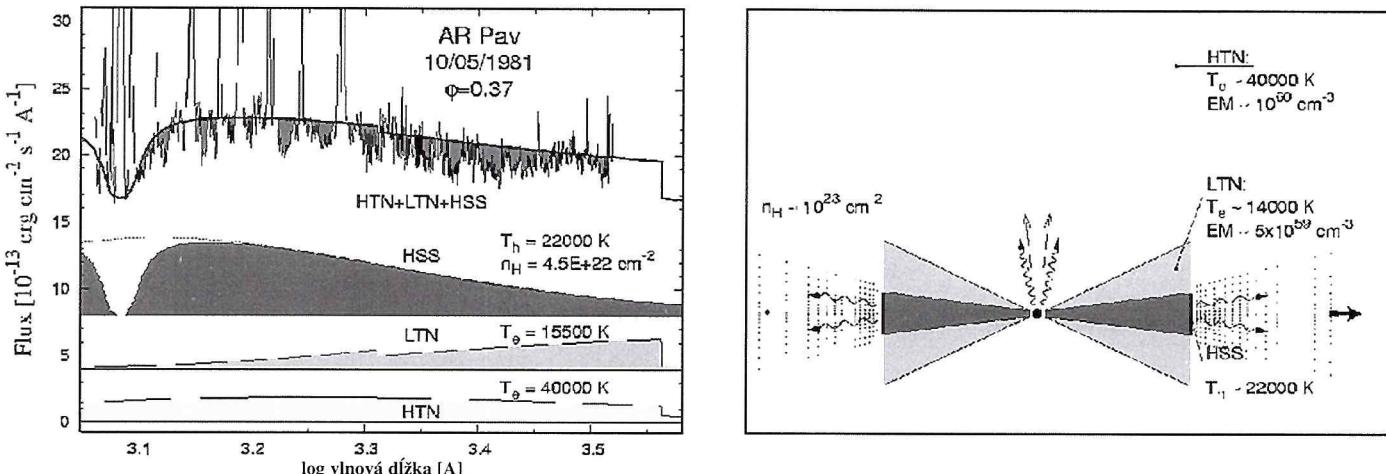
$$EM = 4\pi d^2 \times k_n. \quad (6)$$

Najnižšie hodnoty EM sa pohybujú okolo  $10^{58} \text{ cm}^{-3}$ , čomu zodpovedajú svietivosti len niekoľko SÍnk (CQ Dra, EG And); najvyššie potom okolo  $10^{60} \text{ cm}^{-3}$  so svietivosťou až okolo 1000 SÍnk (BF Cyg, YY Her).

Zaujímavou implikáciou je možnosť určenia straty hmoty obrom pomocou meranej hodnoty EM. Táto metóda je založená na tom, že v pokojných fázach symbiotických hviezd je hlavným zdrojom žiarenia hmloviny ionizovaná časť masívneho hviezdneho vetra chladného obra v dvojhviezde. Princípom metódy je porovnanie pozorovanej a teoretickej hodnoty EM. Podľa definície je  $EM(\text{teoretický}) = n_i \times n_e \times V$ , kde  $n_i$  a  $n_e$  je hustota iónov, respektíve elektrónov, a  $V$  je objem hmloviny. Súčin  $n_i \times n_e$  je tzv. emisivita (výdatnosť) hmloviny. Výpočet teoretického

EM však komplikuje skutočnosť, že hustota častíc v rôznych miestach hmloviny môže byť veľmi rozdielna. Nižšie si vysvetlím, ako možno odhadnúť predpokladanú hodnotu EM pre prípad ionizovaného vetra. Na základe znalostí, akým spôsobom (t. j. poznáme predpis urýchľovania častic vetra a ich konečnú rýchlosť) a v akom množstve (t. j. hľadaná strata hmoty za jednotku času,  $dM/dt$ ) obor fúka do priestoru časť svojej hmoty, môžeme stanoviť hustotu častic vetra,  $n(r)$ , v ľubovoľnej vzdialnosti,  $r$ , od jeho povrchu. Za predpokladu len vodíkové plazmy (príspevky od iónov ostatných prvkov sú zanedbateľné) je emisivita hmloviny v mieste  $r$  o hustote  $n(r)$  daná ako  $n_i \times n_e = n(r)^2$ , lebo z 1 atómu vodíka vzniknú po ionizácii 2 častic (protón a elektrón). Celkovú mieru emisie potom dostaneme integráciou jednotlivých príspevkov s danou hustotou cez celý objem hmloviny. Modelové množstvo miery emisie závisí od polomeru obra ( $\approx 100$  polomerov Slnka), urýchľovaného vetra na maximálnu hodnotu (spôsob poznáme a konečná rýchlosť dosahuje  $\approx 20 - 30 \text{ km/s}$ ), rýchlosťi straty hmoty  $dM/dt$  a geometrii hmloviny, ktorú odhadneme pomocou svietivosti a teploty horúcej hviezdy. Jediný neznámy parameter,  $dM/dt$ , potom určíme porovnaním teoretickej hodnoty miery emisie s pozorovanou hodnotou, ktorú sme získali modelovaním SED. Pre súbor 15 symbiotických hviezd vo fáze pokoja sme takto odhadli rýchlosť straty hmoty hviezdnym vetrom chladných zložiek v symbiotických hviezdach na niekoľko krát  $10^{-7}$  hmotnosti Slnka za rok (t. j. viac ako 10 biliónov ton za sekundu).

Vo *fázach aktivity* pozorujeme dva, približne rovnako silné, druhy hmlovinného žiarenia. Jeden je produkovaný vysokoteplotnou (HTN – Hot-Temperature Nebula) a druhý nízkoteplotnou (LTN – Low-Temperature Nebula) hmlovinou. HTN je charakterizovaná elektrónovou teplotou okolo  $40 000 \text{ K}$  a je priamo pozorovaná počas zákrytov ako jediná zložka žiarenia horúceho objektu. To znamená, že sa tvorí v oblastiach veľmi vzdialených od ionizujúceho zdroja a jej relatívne vysoká teplota odraža výrazný vplyv zrážkovej ionizácie. LTN je charakterizovaná podstatne nižšou teplotou,  $T \approx 14 000 \text{ K}$ , čo znamená, že jej žiarenie vzniká najmä fotionizáciou. Počas zákrytov táto zložka hmlovinného žiarenia nie je v spektri pozorovateľná.



Obrázok 4. Schematická reprezentácia zjednoteného modelu štruktúry horúcich objektov v symbiotických hviezdach počas aktívnych fáz. Ľavý panel ukazuje príklad ultrafialového spektra AR Pav a jeho jednotlivé zložky žiarenia (HTN, LTN a HSS = horúci zdroj hviezdneho žiarenia – falošná fotosféra). Žiarenie HSS je v dalekej UV oblasti utlmované Rayleighovým rozptylom na atónoch vodíka (vykrojená časť Planckovej krivky) a najmä v blízkej UV časti spektra ovplyvnené blendovanými absorpciami železa (tzv. železná záclona). Pravý panel ukazuje náčrt zodpovedajúcich emisných oblastí tak, ako sú vidieť na reze kolmom na obežnú rovinu obsahujúcom centrálnu hviezdu. Behom vzplanutí je vonkajší okraj disku natoľko rozšírený, že permanentne zakrýva horúci ionizujúceho žiarenia. Model je opísaný v kapitole 4.2.

#### 4.2. Štruktúra horúceho aktívneho objektu

Obrázok 4 ukazuje základné schémy štruktúry horúceho aktívneho objektu zloženého z jednotlivých oblastí žiarenia tak, aby vyhovovali ich fyzikálnym a geometrickým vlastnostiam odvodeným naším modelovaním SED. Fungovanie a vzájomnú podmienenosť žiarivých oblastí v rámci takejto rekonštrukcie – zjednoteného modelu – možno stručne zhrnúť nasledovným spôsobom:

- Súčasnú prítomnosť dvoch teplotne extrémne rozdielnych zdrojov žiarenia v ultrafialovej oblasti spektra (falošná fotosféra s teplotou  $\approx 22\ 000$  K a horúci zdroj ionizujúceho žiarenia s teplotou prevyšujúcou  $100\ 000$  K) je možné vysvetliť jedine diskovou štruktúrou opticky hrubého materiálu, ktorý pozorujeme z jeho okrajov. Vonkajší okraj disku musí byť dostatočne rozšírený, aby permanentne (t.j. nezávisle na orbitálnej fáze) zakrýval centrálny horúci zdroj. Potom energetické žiarenie z centra je v smere ku pozorovateľovi absorbované diskom a prenášané ku jeho okrajom. V určitej vzdialnosti od stredu, ktorá odpovedá efektívemu polomeru  $R_h^{\text{eff}}$  (vzťah 5), toto žiarenie opúšta disk pri ovela

nížej teplote ( $\approx 22\ 000$  K). Túto oblasť indikujeme v spektri ako falošnú fotosféru. Jej žiarenie ďalej pokračuje cez neutrálny plyn obklopujúci disk, ktorý toto žiarenie utlmuje Rayleighovým rozptylom a často silno ovplyvňuje jej profil početnými absorpciami, spôsobené najmä prechodom v atónoch železa. V spektri pozorujeme tzv. železnú záclonu (obr. 4, ľavý panel).

- Geometrické a fyzikálne vlastnosti LTN umiestňujú túto oblasť do blízkosti centrálnej hviezd, nad a pod rovinou disku tak, aby v pozícii spektroskopickej konjunkcie obra bola predmetom zákrytu. Jej hlavná časť bude pravdepodobne viac rozšírená ku okraju disku, odkiaľ dobre „vidí“ vnútorný horúci zdroj ionizujúceho žiarenia – je ľahko dostupná pre jeho fotóny. Preto, schematicky a pre jednoduchosť, znázorňujeme jej vertikálny rozmer ako lineárnu funkciu vzdialenosť od stredu disku (obr. 4).
- Oblast HTN musí byť lokalizovaná dostatočne vysoko nad alebo pod diskom, tak aby v spektroskopickej konjunkcii nebola zakrývaná obrom. Jej vysoká elektrónová teplota indikuje výrazný vplyv zrážkovej ionizácie. Pri prechode do fázy pokoja sa jej miera emisie podstatne znižuje. Tieto

vlastnosti ukazujú na súvislosť vzniku HTN so silným vysokorychlosťným vetrom, produkovaným horúcou hviezdou počas vzplanutí. Táto skutočnosť umožňuje interpretovať vznik a vlastnosti HTN ako dôsledok zrážky hviezdnych vetrov s horúcou a chladnou hviezdou v aktívnej symbiotickej dvojhviezde. Je pravdepodobné, že HTN je zodpovedná aj za vznik mäkkého X-žiarenia, ktoré je najsilnejšie práve v maxime vzplanutí (t.j. keď falošná fotosféra je najchladnejšia). Príkladom je Z And).

Počas fáz pokoja nie je teplotný rozdiel medzi priamo pozorovanou falošnou fotosférou a najhorúcejšou vnútornou časťou disku taký markantný. Avšak indikácia relatívne veľkých efektívnych polomerov horúcich objektov ( $R_h^{\text{eff}} \approx 10 \times R$  (biely trpaslík); obr. 3) navrhuje takúto štruktúru horúceho objektu, ktorú zreteleľne indikujeme počas aktívnych fáz, aj pre fázy pokoja.

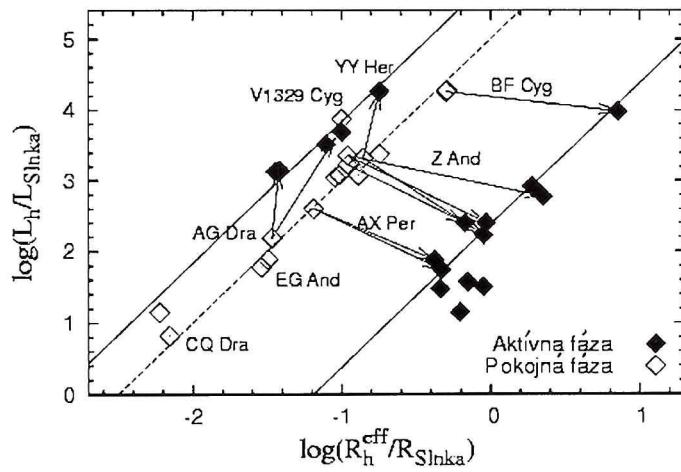
Ďalšie potvrdenie, a najmä upresnenie opísaného základného modelu štruktúry horúcich objektov v symbiotických hviezdach bude ešte vyžadovať vela teoretickej a observačnej práce. Pozorovania pomocou družíc, najmä v krátkovlnnej oblasti spektra, by mali pomôcť upresniť fyzikálne vlastnosti zdrojov vysokoenergetických častíc a fotónov, najmä v počiatocných fázach vzplanutia, a identifikovať procesy, ktoré ich produkujú. Spolu s teoretickými prácami o mechanizme vzniku opticky hrubej falošnej fotosféry diskového tvaru by mali viesť k úplnému porozumeniu podstaty vzplanutí symbiotických hviezd.

Tento príspevok bol spracovaný podľa pôvodnej vedeckej práce autora publikovanej v časopise *Astronomy & Astrophysics*, 440, 995–1031 (2005). Obsahovo identická verzia je dostupná aj na <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0507272>.

V nasledujúcej časti „Rozpravy o symbiotických hviezdach“ si bližšie predstavíme problematiku ich svetelných kriviek.

AUGUSTIN SKOPAL

Obrázok 3. Vzťah svetivost – polomer pre zložku horúceho žiarenia hviezdneho pôvodu. Počas fáz pokoja (prázdne štvorce, prerušovaná čiara) horúce hviezy žiařia pri charakteristickej teplote okolo  $103\ 000$  K, zatiaľ čo počas vzplanutia (plné štvorce a čiary) táto teplota výrazne klesá približne na  $22\ 000$  K (1. typ vzplanutia) alebo narastá asi na  $165\ 000$  K (2. typ vzplanutia).



## Väčšina hviezd v našej Galaxii sú jedináčkovia

Naše Slnko je vo svojej triede výnimkou. Väčšina takýchto hviezd má najmenej jedného hviezdneho súpútňa. Vzhľadom na to, že stelárniči sa zameriavali (aj kvôli rozlišovacej schopnosti prístrojov) najmä na väčšie, hmotnejšie hviezdy, prevládol názor, že väčšina hviezd v našej Galaxii koexistuje vo viachviezdom systéme. Až z posledných štúdií, zameraných na menej hmotné hviezdy, vyplynulo, že červených trpaslíkov (hviezdy typu M) zviazaných do viac hviezdnych systémov je podstatne viac.

Charles Lada z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), autor jednej z posledných štúdií zameraných na hviezdy M, dospel analýzou vyššie uvedených faktov k presvedčeniu, že osamelé hviezdy v našej Galaxii prevažujú. To je novinka! Väčšina stelárnikov bola ešte donedávna presvedčená o opaku.

Najmasívnejšie hviezdy typu O a B sa často vyskytujú v dvoj- a viachviezdných systémoch. Podľa najnovších štúdií až štyri z piatich. Týchto veľmi jasných hviezd je však málo. Slnku podobných hviezd je podstatne viac, pričom väčšia polovica z nich má najmenej jedného súpútňa. Pokiaľ ide o červených trpaslíkov, iba jeden zo štyroch je súčasťou gravitačne zviazanej rodiny hviezd. Ibaže **až 85 % hviezd našej Galaxie tvoria práve červené trpaslíc!** Čo z toho vyplýva? Viac ako dve tretiny hviezd v našej Galaxii sú osamelé.

Vysoký počet osamelých hviezd napovedá, že väčšina hviezd sa bez súrodencov rodí. To by do istej miery podoprelo aj teórie o formovaní hviezd typu Slnko. A naopak: teórie, ktoré tvrdili, že väčšina hviezd je od vzniku gravitačne zviazaná zo súrodencami, ktorí sa sformovali v jednom zo zhustkov kolabujúceho oblaku, stratili prívržencov.

Dvoj- i viachviezne systémy sa môžu rozpadnúť. Napríklad po blízkych stretnutiach s inými hviezdami. Počet takýchto osamelcov je však v porovnaní s hviezdami, ktoré sa zrodili ako osamelé, zanedbateľný.

Ladov objav naznačuje, že aj počet planét je oveľa vyšší, ako sa predpokladalo. V dvojhviezdných systémoch gravitácia oboch hviezd obyčajne protoplanetárne disky roztrhá. V posledných rokoch boli sice objavené exoplanéty aj v dvojhviezdných systémoch, ale formovať sa v nich môžu iba vtedy, keď sú obe zložky dostatočne vzdialené, alebo, čo je zriedkavejšie, planéta tesnú dvojhviezdu obieha po veľmi vzdialenej dráhe.

Osamelé hviezdy majú kompaktné protoplánárne disky, v ktorých je planétovorba za istých podmienok prirodzená. Prvá terestrická planéta (pätkrát hmotnejšia ako Zem), ktorú nedávno objavili, obieha tiež osamelú hviezdu. Táto planéta je podľa astronómov iba vrcholcom ladovca. Sú presvedčení, že ak sa lovci exoplanét sústredia na červených trpaslíkov, ich korisť bude neporovnatne bohatšia. Medzi novými exoplanétami budú istotne aj terestrické, Zemi podobné objekty.

Dimitar Sasselov z CfA na tlačovke vyhlásil: „Nás objav je významný aj preto, že „zelený pás“



Planéta obiehajúca červeného trpaslíka.

okolo červených trpaslíkov, zóna, kde sú priaznivé podmienky (teda primeraná teplota a voda), pre vznik a vývoj života na planéte, ktorá sa v páse pohybuje, nie je od červeného trpaslíka príliš vzdialený. Ak sa v takomto páse terestrická planéta pohybuje, objavíme ju ľahšie ako na vzdialejšej obežnej dráhe. Preto si trúfam povedať, že prvá Zemi podobná planéta bude objavená pri červenom trpaslíkovi.“

CfA Press Release

## Magnetické pole formuje výtrysky z umierajúcej hviezdy

Prúd molekúl, tryskajúci z umierajúcej hviezdy, sformuje do úzkeho výtrysku magnetické pole. Prišli na to astronómovia, ktorí pomocou rádioteleskopu VLBA skúmali hviezdu W43A. Táto hvieza je v súhvezdí Orla, v štádiu krátko po odvrhnutí obálky, keď sa tvorí planetárna hmlovina. Obálku zahrňuje žiarenie obnaženej hviezdy, ktorá „onedľho“ gravitačne skolabuje.

Už v roku 2002 astronómovia zistili, že z hviezy tryskajú dva prúdy molekúl vody. Ten-to objav významne prispel k pochopeniu procesu, ktorý sa končí preformovaním sférickej obálky do rozpríjáuceho sa vajca.

Aký mechanizmus formuje molekuly do úzких výtryskov? Teoretici už dávnejšie tvrdili, že sú to magnetické polia. Pozorovania hviezdy W43A túto hypotézu potvrdili.

Hvezdári doteraz poznali iba výtrysky, ktoré boli emitované kvazarmi a mladými hviezdami. Dôkaz, že výtrysky formujú magnetické polia, však nemali. Astronómovia z Jodrell Bank Observatory (Anglicko) pomocou VLBA po prvýkrát dokázali, že magnetické polia výtrysky naozaj formujú. Vyplynulo to z analýzy údajov potvrzujúcich polarizačiu rádiových vín emitovaných molekulami vody vo výtryskoch. Pomocou týchto údajov odvodili silu i orientáciu magnetického pola, ktoré výtrysky obklopujú.

Vo hviezdoch po-

dobných Slnku počas normálneho života prebieha fúzia atómov vodíka v jadre. Umieranie takých hviezd začína odvrhnutím vonkajšej obálky, pričom zvyšok niekedy skolabuje do podoby bieleho trpaslíka, nie väčšieho ako Zem. Intenzívne UV-žiarenie z bieleho trpaslíka zohreje odvrhnutú obálku, rozžiarí sa planetárna hmlovina. Astronómovia sú presvedčení, že Hviezdu W43A zastihli v štádiu tesne pred vytvorením planetárnej hmloviny. Táto fáza netrvá dlho, nanajvýš niekoľko desaťročí. V prípade W43A budú môcť hvezdári celú premenu pozorovať.

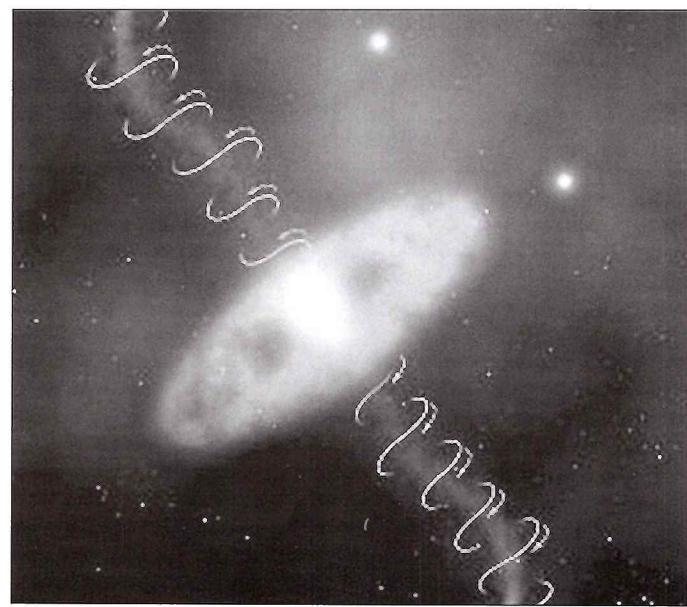
Napriek tomu, že hviezdy, ktoré tvoria planetárne hmloviny sú okrúhle, väčšina planetárnych hmlovín má najrozličnejšie, väčšinou vajcovité tvary. Výtrysky objavené pri W43A môžu byť oným mechanizmom, ktorý planetárne hmloviny formuje. Aký mechanizmus však produkuje výtrysky.

Molekuly vody, ktoré vedci detegovali, sa nachádzajú vo vzdialosti 160 miliárd kilometrov od starej hviezy. Voda sa prejavila tak, že rádiové vlny s frekvenciou 22 GHz bud oslabovala, alebo zosilňovala. Takéto oblasti sa nazývajú masery, pretože zosilňujú mikrovlnné žiarenie podobne ako laser zosilňuje svetlo.

Výtrysky z hviezy majú tvar tenkej špirály, pripomínajú vývrtku na vytahovanie zátok z fliaš. Tvar naznačuje, že to, čo ich generuje, musí pomaly rotovať.

VLBA (Very Long Baseline Array) je rádioteleskop, ktorý tvorí desať antén, každá s priesmerom 25 metrov. Prvú, ktorá stojí na sopke Mauna Kea (Havajské ostrovy) a poslednú pri mestečku Saint Croix na Panenských ostrovoch v Karibskom mori delí vyše 8000 kilometrov. Tento systém umožňuje astronómom najostrejší pohľad do vesmíru, pravdaže, v rádiovom okne. Rozlišovaciu schopnosť VLBA možno prirovnáť k oku človeka, ktoré by dokázalo z New Yorku prečítať aj najmenšie texty v novinách čítaných v Los Angeles.

National Radio Astronomy Observatory  
Press Release



Tenké výtrysky z umierajúcej hviezdy formuje magnetické pole v podobe špirály.



Fotografie záhadného vzplanutia žiarenia gama v súhvezdí Barana.

## Neobyčajné vzplanutie žiarenia gama

Satelit Swift je najúspešnejším lovcom vzplanutí žiarenia gama. 18. februára 2006 sa mu podaril rekordný úlovok. Detegoval mohutné vzplanutie vo vzdialosti 440 miliónov svetelných rokov, ktoré trvalo plných 30 minút!!! Ukaz pripomína viaceré vzplanutia zaznamenané v poslednom čase, ale v tomto prípade sa kataklizma generujúca vzplanutie odohrala v 25-krát menšej vzdialosti, pričom trvala 100-krát dlhšie ako typické vzplanutie.

Aj v tomto prípade išlo o výbuch supernovy, ktorý ukončil život masívnej hviezdy. Do pozorovania sa na podnet Mission Operations Center v State College (pracoviska, ktoré riadi pozorovania zo satelitu Swift) zapojili aj veľké pozemské dalekohľady. Úspešní môžu byť aj amatéri na severnej pologuli, pravda, iba s výkonnejšími dalekohľadmi. GRB žiari ako objekt 16 magnitúdy, pozorovateľ by mal mať k dispozícii najmenej 16-palcový dalekohľad.

„Toto vzplanutie gama sa vymyká všetkému, čo sme doteraz pozorovali,“ vyhlásil Neil Gehrels, vedúci tímu Goddard Space Flight Center v Greenbelte. „Pozorujeme doteraz neopísaný úkaz v relatívne blízkom vesmíre.“

Zdroj vzplanutia gama GRB 060218 (označený dátumom objavu) je produkтом explózie v mladej galaxii v súhvezdí Barana. Ak sa potvrdí, že išlo naozaj o gama vzplanutie, bude to druhý najbližší zaznamenaný úkaz tohto druhu. Doteraz najbližšie vzplanutie gama bolo detegované pred ôsmimi rokmi. Tentoraz sú vedci lepšie pripravení: v roku 1998 ešte nepracoval Swift a nebola zorganizovaná ani sied dalekohľadov, ktoré začnú úkaz pozorovať hneď po objave.

Vzplanutie GRB 060218 trvalo 2000 sekúnd. Bežné vzplanutia trvajú niekoľko milisekúnd až niekoľko desiatok sekúnd. Napriek tomu bolo vzplanutie prekvapujúco slabé. Bud' ide o nový druh vzplanutia (generovaný doteraz neznámym mechanizmom), alebo hvezdári pozorujú úkaz z nevýhodného uhlia. Teória tvrdí, že vzplanutie gama vidíme vtedy, keď je lúč svetla s vysokou energiou nasmerovaný k nám. Aj pozorovanie z nevýhodného uhlia má svoje výhody. Umožní astronómom nový pohľad na exotický prírodný

úkaz. Mimochodom: keby sa vzplanutie odohralo vo väčšej vzdialosti, Swift ani pozemské prístroje by ho nezaznamenali.

Nakoľko vzplanutie trvalo 30 minút, Swift stihol zapojiť do pozorovania všetky tri palubné prístroje: teleskop, ktorý vzplanutie detegoval; röntgenový dalekohľad; a ultrafialový/optický dalekohľad, ktorý dokáže exponovať snímky s vysokým rozlíšením i spektrá v širokom rozpätí vlnových dĺžok.

Do pozorovania sa zapoja aj dva vesmírne dalekohľady: HST a röntgenový satelit Chandra.

NASA Press Release

## Fosílie staré 650 miliónov rokov

Vedci z Kalifornskej univerzity (UCLA) zverejnili trojdimenzionálne fotografie fosílií, starých 650 až 850 miliónov rokov. Skamenené

schránky starých mikroorganizmov sa uchovali v horninách. Je to výkon, ktorý nemá obdobu.

William Schopf, geológ, mikrobiológ a špecialista na organickú geochemiu upozornil, že sa po prvý raz podarilo zviditeľniť bunky fosílií do takej miery, že sa dajú rekonštruovať aj biochemické procesy. Tento „malý zázrak“ umožnili vedcom konfokálny mikroskop a Ramanov spektroskop.

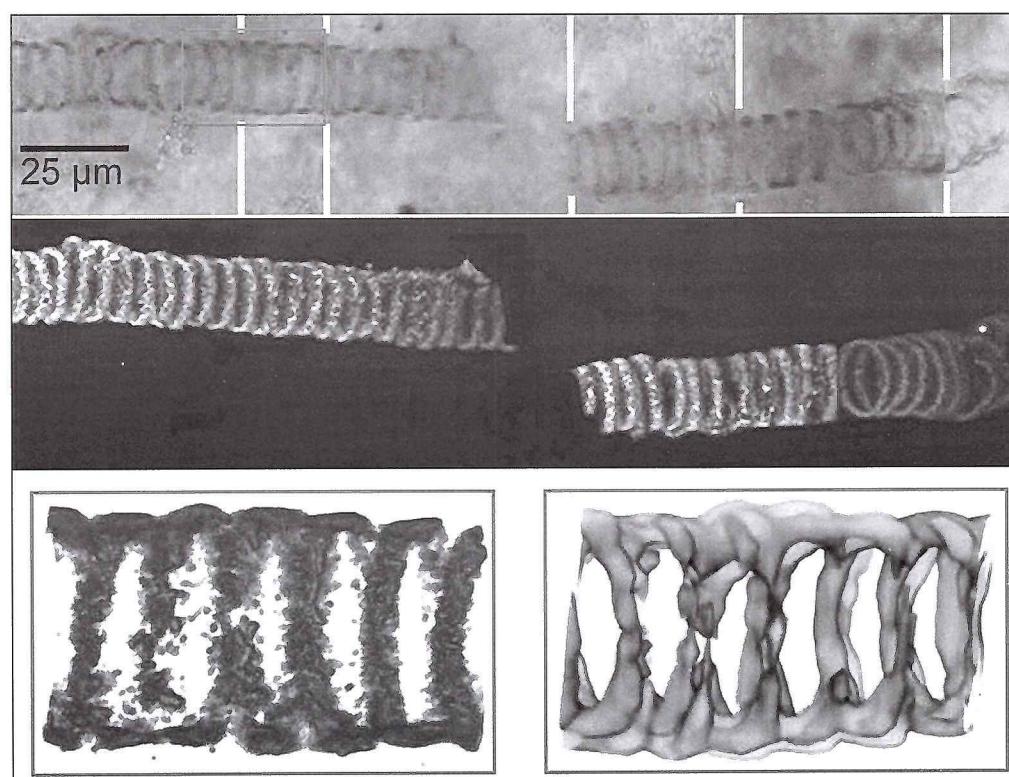
Vedci môžu fosílie študovať zo všetkých strán. Môžu ich pozorovať, ako na obrazovke pomaly rotujú. To všetko umožňuje program konfokálneho laserového scanujúceho mikroskopu. Napriek tomu, že organizmy sú nepatrné, snímky sú neobyčajne ostré a výrazné. Vedci študujú fosílie do najmenších detailov, rekonštrujú ich pôvodný vzhľad (lebo čas ich skamenené štruktúry degradoval), domýšľajú si funkcie ich viditeľných orgánov i zmeny, ktoré v priebehu miliónov rokov nastali.

Schopf sa chemickej analýze fosílií v horninách začal venovať už v 60. rokoch, ale štyridsať rokov mu trvalo, kým vyvinul techniku, ktorá ho uspokojuje. Je riaditeľom Inštitútu pre geofyziku a planetárnu fyziku na UCLA, ktorý sa venuje vzniku a vývoju živých organizmov. Stal sa prvým vedcom na svete, ktorý pozoroval fosílie pomocou konfokálneho mikroskopu.

Na výše originálnym spôsobom využil aj možnosti Ramanovej spektroskopie, techniky, ktorú využívajú najmä chemici. Tak sa mu podarilo nazrieť do molekulárnej a chemickej štruktúry starých mikroorganizmov a študovať ich ústroje bez toho, aby porušil horninu, v ktorej sa zachovali. Laser z unikátneho mikroskopu sa zamieri na vzorku. Väčšina svetla sa rozptýli, ale jeho malú časť fosilia absorbuje.

Schopf zistil, že zloženie fosílií sa menilo. Dusík, kyslík a síra vyrchali. Zachovali sa iba uhlík a vodík.

UCLA Press Release



# Hviezda s protismerne krúžiacimi planétami?

Astronómovia, ktorí študujú disk obiehajúci mladú, ešte sa formujúcu hviezdu v súhviedzi Hadonosa (vzdialenosť 500 svetelných rokov), zistili, že vnútorná časť disku obieha okolo hviezdy opačným smerom ako jeho vonkajšie časti. Hviezda so záhadným diskom sa nachádza v našej Galaxii. Nečakaný objav urobili vedci z Goddard Space Flight Center (NASA) pomocou rádioteleskopu Very Large Array.

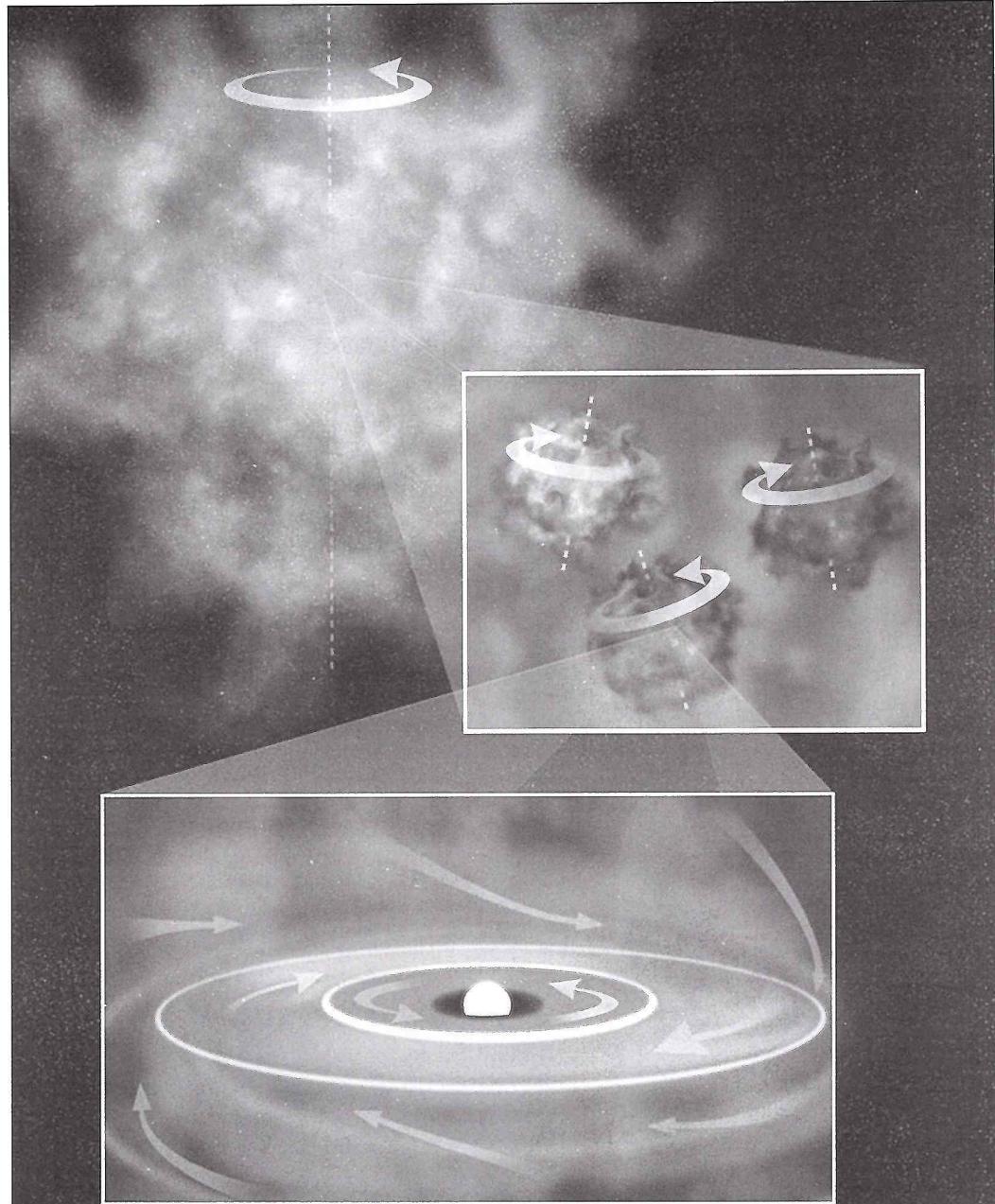
„Ak sa v protoplanetárnom disku, ktorý obieha túto hviezdu, sformujú planéty, vnútorné budú krúžiť okolo materskej hviezdy opačne ako vonkajšie,“ vyhlásil Jan M. Hollis, vedúci tímu. „Taká planetárna sústava by bola celkom unikátna.“

Hviezdy a planéty sa formujú po kolapse veľkých prachoplynových oblakov. Vo chvíli, keď sa hviezda sformuje a začne žiarit, intenzívne hviezdne vetry už ďalšie nabaľovanie hmoty obmedzia, takže zvyšný materiál oblaku sa sformuje do protoplanetárneho disku. Disk a planéty, ktoré sa v ňom formujú, krúžia zvyčajne okolo materskej hviezdy rovnakým smerom, ako rotoval zárodočný oblak. Vnútorné oblasti disku krúžia rýchlejšie, vonkajšie pomalšie. Je to ten istý efekt ako pri piruete krasokorčuliara. Keď počas piruety pritiahanie ruky k telu, rotuje rýchlejšie.

