

KOZMAOS

2009
ROČNÍK XL.
1,49 €

6



Krása Červenej planéty

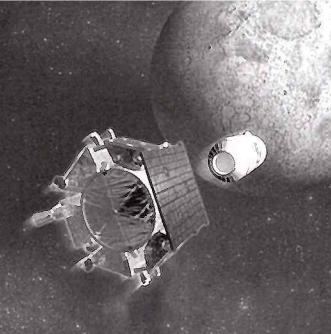
Po Mesiaci na Mars? □ Výtrysk zo srdca galaxie

HXL-1: dôkaz existencie stredne veľkých čiernych dier

Kremíková báza □ Prvé snímky zo satelitu Planck

Najväčší prstenec Saturna □ Voda na Mesiaci





Otázniky nad lunárnom misiou LCROSS

Sonda
LCROSS.

Je voda na Mesiaci? Ak nie je, kolonizácia „siedmeho kontinentu“ Zeme sa poriadne predraží. Vodu pre vedecké základne s obmieňajúcimi sa posádkami bude treba dopravovať zo Zeme. Je však isté, že voda na Mesiaci kedy si bola. Tak ako na iné telesá, vrátane Zeme, ju tam dopravili početné komety. Mesiac však nemá atmosféru. Mesačný deň trvá 29 pozemských dní, počas ktorých dosahuje teplota povrchu 121 °C. Voda v povrchových horninách sa v takých podmienkach vypari. Ultrafialové žiarenie rozloží vodu v pare na vodík a hydroxyl OH, pričom vodík unikne do kozmického priestoru.

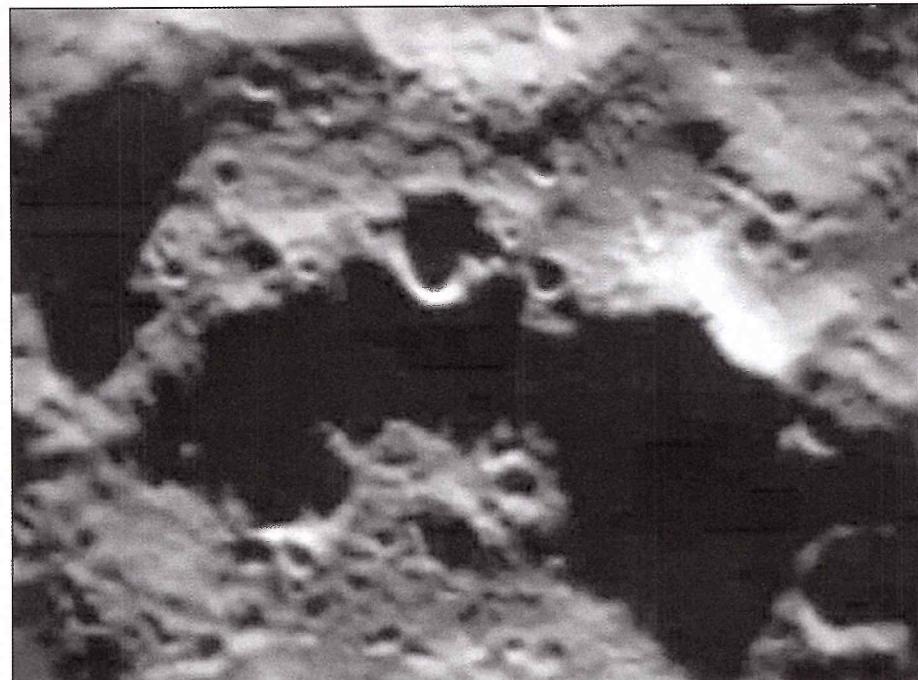
Takže: na Slnkom osvetľovanom povrchu Mesiaca sa voda v nijakom skupenstve udržať nemôže. Udržať by sa mohla iba v početných kráteroch okolo pólov. Na póly dopadá žiarenie Slnka pod uhlom 1,6 °C, takže početne, hlbšie krátery sú v neustálom tieni. Teplota v nich dosahuje až -200 °C. Tieto krátery sú akési „ľadové pasce“, kde sa ľad a hydráty mohli po celé miliardy rokov udržať.

Misie sond Clementine a Lunar Prospector zaznamenali možný výskyt ľadu okolo mesačných pólov, ale údaje neboli jednoznačné. Preto sa NASA rozhodla vyslať na Mesiac špecializovanú sondu, ktorá mala pochybnosti rozptýliť. Úlohou misie Lunar CRater Observation and Sensing Satelite (LCROSS), ktorá odštartovala 18. júna tohto roku, bolo:

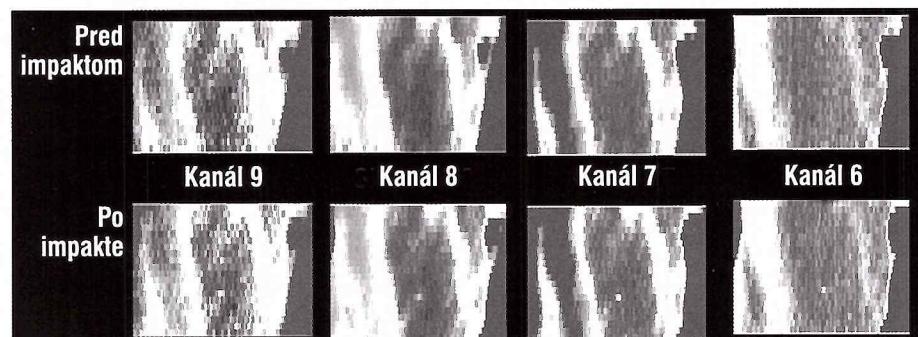
1. Overiť, či v permanentne zatienených mesačných kráteroch je voda.
2. Detegovať prítomnosť vodíka (spektrálne čiary) okolo mesačných pólov.
3. Ak sa voda nájde, odhadnúť jej množstvo v regolite a pôde.
4. Určiť zloženie regolitu v jednom z kráterov, ktoré sú vo večnom tieni. Kvôli tomu naprojektovali inžinieri v polárnej oblasti dva impakty, ktoré mali vymrštiť nad povrch oblasť materiálu pre podrobnejšie preskúmanie.

Misia LCROSS bola mimoriadne lacná misia. Sondu vyniesla spolu so satelitom Lunar Reconaissance Orbiter (LRO) na dráhu k Mesiaci raketa Atlas V. 23. júna sa LCROSS a posledný stupeň rakety usadili na predĺženej polárnej dráhe okolo Mesiaca. Dráha bola postupne upravovaná. Po 113 dňoch (sonda dovtedy získavala údaje z oboch pólov) v kľúčovej fáze misie dosiahla najvýchodnejší sklon -70°, umožňujúci dopad na jvyššou rýchlosťou: 2,5 km/s, (okolo 9 000 km/za hodinu).

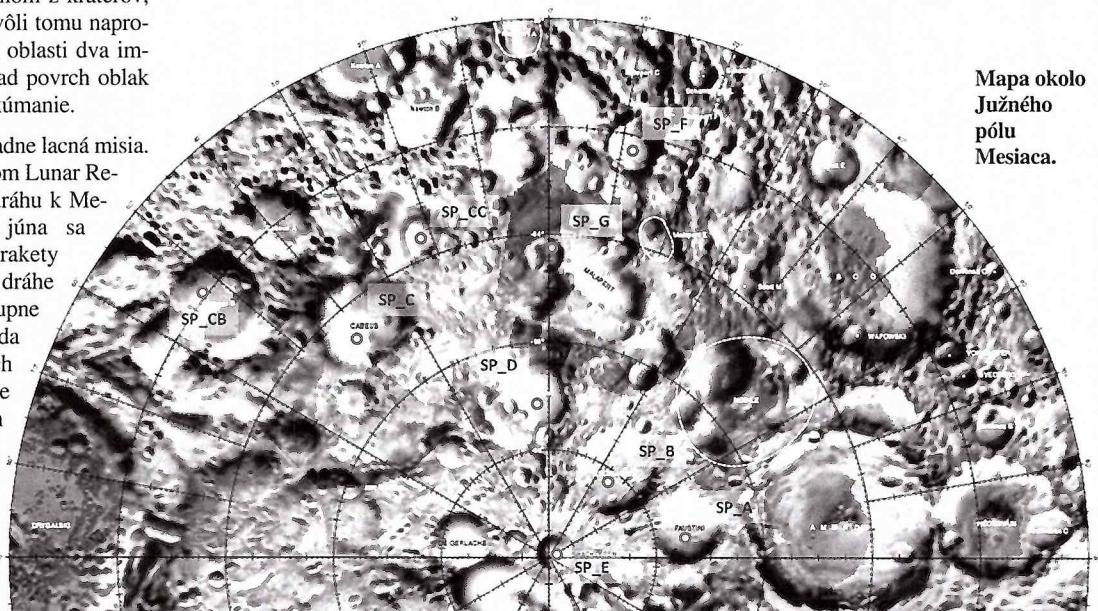
29. septembra sa vo výške 90 000 km oddelil od sondy posledný stupeň nosiča Cen-

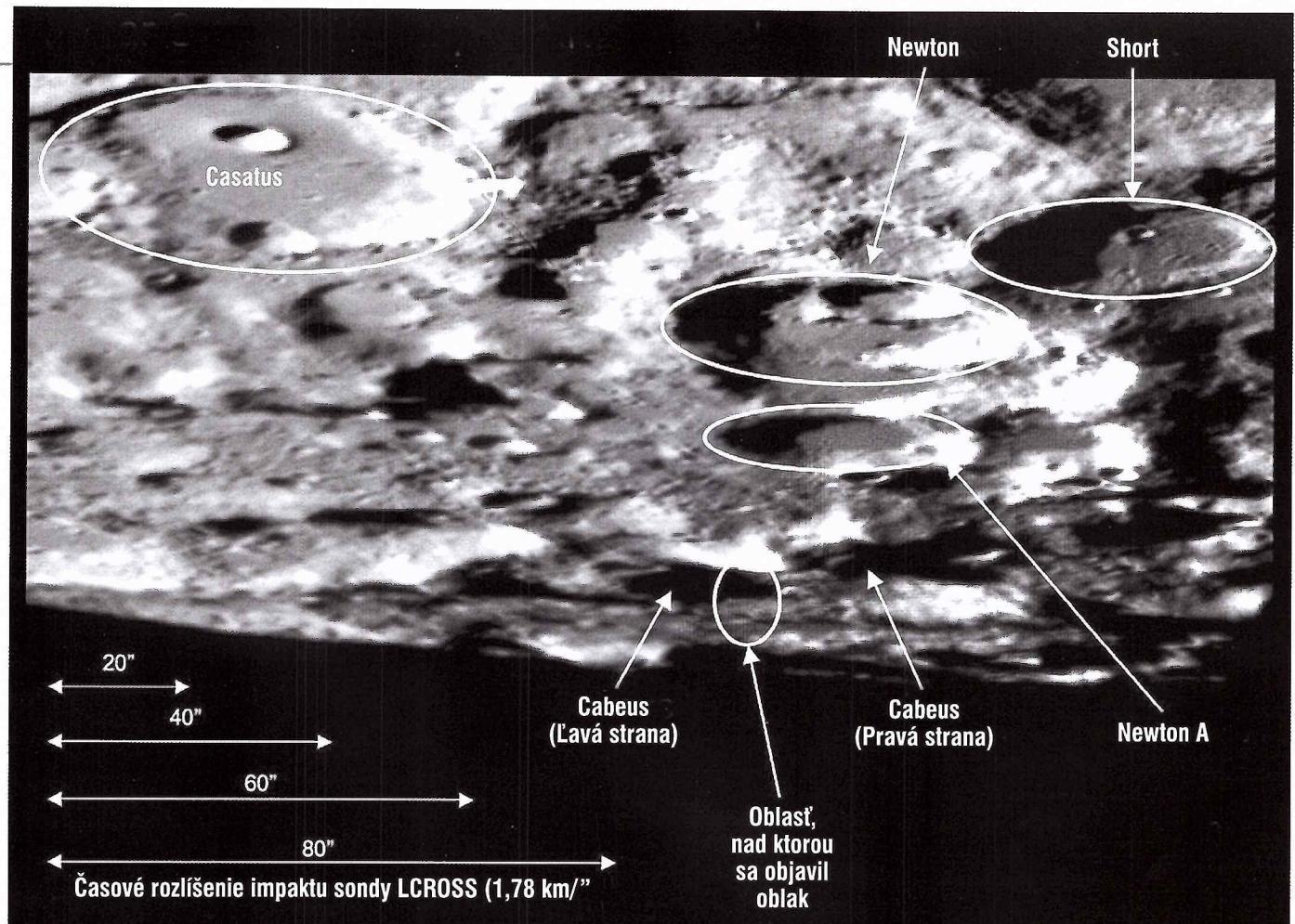


Záblesk po impakte Centaura na snímke MIR, (infračervenej kamery pre stredné dĺžky) na palube sondy LCROSS, ktorá vzápäť tiež dopadla na dno krátera Cabeus.



Termálna mapa impaktovej oblasti. Hornú sériu snímok exponovala LRO 2 hodiny pred impaktom, dolnú sériu 90 sekúnd po impakte. Miesto impaktu označuje biely bod. Po impakte sa v okolí teplota značne zvýšila.





Detail južnej polárnej oblasti Mesiaca aj s kráterom Cabeus, kde dopadol Centaur.

taur a dopadol do krátera Cabeus, nedaleko Južného pólu Mesiaca. Sonda vzápäť urobila manéver, a tak získala čas, aby mohla monitorovať dopad, jeho následky a vyslať ich do ria-

diaceho strediska na Zem. Po splnení úlohy aj ona dopadla na povrch Mesiaca.

Sonda LCROSS zachytila všetky fázy impaktu: záblesk po dopade, oblak vyvrhnutých hornín

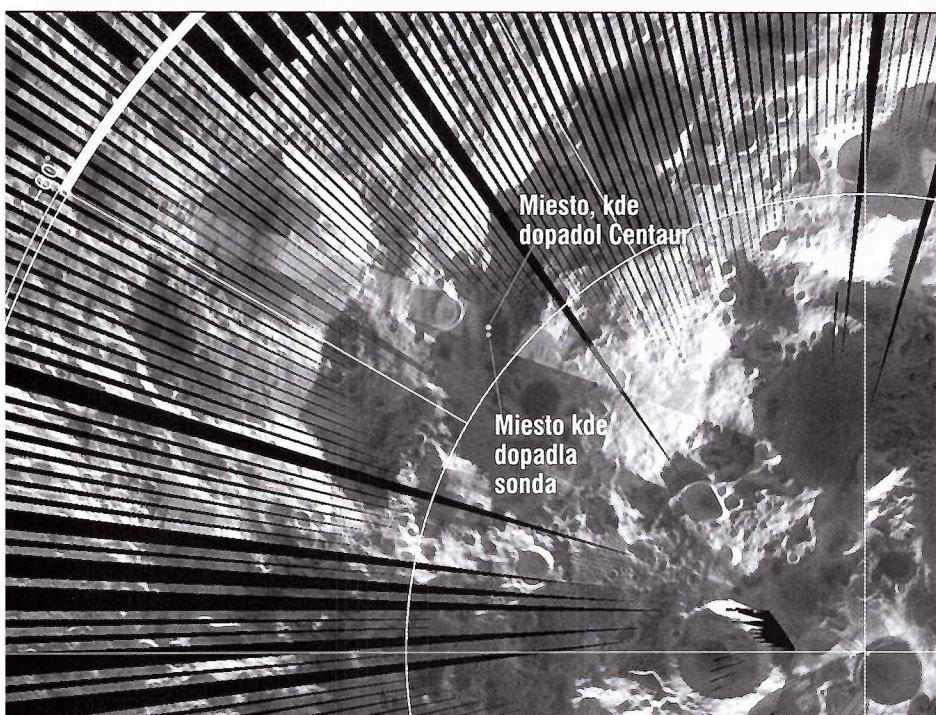
i kráter (priemer 28 m, hĺbka 5m), ktorý po dopade Centaura vznikol. Kvalita údajov z 9 prístrojov (2 spektrometre pre blízku infračervenú oblasť, optický spektrometer, 2 kamery pre strednú infračervenú oblasť, 2 kamery pre blízku infračervenú oblasť, optická kamera a optická rádiometer) je mimoriadne dobrá. Teplota záblesku (získala ich infračervená kamera na stredných infračervených dĺžkach) poskytla informácie o zložení vyvrhnutých hornín.

Ešte presnejšie údaje nameral optický a UV-spektrometer. Rozličné materiály uvoľňujú a absorbujú energiu na špecifických vlnových dĺžkach, takže geológovia majú o zložení hornín na dne večne zatieneného krátera pomerne presnú predstavu.

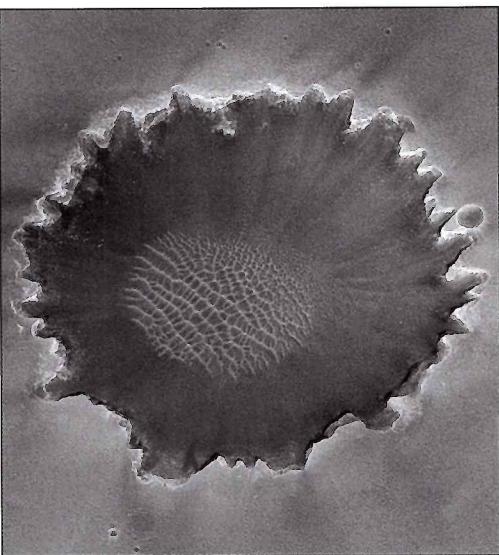
Dopad Centaura do krátera monitorovala sonda Lunar Reconnaissance Orbiter už 90 sekúnd po dopade z výšky 80 km. Teplotné údaje zaznamenávala počas 8 obletov. Tak vznikla séria termálnych map oblasti z impaktovanej oblasti pred a po impakte, každá po dvoch hodinách.

NASA považuje misiu za jeden z najvydarenejších projektov vedeckej kozmonautiky. Zložitosť manévrov, presný zásah vtipovaného cieľa i množstvo získaných údajov mesačného venu mimoriadne obohatila. Údaje sa budú analyzovať a výhodnocovať celé mesiac. Ale ešte v tomto roku by sme sa mali dozvedieť, či vo večne zatienenom kráteri bola voda. Podľa neoverených správ, ktoré unikli do médií, v oblaku po impakte detegovali vodné parí.

NASA Press Release



Termálna mapa, ktorú urobila sonda Lunar Rekonaisance Orbiter (LRO) z vtipowanej oblasti. Takéto snímky umožnili vedcov nájsť v kráteri Cabeus najchladnejšie terce pre impakt.

Obálka

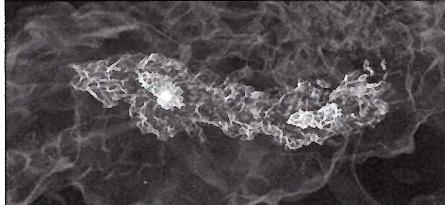
Kráter Victória, ktorý sonda Opportunity skúmala viac ako jeden rok. Pomocou takýchto snímkov sa meral sklon svahov, aby sa našla najbezpečnejšia cesta pre rover. Geologovia ocenili jasné rozlíšenie vrstiev na stenach kráteru, najmä jasný biely pás tesne pod okrajom. Vznikol diagenézou, postupnými chemickými a fyzikálne podmienenými zmenami usadenín. Biela vrstva oddeluje pôvodný povrch od hornín vyvrhnutých impaktom. Na svahoch vľavo sú ešte rozlísitelné stopy rovera.