Ak všetok materiál v disku pochádza z rovnakého oblaku, plyn i planéty by mali krúžiť, tak ako planéty v našej Slnečnej sústave. Všetky obiehajú Slnko rovnakým smerom, tým istým, ako rotuje Slnko okolo vlastnej osi. Protoplanetárny disk, ktorý objavil Hollisov tím, sa však správa čudne: jeho vnútorná časť rotuje opačným smerom ako jeho vonkajšia časť, ktorá kopíruje rotáciu hviezdy.

Vedci sa nazdávajú, že hviezda a jej systém sa sformovali z dvoch alebo z viacerých prachoplynových oblakov s nerovnakou rotáciou. Objekt sa nachádza vo veľkej oblasti s intenzívnu hviezdotvorbou, kde pôsobenie chaotických sôl umožňuje vytváranie zhustkov, menších kolabujúcich oblakov, ktoré nemusia mať rovnakú rotáciu.

Ak sa v takomto oblaku okolo mladej hviezdy sformuje planetárna sústava, vnútorné planéty ju budú obiehať zľava doprava, vonkajšie sprava doľava.



Na poskladanom obrázku vidíte hore veľký prachoplynový oblak, ktorý rotuje okolo svojej osi. Takýto oblak mohol vzniknúť ako gravitačný zlepenc viacerých menších oblakov, z ktorých každý rotuje okolo vlastnej (inakšie naklonenej osi) buď sprava doľava, alebo zľava doprava. Nová hviezda sa zatiaľ nesformovala. Keď sa napokon vo veľkom oblaku sformuje nová hviezda, zhustky nespotrebovaného materiálu sa rozložia do disku, pričom smer rotácie si môžu uchovať. Tak vznikne planetárna sústava s diskom, kde vnútorná a vonkajšia časť disku môžu obiehať hviezdu opačným smerom. Smer pohybu na obežnej dráhe si potom uchovajú aj planéty, ktoré sa v disku sformujú.

Vedci študovali oblaky s formujúcimi sa hviezdami a analyzovali údaje o rádiových vlnách, emitovaných molekulami na špecifických, známych vlnových dĺžkach. Nakolko tieto molekuly emittujú rádiové vlny na špecifických frekvenciách, rozdiely spôsobené dopplerovským posunom možno merať. Analýza z takto získanej množiny údajov prezradí potom smer pohybu plynu vzhľadom na pozemského pozorovateľa.

Najnovšie pozorovania z tejto oblasti, ktoré získal rádioteleskop VLA, zviditeľnili pohyb molekúl SiO, ktoré emitujú rádiové vlny s frekvenciou 43 gigahertzov. Keď vedci najnovšie údaje (získané z vnútornej oblasti disku) porovnali so staršími zo vzdialenejších oblastí, vysvetlo, že sa pohybujú okolo protohviezdy opačným smerom.

Takýto úkaz sa v disku mladej hviezdy pozoruje po prvý raz. Podobne sa správajúce štruktúry a dy-

namiky sa vo vesmíre vyskytujú v malých i veľkých škálach. (Aj Triton, najväčší mesiac Neptúna, krúži okolo planéty retrográdne, opačným smerom.) Podobné správanie už bolo pozorované v diskoch niektorých galaxií.

Správa o hviezde s čudným protoplanetárnym diskom bola uverejnená v časopise *Astrophysical Journal*, ktorý vyšiel 1. apríla 2006. Nejde o aprílový žartík?

Podľa NRAO/AUI/NSF

S. Squyres aj. a D. Vaniman aj. spatřují argumenty pro „vlhký Mars“ ve výskytu solních usazenin a sulfátů na povrchu Marsu. Místy prý tam mohou být až 300 m tlusté vrstvy solí vápníku a horčíku. Také R. Kuzmin aj. tvrdí, že měření z detektoru neutronů HEND na palubě kosmické sondy Mars Odyssey naznačují přítomnost vody vázané v minerálech ve svrchních 2 m regolitu Marsu. Nejnověji pak dle J. Bibringa aj. zjistila sonda Mars Express pomocí spektrometru OMEGA v pásmu 0,35 – 5,1 μm **vodní led** v oblasti jižní polární čepičky těsně před vrcholem léta na jižní polokouli Marsu. Protože sondy Mars Odyssey i Mars Express odhalily z oběžné dráhy říční delty a meandry a na horním toku vyschlých řek i pozůstatky po jezerech a na úbočích kopců dešťové strouhy, sílí tak podle R. Williamsové aj. názor, že kvůli výjimečné shodě okolnosti, tj. dostatečnému skleníkovému efektu SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> přece jen někdy v minulosti teklo po povrchu Marsu hodně alespoň přívalové vody. Totéž si myslí B. Hynek, který na základě snímků ze sondy Mars Odyssey odhadl rozsah dálných vodních solních louží na Marsu v oblasti Terra Meridiani na 300 tis. km<sup>2</sup>.

Největší odezvu měl však dle J. Moora a D. Catlinga objev malých konkrecí **hematitu** roverem Opportunity, tzv. „borůvek“. Hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) je totiž minerál, který vzniká za přítomnosti vody. C. Allen aj. poukázali na obdobný vznik hematitu na Zemi v nalezištích v jihozápadních USA a v Austrálii – zde jde o mineralizované kolonie hub a mikroorganismů. Pokud však nebudou vzorky hematitu z Marsu k mání na Zemi, nelze o jejich původu bezpečně rozhodnout. Totéž vozítko objevilo podle M. Elwooda Maddena aj. minerál **jarosit**, jehož vznik vyžaduje vlhké oxidující a kyselé prostředí. Minerál přežívá na Zemi je v suchých poušťích, což je prostředí typické pro současný povrch Marsu.

Ačkoliv se dnes většina výzkumů Marsu oddehovává buď přímo na povrchu planety, anebo z nízké oběžné dráhy, S. Sheppard aj. využili velkoplošné digitální mozaiky MegaCam (36 čipů CCD o celkové kapacitě 340 Mpix; zorné pole 0,96° × 0,94°) u 3,6 m dalekohledu CFHT k prohlídce **Hillyov sféry** Marsu s cílem odhalit případné další přirozené družice planety. Do mezní hvězdné velikosti R = 23,5 však žádné těleso nenašli, tj. Mars nemá kromě Phobose a Deimose žádné další družice s průměrem větším než 90 metrů.

### 1.1.4. Jupiter

S. Marcus využil podrobných snímků oblačného příkrovu Jupiteru z kosmických sond Voyager z r. 1979 i předešlých pozemních pozorování k odhadu globálních **klimatických změn** v atmosféře Jupiteru. Proslulá velká rudá skvrna přetravává v atmosféře planety stále na stejném místě již od objevu v r. 1665. Rovnoběžně s rovníkem probíhá podél oblačných pásů tucet tryskových proudění. Před 25 lety se v atmosféře Jupiteru vyskytovalo celkem 80 vírů (bílých oválů). Tři bílé ovály vznikly ve 30. letech XX. stol., ale zato dva ovály v letech 1997-2000 nejprve splynuly a pak neočekávaně zanikly. Autor se domnívá, že většina se stávajících oválů během nadcházejícího desetiletí zanikne a bude nahrazena jinými, protože průměrná teplota atmosféry Jupiteru na rovníku stoupne o 10 K a o stejnou hodnotu klesne na pólech. Tím skončí šedesátiletý cyklus kolísání klimatu na planetě.

U. Djudinová aj. využili průletu sondy Cassini na přelomu let 2000/2001 kolem Jupiteru ke studiu **bouřkové činnosti** na noční straně planety. Objevili celkem čtyři bouřkové oblasti, jejichž oblačné útvary byly o několik hodin dříve patrné na denní straně Jupiteru. Bouřky se opakují ve 4denním rytmu a bleskové výboje se oddehovávají v hloubce s tlakem nad 0,5 MPa. Nejvyšší výkony v blescích dosahly až 40 GW; tj. byly o řád vyšší než při průletu sondy Voyager 2 v létě 1979.

V. Kunde aj. objevili v atmosféře Jupiteru radikály metylu a diacetylenu v horkých skvrnách v polárních zářích pomocí infračerveného spektrometru při průletu sondy Cassini. V rozložení CO<sub>2</sub> a HCN podél Jupiterova povrchu jsou stále patrné důsledky dopadu komety Shoemaker-Levy 9 v r. 1994 na Jupiter. G. Branduardiová-Raymontová aj. zaznamenali v **polárních zářích** pomocí družice Newton silné rentgenové emisní čáry O VII a O VIII v pásmu 0,2 – 10 keV. Polární záře tam vznikají zachycením ionů slunečního větru v magnetosféře planety; kromě toho je patrný i pás rentgenového záření podél Jupiterova rovníku.

K. Loddersová využila spektroskopických měření sondy Galileo k rozboru **chemického složení** Jupiteru. V porovnání se Sluncem má Jupiter shodné zastoupení netečných plynů Ar, Kr a Xe; zastoupení kyslíku a vodíku je však jen poloviční vůči Slunci. Nejméně (40%) má helia. Zato má přebytek (200%) dusíku a uhlíku (170%). Tyto odchylky souvisejí se stavem, který panoval ve vzdálenosti 5 AU od Slunce v době vznikání sluneční soustavy – tehdy zde bylo zřejmě více uhlíkatých chondritů spíše než vodního ledu. Jelikož uhlík v podobě dehtu dobře lepí, urychlila se tím akrece tuhých částeček – jádra budoucího Jupiteru, který tak dorostl na dnešní velikost velmi rychle. *Sněhová čára je zkrátka dále od Slunce než čára dehtová!* Ukončení veleúspěšné mise Galileo v září 2003 se stalo podnětem k sérii patnácti prací, věnovaných nejaktivnější družici sluneční soustavy **Ió**. Podle P. Geisslera aj. v průběhu pěti let objevila sonda Galileo na povrchu družice 80 změn, ale 83% povrchu družice se přitom v podstatě nezměnilo, protože infračervené horké skvrny nevyvolaly žádné patrné změny. Na 4 místech družice se však objevily nové sopky. L. Keszthelyi aj. zjistili, že Ió má roztažené jádro a podstatně natavený plášť, obklopený chladnou litosférou. K. Nagel aj. vytvořili model nitra družice **Kallistó**, která se skládá z ledově-kamenného jádra o poloměru 1800 km, ledového pláště o tloušťce 500 km a ledově-kamenné kůry o tloušťce kolem 100 km. Průměrná hustota družice činí 1,9násobek hustoty vody. Na rozhraní kůry a pláště se může nacházet tekutý oceán, pokud je led znečištěný čpavkem, metanem nebo solemi. Pokud je tam jen čistá voda, pak je oceán ponoren v pláště v hloubce asi 500 km pod povrchem družice.

P. Fieseler aj. využili blízkého (250 km) průletu sondy Galileo nad družicí **Amalthea** v listopadu 2002 k objevu nejméně 7 průvodců ve vzdálenostech do 3000 km od této relativně malé družice o hlavních rozměrech 262×146×134 km a hmotnosti 2 Zg. Odtud vyplývá nízká průměrná hustota Amalthea o něco nižší než je hustota vody v pozemských podmínkách; družice je tedy typickou "hromadou sutě" jako mnohé planetky. Podle názoru autorů jsou zmínění průvodci slepenými pozůstatky ze srážek v prstencích, obklopujícího tuto družici. Amalthea obíhá ve vzdálenosti 181 tis. km od Jupiteru a její albedo činí 9%. Naproti tomu jemné **Jupiterovy prstence** se podle H. Throopa aj. skládají z drobounkých nekulových prachových zrnec částeček o typickém průměru pouhé 4,5 μm; největší dosahují rozměru jen 18 μm. Při průletu sondy Cassini rovinou prstenců se ukázalo, že tloušťka prstenců nedosahuje 80 km.

S. Sheppard a B. Gladman využili dalekohledů CFHT a UHT k objevu nové družice Jupiteru s předběžným označením

**S 2003 J 22** (= XLII; Thelxinoe). Družice 23,5 mag obíhá kolem Jupiteru po výstředné retrográdní dráze ( $e= 0,23$ ) s velkou poloosou 2,1 mil. km a sklonem  $151^\circ$  k rovníku planety v periodě 1,7 roku. Má průměr asi 2 km. Objev oznámili počátkem r. 2004 podobně jako pro družici **S 2003 J 22** stejného rozměru, která má velkou poloosu dráhy 2,4 mil. km, výstřednost  $e= 0,31$  a sklon  $149^\circ$ . Tato družice 23,6 mag obíhá v periodě 2,1 roku.

### 1.1.5. Saturn

Během roku 2004 dosáhla svého prvního vrcholu ambiciozní kosmická mise **Cassini/Huygens** – společný projekt NASA, ESA a italské agentury ISA. Jde o nejdražší planetární výpravu v dějinách bezpilotní kosmonautiky, neboť celkové náklady na konstrukci a vypuštění sondy dosahly 3,3 mld. dolarů; z toho ESA zaplatila téměř čtvrtinu. B. Kazeminejad aj. takříkajíc za jízdy úspěšně opravili skrytu chybu v projektu Huygens, kdy původní trajektorie sestupu na Titan by se děla příliš velkou relativní rychlostí vůči sondě Cassini, takže vlivem Dopplerova posuvu by nebylo možné doladit přijímač na sondě a přenos dat by vyšel naprázdno.

Počátkem února 2004 začala sonda Cassini snímkovat Saturn ze vzdálenosti 48 mil. km od planety. Radiová měření prokázala, že **rotační perioda** Saturnu se od doby Voyagerů změnila o 1% a činí v současné době  $10\text{ h }45\text{ min }45\text{ ss}$  chybou  $\pm 36$  s. Saturnovy prstence tvoří ledové balvany, jejichž čistota vznikla s rostoucí vzdáleností od planety. Dne 11. června 2004 proletěla sonda ve vzdálenosti 2 tis. km od Saturnovy družice **Phoebe**, jež obíhá kolem planety po retrográdní dráze ve vzdálenosti bezmála 0,1 AU a v oběžné periodě 1,5 r. Při průměru 230 km má družice hustotu 1,6násobku hustoty vody. J. Bauer aj. zjistili, že družice rotuje v periodě 9,3 h. Počátkem července 2004 se Cassini úspěšně usadila na dráze kolem Saturnu a začala přenášet divukrásné snímky Saturnových prstenců s nebývalým rozlišením. Počala též zkoumat bleskové výboje v atmosféře planety a vliv stínu prstenců na teplotu Saturnovy atmosféry.

V srpnu sonda nalezla v prostoru mezi drahami Mimase a Encelada nové **miniaturní družice** Saturnu o průměru 3 a 4 km s předběžným označením S 2004 S1 a S2 a v září další dvě minidružice S3 a S4 v blízkosti prstence F. Zároveň odhalila nový **difúzní prsten** R 2004 S 1 ve dráze družice Atlas. V říjnu pak při prvním blízkém (1200 km) průletu kolem **Titanu** poprvé ohmatala radarem jeho povrch o teplotě  $-179^\circ$  C. Překvapivě přitom nenašla žádné impaktní krátery, takže povrchu Titanu je nejspíš geologicky velmi mladý. V listopadu 2004 přibyly nové družice S5 v blízkosti velkých družic Tethys a Dione a S 6 opět v blízkosti prstence F, kde byl též objeven další prsten R 2004 S 2. Konečně o Vánocích 2004 se od sondy úspěšně oddělil sestupní modul **Huygens**, který zamířil ke svému cíli – největší družici Saturnovy soustavy Titanu.

J. Richardson proměřili znova snímky **Titanu**, pořízené v listopadu 1980 kosmickou sondou Voyager 1, a zjistili, že Titan rotuje synchronně v periodě 15,95 dne. G. Black aj. zkoumali pomocí radaru v Arecibu počátkem ledna 2002 povrch družice **Iapetus**. Jak známo, družice má synchronní rotaci 79,3 dne a vyniká rekordním rozdílem optického albeda „přední“ a „zadní“ polokoule. Přední polokoule je hladká a velmi tmavá, kdežto zadní je světlá a posetá krátery. Nyní se ukázalo, že její radarové albedo se naprostě liší od optického. To lze vysvětlit jen tak, že vrstva povrchu, odrážející viditelné záření je velmi tenká.

A. Dobrovolskis a J. Lissauer se zabývali největším nepravidelným tělesem sluneční soustavy, jímž je Saturnova družice **Hyperion** o hlavních rozměrech  $370 \times 280 \times 225$  km. Hyperion obíhá kolem Saturnu po lehce výstředné dráze ( $e= 0,1$ ) za 16 dnů. Jeho rotace je chaotická – prostě se na své dráze převaluje. Autoři zkoumali, co se stane s úlomky hornin, vyvrženými z Hyperionu po dopadu kosmického projektu rychlostí vyšší než únikovou. Zjistili, že jen 3% úlomků přežije v soustavě Saturnu 100 tis. roků. Nejvíce úlomků (78%) nakonec spadne na Titan, 9% opustí Saturnovu gravitační sféru vlivu, po 5% spadne buď na Saturn nebo zpět na Hyperion a 3% se srazí s částečkami Saturnových prstenců.

J. Ness aj. objevili v září 2002 pomocí družice Newton **rentgenové záření** Saturnu a porovnáním s měřením družice Chandra v dubnu 2003 zjistili, že intenzita tohoto záření kolísá s časem. Nejvíce září oblasti kolem rovníku planety. V pásmu měkkého rentgenového záření činí průměrný výkon „rentgenového Saturnu“ 90 MW.

### 1.1.6. Nejvzdálenější planety

Keckův teleskop s adaptivní optikou zpozoroval 4. července 2004 v atmosféře **Uranu** infračervené mračno na  $38^\circ$  jižní šířky. Týž přístroj spatřil o dva týdny později infračervený pruh materiálu v Uranových prstencích ve vzdálenosti 39 tis. km od planety. Patrně jde o týž útvar, který v r. 1986 zaznamenala optická kosmická sonda Voyager 2. T. Encrenaz aj. ohlásili objev CO v atmosféře Uranu, jehož pásy pozorovali pomocí infračerveného spektrometru ISAAC VLT na podzim 2002. Jak zjistili S. Stanleyová a J. Bloxham, **magnetická pole** Uranu a Neptunu se odlišují od vzhledu magnetických polí ostatních planet především nápadným sklonem magnetické a rotační osy – u Uranu  $59^\circ$  a u Neptunu  $47^\circ$ . Jejich pole nejsou dokonce ani dipolární a osově souměrná. Autori to vysvětlují dynamovým modelem tekutého nitra, tvořeného tekutými ledy vody, metanu, čpavku a sirovodíku, které sahá až do 3/4 poloměru příslušné planety a nad nímž se nalézá tenká vodivá slupka.

J. Kavelaars aj. objevili v letech 2001 a 2003 pomocí dalekohledu CFHT mimořádně slabé ( $R = 25$  mag) **nepravidelné družice Uranu**, které jsou patrně odpadky mohutné srážky, jež sklonila rotační osu Uranu do oběžné roviny planety. Uran tak už má celkem 27 přirozených družic. T. Grav aj. měřili světelné křivky a barvy nepravidelných družic Uranu (6) a Neptunu (2). Od tud potvrdili, že vesměs jde o úlomky z předešlých srážek. Největší z nich je Uranova družice Sycorax o průměru 160 km; nejmenší je Trinculo o průměru pouhých 20 km, jež se jeví jako objekt 25 mag.

M. Holman aj. zkoumali pět **nepravidelných družic Neptunu**, objevených v letech 2001 a 2003 pomocí dalekohledů CTIO a CFHT jako objekty 25 mag, takže jejich rozměry dosahují zhruba 40 km. Hilova sféra Neptunu má poloměr 0,77 AU a právě v ní se vyskytují nepravidelné družice s poloosami drah 16 – 48 mil. km a oběžnými dobami 5 – 27 let. Tři z nově objevených družic mají retrográdní dráhy, takže to rovněž potvrzuje, že jde o tělesa zachycená Neptunem v průběhu jeho dlouhé existence.

S. Marchi aj. se pokusili vysvětlit nápadnou nesouměrnost v četnosti impaktních kráterů na povrchu Neptunovy družice **Triton**. Jenkož Triton (podobně jako náš Měsíc) rotuje synchronně, nabízí se možnost, že šlo o bombardování vnější polokoule objekty

původně na heliocentrických drahách, ale to kupodivu k vysvětlení rekordní nesouměrnosti zcela nestačí. Jelikož Triton obíhá po retrográdní dráze, je prakticky jisté, že byl sám zachycen Neptunem a přitom se srazil s některou jeho vnitřní družicí – bombardován byl pak úlomky této srážky. Jelikož pak Nereida má velmi protáhlou a šikmo skloněnou dráhu, svědčí to o poměrně divokém vývoji Neptunovy rodiny družic. W. Dean Pesnell aj. si uvědomili, že řídká atmosféra Tritonu skýtá možnost **svícení meteoroidů** při dopadu na tuto velkou družici. Meteoroidy na Triton mohou dopadat maximální rychlosť 19 km/s – přitom by pozorovatel viděl jejich svítící stopy sahající téměř až k povrchu družice. Jak uvádějí M. Hicks a B. Burattiová, měření změn jasnosti a barvy Tritonu v letech 1997 – 2000 potvrdilo, že Triton je geologicky aktivní, podobně jako družice Iō. Triton nápadně zčervenal v říjnu 1997 a vrátil se k normální barvě až v květnu 1998.

A. Morbidelli popsal **dráhový vývoj Neptunu** během trvání sluneční soustavy na základě modelových výpočtů migrace obřích planet. Podle těchto výpočtů vznikl Neptun ve vzdálenosti 23 AU od Slunce, čili zhruba tam, kde je dnes Uran. Protoplanetární disk v té době sahal jen do vzdálenosti 30 AU od Slunce. Vzájemná interakce Uranu a Neptunu s diskem vedla k postupnému vzdalování (migraci) obou planet od Slunce. Těsná setkání s většími planetesimálami způsobovala jejich vyhození na vzdálenější, protáhlejší a šikmo skloněnou dráhu, tj. planetesimály se dostávaly do oblasti současného Edgeworthova-Kuiperova pásu až k hranici 50 AU. Výstředné dráhy je uváděly do oběžných rezonancí s migrujícími Uranem resp. Neptunem, a tak se jejich dráhy měnily na kruhovější, čímž rezonance ustaly a vývoj drah skončil tak, jak to vidíme dnes. Neptun je v současné době ve vzdálenosti 30 AU od Slunce – právě tam, kde kdysi končil protoplanetární disk. Uran je zhruba tam, kde vznikal Neptun. *Edgeworthův-Kuiperův pás obsahuje jen setinu původního materiálu protoplanetárního disku, takže jeho úhrnná hmotnost nepřesahuje 1/10 hmoty Země.* Záhadou zůstává určení příčiny a začátku migrace planet, které podle všeho souviselo s epizodou těžkého bombardování Měsíce asi 700 mil. let po vzniku sluneční soustavy. Bomby totiž téměř určitě přicházely z onoho vnějšího protoplanetárního disku v důsledku zmíněné interakce s obřími planetami. Nikdo však zatím nedokáže vysvětlit, proč ono bombardování nezačalo ihned po vzniku obřích planet.

## 1.2. Meziplanetární látka

### 1.2.1. Planetky

Jako každoročně tak i v r. 2004 přibyla na obloze díky českým i slovenským lovcům planetek nová jména, jak je patrné z následujícího přehledu:

*Astronomové:*

(14054) Dušek, (26973) Lála, (33157) Pertile, (40410) Příhoda, (37788) Suchan.

*Ostatní osobnosti:*

(26970) Eliáš, (35237) Matzner, (50413) Petrginz, (36235) Sergebaudo, (29650) Toldy, (27344) Veselvada, (69275) Wiesenthal.

*Různé:*

(59800) Astropis, (20496) Jeník, (20497) Mařenka.

Podrobnosti najdete na adrese: [planetky.astro.cz](http://planetky.astro.cz)

Patrně největší pokrok roku ve výzkumu planetek představuje rozpoznávání jejich **podvojnosti**, resp. objevy průvodců (družic) mnohých planetek ve všech hlavních subsystémech (blízkozemní planetky; hlavní pás; Kentaři i transneptunské objekty). Podle J. Burnse jsou největší záhadou páry transneptunských objektů (TNO). Autor odhaduje, že v Edgeworthově-Kuiperově pásu se nalézá na 100 tis. planetek s průměry většími než 200 km, a z toho minimálně 7% představují páry, jejichž vznik není příliš jasný. V únoru 2004 byl díky NICMOS HST odhalen průvodce **TNO 2000 CQ 114** ve vzdálenosti minimálně 6 tis. km od primární složky a asi o 0,4 mag slabší než primární složka. V době pozorování byla dvojplanetka vzdálena od Země 46 AU. Další pár našli K. Noll aj. pomocí HST a obřích teleskopů Magellan u planetky (58534) = **TNO 1997 CQ29**. Obě složky mají průměr kolem 80 km, úhrnnou hmotnost 400 Zg (1/35000 hmotnosti páru Pluto-Charon) a obíhají kolem sebe po výstředné dráze ( $e = 0,45$ ) v periodě 312 d a ve střední vzdálenosti 8 tis. km. Odtud vyplývá průměrná hustota složek rovná hustotě vody v pozemských podmínkách. Titíž autoři objevili též průvodce planetky (66652) = **TNO 1999 RZ253**. Planetka má opět výstřednou dráhu ( $e = 0,46$ ), úhrnnou hmotnost 4 Zg a střední hustotu 1,0 vody. Složky kolem sebe obíhají v minimální vzdálenosti 4700 km v oběžné době 46 d. Autoři dále uvedli, že do konce r. 2003 bylo známo již 14 binárních TNO, a dále, že separace průvodců od hlavních složek páru činí pokaždé asi 2,8% Hillova poloměru, a to nejenom pro TNO, ale také pro Trojany a páry hlavního pásu planetek. Podle jejich názoru to svědčí o jednotném mechanismu vzniku páru resp. družic planetek.

T. Michalowski aj. studovali světelné křívky binární planetky (90) **Antiope**, pořízené během kampaně na přelomu r. 2002 a 2003 na 7 observatořích. Ukázali, že obě složky jsou zhruba stejně velké s průměrem 85 km, obíhají ve střední vzdálenosti 170 km a rotují synchronně s oběžnou dobou 16,5 h. R. Behrend aj. objevili z rozboru světelných křivek planetky (4492) **Debussy** od října 2002 do května 2004, že jde o pár těles, vykazujících vzájemné zákryty o trvání 2,5 h a poklesu jasnosti 0,6 mag. Tělesa kolem sebe obíhají v periodě 1,1 d. Zákrytovou dvojplanetkou je i (854) **Frostia**, kde zákryty o hloubce 0,7 mag trvají 3,7 h a oběžná doba složek činí 1,6 d.

P. Pravec aj. shrnuli údaje o 16 **párech blízkozemních planetek** (NEO), odhalených většinou z periodických změn jasnosti soustav, popř. z radarových pozorování. Hlavní složky páru rotují obvykle o něco rychleji než synchronně s průměrnou rotační periodou kolem 2,5 h. Naproti tomu průvodci hlavních složek rotují synchronně s minimální oběžnou dobou 12 h. Jejich průměry činí polovinu až pětinu rozměru hlavní složky. D. Durda aj. ukázali pomocí 160 modelových výpočtů, že **průvodci (družice) planetek** mohou vznikat následkem srážek velkých (řádově 100 km) kamenných (hustota 2,7; hmotnost řádu  $10^{18}$  kg) planetek se středně velkými (30 km) kamennými projektily při rychlostech srážky kolem 3 km/s. Při takovém nárazu se velká planetka rozbití a některý z menších úlomků je poměrně snadno gravitačně zachycen největším úlomkem.

Zcela bizarní je případ planetky hlavního pásu (**121**) **Hermione**, jež byla pozorována počátkem prosince 2003 v blízkém infračerném pásmu adaptivní optikou obřího Keckova teleskopu. Ukázalo se, že planetka má vzhled burského oříšku se dvěma jádry o poloměrech 60 a 50 km, které jsou spojené mostem o délce 120 km a šířce 80 km, popř. jde o „sněhuláka“ s poloměry hrud 90 a 60 km, jejichž centra jsou vzdálena 115 km. Objekt rotuje v periodě 5,55 h a doprovází ho družice v minimální vzdálenosti 790 km s oběžnou dobou 1,6 d. Podobně podivná je i planetka (**1089**) **Tama**, jejíž světelná křívka získaná na přelomu r. 2003 a 2004 prozrazuje zřetelnou podvojnou objektu. Větší složka je protáhlá a vykazuje synchronní rotaci v periodě 0,69 d. Poměr poloměrů obou složek činí 0,7 a jsou od sebe 20 km daleko. Také planetka (**1313**) **Berna** je podvojná a dokonce zákrytová planetka s oběžnou periodou složek 1,06 d. Obě složky mají přibližně stejné rozměry a také v tomto případě je větší složka protáhlá a jeví synchronní rotaci.

Obří dalekohled VLT ESO našel průvodce 8 km planetky (**4764**) **Pauling** v minimální vzdálenosti 250 km od hlavní složky. Velmi malou planetku s družicí zachytil HST na snímku z konce července 2003. Má označení (**22899**) = **1999 TO14** a průměr 4,5 km. Její průvodce v minimální vzdálenosti 170 km (úhlově jen 0,14°) má průměr 1,5 km. Dalšího průvodce odhalila kamera ACS HST počátkem ledna 2004 v minimální vzdálenosti 230 km od **planetky (17246)** o průměru 4,5 km; průvodce má průměr 2 km. Obě soustavy patří do rodiny planetek Koronis, skládající se z nejméně 300 členů, vzniklých při rozpadu 250 km planetky před necelou miliardou let. Ještě drobnější planetku **2003 YT1**, nalezenou v prosinci 2003 na observatoři Catalina v Arizoně, rozpoznali M. Nolan aj. opticky i radarem při jejím průletu v blízkosti Země (0,013 AU) na přelomu dubna a května 2004 jako 22. pár mezi blízkozemními planetkami. Tělesa o průměru 1 km a 180 m kolem sebe obíhají v periodě =30 h a jejich rotační periody činí 2,3 a <6 h. Konečně M. Pravec aj. odhalili podvojnost **planetky 1999 DJ4** typu Apollo během fotometrických měření v únoru a březnu 2004. Světelná křívka planetky totiž vykazovala zákryty v periodě 17,7 h a odtud se podařilo určit poměr poloměrů obou složek 0,5 a rotační periodu hlavní složky 2,5 h. V dubnu podvojnost soustavy potvrdila radarová měření z Areciba, jež dala průměry složek 420 a 200 m a minimální vzájemnou vzdálenost 700 m.

A. La Spina aj. zjistili, že *blízkozemní planetky vznikají z planetek hlavního pásu dynamickou rezonancí*následkem **efektu Jarkovského**. Tento efekt, související s tepelnou setrvačností ohřívání, resp. chladnoucí části povrchu planetky, se významně uplatňuje u malých planetek s průměrem od cca 0,1 m do 10 km. Výpočty totiž předpovídají, že takto vzniklé planetky budou rotovat převážně retrográdně, což se nyní podařilo potvrdit pozorováním stovky blízkozemních planetek. Platí totiž obecné pravidlo, že *při retrográdní rotaci planetky působí Jarkovského efekt pozvolné přiblížování planetky ke Slunci, kdežto při prográdní rotaci se planetka od Slunce dlouhodobě vzdaluje*.

S. Mikkola aj. odhadli, jak asi vznikl kvazisatelit Venuše – **planetka 2002 VE68**. Původně šlo o blízkozemní planetku, která byla Zemí vyvržena na novou dráhu zhruba před 7 tis. lety. Planetka teď opisuje vůči Venuši komplexní retrográdní dráhu mezi afelem Merkuru a perihelem Země s oběžnou dobou vůči Slunci shodnou s oběžnou dobou Venuše, s velkou polooosou 0,72 AU, výstředností 0,4 a sklonem 9°. Současná komplexní dráha zůstane zachována ještě asi 500 roků – pak dojde k novému těsnému přiblížení planetky k Zemi a dráha se změní na "podkovu" vůči Venuši. Podobnou podkovu vůči Zemi má **planetka 2002 AA29**, kde dojde podle R. Brassera aj. k obrácenému přechodu na kvazisatelitní dráhu po 190 letech. Tito autoři odhalili další kvazisatelit Venuše (**2001 CK32**) jakož i **planetku 2001 GO2** na zemské podkovovité dráze, která se za 200 let změní na kvazisatelitní, a planetku **2003 YN107**, která podle M. Connorse aj. od r. 1997 do r. 2006 obíhá kolem Země ve vzdálenosti 0,1 AU, načež přejde na podkovovitou dráhu trvající 123 roků. Ta se změní po těsném průchodu u Země na kruhovou dráhu. Přechody mezi různými typy drah se u těchto těles neustále opakují; jde o pozoruhodný důsledek dráhového chaosu. Nejnovějším přírůstkem do této skupiny kvazisatelitů Země se stala planetka **2004 GU9**.