Rubriky**ALBUM POZOROVATEĽA****32 Kométa 217P LINEAR***/ František Michálek***34 Ako som v Šanghaji (ne)videl zatmenie Slnka / Peter Poliak****PODUJATIA****35 Astrofilm 2009 / Deahoslava Výbochová****40 50 rokov SAS pri SAV / Pavol Rapavý****POZORUJTE S NAMI****36 Obloha v kalendári / Pavol Rapavý****39 Kalendár úkazov a výročí (december 2009 – január 2010) / Pavol Rapavý****SLNEČNÁ AKTIVITA****40 Slnečná aktivita (august – september 2009) / Milan Rybanský****NOVÉ PUBLIKÁCIE****40 Astronomický kalendár 2010***Astronomická ročenka 2010 / Ladislav Druga***Cestopis****39 Cité de l'Espace – Vesmírne mestečko v južnom Francúzsku / Ottó Méhes****Nekrológ****39 Mikuláš Vanya (4. 7. 1946 – 18. 9. 2009) / Ladislav Druga****Témy čísla****9 Po Mesiaci na Mars...?****13 Sondu MESSENGER zradil počítač / Tomáš Přibyl****19 Krása Čevenej planéty (+ 1. str. obálky)****24 Kremíková báza / Milan Zboril****27 Voda na Mesiaci**

30 Bojnický rádioteleskop detegoval medzihviezdný neutrálny vodík / Rudolf Slošiar

Aktuality**2 ob. Otázniky nad lunárnou misiou LCROSS****3 Najväčší prstenec Saturna**

4 Hviezda s čudným planetárnym diskom; Najstaršie hviezdy sa formujú v pároch

**5 Objav novej triedy pulzarov**

6 Najvzdialenejšia supernova; HXL-1: dôkaz existencie stredne veľkých čiernych dier

7 Najväčší prírodný urýchlovač častíc

8 Rýchle hviezdy vo vzdialených galaxiach; Spresnili údaje prvej terestrickej exoplanéty

14 Wolf 940B: najchladnejší substelárny objekt

15 Tunguzka: tak predsa kométa? Zvláštny mikrometeorit z Antarktídy

16 Exoplanéta pri najmenej hviezde Výtrysk zo srdca galaxie

18 Prvé snímky zo satelitu Planck WASP 18b: ďalšia bizarná exoplanéta; WASP 17b: exoplanéta, ktorá by nemala existovať;

Môže magnetizmus zachrániť vyparujúcemu sa planétu?

KOZMOS**Populárno-vedecký astronomický časopis**

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: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove 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 Kulčár, CSc., RNDr. Leonard Korňoš, PhD, doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Anna Pribulová PhD, RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc.

Predsedá redakčného krahu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

Tlač: Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava.

Vychádzka: 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevracame. Cena jedného čísla 1,49 €. Pre abonentov ročne 7,97 € 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.

Predplatiteľstvo: V Českej republike 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 povolené Riadiťstvom poštovéj prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike 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 ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. EV 3166/09

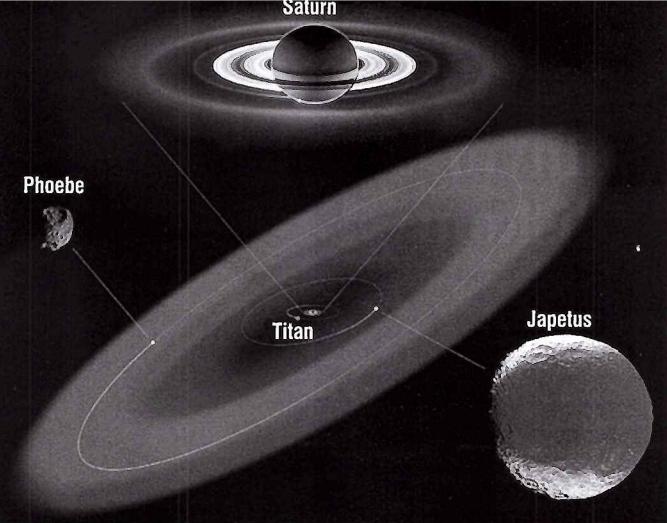
Zadané do tlače 15. 11. 2009

ISSN 0323 – 049X

Najväčší prstenec Saturna

Spitzerov infračervený ďalekohľad objavil v systéme Saturna obrovský prstenec. Nachádza sa na samom okraji systému „kráľa prsteňov“. K rovine známeho prstencu je sklonený pod uhlom 27° . Vnútorný okraj obrieho prstencu je od Saturna vzdialenosť 6 miliónov, vonkajší 12 miliónov kilometrov. Najvzdialenejší Saturnov Mesiac, Phoebe, krúži vo vnútri tohto prstanca.

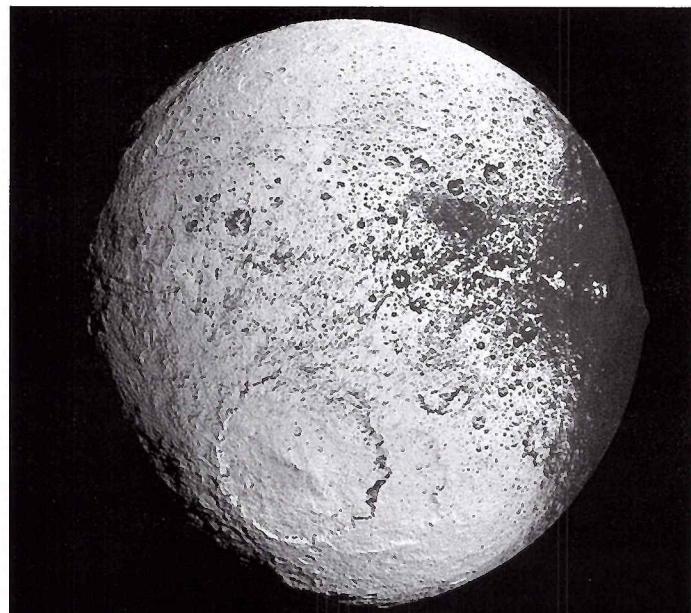
Objavený prstenec je masívny. Vedci odhadli, že jeho hrúbka je 20-násobkom priemeru Saturna. Zmestilo by sa doň 20 miliárd Zemí! Keby sme mohli prstenec po-



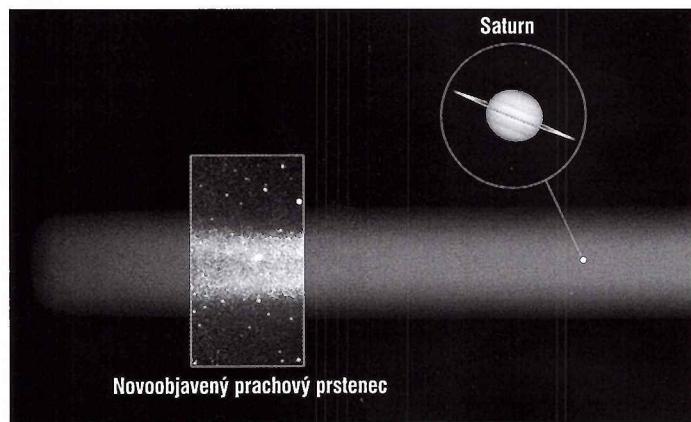
Najväčší Saturnov prstenec s planétou uprostred i s dráhami mesiacov Phoebe a Japetus v systéme.

zorovať voľným okom, zistili by sme, že medzi Saturn a prstenec by sa zmestili dva Mesiace v splne, jeden z ľavej, druhý z pravej strany planéty.

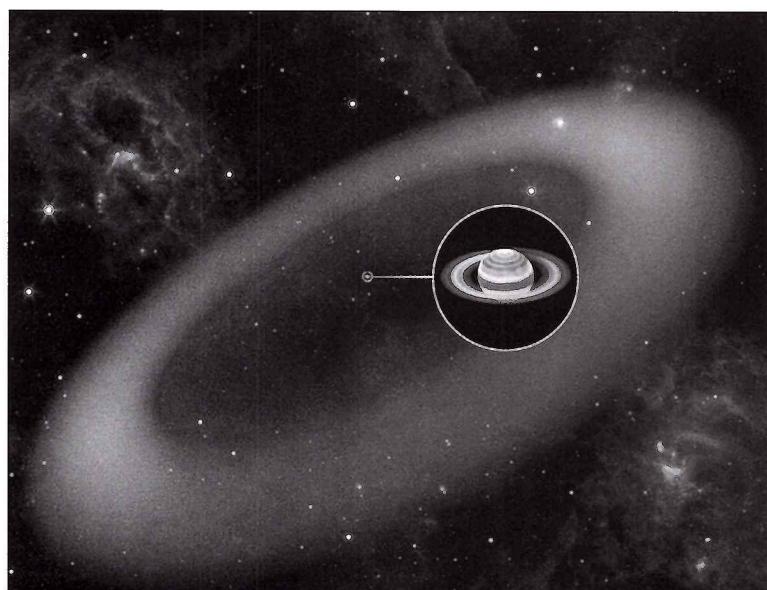
Prstenec je neobyčajne riedky. Tvoria ho mikroskopické zrná kľa-



Dve tváre Saturnovho mesiaca Japetus.



Na infračervenej snímke z ďalekohľadu Spitzer vidíte časť najväčšieho prstence Saturnu. Saturn je biely bod v pravej časti pásu. Vložený obrázok zviditeľňuje detail prstencu spracovaný podľa údajov z fotometra na palube ďalekohľadu. Ilustrácia vpravo hore znázorňuje aktuálny systém Saturnu, aj so sklonom obrieho prstencu k rovine ostatných prstencov.



Na snímke vidíte najväčší, nedávno objavený prstenec so Saturnom uprostred. Ilustrácia systému znázorňuje Saturn so známymi prstencami i sklon velkého prstencu k rovine klasických prstencov. Medzi dva protiľahlé okraje prstencu sa zmestilo 300 Saturnov!

du a prachu. Spitzer dokázal detegovať žiarenie chladného, riedkeho prachu a tak prstenec zviditeľnil.

Objav môže prispieť k odhaleniu záhady Japeta, jedného zo Saturnových mesiacov. Japetus je zvláštne teleso. Má dve tváre: jedna je svetlá, druhá tmavá. Na prvý pohľad priponátaoistický symbol jin-jang. Taliansky astronóm Giovanni Cassini objavil Japetus v roku 1671 a po rokoch rozlíšil aj jeho tmavú stranu. Tá dnes nesie jeho meno: Cassini Regio. Planetológovia doňa dňa netušili, prečo sú dve polovice Japeta také odlišné.

Objav možno pomôže záhadu Cassini Regio odhalíť. Prstenec totiž krúži okolo Saturna rovnakým smerom ako mesiac Phoebe, zatiaľ čo Japetus, väčšina ďalších mesiacov a ostatné prstence krúžia opačným smerom.

Astronómovia už dávnejšie mali podezrenie, že medzi najvzdialenejším mesiacom Saturna, Phoebe

a čierhou tvárou Japetu existuje akýsi vzťah. Objav prstencu to potvrdil.

Prstenec objavila infračervená kamera (viacpásmový snímací fotometer) na ďalekohľade Spitzer, určená na detekciu dlhších vlnových dĺžok. Zamerali ju do oblasti, ležiacej vo vnútri obežnej dráhy Phoebe. Vedci sa nazdávali, že Phoebe sa pohybuje v pásme prachu, ktorý generujú mikrokolízie mesiacov s kométami. (Ide o podobný proces, ktorý nastáva v strednej fáze vývoja protoplanetárnych diskov.)

Už prvý pohľad na údaje zo Spitzera existenciu prachu potvrdili.

Hviezda s čudným planetárnym diskom

Astronómovia z medzinárodného tímu zaznamenali zvláštne správanie mladej hviezdy. Neznámy objekt, podľa všetkého planéta, deformuje jej protoplanetárny disk. Unikátné snímky z vesmírneho dalekohľadu Spitzer zviditeľnili vzácny pohľad na ranú fázu formovania planét.

Planéty sa formujú v prachoplynových diskoch. Spitzer zaznamenal infračervené svetlo z disku, ktorý krúži okolo mladej hviezdy LRLL 31. Astronómov prekvapilo, ako sa intenzita svetla v priebehu týždňov mení. Planéty sa formujú celé milióny rokov, preto rýchle, opakujúce sa zmeny skoro vždy signalizujú čosi výnimočné.

Objaviteľia zatiaľ nevedia, či sa v disku formujú, alebo sa budú formovať planéty. Pozorovanie úkazu im však pomôže lepšie pochopiť vlastnosti a dynamiku jemného prachu, z ktorého sa protoplanéty gravitačne zlepajú. James Muzerolle z STSI v Baltimore zdôraznil: „Je neuveriteľné, že proces formovania planét môžeme pozorovať v reálnom čase.“

Hmotu z disku sa nabaluje na jadro (veľký planetezmál?) ako sneh na snehovú gulu valiacu sa po svahu. Zväčšujúce sa, krúžiace teleso vypluhuje v disku medzeru, pričom samotný disk sa postupne zmenšuje, až nadobudne tvar okrúhleho koláča s dierou uprostred.

V neskoršom štádiu sa disk mení, pretože ho obohacuje materiál z neustále kolidujúcich a rozpadajúcich planetezmálov, asteroidov a protoplanét. Disk napokon vo finálnom štádiu zanikne. Väčšinu prachu a plynu nabalia telesá, ktoré búrlivé obdobie prežili. V našej Slnčnej sústave študujú zvyšok nespotrebovaného prachu astronómovia, špecialisti na medziplanetárnu hmotu.

Vesmírny dalekohľad Spitzer vypustili v roku 2003. Vedci dovtedy objavili iba niekoľko masívnych diskov s výraznými dierami uprostred. Spitzer objavil desiatky takýchto diskov a vďaka citlivosti svojich prístrojov dokáže zmapovať aj ich štruktúry.

Muzerollov tím sa zameriava na mladé hviezdy. Väčšina z nich má disky, v ktorých sa v dôsledku planétovorby vyvijajú. Ide o hviezdy, ktoré sa sformovali v masívnych prachoplynových oblakoch IC 348 v súhvezdí Perzeus, vzdialenosť 1000 svetelných rokov. Niektoré z hviezd, starých 2 až 3 milióny rokov (vek Slnka je 4,5 miliardy rokov), majú prekvapujúce vlastnosti. Jednu z nich, LRLL 31, študovali päť mesiacov tromi prístrojmi na palube Spitzera.

Ukázalo sa, že svetlo z vnútorných oblastí disku sa v priebehu niekolkých týždňov menilo, v jednom prípade v priebehu jediného týždňa. „Disky v štádiu premeny sú



Rýchle zmeny intenzity infračerveného svetla disku, ktorý krúži okolo hviezdy LRLL 31, spôsobuje asi planéta, krúžiaca v na okraji disku. Gravitácia tohto telesa vytvára pohybujúcu sa stenu, ktorá zatieňuje vonkajšie oblasti disku.

naozaj zriedkavé, takže tento typ variability nás naozaj zaujal,“ vraví jeden z členov tímu Kevin Flaherty z Arizonskej univerzity.

Intenzita i vlnová dĺžka infračerveného svetla z hviezdy LRLL 31 sa v priebehu času menia. Napríklad: keď intenzita svetla na kratších vlnových dĺžkach silnie, jasnosť na dlhších vlnových dĺžkach pohasína a naopak...

Čo tieto efekty spôsobuje? Vedci sa nazdávajú, že to bude najskôr planéta, krúžiaca v jednej z medzier vo vnútornej oblasti disku. Gravitácia tohto telesa, krúžiaceho okolo hviezdy, periodicky mení výšku okraja vnútornej časti disku: okraj disku sa pod vplyvom planéty rozšíruje a vytvára čosi ako pohyblivý lupeň, ktorý emituje viac svetla na kratších vlnových dĺžkach, pretože je horúci. V rovnakom čase však zdvihnutý okraj disku zatieňuje

chladný materiál v jeho vonkajších oblastiach, ochladzuje ich, čo spôsobuje pokles intenzity žiarenia na dlhších vlnových dĺžkach.

Rýchle preskupovanie materiálu v disku svedčí o tom, že teleso krúži okolo hviezdy v desaťkrát menšej vzdialosti (0,1 AU) ako Zem okolo Slnka.

Astronómovia budú systém pozorovať aj pomocou pozemských dalekohľadov, aby zistili, do akej miery má neznáme teleso vplyv na pohyb hviezdy. Zároveň si overia, či periodické zmeny intenzity emisie vydeleného svetla z disku sú v synchróne s vydúvaním disku.

Šéf tímu, Muzerolle, je nadšený: „Pripadáme si ako biológovia, ktorí na Petriho miske študujú množenie buniek, ibaže nás objekt je vzdialenosť 1000 svetelných rokov.“

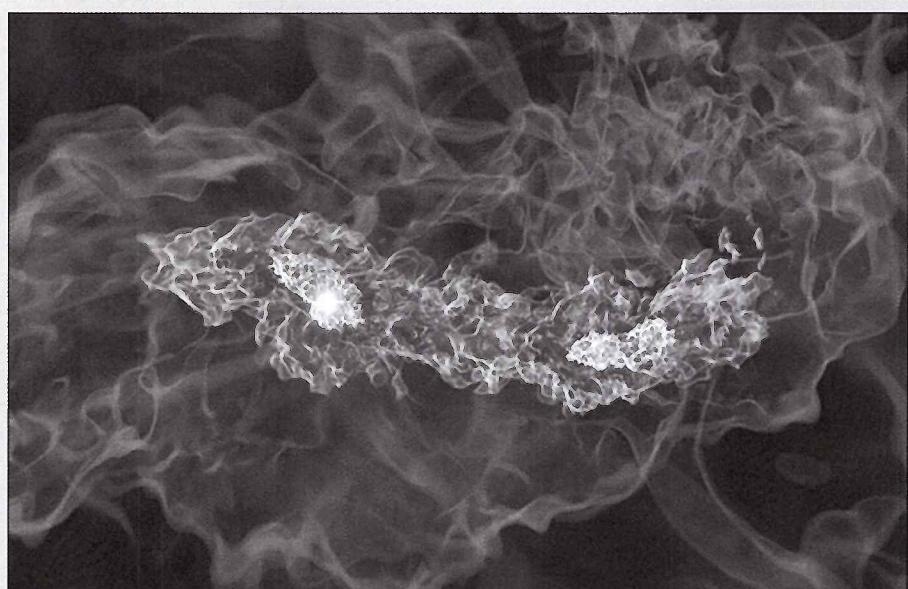
JPL Press Release

Najstaršie hviezdy sa formujú v pároch

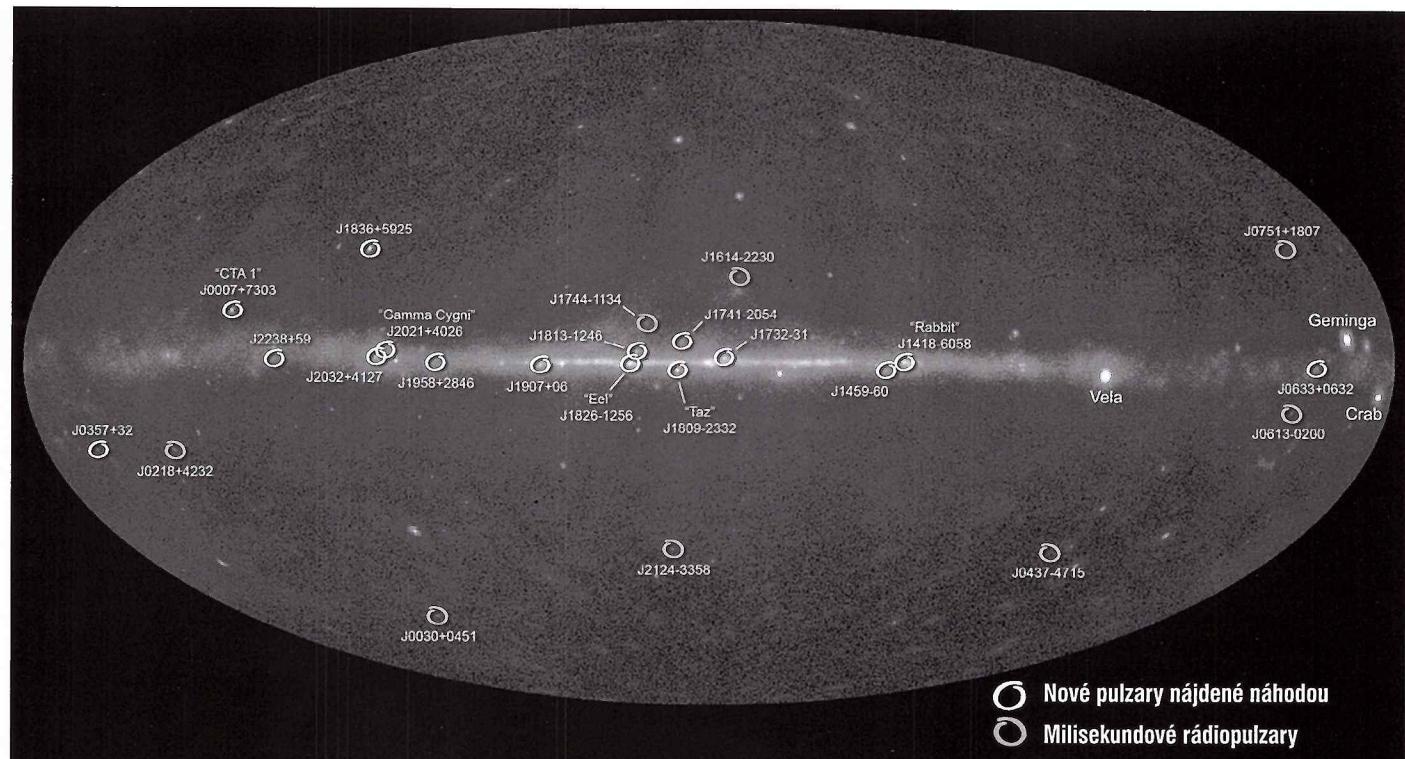
Väčšina dnešných hviezd je súčasťou dvojhviezdy. Stelárni sa nazdávajú, že je tak tomu odjakživa. Vyplýva to z najnovších simulácií na obráh počítačoch. Podľa starších teórií popisujúcich vývoj mladého vesmíru, v ktorom oblaky primordiálneho plynu začali kolabovať a vytvárali prvé svietiace objekty, mali byť prvé hviezdy osamelé. Presnejšie, neformovali sa ako súčasť dvoj- a viachviezdných systémov.