Největší rodinu **Trojanů**, tj. planetek trvale usazených v okolí Lagrangeových bodů L<sub>4,5</sub> soustavy Slunce – planeta, má Jupiter (cca přes 1560 planetek); s velkým odstupem následuje Mars (6 planetek) a jednoho Trojana má i Neptun (2001 QR322). Podle R. Brassera aj. se k této skupině dá přiřadit i „zemská“ planetka (3753) Cruithne. Zdá se, že *Trojané se z dynamických důvodů nemohou vyskytovat u Merkuru, Saturnu a Uranu*.

Významné výsledky, týkající se planetek, se nyní daří získávat i obřími přístroji, které jsou přednostně určeny pro pozorování hlubokého vesmíru. Přehlídka SDSS totiž umožnila takříkající mimořádem změřit barvy povrchu 28 tis. planetek, z nichž téměř 8,5 tis. patří ke známým **rodinám planetek**. Tyto rodiny mají různé stáří, odpovídající době, kdy se původní těleso srážkou rozpadlo na rodinu. Tak se podařilo objevit závislost barvy planetek na jejich stáří, počítaném od okamžiku, kdy příslušná rodina vznikla. R. Jedicke aj. tak potvrdili, že povrch planetek hlavního pásu třídy S zvětrává s časem a mění tak barvu v intervalu od 50 tis. do 100 mil. let.

Nejmladší je rodina planetek **Karin** – podle F. Yoshidy aj. vznikla srážkou před 5,8 mil. let – kdežto k nejstarším (řádově 1 mld. let) patří rodiny **Koronis** a **Eunomia**. Podle B. Clarkové tak lze vysvetlit i odchylnou barvu meteoritů – obyčejných chondritů, protože po dopadu na Zemi již nejsou vystaveny kosmickému zvětrávání, tj. působení kosmického záření, implantaci iontů ze slunečního větru a impaktní erozi, na rozdíl od jejich mateřských planetek, pohybujících se dosud v kosmickém prostoru. J. Richardson aj. našli na snímcích planetky **Eros**, pořízených sondou NEAR degradaci malých dopadových kráterů seismickými otřesy, jež vznikají po impaktech projektilů dostatečně ráže na planetku. R. Binzel využil barevných měření v blízké infračervené oblasti spektra pro **klasifikaci** 252 blízkozemních planetek, pozorovaných v letech 1994 – 2002. Zjistil, že 14% těchto objektů jsou fakticky vyhaslá jádra komet. Pro objevování planetek zejména mimo rovinu ekliptiky se výborně osvědčuje infračervený kosmický teleskop SST, jenž bude patrně funkční až do r. 2008, a pro zpřesňování drah planetek též kamera ACS na HST, kde se planetky na snímcích snadno prozradí vlastním pohybem během expozice.

Podle E. Asphauga je **budoucí výzkum** planetek závislý na pokroku kosmické techniky, neboť se rýsují možnosti odběru vzorků z povrchu či dokonce pod povrchu planetek a rozlišení povahy konkrétních planetek – v mnoha případech jde o hromady sutě s nízkou střední hustotou srovnatelnou s hustotou vody v pozemských podmínkách, zatímco jiné planetky jsou kamenné, popř. mají železometalická jádra. Měkké přistání výzkumných modulů na planetkách komplikuje skutečnost, že *úniková rychlosť z planetek je nepatrná*, např. při průměru planetky 500 m činí jen 200 mm/s. Proto se uvažuje o připoutání modulů k povrchu pomocí harpun. Tyto studie budou mít klíčový význam pro návrh vhodných metod odklonu potenciálně nebezpečných planetek-křížících od **kolizních trajektorií** se Zemí.

C. McInnes navrhl využít pro změnu trajektorie nebezpečného křížiče impaktního projektu, navedeného pomocí **sluneční plachty** na vstřícnou dráhu proti směru pohybu planetky, čímž se v přísluní zvýší rychlosť střetu projektu s planetkou až na 60 km/s, což v porovnání s klasickým manévrem zvýší kinetickou energii nárazu 40krát, takže hmotnost projektu lze snížit o 95%. Kamennou planetku o průměru 2 km by pak dokázal dostatečně odklonit projekt o hmotnosti pouhých 650 kg. Startovní hmotnost zařízení by činila jen 3,4 t; z toho na složenou sluneční plachtu by připadlo pouze 0,55 t. Plachta by měla po rozvinutí v kosmu průměr 330 m a při nárazu projektu na planetku by se uvolnila kinetická energie, odpovídající 1,25 Mt TNT! Autor odhaduje náklady na projekt včetně startu a ceny sluneční plachty na 150 mil. dolarů.

Ostatně Nadace **B612** (označení planetky, kterou podle A. Saint Exupéryho objevil turecký astronom v novele Malý princ), založená americkými astronomy a astronauty v říjnu 2002, zamýšlila podle svého předsedy D. Durdy zkušebně odklonit vhodnou planetku již v r. 2015 (podrobnosti na webové adrese: [www.b612foundation.org](http://www.b612foundation.org)). Kromě toho let k blízkozemní planetce není energeticky o mnoho náročnější než let na Mezinárodní kosmickou stanici, takže podle názoru Nadace jde o mnohem vhodnější pilotovaný kosmický projekt než let na Měsíc či na Mars.

K podpoře objevů nových křížičů astronomy-amatéry schválili americký kongres odměnu 3 tis. dolarů za každý takový objev. Dne 18. března 2004 proletěla ve vzdálenosti pouhých 43 tis. km od Země **planetka 2004 FH** o průměru cca 30 m, takže její hmotnost představuje asi desetinu hmotnosti tunguzského meteoritu. Tuto miniaturní planetku objevil automatický dalekohled LINEAR – ze světelné křivky vyplynula rotační perioda balvanu pouhých 90 s. Těleso se přitom šínilo po obloze úhlovou rychlosť až 10° za sekundu! M. di Martino aj. využili těsného přiblížení (0,0125 AU) planetky č. **33342 (1998 WT24)** k Zemi v polovině prosince 2001 k bistatickým radarovým měřením na stanicích Goldstone v Kalifornii, Medicina v Itálii a Jevpatorija na Krymu, aby zpřesnili její dráhové parametry: přísluní 0,42 AU; odsluní 1,02 AU;  $e = 0,42$ ;  $i = 7^\circ$ , oběžná doba 222 d – planetka patří k typu NEO Aten. Její rotační perioda činí 3,7 h.

Planetku s nejmenší drahou objevila aparatura LONEOS 10. května 2004 jako těleso 19 mag s předběžným označením **2PP4 JG6**. Planetka je menší než 1 km, oběhne Slunce za pouhých 6 měsíců a přísluní její dráhy se nalézá uvnitř dráhy Merkuru, zatímco odsluní je uvnitř dráhy Země. Koncem září 2004 proletěla poměrně velká (5 x 2 km) planetka (4179) **Toutatis** v minimální vzdálenosti 1,5 mil. km od Země mezi souhvězdími Teleskopu, Kentaura a Kozoroha, když se pohybovala úhlovou rychlosť až 30°/d (v největším přiblížení až 1,5 /min) a dosáhla maxima 9 mag. Bylo to její největší přiblížení k Zemi mezi léty 1353 a 2562.

A. Boattini shrnul údaje o **blízkozemních planetkách** do konce listopadu 2003. Celkem jich bylo v té chvíli známo 2250 v intervalu průměrů od 10 m do 30 km. Počet objevů NEO prudce roste od r. 1997, kdy započaly automatické přehlídky oblohy s detektory CCD. Naneštěstí většina přehlídek probíhá na severní polokouli – jižní polokoule trpí nedostatkem přehlídkových strojů. J. Stuart a R. Binzel shrnuli *nejnovější údaje o populaci blízkozemních planetek s průměrem nad 1 km*, jichž bylo do poloviny r. 2004 objeveno již 1090 – autoři odhadují, že je to něco málo přes polovinu všech takových těles. Třetina z nich patří k planetkám typu X, 22% k typu S, 17% k typu D a 14% k typu Q. Průměrná hustota blízkozemních planetek dosahuje dvojnásobku hustoty vody; extrémy jsou 1,4 a 2,7-násobky. Průměrné **intervaly mezi srážkami** s tělesy kalibru tunguzského meteoritu (energie 60 PJ) činí asi 2,5 tis. let; s tělesy o průměru 200 m (4 EJ) asi 56 tis. let, s tělesy o průměru 1 km (1 ZJ) asi 600 tis. let a s tělesy o průměru 3 km (40 ZJ) jednou za 10 mil. let. Impakt Chicxulub (průměr planetky 10 km) před 65 mil. lety uvolnil energii rádu 1 YJ. *Dlouhodobá průměrná úmrtnost na následky impaktu planetek se odhaduje na 100 osob ročně.*

B. Burattiová aj. zkoumali blízké infračervené spektrum povrchu planetky hlavního pasu (**99699 Braille**), kterou v červenci 1999 navštívila experimentální sonda Deep Space 1. Planetka obíhá v periodě 3,6 r po dráze s velkou poloosou 2,3 AU, sklonem 29° a výstředností 0,43. Jde o vejčité těleso s hlavními rozměry  $2,1 \times 1 \times 1$  km, které má mimořádně pomalou rotaci – 9,4 d. Autoři se domnívají, že to je důkaz vzniku objektu po mohutné kosmické srážce, k níž podle zbarvení povrchu došlo relativně nedávno. Spektrálně patří planetka k typu Q a na povrchu obsahuje pyroxeny a olivín.

V hlubinách sluneční soustavy bylo v polovině r. 2004 známo již více než **130 Kentaurů** mezi Jupiterem a Neptunem a **1000 transneptunských objektů** (TNO). Není divu, že rostoucí počet obou typů těles přináší řadu zajímavých zjištění i objevů. O. Groussin aj. shrnuli spektrální a fotometrická pozorování Kentaurů (**2060 Chiron** a **10199 Chariklo**) za léta 1969 – 2001, z nichž vyplývá, že Chiron ( $a = 13$  AU; per 51 r) má téměř kulový tvar o průměrném poloměru 71 km a albedu 0,11. Jeho povrch je ze 30% pokryt vodním ledem a zbytek představují tuhá zrnka. Planetka Chariklo, objevená teprve r. 1997 ( $a = 16$  AU; per 63 r), je tmavší (albedo 0,07), protože tuhá zrnka pokrývají 80% povrchu; zbytek je vodní led. Její poloměr dosahuje 118 km.

Mezi nově objevenými objekty TNO vzbudil mimořádnou pozornost objekt **2003 VB12**, nalezený M. Brownem aj. v polovině listopadu 2003 pomocí kamery QUEST (170 Mpix) u Schmidtovy komory na Mt. Palomaru. Protože se brzy po objevu podařilo objekt dohledat na archivních snímcích z let 1990 – 2002, dala se spočítat dráha tělesa ve sluneční soustavě, která až do té doby neměla obdobu. V době objevu bylo těleso nazvané (**90377 Sedna**) plných 89 AU od Slunce a přísluním projde teprve r. 2075 ve vzdálenosti 76 AU. Při nevykleně velké výstřednosti 0,86 se pak dostane v odsluní za více než 5,5 tis. růk do vzdálenosti 950 AU od Slunce (z této vzdálenosti se Slunce jeví jako objekt –3 mag!) – plná oběžná doba totiž činí 11,5 tis. růk. Průměr Sedny se dá jen přibližně odhadnout na cca 1500 km (je větší než Plutův průvodce Charon) a teplota na jeho povrchu dosahuje pouhých 33 K – v odsluní dokonce jen 20 K.

Tentýž tým objevil na Mt. Palomaru v únoru 2004 objekt **2004 DW** s absolutní hvězdnou velikostí 2,2, což ho řadí podle jasnosti na druhé místo mezi TNO, hned po Plutu. Jeho dráhové parametry ho ostatně odpovídají tzv. plutinum. Ve vzdálenosti 40 AU od Slunce byl  $B = 20$  mag. Podle S. Fornasiera aj. je jeho průměr 1600 km a v blízké infračervené oblasti má spektrální pásy vodního ledu. Kde se vzaly objekty typu Sedna ve sluneční soustavě, je naprostě nejasné. A. Morbidelli s H. Levisonem a nezávisle S. Kenyon s B. Bromleyem dospěli ke shodnému závěru, že v úvahu připadají dvě možnosti, obě související s průchodem cizí hvězdy v blízkosti Oortova mračna. Poruchové působení cizí hvězdy usměrnilo objekt z Oortova mračna do EKP, anebo poruchové působení Slunce vytrhlo z oblaku planetesimál kolem cizí hvězdy některá tělesa, která se tak stala cizokrajnými vetřelci v naší sluneční soustavě (první mechanismus je asi o řadu účinnější).

G. Bernstein aj. využili výkonné kamery ACS HST k prohlídce plošky 0,02 čtv. stupně do mezní hvězdné velikosti 29,2 mag

s cílem najít tam nové objekty sluneční soustavy ve vzdálenostech nad 25 AU od Slunce. Objevili tak 3 nové objekty zhruba o 3 mag slabší než je mez ostatních (pozemních) přehlídek. To odpovídá přibližnému průměru nových objektů 25 km. Odtud pak odhadli, že celková hmotnost těles v hlavním Edgeworthově-Kuiperově pásu (EKP) nepřevyšuje 1% hmotnosti Země, a že jedině tzv. excitované objekty EKP mají souhrnnou hmotnost asi o řád větší. Autoři uvedli, že ačkoliv mez dohlednosti přehlídky pro tělesa větší než 40 km byla určitě přinejmenším 60 AU, ve skutečnosti všechna objevená tělesa byla blíže než 43 AU od Slunce – tento neočekávaně blízký vnější okraj EKP vysvětluje, proč je úhrnná hmotnost těles EKP poněkud nižší, než se zprvu čekalo. J. Stansberry aj. využili dalekohledu SST k měření albeda objektu EKP a dostali tak střední hodnotu 12%, což znamená, že tyto objekty jsou o něco světlejší, než se dosud usuzovalo. Tím se ovšem zmenšují odhad rozměrů TNO, založené na pozorované jasnosti ve vizuálním a infračerveném pásmu a i to vede ke snížení odhadované hmotnosti EKP.

## 1.2.2. Komety

V. Jemeljanenko aj. usuzují, že TNO s vysokými dráhovými výstřednostmi jsou zdrojem nových komet **Jupiterovy rodiny**. Jelikož životní doba komet Jupiterovy rodiny je maximálně 200 oběhů (< 2 tis. let), musíme umět vysvětlit, odkud se neustále berou její noví členové. Autoři považují za příslušnou zásobárnu objekty TNO s vysokými výstřednostmi. Tato populace objektů byla v době vzniku sluneční soustavy asi 20krát početnější než nyní, takže zachycování jejich objektů Jupiterem ji postupně decimuje. E. Pittich aj. ukázali, jak negravitační síly a dráhové rezonance od všech planet postupně zkracují oběžné periody komety Jupiterovy rodiny, čímž vznikají kometární dráhy podobné dráze krátkoperiodické Enekeovy komety. J. Matese a J. Lissauer studovali časové změny přísluní pro nové komety, přicházející z Oortova mračna, tj. s velkými poloosami dráh  $a > 10$  tis. AU. Odtud vyplývá, že většina těchto komet byla z Oortova mračna vymrštěna do nitra sluneční soustavy díky slapům jádra Galaxie a dostala se na současné dráhy relativně nedávno.

Sluneční družice SOHO si neustále upovídá své postavení nejúspěšnějšího přístroje na objevování komet v historii astronomie. Díky koronografům na palubě družice totiž do poloviny r. nalezla již 800 komet – téměř čtyři pětiny objevů přitom připadá na astronomy-amatéry, kteří pečlivě prohlížejí družicové snímky slunečního okolí na internetu. J. Crovisier aj. nalezli v archivu radioteleskopu IRAM jasné komety **C/1995 O1 (Hale-Bopp)** zřetelné spektrální pásy molekul glykoletylénu (HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH), jejichž frekvence byly teoreticky předpovězeny až v r. 2003. Jde přitom o nejběžnější organickou molekulu v kometárních ledech.

R. Nelson aj. popsali hlavní výsledky těsného setkání sondy Deep Space 1 s **kometou 19P/Borrelly** v září 2001. Kometu sama patří do Jupiterovy rodiny komet – byla objevena r. 1904. Porucha dráhy Jupiterem v r. 1972 změnila její dráhu tak příznivě, že se stala vhodným cílem experimentální sondy DS-1. Průlet sondy se odehrál relativní rychlostí 16,5 km/s a nejlepší snímky jádra měly lineární rozlišení 47 m. Povrch podlouhlého jádra je mimořádně tmavý (albedo 0,01 – 0,03) a z jeho povrchu směřují do vzdálenosti až 5 km výtrysky prachu a plynu o šířce až 0,5 km.

Počátkem ledna 2004 proletěla kosmická sonda Stardust v ceně 168 mil. dolarů ve vzdálenosti 236 km od jádra komety **81P/Wild 2** vzájemnou rychlosť 6 km/s ve vzdálenosti 389 mil. km od Země. Pořídila přitom 72 snímků jádra komety s lineárním rozlišením lepším než 20 m. Z jádra, pokrytého četnými velkými impaktními krátery, vychází alespoň 20 usměrněných výtrysků plynu a prachu. Podle H. Weaveru je jádro tuhé a husté; má tvar trojosého elipsoidu o rozměrech 5,5×4,0×3,3 km. Kometu, která teprve nedávno přiletěla z Edgeworthova-Kuiperova pásu, prodělala následkem těsného přiblížení k Jupiteru v září 1974 drastickou změnu své dráhy – její oběžná doba se zkrátila ze 40 let na 6,4 roku a celá dráha se od té doby vejde dovnitř dráhy Marsu. To usnadnilo navedení sondy, která nesla na své palubě speciální křemičitý aerogel, vhodný pro zachycení mikrometeorových zrnek, vyvržených z jádra komety. Sonda též zachycovala na jaře 2000 a na podzim 2002 mikrometeority, event. mezihvězdného původu, a celý tento vzácný náklad dopravila počátkem r. 2006 bezpečně na Zemi.

K. Meechová aj. shrnuli údaje o 21 **jádřech komet**, pozorovaných poblíž odsluní (> 20 AU) jednak HST a jednak Keckovým dalekohledem. Jádra krátkoperiodických komet mají poloměry od 0,3 do 15 km (medián je 1,6 km). Dlouhoperiodické komety mají dle očekávání větší jádra s poloměry v rozmezí 4 – 56 km. M. Zamaraškinová a J. Medvěděv popsali pravděpodobný průběh fragmentace komety **Shoemaker-Levy 9** při jejím těsném průletu (92 tis. km od planety) u Jupiteru dne 7. července 1992. Pozdější úlomek H představuje hlavní část původního jádra komety o průměru 4 km a rotační periodě 54 h. Štěpení ledové sutě, tvořící původní jádro, započalo asi hodinu před průletem perijovem a největší úlomky po štěpení měly rozměry až 1,6 km. K objevu řetízku asi dvou tuctů těchto úlomků, jež směřovaly do posledního apojava, pak došlo koncem března 1993. Úlomky proletěly apojevem 13. července 1993 a pak se celý rok řídily čím dál vyšší rychlostí až 60 km/s vstříc záhubě v Jupiterově atmosféře. Byl to *první případ v dějinách astronomie, kdy jsme mohli sledovat srážku dvou těles sluneční soustavy doslova v přímém přenosu* a výsledky pozorování jsou dodnes epochální.

Jaro 2004 přineslo astronomům podívanou hněd na tři jasné komety, z nichž dvě byly objeveny už v předešlých letech, takže se na jejich představení s předstihem čekalo. Koncem března 2004 počaly být očima viditelné komety **C/2001 Q4 NEAT** a **C/2002 T7 LINEAR**. První z nich prošla přísluním (0,96 AU) 16. května 2004, když předtím 7. května byla nejblíže Zemi (0,3 AU) – právě tehdy dosáhla v Jednorožci 3 mag. Očima byla viditelná do konce května, kdy opouštěla souhvězdí Rysa. Druhá kometa však již koncem března přecházela na jižní polokouli a přísluním prošla 23. 4. 2004 ve vzdálenosti 0,6 AU od Slunce. Teprve 19. 5. se přiblížila k Zemi na necelé 0,3 AU a tehdy dosáhla v souhvězdích Eridanu a Zajíce největší jasnosti 2,4 mag, ale to už vlivem planetárních poruch letěla po hyperbolické dráze, takže sluneční soustavu navždy opustí. Očima byla vidět do poloviny června.

Předtím již 23. března 2004 objevil ve věku 76 let proslulý australský lovec komet W. Bradfield v souhvězdí Velryby svou **18. kometu 2004 F4** jako mlhavý obláček 8 mag. Kometa se pak rychle zjasňovala a od 8. dubna byla vidět očima; maxima 1 mag dosáhla 17. dubna, kdy prošla přísluním ve vzdálenosti 0,17 AU a byla přitom pozorována družicí SOHO. Její chvost se nejvíce protáhl 28. dubna – úhlově na 8° a lineárně na 22 mil. km. Očima byla kometa vidět v souhvězdí Ryb až do konce dubna. Koncem června 2004 byla znovuobjevena periodická kometa **Hartley-IRAS** (1983 V1 = 1984 III) jako objekt 2004 V2 (19 mag). Proti předpovědi se na své 21,5 r dluhé oběžné dráze předběhla téměř o 5 dnů.

Koncem srpna objevil kalifornský astronom-amatér D. Machholz v Eridanu svou jubilejní 10. kometu **2004 Q2** jako mlhavou skvrnu 11 mag. *Od objevu předešlé 9. komety strávil neúspěšným hledáním 1457 h během 10 roků. Celkem tak od r. 1975 věnoval hledání komety již 7047 h!* Machholzova 10. kometa se však objeviteli odměnila tím, že od konce listopadu začala být viditelná očima v souhvězdí Býka a stala se doslova Tříkrálovou kometou počátkem ledna 2005, když 5. ledna byla nejblíže k Zemi (51 mil. km) a vzápětí minula Plejády. Tehdy dosáhla 3,5 mag. Přísluním ve vzdálenosti 180 mil. km od Slunce prošla 24. ledna 2005.

### 1.2.3. Meteorické roje a bolidy

Prvním silným (maximální frekvence 50 – 200 met/h) meteorickým rojem roku jsou teprve od r. 1835 **Kvadrantidy** s několik hodin trvajícím maximem činnosti kolem 3. ledna. Souhvězdí Zedního kvadrantu však už v moderních astronomických atlasech nejdeme, ale název se zachoval, protože přesněji určuje polohu radiantu roje, který se nachází na okraji souhvězdí Pastýře poblíž rozhraní s Drakem a Herkulem. Donedávna to byl jediný význačný meteorický roj, jehož mateřské těleso (kometa?) nebylo známo, ale to se změnilo díky přehlídkovému teleskopu LONEOS ve Flagstaffu v Arizoně, jímž byla mj. objevena **planetka 2003 EH1**. I. Williams aj. ukázali o rok později, že kolem r. 1500 n.l. byly tehdejší elementy dráhy této planetky shodné s elementy Kvadrantid. Těsně předtím byla spatřena jasná kometa C/1490 Y1 s podobnou dráhou, takže je vysoce pravděpodobné, že planetka je úlomkem kometárního jádra. Dráha roje i planetky se výrazně mění vinou planetárních poruch a to je důvod, proč se Kvadrantidy objevily teprve v XIX. stol. Krátké ostré maximum frekvence roje svědčí o jeho relativním mládí pouhého půl tisíciletí.

P. Koten aj. zpracovali dvojstaniční pozorování vizuálních meteorů pomocí videokamer pro **hlavní meteorické roje** během roku. Podařilo se jim zaznamenat dráhy a světelné křivky pro 496 meteorů s absolutní jasností od -2,1 do +4,7 mag, což odpovídá intervalu hmotností meteoroidů od 0,1 µg do 0,1 ng. Typické kometární roje Perseid, Leonid a Orionid byly porovnány s téměř dvakrát pomalejšími Geminidami a Tauridami. Pomalé meteoroidy se vyznačují souměrnou světlou křivkou s maximem jasnosti uprostřed svítící dráhy. Bez ohledu na hmotnost meteoroidu začínají svítit v téže výši. Naproti tomu výška zážehu kometárních meteoroidů roste s jejich vstupní hmotností.

M. Campbell-Brown podal zprávu o silném denním meteorickém roji **Arietid**, jenž byl pozorován vždy kolem 9. června v letech 2001 – 2003 kanadským radarem CMOR v Ontariu na frekvenci 29 MHz. Geocentrická rychlosť meteoroidů činí 38 km/s a maximální přeypočtená frekvence až 200 met/h! Zatím lze jen spekulovat o mateřském tělesu tohoto roje, protože radarová data vykazují některé nejasnosti.

D. Galligan a W. Baggaley zpracovali údaje o meteorech, pozorovaných v letech 1995 – 99 pomocí novozélandského radaru AMOR. Mezní hvězdná velikost radaru odpovídá optickým meteorům 14 mag, tj. o hmotnosti jen 0,3 pg resp. průměru meteoroidů 40 µm. Celkem získali údaje o půl milionu **radarových meteorů** a rozdělení jejich druh ve vzdálenosti 1 AU od Slunce – v záznamech je patrný vliv planetek typu Apollo a Aten na strukturu prachové složky sluneční soustavy.

P. Pecina a D. Pecinová zpracovali ondřejovská radarová měření **Leonid** v letech 2000 – 2002. Aktivita roje trvala v letech 2000 a 2001 přes 2 dny a frekvence rychle kolísala. Naproti tomu v r. 2002 bylo vidět jen hlavní a vedlejší maximum v intervalu několika málo hodin – zato v porovnání s předešlými lety byly v roji více zastoupeny slabší meteory. Standardně se opakuje maximum pro délku Slunce 236,11°. Nečekaně vysoká aktivita nastala 19. 11. 2001; zatím pro ni neexistuje kloudné vysvětlení.

P. Jenniskensovi aj. se zdařilo 12. 2. 2002 pořídit šťastnou náhodou rozostřené optické a blízké infračervené **spektrum meteorické stopy** pomocí spektrografovi FORS-1 u jednoho z největších dalekohledů světa – VLT v Chile. Stopa ve výšce 100 km nad zemí pocházela od bolidu -8 mag a v jejím spektru byly nalezeny čáry atomárního i molekulárního dusíku a kyslíku. Excitační teplota ve stopě přesahovala 4300 K.

T. Kasuga aj. získali 23. 6. 2004 pomocí kamery HDTV spektrum **Bootidy** 5 mag v pásmu 360 – 620 nm. Ve spektru jsou patrné emise Mg I, Fe I a Na I. Poměry těchto prvků se liší od jejich zastoupení na Slunci; excitační teplota dosáhla 3900 K. Bootidy byly předtím aktivní jen v letech 1916, 1927 a 1998. Jejich mateřskou kometou je 7P/Pons-Winnecke, takže dráha roje je silně rušena Jupiterem. Rychlosť střetu meteoroidů se Zemí je mimořádně nízká – jen 18 km/s. V r. 2004 překvapily **Perseidy**, které dle předpovědi E. Lyytinena a T. van Flanderna měly mít 15 h před hlavním maximum ostrý vrchol na frekvenční křivce, díky meteoroidům, uvolněným z mateřské komety Swift-Tuttle při jejím návratu ke Slunci v r. 1862. Předpověď se báječně vyplnila kolem 21 h UT dne 11. 8. (ekliptikální délka Slunce 139,4°), kdy se vyskytlo mnoho bolidů až -7 mag.

F. Selsis aj. zjišťovali, které meteorické roje by mohly být v činnosti v okolí **ostatních planet** sluneční soustavy. U Merkuru by to mohl být roj komety 2P/Encke, kdežto u Venuše zejména roj komety 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková, která se k planetě přiblížuje na pouhých 240 tis. km. Pro Mars připadá v úvahu hned pět známých komet a pro Jupiter opět kometa 45P a dále 4P/Faye. Nejnadějnější je v tomto směru zřejmě Mars, kde *ve větších výškách nad planetou je atmosféra dokonce hustší než pozemská*.

### 1.3. Planetární soustava kdysi a dnes

O. Gingerich připomněl, že již Ptolemaios a Kopernik se pokoušeli o **odhad vzdálenosti Země od Slunce** a vyšlo jim, že 1 AU se rovná 1210 R<sub>Z</sub>, takže tuto vzdálenost podcenili 20krát. Kepler na základě Tychonova neúspěšného pokusu nalézt geocentrickou paralaxu Marsu však usoudil, že tato vzdálenost je alespoň 3krát větší, jenže z dalších úvah dospěl k ještě horší hodnotě pouhých 360 R<sub>Z</sub>. Proto též při výpočtu data přechodu Venuše přes Slunce soudil, že *Venuše přitom zakryje téměř čtvrtinu slunečního disku!* A. Boss připomněl, že až do r. 1995 se při modelování **vzniku obřích planet** uvažovala pouze akrece zbytků ochlazeného plynného protoplanetárního disku na tuhá jádra o hmotnostech řádu 10 M<sub>Z</sub>. Odtud vyplýval poměrně pomalý vznik obřích planet po mnoha milionech let. Od té doby se však příšlo na to, že *protoplanetární disky se mohou rychle ochladit konvekcí* pak vznik planet proběhne mnohem rychleji (během tisíců let) díky gravitačním nestabilitám v ochlazeném disku, jak dokazují modelové výpočty. Podle O. Hubického aj. má Jupiter kamenné jádro o hmotnosti v intervalu 0 – 10 M<sub>Z</sub>, kdežto Saturn v intervalu 6 – 15 M<sub>Z</sub>. Obě

planety však mají přinejmenším o půl řádu více kovů než Slunce. Uran a Neptun jsou z větší části kamenné planety, obklopené plynem o hmotnosti  $2 - 4 M_Z$ .

W. Rice aj. využili hydrodynamické simulace k odhalení pravděpodobných následků **rozpadu nestabilního protostelárního disku** o hmotnosti 10% hmotnosti mateřské hvězdy. Zjistili, že již za 12 tis. let se v okolí hvězdy objeví díky gravitačními hroucení zhustků v rozpadajícím se disku a následné akreci okolního plynu 83 substelárních (do hmotnosti  $0,01 M_\odot$ ) a protoplanetárních (s hmotností  $= 0,001 M_\odot$ ) objektů, z nichž však 74 během následujících 21 mil. let mateřskou hvězdu opustí a stane se interstelárními nomády, z toho 19 planet o hmotnosti blízké Jupiteru. Dalších 7 objektů se rovněž odporoučí následkem blízkých setkání s okolními hvězdami a jeden se zřítí na mateřskou hvězdu. Zbude tedy jen jeden objekt trvale gravitační vázaný k mateřské hvězdě. *Galaxie by tedy měla být vyplňena spoustou osamělých hnědých trpaslíků a obřích planet*, jež se však obtížně hledají.

Také S. Oxley a M. Woolfson ukázali pomocí hydrodynamických simulací, že v hustých hvězdokupách mohou snadno vznikat **osamělé exoplanety** rovnou, díky interakci již vzniklých prahvězd a okolních zhustků prachu a plynu. Tako vznikající planety obíhají zprvu po velmi protáhlých drahách s výstředností až 0,9 a o poloosách dlouhých až 2000 AU; odtud je jen krůček k jejich osamostatnění. Modelové výpočty pro hvězdy slunečního typu naznačují, že asi 7% těchto hvězd má mít exoplanety typu Jupiter, což je v souladu s pozorováním. R. van Boekel aj. zkoumali vnitřní 2 AU u **protoplanetárních disků** tří Herbigových hvězd třídy Ae pomocí interferometru VLT se základnou 103 m, čímž docílili úhlového rozlišení 20 mas v infračerveném pásmu 7,5 – 13,5 μm. Zjistili, že disky obsahují jak amorfní zrnka, tak i krystalky křemičitanů, což souhlasí se složením meteoritů a naznačuje, že právě takový materiál tvoří stavební kamínky při vzniku planet sluneční soustavy.

C. Agnor a E. Asphaug ukázali, že v **zárodečné sluneční soustavě** se 1 km planetesimály sbalyly během 100 – 10 000 let a 1000 km zárodky během 100 tis. až 1 mil. roků. Pak se buď navzájem začnou srážet, anebo vytvoří vnitřní část sluneční soustavy. Pokud dojde k čelní srážce dvou protoplanetárních embryí o hmotnosti  $0,1 M_Z$  nízkou rychlostí, embrya se spojí. Při tečné srážce se vytvoří těsný pár embryí, která posléze rovněž splynou. Jenže při vyšších rychlostech se tělesa od sebe odrazí a vypadnou ze sluneční soustavy – právě *polovina srážek končí splynutím a druhá polovina vymrštěním*. S. Raymond aj. propočítali 44 modelů gravitačních nestabilit v horkém disku sluneční pramhlaviny a zjistili, že ke **vzniku planetesimál** dochází jak akrecí, tak gravitačními nestabilitami. Jakmile začnou planetesimály splývat, je vyhráno – v jednotlivých modelech dostali 1 – 4 protoplanety terestrického typu, obíhající bliže než 2 AU k Praslunci. *Problémem zůstává, odkud tyto původně suché protoplanety získají vodu*.

L. Neslušan přišel s domněnkou, že z posloupnosti vzdálenosti planet podle Titiusova-Bodeova pravidla by měla být vyňata Země, která podle jeho názoru vznikla v oblasti hlavního pásmu planetek a do dnešní vzdálenosti se dostala **planetární migraci**. R. Gomes aj. zjistili, že *migrace může také probíhat opačným směrem*, jak dokázali na případu Neptunu, který podle jejich názoru vznikl ve vzdálenosti 22 AU od Slunce. V té době sahal plynný protoplanetární disk do vzdálenosti 30 AU od Slunce a Neptun podléhal neustálým výměnám energie a momentu hybnosti s okolními planetesimály. Tím se posouval až k vnějšímu okraji disku, kde interakce ustaly, takže v této vzdálenosti zůstal dodnes. Titíž autoři zjistili, že příčinou migrace Neptunu i Uranu byl fakticky Saturn, jenž směřoval k rezonanci oběžných dob 2 : 1 s Jupiterem a přitom si vyměňoval energii s planetkami, které naváděl na oběžné dráhy směrem k Zemi – právě tím též destabilizoval původní dráhy Uranu a Neptunu. Neptun tak zase narušoval pohyby těles TNO, která po dobu asi 100 mil. let bombardovala Zemi a Měsíc – *četnost velkých impaktů na Měsici byla tehdy asi o tři řády vyšší než dnes*. Tehdejší období **těžkého bombardování** před víceméně než 3,8 mld. let však mohlo Zemi opatřit kýženou vodu.

G. Ogilvie a D. Lin hledají příčinu **migrace obřích exoplanet** do blízkosti mateřských hvězd ve výměně momentu hybnosti exoplanety se zárodečným akrečním diskem kolem mateřské hvězdy. Slapová disipace pak způsobí, že původně výstředné dráhy exoplanet se nutně změní na kruhové po dokončení migračního manévrů. S tím souhlasí též I. Dobbs-Dixon aj., kteří ukázali, že *všechny exoplanety s oběžnou dobou kratší než 6 d mají skutečně kruhové dráhy*. Exoplanety s oběžnými dobami 7 – 21 d právě prodělávají zmíněný přechod z excentrické dráhy na kruhovou díky slapům.

## 1.4. Slunce

Slunce je úžasný a neobyčejně stabilní zdroj bezmála nehmotných **neutrín**: podle M. Weisskopfa jich uvolní každou sekundu neuvěřitelných  $2 \cdot 10^{39}$ ! Pro srovnání: týž počet atomů by obsahovala krychlová kostka tuhy o hraniči 1 km. Jak známo, kvůli nepatrnému účinnému průřezu je technicky mimořádně obtížné zachytit sluneční neutrino na Zemi. Poprvé se to zdařilo americkému chemikovi R. Davisovi v proslulém experimentu v dole **Homestake** v Jižní Dakotě, jenž trval od r. 1967 do r. 1992. Jeden z nejdelších pokusů v dějinách astrofyziky byl založen na zachycování neutrín jádry atomů chlóru, jak to teoreticky propočítal italský fyzik B. Pontecorvo již v r. 1946. Davis během čtvrtstoletí uskutečnil 108 cyklů měření toku slunečních neutrín tak, že vždy po čtvrtroce změřil počet radioaktivních atomů  $^{37}\text{Ar}$ , které v podzemní nádrži s perchloretylem vznikly díky Pontecorrově reakci. *Celkem tak získal pouhých 2200 radioaktivních atomů (třikrát méně, než se všeobecně čekalo), což mu v r. 2002 vyneslo Nobelovu cenu za fyziku*.

Právě tehdy se ukázalo, že pozorovaný deficit lze objasnit díky **oscilacím neutrín**, které intuitivně předvídal týž Pontecorvo již v letech 1957-8 (v mezidobí musel Pontecorvo, podezřelý z atomové špionáže pro Sovětský svaz, uprchnout z kanadské atomové laboratoře Chalk River do SSSR, kde byl zvolen akademikem pod jménem Pontekorov). Jak známo, *neutrino díky svému zanedbatelnému účinnému průřezu nás informují o okamžitém stavu slunečního nitra*, zatímco elektromagnetické záření se z nitra Slunce na jeho povrch prodírá plných 10 mil. roků průměrnou rychlostí 10 mm/h.

Nevýhodou Davisova experimentu byla malá časová rozlišovací schopnost. Nyní se podařilo tuto slabinu odstranit zásluhou měření z japonské podzemní aparatury **Superkamiokande** v letech 1996,5 – 2001,3. Pro každé zachycené neutrino totiž známe přesný čas příletu. Jak zjistil T. Shirai, naměřené kolísání průměrných hodnot toku slunečních neutrín o 7% během roku vyplývá z výstřednosti dráhy Země kolem Slunce. Přes toto očekávanou změnu se však překládá překvapivé sinusové kolísání toku o 13% v periodě 30 měsíců, které nikterak nesouvisí s kolísáním sluneční činnosti, takže jeho příčina není zatím známa.

# Jedenásta hurbanovská koróna

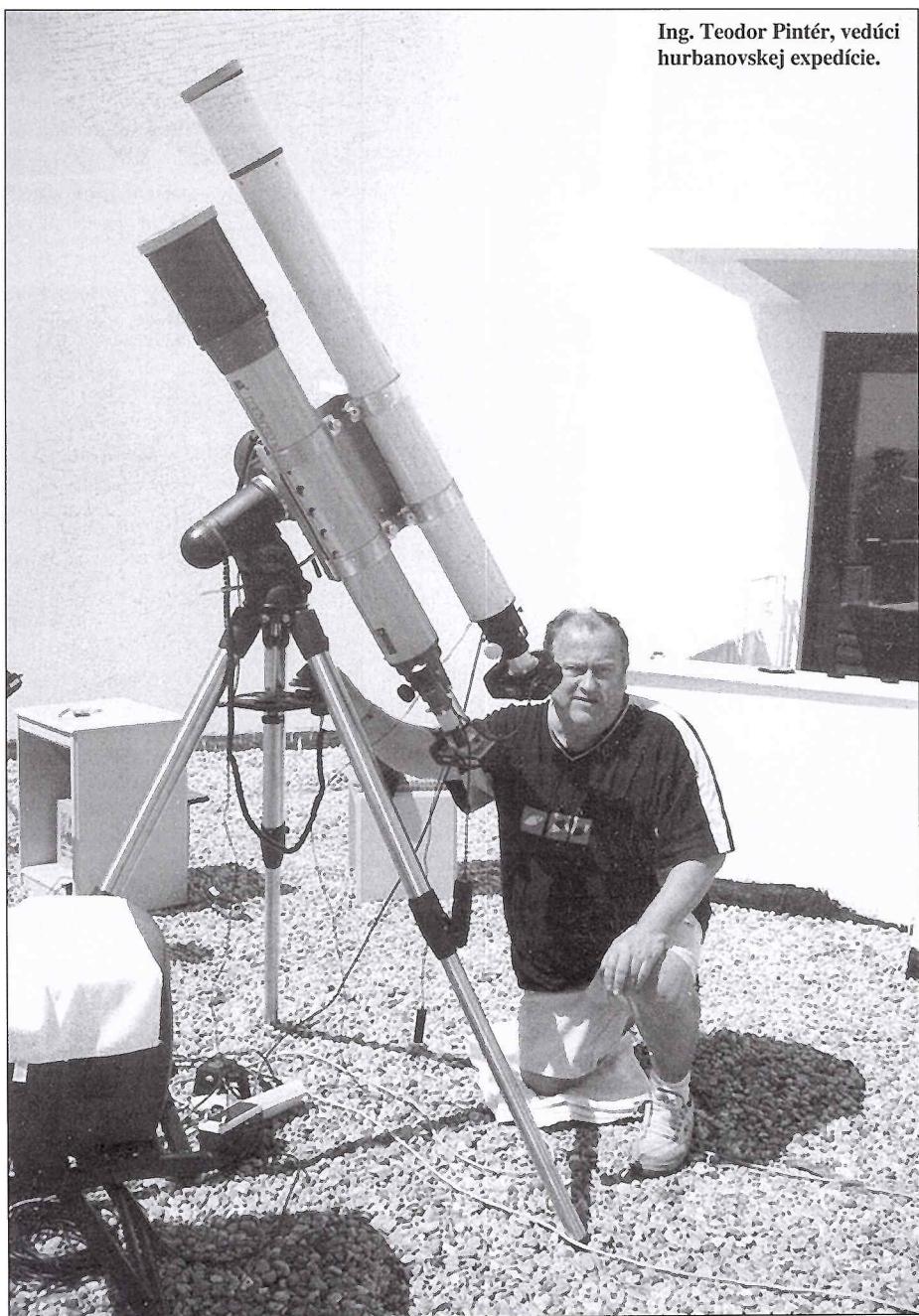
V priebehu tisícročia sa udeje v priemere 660 úplných zatmení Slnka. Zatmenia sú, s určitou mierou približnosti rozdelené rovnomerne po celom povrchu našej planéty, takže na Slovensku sme mohli „total eclipse“ pozorovať iba zriedka. Naposledy 11. augusta 1999. Najblížie „čierne slnko“ v našich končinách, t.j. priamo na území Slovenska, budú sledovať až naši pravnuci: uskutoční sa 7. októbra 2135. Preto musia slniečkári, astronómovia, zaobrajúci sa fyzikou Slnka, za zatmeniami cestovať.

Každé zatmenie je unikátnou príležitosťou pozorovať, fotografovať, vedecky skúmať korónu, ktorú ani najdokonalejším pozemským či vesmírnym koronografom nemožno študovať

## Expedície hurbanovskej hvezdárne za zatmením Slnka

1.	1936	ZSSR
2.	1990	Čukotka
3.	1991	Mexiko
4.	1994	Brazília
5.	1995	Thajsko
6.	1997	Rusko
7.	1998	Guadeloupe
8.	1999	Maďarsko
9.	2001	Angola
10.	2002	Juhoafrická republika
11.	2006	Turecko

Ing. Teodor Pintér, vedúci hurbanovskej expedície.



tak dôkladne ako vtedy, keď Mesiac počas niekoľkých minút úplne prekryje kotúč Slnka. Hurbanovskí slniečkári, pracovníci Slovenskej ústrednej hvezdárne, sa koncom marca vypravili do Turecka. Bola to už 11. expedícia za zatmením (pozri tabuľku). Počas jedenástich expedícií strávili pod čiernym Slnkom 35 minút a 49 sekúnd, získali stovky fotografií a množstvo ďalších údajov, ktoré po spracovaní, interpretácii a publikovaní obohatili domácu i svetovú databázu údajov o slnečnej koróne.

Koróna, najvrchnejšia vrstva slnečnej atmosféry, je mysteriozny útvar. Obyčajný smrteľník, ak sa v mieste, kde žije, zatmenia počas svojho života nedočká, korónu nikdy neuzrie. Pritom koróna je obrovský, pulzujúci objekt: siaha od slnečnej chromosféry až do vzdialenosťi 40 až 60 AJ, kde jej rozpínanie, na perifériu slnečnej sústavy, zastaví medzhviezdny vietor.

Korónu tvorí najmä ionizovaný vodík – plazma. Biele svetlo koróny – tzv. K koróny generuje najmä rozptyl žiarenia povrchu Slnka na volných elektrónoch. Tie zabezpečujú 90 % jej žiarenia.

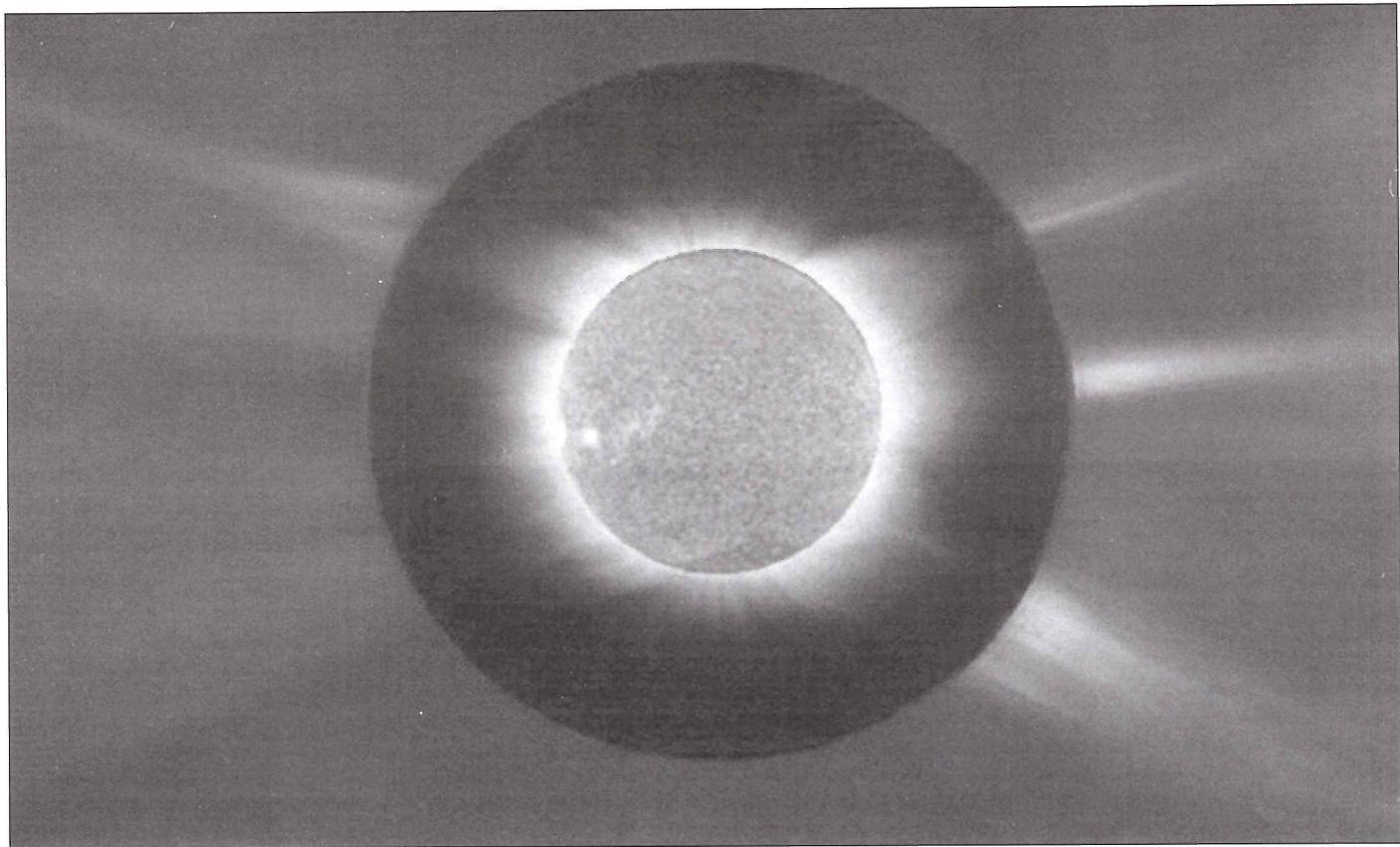
Hmotnosť koróny, napriek svojej veľkosti, je v porovnaní s hmotnosťou Slnka nepatrná: približne  $3 \cdot 10^{14}$  kg, čo je asi jedna trilióntina hmotnosti Slnka. V rozsiahlej koróne, ktorú aj najdokonalejšie prístroje dokážu pozorovať iba do vzdialenosťi niekoľkých desiatok polomerov Slnka, sa pohybujú všetky telesá našej slnečnej sústavy. Na tie telesá, ktoré majú atmosféru, ionosféru a v prípade Zeme aj biosféru a technosféru, majú procesy v koróne významný vplyv.

Ludia dlho nevedeli, čo vlastne koróna je. Ešte Kepler ju považoval za atmosféru Mesiača. Až v druhej polovici 19. storočia vatkánski astronómovia (Secchi a de la Rue) zistili, že ide o reálne úkazy nad okrajom Slnka. Rozvoj spektrografie umožnil potom vylúčiť aj zloženie koróny. V E koróne (svetlo čiar vysokionizovaných prvkov) objavili vedci aj „zakázané čiary“, spektrálne otlačky prvkov, ktoré veda dovedy nepoznala. Také čiary mohli mať iba prvky, ktoré boli ionizované pri mimoriadne vysokej teplote. Tak sa zistilo, že riedka koróna má oproti fotosfére (5700 K) teplotu 2 milióny K. To bola senzácia...

Aký mechanizmus zahrieva korónu na takú vysokú teplotu? Akým spôsobom sa hmota v koróne dopĺňa, keď vieme, že za pol hodiny sa celá hmota vnútornnej koróny vymení? Aké mechanizmy podmieňujú vznik najrozličnejších štruktúr v takom dynamickom, variabilnom, nehomogénnom útvare, akým koróna je...? Tieto a celý rad ďalších otázok vyslovili slniečkári už pred šesťdesiatimi rokmi.

Milan Rybanský, guru astrofyziky Slnka na Slovensku tvrdí: „Na väčšinu týchto otázok sme dodnes nenašli uspokojivé odpovede.“ Pritom: ak sme ešte nepochopili podstatu koróny, ani naše poznatky o fyzike Slnka, tejto pomerne jednoduchej, stabilnej a blízkej hviezde ešte zdaleka nie sú úplné. O ďalších, exotických a bizarných rodinách hviezd ani nehovoriač...

Zatmenie Slnka trvá nanajvýš 420 sekúnd. (Väčšina je oveľa kratších.) Napriek tomu tisíce solárnikov merajú cestu križom cez oceány a kontinenty. Zo zatmenia na zatmenie je ich viac; zo zatmenia na zatmenie používajú dokonalejšie



Kombinovaná snímka z pozorovania v čase úplného zatmenia. Disk nasnímal satelit SOHO v spektrálnej čiare hélia 30,4 nm. Za okrajom clonky koronografu C2 vidíme koronálne lúče, ktoré tiež zachytil satelit SOHO. Medzera, ktorú satelit nemôže pozorovať, je doplnená fotografiou, získanou v pásme totality počas zatmenia 20. marca 2006.

technológie a rafinovanejšie experimenty. Počet fotografií a nameraných údajov rastie geometrickým radom. Každý z nich po spracovaní, interpretácii a publikovaní môže prispieť k poodhaleniu tajomstiev koróny. Troškou do tohto mlyna prispievajú už celé desaťročia aj solárnici z Hurbanova.

### 225 sekúnd v Manavgate

Pás totality marcového zatmenia Slnka sa na Zem premietol vo východnej Brazílii. Prešiel cez Atlantik, prekrižoval Afriku (Ghana, Togo, Benin, Nigéria, Niger, Čad, Líbyu, Egypt, Stredozemné more, Turecko, Čierne more, Gruzínsko, až kým nezanikol v stepiach Kazachstanu. Expedícia SÚH Hurbanovo si po konzultáciách so spriateľenou tureckou hvezdárňou (Kandili Observatory), vybrali mestečko Manavgat na južnom pobreží Turecka. Na terase hotelu Süral Saray vybudovali pozorovacie stanovište.

Aká bola turecká koróna?

#### **Teodor Pintér, vedúci expedície:**

„Slnko je teraz blízko minima. Polárne lúče, štica úzkych ihľíc, vyzerali presne tak, ako mali v tomto štadiu vyzeráť. Lúče okolo rovnika však svedčili o búrlivej aktivite. Najmä východná časť koróny sa prejavovala nezvyčajne aktívne....“

Zatmenie v Manavgate trvalo 2 minúty a 43 sekúnd. Uskutočniť v priebehu takého krátkeho času všetky experimenty, vyžaduje niekoľkomesačnú, dôkladnú prípravu. Dôležitý je najmä výber vhodných experimentov; výber a príprava



Pracovníci SUH, účastníci expedície za úplným zatmením Slnka 2006, pred odchodom na 5000 km dlhú cestu do tureckého Manavgatu.

primeranej techniky (aj vzhľadom na náklady spojené s dopravou); zabezpečenie vhodného pozorovacieho stanovišťa. Hurbanovci pripravili 4 experimenty:

#### **Biela koróna**

Zmyslom tohto experimentu je zmerať rozdeľenie hmoty v koróne podľa jasu. Je známe, že

najžiarivejšou časťou koróny je tzv. K koróna, prejavujúca sa rozptylom žiarenia fotosféry, viditeľného povrchu Slnka, na voľných elektrónoch. K koróna reprezentuje 90% intenzity žiarenia koróny. Fotometria môže zviditeľniť rozdelenie hmoty v premenlivom, nestálom a dynamickom útvare bielej koróny, odhalíť v nej nehomogenity. Aky mechanizmus prerozdeľuje

hmotu Slnka do týchto nehomogenít, predbežne nevieme. Synergické vyhodnocovanie globálne získaných údajov (pozemské solárne dalekohlady, vesmírne sondy, výsledky expedícii za zatmením) však toto tajomstvo krok za krokom odhaluje.

### Polarizácia bielej koróny

Zmyslom tohto experimentu je poodhalenie mechanizmy žiarenia v koróne. Odhadnút počet voľných elektrónov, ktorími sa prejavuje K koróna. Takéto experimenty prispievajú k spresneniu našich poznatkov. Každá koróna je jedinečná, neopakovateľná. V dynamickej koróne sa výsledky odlišujú nielen od zatmenia k zatmeniu, ale v každej chvíli. Čím lepšie je pripravený experiment, tým presnejšie výsledky sa dosiahnu. Suma výsledkov, získaných z experimentov všetkých expedícii, môže prispieť k objasneniu dynamiky koróny. Reálnych, náhodných či opakujúcich sa zmien... Výsledky získané počas zatmenia sú neoceniteľné: solárna družica SOHO dokáže získavať údaje iba nad hranicou 1,6 slnečného polomeru. Špeciálny slnečný dalekohľad na Mauna Loa (Havaj) iba od 1,1 polomeru vyššie, pričom tieto údaje sú získané nepriamo, polarimetriou a teda môžu byť dosť nepresné.

Aj v tomto prípade sú však údaje získané počas zatmenia nenahraditeľné.

### Polarizácia zelenej koróny

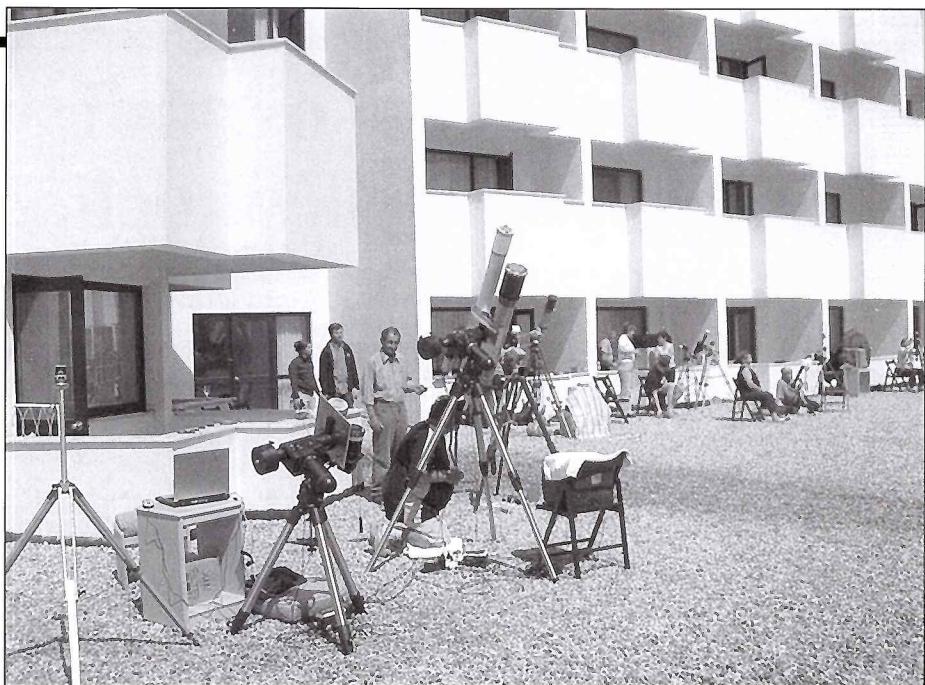
V tomto experimente ide o zmeranie (gradientu teploty, ktorý sa mení v závislosti na hustote plazmy v koróne) smeru a stupňa polarizácie v tzv. zelenej čiare koróny (530,3 nm). Podľa teórie Hanleho efektu, smer polarizácie v tejto čiare je totožný so smerom magnetických siločiar v koróne. Na pohyb a vlastnosti plazmy v koróne vplývajú najmä magnetické polia. Intenzitu týchto (väčšinou do Slnka ponorených) polí nedokážeme zmerať obvyklými metódami – z rozšredu spektrálnych čiar. Podľa týmto experimentom získaných smerov magnetických siločiar dokážeme odhadnúť rozloženie magnetických polí v koróne.

### Digitalizácia bielej koróny

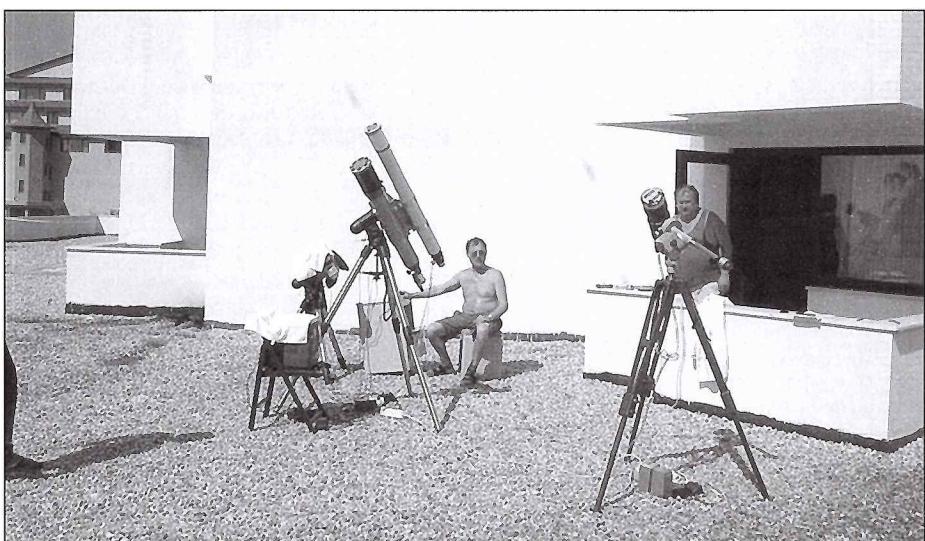
Zmyslom experimentu bolo poistiť výsledky 1. experimentu, zabezpečeného klasickou technikou, v digitálnej podobe.

Zatmenie v Turecku trvalo 163 sekúnd. Všetky experimenty sa vydarili. Ich vyhodnocovanie a interpretácia potrvá najmenej dva roky.

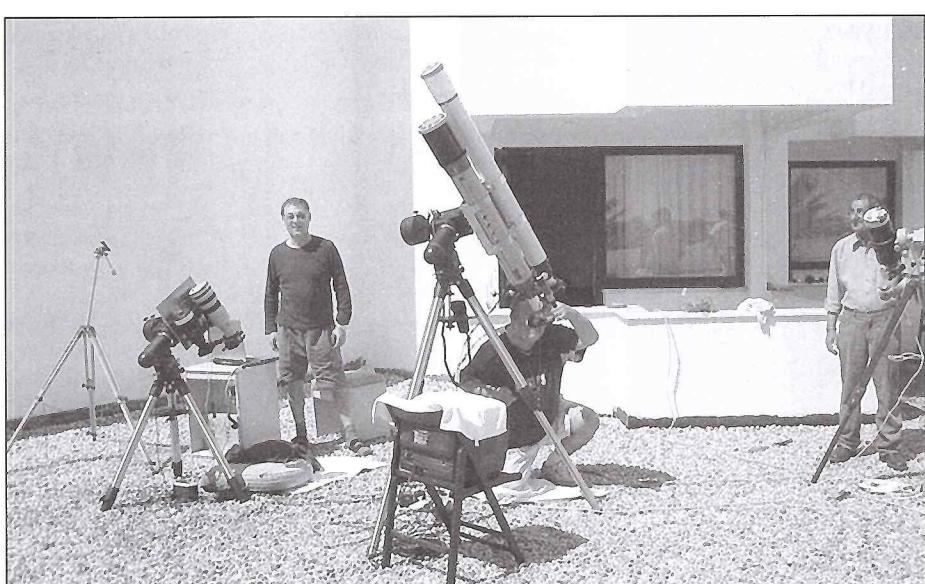
Slniečkári vedia, že mystérium koróny sa podarí odhalit iba postupne, krok za krokom. Vedia, že nikto z nich publikovaním drobných objavov nezožne svetovú slávu. O to je synergické úsilie slniečkárov mnohých krajín cestujúcich za každým zatmením Slnka sympatheticie. Zúčastňujú sa na zbieraní údajov, z ktorých sa raz vylúpne prenikavé poznanie. Hoci: už zažiť a odvŕniť veľkolepé divadlo totálneho zatmenia Slnka, keď sa magicky prejaví jeden z mechanizmov nášho lokálneho vesmíru, je veľkolepé dobrodružstvo...



Zostavenie prístrojov SÚH pred pozorovaním. V popredí stojaci technik M. Vanya.



Pri dalekohľade technik M. Mačanský, na balkóne riadiť SÚH T. Pintér.



Tesne pred úplným zatmením Slnka. V prave pri prístroji pripravený M. Vanya, v strede T. Pintér, v lavo M. Mačanský.

# STARDUST – o misii a jej prvých výsledkoch...

Ludia sa už oddávna zaujímajú o vznik života na Zemi, vznik Zeme v Slnčnej sústave, vznik Slnčnej sústavy a v neposlednom rade aj o vznik vesmíru. Každá z týchto oblastí ľudského poznania a záujmu prerástla do samostatného vedného zamerania.

Planetárna kozmogónia je časťou astronómie, ktorá sa zaobráva vznikom a vývojom Slnčnej sústavy (okrem Slnka) – planét a malých telies, ktoré sa v nej nachádzajú.

Dnes existuje a v minulosti existovalo mnoho teórií opisujúcich vznik planét, komét, resp. asteroidov a ďalších častí, ktoré spolu „vytvárajú“ Slnčenú sústavu. Zlepšovaním pozorovacích prístrojov, analýzou výsledkov z nich, resp. modelovaním samotného vzniku bola istá časť z nich prekonaná a zavrhnutá. Napriek tomu však ani dnes nie je otázka vzniku Slnčnej sústavy opísaná detailne a stále sa v teóriach objavujú slabé miesta, ktoré sa súčasní astronómovia snažia vyriešiť. K riešeniu im, samozrejme, dopomáhajú nielen pozorovania pozemskými ďalekohľadmi, ale aj vesmírne misie zamerané na štúdium telies v medziplanetárnom priestore. Nedávno sme boli svedkami výnimočnej misie Deep Impact, o ktorej ste sa mohli dočítať v predošlých číslach Kozmosu. Okrem tejto misie však svetové vesmírne agentúry (napr. ESA, NASA, ...) pokračujú v ďalších misiach, ktoré sú rovnako výnimočné a znamenajú pre nás veľké množstvo nových informácií týkajúcich sa skúmaných telies. Takouto misiou je aj misia Stardust.

V rámci misie Stardust bola vypustená prvá vesmírna sonda v histórii, zameraná výlučne na výskum komety. Ide o prvú robotickú sondu určenú na získanie medziplanetárnej látky a jej následné dopravenie na Zem zo vzdialenosť väčšej než je vzdialenosť Mesiaca.

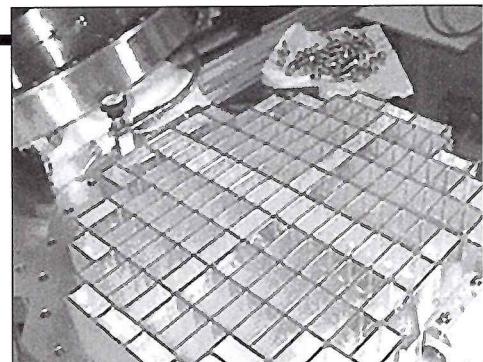
Sonda Stardust bola vyslaná ku komete 81P/Wild2. Za cieľ misie bola táto kométa zvolená kvôli tomu, že jej súčasný prechod perihéliom bol len piatym v poradí, a teda obsahovala ešte dostatočné množstvo materiálu, ktorý sa z nej mohol uvoľniť. Samozrejme, ďalším veľmi dôležitým faktom bola aj skutočnosť, že kométa sa nachádzala „v správny čas na správnom mieste“, a teda bolo možné „stretnúť sa s ňou“. Na to bolo potrebné urobiť „letový plán“ komety a určiť presné miesto a čas „stretnutia“. Toto stretnutie bolo naplánované na január roku 2004. Počas tohto stretnutia sonda Stardust zbiera prach uvoľnený z komety do špeciálnych zásobníkov, ktoré obsahovali aerogél. Aerogél je špeciálna látka určená na záchyt prachových čiastočiek na báze kremfka. Zásobníky boli uložené v 2 vrstvách do tvaru tenisovej rakety (vid. obrázok 1). Jedna strana bola, ako sme už spomínali, určená na záchyt prachových čiastočiek z komety, druhá strana bola určená na záchyt medzi-hviezdzneho prachu. Obidve strany mali identickú plochu  $1000 \text{ cm}^2$ . Po skončení tejto hlavnej časti misie bol samozrejme veľmi dôležitý návrat sondy s veľmi vzácnym nákladom späť na Zem.

15. januára tohto roku bola po 7 rokoch misia Stardust úspešne ukončená, keď do púšte v Utahu dopadla „návratová kapsula“ s materálom z komety. V súčasnosti teda môžu viedci na celej Zemi analyzovať čiastočky, ktoré táto sonda z komety priniesla. Tieto prachové čiastočky majú veľkosť menšiu než priemer ľudského vlasu, približne 10 mikrónov (mikrometrov). Pri analýze sú takto malé zrná ešte „rozkrájané“ na niekoľko stoviek menších čiastočiek.

V ďalšom texte uvádzam stručný opis toho, čo sonda priniesla na Zem aj s jedným veľmi dôležitým výsledkom po úvodných analýzach.

Na obrázku 2 vidíme záhyt čiastočky prachu v aerogeli. Tieto čiastočky je samozrejme kvôli ich ďalšiemu štúdiu potrebné z aerogélu „vyslobodiť“.

Na obrázku 3 vidíme jednu zo zachytených čiastočiek, ktorú priniesla sonda Stardust na Zem. Konkrétnie ide o jeden z typov olivínu nazývaný forsterit. Veľkosť tejto čiastočky sú asi 2 mikróny.