Matthew Turk zo Stanford University vytvoril s kolegami model centrálneho oblaku primordiálneho materiálu s 50-násobne väčšou hmotnosťou ako Slnko. Ukázalo sa, že počas kolapsu sa väčšinu rozpadne do dvoch jadier v pomere 2 : 1. Oba objekty vytvoria dvojhviezdný systém.

Science



Model oblasti, v ktorej sa formovali hviezdy 200 miliónov rokov po big bangu. Vidíme dve protostelárne jadra, každé s 5-násobne vyššou hmotnosťou ako Slnko. Vzdialenosť medzi jadrami je 800 AU. Oba objekty počas sformovania začnú obiehať spoločné tažisko, vytvoria dvojhviezdu.



Na celooblobovej mape je označených 16 nových a 8 milisekundových pulsarov, ktoré objavil Fermiho vesmírny gama ďalekohľad.

Objav novej triedy pulsarov

Fermiho vesmírny gama ďalekohľad objavil 16 zvláštnych pulsarov. Ako vieme, pulsar je rýchle rotujúca neutrónová hvieza. Väčšinu z vyše 1800 pulsarov objavili vďaka ich periodickým emisiám v rádiovnej oblasti. Šestnásť novoobjavených pulsarov však emituje najmä žiarenie gama!

Teoretici existenciu „rádiotichých pulsarov“ pripúšťali. Pred vypustením vesmírneho ďalekohľadu Fermi sme poznali iba jeden takýto

pulsar, pričom aj ten bol objavený iba vďaka emisiám v röntgenovej oblasti. O gama pulsaroch však nikto ani len neteoretizoval. A teraz ich objavili hned šestnásť...!

Robert Johnson a ďalší fyzici zo Santa Cruz Institute for Particle Physics (SCIPP) identifikovali gama pulsary pomocou zložitých výpočtov, ktoré im umožnili skombinovať údaje s Fermiho Gamma-ray Space Telescope a Fermiho Large Area Telescope (LAT). Podľa Johnsona si detekcia pulsov žiarenia gama z typického zdroja vyžaduje toľko údajov, kolko LAT nazbiera v priebehu niekolkých mesiacov.

Z najslabšieho pulsara zachytil LAT iba dva fotóny žiarenia gama za deň!! Zo šestnásťich

gama-pulsarov, ktoré objavil Fermi, 13 je totožných s dávnejšie známymi zdrojmi neidentifikovaných zdrojov žiarenia gama, ktoré detegoval prístroj EGRET na palube vesmírneho ďalekohľadu Compton Gamma-ray Observatory. EGRET objavil vyše 300 bodových zdrojov, ale nezaznamenal pri nich nijaké pulzy. Vedci nevedeli, čo si majú o tom mysiť, až kým vesmírny ďalekohľad Fermi ich tajomstvo neodhalil.

Pulsar emituje rádiové vlny z oboch magnetických pôlov. Bliky pulsaru pripomínajú záblesky rotujúceho svetla na majákoch. Rozlísliť ich môžeme najmä preto, lebo magnetické póly pulsarov nie sú totožné s pólmami na osi rotácie, ale iba vtedy, keď kužeľovitý lúč z pulsaru „obliezne“ Zem.

Fakt, že sa Fermiho ďalekohľadu podarilo objaviť toľko rádiotichých pulsarov, svedčí o tom, že kužeľ, ktorým sa šíri žiarenie gama, je širší ako rádiový kužeľ.

Vedci predpokladajú, že žiarenie gama emituje vonkajšia magnetosféra pulsara. Rýchle rotujúce pulsary generujú mimoriadne silné magnetické a elektrické polia. Tie dokážu urýchliť pohyb nabitých častic takmer na rýchlosť svetla. A práve tieto časticie sa prejavujú ako žiarenie gama.

Energiou, ktorá generuje emisie, je rotácia. Rotácia izolovaných pulsarov sa priamo úmerne vyžiarenej energii spomaľuje. Pulzary, ktoré sú súčasťou dvojhviezdy, však môžu nasávať hmotu zo spoluúplnuka a rotovať čoraz rýchlejšie. Okolo osi sa otočia 100- až 1000-krát za sekundu. Fermiho ďalekohľad detegovali žiarenie gama z 8 takýchto milisekundových pulsarov, ktoré boli už dávnejšie objavené v rádiovej oblasti.

Možnosti vesmírneho gama ďalekohľadu otvárajú zlatý vek gama astronómie.

NASA Press Release



Pulsar Vela.

Pulsar Vela

Pulsar Vela sa otočí jedenásťkrát za sekundu. Momentálne je to najsilnejší zo stálych zdrojov žiarenia gama na oblohe. Gama fotóny, najenergetičkejšia forma svetla, šíriačce sa v kuželi rotujúceho svetla, sú nepočetné. Fermiho ďalekohľad LAT zachytiť z pulsaru Vela jeden fotón za dve minuty. Vzácnosť úložku sa dá vyjadriť aj inakšie: detektor zaznamená jeden fotón na 1000 otočiek pulsara. Z najslabšieho pulsara zachytiť iba 1 fotón za deň.

Pulsary sa najľahšie detegujú v rádiovnej oblasti, a to napriek tomu, že v nej vyžarujú iba nepatrný zlomok energie (3 : 1 000 000). V oblasti gama vyžarujú pulsary okolo 10 % energie.

2003

AKTUALITY

Najvzdialenejšia supernova

Dve z najvzdialenejších supernov objavili vďaka novej technike. Obe vybuchli pred 11 miliardami rokov. Doteraz najvzdialenejšia známa supernova explodovala pre 6 miliardami rokov.

2004

Výbuchom supernovy sa končí život hviezd, ktoré sú najmenej 8-krát hmotnejšie ako Slnko. Jeff Cooke z Kalifornskej univerzity študoval veľké hviezdy s hmotnosťami 50- až 100-krát vyššími ako Slnko v poslednom štádiu ich „hviedzneho vývoja“. Teda v štádiu, keď sa zbavujú časti svojej hmoty a vyvrhujú vonkajšiu obálku do okolitého priestoru. To všetko ešte pred záverečnou, gigantickou explóziou, ktorá na roky osvetľuje hmotu v okolitej priesatore.

Kozmológovia objavujú supernovy tak, že porovnávajú snímky rozličných častí oblohy a študujú, aké svetielko na nich pribudlo. Každé z nich môže byť supernovou. Cooke v priebehu roka exponoval snímky z vytípovaných častí a potom ich porovnával so staršími fotografiami. Výsledný efekt pripomína snímky s mimoriadne dlhou expozíciou.

Tak našiel štyri objekty, ktoré sa zdali byť supernovami. Na dobrej pomoci mu bol obrázok dalekohľad Keck, pretože dokázal získať z podozrivých objektov mimoriadne kvalitné spektrá, umožňujúce určiť, či naozaj ide o supernovy.

Jeff Cooke je presvedčený, že nová technika umožní objaviť ešte vzdialenejšie supernovy a spôsobi revolúciu v našich poznatkoch o tom, ako sa sformovali a vyvíjali galaxie.

Nature

Na snímkach vidíte galaxiu, v ktorej objavili jednu zo štyroch vzdialených supernov. Jasne rozlíšte, ako sa v priebehu rokov najprv zjasňuje a potom jej svetlo viditeľne slabne. V roku 2003 ešte supernova nebola detegovaná. Objavila sa až v roku 2004 a v roku 2005 začala pohasiť. Posledná snímka je zložená z fotografií pred vzplamením supernovy a z fotografií, keď väčšinu svetla galaxie generovala supernova.

Ilustrácia znázorňuje vyvrhnutú hmotu okolo masívnej hviezdy v poslednom štádiu vývoja ešte pred záverečným výbuchom supernovy.

2004

2005



HXL-1: dôkaz existencie stredne velkých čiernych dier

Na ilustrácii vidíte nádherný disk špirálovej galaxie ESO 243-49, vzdialej 290 miliónov svetelných rokov od Zeme. Dôležitý je však HLX-1, jasný objekt vľavo od centrálnej výdute galaxie. Zdá sa, že ide prvy objekt novej triedy čiernych dier.

Doteraz sme rozlošovali supermasívne čierne diery (s hmotnosťami niekoľko miliónov až miliárd slnečných hmotností), ktoré hniezdia v jadrách galaxií a čierne diery, ktoré sa, čo do hmotnosti, vyrovnaný väčším hviezdam (s hmotnosťami 3 až 20 hmotností Slnka). O existencii stredne velkých čiernych dier uvažujú teoretici už dávnejšie, ale ich hypotézy neboli podložené dôveryhodnými pozorovániami. Objav HLX-1 je rukolapným dôkazom, že takéto objekty naozaj existujú.

Objav umožnil röntgenový vesmírny dalekohľad XMM-Newton (ESA). Objavitelia, Sean Farrel a jeho tím z Leicester University pracovali vo Francúzsku, v Centre d'Etude Spatiale de Rayonnements.

Čierna diera je pozostatkom po kolapse masívnej hviezdy, ktorá má také silné gravitačné pole, že z okolia vstrebe všetko, vrátane svetla, ktoré sa ocitne v jej blízkosti. Ale ako sa formujú supermasívne čierne diery, to zatiaľ astronómovia nevedia.

Podľa teórie niektorých supermasívnych čiernych diier sa formujú gravitačným splývaním stredne velkých čiernych dier. Tie sa však dlho nedarilo objaviť.

Vedci v rokoch 2004 a 2008 študovali pomocou vesmírneho dalekohľadu Newton objekt HLX-1. Upútalo ich, že jeho röntgenové spektrum sa nápadne mení. Z toho vyplynulo, že ide o osamelý objekt, nie o zhluk niekoľkých slabších, splývajúcich objektov. Mimoriadna jasnosť telesa naznačuje, že uprostred HLX-1 hniezdi čierna diera viac ako 500-krát masívnejšia ako Slnko. Iné fyzikálne vysvetlenie z nameraných údajov nevyplýva.

Nature a University of Leicester Press Release

Najväčší prírodný urýchlovač častíc

Počas misií Apollo astronauti niekoľkokrát referovali na Zem, že videli záblesky svetla aj vtedy, keď mali oči zavreté. Dnes vieme, že to bolo kozmické žiarenie: extrémne energetické časticie vygenerované mimo Slnečnej sústavy, ktoré neprestajne bombardujú našu atmosféru. Ak atmosférou preletia, môžu spôsobiť poruchy na elektronických zariadeniach.

Kozmické žiarenie generujú zdroje vo vnútri našej Galaxie. Ide o protóny, ktoré sa pohybujú bezmála rýchlosťou svetla. Tieto superrýchle protóny majú energiu, ktorá o niekoľko rádov prevyšuje energie, aké dokáže vygenerovať Veľký hadrónový urýchlovač v CERN.

Prírodnými urýchlovačmi v našej Galaxii by mohli byť rozpínajúce sa obálky po explóziach umierajúcich hviezd. Dôkaz sa však až donedávna nenašiel...

Astronómovia z Utrechtu nedávno vypočítali, kolko energie majú mraky plynu v rozpínajúcich sa obálkach, či presnejšie: preverili, či explózie hviezd môžu urýchlovať časticie na rýchlosť blízke rýchlosťi svetla.

Ked' hvieza vybuchne ako supernova, veľká časť energie sa spotrebuje na urýchlenie niektorých častic až na úroveň vysokých energií. Zvyšná energia však nedokáže zohriať plyn na takú teplotu, akú teória predpokladá.

Vedci študovali pozostatky hviezdy, ktorá podľa čínskych kroník vybuchla v roku 185. Ten-



Na snímke viditeľny je pozostatok po výbuchu supernovy, ktorý zaznamenali v roku 185 Číňania. Po rokoch štúdia tohto objektu vedci odhalili tajomstvo najefektívnejšieho urýchlovača častic v našej Galaxii. Superrýchle protóny kozmického žiarenia, ktoré bombardujú Zem, urýchluje na vysoké energie nárazová vlna, produkt gigantickej explózie.

to zvyšok po supernove v súhvezdí Kružidlo, označený ako RCW 86, je vzdialenosť 8200 svetelných rokov. Je to podľa všetkého najstarší záznam o výbuchu supernovy.

Pomocou dalekohľadu VLT/ESO zmerali vedci teplotu plynu hned' za nárazovou vlnou, ktorú explózia vyvolala.

Podarilo sa zmerať aj rýchlosť nárazovej vlny, a to tak, že sa použili snímky röntgenového vesmírneho dalekohľadu Chandra spred troch rokov. Zistili, že nárazová vlna sa pohybovala rých-

losou 10 až 30 miliónov kilometrov za hodinu, čo sú 1 až 3 % rýchlosťi svetla. Teplota plynu dosahovala až 30 miliónov stupňov! Extrémna teplota, ale vzhľadom na nameranú rýchlosť nárazovej vlny nižšia ako teoretici očakávali. Plyn by podľa nich mal mať teplotu 500 miliónov stupňov!!!

Heureka! Chýbajúca teplota je oným generátorom, ktorý urýchluje časticie.

**Astronomical Institute Utrecht,
Holandsko**



Detailná snímka oblasti, kde sa skrýva prírodný urýchlovač častíc.



Snímka širokouhlej kamery označuje oblasť, kde vedci objavili zdroj kozmického žiarenia z našej Galaxie. Elipsa neoznačuje polohu zdroja, ale upozorňuje na miesta, kde sa nachádzajú väčšie časti rozptýlenej hmoty, rozptýlenej výbuchom supernovy RCW 86. Štvorčeky ohraňujú oblasť, ktoré monitoroval dalekohľad VLT a röntgenový satelit Chandra.

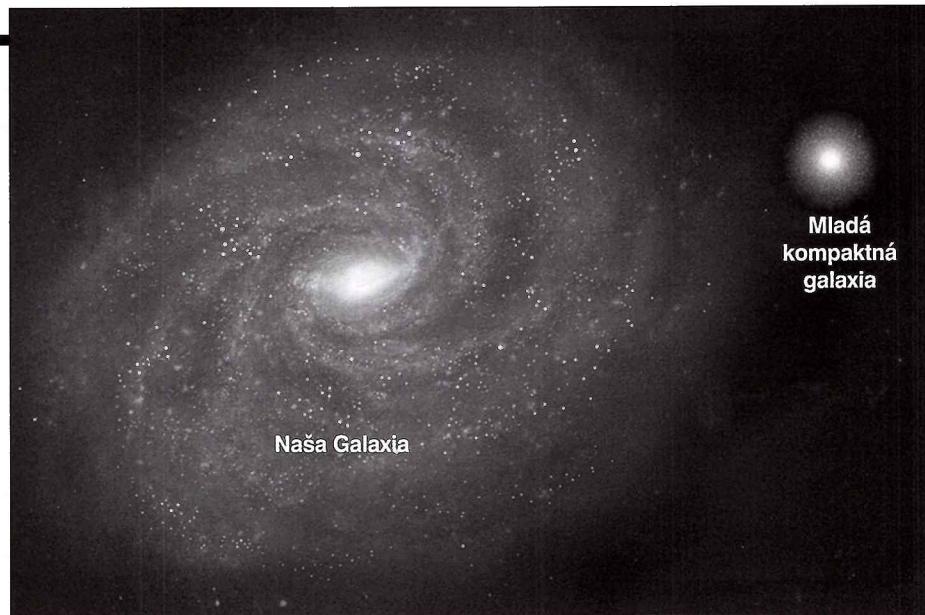
Rýchle hviezdy vo vzdialených galaxiách

Astronómom sa po prvý raz podarilo zmerať pohyb hviezd v galaxii vzdialenej 11 miliárd svetelných rokov. Pohybujú sa rýchlosťou 1,6 milióna kilometrov za hodinu, čo je dvojnásobok rýchlosťi, akou Slnko krúži okolo jadra Mliečnej cesty.

Objav rýchlych hviezd pomáha vedcom rekonštruovať záhadu, ako sa tieto vzdialé galaxie, oveľa menšie ako naša Galaxia, vyvinuli na veľké hviezne ostrovy, ktoré vidíme dnes.

Galaxia je veľmi malá, ale hviezdy krúžia okolo jej jadra tak rýchle ako hviezdy v oveľa väčších, mladších galaxiach, ktoré nie sú také vzdialé. To znamená, že i hmotnosť týchto malých galaxií bola neobyčajne veľká. Ako sa v mladom vesmíre mohlo v takom malom priestore sústrediť takto hmota? Ako sa tieto protogalaxie premenili na veľké galaxie? To sú otázky, na ktoré astronómovia hľadajú odpoved.

O objave rýchlych hviezd v mladých galaxiach informuje tím Pietera van Dokkuma z Yale University. Tím skombinoval údaje z vesmírneho ďalekohľadu HST a 8-metrového ďalekohľadu Gemini-South v Čile. Pomocou obrieho ďalekohľadu Gemini zmerali vedci rýchlosť hviezd podobne, ako policajti merajú rýchlosť áut na cestách. Spektroskopické pozorovania v blízkej infračervenej oblasti trvali 29 hodín. Iba tak sa podarilo zachytíť extrémne slabé svetlo vzdialenej galaxie, ktorú označili číslom 1255-0.



Na ilustrácii môžete porovnať našu Galaxiu s mladou, kompaktnou galaxiou v mladom vesmíre.

Svetlo galaxie 1255-0, ktoré vedci študujú, bolo vyžiarene pred 10,7 miliardami rokov, iba tri miliardy rokov po big bangu.

V dnešnom vesmíre sa také malé kompaktné galaxie nevyskytujú. Hviezdy sa v nich pravdepodobne zoskupili okolo čiernej diery. Ale ako sa sformovali čierne diery? Podľa jednej z hypotéz gravitačným splývaním prvých, neobyčajne masívnych hviezd, oveľa väčších ako najväčší hviezdní obři v dnešnom vesmíre. Aj to je však iba hypotéza, takže otázka, na ktorú strelánci hľadajú odpoveď, pripomína ľudovú prekáračku: „Čo bolo skôr? Kura, alebo vajce?“

Vedci chcú nazriet ešte hlbšie do vesmíru. Umožní im to aj širokouhlá kamera (Wide Field Camera 3), ktorú nedávno namontovali na Hubblovom vesmírnom ďalekohľade. „Predkovia

týchto extrémnych galaxií musia mať zvláštne fyzikálne vlastnosti, keď dokázali zoskupiť také veľké množstvo hviezd v takom krátkom čase,“ vráví van Dokkum.