Obr. 1: Aerogelový lapač prachu uvoľneného z komety Wild2.  
Foto: NASA/JPL

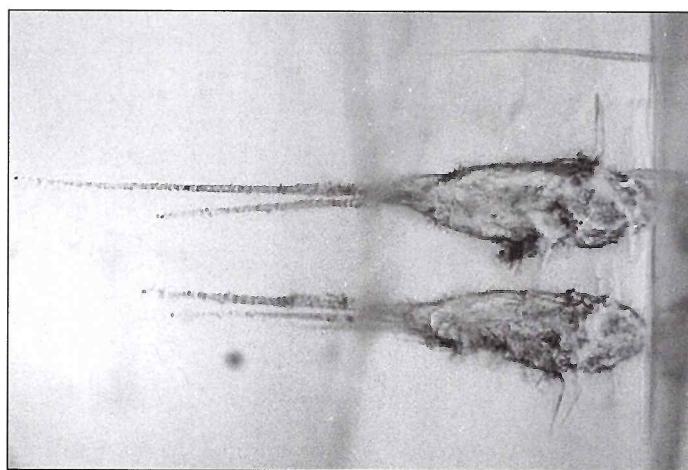
Dr. Brownlee spolu so svojím tímom na washingtonskej univerzite zatial analyzoval iba malé množstvo prachových čiastočiek. Napriek tomu, že zatial neanalyzovali väčšiu vzorku prachových čiastočiek, dospeli k veľmi zaujímavým výsledkom.

Vzorku objavili minerály, ktoré sa tvoria blízko Slnka a iných hviezd. Jedným z týchto minerálov je olivín, ktorý je základnou zložkou zeleného piesku nachádzajúceho sa na niektorých plážach na Havajských ostrovoch. Napriek tomu, že ide o jeden z najbežnejších minerálov vo vesmíre, fakt, že bol nájdený v kometárnom prachu, je veľmi prekvapujúci. Prekvapujúce je to z toho dôvodu, že súčasné kozmogonické názory a teórie, snažiacie sa opísať vznik Slnčnej sústavy, hovoria, že komety vznikali vo veľmi chladných oblastiach na periférii Slnčnej sústavy. Dostávame teda dva protichodné názory. Na jednej strane na základe teórie tvrdíme, že komety vznikali v chladnom prostredí, pritom na základe analyzovaného materiálu vieme, že v komete Wild2 sa nachádza minerál, ktorý vznikal v horúčich oblastiach...

Z tohto dôvodu je teda zrejmé, že teórie založené sa otázkou vzniku komet v Slnčnej sústave bude nevyhnutne modifikovať tak, aby nimi bolo možné vysvetliť spomínany paradox. Samotným teóriám vzniku komet a možnému vysvetleniu spomínaného rozporu sa budeme venovať v ďalšom pokračovaní tohto článku v niektorom z budúcich vydaní Kozmosu.

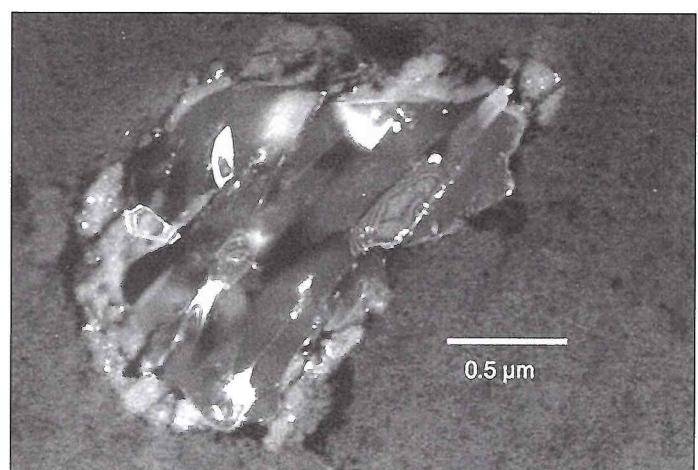
Podľa Podľa [Podľa Podľa <http://www.nasa.gov/stardust>](http://www.nasa.gov/stardust)

MARIÁN JAKUBÍK



Obr. 2: Čiastočky prachu zachytené v aerogeli.

Foto: University of Washington



Obr. 3: Čiastočka prachu, ktorú priniesla sonda Stardust na Zem. Ide o forsterit, jeden z typov olivínu.  
Foto: University of Washington

# Kríza vo fundamentálnej fyzike

**Možno ešte vôbec pri nekonečnom počte navrhnutých vesmírov a vyše  $10^{400}$  teórií experimentálne dokázať fyzikálne zákony?**

Túto provokatívnu otázku si položil aj u nás známy popredný teoretický fyzik Lee Smolin. V duchu filozofie, že lepšie je občas preložiť kvalitný materiál jedného autora, ako syntetizovať názory viacerých, uvádzame jeho esej/komentár v plnom rozsahu. Ide totiž o klúčový problém fyziky, ale celej vedy. O takzvaných „teóriach všetkého“ je aktuálne aj na našom obmedzenom slovensko-českom knižnom trhu naporúdzí niekoľko titulov určených čitateľom mimo fyziku. No veci sú zložitejšie.

## Divoká jazda k poznaniu

Fyzici majú za sebou vyše dvostoročnú divokú jazdu. Dômyselné pátranie po najzákladnejších zákonoch prinášalo množstvo významných objavov. Každé desaťročie pred rokom 1800 obohatilo naše poznatky najmenej o jeden objav týkajúci sa pohybu, podstaty hmoty, svetla a tepla, priestoru a času. V 20. storočí sa tempo dramaticky zrýchliло. Pred 30 rokmi sa čosi zmenilo. Naposledy naše poznanie fundamentálnej fyziky jednoznačne pokročilo v roku 1973: zrodila sa teória, ktorú voláme štandardný model časticovej fyziky. Posledná fundamentálna teória, ktorá získaala aspoň akú-takú experimentálnu podporu, bola naposledy publikovaná roku 1981. Je to teória inflácie. Opisuje jedno zo štadií veľmi mladého vesmíru.

Ovšdy bolo zverejnených a kriticky skúmaných veľa ambicioznych teórií. Niektoré neobstáli v konfrontácii s údajmi, ktoré získali pozorovatelia. Väčšinu týchto teórií však experimenty nepodkopali. Hodno si uvedomíte, že v tomto období takmer každý experiment podporil predpovede štandardného modelu. Tie, ktoré ho spochybnilí, vyprodukovali však také prekvapujúce výsledky, že teoretici ich podnes nedokážu vysvetliť.

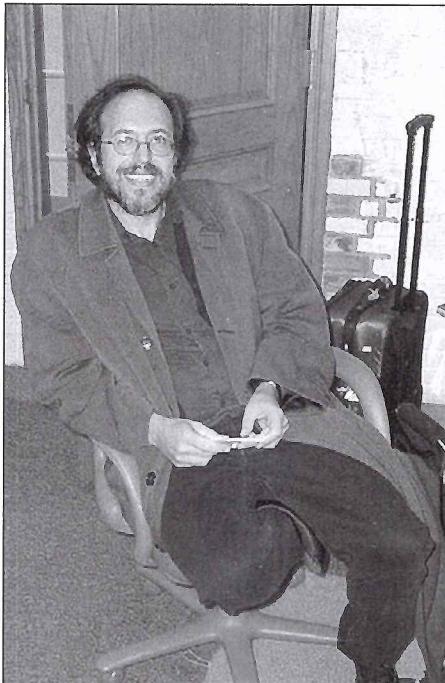
Prehľbjujúca sa priečasť medzi teóriou a experimentom nespôsobil nedostatok veľkých otvorených problémov. Väčšinu našej práce od 70. rokov motivovali dve veľké otázky:

- 1. Môžeme skombinovať kvantovú teóriu a všeobecnú teóriu relativity, aby sme vytvorili kvantovú teóriu gravitácie?**
- 2. Môžeme zjednotiť všetky častice a sily a tak ich pochopíť v pojoch jednoduchého a úplne všeobecného zákona?**

Zároveň sa prehľbili iné záhady. Napríklad mystérium tmavej energie a tmavej hmoty.

## Prerušený tanec teórie a experimentu

Fyzika sa rozvíja nepretržitou súhrou teórie a experimentu. Teoretici formulujú hypoteticke



Lee Smolin.

Foto: Harvard University

vôbec nijaké predpovede, lebo predpovede sú neisté. Ak sa experimentátori predpovedanú novú časticu alebo jav nepozorujú, teoretici môžu svoju teóriu udržať takou zmenou hodnoty parametrov, aby sa podstata teórie dala iba ďaleko experimentálne overiť.

Štandardný model fyziky častic má približne 20 voľne nastaviteľných parametrov, ktorých hodnoty vyplynuli z experimentov. Teoretici dúfali, že hlbšia teória poskytne vysvetlenie hodnôt, ktoré, ako vieme, parametre majú. Objavilo sa naivné presvedčenie, podľa ktorého čím viac odlišných sôr a častic teória zdjetní, tým menej bude mať voľne nastaviteľných parametrov. Ukázalo sa však, že veci sa majú inak.

## Theoretická lavína

Sú teórie, ktoré majú menej parametrov ako štandardný model, napríklad technikolor a preónové modely, ale nedarí sa zladiť ich s experimentmi. Najpopulárnejšie teórie, ako supersymetria, majú oveľa viac voľných parametrov – to najjednoduchšie supersymetrické rozšírenie štandardného modelu má 105 dodatočných voľných parametrov. Pri tejto teórii je nepravdepodobné, že ju v nadchádzajúcich experimentoch definitívne overia. A keby aj nebola správna, aj potom by sa mnohé možné výsledky experimentov dali zladiť s určitým výberom jej parametrov. Teória strún sa vyskytuje vo výčisľiteľne nekonečnom počte verzí, zväčša s množstvom voľných parametrov. Strunoví teoretici už nehovoria o jednej teórii, ale o nesmierne rozlahlej „krajine“ možných teórií. Niektorí kozmológovia navyše argumentujú v prospech nekonečného počtu vesmírov, pričom každý ovláda odlišnú teóriu. Nepatrny zlomok týchto teórií môže byť nahradzovali zladiateľný so súčasnými pozorovami, no stále ich zostáva obrovský počet, odhadom vyše  $10^{400}$  teórií. (Dosiaľ však nebola sformulovaná ani jedna verzia, ktorá by ladila so všetkými experimentmi.) Nech už budúce experimenty odhalia čokoľvek, ich výsledky budú zladiateľné s obrovským počtom teórií. Nie je preto pravdepodobné, že by akýkoľvek experiment dokázal teóriu strún budť potvrdiť, alebo ju vyvratiť.

## Hlasy za novú definíciu vedy

Uvedomením si tejto skutočnosti súčasná kríza vyvrcholila. Steven Weinberg a Leonard Susskind sa pokúsili odôvodniť potrebu novej definície vedy. Takú, čo by umožnila dôverovať teórii bez odobrenia experimentom, ktorý by ju mohol zlikvidovať. Niektorí teoretici nám do konca hovoria, že stojíme pred volbou: **buď sa musíme vzdáť teórie strún, ku ktorej sa prikláňa čoraz viac teoretikov, alebo zásady, že vedecké teórie musia byť overiteľné.** Steven Weinberg nedávno napísal:

„Väčšinu pokrokov v histórii vedy vyznačili objavy, týkajúce sa prírody, no v určitých bodačoch obratu sme urobili objavy o samotnej vede... Teraz sa môžeme nachádzať v novom bode obratu, uprostred radikálnej zmeny toho,



Smolin (vpravo) ppčas prednášky pre širokú verejnosť v nedelu večer 22. mája 2005, súčasti európskeho workshopu o kvantovej fyzike prírody vo Viedni.

Foto: Universität Wien

čo prijíname ako legitímny základ fyzikálnej teórie... Čím väčší je počet možných hodnôt fyzikálnych parametrov poskytovaných strunou krajinou, tým viac teória strún legitimizuje antropickej úvahy ako nový základ fyzikálnych teórií: Každý vedec, ktorý skúma prírodu, musí žiť v časti krajiny, kde fyzikálne parametre nadobudli vhodné hodnoty, aby sa tam objavil život a vyuvinul sa až po vedcov.“

#### Uvážená odpoveď

Jediné predpovede, ktoré môžeme urobiť uprostred nekonečného počtu teórií a nekonečného počtu vesmírov, vyplývajú z očividnej skutočnosti, že musíme žiť vo vesmíre, ktorý je vhodný pre život. Ak toto platí, naše teórie nedokážeme podrobíť experimentom, ktoré by ich budú mohli vyvrátiť, alebo by sa mohli rátať ako ich potvrdenie. No ak je svet taký, hovoria niektorí zástancovia tohto názoru, potom je vylúčené, aby sa veda dala robiť po starom. Radikálny názor uznanávaných vedcov si žiada uváženú odpoveď. Nazdávam sa, že by sme nemali meniť základné metodologické princípy vedy iba preto, aby sme zachránili konkrétnu teóriu. Aj keby išlo o teóriu, ktorej skúmaniu sa venovalo niekoľko generácií veľmi talentovaných teoretikov. Veda funguje preto, že sa zakladá na metódach, dovoľujúcich školeným ľuďom, čo spolu spočiatku v dobrej viere nesúhlasia, dospieť ku konsenzu, ktorý možno racionálne odvodiť z verejne dostupných dôkazov. K naj-

fundamentálnejším princípom vedy patrí, že za pravdivé teórie považujeme iba tie, ktoré sa vystavujú riziku vyvrátenia vykonateľnými experimentami.

#### Súperiace štýly výskumu

Podľa mňa problém nie je v teórii strún ako takej. Siahá hlbšie, k celej metodológii a štýlu výskumu. Veľkí fyzici zo začiatku 20. storočia – Einstein, Bohr, Mach, Boltzmann, Poincaré, Schrödinger, Heisenberg – považovali teoretickú fyziku za filozofické úsilie. Motivovali ich filozofické problémy a o svojich vedeckých problémoch často diskutovali vo svetle filozofickej tradície, kde boli doma. Výpočty vnímali v rámci prehľbovaní svojho pojmového chápania prírody ako druhotné. Po úspechoch kvantovej mechaniky v 20. rokoch tento filozofický spôsob robenia teoretickej fyziky postupne uvoľnil cestu pragmatickejšiemu „tvrdohlavému“ štýlu výskumu. Nie preto, že by už boli rozriešené všetky filozofické problémy, naopak: kvantová teória priniesla nové filozofické otázky a dialóg tých, ktorí na ne hľadajú odpovede, dodnes trvá. Očividný fakt, že filozofická argumentácia nemôže rozriešiť problémy kvantovej teórie, do istej miery filozofických mysliteľov zdiskreditoval. Kvantová teória a teórie relativity by asi (vo svojom čase) bez filozofického podhubia nevznikli, ale potom už museli nastúpiť pragmaticí fyzici, ktorí prijali kvantovú mechaniku ako danú a pristúpili

k jej využívaniu. Tí, čo o kvantovej teórii nemali nijaké pochybnosti, alebo svoje pochybnosti dokázali utlmiť, dosiahli v nasledujúcich desaťročiach mnoho pokrokov vo fyzike, chémii i v astronómii.

Tento posun k pragmatickejšiemu prístupu k fyzike sa zavŕšil, ked sa ľažisko fyziky v 40. rokoch prestáhvalo do Spojených štátov. Feynman, Dyson, Gell-Mann a Oppenheimer si uvedomovali nevyriešené základné problémy, no vyučovali taký štýl výskumu, v ktorom úvahy o týchto problémoch nemali miesto.

#### Vlastná skúsenosť

V 70. rokoch, keď som študoval fyziku, sa tento prechod ukončil. Keď sme my, študenti, kládli otázky o základných problémoch, povedali nám, že im nikto nerozumie, ale že nie je produktívne o tom premýšľať. Omliala sa mantra: „Budte ticho a počítajte.“ Ako doktorandovi mi moji učitelia hovorili, že sa nedá urobiť kariéra prácou o problémoch v základoch fyziky, pretože v tejto oblasti niesuaujímavých nových experimentov. Na druhej strane fyzika častíca mala konjunktúru. Správy o úspešných experimentoch sa publikovali ako na bežiacom pásse. Do istej miery sa tolerovala iba jediná zo základných otázok: **kvantová gravitácia**.

Odmietanie dôkladného premýšľania o základoch vyústilo do podceňovania matematických nástrojov. Teórie sme vypeľhávali a ob-

hajovali pomocou pohotových počítačov či intuitívnych argumentov. V skutočnosti jestvovali dobré dôvody nebyť presvedčený, že štandardný model fyziky častic je matematicky nerozporný na rigoróznej úrovni. Na Harvarde ma však učili neznepokojovať sa nad tým, lebo kontakt s experimentom bol dôležitejší. Skutočnosť, že sa predpovede potvrdili, znamenala, že čosi bolo správne, aj keď mohli jestvovať diery v matematických a pojmových základoch, ktoré neskôr bude musieť ktosi zaplatiť.

### Veldôležitý experiment

Zdá sa, že tento štýl výskumu, ktorým sa pojmové záhadu a otázky matematického rigoru ignorovali, môže uspiet iba vtedy, ak je tesne viazaný na experiment. Keď však v 80. rokoch kontakt s experimentom zmizol, ocitli sme sa v bezprecedentnej situácii. Strunové teórie sú z matematického hľadiska pochopené rovnako zle ako staršie teórie. Väčšina našich úvah o nich sa zakladá na predstavách, ktoré dlhé roky zostávajú nedokázané, a to na akejkoľvek úrovni rigoru. Ba chýba aj presná definícia tejto teórie, či už v pojoch fyzikálnych príncipov, alebo matematiky. O nádeji, že v predvídatejnej budúcnosti teóriu priviedieme do kontaktu s experimentom ani nehovoríac...

Preto sa musíme spýtať: „Aké je pravdepodobné, že tento štýl výskumu bude úspešný, keď vieme, že ciele sú vysoké: objaviť nové prírodné zákony!!!“ Zistí, že s väčšinou ryttierov fyziky, ktorí bývali vaším vzorom, sa dostávate do sporu, nie je ľahké. No po rozsiahлом premýšľaní som dospeł k záveru, že pragmatický štýl výskumu je jalový.

S touto pragmatickou, antizákladovou metodológiou sme do roku 1980 zrejme zašli tak ďaleko, ako sa len dalo. Ak sa nám nedarilo vyriešiť klúčové problémy kvantovej gravitácie a zjednotenia častic a sín pomocou experimentov, azda tieto problémy nemožno vyriešiť štýlom výskumu, na ktorý sme si my, teoretickí fyzici, zvykli. Problemy zjednotenia a kvantovej gravitácie sú azda prepletene s problémami základov kvantovej teórie, ako si to myslia Roger Penrose a Gerard 't Hooft. Ak majú pravdu, tisíce teoretikov, ktorí ignorujú problémy základov fyziky, doposiaľ iba marnili čas...

**Umelcova predstava červej diery, spájajúcej rôzne časti vesmíru, zo seriálu Star Trek (1996, Paramount Pictures).**



### Prístupy od základov

K zjednoteniu častic a sín ku kvantovej gravitácii jestvujú aj prístupy, ktoré berú na základy väčší ohľad. Pre niekolké je príznačná vlastnosť, ktorú voláme **nezávislosť od pozadia**. To znamená, že geometria priestoru je podmienená a dynamická: neposkytuje nijaké ukotvené pozadie, voči ktorému možno definovať prírodné zákony.

Všeobecná teória relativity je nezávislá od pozadia, no štandardné formulácie kvantovej teórie – najmä tak, ako sú aplikované na fyziku elementárnych častic – nemožno definovať bez specifikácie ukotveného pozadia. Z tohto dôvodu má fyzika elementárnych častic problém so zahrnutím všeobecnej teórie relativity.

Teória strún vyrástla z fyziky elementárnych častic a aspoň dosiaľ bola úspešne definovaná iba na ukotvených pozadiach. Nekonečný počet známych teórií strún tak v každom jednotlivom prípade súvisí s jednotlivým časopriestorovým pozadím. Teoretici, ktorí majú pocit, že teórie by mali byť nezávislé od pozadia, prejavujú sklon byť filozofickejší, viac sa riadiť Einsteinovou tradíciou. Hľadaním od pozadia nezávislých prístupov ku kvantovej gravitácii sa zaobrali takí filozoficky podkúf vedci ako John Baez, Chris Isham, Fotini Markopoulou, Carlo Rovelli a Raphael Sorkin, ktorých dokonca pozývajú prednášať na filozofické konferencie. Neprekupuje to, lebo debata tých, čo priestor považujú za ukotvenú štruktúru, a tých, čo ho považujú za sieť dynamických vzťahov, siaha hlboko do minulosti. Až k sporom Newtona s jeho súčasníkom, filozofom Leibnizom.

Z tých, čo ďalej odmietajú Einsteinov odkaz a pracujú s teóriami závislými od pozadia, predstavujú značnú časť časticových fyzic, pokračujúcich v pragmatickom „bud' ticho a počítaj“. Ak väčšajú s prijatím poučenia všeobecnej teórie relativity, že priestor a čas sú dynamické, môže to byť preto, že ide o posun, ktorý si vyžaduje určitý rozsah kritickej reflexie filozofickejším spôsobom.

### Riešenie krízy

Mám také tušenie, že kríza je výsledkom ignorovania otázok, týkajúcich sa základov. Ak je to pravda, problémy kvantovej gravitácie

a zjednotenia možno vyriešiť iba návratom k staršiemu štýlu výskumu. Aké pravdepodobne je očakávanie, že sa to stane? Počas posledných dvadsať rokoch štýl výskumu, zohľadňujúci problémy základov, trochu ožil. Stalo sa to najmä mimo Spojených štátov. V niekolkých strediskách Európy, Kanady, ale aj inde začína tento štýl prosperovať. Bez vzbury „tradicionalistov“ by nevznikla myšlienka kvantového počítača. I keď čosi podobné naznačil už Feynman, kľúčový krok, ktorý sa v tejto oblasti stal akýmsi katalyzátorom, uskutočnil David Deutsch z Oxfordu, nezávislý mysliteľ, ktorý bazíruje na základoch.

Experimentálna práca na základoch kvantovej teórie v posledných rokoch postupovala rýchlosťou ako experimentálna fyzika častic. Poprední experimentátori v tejto oblasti, napríklad Anto Zeilinger vo Viedni, hovoria a píšu o svojich experimentálnych programoch v kontexte filozofických problémov, ktoré ich motivujú. V kvantovo-gravitačnom spoločenstve aktuálnevládne veľa optimizmu a vzrušenia vo veci prístupov, ktoré prijímajú za svoje princíp nezávislosti od pozadia. Čoraz viac si uvedomujeme, že niektoré súčasné experimenty naozaj overujú isté zretele kvantovej gravitácie; niektoré teórie z tohto „koša“ už boli vylúčené a iné budú už onedlho overené očakávanými výsledkami.

Pozoruhodnou vlastnosťou prístupov ku kvantovej gravitácii nezávislých od pozadia sú náznaky, že fyzika častic, ba samotný časopriestor, sa vynárajú ako kolektívne javy. Z toho vyplýva obrátenie hierarchického spôsobu nazerania na vedy, v ktorom je fyzika častic najfundamentálnejšia, „najzákladnejšia“ a mechanizmy, pomocou ktorých sa vynára komplexné a kolektívne správanie, sú menej základné.

### Od menšíny k väčsine?

A tak, hoci sa novými prístupmi, zohľadňujúcimi základy, zaobrába iba menšina teoretikov, prísľub je celkom značný. Pred nami sú dva superiace štýly výskumu. Jeden, ktorý pred 30 rokmi znamenal spôsob, ako uspiet, sa dnes nachádza v kríze, lebo nerobí nijaké experimentálne predpovede. Druhý štýl sa zdravo vyvíja a produkuje experimentálne overiteľné hypotézy. Ak sú nám história a zdravý rozum hocako spoľahlivími sprievodcami, mali by sme očakávať, že veda bude postupovať rýchlosťou vtedy, ak investujeme viac do výskumu, ktorý si udržiava kontakt s experimentom. Štýl výskumu, ktorý sa usiluje pozmeniť metodológiu vedy, aby si takto ospravednil svoju neschopnosť robiť overiteľné predpovede o prírode, je na ústupe.

LEE SMOLIN

*Autor je teoretický fyzik, ktorý sa významne podieľal na pátraní po kvantovej teórii gravitácie. Pôsobí ako zakladajúci bádatel v Perimeter Institute for Theoretical Physics vo Waterloo v Ontariu (Kanada). Pre verejnosť napísal knihu Life of the Cosmos (Život vesmíru, 1997), Three Roads to Quantum Gravity (Tri cesty ku kvantovej gravitácii, 2001, po slovensky 2003) a The Trouble with Physics (Žažkost s fyzikou, vyjde tohto roka).*

**Preklad a časť medzititulkov Zdeněk Urban**

# Astrofoto 2005

Po roku sme tu znova s hodnotením Astrofota. Už v minulosti sme úvod začínať slovným spojením „kde nič nie je, ani čert neberie“. Vlaňajší chudobný rok na astronomické úkazy dorazil ráz počasia, keď to malo, čo sa na oblohe dialo, zakrývala hrubá vrstva oblačnosti. Počet prihlásených prác a aj počet zúčastnených tomu zodpovedal. Celkovo sme mali niečo cez desať súťažiacich, s miernou prevahou digitálnych snímkov.

Pri takom malom množstve prác mala porota pomerne jednoduchú úlohu. Ako je zrejmé z výsledkovej listiny, pri digitálnych a digitalizovaných snímkach priradila o jednu cenu viac ako pri klasických.

Tematicky snímky zodpovedali priebehu roka. Mierne prevažovali snímky atmosférických úkazov. Astronomické zábery boli zamerané na „deep sky“ objekty, kde jasne dominovali „Messierove čriepky“. Snímkou roka porota neurčila.

Na záver by sme radi podakovali účastníkom súťaže, ktorí sa aj napriek nepriazni počasia dokázali inšpirovať krásou oblohy a poslali nám svoje práce. Rok 2006 by mal byť na úkazy bohatší a aj počasie po dlhej zime začína byť k astronómom ústretové. Preto sa dopredu tešíme na bohatší rok astrofotografie ako ten predošly.

SÚH Hurbanovo

## ASTROFOTO 2005

### Astronomické snímky

- 1. cena** Ing. Peter Delinčák  
*Kométa Machholz – 2 ks*  
**2. cena** František Michálek  
*pohľad 14-palcovým okom – 4 ks*  
**3. cena** neudelená

### Variácie na tému Obloha

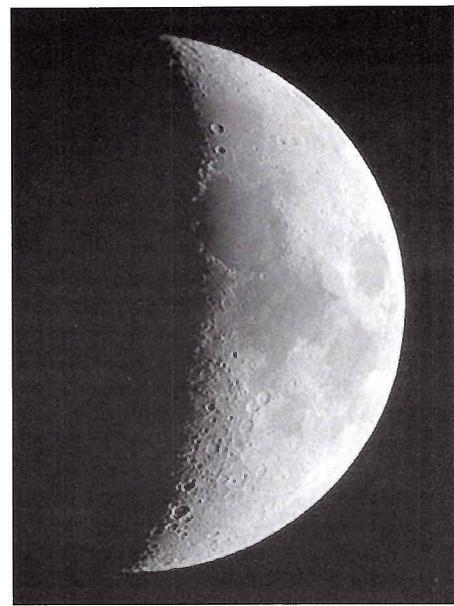
- 1. cena** neudelená  
**2. cena** Ing. Zdeno Velič  
*Nad južným obzorom – 3 ks*  
**3. cena** neudelená

### Digitálne zábery

- 1. cena** Ing. Peter Delinčák  
*Messierove čriepky – súbor*  
**2. cena** Marián Urbaník  
*celý súbor*  
**3. cena** Milan Kment  
*Slnko*

### Počítačom spracované snímky

- 1. cena** Marián Urbaník  
*Mliečna dráha*  
**2. cena** neudelená  
**3. cena** neudelená



Milan Kment: Měsíc před první čtvrtí. 9. 10. 2005, 18:32 LSEČ. Expoziční doba: 1/10 sec. Přístroj: Apo 80/560 mm, Nikon D-70, okulár, projekce Ortho f = 10,5 mm. Nastavená citlivost ISO: 200.

## Podmienky súťaže Astrofoto 2006

Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove vyhlasuje 29. ročník súťaže Astrofoto. Súťaž je určená všetkým amatérrom a profesionálom v oblasti astronómie. Všetky kategórie sú bez vekového ohraničenia. Fotografie a diapositívy budú hodnotené spoločne. Súťažné práce budú rozdelené do nasledovných tematických kategórií:

**1. Astronomické snímky.** Do tejto kategórie patria astronomické a fotometrické snímky komét, planétok, spektier astronomických objektov, bolidov, slnečnej fotosféry a chromosféry, detaily slnečných škvŕn, seriály snímkov premenných hviezd, hviezdkopy, galaxie, hmloviny, Mesiac, planétky, zatmenia a konjunkcie, snímky súhviedí a pod.

**2. Variácie na tému Obloha.** Táto kategória poskytuje autorom široké pole pôsobnosti. Patria sem snímky z mestského alebo prírodného prostredia, na ktorých je pôsobivo zachytený astronomický alebo atmosférický úkaz či objekt (konjunkcie nebeských telies, ich východy a západ, blesky, dúhy, halové javy a pod.), ako aj snímky dokumentujúce vzťah autora k astronómii (zábery z astronomických podujatí, astronomickej techniky a pod.).

**3. Digitálne zábery.** Astronomické snímky získané digitálnou technikou, t.j. digitálnym fotoaparátom alebo kamerou, resp. CCD a doručené do súťaže na digitálnom nosiči. Každý autor tým, že do tejto kategórie svoje práce zašle, súhlasi s podmienkou, že je výhradným autorom záberov.

**4. Počítačom spracované snímky.** Snímky tematicky zahŕňajúce všetky kategórie, spracované počítačovou technikou a doručené do súťaže na digitálnom nosiči. Každý autor tým, že do tejto kategórie svoje práce zašle, súhlasi s podmienkou, že je výhradným autorom záberov.

### Upozornenie:

- do súťaže sa prijímajú snímky, ktoré sa zatiaľ nezúčastnili na žiadnej fotografickej súťaži, získané resp. urobené v čase od 1. januára 2006 do 31. decembra 2006
- každá snímka musí byť označená nasledovnými údajmi: názov snímky, meno a rodné číslo autora, dátum a čas expozície, parametre použitého prístroja a materiál.
- pri fotografiách napíšte všetky potrebné údaje ceruzkou, resp. fixkou na zadnú stranu fotografie.
- každý zarámovaný diapositív označte v ľavom dolnom rohu (pri prehliadaní voľným okom) čierou bodkou a vložte do osobitného vrecúška alebo obálky, na ktorú napíšete všetky potrebné údaje.
- digitálne zábery musia byť vo formáte JPG, TIF, BMP a musia mať pripojený súbor s požadovanými údajmi
- každá súťažná práca musí byť označená tematickou kategóriou, v ktorej sa autor s prácou zúčastňuje.

**Rozmery:** Čiernobiele fotografie musia mať minimálny rozmer 24×30 cm, pri farebných fotografiách postačí najmenší rozmer 13×18 cm. Prijíname diapositívy všetkých rozmerov.

**Počet prác:** Každý autor môže do súťaže poslať neobmedzený počet súťažných prác. Za súťažnú prácu sa považuje jednotlivá snímka alebo seriál. V seriáli môže byť maximálne 10 snímkov. Každá snímka seriálu musí byť zreteľne označená, že je jeho súčasťou.

**Ceny:** Vítazné práce budú ocenené finančnými alebo vecnými cenami, a to za 1. miesto v hodnote 2400 Sk, za 2. miesto v hodnote 1700 Sk a za 3. miesto v hodnote 1000 Sk. Snímka roka v prípade, že bude táto cena udelená, bude navyše ohodnotená prémia vo výške 4500 Sk. Porota si vyhradzuje právo udeliť špeciálnu cenu pre autora do 18 rokov.

**Výsledky:** Vyhodnotenie súťaže bude uverejnené v časopise Kozmos 3/2007. Ocenené fotografie sa stávajú majetkom vyhlasovateľa. Diapositívy (aj ocenené) autorom vrátíme po vyžiadanie. Vyhlasovateľ si vyhradzuje právo zhovátiť si kópie ocenených prác pre archív súťaže.

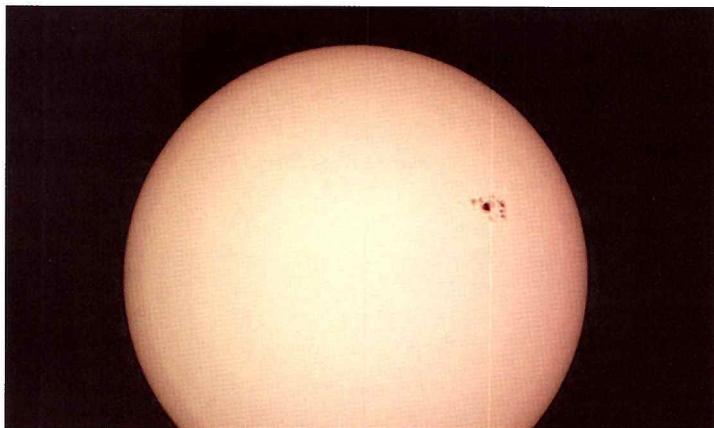
Pre zaradenie do súťaže je rozhodujúci dátum podania zásielky, najneskôr 31. 1. 2007.