Van Dokkumov tím nadvázuje na nedávne štúdie najstarších a najsvietivejších galaxií v rannom vesmíre, ktoré sú tiež veľmi kompaktné. Ich hmotnosť je porovnatelná s hmotnosťou hviezd v dnešných eliptických galaxiach. Najmasívnejšie galaxie, ktoré pozorujeme v dnešnom vesmíre, majú hmotnosť porovnatelnú s galaxiou 1255-0, ale sú až päťkrát väčšie. Vývoj galaxií počas posledných 10 miliárd rokov sa zatiaľ objasniť nepodarilo. Klúcom k pochopeniu evolúcie galaxií je dôkladné štúdiu dynamiky mladých, kompaktných galaxií. *Nature, Astrophysical Journal*

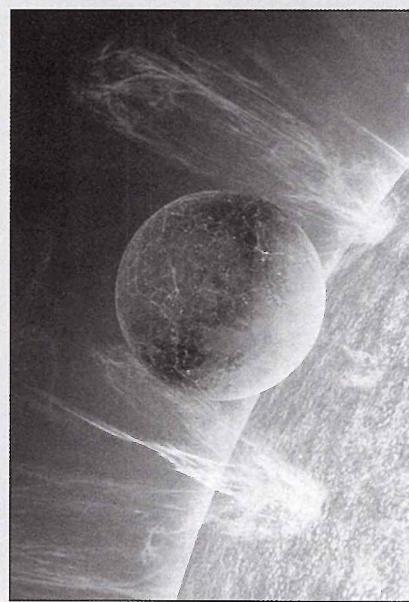
Spresnili údaje prvej terestrickej exoplanéty

Pred časom sme uverejnili správu o objave terestrickej exoplanéty (CoRoT-7b). Jej fyzikálne parametre: má rovnakú hustotu ako Zem, ale 5-krát vyššiu hmotnosť. Materskú hviezdu obieha po najesnejšej obežnej dráhe zo všetkých, doteraz známych exoplanét. Na jej dennej strane sa vzdúva oceán rozťavenej lávy.

CoRoT-7b obehne materskú hviezdu, žltého trpaslíka G9 za 20,4 hodiny. Svetlo hviezd počas tranzitu zoslabne iba o 1/3000. Francúzsky satelit CoRoT aj taký pokles jasnosti dokázal zaznamenať. Vedci z nameraných údajov vypočítali priemer exoplanéty, 1,8 priemeru Zeme a spresnili aj jej hmotnosť na $4,8 \pm 0,8$ hmotnosti Zeme. Spresnenie údajov o priemere a hmotnosti umožnilo určiť aj priemernú hustotu: $5,6 \pm 1,3$ gramov na kubický centimeter. Rovnakú hustotu má aj Zem.

Exoplanéta CoRoT-7b, vzdialenosť 400 svetelných rokov, stala sa tak prvou, stopercentne potvrdenou terestrickou planétou mimo našej Slniečnej sústavy.

Hviezda, okolo ktorej exoplanéta krúži, pokrýva 30° oblohy nad ňou. Na strane, ktorá je k hviezde neustále privŕtená, panuje večný deň. Ak CoRoT-7b nemá atmosféru, teplota na odvrátenej strane dosahuje hodnoty blízke absolútnej



Ilustrácia znázorňuje terestrickú exoplanétu CoRoT-7b, kružiacu okolo materskej hviezdy po najesnejšej, (doteraz známej) obežnej dráhe.

nule. Medzi dennou a nočnou sférou by však mali existovať zóny s miernymi teplotami. Ak má planéta dostatočne hustú atmosféru, mohla sa na oboch pologuliach udržať voda vo všetkých troch skupenstvách. Na odvrátenej strane v podobe ľadu, na privŕtanéj ako para, v hraničných zónach aj v tekucom skupenstve.

Planetológovia zatiaľ nepoznajú pôvod tohto bizarného sveta. „Može to byť terestrická planéta pôvodne pokrytá oceánmi, ktoré sa vyparili, ale aj pevné jadro niekdajšieho obra, ktorého plynová obálka sa v blízkosti hviezdy vyparila. Vylúčiť nemožno ani možnosť, že ide o terestrickú planétu, ktorá pôvodne obiehala okolo hviezdy po vzdialenej dráhe. Na blízku obežnú dráhu ju mohol posunúť gravitačný kopanec vzdialenej obrey planéty, ktorá zmenila vlastnú obežnú dráhu po interakcii s iným planetárnym obrom“, vraví Brandon Tingley, člen vedeckého tímu CoRoT.

Tím nedávno potvrdil aj existenciu druhej exoplanéty v tejto sústave. Ide o superZem, ktorá je 8- až 9-krát hmotnejšia ako tá naša. Materskú hviezdu obehne za 89 hodín. Táto planéta počas obehu neprechádza pred kotúčom hviezdy, takže jej priemer je zatiaľ neznámy.

CoRoT Press Release.

Po Mesiaci na Mars...?

Vyslanie lode s ľudskou posádkou bude najodvážnejším dobrodružstvom v dejinách ľudstva. Štyria až šiesti ľudia strávia v neveľkej lodi šesť mesiacov na ceste k Červenej planéte. Po náročných pristávacích manévroch bude posádka na povrchu Marsu vegetovať 600 dní v stiesnených habitatoch... Až dotedy, kým sa Zem opäť neocitne v tom bode obežnej dráhy, ktorý im umožní návrat. A napokon: marsonauti odštartujú z Marsu v návratnom module, aby sa v inej lodi, ktorá ich už bude na obežnej dráhe čakať, vrátili po šiestich mesiacoch späť na Zem.

Pri ceste na Mesiac možno misiu v istých fázach skratiť, či prerušiť. (Spomeňme si na napínavú anabázu posádku Apollo 13.) Po štarte lode z obežnej dráhy okolo Zeme na Mars riadiace centrum takúto možnosť mať nebude. Napriek tomu je expedícia na Mars uskutočnitelná. Ak by Američania alebo krajiny s najrozvinutejšou kozmonautikou sústredili dosť prostriedkov, už koncom tretej dekády tohto storcia by prvý človek vstúpil na červenkastý martanský povrch.

Najväčšinejším prívržencom martanskéj misie je letecký inžinier Robert Zubrin, zakladateľ a prezident Martanskej spoločnosti a autor manifestu *Prípad Mars: Plán osídlenia Červenej planéty a prečo to musíme urobiť*. Zubrin je zároveň aj hlavným architektom plánu misie Mars Direct, podľa ktorého je možné vypraviť sa na Mars skôr a za menej peňazí, ako to navrhuje NASA.

Inžinieri z Mars Direct sú presvedčení, že ľudstvo martanskú misiu uskutočniť musí. Nie len kvôli zisteniu, či život na Marse existuje alebo existoval. Svet potrebuje novú výzvu, inšpiráciu pre nastupujúce generácie. Zubrin hovorí: „Cielom je vyslať ľudí na Mars. Tam je výzva. Tam je budúcnosť. Tam je nová hranica.“ Zubrin je presvedčený, že expedícia na Mars by vyvolala globálnu technologickú revolúciu za oveľa menej peňazí ako vojny... Pod-



Jadrová termálna raka dopraví marsonautov z obežnej dráhy okolo Zeme na Mars. Jej výhodou je, že pohon má väčší výkon pri menšej spotrebe paliva. Ilustrácia znázorňuje raketu po spojení lode s posádkou, ktorá práve prileta zo Zeme.



Nákladná loď, vyslaná 2 roky pred štartom lode s posádkou, dopraví na Mars všetok užitočný náklad. Tento nákladný pristávací modul bude automatickou chemickou fabrikou, ktorá z dovezencích surovín a martanskej atmosféry dokáže vyrobíť palivo pre lod (MAV), ktorá dopraví marsonautov na Zem.

mienila by nezistnejšiu spoluprácu veľmoci... Stala by sa významným prvkom uplatňovania stratégie zmysluplného, udržateľného rozvoja...

A to všetko by oslabilo hrozbu stagnácie, úpadku a globálneho ústupu demokracie.

Ako sa na Mars dostaneme ?

Na kozmickej lodi. Ale na akej? Autori sci-fi už dávno vymysleli masívne kozmické koráby, ktoré premávajú medzi planétami ako autobusy medzi mestami. Skutočnosť je oveľa zložitejšia.

Let na Mars bude mať tri fázy. Počas prvej sa kozmická loď vymaní z pôsobenia gravitácie Zeme. Potom sa bude jej pohyb na trajektórii k Marsu zrychľovať. Napokon sa dostane do vplyvu gravitácie Marsu a bezpečne pristane na jeho povrchu. Každá fáza predstavuje pre vedenov a konštruktérov osobitný problém.

Najprv treba vyriešiť problém paliva. Musí vystačiť na cestu k Marsu a na návrat na Zem. Hmotnosť paliva je vždy značne vyššia ako hmotnosť nákladu. Veľká kozmická loď by bola gigantickou nádržou plynu, na vrchole ktorej tróni nepatrňa kozmická loď. Taká loď by počas letu na Mars spotrebovala obrovské množstvo paliva.

Problém môže vyriešiť stratégia misie rozdelenej na etapy. Túto stratégiu načrtol už v roku 1989 (v deň 20. výročia pristátia lode Apollo 11 na Mesiaci) vtedajší americký prezident George H. W. Bush.

NASA vzápäť zverejnila „90-dňovú štúdiu“ o tom, ako by sa dala Bushova vízia uskutočniť. Astronauti poletia na Mars v masívnej lodi. Po usadení na obežnej dráhe by sa rozdelila na materskú loď a pristávací/návratný modul. Pri takomto variante by marsonauti pobudli na povrchu Marsu iba 30 dní.

Mars Direct

Náklady na takúto expedíciu by dosiahli 500 miliárd dolárov. Príliš veľa, takže vláda takúto nákladnú expedíciu neschválila. Projekt NASA



však podnietila iniciatívu inžiniera Zubrina, ktorý vtedy pracoval v spoločnosti Martin Marietta Astronautics. Spolu s kolegom Davidom Bakerom využili šok kongresmanov z vysokých nákladov, potrebných na uskutočnenie plánu NASA: „Bolo nám jasné, že misia musí byť rýchlejšia a lacnejšia. Inak sa neuskutoční.“ Svoj alternatívny plán nazvali Mars Direct.

Podľa plánu Mars Direct odletí na Mars najskôr kozmická loď s nákladom, na ktorej vypustenie by stačil nosič s výkonom rakety Saturn 5 z éry Apollo. Loď by dopravila na Mars aj kozmickú loď Earth Return Vehicle (ERV), ktorá by dopravila marsonautov späť na Zem. Nákladná loď by odletela priamo (direct) na Mars, nemusela by na obežnej dráhe doplniť palivo na ďalší let.

ERV by pristál na Marse bez paliva pre spaťočný let. Bol by však vybavený zariadením ISRU (in-situ resource utilization). Jeho súčasťou by bola chemická minitováreň – jadrový elektrický generátor a zásoba tekutého vodíka. Tekutý vodík by sa priamo na Marse obohatil oxidom uhličitým z marťanskej atmosféry a zariadenie by vyrobilo metán a kyslík na raketové palivo.

Po 26 mesiacoch, keď by sa otvorilo ďalšie okno pre let na Mars, zo Zeme by odletela posádka. Marsonauti by sa však vydali na cestu iba vtedy, keď by riadiace centrum malo istotu, že v nádrži návratnej lode je dostatočné palivo. Loď pre posádku pripomína malý domček pre raketový pohon. Nesie aj rover na metánový pohon štvorčlennú posádku.

Na trajektórii navrhnutej autormi Mars Direct sa spotrebuje podstatne menej paliva, ale predzísa pobyt na Červenej planéte. Po šesťmesačnom lete na Mars budú musieť astronauti prežiť v nehostinnom prostredí 600 dní. Tolklo času uplynne, kým sa otvorí najvhodnejšie okno pre návrat na Zem.

Vo chvíli, keď loď s posádkou opustí Zem, ďalšia nákladná loď vynesie dopraví na obežnú dráhu okolo Marsu druhú návratnú loď (ERV). Je to bezpečnostná poistka: ak by prvá loď zlyhala, marsonauti by sa mohli vrátiť domov na druhej. Ak by marsonauti druhú loď nemuseli použiť, počkala by na ďalšiu posádku.

Po každej misii by sa počet habitatov pre posádku a ďalších zariadení na povrchu Marsu zväčšoval. Tak by vznikla prvá marťanská základňa s vymieňajúcimi sa posádkami. Báza pre ďalšiu kolonizáciu.

Náklady na Mars Direct by boli podstatne nižšie ako na misiu NASA: 20 až 30 miliárd dolárov, plus 1 až 2 miliardy pre nasledujúce pilotované lety na Mars. (Pri dnešnej hodnote dolára by boli náklady o tretinu vyššie.) Príprava misie by trvala desať rokov.

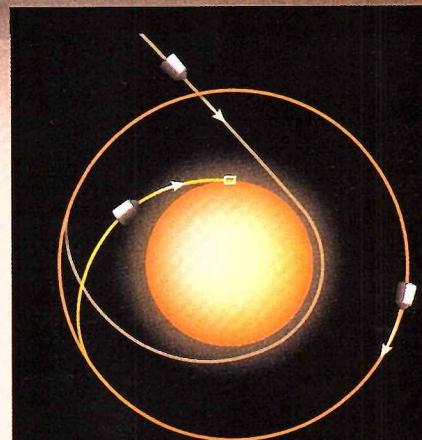
Odpoveď NASA

NASA ešte v roku 1990 vypracovala konkurenčný projekt: Design Reference Mission (DRM), ktorú vyvinuli vedci a inžinieri v Johnson Space Center. Aj NASA sa rozhodla pre etapový variant Mars Direct, vrátane predlženého pobytu a výrobe paliva priamo na Marse. NASA však navrhla iný návrh posádky.

Ako dopraviť ľudí na povrch Marsu?

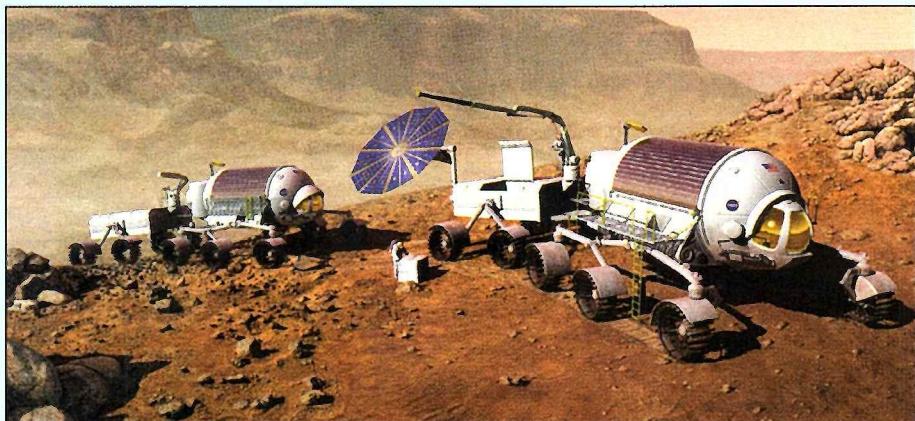
Zariadenia, potrebné pre dlhodobý život a prácu ľudí na Marse sú kvôli svojej hmotnosti nad súčasné možnosti medziplanetárnej dopravy. Najzložitejším problémom je mäkké pristátie nákladu s hmotnosťou nad 900 kg. Rýchlosť pristávajúcej sondy má spomalniť SIAD, supersonický nafukovací decelerátor, ktorého povrch pripomína draka.

Ilustrácia znázorňuje pristávanie nákladu s hmotnosťou 40 ton.



1. Aerobrzda

Rýchlosť lode prilietajúcej zo Zeme spomali najskôr marťanská atmosféra. Sonda sa postupne usadí na kruhovej dráhe vo výške 400 km.



Marsonauti strávia na povrchu Červenej planéty 600 dní. Okolie budú skúmať pomocou roverov. Budú zbierať vzorky hornín, študovať atmosféru a počasie a využívať robotických pomocníkov.

Najprv by loď Mars Ascent Vehicle (MAV) vyniesla posádku na obežnú dráhu, kde by prestúpila do medziplanetárnej lode, ktorá tam prepraví nákladnú loď.

Osem rokov po zverejnení variantu s DRM vyvinula NASA ďalší projekt s pracovným

názvom Mars Semi-Direct. Tento projekt si nevyžiada vývoj novej, drahej rakety, ktorá by dopravila 200 ton (loď s posádkou plus náklad) na Mars. Ovela menší nosič (80 ton) by vyniesol náklad a segmenty s pohonom na obežnú dráhu kolo Zeme, kde by sa pospájali a odštartovali

Výška: 125 km
Rýchlosť: 20 000 km/hod
Čas: 0 minút

1. Začiatok zostupu

Pristávací modul chráni počas zostupu o atmosféru ochranný štít.

Séria slalomových výkyvov zamieri modul smerom k pristávaciemu terču

3. Zostup

Pristávací modul ešte viac pribrzdí obri decelerátor SIAD s priemerom 50 metrov.

Výška: 9 km
Rýchlosť: 1400 km/hod
Čas: 7,6 minúty

4. Pristávanie pomocou trysiek

Modul sa už pohybuje pomalšie ako zvuk. Decelerátor strhne z neho ochranný štít. V tom momente sa zapáli brzdiaci motor. Modul čoraz pomalšie klesá smerom k určenému miestu.

Výška: 2,6 km
Rýchlosť: 400 km/hod
Čas: 8,7 minúty

5. Pristávanie

Motory brzdia modul iba 36 sekúnd. Modul mäkkoo dosadne na povrch. Celý pristávací manéver trvá 9,3 minúty.

Každá chyba by skončila vytvorením nového krátera na marťanskom povrchu.

Najobľažnejšie je zabezpečiť strednú fazu pristávacieho manévra: zostup. „Problém je v tom, že vysokú energiu lode na obežnej dráhe musíte redukovať na jej zlomok, (menej ako 1 %) skôr, ako sa lod dotkne povrchu,“ vraví Robert Manning, šéf inžinier Mars Exploration Program v Jet Propulsion Laboratory (NASA) v Pasadena.

Pristátie sondy Mars Phoenix Lander v máji 2008 na Marse bolo vydarenou ukážkou manévrov, ktoré vedci momentálne považujú za najbezpečnejšie. Sonda vstúpila do marťanskej atmosféry na jej vonkajšom okraji, vo výške 125 kilometrov. V momente vstupu do atmosféry sa pohybovala rýchlosťou 20 000 kilometrov za hodinu. Trenie atmosféry obtekajúcej ochranný štít sondy spomalil sondu na rýchlosť 1400 kilometrov za hodinu. Vzápäť sa otvoril padák, ktorý znižil rýchlosť na 400 km/hodinu. Po krátkom voľnom páde sa vo výške 975 metrov zažali brzdiace motory, pomocou ktorých sonda mäkkoo dosadla na povrch. To všetko sa udialo v priebehu 7 minút!

k Marsu. Vyslanie lode s posádkou by si vyžiadalo šesť takýchto štartov.

Projekt NASA počíta s komplikovanejším a hmotnejším hardvérom ako Mars Direct, ale sleduje rovnaký cieľ.

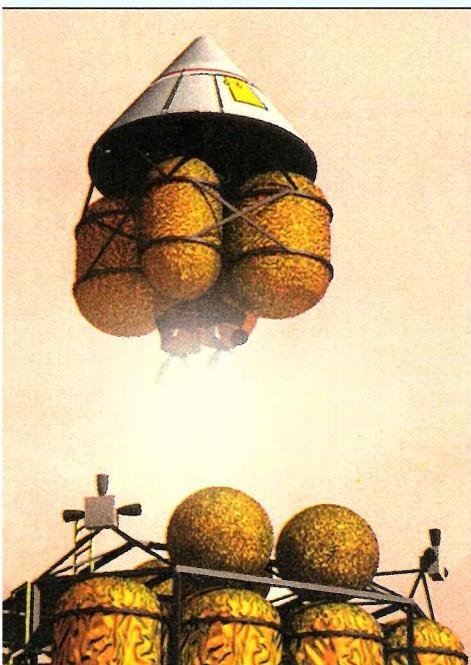
Oba projekty posunuli misiu na Mars do reálnej roviny. NASA sice nezverejnila odhad nákladov na DRM, ale určite to bude menej, ako vyrátili projektanti misie, ktorú svojho času zverejnili Bush senior.

Pristátie na Marse

Jedným z najchúlostivejších momentov marťanskej misie je pristátie na povrchu Marsu. Kozmickí inžinieri nazvali túto fazu EDL (entry, descent and landing), čo znamená vstup do atmosféry, zostup a pristátie.

Najväčším problémom je spomalenie rýchlosťi kozmickej lode, pohybujúcej sa nadzvukovou rýchlosťou v priebehu 10 minút na nulu.

Mars opustia na výstupnom module MAV, ktorý ich dopraví na obežnú dráhu. Tam prestúpia do lode, ktorá ich odvezie na Zem.