Práce označené heslom ASTROFOTO posielajte na adresu:

Slovenská ústredná hvezdáreň,  
947 01 Hurbanovo,  
Slovenská republika



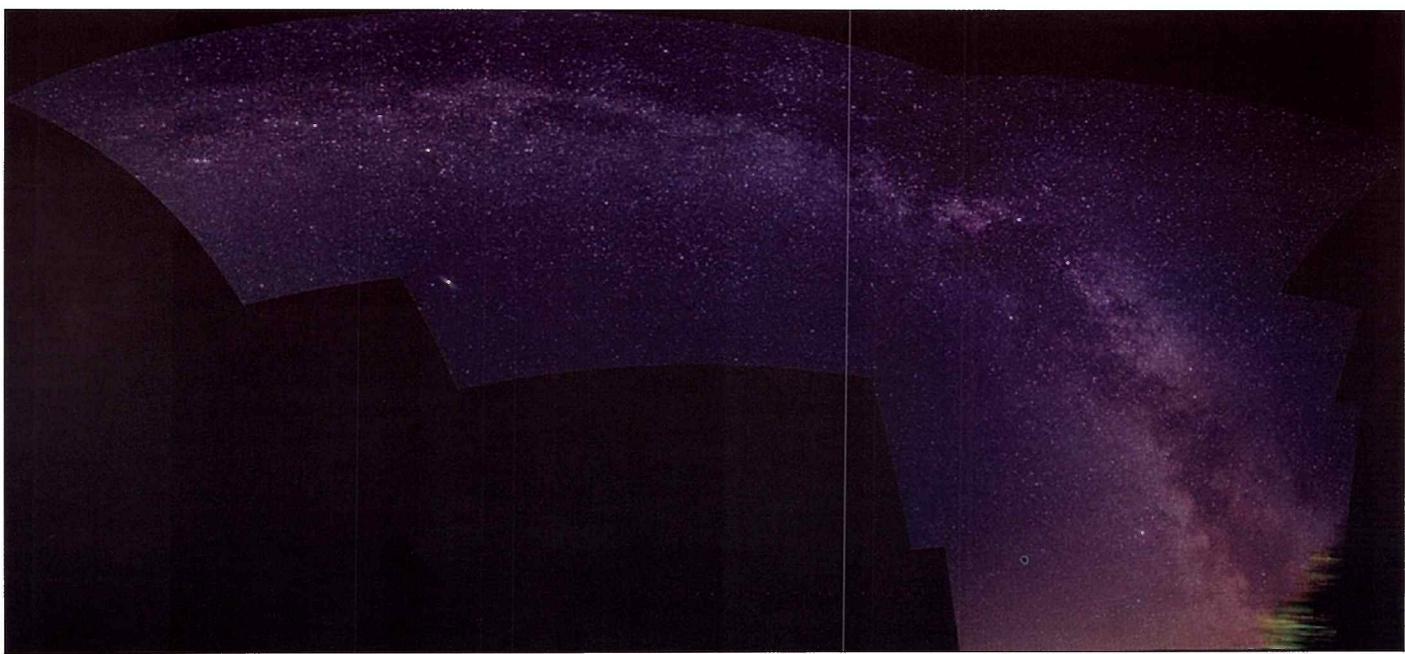
Marián Urbaník:  
Severná Amerika  
2. 9. 2005,  
23<sup>h</sup>16<sup>m</sup>35<sup>s</sup>.  
Fuji S2 Pro,  
Nikkor 5.6/28,  
1600 ASA.  
Fotografia  
je zo súboru,  
za ktorý autor  
získal druhú  
cenu v kategórii  
Digitálne zábery.



Milan Kment: Mimořádná skupina skvrn před slunečním minimem. 11. 9. 2005, 14:13 LSEČ. Expoziční doba: 1/5000 sec, Baader Solar Folie. Přístroj: Apo 80/560 mm, Nikon D-70, okulár .projekce Ortho f = 10,5 mm. ISO: 200. Jedna zo série snímok ocenených tretím miestom v kategórii Digitálne zábery.



František Michálek: Hmlovina M8 „Lagúna“. Fotografované 4. 7. 2005 o 0<sup>h</sup>08<sup>m</sup> – 0<sup>h</sup>31<sup>m</sup>. Snímka z cyklu Pohľad 14-palcovým okom, za ktorý získala autor 2. cenu v kategórii Astronomické snímky.



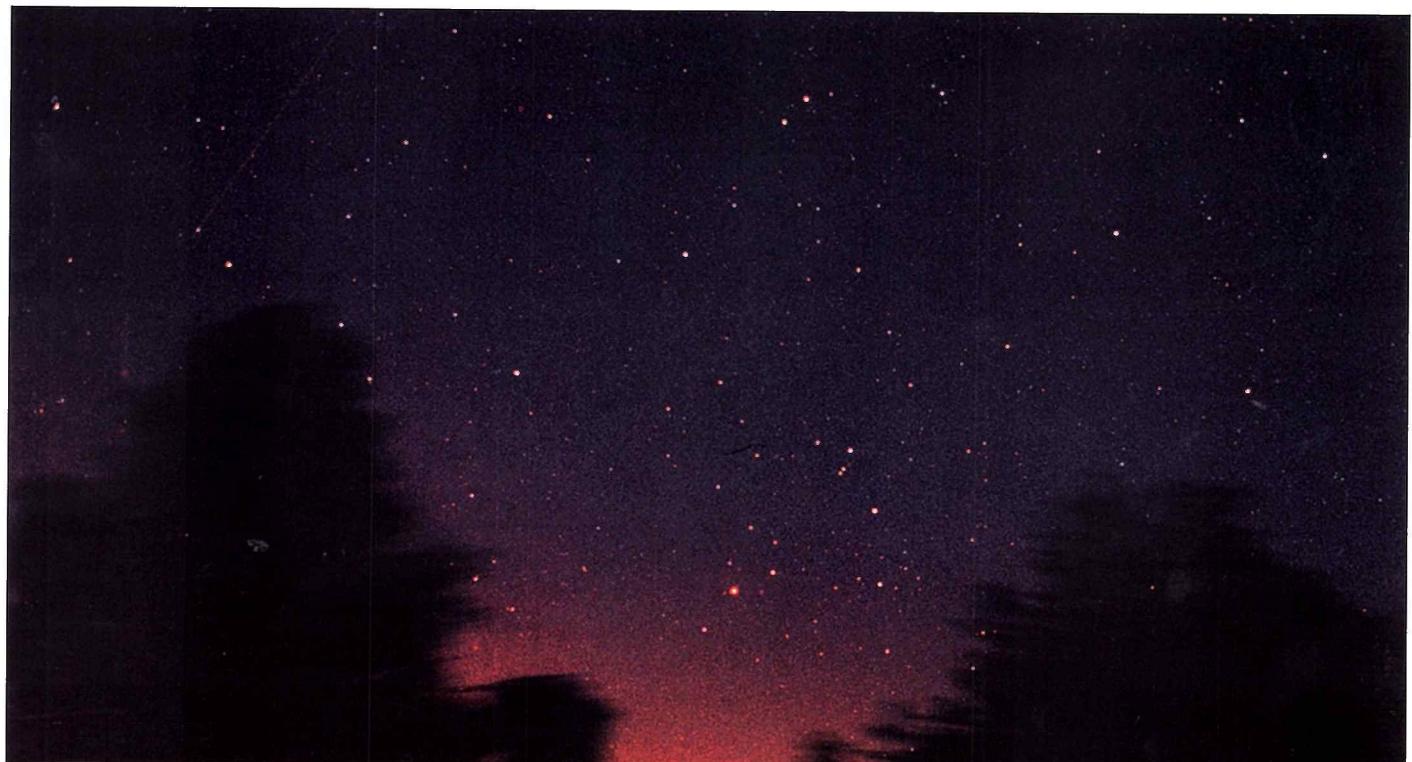
Marián Urbaník. Mliečna dráha. 13. – 14. 8. 2005, 22<sup>h</sup>40<sup>m</sup> – 0<sup>h</sup>41<sup>m</sup>. Kompilácia siedmich súborov exponovaných po 900 s. Fuji S2 Pro, Nikkor 4/28. Fotografia získala prvú cenu v kategórii Počítačom spracované snímky.



Ing. Peter Delinčák: Kométa Machholz v blízkosti Plejád (z cyklu Kométa Machholz). Fotografované v obci Zákopčie 8. 1. 2005 o 20:25 SEČ. Expozícia: 16 min; Fujifilm 800ASA; Praktica LLC. Prístroj: Orestegor 300/4; clona 4 – ručne pointované. Za cyklus získal autor 1. cenu v kategórii Astronomické snímky.

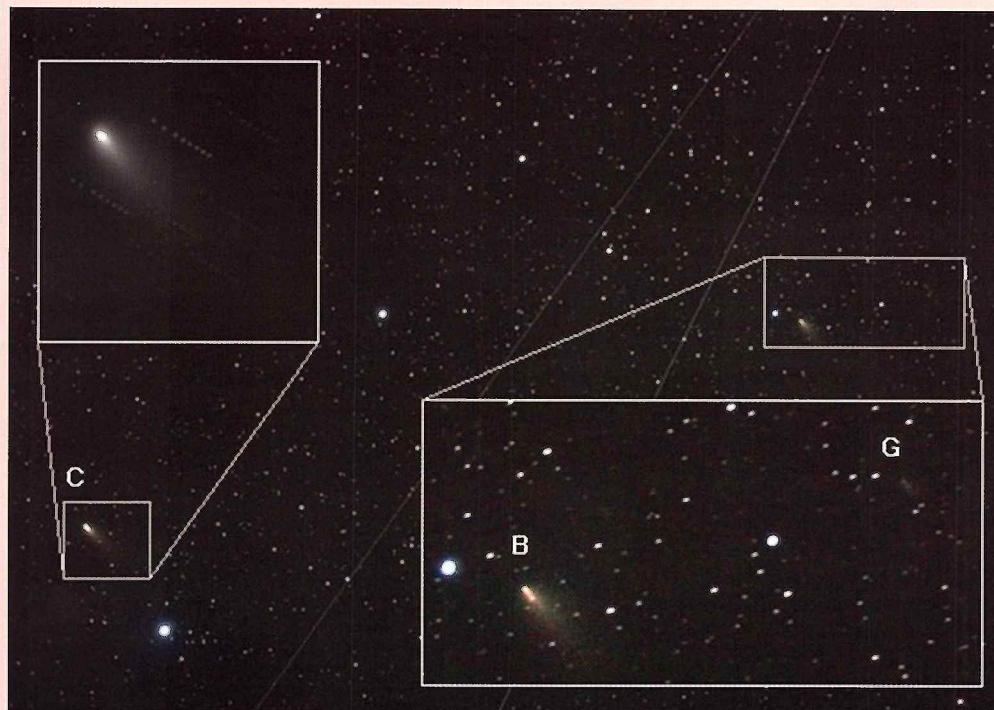


Ing. Peter Delinčák: Messierove čriepky – M42 (z cyklu Messierove čriepky). Fotografované v obci Zákopčie 1. 11. 2005 o 1:45 SEČ. Expozícia: 14 s – ISO 200, 60 s – ISO 200; 2×60s – ISO 1600; 300s – ISO 800; 2×600s – ISO 800. Prístroj: Newton 170/1150 + Canon 350D. Popis: Pointácia bola zabezpečená cez Orestegor 300/4 + telekonvertor Revue 2× + webkamera Logitech Pro 4000 pomocou vlastného autointačného software na doma vyrobenej montáži. RAW zábery boli prevedené do TIFF formátu a digitálne spojené, aby sa potlačili preexponované stredné partie. Nakoniec bol upravený jas a kontrast. V kategórii Digitálne zábery získal autor 1. cenu za celý cyklus.



Ing. Zdeno Velič: Snímka z cyklu Nad južným obzorom. Exponované 27. 5. 2005, 21<sup>h</sup>33<sup>m</sup> UT, exp. 10 min, prístroj Praktica MTL3 + MIR-10A 3,5/28, cl. 4. Materiál: Konica Centuria Super 1600. Za cyklus získal autor 2. cenu v kategórii Variácie na tému Obloha.

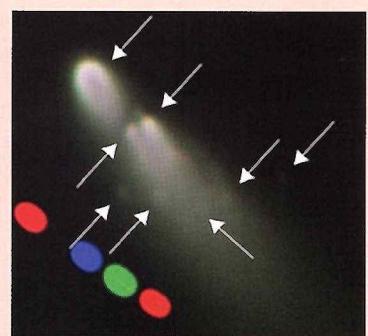
## Rozpad kométy Schwassmann-Wachmann-73P



Dalekohľad VLT/ESO v Chile fotografoval 23. apríla kométu Schwassmann-Wachmann 3, ktorá sa 5 dní predtým rozpadla. Hvezdárov prekvapilo, že fragment B, sa vzápäť rozpadol znova! Na obrázku upravo teda vidíte 5 minikomét.

Táto kométa obehne Slnko raz za 5,4 roka. Pohybuje sa po veľmi predĺženej dráhe, ktorá má afélium až pri Jupiteri. Už v roku 1995 sa počas návratu k Slnku začala rozpadáť. Fragment B sa v tomto roku oddelil už začiatkom apríla. Po jeho rozpadu sa zistilo, že fragment C, najjasnejší z úlomkov sa opäť začal rozpadáť. Zároveň sa začal rozpadáť aj

V noci 22. 4. 2006 Peter Delinčák nafotil tri časti kométy Schwassmann-Wachmann-73P a to C, B a G. Jadro B sa ďalej rozpadáva a možno nám táto kométa predvedie ešte pekné divadlo. Technické info k fotografií (snímka vľavo): Optika: Canon 70-200 F4 L USM – ohn. 160 mm, detail jadra C cez Newton 170/1150 pomocou Canon 350D; expozícia od 2:33 SELČ v dĺžke 8min, ISO 1600. Detail jadra C od 0:15 SELČ – 8×5min, ISO 1600. Miesto: Čadca, obec Zákopie. Pointácia: vlastný autopointer cez webkameru Logitech Pro 4000 cez Pentacon 500/5,6 + telekonvertor Revue 2×



fragment B, takže pozorovatelia teraz registrujú okolo 40 úlomkov. Bude rozpad ďalej pokračovať? 7. júna sa kométa najviac priblíží k Slnku. Počas návratu, medzi 11. a 14. júnom, keď sa najviac priblíží k Zemi, pozorovatelia nepôjdu spať. Pôjde o najväčšie priblíženie kométy k Zemi v priebehu posledných dvadsať rokov. Kométa Hyakutake sa vtedy priblížila k zemi na 15 miliónov kilometrov. Fragment C kométy P73/Schwassmann-Wachmann sa priblížia k Zemi na 12, fragment B na 10 miliónov kilometrov. Zrážka fragmentov so Zemou nehrozí.

ESO Press Release

## Zatmenie v Kábule

Iste každého poteší, ak sa „odchovanec“ hlási k domovskej hvezdárni aj po rokoch a astronómia neprestance spájať ľudí ani napriek veľkým vzdialenosťam a rozličným osudom. Lubo Šurina je jedným z tých, ktorí sa ešte ako členovia astronomického krúžku zaslúžili o postavenie novej pozorovateľne na pozemku hvezdárne v Rimavskej Sobote a teraz slúži v misijnej jednotke v Afganistane. Asi mesiac pred zatmením sme začali s mailami o možnosti pozorovania čiastočného zatmenia tam u nich a tu je výsledok. Pár riadkov s emotívnymi a netradičnými snímkami Slnka v zajatí, ktoré inšpirujú.

„V deň zatmenia sme mali veľmi pekné počasie, od rána na nebi ani obláčika, Slnko bolo veľmi silné a ostré. Zatmenie sme, spolu s maďarskými spolubojovníkmi, sledovali a priebežne fotili cez ochranné sklo zváračskej kukly. Hned ako som dostal od Teba materiály, som spravil plagáty, vylepil ich po letisku a pozorovanie vo pred zorganizoval. Ostatní koaliční partneri mali málo času, boli iné povinnosti – táto krajina je veľmi zničená, obyvatelia majú problémy s prežitím v náročných klimatických podmienkach... V slovenskom tábore chlapci pozorovali zatmenie a niektorí spomínali na zatmenie 11. 8. 1999, bolo to také malé spestrenie nášho života. V Kábule sme teda videli pekné zatmenie, neskôr zažili aj niekoľko zemetrasení...“

Majte sa na ďalekom Slovensku pekne, po príchode v lete sa samozrejme zastavím.

Váš starý priateľ a podporovateľ amatérskej astronómie.  
**Kpt. Lubomír Šurina, ISAF,  
Kábul, Afganistan**“



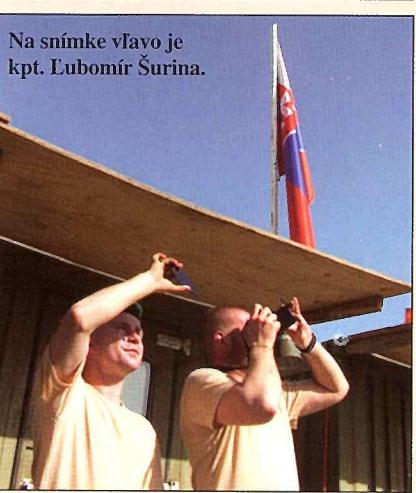
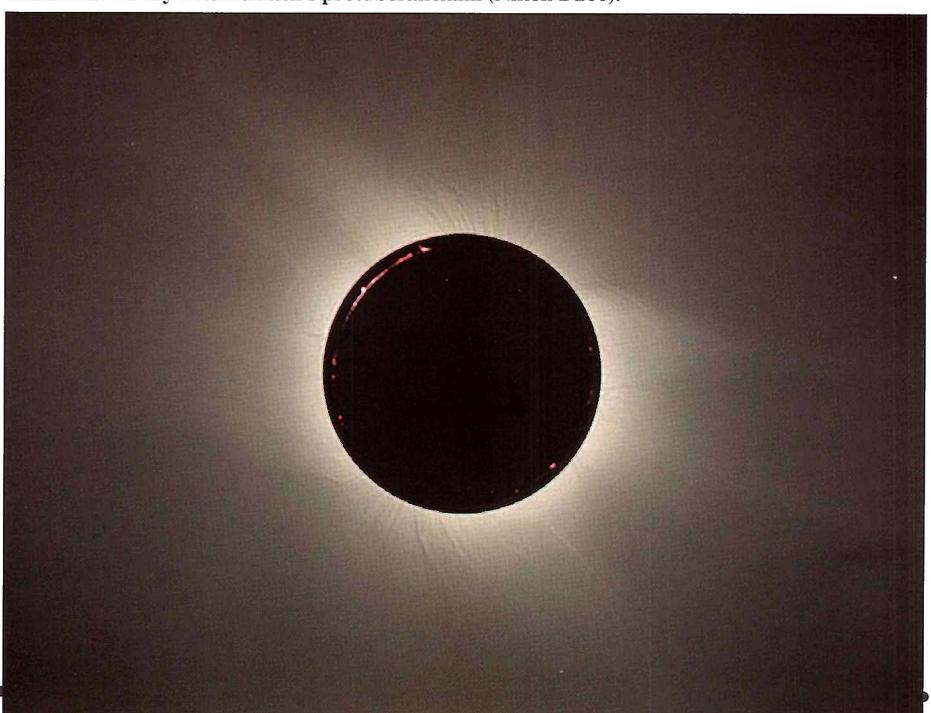
Kompozícia snímkov koróny a fotosféry, ktoré boli získané počas zatmenia. Je to kombinácia spracovaných snímkov z expedície v Afrike a v Turecku (Druckmüllerovci, NASA, Piffl).

## Čierne Slnko z krajiny polmesiaca



Diamantové prstene pri 2. a 3. kontakte (Konica DiMAGE Z3, ekv ohnisko 420 mm.)

Štruktúra koróny v kombinácii s protuberanciami (Nikon D200).



Na snímke vľavo je  
kpt. Lubomír Šurina.

Kto raz videl úplné zatmenie Slnka s úžasnou korónou, iste pochopí všetkých, ktorí tento fascinujúci úkaz chcú vidieť znova a znova.

Rozhodnutie skupinky členov SZAA realizovať cestu za čiernym Slnkom padlo viac ako pred rokom na jednom zo stretnutí v Rimavskej Sobote. Už vtedy sa začali pripravovať niektoré experimenty aj v spolupráci s AsÚ SAV, aby cesta nephnila len populárizačné ciele a výsledky mali skutočný vedecký prínos. Penzión sa rezervoval už v máji v tureckom Side, počítalo sa s ním s 20 miestami aj pre prípadných sponzorov a ďalších astronómov amatérov, ktorí by sa rovnako ako my s množstvom pozorovacej techniky mali prepraviť individuálne kvalitnými autami. Ako sa ukázalo, zvládnuť päťtisíckilometrovú cestu nebolo pre všetkých jednoduché. Spoluexpedícia, organizovaná hvezdárnou v Žiari nad Hronom, mala priam príčut hororu, keď zhruba v polovici cesty jedno z áut definitívne vypovedalo poslušnosť a aj napriek šikovným rukám nášho kolegu posádka ostala prakticky „uvážnená“ v Plovdive s perspektívou, že uvidia len zatmenie čiastočné... Nakoniec však všetci stihli, ako sa dočítate v inom príspievku.

Po takýchto skúsenostach sme boli veľmi radi, keď sa dve autá našej expedície úspešne stretli v Turecku a 26.3. dorazili do antického Side. Za pozorovacie miesto sme si zvolili po dohovore s miestnym rybárom plochú strechu jeho nedostavaného domu len niekoľko metrov od nášho penziónu (ak sa snažite, dohovorte sa s každým, aj s Turkom, napriek tomu, že ovláda len svoju materčinu...). Mali sme teda elektrinu, kvalitný obzor i relativnú izolovanosť od zvedavcov. Príprava techniky a justovanie montáži vo dne i v noci sice zabrali veľa času, no už deň pred zatmením bolo všetko v plnej pohotovosti na svojom mieste. Jednotlivci, expedície i televízne štaby si už vopred obsadzovali vhodné miesta na pozorovanie (jeden z live-prenosov CNN bol práve odtiaľ). Ešte večer pre zatmením bol na pódiu pred Apolónovým chrámom živý koncert v úžasnej atmosfére, všetci v očakávaní, čo im prinesie zajtrajšie nebo.

Pozorovací program, ktorý sme si pripravili bol náročný, no ako sa hovorí, pripravený štastie praje. Počasie teda prialo a tak už od prvého kontaktu mali expedičníci plné ruky práce, s blížiacou sa totalitou vzrušenie narastalo, odpájali sme sa od elektriny a pripájali sa na náhradné zdroje, nakolko v danej oblasti sú bežné časte výpadky prúdu.

Obloha nám pomaly temnela, na oblohe zažiarila Venuša a začiatok zatmenia mal zvukovú kulisu nadšených výkrikov turistov. U nás začali rýchlejšie cvakat fotoaparáty, spúšťali sa pripravené programy, oči boli „zabodnuté“ do monitorov a ostalo len skutočne minimum času pozrieť sa na žiariacu korónu volným okom... Neskôr sme v duchu závideli tým, ktorí si na vlastné oči mohli užiť celých 225 sekúnd zatmenia s diamantovými prstencami, Bailyho perlami i modrastou pretiahnutou korónou...

Po úspešnom pozorovaní a krátkej oslave nasledovalo niekolkonásobné zálohovanie dát, ktorých bolo vyše 40 GB... A keďže sa všetko podarilo takmer na 100 %, neodpustili sme si ani slávnostnú večeru s miestnymi špecialitami pod múrmajestátneho antického divadla.

Rovnako ako nás, priviedlo zatmenie do Turecka tisícky iných ľudí. A tí všetci chceli zároveň vidieť aj antické pamiatky, ved nevstúpiť do kultúry dávneho času by bolo barbarstvom. Plným emócií sa nám naskytol pri prehliadke jedného úžasného amfiteátra v Aspendose zvláštny zážitok počuť spontánny spev jednej nemeckej turistiky Beethovenovej Ody na radost. Táto hymna Európskej únie priamo v srdci antických pamiatok, a ešte v Turecku, bola viac než

## Čo sme vlastne všetko urobili

Program bol koncipovaný skutočne veľkoryso, priam maximalisticky.

CCD kamerami STH boli snímané detaily východného a západného okraja disku, vnútorná koróna, široké okolie a celkový priebeh zatmenia.

CCD kamerou s veľkým čipom bola robená polarizácia koróny v zelenej čiare 503,3 nm a digitálnym fotoaparátom aj polarizácia koróny bielej.

Stovky fotografií sú z digitálnych fotoaparátov (odborné, popularizačné i dokumentárne), niekoľko zánamov na videokamerách.

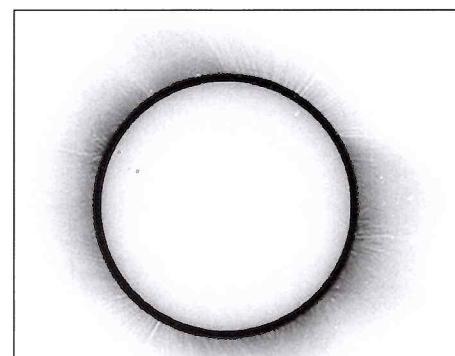
symbolická, ľudia stíchlí, pieseň ich spojila napriek kontinentami, rasami (nevideli sme len Eskimákov...), režimami a vieroveryznami. Tento nezabudnuteľný zážitok nakoniec poslúcháči odmenili búrlivým potleskom.

Napokon antiku sme dýchali už pred zatmením i počas neho. Lebo len niekoľko metrov od nášho stanovišta bola pláž so zvyškami Apolónovho chrámu, mestského opevnenia a prístavu. Priamo vnorený do pamiatok bol aj Marina bar, s jeho majiteľom sme sa sprostredkili a nás plagát zatmenia z roku 1999 sa vďaka nemu, ocitol na pútači priamo na mieste, kde boli počas zatmenia tisícky ľudí. Bola to výborná propagácia Slovenska a zároveň skvelý pocit, keď vám desiatky ľudí mávajú a gratulujú... Pri lúčení sme majiteľovi dali množstvo materiálov, z ktorých si v bare urobí nástenku slovenskej astronómie...

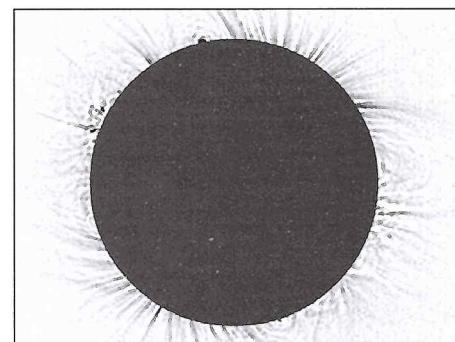
Citili sme sa tam takmer ako doma, asi aj preto, že sme sa počas pobytu stretli s mnohými známymi zo Slovenska i Čech. Desaťročná Odysea sa končila, cestou späť, už značne unavení, sme odmietli aj pozvanie kolegov na prehliadku univerzitného observatória v Belehrade, chceli sme už len jedno, ísť domov. A čo sme si doniesli? My krásne zážitky i cenný pozorovací materiál, naši blízki dostali darčeky a pre hvezdáreň to bolo niekoľko travertínov, mramorov, odrezkov drevín a semien, aby aj rokoch sme mali pamiatku na našu Odyseu na čiernom Slnku. A to všetko aj vďaka tým, ktorí našu expedíciu podporili (mesto Rimavská Sobota, Rottel, Tauiris, Tromf, SOFTHARD Technology, MicroDesign).

**Text a foto: SZAA Solar Eclipse Team**

Foto z tejto expedícii sú aj na 3. strane obálky



Vnútorná koróna s fotosférou (priemer 40-tich 1-ms expozičíí cez objektív 90/480 kamerou Astropix 1.4, povrch Slnka rovnakým prístrojom + Baader AstroSolar fólia, expozičia 8 ms o 12:13:39,656 UT).



Silne zvýraznené štruktúry koróny (SHT – 8 milisekundových expozičíí objektívom 90/480).

Posledné spoločné foto zo zatmenia v „slávostných tričkách“ SZAA Solar Eclipse Team tvorili: J. Fabricius, J. Francisty, (Novi Sad) J. Grňa (Báčsky Petrovec), M. Grnja, I. Majchrovič, R. Piffl, P. Rapavý a P. Urban.





# Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

jún – júl  
2006

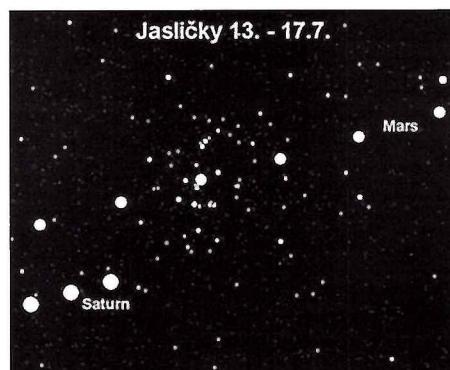
Máme tu obdobie s najkratšími nocami, školskovočinným nadšencom sa začínajú letné prázdniny a tak si môžu svojho konička užiť viac ako inokedy. Meteorári či premenári sa tešia na letné expedície vyplnené pozorovaním i pobytom s ľuďmi „rovnakej krvnej skupiny“. Aj počas kratších nocí je na oblohe niekoľko zaujímavostí – stačí si len lahnúť do trávy a pokochať sa hviezdnou oblohou, priložiť oko k okuláru dalekohľadu či zachytíť niektoré zaujímavé zoskupenia na fotografický materiál. Meteorárom sa začína hlavná sezóna, na oblohe je ešte stále skvelá kométa Schwassmann –Wachmann a vybrali sme pre vás aj niekoľko tipov na zaujímavé konjunkcie či zoskupenia...

**Merkúr** je na začiatku júna viditeľný po západe Slnka, na konci občianskeho súmraku je vo výške  $6^{\circ}$  ako objekt  $-0.8$  mag. Napriek tomu, že 20. 6. bude v najväčšej východnej elongácii ( $25^{\circ}$ ), podmienky jeho pozorovateľnosti sa v podstate nezlepšia ( $7^{\circ}$  a  $0.6$  mag). Po elongácii sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka bude zmenšovať a pred koncom mesiaca sa stráti vo večernom súmraku, nakoľko sa bude blížiť do dolnej konjunkcie 18. 7. Na rannej oblohe ho veľmi nízko nad východným obzorom môžeme nájsť až koncom júla ( $1.4$  mag). Jeho vlastný pohyb na oblohe si môžeme dobre všimnúť porovnaním s hviezdom  $\varepsilon$  Gem ( $3.0$  mag), popod ktorú prejde 9. 6. len  $2^{\circ}$  južne. 27. 6. bude v konjunkcii ( $4.3^{\circ}$ ) s tenkým kosáčikom Mesiacom, a vľavo budú scenériu dopĺňať aj Saturn a Mars.

**Venuša** ( $-3.9$  mag) má počas oboch mesiacov stabilné pozorovacie podmienky. Je viditeľná ráno začiatkom júna, na začiatku občianskeho súmraku je vo výške  $7^{\circ}$ , do konca júla sa jej ranná výška nad obzorom zväčší na  $11^{\circ}$ .

23. 6. bude v konjunkcii ( $5^{\circ}$ ) s Mesiacom, ktorý bude zakrývať aj časť Plejád, a podobná situácia sa zopakuje v Blížencoch aj 23. 7. Počas týchto mesiacov uvidíme Venušu v dalekohľade, ako „dorastá“, jej osvetlený povrch sa zväčší zo  $76$  na  $92\%$  a zdánlivý uhlový priemer sa zmenší zo  $14$  na  $11^{\circ}$ . Na prelome mesiacov bude na peknom pozadí Hyád.

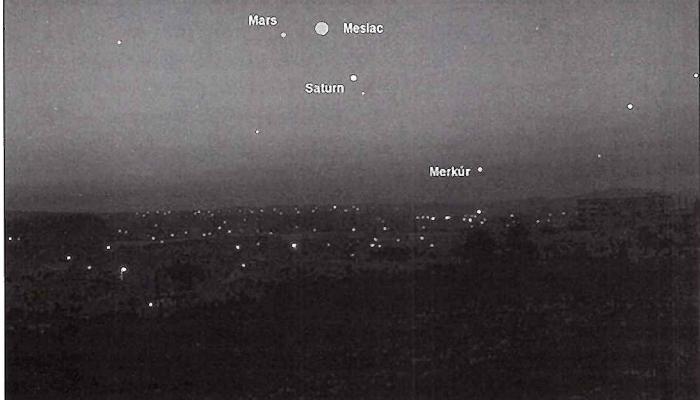
**Mars** ( $1.8$  mag) je nevýrazným červenkastým objektom večernej oblohy. Pred koncom júla sa stráti vo večernom súmraku. 3. 7. sa presunie z Raka do Leva. 2. 6. prejde v blízkosti  $\mu$  Cnc ( $5.3$  mag), 12. 6. 13. popod  $\eta$  Cnc ( $5.3$  mag) a v polovici júla bude prechádzat krásnou otvorenou hviezdkopou M44 (Jasličky) a len  $1.5^{\circ}$  vľavo bude aj Saturn. Toto pekné zoskupenie si určite nenechajú ujsť majitelia fotografickej techniky, napriek tomu, že obloha ešte



V polovici júla bude Mars prechádzat hviezdkopou M44 (Jasličky) a  $1.5^{\circ}$  vľavo bude Saturn.

nebude dostatočne tmavá. Objektívom s ohniskom  $300 - 500$  mm môžeme na kinofilm získať skutočne fotogenické zoskupenie. 18. 6. bude Mars len  $0.6^{\circ}$  severne od Saturna a v konjunkcii s Mesiacom bude 29. 6. Ku konjunkcii dochádza až po polnoci, a tak pozorovať či fotografovať musíme už 28. 6. po západe Slnka a nízko nad obzorom bude ešte aj Merkúr. 22. 7. sa červená planéta bude presúvať polstupňa severne od Regula. Tesná konjunkcia ( $0.1^{\circ}$  – zákryt) nastane 27. 7. K vstupu dochádza ešte počas dňa (19:04), no výstup spoza osvetleného kosáčika Mesiacu už bude po západe Slnka (19:59). V čase výstupu bude Mesiac  $6^{\circ}$  nad obzorom a Mars sa objaví  $73^{\circ}$  od južného rohu Mesiacu a výstup bude trvať až 9 sekúnd.

**Jupiter** ( $-2.4$  až  $-2.1$  mag) je začiatkom júna pozorovateľný takmer celú noc, zapadá až ráno počas nautického súmraku. Na prelome mesiacov je pozorovateľný v druhej polovici noci a koncom júla zapadá 1.5 hodiny pred polnocou. Nájdeme ho v súhvezdí Váh, pohybuje sa retrográdne až do 6. 7., keď je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. Posledný júnový deň bude len  $1^{\circ}$  južne od tesnej ( $0.3^{\circ}$ ) dvojice hviezd ( $6.7$  a  $7.1$  mag). Keďže je blízko zastávky, je jeho pohyb na oblohe pomaly, a tak niekoľko dní okolo tohto dátumu môžeme veľmi dobre pozorovať jeho vlastný pohyb. 8. 6. a 6. 7. bude v nevýrazných konjunkciách s Mesiacom vo veľkej fáze. Z hladiska fázy je o niečo krajsia júlová konjunkcia pozorovateľná 5. 7. pred západom oboch telies. Aj keď na pekné konjunkcie s Mesiacom či planétami je tentokrát Jupiter skúpy, vzhľadom je jeho dobrú viditeľnosť si však pri pozorovaní dalekohľadom „užijeme“ jeho krásne povrchové útvary či najjasnejšie mesiace.



## Prechody Veľkej červenej škvŕny Jupitera centrálnym poludníkom

2. 6.	1:33	19. 6.	0:35	8. 7.	21:09
2. 6.	21:24	19. 6.	20:27	10. 7.	22:48
4. 6.	23:03	21. 6.	22:05	13. 7.	20:18
7. 6.	0:41	23. 6.	23:43	15. 7.	21:57
7. 6.	20:32	26. 6.	21:13	20. 7.	21:06
9. 6.	22:11	28. 6.	22:52	25. 7.	20:15
11. 6.	23:49	1. 7.	20:22	27. 7.	21:54
14. 6.	21:18	3. 7.	22:00		
16. 6.	22:57	5. 7.	23:39		

**Saturn** ( $0.4$  mag) v Rakovi zapadá začiatkom júna hodinu pred polnocou, no v ďalšom období sa jeho viditeľnosť skracuje a v druhej polovici júla sa stráti vo večernom súmraku, nakoľko sa blíži do konjunkcie so Slnkom (7. 8.). Máme teda poslednú príležitosť pokochať sa večer dalekohľadom jeho majestátnymi prstencami. Ráno na oblohe bude od polovice augusta. 1. 6. je v konjunkcii s Mesiacom, no obe telesá musíme nájsť nad obzorom ešte posledný májový deň pred ich západom. Krajsia konjunkcia nastane 28. 6. za asistenciu Marsu a približenie k veľmi uzučkému kosáčiku Mesiacu sa môžeme pokúsiť uvidieť aj 25. 7. krátko po západe Slnka. Prvú júnovú dekádu bude Saturn v Jasličkách, a ak sme nestihli podobnú situáciu na prelome januára a februára, teraz máme príležitosť na reparát. Ďalší prechod Saturna Jasličkami totiž bude až v roku 2035, a aj ten nastane v blízkosti Slnka...

**Urán** ( $5.8$  mag) vo Vodnárovi je pozorovateľný na začiatku obdobia v druhej polovici noci, jeho viditeľnosť sa však predĺžuje a koncom júla už vychádza počas nautického súmraku. Do 19. 6., keď je v zastávke, sa pohybuje v priamom smere. Pomočou mapy hviezdznej oblohy ho skúsenejší pozorovateľ môže nájsť aj voľným okom a triédrom by sme ho mali už identifikovať bez problémov. 17. 6. bude v relatívne tesnej konjunkcii s Mesiacom, no po ich východe už budú obe telesá od seba  $4^{\circ}$ . Výhodnejšia je konjunkcia 14. 7., ktorá nastáva nad obzorom, no Mesiac bude 3 dni po splne.

**Neptún** ( $7.9 - 7.8$  mag) v Kozorožcovi vychádza pred polnocou, jeho nočná viditeľnosť sa predĺžuje a koncom júla už vychádza počas občianskeho súmraku, nakoľko sa blíži do opozície so Slnkom 11. 8. Na jeho pozorovanie potrebujeme triéder, alebo aspoň malý dalekohľad. V dalekohľade ho uvidíme ako modrastý, pokojne svietiaci objekt. Jeho uhlový rozmer je len  $2''$ . 15. 6. a 13. 7. bude v konjunkcii s Mesiacom vo veľkej fáze.

**Pluto** ( $14$  mag) má dobré podmienky viditeľnosti, je v júni nad obzorom takmer celú noc (16. 6. je v opozícii so Slnkom) a pri kulminácii dosiahne výšku nad obzorom  $26^{\circ}$ . Koncom júla zapadá 1.5 hodiny po polnoci. Deň pred opozíciou 15. 6. bude k Zemi najbližšie 30,12128 AU.

## Zákryty hviezd Mesiacom (jún – júl 2006)

POZORUJTE S NAMI

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
2. 6.	20 58 27	D	15320	6,4	+39N	59	63	-65
9. 6.	23 25 44	D	21420	6,3	+54S	127	82	-88
15. 6.	0 30 7	R	54083	6,5	+25S	196	60	90
15. 6.	0 32 27	R	28737	6,4	+26S	197	61	87
16. 6.	0 22 15	R	29870	6,9	+58S	222	67	89
16. 6.	23 45 0	R	30742	6,4	+61S	221	45	111
22. 6.	1 56 42	R	3784	6,6	+58S	224	-11	110
23. 6.	2 16 4	R	4897	7,0	+62N	291	10	66
23. 6.	2 10 50	R	4901	7,0	+38N	316	44	24
23. 6.	1 50 44	D	4938	5,4	-56S	117	4	58
23. 6.	2 25 59	R	4938	5,4	+28S	201	-37	128
7. 7.	18 43 56	D	21895	2,9	+67S	119	80	1
7. 7.	20 2 18	R	21895	2,9	-85N	281	101	-20
8. 7.	22 16 46	D	54044	6,7	+63N	58	80	-22
8. 7.	22 16 32	D	23014	6,6	+64N	59	80	-23
9. 7.	20 55 32	D	24543	4,7	+32S	127	89	-5
12. 7.	22 0 6	D	29480	5,2	-74S	98	77	62
12. 7.	23 0 18	R	29480	5,2	+41S	213	66	77
14. 7.	23 11 34	R	31269	6,7	+76N	263	65	85
17. 7.	22 29 29	R	2264	6,8	+48N	291	5	73
18. 7.	22 54 31	R	3386	6,2	+75N	267	-10	83

Predpoveď sú pre polohu  $\lambda_0 = 20^\circ$ E a  $\phi_0 = 48,5^\circ$ N s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu  $\lambda, \phi$  sa čas počíta zo vzťahu  $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\phi - \phi_0)$ , kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

Ak si chceme porovnať veľkosť Mesiaca v prízemí, a odzemí máme v týchto dvoch mesiacoch priebežnosť. 4.6. po polnoci bude Mesiac v prvej štvrti a súčasne v odzemí (uhlový priemer  $30^\circ$ ) a 18. 6. je v poslednej štvrti a dva dni po prízemí ( $32^\circ$ ).

Podmienky za pozorovanie mladého Mesiaca krátko po nove sú pomerne dobré 26. 6., keď na konci občianskeho súmraku je Mesiac ešte 4° nad obzorom a len 27,3 hodiny po nove.

23. 6. prejde Mesiac ráno južnou časťou Plejád, a tak bude pozorovateľných niekoľko zákrytov. Príamo centrálnou časťou Plejád prejde Mesiac 20. 7., no tento úkaz nastane v dopoludňajších hodinách... Na nočné zákryty si u tejto hviezdomkopu musíme počkať do 12. 9.

Z dotyčnicových zákrytov bude s podpriemernými podmienkami pozorovateľný len zákryt hviezd Y X 32176 (7,2 mag) 16. 7. Zákryt nastáva  $13^\circ$  na neosvetlenej strane ubúdajúceho Mesiaca (69 %) vo výške  $32^\circ$ . Hranica zákrytu prechádza stredným a východným Slovenskom (východne od Rimavskej Soboty až západne od Bardejova).

### Planétky

Do 11. mag budú v opozícii planétky: (532) Herculina (17. 6., 9,2 mag), (2) Pallas (29. 6., 10,9 mag), (10) Hygiea (13. 7., 9,2 mag), (29) Amphitrite (13. 7., 9,4 mag), (201) Penelope (27. 7., 10,9 mag), (15) Eunomia (29. 7., 8,4 mag).

V júni je najjasnejšou planétkou (4) Vesta (8,2 mag) na večernej oblohe. Jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa však zmenšuje, a teda sa zhoršujú aj pozorovacie podmienky, v polovici júna prejde 2,5 ponad Jasličky. V júli bude najjasnejšou planétkou (1) Ceres (31. 7. -7,7 mag), no pohybuje sa v juž-

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
-------	----------	---------	-----

#### Efemerida planétky (4) Vesta

1. 6.	8h19,3m	+23°15,0'	8,2
6. 6.	8h27,8m	+22°49,4'	8,2
11. 6.	8h36,5m	+22°21,7'	8,2
16. 6.	8h45,2m	+21°52,0'	8,2
21. 6.	8h54,1m	+21°20,3'	8,2
26. 6.	9h03,0m	+20°46,7'	8,2
1. 7.	9h11,9m	+20°11,2'	8,2
6. 7.	9h20,9m	+19°33,8'	8,2
11. 7.	9h29,9m	+18°54,6'	8,2
16. 7.	9h39,0m	+18°13,6'	8,2
21. 7.	9h48,1m	+17°31,0'	8,2
26. 7.	9h57,2m	+16°46,8'	8,2
31. 7.	10h06,3m	+16°01,1'	8,1

#### Efemerida planétky (29) Amphitrite

1. 6.	20h02,9m	-29°01,4'	10,2
6. 6.	20h01,6m	-29°15,3'	10,1
11. 6.	19h59,6m	-29°30,2'	10,0
16. 6.	19h56,8m	-29°45,5'	9,9
21. 6.	19h53,4m	-30°00,8'	9,8
26. 6.	19h49,3m	-30°15,5'	9,7
1. 7.	19h44,7m	-30°28,9'	9,6
6. 7.	19h39,8m	-30°40,4'	9,5
11. 7.	19h34,6m	-30°49,4'	9,4
16. 7.	19h29,2m	-30°55,7'	9,4
21. 7.	19h23,9m	-30°58,8'	9,5
26. 7.	19h18,9m	-30°58,7'	9,6
31. 7.	19h14,1m	-30°55,4'	9,7

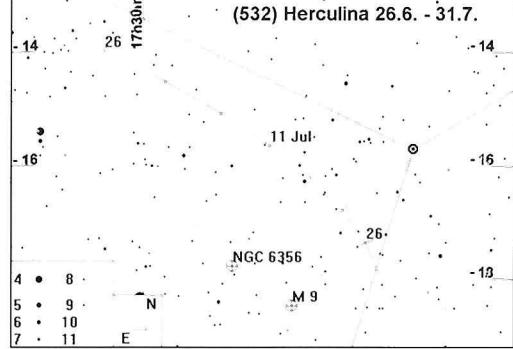
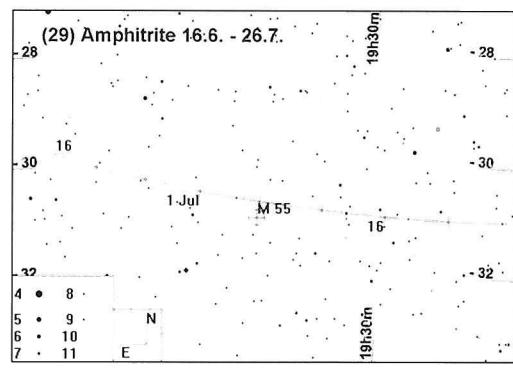
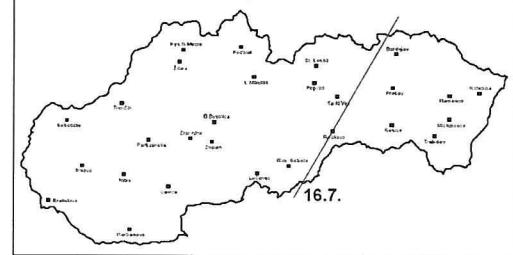
#### Efemerida planétky (532) Herculina

1. 6.	17h56,2m	-11°43,1'	9,4
6. 6.	17h51,8m	-12°05,9'	9,3
11. 6.	17h47,2m	-12°31,3'	9,3
16. 6.	17h42,4m	-12°59,0'	9,2
21. 6.	17h37,5m	-13°28,8'	9,3
26. 6.	17h32,8m	-14°00,2'	9,3
1. 7.	17h28,4m	-14°32,9'	9,4
6. 7.	17h24,4m	-15°06,6'	9,6
11. 7.	17h20,9m	-15°40,7'	9,7
16. 7.	17h17,9m	-16°15,1'	9,8
21. 7.	17h15,5m	-16°49,5'	9,9
26. 7.	17h13,8m	-17°23,6'	10,0
31. 7.	17h12,7m	-17°57,3'	10,1

ných deklináciách, a tak aj pri kulminácii bude len 18° nad obzorom.

Planétnka (29) Amphitrite bude 6. 7. len 0,3° severne od krásnej guľovej hviezdomkopu M 55

### Dotyčnicové zákryty



(6,3 mag) v Strelcovi, ktorá ma priemer vyše štvrtstupňa. Jedinou malou chybčou krásy je len skutočnosť, že hviezdomopa kulminuje vo výške len 11°. Planétnka (532) Herculina bude koncom júla 1,6° od malej (6') guľovej hviezdomopy M 9 (7,7 mag) v Hadonosovi.

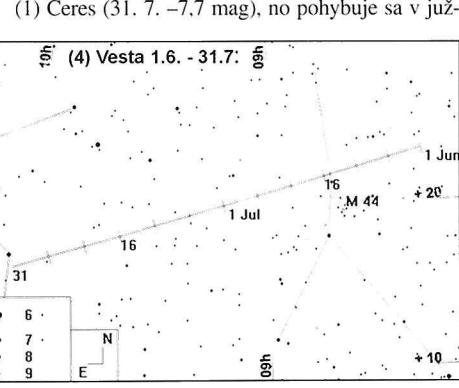
Zákryty hviezd do 11,5 mag planétkami s aspoň minimálnou sanciou na pozitívne pozorovanie sa nášmu územiu tentokrát vyhýbajú. Upresnené predpoveď sledujte na stránke <http://mpocc.astro.cz/2006/>.

### Kométy

Na oblohe stále kraňuje rozpadajúca sa kométa 73P/Schwassmann-Wachmann, ktorá je ešte v dosahu silnejších triédrov. Nájdeme ju vo Veľrybe, jej pohyb východným smerom sa spomaľuje. Napriek tomu, že pôvodne predpokladá o dosiahnutí hranice viditeľnosti sa nepotvrdili, je táto kométa jednou z najkrajších posledného obdobia, ved' vidieť v dalekohľade dve jasné kométy/zložky je skutočne nezvyčajné. Zložka C dosiahla koncom apríla 7,5 mag a zložka B bola len o 0,5 mag slabšia. Zložka B o 23 hodín neskôr, na oblohe budú od seba „už len“ 1,5° (v polovici mája to bolo vyše 12°).

V efemeridách uvádzame polohy pre jej dve najjasnejšie zložky, jasnosti je však nutné brať s rezervou...

Periodická kométa 41P/Tuttle-Giacobini-Kresák bola objavená H. P. Tuttom 3. 5. 1858 v Cambridge



## Tabuľky východov a západov (jún – júl 2006)

### Slnko

Vých.	Záp.	Súmrak			
		Astronomický		Nautický	
		zač.	kon.	zač.	kon.
1. 4.	5:19	18:10	4:47	18:42	4:09 19:20
1. 6.	3:44	19:33	3:03	20:13	2:08 21:09
6. 6.	3:41	19:37	3:00	20:18	2:03 21:15
11. 6.	3:39	19:41	2:57	20:22	1:59 21:21
16. 6.	3:38	19:44	2:56	20:25	1:58 21:24
21. 6.	3:39	19:45	2:57	20:27	1:58 21:26
26. 6.	3:40	19:46	2:58	20:27	1:59 21:26
1. 7.	3:43	19:45	3:01	20:26	2:03 21:24
6. 7.	3:46	19:43	3:05	20:24	2:08 21:21
11. 7.	3:50	19:40	3:10	20:20	2:14 21:16
16. 7.	3:55	19:36	3:16	20:15	2:22 21:09
21. 7.	4:01	19:32	3:22	20:10	2:30 21:01
26. 7.	4:07	19:26	3:29	20:03	2:39 20:53
31. 7.	4:13	19:19	3:36	19:56	2:48 20:43

### Mesiac

Východ	Západ	1. 7.	14:28	0:34
1. 6.	8:20	23:57	6. 7.	14:09 0:14
6. 6.	14:00	0:53	11. 7.	13:50 23:50
11. 6.	20:09	2:39	16. 7.	13:31 23:31
16. 6.	23:23	8:39	21. 7.	13:12 23:12
21. 6.	0:29	15:27	26. 7.	12:54 22:52
26. 6.	3:42	21:03	31. 7.	12:36 22:33
1. 7.	9:33	22:46		
6. 7.	15:18			
11. 7.	20:34	3:27		
16. 7.	22:18	10:33		
21. 7.		17:11		
26. 7.	5:01	20:23		
31. 7.	10:39	21:31		

### Merkúr

Východ	Západ	1. 6.	8:04	23:14
1. 6.	4:29	21:00	6. 6.	7:47 22:56
6. 6.	4:49	21:19	11. 6.	7:30 22:37
11. 6.	5:08	21:28	16. 6.	7:13 22:19
16. 6.	5:26	21:28	21. 6.	6:56 22:01
21. 6.	5:38	21:20	26. 6.	6:39 21:43
26. 6.	5:45	21:05	1. 7.	6:23 21:25
1. 7.	5:43	20:43	6. 7.	6:06 21:07
6. 7.	5:31	20:16	11. 7.	5:50 20:48
11. 7.	5:08	19:45	16. 7.	5:34 20:30
16. 7.	4:37	19:12	21. 7.	5:18 20:12
21. 7.	4:02	18:42	26. 7.	5:02 19:54
26. 7.	3:29	18:19	31. 7.	4:45 19:36
31. 7.	3:04	18:06		

### Venuša

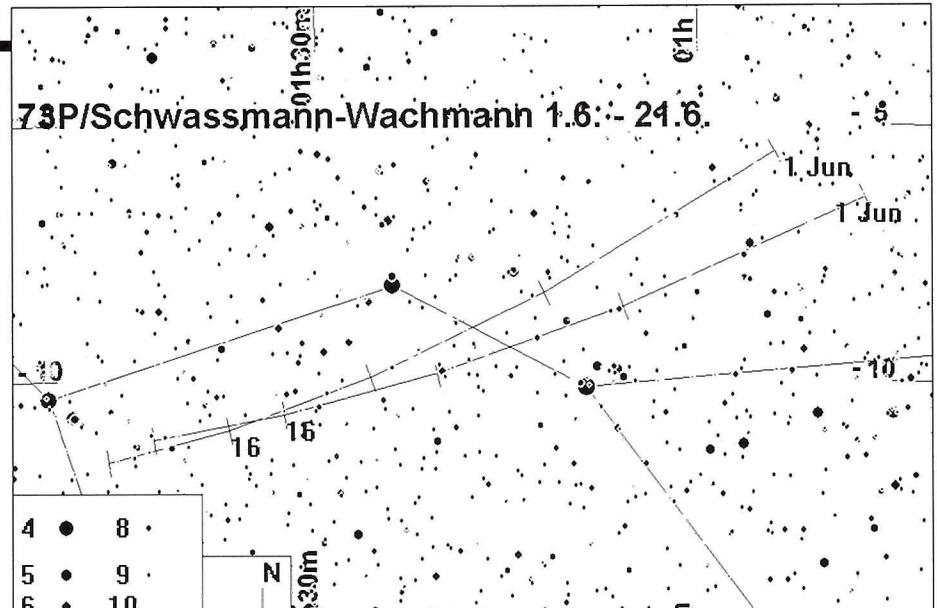
Východ	Západ	1. 6.	9:34	11:38
1. 6.	2:16	16:02	6. 6.	0:15 11:19
6. 6.	2:09	16:14	11. 6.	2:35 10:59
11. 6.	2:03	16:26	16. 6.	2:32 10:40
16. 6.	1:58	16:39	21. 6.	2:32 10:20
21. 6.	1:54	16:51	26. 6.	2:22 10:00
26. 6.	1:51	17:04	1. 7.	2:23 9:41
1. 7.	1:50	17:15	6. 7.	22:13 9:21
6. 7.	1:49	17:27	11. 7.	21:53 9:00
11. 7.	1:51	17:37	16. 7.	21:34 8:40
16. 7.	1:54	17:46	21. 7.	21:14 8:20
21. 7.	1:58	17:54	26. 7.	20:54 8:00
26. 7.	2:05	18:00	31. 7.	20:33 7:39
31. 7.	2:13	18:04		

### Mars

Východ	Západ	1. 6.	23:35	9:24
1. 6.	7:14	22:55	6. 6.	23:15 9:04
6. 6.	7:11	22:44	11. 6.	22:55 8:44
11. 6.	7:08	22:33	16. 6.	22:35 8:24
16. 6.	7:05	22:21	21. 6.	22:15 8:04
21. 6.	7:02	22:09	26. 6.	21:56 7:44
26. 6.	7:00	21:57	1. 7.	21:36 7:24
1. 7.	6:57	21:45	6. 7.	21:16 7:03
6. 7.	6:55	21:32	11. 7.	20:56 6:43
11. 7.	6:52	21:19	16. 7.	20:36 6:22
16. 7.	6:50	21:06	21. 7.	20:16 6:02
21. 7.	6:48	20:52	26. 7.	19:56 5:42
26. 7.	6:45	20:39	31. 7.	19:37 5:22
31. 7.	6:43	20:25		

### Jupiter

Východ	Západ	1. 6.	16:35	2:36
6. 6.	16:13	2:16	11. 6.	15:52 1:55
11. 6.	15:52	1:55	16. 6.	15:31 1:35
16. 6.	15:10	1:14	21. 6.	14:49 0:54
21. 6.	14:49	0:54	26. 6.	
31. 7.			31. 7.	15:51 1:33



Dátum RA(2000) D(2000) mag el

### Efemerida kométy

#### 73P/Schwassmann–Wachmann – C

1. 6.	0h46,7m	-6°24,4'	8,0	62,6
6. 6.	1h05,7m	-8°36,0'	8,3	64,2
11. 6.	1h20,5m	-9°55,2'	8,7	66,3
16. 6.	1h32,7m	-10°42,4'	9,1	68,7
21. 6.	1h43,1m	-11°09,9'	9,4	71,1
26. 6.	1h52,2m	-11°25,6'	9,7	73,7
1. 7.	2h00,1m	-11°34,8'	10,1	76,5
6. 7.	2h07,0m	-11°41,0'	10,4	79,4
11. 7.	2h12,9m	-11°46,7'	10,7	82,5
16. 7.	2h17,9m	-11°53,8'	11,1	85,8
21. 7.	2h21,7m	-12°03,8'	11,4	89,4
26. 7.	2h24,5m	-12°17,6'	11,7	93,1
31. 7.	2h26,0m	-12°35,6'	12,0	97,2

### Efemerida kométy

#### 73P/Schwassmann–Wachmann – B

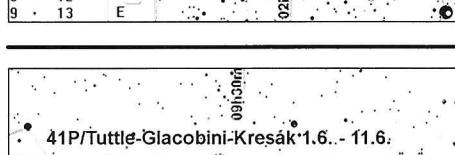
1. 6.	0h53,8m	-5°31,8'	8,9	60,6
6. 6.	1h12,0m	-8°20,1'	9,2	62,8
11. 6.	1h25,8m	-10°00,0'	9,6	65,3
16. 6.	1h37,1m	-10°59,8'	10,0	67,9
21. 6.	1h46,7m	-11°35,4'	10,3	70,6
26. 6.	1h55,1m	-11°56,6'	10,6	73,4
1. 7.	2h02,5m	-12°09,6'	11,0	76,3
6. 7.	2h08,9m	-12°18,5'	11,3	79,3
11. 7.	2h14,4m	-12°26,2'	11,6	82,5
16. 7.	2h18,9m	-12°34,8'	12,0	85,9
21. 7.	2h22,4m	-12°46,0'	12,3	89,5
26. 7.	2h24,8m	-13°00,9'	12,6	93,3
31. 7.	2h26,0m	-13°19,8'	12,9	97,4

### Efemerida kométy

#### 41P/Tuttle–Giacobini–Kresák

1. 6.	9h06,5m	+24°00,7'	11,1	61,9
6. 6.	9h27,6m	+23°10,6'	10,9	62,1
11. 6.	9h49,5m	+22°07,0'	10,8	62,5
16. 6.	10h11,8m	+20°49,3'	10,8	63,2
21. 6.	10h34,6m	+19°17,2'	10,9	64,0
26. 6.	10h57,7m	+17°30,9'	11,0	65,1
1. 7.	11h21,0m	+15°31,3'	11,2	66,4
6. 7.	11h44,4m	+13°19,8'	11,5	67,8
11. 7.	12h07,7m	+10°58,5'	11,9	69,2
16. 7.	12h30,8m	+8°30,0'	12,3	70,8

(Harvard College Observatory). Kométa bola pozorovaná len krátko, a tak sa nepodarilo určiť jej dráhu. Kométa „znovuobjavila“ 1. 6. 1907 v Nige. M. Giacobini, na súvis s kométou z roku 1858 pokukával až Crommelin, ktorý predpovedal aj návrat v roku 1928 a 1934. Kométa sa však nenašla, a tak jej tretím objaviteľom bol 24. 4. 1954 na Skalnatom Plese Lubor Kresák. Tentokrát bolo už v máji dostať pozorovanie a kométa bola definitívne stotožnená s kométami z rokov 1858 a 1907. Obežná doba kométy je 5,42 roka a perihéliom prejde 11. 6.



## Meteory

Júnové Lyridy sú málo pozorovaným rojom, prvé informácie sú zo 60. a 70. rokov, ďalšie pozorovania ho nepotvrdili. Niekoľko neúplných údajov je z roku 1996. Pozorovanie tohto roja je veľmi potrebné, aby sa mohla potvrdiť alebo vyvrátiť jeho reálna existencia. Pravdepodobné maximum je ploché, veľký dôraz je nutné klásiť na správne priadenie rojovej príslušnosti, prípadne meteory zakreslovať. Mesiac je pred poslednou štvrtou, a tak bude pozorovanie rušiť v druhej polovici noci.

U júnových Bootid, ktorých materskou kométou je 7P/Pons-Winnecke, je v minulosti zaznamenaných niekoľko spršok (1916, 1921, 1927 1998, 2004). V tomto roku nie je predpoklad vyšej aktivity, keďže súčasná dráha kométy leží 0,24 AU miesto dráhy Zeme.

Stabilnejšie aktivity majú „južné roje“ (južné Pisidy, južné δ – Akvaridy a α Kaprikornidy) s maximami koncom júla. Mesiac je 25. 7. v nove, podmienky na ich pozorovanie sú teda veľmi dobré a navyše k celkovej aktívite budú prispievať aj nastupujúce aktivity rojov s maximami v auguste.

PAVOL RAPAVÝ

Roj	Aktivita	Max.	Radiant		Pohyb rad.		V. km/s	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	%/deň			
SAG	15,4, -15,7,	(19,5,)	16:28	-22	0,8	-0,1	30	5	IMO
OSC	23,5, -15,6,	2,6,	15:56	-20	1	-0,1	21	5	DMS
JLY	11,6, -21,6,	16,6,	18:32	+35	0,8	31		VAR	IMO
JBO	26,6, -2,7,	27,6,	14:56	+48	14			VAR	IMO
TAQ	19,6, -5,7,	28,6,	22:48	-12	1	+0,4	63	7	DMS
TOP	4,6, -15,7,	29,6,	16:36	-15	1,1	+0,1	29	2	DMS
JPE	7,7, -13,7,	10,7,	22:40	+15	0,8	+0,2	70	3	IMO
ACG	11,7, -30,7,	18,7,	20:20	+47	0,6	+0,2	37	2	DMS
SCP	15,7, -11,8,	20,7,	20:28	-15	1	+0,2	30	5	ALPO
PAU	15,7, -10,8,	28,7,	22:44	-30	1	+0,2	35	5	IMO
SDA	12,7, -19,8,	28,7,	22:36	-16	0,8	+0,2	42	15	IMO
CAP	3,7, -15,8,	30,7,	20:28	-10	0,9	+0,3	25	5	IMO
SIA	25,7, -15,8,	4,8,	22:16	-15	1,1	+0,2	34	2	IMO
NDA	15,7, -25,8,	8,8,	22:20	-05	0,8	+0,2	42	4	IMO
PER	17,7, -24,8,	12,8,	03:04	+58	1,4	+0,2	59	140	IMO

SAG – Sagitaridy, OSC – ω Škorpionidy, JLY – júnové Lyridy, JBO – júnové Bootidy, TAQ – τ Akvaridy, TOP – υ Ophiuchidy, JPE – júlové Pegasidy, ACG – α Cygnidy, SCP – σ Kaprikornidy, PAU – južné Pisidy, SDA – južné δ – Akvaridy, CAP – α Kaprikornidy, SIA – južné τ Akvaridy, NDA – severné δ Akvaridy, PER – Perzeidy

Zdroj: IMO – International Meteor Organization, DMS – Dutch Meteor Society, ALPO – Association of Lunar & Planetary Observers (Lunsford)

## Kalendár úkazov a výročí (jún – júl 2006)

1. 6. 0,4 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,5° južne)	21. 6. 13,4 letný slnrovat, začiatok astronomickejho leta	13. 7. 8,1 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,3° severne)
2. 6. 22,3 konjunkcia Mesiaca s Regulom (Regulus 1,4° južne)	22. 6. 30. výročie (1976) štartu vesmírnej stanice Salut 5	13. 7. 17,5 Mesiac v prízemí (364 285 km)
3. 6. 40. výročie (1966) štartu Gemini 9 (T. Stafford, E. Cernan)	23. 6. 0,3 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 5,1° južne)	14. 7. 23,8 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,3° severne)
4. 6. 0,1 Mesiac v prvej štvrti	25. 6. 17,1 Mesiac v nove	15. 7. 8,6 Merkúr v prízemí (0,57356 AU)
4. 6. 1,7 Mesiac v odzemí (404 082 km)	26. 6. 2,1 Mars v odslní (1,66603 AU)	16. 7. 260. výročie (1746) narodenia G. Piazziho
5. 6. 100. výročie (1906) narodenia S. A. Korffa	26. 6. 100. výročie (1906) narodenia J. Fiodorova	17. 7. 20,2 Mesiac v poslednej štvrti
6. 6. 570. výročie (1436) narodenia J. M. Regiomontana	27. 6. 19,5 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 4,3° južne)	18. 7. 8,0 Merkúr v dolnej konjunkcii
7. 6. kométa 73P/Schwassmann-Wachmann 3-C a 3-B v periheliu	27. 6. maximum meteorického roja júnové Bootidy (ZHR var)	19. 7. 160. výročie (1846) narodenia E. Pickeringa
8. 6. 14,2 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 4,8° severne)	28. 6. 14,3 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,7° južne)	20. 7. 30. výročie (1976) pristátia sondy Viking na Marse
10. 6. 23,8 konjunkcia Spiky s Mesiacom (Spika 1° severne)	29. 6. 0,3 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,3° južne)	21. 7. 45. výročie (1971) štartu Mercury 4 (G. Grissom)
10. 6. 300. výročie (1706) narodenia J. Dollonda	29. 6. 90. výročie (1916) narodenia L. Pajdušákovej	22. 7. 17,0 konjunkcia Regula s Marsom (Mars 0,6° severne)
11. 6. 19,1 Mesiac v splne	30. 6. 35. výročie (1971) tragickej smrti kozmonautov Sojuzu 11 (G. Dobrovolskij, V. Volkov, V. Pacajev)	22. 7. 23,8 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,7° južne)
13. 6. 175. výročie (1831) narodenia J. C. Maxwellova	1. 7. 360. výročie (1646) narodenia G. W. Leibnitzta	25. 7. 5,5 Mesiac v nove
13. 6. 140. výročie (1866) narodenia A. M. Warburga	1. 7. 18,8 planétka (2) Pallas v opozícii (9,5 mag)	26. 7. 2,2 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2° južne)
13. 6. 23,0 Pluto v maxime jasnosti (13,9 mag)	1. 7. 90. výročie (1916) narodenia J. Šklovského	26. 7. 35. výročie (1971) štartu Apolla 15
15. 6. 16,3 Pluto v prízemí (30,12128 AU)	1. 7. 20,2 Mesiac v odzemí (404 449 km)	27. 7. 19,5 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,1° južne – zákryt)
15. 6. 23,4 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4° severne)	2. 7. 8,2 konjunkcia Merkúra so Saturnom (Merkúr 9,6° južne)	27. 7. 205. výročie (1801) narodenia G. Airyho
16. 6. 17,0 planétka (532) Herculina v opozícii (9,2 mag)	2. 7. 100. výročie (1906) narodenia H. A. Bethea	28. 7. 17,8 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
16. 6. 17,0 Mesiac v prízemí (368 923 km)	3. 7. 17,6 Mesiac v prvej štvrti	28. 7. maximum meteorického roja južne Pisidy (ZHR 5)
16. 6. maximum meteorického roja júnové Lyridy (ZHR var)	4. 7. 0,6 Slnko v odzemí (1,0167 AU)	28. 7. maximum meteorického roja južne δ Akvaridy (ZHR 15)
16. 6. 18,2 Pluto v opozícii	4. 7. 2,8 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať späťne)	29. 7. 13,1 Mesiac v odzemí (405 403 km)
17. 6. 100. výročie (1906) narodenia T. C. Cowlinga	4. 7. 23,7 Merkúr v odslní (0,4667 AU)	29. 7. 18,1 planétka (201) Penelope v opozícii (10,9 mag)
17. 6. 18,1 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,2° severne)	6. 7. 0,4 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,3° severne)	30. 7. 12,9 planétka (15) Eunomia v opozícii (8,3 mag)
18. 6. 7,3 konjunkcia Marsu so Saturnom (Mars 0,6° severne)	6. 7. 20,1 Jupiter v zastávke (začína sa pohybovať priamo)	30.7. maximum meteorického roja α Kaprikornidy (ZHR 5)
18. 6. 80. výročie (1926) narodenia A. Sandagea	7. 7. 190. výročie (1816) narodenia R. Wolfa	2. 8. 8,6 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 4,9° severne)
18. 6. 15,1 Mesiac v poslednej štvrti	10. 7. maximum meteorického roja júlové Pegasidy (ZHR 3)	2. 8. 9,8 Mesiac v prvej štvrti
19. 6. 160. výročie (1846) narodenia A. Abettiho	11. 7. 4,0 Mesiac v splne	5. 8. 22,1 planétka (6) Hebe v opozícii (7,8 mag)
19. 6. 16,8 Urán v zastávke (začína sa pohybovať späťne)	12. 7. 21,2 planétka (29) Amphitrite v opozícii (9,4 mag)	7. 8. 1,5 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (19,2°)
20. 6. 21,2 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (24,9°)	13. 7. 0,3 planétka (10) Hygiea v opozícii (9,2 mag)	7. 8. 17,0 Saturn v maxime jasnosti (0,3 mag)
21. 6. 90. výročie (1916) narodenia H. Friedmana		7. 8. 18,9 Saturn v odzemí (10,16109 AU)
		7. 8. 20,1 Saturn v konjunkcii so Slnkom

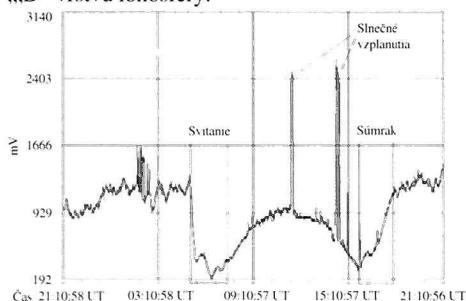
# Amatérska detekcia GRB 060124A

Ako úvod by som použil slová Jiřího Grygara, keď na jednej prednáške o astronómii citoval amerického astronóma profesora Martina Harvita:

*„Jestliže se vám podaří v astronomii zlepšit parametry vašeho prístroje v jakémkoliv smere o jeden řad anebo i více než jeden řad, pak je téměř jisté, že uděláte závažné astronomické objevy.“*

Tá veta mi utkvela v pamäti natolko, že ma všade sprevádza a v podvedomí posúva vpred pri mojom amatérskom snažení.