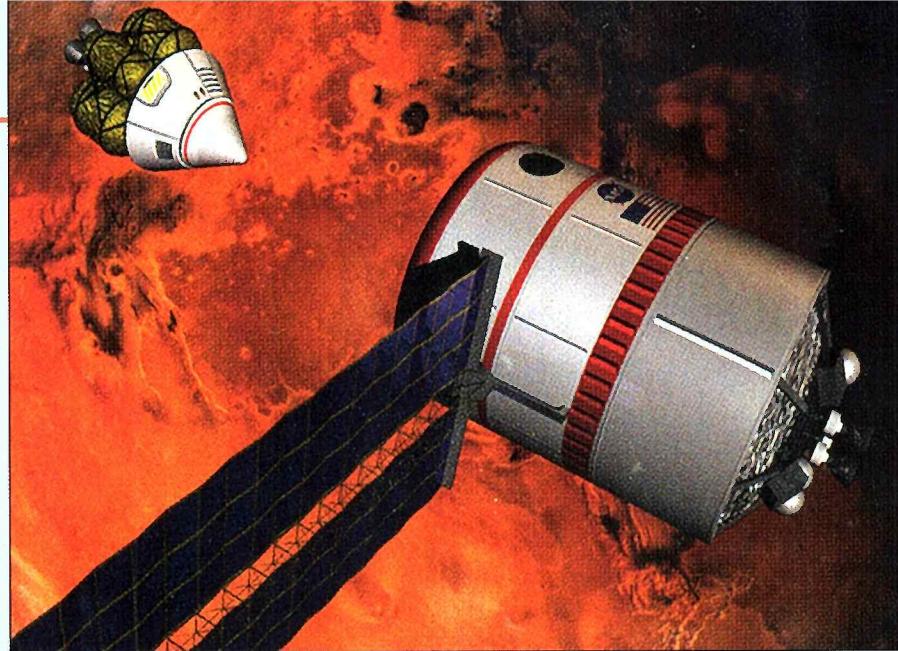


Súčasná technológia EDL sa najbližšie použije v roku 2011, pri plánovanom pristávaní sondy Mars Science Laboratory (MSL). Hmotnosť sondy na povrchu bude 900 kilogramov. Konvenčná kombinácia tepelného štítu, padákov a brzdiacich motorov však neumožňuje pristátie lode, ktorá by bola hmotnejšia ako rover MSL.

Projekty Mars Direct i DRM/NASA však počítajú s nákladmi 30 až 60 ton. Manning a jeho ľudia sú presvedčení, že pristávanie lode s posádkou si vyžiada nové technológie. Ľudia z Mars Direct i z DRM sa spoliehajú na padáky. Vzhľadom na mimoriadnu riedkosť martanskej atmosféry to budú mimoriadne veľké padáky, schopné v krátkom čase a bez poškodenia spomalí nadzvukovú rýchlosť sondy. Vedci vypočítali, že taký padák musí mať plochu futbalového ihriska.

Ani záverečná fáza pristávania, na spôsob modulov Apollo, nie je bez problémov. Rakety, ktoré spomalia pohyb lode na obežnej dráhe i v poslednej fáze pred pristátiom, spotrebujú veľa paliva. Navyše oheň chrliaci trysky rakiet v riedkej martanskej atmosfére pri nadzvukových rýchlosťach môžu vyvoláť instability, ktoré sa dajú iba ťažko predvídať.

Experti z EDL/NASA i ďalších stredísk kozmického výskumu dali hlavy dokopy. Výsledkom brainstormingu je SIAD, supersonický nafukovací aerodynamický decelerátor. Predstavte si obrovsky airbag v tvare bedmintonovej loptičky.



Nákladná loď (vpravo) s plným zásobníkom paliva čaká na MAV. Návrat marsonautov na Zem potrvá 130 až 180 dní.

Robert Braun a jeho tím z Georgia Institute of Technology v Atlante vypracovali scenáre pre pristávacie manévre lodí s ťažkými nákladmi pomocou technológie SIAD. Vyvinuli i plán, ako dopravit 20 ton pozemského nákladu (na Marse 8,3 tony) pomocou nafukovacieho decelerátora a brzdiacich motorov.

Decelerátory sú zatiaľ prveľké (v priemere majú 50 metrov), ale mali by fungovať. Dokážu spomaliť rýchlosť lode na 720 km/hodinu, čo už je rýchlosť, ktorá dovoľuje zapaliť motory, umožňujúce mäkké pristátie.

V dostupných materiáloch DRM/NASA sa píše, že takto možno dopraviť na povrch loď s hmotnosťou 65 ton. To je stonásobok priemernej hmotnosti doterajších robotických sond.

Braun momentálne pracuje na maximálnom znížení hmotnosti každej súčasti nákladu: „Najoptimálnejšie by boli náklady s hmotnosťou 15 ton. To by dovolilo zmenšiť rozmery SIAD a uľahčilo by realizáciu aj ďalších výhodných vlastností EDL.“

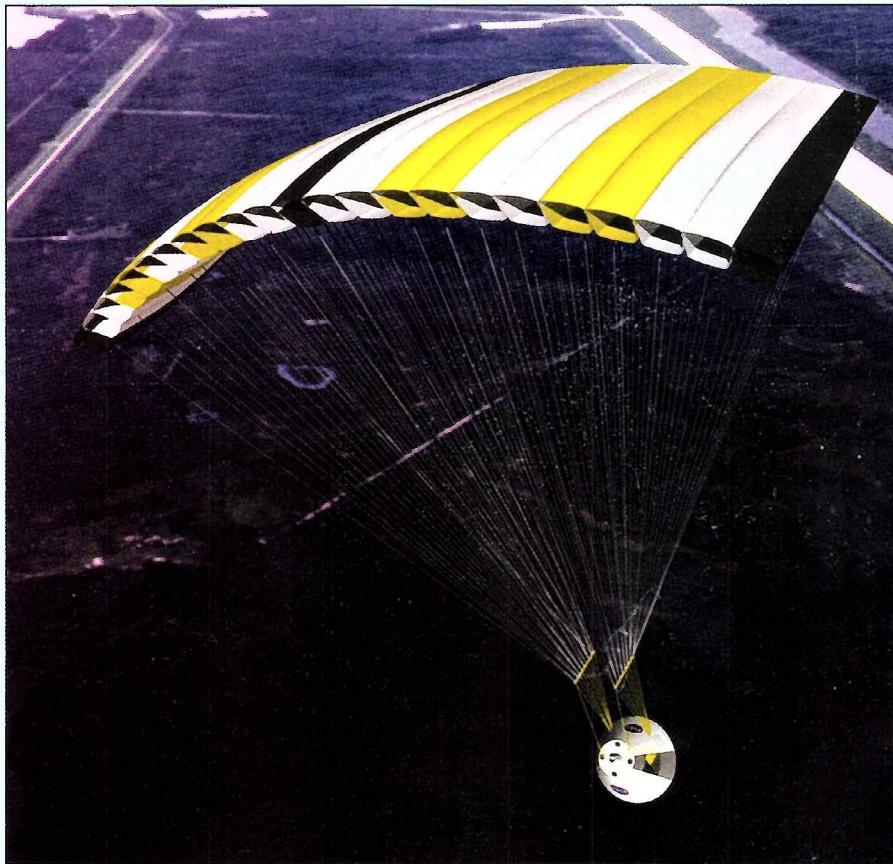
Na hranici technických možností

Nafuknúť a rozvinúť SIAD, obrí airbag, ktorý má rozpätie krídel Boeingu 747 pri rýchlosti niekoľko tisíc kilometrov za hodinu, vyžaduje nápad storočia. I tento problém sa však vyriešiť dá.

Nie všetci zdieľajú optimizmus konštruktérov z Mars Direct a NASA. Donald Rapp, bývalý inžinier z JPL, zverejnili v roku 2007 podrobnejšiu analýzu letov na Mars. V knihe *Human Missions to Mars* nenechal na projekte DRM/NASA súčej nitky. Aj Rapp súčasťou verí, že ľudstvo potrebuje novú výzvu, ale upozorňuje, že nadšenie Zubrinovcov treba racionálne krotiť.

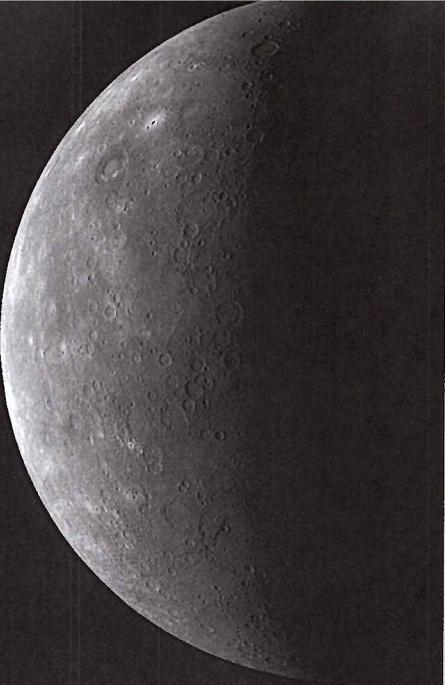
Aj Rapp tvrdí, že ak sa počas 30 rokov uvoľní z amerického, alebo zdržaného rozpočtu 10 miliárd dolárov ročne, misia na Mars by sa dala uskutočniť. Ak sa však zohľadní, že prioritu má momentálne návrat na Mesiac a veľmoci musia riešiť ekonomickú krízu a eko-logicke hrozby na Zemi, reálnym termínom pristátia prvých ľudí na Marse bude podľa Rappa najskôr rok 2080.

Zubrin však trvá na svojom. Je presvedčený, že projekt martanskej odyssey môže ľudstvo pozitívne mobilizať. Tvrídí: „Na Mars musíme ísť nie preto, že je to ľahké, ale preto, že je to ťažké. Vzhľadom na technológie, ktoré máme k dispozícii, je uskutočnenie martanskej misie oveľa jednoduchšie, ako bolo vyslanie ľudí na Mesiac pred štyridsiatimi rokmi.“



Po 1000 dňoch sa marsonauti vrátia na Zem tak ako prví kozmonauti: v malom pristávacom module (5,5 t), zavesenom na padáku.

Jsou věci, kterým se při meziplanetárních letech prostě nelze vyhnout a které je nutné respektovat: patří mezi ně především zákony nebeské mechaniky. Proto americká sonda MESSENGER zatím jen nesměle okukuje svoji cílovou planetu, Merkur, a na navedení na její oběžnou dráhu se teprve chystá.



Na snímcích: záběry Merkuru ze září 2009 pořízené sondou MESSENGER.

Sondu MESSENGER zradil počítac

Americká meziplanetární sonda MESSENGER (MErcury Surface Space ENvironment GEochemistry and Ranging) zahájila svoji kosmickou odyseu startem 3. srpna 2004 z floridského mysu Canaveral. Ke svému cíli, planetě Merkur, se poprvé přiblížila 14. ledna 2008, kdy jej minula o 203 km. Druhý průlet nastal 6. října 2008 tentokrát s maximálním přiblžením na 199 km. A třetí setkání obou těles (228 km) se uskutečnilo 29. září 2009. S navedením na oběžnou dráhu Merkuru se nyní počítá 18. března 2011.

Proč tento složitý „tanec“, proč MESSENGER nevstupuje na dráhu kolem cílové planety hned? Odpověď je jednoduchá: je zapotřebí co nejvíce sblížit dráhy obou těles tak, aby vzájemná rychlosť byla co nejnižší. Jinými slovy: aby bylo pro provedení brzdícího manévrku potřebí co nejméně paliva. Jde přitom o dramatický rozdíl, protože kdyby čistě

hypoteticky chtěla na oběžnou dráhu Merkuru vstoupit sonda Mariner-10 při průletech v letech 1974 a 75, musela by svoji rychlosť snížit o 7 100 m/s. Naproti tomu MESSENGER bude pro stejný manévr potřebovat ve finále zbrzdit jen o 900 m/s.

Průlety jsou každopádně maximálně využívané a kromě kalibrace přístrojů plus dalších systémů sondy jsou při nich získávané cenné vědecké informace. Zatímco při prvních dvou průletech byly přístroje sondy pouze nasměrovány k planetě s cílem získat co nejvíce informací (vědci lačně hltali každý bajt), protože rozlišení přístrojů bylo nesrovnatelné s daty získanými při průletech Marineru-10 před 35ti lety), na

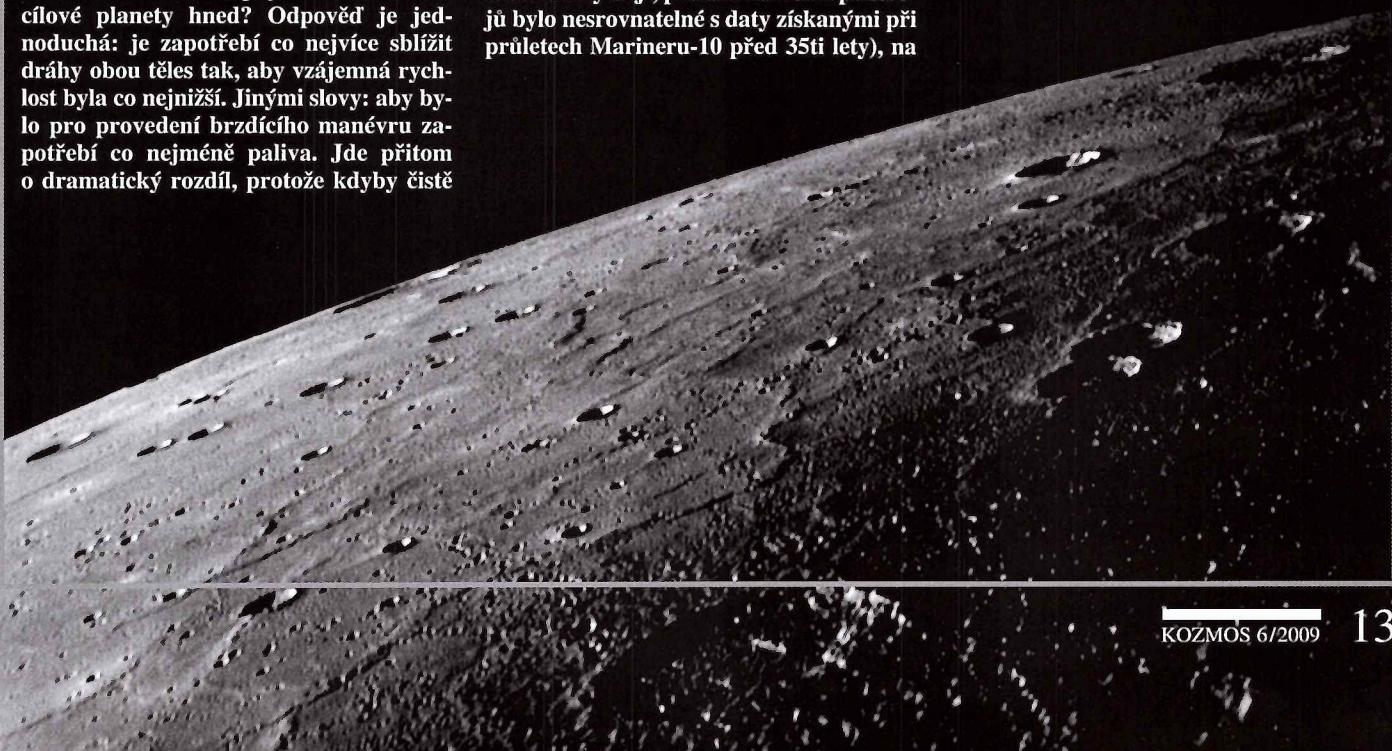
třetí nachystali komplexní program: vybírali si devět nejzajímavějších oblastí snímaných již při předechozích průletech. Pro celou průletovou sekvenci bylo nachystáno sedm tisíc příkazů, které měly palubní systémy sondy postupně provést.

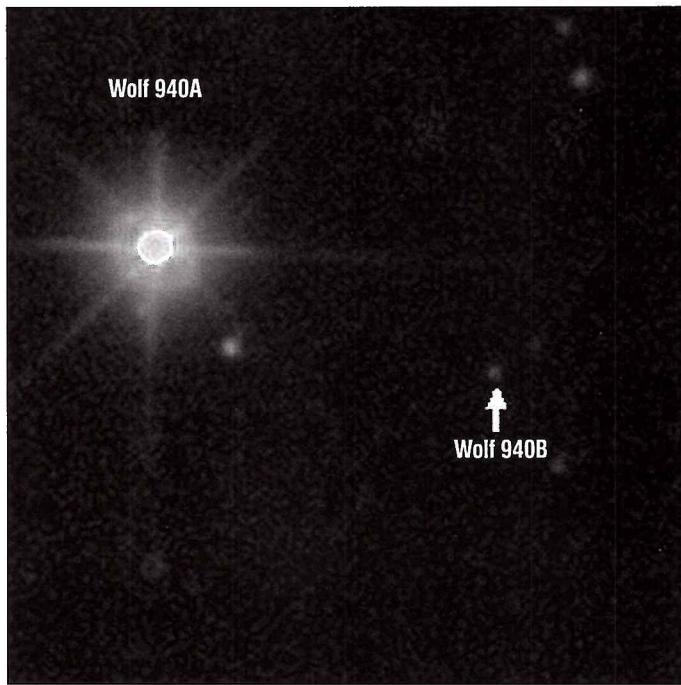
Jenomže všechno bylo nakonec jinak... Podařilo se sice získat 150 MB dat, ale ve srovnání se zamýšleným úlovkem to bylo málo. Důvodem se stala skutečnost, že čtyři minuty před okamžikem největšího přiblžení MESSENGERu k planetě přešel palubní počítac do bezpečnostního módu a normální provoz sondy se obnovil až šest hodin po průletu. Důvodem byla neočekávaná konfigurace palubního energetického systému, kterou počítac vyhodnotil jako anomálii a raději zastavil všechny operace, které nebyly kritické.

Gravitační manévr byl naštěstí ryze pasivní – nevyžadoval žádnou korekci motorů ani jiný zásah ze strany palubních systémů sondy – takže proběhl úspěšně. Značná část vědeckých dat z největšího přiblžení k planetě ovšem nebyla pořízena. Průletová měření byla rozplánovaná na 37 hodin, takže z tohoto úhlu pohledu by ztráta šesti hodin nemusela být nikterak tragickou: vědci ovšem želí skutečnosti, že šlo o data z nejčasnějšího průletu (a tudíž s nejvyšším rozlišením). Přesto se podařilo na fotografovat třeba pět procent povrchu planety, který jsme dosud nikdy neměli možnost spatřit.

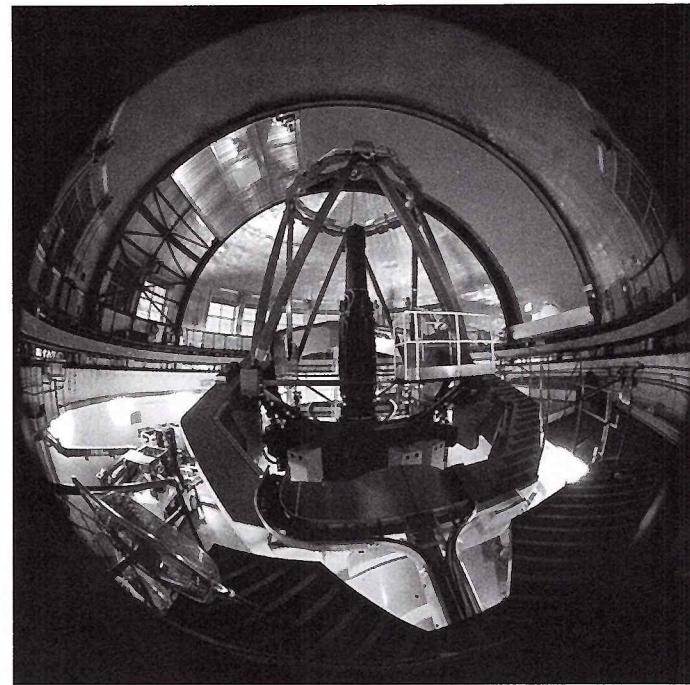
Technici řídící let MESSENGERu každopádně mají necelého půlroku roku na vyšetření příčin přechodu palubního počítacé do bezpečnostního módu – a přijetí takových opatření, aby k něčemu podobnému už nedošlo. Protože podobný výpadek v březnu 2011 při brzdícím manévrku by mohl být pro celou misi smrtelný...

TOMÁŠ PŘIBYL
Foto NASA





Fotografia hviezdy Wolf 940 a jej „planéty“ Wolf 940B.

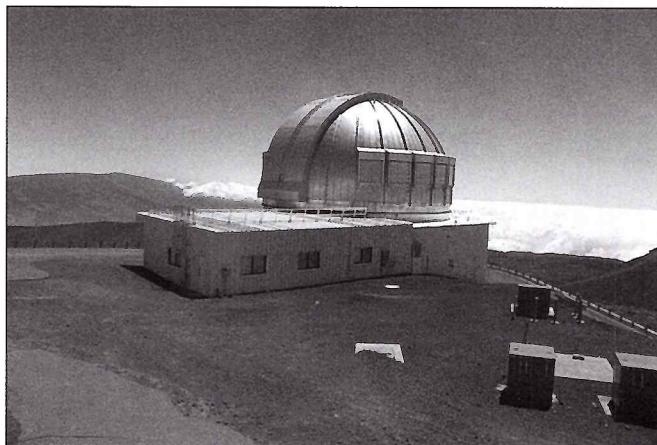


Širokouhlá kamera Infračerveného ďalekohľadu Veľká Británia (UKIRT) na Mauna Kea.

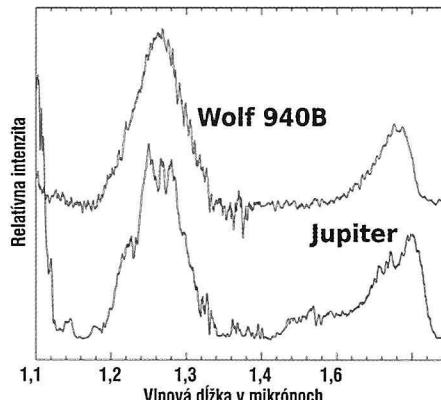
Wolf 940B: najchladnejší substelárny objekt

Presnejšie: objekt, ktorý objavil tím astronómov z University of Hertfordshire (Veľká Británia) je najchladnejším substelárnym telesom, objaveným v susedstve našej Slnečnej sústavy. Obieha okolo hviezdy Wolf 940, vzdialenej iba 40 svetelných rokov od Zeme.

Teplota povrchu zvláštneho telesa dosahuje 300 °C. Na prvý pohľad vysoká teplota, pri ktorej sa už topí olovo, ale podľa hviezdnych štandardov ide o vyslovenú kuriozitu. „Také chladné substelárne teleso sme zatiaľ takto podrobne nemali možnosť sledovať,“ vraví Ben Birmingham, vedúci tímu.



Pohľad na UKIRT na vrchole sopky Mauna Kea na Havajských ostrovoch.



Porovnanie spektier Jupitera a chladného objektu Wolf 940B.

Vedci sa nazdávajú, že objekt sa sformoval ako hvieza, ale teraz pripomína skôr Jupiter. Čo do veľkosti sa Jupiteru vyrovňa, ale má 20- až 30-krát vyššiu hmotnosť. Zarážajúca je aj podobnosť spektier materskej hviezdy a jej exotického spoluústnika.

Teleso Wolf 940 B krúži okolo materskej hviezdy v 440-krát väčšej vzdialnosti ako Zem okolo Slnka. Obeholie okolo nej za 18 000 rokov. Mohol by to byť hnedý trpaslík? Tie-to degenerované hviezdy, v ktorých vyhasli jadrové reakcie, majú nízku teplotu. Vo viditeľnom svetle sa iba veľmi ľahko dajú rozlišiť. Väčšinu hnedých trpaslíkov objavili infračervené ďalekohľady.

Modely atmosfér hnedých trpaslíkov sú zatiaľ v plienkach, ale pri rozpoz-

naniu exoplanét sú práve atmosféry klúčom k ich identifikácii. V spektrach exoplanét dominujú absorpcné čiary vody a plynného metánu, z ktorých sa dá vyčítať vek a zloženie telesa. V tomto prípade podobnosť spektier oboch telies, materskej hviezdy i záhadného telesa, prácu astronómov uľahčí. „Objavili sme Rosettskú dosku, ktorá nám pomôže rozlúštiť záhadu,“ vraví Birmingham. (Nápis na Rosettskej doske, zapísaný egyptskými hieroglyfmi i gréckym písmom, umožnil Champolionovi rozluštiť jazyk starých Egypťanov.)

Materskú hviezdu, červeného trpaslíka a chladný objekt, ktorý ju obieha, pomenovali podľa nemeckého astronóma Maxa Wolfa, objaviteľa prvého červeného trpaslíka.

Populácia červených trpaslíkov je v našej Galaxii najpočetnejšia. (Odhaduje sa, že tvoria až 85 % z celkového počtu hviezd v Mliečnej ceste.) Je preto pravdepodobné, že systémov podobných systému W 940 je veľa. Čoraz podrobnejšie prehliadky oblohy sú zárukou, že v susedstve našej Slnečnej sústavy ich onedlho budeme poznať viac.

Aj objekt Wolf 940B objavili v rámci veľkej infračervenej prehliadky UKIRT Infrared Deep Sky Survey (UKIDSS), ktorá sa robí pomocou anglického ďalekohľadu UKIRT na Havajských ostrovoch. Wolf 940B je najchladnejšie a najslabšie teleso v našom susedstve. Objavili ho tak, že ďalekohľad zaznamenal na oblohe pohyb neznámeho telesa. Údaje z UKIRT poslali Angliačania astronómom v Čile, na Havajských a Kanárskych ostrovoch, ktorí objav vzápäť potvrdili.

Údaje o teplote spresnil ďalekohľad Gemini-North na Mauna Kea. Teleso pozoroval aj vesmírny infračervený ďalekohľad Spitzer.

Objav umožní astronómom rozlišovať chladných hnedých trpaslíkov a obrie planéty s teplou atmosférou.

Monthly Notices of
the Royal Astronomical Society

Tunguzka: tak predsa kométa?

Vyše sto rokov sa vedci sporia, aké teleso vybuchlo v roku 1908 nad sibírskou tajgou v oblasti Podkamennej Tunguzky. Michael Kelly z Cornell University zverejnil nedávno štúdiu, z ktorej vyplýva, že to bola s vysokou pravdepodobnosťou kométa. Kellyho uzávery vyplývajú z údajov, ktoré získal štúdiom splodín z trysiek raketoplánov a nočných svietiacich oblakov.

Tieto oblaky sú žiarivé, a viditeľné v noci. Tvoria ich drobné čiastočky ľadu. Formujú sa iba vo veľkých výškach a pri extrémne nízkych teplotách. Takéto oblaky sa objavili deň po explózii nad Tunguzkou. Pozorujú ich aj po štartoch raketoplánov.

Po výbuchu nad Tunguzkou sa dostalo do vysokých vrstiev atmosféry veľké množstvo vody. Bola to voda z jadra, ktoré sa po vniknutí do atmosféry vyparilo. Vodnú paru dopravili do horných vrstiev atmosféry mohutné víry, ktorých energiu generoval proces tzv. dvojdimenziónej turbulencie, ktorá vznikla po rýchлом vniknutí masívneho, ale krehkého telesa komety do atmosféry.

Iba tak sa dá vysvetliť fakt, že svietielkujúce nočné oblaky sa sformovali deň po úkaze a pozorovali ich na miestach vzdialených tisíce kilometrov od Podkamennej Tunguzky.

Nočné žiarivé oblaky sa normálne formujú počas leta, vo výškach okolo 80 až 85 kilometrov nad polárnymi oblasťami. V tomto období panuje v mezofére teplota ménus 117 °C. Smerom k pólom putujú aj oblaky splodín z raketoplánov. Raketoplán počas štartu vypustí 300 ton vodnej pary do termosféry Zeme. Keď oblaky splodín vniknú nad póly do mezoféry, sformujú sa do svietielkujúcich oblakov.

Kelly po prvýkrát pozoroval tento úkaz



Tajga v oblasti Podkamennej Tunguzky na Sibíri niekoľko rokov po výbuchu. Teleso, ktoré vniklo do atmosféry Zeme, najskôr kométa, sa začalo vo výške 80 kilometrom nad povrchom rozpadať. Vo výške 25 kilometrov explodovalo. Nárazová vlna povalila niekoľko miliónov stromov korunami smerom od výbuchu.



Ilustrácia rozpadajúcej sa komety nad oblasťou Podkamennej Tunguzky. Výbuch splaníroval 1200 štvorcových kilometrov lesa.

niekoľko dní po štarte raketoplánu Endeavour (STS-118) v auguste 2007. Podobné oblaky boli pozorované aj pri štartoch iných raketoplánov.

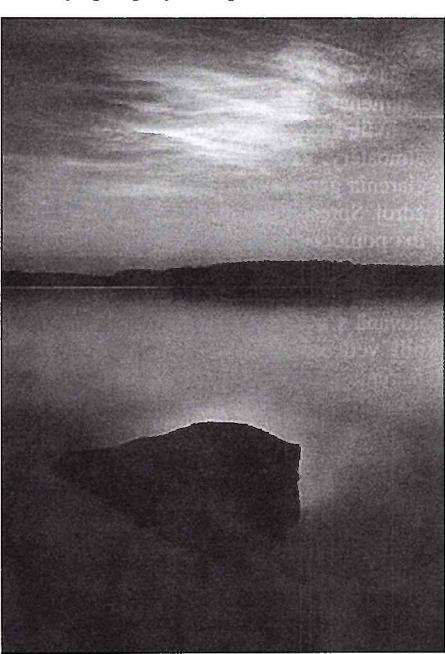
Kelly si v dobovej tlači prečítal svedectvá ľudí, ktorí desať dní po Tunguzke pozorovali nočnú oblohu nad Európou. Obloha bola nezvyčajne jasná najmä nad Veľkou Britániou, ktorá leží bezmála 5 000 kilometrov západne od Tunguzky. Kellyho napadlo, že žiarit mohli iba nočné žiarivé oblaky, zvyšok po komete, ktorá sa vyparia. Kométa sa totiž začala rozpadať na hraničiach mezoféry. Vyprájujúce sa ľady vytvorili za ňou mohutný chvost, rovnako ako splodiny za raketoplánom.

Ako sa vodná para počas jediného dňa dostala zo Sibíri nad Veľkú Britániu, bez toho aby sa rozpadaľa a rozptýlia? Nijaký známy fyzikálny model však čosi podobného nepripúšťa.

A tak Kelly a jeho tím vynášli „novú fyziku“: namodeloval dva proti sebe sa pohybujúce víry s extrémnou energiou. Vzostupná špirála vznikla vniknutím komety s priemerom jadra 4 až 6 kilometrov do atmosféry. Ak sa vodná para z rozpadajúcej sa komety dostala do týchto vírov, pohybovala sa rýchlosťou 100 metrov za sekundu.

O štruktúre vetrov v najvyšších vrstvach atmosféry zatiaľ vela nevieme, hoci údajov zo sond vynášaných špeciálnymi raketami z prístrojov na balónoch a na satelitoch je čoraz viac.

Záhadu Tunguzky sa zdá byť po 101 rokoch vyriešená.



Noctilucentne, svietielkujúce oblaky nad Severným Fínskom. Takéto oblaky, plné drobných zrniek ľadu, sa formujú iba vo veľkých výškach nad polárnymi oblastami.

Cornell University Press Release

Zvláštny mikrometeorit z Antarktídy

Tento mikrometeorit bol pod mikroskopom na prvý pohľad iný ako ostatné, ktoré v Antarktíde našli. Kamienok, pomenovaný MM40, je prvý achondritický, čadičový mikrometeorit objavený na povrchu Zeme. Podrobnej analýza ukázala, že má nezvyčajné chemické zloženie, takže je hľadankou, ako a kde v Slnečnej sústave vznikol.

„Poznáme čadičové meteory z Vesty, z Mesiaca i z Marsu,“ vrávaj Caroline Smith, kurátorka zbierky meteoritov v Prírodozávodnom múzeu v Londýne. „Chemické zloženie MM40 však takýto pôvod vylučuje.“

MM40 má priemer 150 mikrónov. Nie je väčší ako bodka na konci tejto vety.

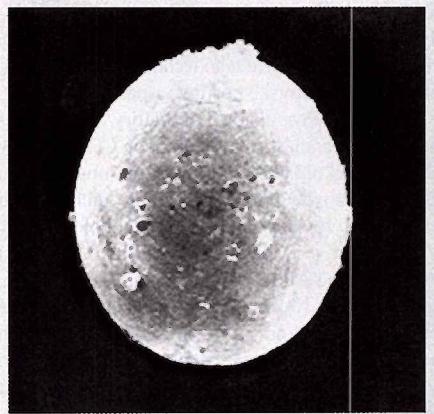
Chondrity sú meteority, ktoré sa v našej Slnečnej sústave sformovali ešte predtým, ako sa primordiálny materiál akreoval do planét. Sú pôvodné, nezmenené pretavením, rekrytalizáciou počas formovania planét, či pod vplyvom erózie na povrchu planetárnych telies.

Achondrity sa sformovali neskôr, keď sa v protoplanetárnych diskoch začali gravitačne zliepať planéty. Podľa ich zloženia dokážu vedci odhadnúť, aké procesy prebiehali počas formovania veľkých telies.

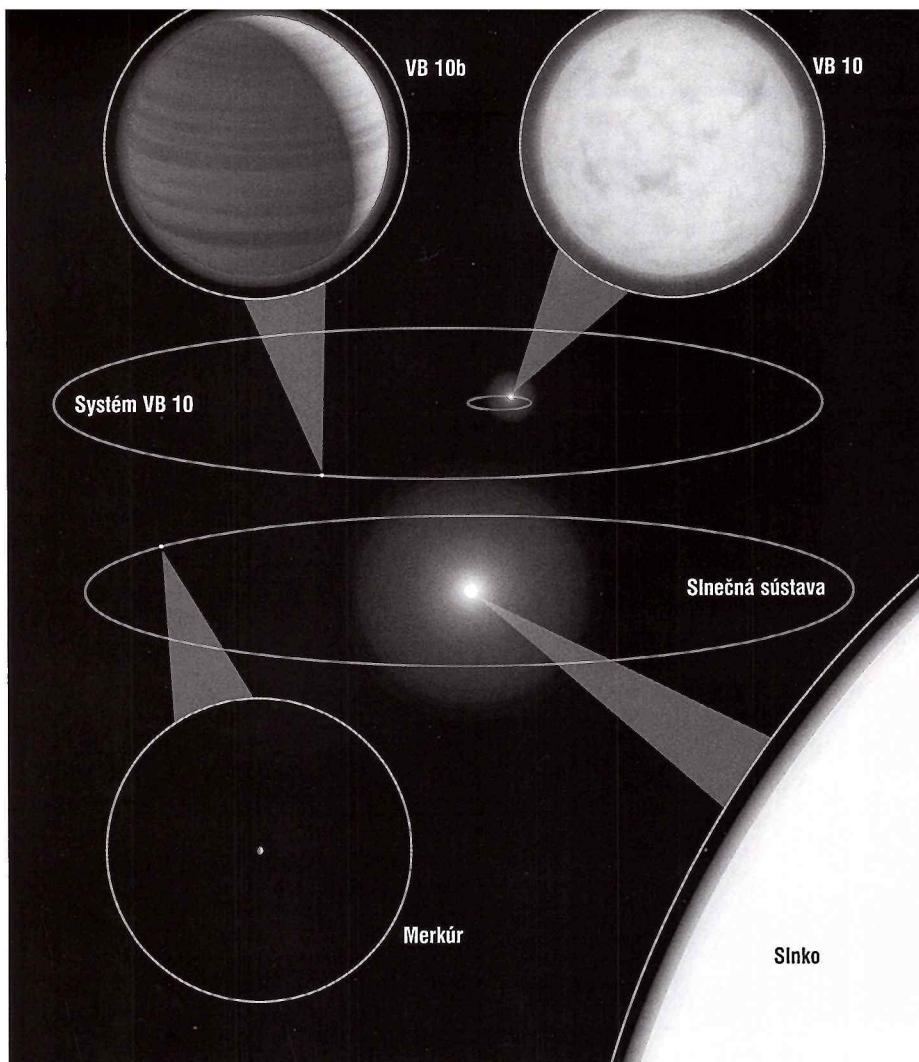
Objav achondritu z Antarktídy rozšíri poznatky o kôre planét. Materský asteroid, z ktorého MM40 pochádza, sa pod vplyvom prostredia výrazne menil. Proces jeho metamorfózy skončil 7,9 miliónov rokov po sformovaní Slnečnej sústavy. Numerické simulácie dynamiky pohybu medziplanetárneho prachu naznačujú, že MM40 pochádzá z nedávno objavenej skupiny čadičových asteroidov, patriacich do rodiny Vesty.

Mikrometeority sú pre planetológov a astrochemikov vzácnou korisťou. Sú klúčom k hlbšiemu pochopeniu formovania planét. MM40 sa dostať na Zem náhodou. Jeho objaviteľ ušetril vede milióny dolárov, potrebných na vyslanie návratnej sondy.

National Academy of Sciences



Vzácny mikrometeorit MM40 je veľký ako bodka na konci tejto vety.



Ilustrácia porovnáva našu Slnečnú sústavu (dole) so systémom trpaslícej hviezdy VB 10. Exoplanéta VB 10b je rovnako veľká ako materská hviezda VB 10. Obieha okolo nej v rovnakej vzdialosti ako Merkur naše Slnko. Slnko je 12-krát väčšie ako hviezda VB 10.

Exoplanéta pri najmenšej hviezde

Obojiali exoplanétu, ktorá obieha jednu z najmenších známych hviezd. Obojavitelia použili techniku astrometriu. Ide o prvý objav exoplanéty tou- to technikou, ktorá umožňuje mimoriadne presné merania polohy hviezd. Nepatrne zmeny pohybu hviezd spôsobené súputníkom deteguje aj konkurenčná technika merania radiálnej rýchlosťi hviezd (smerom k pozorovateľovi a smerom od neho). Nie priamo: pri použíti tejto techniky prezradia exoplanétu dopplerovské posuny v spektri hviezdy.

Tím z Jet Propulsion Laboratory/NASA skúmal celých dvanásť rokov pomocou CCD kamery na 5 m ďalekohľade v Palomarskom observatóriu 30 vytipovaných hviezd. Pri jednej z nich objavili exoplanétu. Joviánska planéta krúži okolo hviezdy VB 10, ktorá je oveľa menšia ako Slnko. Najnovší exoJupiter je šesťkrát väčší ako ten nás. Je možné, že okolo VB 10 obiehajú aj menšie, terestrické planéty. Vzhľadom na to, že sedem z desiatich hviezd na oblohe má rovnaké parametre ako VB 10, objav znamená, že exoplanét by malo byť oveľa viac ako teória donedávna priprúšťala.

Exoplanéta VB 10b objavili vo vzdialosti 20 svetelných rokov v súhvezdí Orla. Je to chladný

Jupiter, podobný tomu nášmu. Hviezda VB 10, okolo ktorej krúži, je M trpaslík. Trpaslík má 12-krát nižšiu hmotnosť ako naše Slnko a keby bol iba o niečo „lahší“, v jeho jadre by nemohol prebiehať fúzia. Nebol by hviezdou, ale hnedým trpaslíkom.

VB 10 je jednou z najmenších známych hviezd. Po objave sa stala najmenšou známu hviezdou, ktorá má exoplanétu. Hviezda má súčasne oveľa vyššiu hmotnosť ako joviánska exoplanéta, ale čo do veľkosti sú rovnaké!

Ak má takáto hviezda planetárnu sústavu, mala by byť miniatúrnou verziou tej našej. Exoplanéta VB 10b, chladný Jupiter, je od materskej hviezdy vzdialený tak, ako Merkúr od Slnka: zhruba 50 miliónov km. Materskú hviezdu obehne za 9 mesiacov. Terestrická planéta, ak existuje, mala by materskú hviezdu obiehať vo vnútri dráhy exoJupitera.

Objav je významný, lebo dokazuje, že planetárne sústavy môžu mať extrémne malé hviezdy. Technika astrometriu, pri spojení veľkých ďalekohľadov s citlivým CCD, dokáže každú minútu detegovať nepatrne zmeny v polohu hviezd. Napríklad, hviezda VB 10 mení pod vplyvom gravitácie objavenej exoplanéty polohu iba o zlomky stupňa. Kvôli predstave: dokáže zmerať hrúbku ľudského vlasu zo vzdialenosť 3 kilometrov!

Lovci exoplanétt, využívajúci techniku astrometriu, znamenali prvý úlovok. Očakáva sa, že už v budúcom roku budú vážne konkurovať kollegom, ktorí využívajú už osvedčené techniky.

JPL Press Release

Výtrysk zo srdca galaxie

Ked sa obrovská rádiogalaxia Messier 87 (M87) prebudí a začne generovať žiarenie gama a rádiové vlny, 400 astronómov zo všetkých kontinentov má pohotovosť.