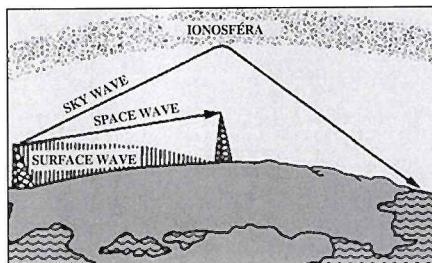
O možnosti detektie gama zábleskov (Gamma-Ray Burst – GRB) pomocou veľmi dĺhych vín (Very Low Frequency – VLF) som sa dočítal náhodou, keď som chcel vedieť, či je možné pozorovať dosvit GRB aj amatérsky v rádiovom spektri. Našiel som hned niekoľko spôsobov amatérskej detektie GRB. Ako najjednoduchší, a teda aj ľahko realizovateľný v amatérskych podmienkach, bez väčších znalostí rádiotechniky a elektroniky, sa mi zdal spôsob detektie na VLF. V tomto prípade nejde o dosvit, ale o okamžitú reakciu ionosféry na GRB, ktorá sa prejaví ako náhlá ionosferická porucha (Sudden Ionospheric Disturbance – SID). Jedna z možností je pomocou SID monitoru, čo je v podstate jednoduchý prijímač na VLF, naladený na frekvenciu jedného zo siedte vysielačov ponorkového navigačného systému, ktorý je cez A/D prevodník pripojený k PC a kontinuálne meria a zapisuje len intenzitu nosnej vlny (obr. 1) a nepriamo tak vyhodnocuje kvalitu ionosféry, presnejšie „D“ vrstvu ionosféry.



Obr. 1

Na obrázku 1 je ukážka záznamu údajov, podľa ktorých je veľmi dobre vidieť, ako sa správa ionosféra v priebehu 24 hodín. Úplne odlišný je záznam v noci počas absencie „D“ vrstvy, ktorej dramatický nástup a zánik je zreteľný pri svitaní a súmraku. Samostatne sa dá vyhodnocovať záznam počas dňa, v ktorom sa dajú okrem iného identifikovať aj slnečné vzplanutia, ktoré sú neprehliadnutelné.

Ionosféra je pre VLF nepriepustná a správa sa ako zrkadlo, ktoré odráža vlny späť pod určitým uhlom a tak je možné aj v našich zemepisných šírkach zachytit vysielač vzdialenosť aj niekoľko tisíc km (obr. 2).

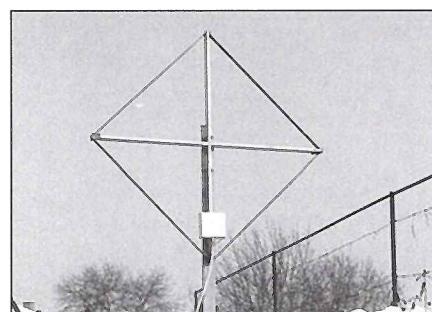


Obr. 2

Dôvodov, prečo je k možnej detekcii GRB potrebný alebo výhodný monitor, a teda kontinuálny záznam 24 hodín denne, je hned niekoľko. Doba trvania samotného gama záblesku je od zlomkov sekund do maximálne niekoľko desiatok sekúnd a frekvencia zábleskov je od niekoľko hodín až do niekoľkých dní, navyše je rozloženie GRB na oblohe izotropné.

Jednoduchý prijímač som postavil podľa jedného z množstva zapojení a nalaďil na taliansky vysielač Tavolara, pracujúci na frekvencii 20,27 kHz.

Pri pripojení slučkovej antény (obr. 3), navinutej z medeného drôtu, som začal meranie. Niekoľko týždňov mi trvalo, než som sa dostal do prijatelného meracieho rozsahu, pretože ionosféra je veľmi nestabilná. Jej výška kolísae v intervale 70 – 90 Km. Najväčší je však rozdiel medzi dňom a nocou, pretože vrstva „D“ v noci zaniká. Orientácia v zaznamenaných údajoch je pre nezáinteresovaného zo začiatku veľmi ľahká, pretože okrem nosnej frekvencie je v zázname množstvo peakov spôsobených RF rušením, scintiláciou, ale aj slnečných vzplanutí a zmien v ionosfére, spôsobených slnečným vetrom a aj búrkou činnosťou na trase vysielač-prijímač.



Obr. 3

Zjednodušený popis vplyvu gama žiarenia na ionosféru a popis samotného SID monitoru som v úvode napísal len na vytvorenie predstavy o spôsobe detektie GRB na VLF.

Aby som sa dostal k samotnej detektii GRB 060124A, musím použiť výrok jedného nemenovaného klasika, že *nielen astronómiou je človek živý*. To preto, že rádioastronómia sa venuje len amatérsky a spôsob záznamu dát pomocou monitoru mi vyhovuje. Počas dňa sa môžem venovať práci a ostatným rodinným povinnostiam, a večer, keď mám čas, si v pokoji pozriem, analyzujem a porovnávam zaznamenané údaje. Tak to bolo aj 24. 1. 2006. Postupne sa preklikávam cez linky, ktoré majú niečo spoločné s rá-

dioastronómiou, a končím na Space Weather a Gamma-Ray Burst Real-time Sky Map. Posledný menovaný je real-time monitor družic, ako sú SWIFT, INTEGRAL, HETE2, ktoré okrem iného detegujú aj GRB. Prvé, čo som si všimol, bol čas 15:54:51, samozrejme, že UTC. Spozornel som! Pri pohľade na kolónky RA 05:08:10 a DEC 69:42:33 som si uvedomil, že je to dokonca v mojom „zornom poli“. To už sa presúvam k druhému PC, na ktorý mám pripojený SID monitor, a pozorne prezerám záznam dát. Skoro som vykřikol od radosti. Je tam! GRB 060124A! (Obr. 4.) Prvé, čo mi v tej chvíli napadlo, bolo, že to musím okamžite povedať môjmu priateľovi Paľovi Ďurišovi, veľmi dobrému amatérskemu astronómovi a azda jedinému propagátorovi amatérskej rádioastronómie na Slovensku a v Česku. Podarilo sa mi s ním skontaktovať ešte v ten večer a tak som sa mu, samozrejme, pochválil s mojím úlovkom.

V tej chvíli som si uvedomil fakt, že si výsledky svojich pozorovaní nemám s kym vymieňať a porovnavať. Napadlo mi, že by sa mohla vytvoriť sieť prijímačov. Niečo ako „Slovenský SID monitor“ alebo dokonca „Česko-Slovenský SID monitor“. Možnosti pozorovania v tejto oblasti astronómie je určite viac, ale nie sú predmetom tohto článku.



Obr. 4

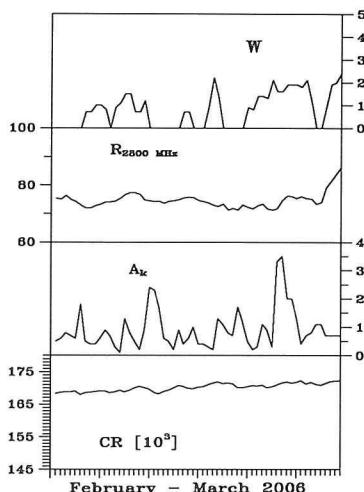
Na záver, aby som to celé nejakovo rozumne zakončil, budem pokračovať v tom, ako som hovoril s Paľom Ďurišom o detektii GRB a nás rozbor sa presunul k potrebe publikovania výsledkov amatérskych pozorovaní. Zdá sa mi, že to bol on, čo ma už vtedy nepriamo vyzval k napísaniu tohto článku. Pretože sme rozbehli parallelne niekoľko projektov v amatérskej rádioastronómii, a to hned na niekoľkých frekvenčných spektrách, myslím, že tých možností na zverejnenie výsledkov bude viac. Ešte si spomínam, že pri jednom z našich prvých rozhovorov som povedal, „*kedže ide o rádioastronómiu, mali by sme začať od kryštálky*“. To som vtedy netušil, že by sa aj s takým jednoduchým prijímačom dala robiť „veda“.

RUDOLF SLOŠIAR  
Bojnice

Zaujímavé internetové linky:  
Gamma-Ray Burst Real-time Sky Map  
<http://grb.sonoma.edu/>  
Space Weather Monitor Stanford Solar Center  
<http://solar-center.stanford.edu/SID/>  
AAVSO  
<http://www.aavso.org/observing/programs/solar/>

## Slnečná aktivita

február – marec 2006



Slnečná aktivita je v týchto dvoch mesiacoch nadáľ na veľmi nízkej úrovni. Je možné, že už sa nachádzame v období minima, hoci, ako sme písali v minulom čísle, prekvapenia v tomto prípade sú skôr pravidlom, ako výnimkou.

Dnes si v našom stĺpčeku pripomienieme *zvieratníkové svetlo*. Nedávno sa v „Universe Today“ objavila jeho veľmi pekná snímka, ktorú zhotovili



Tony a Dafne Hallas po západe Slnka z plošiny Modoc, ktorá sa nachádza v Severnej Amerike, na hraniciach štátov Kalifornia, Oregon a Nevada. Toto miesto je jedno z najmenej osvetlených v USA. Snímku zhotovili digitálnym aparátom CANON 20D.

Zvieratníkové svetlo je vlastne pokračovaním tzv. *F-koróny* Slnka. Jeho žiarenie je spôsobené rozptylom svetla fotosfery na prachových časticach v medziplanetárnom priestore na rozdiel od *K-koróny*, žiarenie ktorej je spôsobené rozptylom na voľných elektrónoch. Najväčšia koncentrácia prachových častíc je v okolí ekliptiky, odtiaľ pochádza aj názov, lebo ekliptika prechádza cez zvieratníkové súhvezdie.

Pre pozorovanie zvieratníkového svetla nastávajú najlepšie podmienky vtedy, keď je najväčší sklon ekliptiky k rovine obzoru asi tak dve hodiny pred východom alebo po západe Slnka. Takéto podmienky sú večer vo februári a marci a ráno v októbre.

V niektorých našich lokalitách, kde je nízka úroveň osvetlenia, by pri použití súčasnej techniky mohli vzniknúť zaujímavé snímky, použiteľné aj na profesionálny výskum. Z takýchto snímok sa dá pomerne ľahko urobiť fotometria, lebo v úlohe kalibračných elementov môžu vystupovať na snímke zachytené hviezdy. Pri farebnom snímaní sa dá určiť aj farba žiarenia. Z fotometrie sa ďalej dá určiť hustota žiariaceho prachu, pri zavedení určitých predpokladov a jej rozloženie v závislosti od uhlovej vzdialenosť od Slnka. Aj pri týchto meraniach môže dojst k rôznym prekvapeniam, lebo podľa niektorých autorov je rozloženie hustoty prachu v medziplanetárnom priestore veľmi nehomogénne ako v čase, tak aj v priestore.

MILAN RYBANSKÝ

## Fotografovanie kométy Pojmansi



Fotografované aparátom Canon EOS 20D, objektív BORG 77ED s komakorektorm CCF5, 15×40 s expozície pri ISO 800. Snímky boli poskladané na kométu v programe IRIS. Nastavenie kontrastu a zvýraznenie detailov bolo uskutočnené v programe Photoshop.

S blížiacim sa marcom som sa chystal pozorovať a fotografovať kométu Pojmansi. Prvý pokus som urobil 28. 2. ráno. V týchto dňoch sa kométa postupne presúvala z južnej oblohy na severnú. Vstávanie ráno o 3:00 do mrázivej zimy nie je nič príjemné. O 4:00 som už nastavoval montáž v Račianskom vinohrade na predmestí Bratislavu a čakal. Počas čakania som zaostroval fotoaparát. Pri zaostrovaní vznikla snímka prstencovej hmloviny v Lyre. Venuša sa objavila nad oblačnosťou o približne 4:55. Bola však veľmi slabá. Jej svetlo bolo stlmené hustou vrstvou atmosféry a oblačnosti. Podľa Venuše som nastavil stupnice montáže. Potom som montáž zamieril na predpokladané miesto kométy.

Nič nebolo vidno, tak som začal robíť expozície naslepo. Prvý náznak kométy sa objavil na snímke o 5:05 SEČ. Bola to však naozaj len stopa. Postupne ako kométa stúpala vyššie sa striedavo objavovala a skrývala medzi mrakmi. Napokon sa o 5:24 SEČ objavila v diere a na dvoch snímkach sa objavila ako pomerne jasné, ale stále malý tyrkysový fliačik. V čase snímania mala kométa výšku nad obzorom len 7,8°.

Samozrejme nasledovali aj ďalšie pokusy o snímanie v priebehu nasledujúcich dní. 3. 3. medzi 5:06 a 5:18 SEČ vznikla druhá snímka a 8. 3. o 4:34 až 4:45 SEČ tretia.

Tomáš Maruška, Bratislava



Snímka popolavého svitu Mesiaca. Fotoaparát Canon EOS 20D, objektív BORG 77ED a komakorektor CCF5, 3×15 s expozície pri ISO 100. Fotografované 2. 3. 2006 o 18:44 SEČ. Snímky boli poskladané na Mesiac a doostrené v programe Photoshop. Jasná hviezdă vpravo dole je SAO 109677.

Tomáš Maruška, Bratislava

## Expedícia Jarné Roztoky 2006

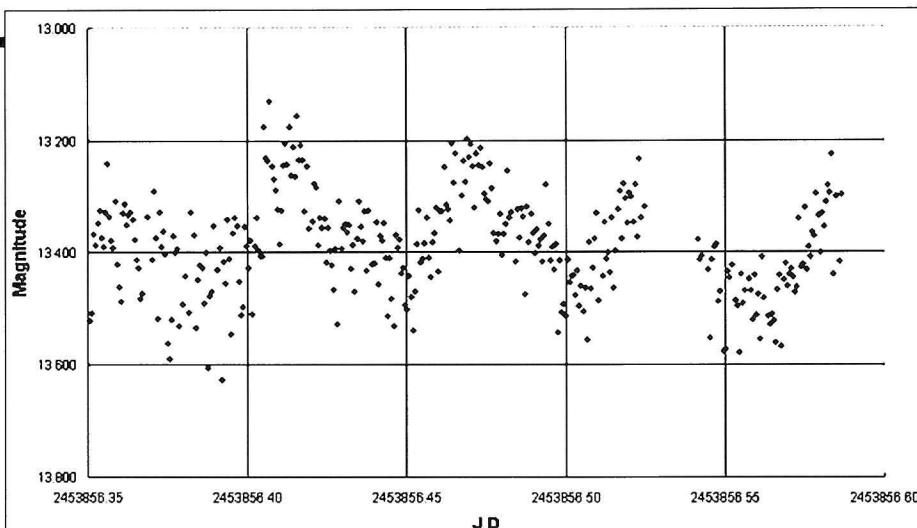
V dňoch 20. – 24. apríla sme usporiadali expedíciu na Hvezdáreň Roztoky v okrese Svidník pre členov nášho ATM (Astro Team Michalovce), zameranú hlavne na pozorovanie meteorov z rojov Lyridy a Bootidy. Expedícia sa konala po dvojročnej prestávke zapríčinenej rekonštrukciou Hvezdárne Roztoky. Chodievali sme sem od r. 1988 a pozorovať meteory od roku 1996. Naše pozorovania meteorov sme tu teda začali už pred viac než 10 rokmi a teraz sme mohli opäť obnoviť tradíciu expedícii na pozorovanie meteorov v Roztokoch. Na tejto jarnej expedícii sa zúčastnilo 8 členov ATM (3 žiaci ZŠ, 3 študenti SŠ a 2 študenti VŠ) a 2 pracovníci našej hvezdárne. Počasie nám tentoraz neobvykle prialo, a tak sme zo 4 nocí pozorovali počas troch. Jedna skupina pozorovala meteory a druhá sledovala pozorovanie premenných hviezd pomocou CCD-kamier namontovanej na 40 cm dalekohľade v 5-metrovej kupole a pozorovala objekty hvezdnej oblohy pomocou refraktora 150/2250 mm umiestneného v odsuvnom domčeku za hvezdárňou. Počas tých troch nocí sme pozorovali meteory takmer 9 hodín čistého času a získali sme 409 záznamov o prelete meteorov. Sme radi, že nám vyšla hlavne noc okolo maxima meteorického roja Lyridy – z 22. na 23. 4. Podľa našich pozorovaní bola vtedy hodinová frekvencia Lyrid prepočítaná na ideálne podmienky (tzv. ZHR – Zenithal Hourly Rate) rovná 17 meteorov za hodinu. Okrem vlastných pozorovaní sme mali možnosť sledovať aj spracovanie CCD snímok pre fotometrické účely na počítači a pripravovali sme troch našich súťažiacich na krajské kolo súťaže Čo vieš o hviezdoch. Okrem dobiehania spánku sme počas dňa mali možnosť pokochať sa krásnou prírodou: videli sme napríklad jelene a srny. Po dva večery sme mali aj táborák, ktorý sa v posledný večer premenil na poriadnu partizánsku vatru. Vďaka veľkej ochote pracovníkov Hvezdárne v Roztokoch a aj peknému počasiu sa nám expedícia vydarila.

**RNDr. Zdeněk Komárek**  
Hvezdáreň v Michalovciach

**Predám** zrkadlový dalekohľad NEWTON 150/1330, paralaktická montáž, delené kruhy, polohon. Okuláre K20, K12 – 11 500 Sk. Zväčšovačku OPEMUS 5 s príslušenstvom – 2000 Sk. Branislav Gálik, Novojelčanská 853, 925 23 JELKA. Tel. 0904 348 302.

**Prodám** refraktor 100/1410 – německá optika – na priesné paralaktické montáži od Fr. Kozelského, hľebenový okulárový výtah s trojnosobnou reverzorou hlavou, hledáček s nitkovým kŕžom, delené kruhy, pentagonalný hranol s polarizačným filtrom pre príme pozorovanie Slunce, 5 okulárov. Dále svetelný binokulárny dalekohľad 12x60 na jednoduché azimutálne montáži (velmi vhodný pro deep sky) a řadu literatúry a astromap. Cena 25 000 Kč. Telefon +420 602470348, e-mail kapstudio@volny.cz.

**Predám** teleskop: Newton 114/900, Kepler 70/900, spoločne na paralaktickej montáži. Spolu s okulárami Pe: 25,9 mm a K: 20,10,4 mm. Vrátané Barlowej šošovky 2x a 1,5x prevracajúcej šošovky. Cena dohodou. Miroslav Kubala, KNM, 0905 432 690.



Superhrby sú typickým prejavom na svetelnej krvke trpasličích nov typu SU UMa počas super-vzplanutia. Tieto štyri predvedla V844 Her počas Kolofoty. Pozorované cez Lichtenkneckerov refraktor priemeru 150 mm a CCD kamery Meade DSi Pro.

## Kolofota 2006

Vihorlatská hvezdáreň v Humennom usporiadala na Astronomickom observatóriu v Kolonickej hvezdárni sedle druhý ročník odborného seminára KOLOFOTA. Názov mierne naznačuje, že tematicky bol zameraný na metódy detektie hvezdnych objektov a ich zaznamenávanie na rôzne médiá. Pôvodná myšlienka bola urobiť akciu pre amatérskych astrofotografov. Seminár sa však nakoniec vyprofiloval trochu odbornejšie. Venoval sa predovšetkým metódam fotometrie premenných hviezd a možnostiam, ktoré v tomto smere poskytuje Astronomické observatórium na Kolonickej hvezdárni.

Seminár sa konal v dňoch 27. až 29. apríla 2006. Zúčastnili sa na ňom hvezdári z organizátorskej hvezdárne, z Príroovedeckej fakulty UPJŠ v Košiciach a z miestnych organizácií Slovenského zväzu astronómov amatérov v Humennom a v Snine.

V úvodnom príspevku riaditeľ Vihorlatskej hvezdárne Igor Kudzej podal správu o príprave Vihorlatského národného teleskopu (VNT) na fotoelektrickú fotometriu. Dvojkanálový fotoelektrický fotometer je už namontovaný na metrovom dalekohľade. Robia sa posledné úpravy pred spusťtením do prevádzky.

V ďalších dvoch príspevkoch Michal Vadila zdokumentoval vývoj záznamových médií na AO v nedávnej minulosti. Spomenul prácu s rôznymi upravenými webkamerami, ktoré mali slúžiť na pointáciu VNT, a predviedol aj posledný model, ktorý už splňa všetky kritériá. VNT bude počas fotoelektrickej fotometrie autopointovaný touto upravenou kamerou umiestenou priamo na mieste okularu fotometra.

Štefan Gojdič predviedol možnosti amatérskej výroby príslušenstva k astrofotografii. V praxi ukázal vlastnú paralaktickú montáž s autopointáciou, ktorú následne v noči využil na snímkovanie aktuálnej komety 73P/Schwassmann-Wachmann. Okrem toho priniesol aj svoj čerstvý výrobok – vysokosvetelný zrkadlový dalekohľad Newton/Cassegrain. Priemer hlavného zrkadla je 200 mm a jeho ohnisková vzdialenosť 750 mm.

Štefan Parimucha mal skvelú prednášku o spracovaní fotometrických dát z CCD kamier. Predviedol aj svoj vlastný softvérový produkt – program YAPP.

Tento program je špeciálne zameraný na spracovanie dlhých fotometrických radov. Spája v sebe výhody iných programov zameraných na spracovanie CCD obrázkov a poskytuje väčší užívateľský komfort a rýchlosť. Program je v pokročilom štádiu vývoja a pracuje pod operačným systémom Linux.

V záverečnom bloku vystúpil nový stály pozorovateľ na AO Pavol A. Dubovský. Najprv podal správu o prvých výsledkoch CCD fotometrie na AO. Počas apríla 2006 získal 8 časov miním zákrytových dvojhviezd a 4 noci boli venované kataklizmatickej premennej V844 Her, ktorej vzplanutie najprv vizuálne sám odhalil. V druhom príspevku predstavil dalekohľad Chermelin, ktorý so sebou priviezol z oravského Podbiela.

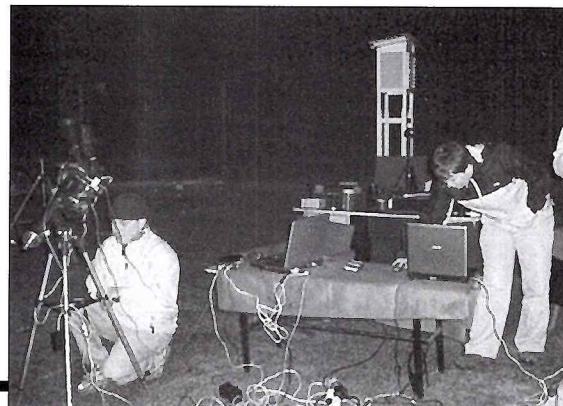
Záver seminára bol venovaný diskusii o konceptii pozorovacieho komplexu na AO. Je jasné, že metrový VNT sa bude venovať dvojkanálovej fotoelektrickej fotometrii – zaznamenávaniu rýchlych fotometrických javov s malou amplitúdou. Okrem VNT sa však na AO nachádza množstvo inej kvalitnej a výkonnej optiky. Sú tu tri 30 cm reflektory, jeden 28 cm, jeden 26,5 cm, dva 20 cm, jeden 15 cm Cassegrain a tiež 15 cm Lichtenkneckerov refraktor so skvelou optikou. Práve na tomto poslednom prístroji sa robia prvé CCD merania na AO.

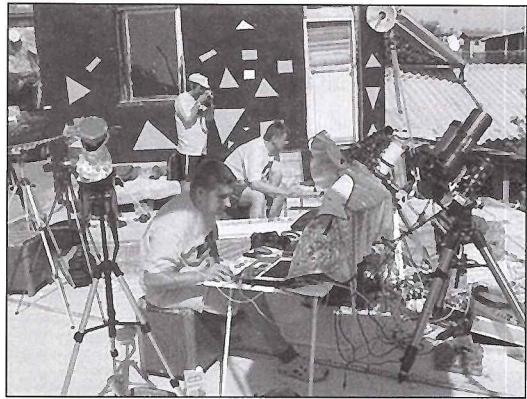
Seminár mal nielen teoretickú časť. Účastníkom prialo aj počasie. Obidve noci sa využili na praktické pozorovania.

Seminár KOLOFOTA teda urobil prierez toho, čo sa na Astronomickom observatóriu v Kolonickej hvezdárni sedle vybudovalo do dnešného dňa. O rok uvidíme, čo zo smelých plánov sa podarilo splniť.

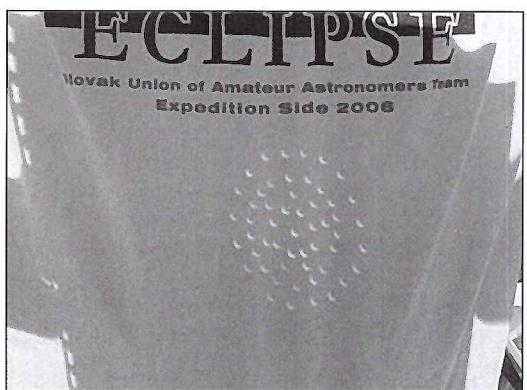
**PAVOL A. DUBOVSKÝ**

**Pohľad na účastníkov seminára pri prezentácii teste techniky v praxi**

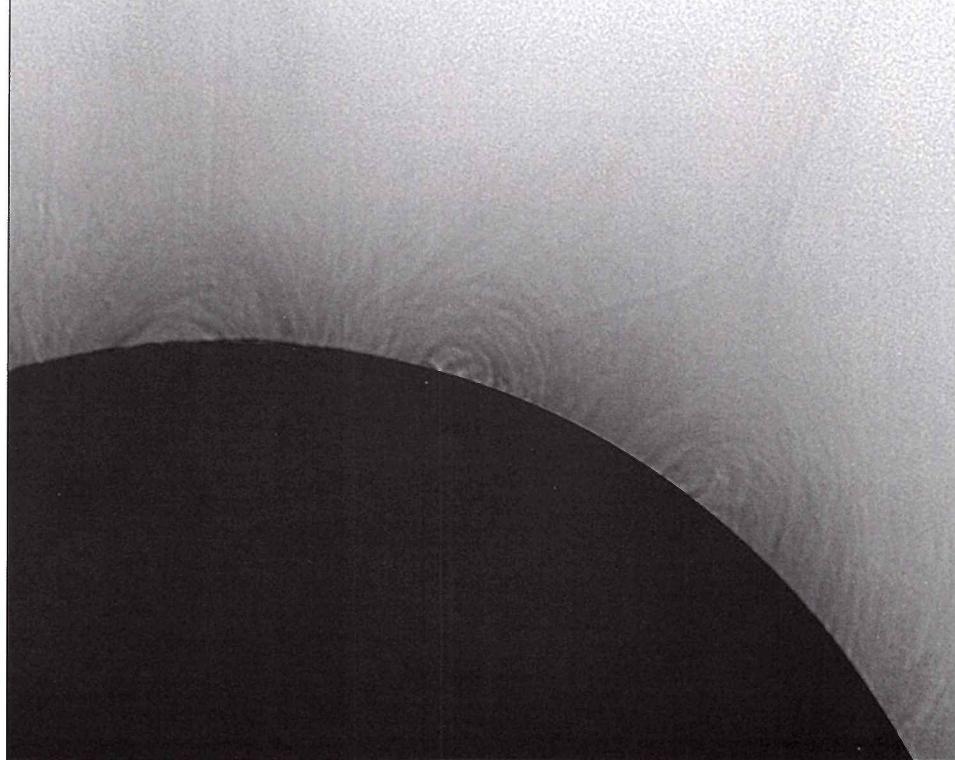




Pripravená technika.



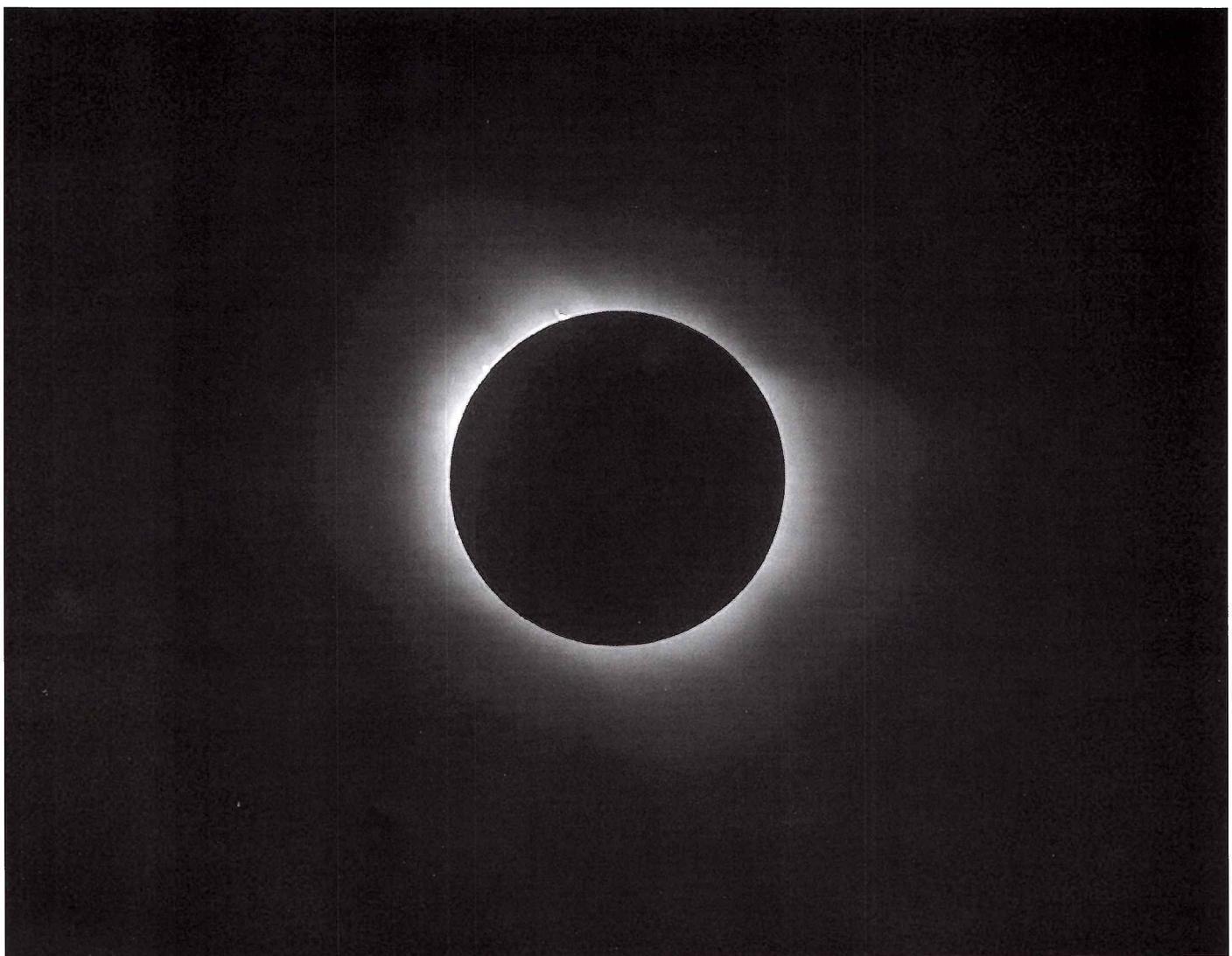
Čiastočné zatmenie dierkovou komorou.



Detailné štruktúry nad západným limbom (priemer 40-tich 8-ms expozícií)

## Čierne Slnko z krajiny polmesiaca

*K článku na 32. a 33. strane*



Koróna s protuberanciami (Nikon D200, f = 500 mm, ISO 100).



IBA U NÁS DOSTANETE KU KAŽDÉMU ĎALEKOHLÁDU  
**KUS VESMÍRU ZADARMO**  
V PODOBE PRAVÉHO METEORITU\*

**NexStar 4GT™ Vám prináša:**

- *Maksutov-Cassegrain 102/1325*
- *svetelnosť f/13*
- *GoTo systém s databázou 4000 obj.*
- *hľadáčik s červeným bodom*
- *CD-ROM The Sky Level 1*
- *pripojiteľný k PC (voliteľné)*
- *azimutálna / paralaktická montáž*
- *okulár 25 mm (53x zväčšenie)*
- *okulár 10 mm (133x zväčšenie)*
- *statív s duralovými nohami za 1,-Sk*



**SKVELÝ DARČEK ZA VYSVEDČENIE**

**19.999,- SK  
A STATÍV ZA 1,-SK**

~~24.900,- PÔVODNÁ CENA BEZ STATÍVU~~

**jediný správny web >>> [WWW.CELESTRON.SK](http://WWW.CELESTRON.SK)**

Sme vám k dispozícii v pracovných dňoch od 9 do 18 hodiny  
v sídle firmy na **Partizánskej ceste 80 (v nových priestoroch)**  
v Banskej Bystrici, telefonicky na čísle 00421-(0)48-4142332  
**a nonstop na čísle 00421-(0)903-517519**

[www.celestron.sk](http://www.celestron.sk), e-mail: [info@celestron.sk](mailto:info@celestron.sk)  
\* platí pre všetky dalekohľady nad 10.000 SKK

**Váš**

**TROMF**

**NOVÉ PRIESTORY = VÄČŠÍ VÝBER, ŠIRŠÍ SORTIMENT = VAŠA SPOKOJNOS**