Vedci majú v rukách prvý experimentálny dôkaz, že časticie, urýchlené na extrémne vysoké energie v bezprostrednej blízkosti supermasívnej čiernej diery, začnú emitovať žiarenie gama. A naopak: žiarenie gama z jadier masívnych galaxií emitujú vysokoenergetické časticie, urýchlené na vysoké rýchlosťi v „bezprostrednej“ blízkosti čiernej diery.

Žiarenie gama má biliónkrát vyšiu energiu ako energia viditeľného svetla, ale súčasnými gama ďalekohľadmi sa ľahko určuje jeho zdroj. Ďalekohľady gama sa preto kombinujú s ďalekohľadmi, skúmajúcimi objekt na iných vlnových dĺžkach.

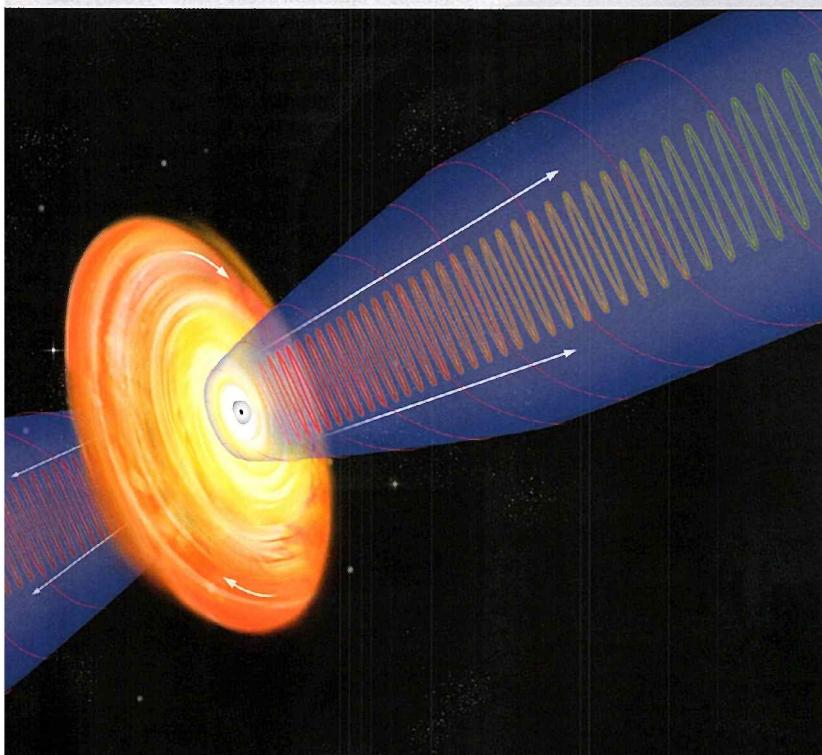
Mathias Beilicke a Henrich Krawczynski, fyzici z Washington University v Saint Luis, boli koordinátormi projektu, ktorý sa opíral o VERITAS (Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System). Skombinovali tri antény od 12 do 17 metrov: VERITAS v Arizone, H.E.E.S. v Južnej Afrike a MAGIC na Kanárskych ostrovoch, ktoré detegujú vysokoenergetické žiarenie gama a VLBA (Very Long Baseline Array), ktorá mimoriadne presne zaznamenáva rádiové vlny. VLBA je systém desiatich rádioteleskopov rozostavených v oblúku od Havajských ostrovov až po Karibik.

Vo chvíli, ked M87 pozorovali všetky tri ďalekohľady gama, objavilo sa mohutné vzplanutie, ktoré zhodou okolností sledovali aj na VLBA. Gama ďalekohľady dokážu zaznamenať slabé záblesky modrého svetla v chvíli, ked žiarenie gama vniká do zemskej atmosféry. Vedci tak dokážu zmerať energiu žiarenia gama a určiť smer, kde leží možný zdroj. Spresniť polohu zdroja vedci dokázali iba pomocou ďalekohľadov, pracujúcich na iných vlnových dĺžkach.

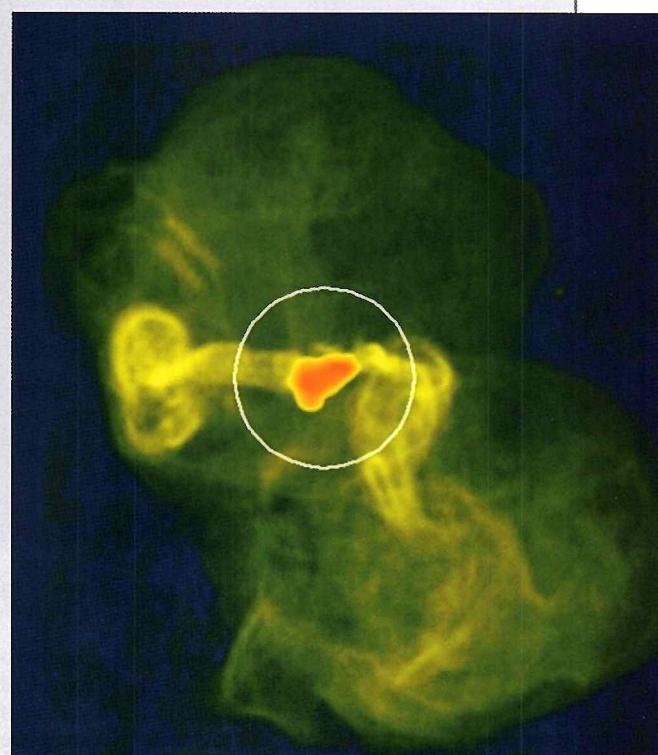
Rozlišovacia schopnosť VLBA, skombinovaná s troma gama ďalekohľadmi, umožnili vedcom určiť, že prírodný generátor žiarenia gama sa nachádza vo vzdialenosťi 50 miliónov svetelných rokov, v kope galaxií v súhvezdí Panny. V samom strede superkopy galaxií, do ktorej patria aj galaxie našej Lokálnej skupiny. Čierna diera v centre M87 má hmotnosť 6 milárd Slnka.

Veľkosť nerotonúcej čiernej diery je daná Schwarzschildovým polomerom. Všetko, (hmota, či žiarenie), čo sa dostalo do vnútra Schwarzschildovho polomeru, čierna diera pohltí. Schwarzschildov polomer supermasívnej čiernej diery v M87 je porovnatelný s polomerom našej Slnečnej sústavy.

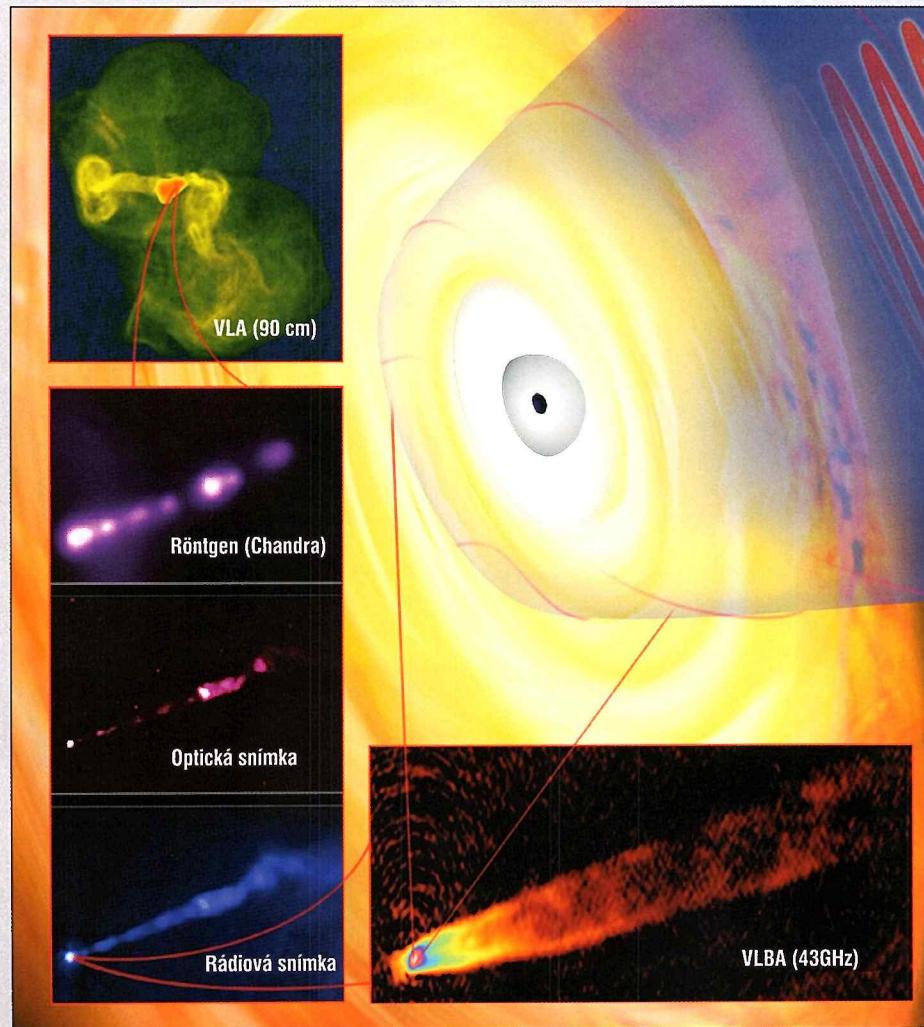
V prípade niektorých supermasívnych



Ilustrácia znázorňuje vnútorné jadro M87: čiernu dieru, akrečný disk a výtrysky z jeho vnútorného okraja.



M 87 na snímke VLA: biely krúžok označuje miesto, z ktorého sa šíri vysokoenergetické žiarenie gama.

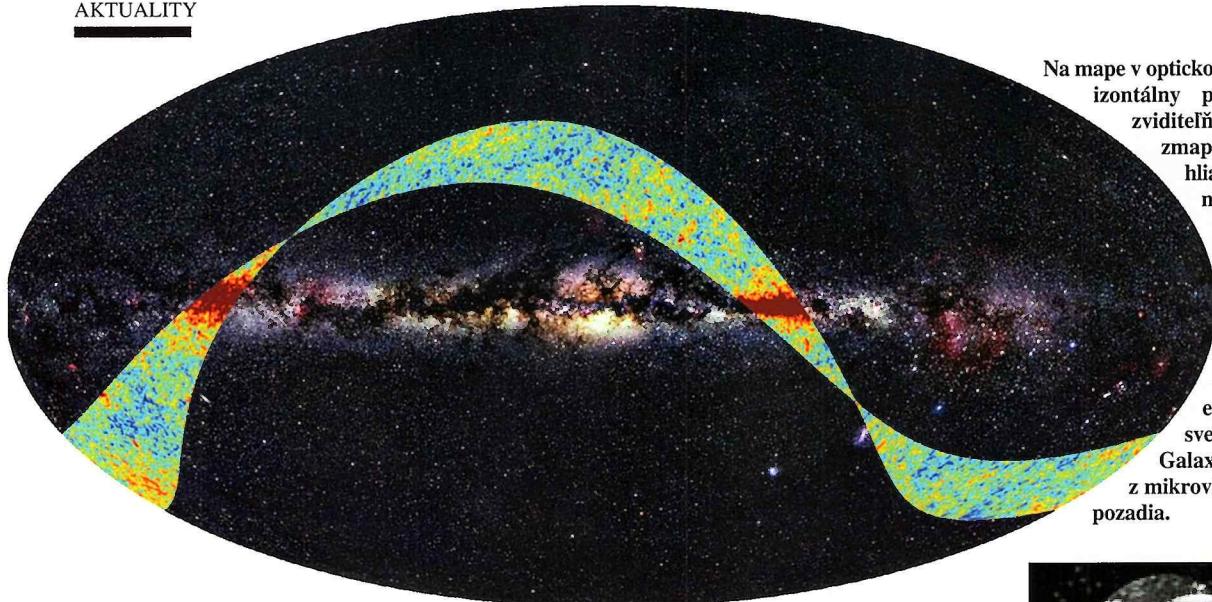


čiernych dier, (takých ako M87), hmota špirálujúca k čiernej diere generuje vysokoenergetické výtrysky. Hmota vo výtryskoch z takýchto aktívnych galaxií dokáže z gravitačného poľa čiernej diery uniknúť. Tieto výtrysky patria medzi najväčšie pozorovateľné objekty vo vesmíre. Môžu mať dĺžku tisícok svetelných rokov.

Vysokoenergetické žiarenie gama z M87 objavili v roku 1998 pomocou Čerenkovových ďalekohľadov HEGRA. Mimo našej Galaxie objavili odvtedy 25 takýchto zdrojov. Vedci sa nazdávajú, že generátor tohto žiarenia sa v prípade M87 nachádza v samom korení výtrysku, pod hranicou 100 Schwarzschildových polomerov od čiernej diery. Vysokoenergetické žiarenie gama v porovnaní s rozmerom výtrysku čí galaxie. Zdroj začal žiariť v oblasti rádia i gama v rovnakom čase. Vo výtrysku však žiarenie gama rýchle slablo, zatiaľ čo v rádiowej oblasti silnelo. Aj vďaka tomu dokázal mamutí rádioteleskop VLBA s takou presnosťou určiť miesto, ktoré je zdrojom žiarenia. V akrečnom disku, v bezprostrednej blízkosti čiernej diery.

Science Express

Na snímke z VLA (vľavo hore) vidíme výtrysky, emitujúce rádiové vlny v škále 200 000 svetelných rokov. Nasledujúce snímky (v rozličných vlnových dĺžkach) zviditeľňujú čoraz vnútorejšie oblasti galaxie smerom k jadru, kde je čierna diera. Veľká ilustrácia s čierhou dierou uprostred je dvakrát taká ako naša Slnčná sústava. Je to iba nepatrňá časť galaxie, ale sústreduje 6-miliardkrát väčšiu hmotu ako Slnko.



Na mape v optickom svetle vidíte výrazný, horizontálny pás našej Galaxie. Pruh zviditeľňuje oblasti, ktoré satelit zmapoval počas kontrolnej prehliadky „prvého svetla“. Farebná škála rozširova magritúdy rozdielov teploty mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CBM) vzhľadom na jeho priemernú hodnotu na frekvencii blízko vrcholu spektra CBM. Veľké červené pruhy zvýrazňujú emisie z Mliečnej cesty. Malé svetlé body vysoko nad rovinou Galaxie zodpovedajú emisiám z mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia.



Prvé snímky zo satelitu Planck

Hned po štarte satelitu Planck/ESA, 14. mája tohto roku, začali sa podľa plánu ochladzovať detektory na jeho palube. Prístroje budú zaznamenávať variácie teploty mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia... Škvrsy s ne-rovnakou teplotou, ktoré sú miliónkrát menšie ako 1° . Výkon detektorov sa dá prirovnovať k zmeraniu teploty tela zajaca na Mesiaci z povrchu Zeme. Taká citlivosť merania sa dá dosiahnuť iba vtedy, ak sú prístroje schladené na extrémne nízku teplotu, blízku k hodnote absolútnej nuly: $-273,15^\circ\text{C}$ (0 kelvinov).

Planck sa 13. augusta usadil v druhom La-

grangeovom bode systému Zem/Mesiac. V ten istý deň zahájil satelit aj prvú prehliadku oblohy s cieľom overiť stabilitu prístrojov a v prípade potreby ich prekalibrovať. Kontrola sub-systémov satelitu, previerka prístrojov a kalibrácia trvali do polovice augusta.

27. augusta mali vedci v rukách 9 map pásov oblohy, každú na inej frekvencii. Každá mapa je vlastne prstencom so šírkou 15° , ktorý obopína celú oblohu. Kvalita údajov je skvelá.

Planck bude teraz robiť prehliadku oblohy celých 15 mesiacov bez prerušenia. Už po šiestich mesiacoch bude na svete prvá celoblo-

Satelit Planck.

hová mapa. Do konca misie vyhotoví Planck ďalšiu mapu. Spracovávanie údajov z takých citlivých prístrojov vyžaduje mimoriadne dôkladnú analýzu. Astrofyzikov a kozmológov budú spresnené údaje CBM zamestnávať celé desaťročia.

ESA Press Release

WASP 18b: ďalšia bizarná exoplanéta

Okolo hviezdy F6, vzdialenej 330 svetelných rokov, krúži po blízkej obežnej dráhe exoplanéta s hmotnosťou 10 Jupiterov. Slapové sily planéty generujú na povrchu hviezdy výduť. Planéta obieha okolo hviezdy vyššou rýchlosťou ako hvieza rotuje, čím stráca rýchlosť a po špirále sa približuje k materskej hviezde. O milión rokov s nhou splynie.

Pre planetológov je objav exoplanéty na sklonku života vzácnu koristou. Ak sa planéta naozaj približuje k hviezde po špirále, o desať rokov by sa mal zákryt (vdaka ktorému ju objavili) prejavit o 28 sekúnd skôr, čo sa bude dať ľahko zmerať.

Astronomical Journal

for Planets (WASP). Vedci z niekoľkých britských univerzít zaznamenávajú periodický pokles jasnosti vytípovalých hviezd, ktorý môže spôsobovať aj zákryt planétou.

Všetky planéty so známymi obežnými dráhami obiehajú materské hviezdy rovnakým smerom ako hvieza rotuje. Je to logické: planéty sa formujú v protoplanetárnych diskoch, ktoré krúžia okolo svojich hviezd rovnakým smerom ako hviezdy rotujú.

WASP-17b je výnimkou. Astronómovia z Keele University v Staffordshire sa nazdávajú, že planéta musela v dávnej minulosti, v čase, keď formujúci sa systém bol ešte nestabilný, gravitačne kolidovať so sesterskou planétou. Kolízia zmenila obežnú dráhu WASP-7b.

Čudná planéta má najnižšiu hustotu zo všetkých doteraz známych planét. S dvakrát väčším priemerom ako Jupiter má sotva polovicu hmotnosti našej najväčšej planéty. Z toho vyplýva, že hodnota jej hustoty nedosahuje ani 15 % hustoty Jupitera.

Astronomical Journal

WASP 17b: exoplanéta, ktorá by nemala existovať

Z vyše 400 objavených exoplanét nemá ani jedna také vlastnosti ako WASP-17b. Okolo materskej hviezdy krúži opačným smerom ako hvieza rotuje.

Materská hvieza, vzdialenosť 1000 svetelných rokov, je jednou z niekoľko stotisíc hviezd, ktoré monitorujú v rámci projektu Wide Angle Search

Môže magnetizmus zachrániť vyparujúcemu sa planétu?

Exoplanéty môžu zaniknúť aj tak, že sa na blízke obežnej dráhe postupne rozplynú. Jednak pod vplyvom sálajúcej teploty materskej hviezdy,

ale aj pôsobením hviezdneho vetra. Vedci to vychádzali zo spektra horúceho Jupitera, HD 209458b. Vyplynulo to z pozorovaní v roku 2003, keď zistili, že za objavenou exoplanétou sa ľahá mohutný vodíkový chvost (pozri ilustráciu).

Prvý dojem však môže klamať. Astronómovia z University of Virginia zistili, že silné magnetické pole, typické pre joviánske planéty, môžu hviezdny vektor odskloniť. Ba čo viac: ionizovaný plyn v pasci slučiek magnetického pola môže produkovať spektrum, ktoré vedcov pomýlilo. Ukázalo sa, že plyn z exoplanéty neuniká, ale presúva sa k magnetickým pólom, čo generuje mohutný, nepohasňajúci polárnu žiaru.

Chvost za horúcim Jupiterom nemusí byť teda vyparená hmota, ale plyn polapený v pasci magnetického pola.

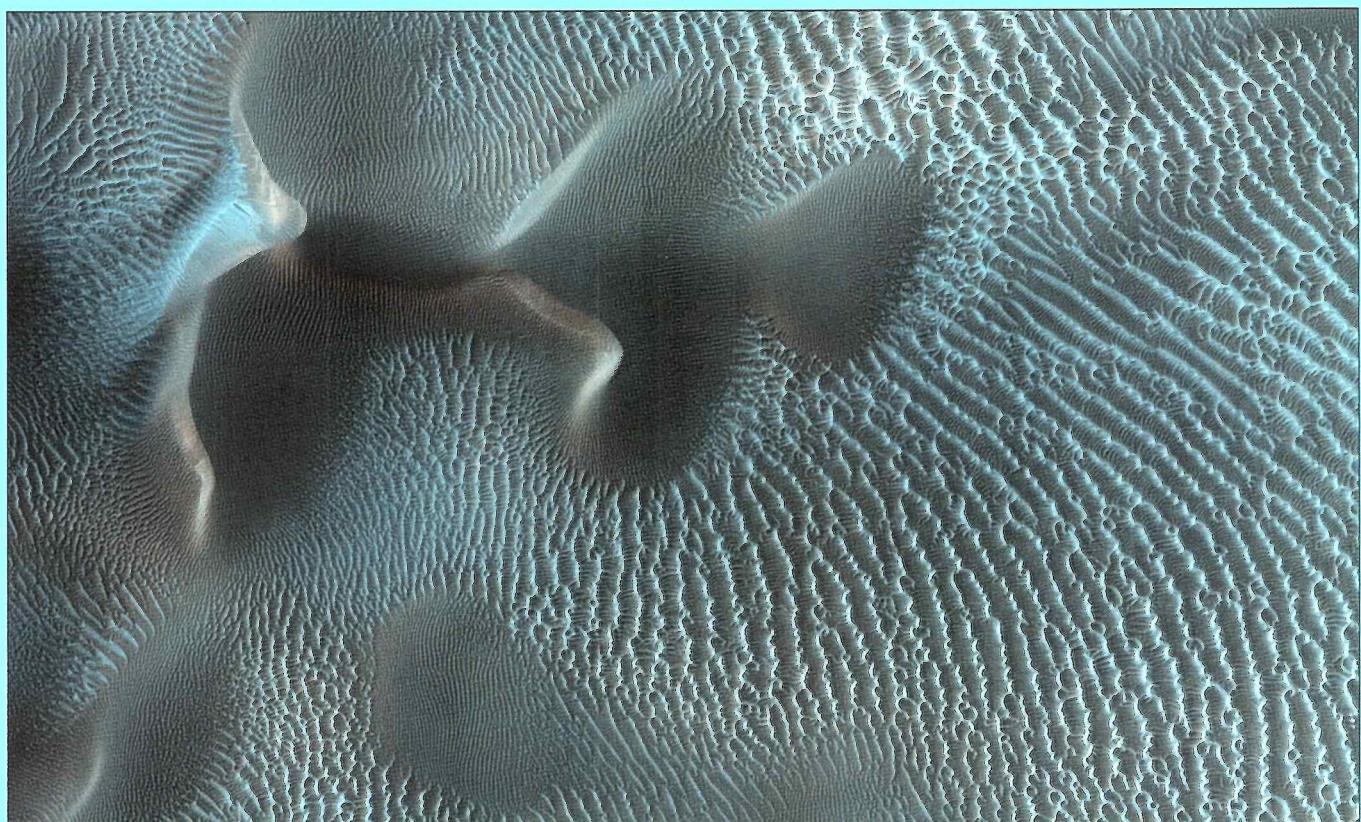
Astronomical Journal



Krása Červenej planéty

Snímky, ktoré posila z Marsu sonda Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) ohromujú nielen vedcov, ale aj širokú verejnosc. Údaje zo spektrometra CRISM (so 100-násobne vyšším rozlíšením ako mal podobný spektrometer OMEGA na sonde Mars Express) skombinované s fotografiemi kamery HiRISe (25 cm/pixel!) sú vzácnym študijným materiálom a zároveň sú aj krásne. Pôsobivé sú najmä snímky z užšieho výberu, určené pre zverejnenie v médiach. Tieto snímky vyberajú a upravujú ludia s výrazným výtvarným čítením. Z vyše 50 snímok, ktoré sonda MRO exponovala v auguste tohto roku, pripravili sme aj tento výber. Ako vidíte, skutočnosť daleko prevyšuje fantáziu ilustrátorov klasických i nových sci-fi, ktorých dej sa odohráva na Marse.

Dunové polia na severnej pohľaduli Marsu „počmárané“ pohybmi potulných krútňav. Hrubé, poohýbané pruhy sú stopami veterálnych diabolov, ktoré zanechali prašnú stopu na červenkastom podloží. Úzke, paralelné pruhy na strmších svahoch dún sú podľa všetkého zosuvy hornín, vynesených výbuchmi rozmrázajúceho CO₂.



Ďalšia snímka z databázy dún, tentokrát z južnej pologule Marsu. Uprostred labyrintu malých, neprestajne sa presúvajúcich malých dún sa týci motýľovitý útvar veľkej duny. Piesok sa v tejto oblasti akumuloval okolo vrcholov zaviateho skalnatého chrbta.



Rozpadajúci sa dunový dóm. S príchodom jari sa ľad CO₂ v podloží zohreje, premení sa na plyn a vybuchne. Výbuch vyvrhne aj horniny z podložia.

J. Madrid aj. odhalili pomocí *STIS HST* celkem 13 nov v galaxii **M87** (Vir; vzdálenost 16 Mpc). Jejich jasnosti v době maxima se pohybovaly v rozmezí 23,5 – 24,3 mag. Odtud odhadli spodní hranici četnosti nov v této galaxii na 64 případů za rok. S. Kulkarni aj. zkoumali neobvykle jasné vzplanutí hvězdy **OT 2006-1**, objevené jako objekt 19 mag v galaxii **M85** (= NGC 4382; Vir) počátkem roku 2006. Při známé vzdálenosti galaxie od nás se totiž ukázalo, že objekt vzdálený od centra galaxie 2,3 kpc dosáhl v maximu absolutní hvězdné velikosti –4 mag v červeném oboru spektra a během 2 měsíců od výbuchu vyzářil energii 10^{40} J, tj. šestkrát větší než podobný objekt nalezený před časem v galaxii M31. Efektivní teplota zdroje byla vcelku nízká – jen 4,6 kK a ve spektru nebyly objeveny žádné spektrální čáry. Autoři se proto domnívají, že jde o novou třídu vybuchujících hvězd na rozhraní mezi novami a supernovami.

M. Kato a I. Hachisu modelovali fázi superEddingtonova vyzařování pěti nov, jež byly sledovány družicí *IUE (V693 Cra; V1974 Cyg; V1668 Cyg, V351 Pup a OS And)*. Obdrželi tak hmotnosti příslušných bílých trpaslíků v rozmezí $0,95 - 1,3 M_{\odot}$ a jejich revidované vzdálenosti $1,8 - 4,4$ kpc. Titíž autoři uveřejnili na základě pozorování 10 klasických nov v r. 2005 vzorové světelné křivky pro sférické výbuchy nov a odtud odvodili rozmezí hmotností příslušných bílých trpaslíků $0,7 - 1,3 M_{\odot}$. Aplikace téhož postupu na starou novu *GK Per* z r. 1901 dala hmotnost bílého trpaslíka $1,15 M_{\odot}$.

Nejstarší známá nova **CK Vul** z r. 1670 představuje podle M. Hajduka aj. značný interpretační oříšek. Byla mimořádně pomalá (pozorovatelná po 2 roky), v maximu dosáhla 3 mag a pokles na 6 mag trval 100 dnů. Pak se však znovu zjasnila až na 2,6 mag a opět zeslábla pod hranicí viditelnosti očima, načež se potřetí vynořila lidskému zraku plných 600 dnů po prvním maximu, ovšem jen na 5,5 mag. Moderní pozorování postnovy v různých spektrálních pásmech celý výklad spíše zkomplikovalo. V r. 1980 se podařilo objevit kolem dvojhvězdy společnou obálku o průměru 15" a rádiové záření bipolární mlhoviny na frekvenci 5 GHz. Rozměry bipolární mlhoviny dosahují 70", takže cirkumbinární obálka se nachází „v pase“ bipolární mlhoviny. Rozpíná se rychlosť 360 km/s a její hmotnost dosahuje $0,05 M_{\odot}$. Autoři nabízejí řadu možností, jak tato pozorování navzájem skloubit, ale výsledek je zatím problematický.

R. Puebla aj. měřili tempo přenosu vodíku do akrečních disků pro 10 starých nov a 22 objektů podobných novám. Ukázali, že průměrné tempo přenosu hmoty u klasických nov dosahuje $3 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/r$, zatímco u hvězd podobných novám je asi třikrát nižší. N. Epelstein aj. uskutečnili modelové výpočty pro vývoj bílých trpaslíků o hmotnosti 1,0 a $0,65 M_{\odot}$ za předpokladu stálých temp akrece vodíku na povrch bílých trpaslíků $1 \cdot 10^{-11} M_{\odot}/r$, resp. $1 \cdot 10^{-9} M_{\odot}/r$ a počáteční teploty na povrchu obou modelových trpaslíků 30, resp. 50 MK. Překlenuli tak interval 1 – 3 tis. expozí novy, tj. časový interval až 15 Gr.

Zjistili, že pro vývoj bílého trpaslíka jsou rozhodující tři základní parametry modelu, tj. počáteční hmotnost bílého trpaslíka, počáteční teplota jeho izotermálního jádra a ovšem i tempo přenosu hmoty. Po delší dobu se cykly chovají totožné, ale dlouhodobě je patrná tendence k poklesu teploty jádra a také k tomu, že výbuchy vedou k větší ztrátě hmotnosti bílého trpaslíka, než činí v mezikoběží její přírůstek přenosem vodíku od druhé složky dvojhvězdy. Když se hmotnost bílého trpaslíka zmenšuje, projeví se to zpomalováním poklesu jasnosti novy těsně po výbuchu, takže u trpaslíka o hmotnosti $1 M_{\odot}$ se z velmi rychlé novy stává nova rychlá.

J. José aj. ukázali, že novy jsou hlavním zdrojem obohacování mezihvězdné látky nuklidů ^{15}N , ^{17}O a ^{13}C a v menší míře též nuklidů ^{7}Li a ^{26}Al . Velikost těchto příspěvků k chemické pestrosti mezihvězdné látky se mění během stárnutí galaxií. U velmi raných těsných dvojhvězd s nízkou metalicitou jsou totiž rozpínající se obaly kolem bílého trpaslíka hmotnější a nukleárně aktivnější než u pozdějších klasických nov, takže celý jev spadá do přechodného stádia mezi novou a supernovou. V obálkách se proto navíc vyskytuje také Ti (Z = 22) a produkty nukleosyntézy až po Cu (Z = 29) a Zn (Z = 30). Nízká metalicia také způsobí vznik mnoha typických presolárních zrnek, jejichž původ nebyl dosud jasný.

J. Echevarría aj. pořizovali po 12 let vysokodisperzní spektra trpasličí novy **EY Cyg** s cílem získat geometrické i fyzikální parametry celé soustavy s oběžnou dobou 0,5 d a vzájemnou vzdáleností složek jen 2 mil. km. Jelikož se jim podařilo určit sklon dráhy $i = 14^\circ$, dostali tak hmotnost bílého trpaslíka $1,1 M_{\odot}$ a jeho průvodce sp. třídy dK0 $0,5 M_{\odot}$. Sekundární složka je však o třetinu větší než hvězdy hlavní posloupnosti též spektrální třídy. Titíž autoři obdrželi podobnou cestou parametry prototypu trpasličích nov třídy **U Geminorum**. V tomto případě má bílý trpaslík hmotnost $1,2 M_{\odot}$ a jeho průvodce sp. třídy M6 V jen $0,6 M_{\odot}$ a poloměr $1,6 R_{\odot}$. Akreční disk kolem bílého trpaslíka zcela vyplňuje Rocheův lalok, takže dochází k přímým srážkám přetékajícího vodíku s diskem v podobě známé horké skvrny.

M. Bitner aj. zkoumali další prototyp trpasličích nov třídy **SS Cyg**. Z elipsoidálního tvaru světelné křivky s periodou 0,3 d odvodili přibližný sklon oběžné dráhy na 50° a odtud hmotnost bílého trpaslíka $0,8 M_{\odot}$ a jeho průvodce sp. K4-5 na $0,6 M_{\odot}$. Tvar světelné křivky ovlivňuje interakce akrečního disku s povrchem bílého trpaslíka, zatímco i v tomto případě je sekundár zřetelně větší, než by odpovídalo jeho spektrální třídě. J. Lasota aj. upozornili na problém příliš vysoké vzdálenosti **SS Cyg** od nás odhalený astrometrií pomocí *FGS HST* (166 pc). Je-li totiž soustava od nás vzdálena více než 140 pc, pak nelze tempo akrece vodíku během výbuchu ani střední velikost přenosu hmoty vysvětlit nestabilitou akrečního disku kolem bílého trpaslíka. *Bud' je tedy změřená paralaxe chybna, anebo je nesprávně modelovaná akrece v disku.*

A. Linnell aj. využili prvotřídních dat z družice *FUSE* a ze spektrografovi *STIS HST* k určení parametrů kataklyzmické proměnné **IX Vel** (vzdál. 95 pc). Sklon dráhy o periodě 4,6 h činí 57° , takže hmotnost bílého trpaslíka dosahuje rovněž $0,8 M_{\odot}$ a jeho průvodce $0,5 M_{\odot}$. Jejich efektivní teploty činí 60 a 3,5 kK a jejich vzájemná vzdálenost jen 1,1 mil. km. Tempo přenosu hmoty ze sekundáru do akrečního disku bílého trpaslíka o poloměru 10 tis. km dosahuje téměř $1 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/r$.

M. Shara aj. objevili na snímcích ultrafialové družice *GALEX* výběžky horkého plynu o délce řádu parseku v okolí trpasličí novy **Z Cam**, která vykazuje pravidelná vzplanutí o 3 mag každé tří týdny. Autoři se domnívají, že výběžky jsou důkazem občasného výbuchu trpasličí novy jako novy klasické, čímž potvrdili podezření teoretiků, že takový přeskok mezi oběma typy vzplanutí je možný.

Ostatně již r. 1962 uvedl P. Y. Ho, že ve starověkých čínských záznamech byl na tomto místě oblohy pozorována očima „*hostující hvězda*“ v říjnu a listopadu r. 77 př. n.l. Byl by to v tom případě vůbec nejstarší záznam o výbuchu novy (starší hostující hvězdy byly vesměs supernovy).

2.7.2. Fyzické proměnné

Snad největším překvapením roku 2007 v oboru výzkumu proměnných hvězd byl objev obroukové rázové vlny a turbulentní plyně vlečky u známé dlouhoperiodické poloprávidelné proměnné hvězdy **Mira Ceti** (sp. M7 III; $1,5 M_\odot$; vzdál. 107 pc), která je fakticky nejstarší známou proměnnou hvězdou vůbec. D. Martin aj. našli tento pozoruhodný útvar při rutinní prohlídce snímků ultrafialové družice *GALEX*, pořízených na vlnové délce 152 nm v listopadu a prosinci 2006. Objev byl vzápětí potvrzen opticky na Mt. Palomaru ve světle zakázaných čar [O II] a [S II]. Ultrafialová vlečka se nachází na sever od Miry a svým vzhledem připomíná kometu s chvostem o délce plné 2° (4 pc). Směr chvostu odpovídá směru vlastního pohybu Miry rychlostí $0,23''/r$ (130 km/s).

Chvost vzniká turbulentním mícháním chladného mezihvězdného molekulového vodíku s rázově ohřátým plynem, který Mira ztrácí, přičemž epizody zvýšené ztráty mají průměrné trvání řádu 10 tis. roků. Před Mirou se pak nachází zřetelná obrouková rázová vlna ve vzdálenosti asi 0,2 pc, vznikající hypersonickou srážkou hvězdného větru s chladnými molekulami mezihvězdného vodíku. Celkový zářivý výkon rázové vlny a chvostu v pásmu FUV dosahuje řádu 10^{25} W, ale mechanická energie mlhoviny je ještě 20krát vyšší. C. Wareing aj. uvedli, že chvost začal vznikat již před 450 tis. lety. Mira totiž patří do asymptotické větve obrů (*AGB*), pro něž je typická velká a proměnná ztráta hmoty.

U. Munari aj. pozorovali od konce října 2006 výrazné změny jasnosti i vzhledu spektra pekuliární eruptivní proměnné **V838 Mon**. Složka dvojhvězdy B3 V začala slábnout, takže její jasnost poklesla v oboru *B* celkem o 1,2 mag a v oboru *V* o 0,55 mag. Současně vzrostla intenzita emisních spektrálních čar Fe II i [Fe II]. Celá epizoda skončila po 70 dnech počátkem ledna 2007. Autoři tento podivuhodný úkaz vysvětlují tečným zákrytem horké složky mimořádně chladným veleobrem třídy L, jenž je pozůstatkem po explozi hvězdy z r. 2002.

M. Afsar a H. Bond uveřejnili rozsáhlou studii o okolí V838 Mon. Ukázali na základě a snímků z kamery *ANDICAM* (1,3m reflektor) a spekter *SMARTS* (1,5m reflektor, CTIO), že proměnná je součástí mladé hvězdokupy tvořené hvězdami třídy B ve vzdálenosti 6,2 kpc od nás, jejíž stáří je určitě menší než 25 mil. roků. Určili také hodnotu barevného excesu ve směru ke hvězdokupě $E(B-V) = 0,85$ mag, což umožnilo zpětně určit absolutní hvězdnou velikost V838 Mon v maximu ($R = -9,7$ mag). Ta je zcela blízká hodnotě $R = -9,8$ mag pro podobnou eruptivní proměnnou **M31 RV**, která vzplanula ve výduti galaxie M31 v r. 1988. Autoři zjistili, že obě hvězdy byly během explozí velmi chladné a obě měly ve své blízkosti ranou hvězdu třídy B. Jasnosti obou objektů před výbuchem byly tudíž dány jenom jasností jejich horkých složek; jinými slovy, explodující objekty měly před výbuchem nepatrnou svítivost.

Tím padají mnohé domněnky o příčině výbuchu obou hvězd a zbývají dle názoru autorů pouze dvě možnosti, totiž *splynutí dvou hvězd, anebo srážka hvězdy s obří exoplanetou*. V současné době totiž vidíme opět jen příslušnou druhou složku třídy B, případně zčásti zastíněnou prachem z exploze. Kolem hvězdy M31 RV nebyla ani pomocí HST objevena žádná mlhovina (světelná ozvěna), zatímco kolem V838 Mon se pozoruje nádherná, doslova učebnicová, světelná ozvěna – snímky HST z listopadu 2005 a září 2006 ukazují rozširování mlhoviny, které vedlo k nezávislému určení její vzdálenosti 6,1 kpc.

V polovině r. 2007 skončila dlouhá epizoda zjasnění proměnné **δ Sco** (typ δ Cas; klidová jasnost 2,3 mag; sp. BO IV), jež započala v červenci 2000 a postupně se vyšplhala až na 1,6 mag v r. 2003, takže hvězda zcela změnila vizuální vzhled souhvězdí Štíra. Byla to první taková epizoda proměnnosti a pravděpodobně souvisela s odvržením svítícího plynu z rovníku hvězdy, která se vyznačuje velmi rychlou rotací.

Naproti tomu proměnná **R CrB** s klidovou jasností 6 mag začala koncem června 2007 slábnout poprvé od února 2003. Při minulé epizodě zeslábla až na 12,7 mag během dvou měsíců a celá epizoda poklesu jasnosti trvala něco přes pět měsíců. Koncem r. 2007 však zeslábla až na 13,5 mag a tento pokles se stále ještě nezastavil.

C. Cicuneguirová aj. studovali změny jasnosti nejbližší hvězdy **Proximy Centauri** (sp. M.5 V), jejíž zářivý výkon dosahuje jen $6 \cdot 10^{-5} L_\odot$ a která rotuje kolem své osy extrémně pomalu v periodě 84 d. Přestože její stáří je srovnatelné se stářím Slunce, vykazuje překvapivou rentgenovou aktivitu v podobě krátkých erupcí s průměrnou četností až 2 erupce za den! To svědčí o existenci silných magnetických polí a tak není divu, že hvězda vykazuje obdobu sluneční činnosti, ovšem s podstatně kratší periodou 1,2 roku. Proximě stejně jako všem červeným trpaslíkům třídy M přitom zcela chybí zářivá zóna typická pro Slunce, jehož magnetické pole vzniká právě na rozhraní s konvektivní zónou. Ostatně stejnou obdobu sluneční činnosti s krátkou periodou 2,3 roku nalezli S. Baliunasová aj. také u červeného trpaslíka **Lalande 21185** (UMa).

L. Ziurysová aj. zkoumali v pásmu submilimetrových vln červeného veleobra **VY CMa**, který patří mezi nejjasnější infračervené objekty na obloze, a v jeho hvězdném větru objevili celkem 17 molekul, z nichž řada obsahuje uhlík a kyslík (HCO^+ , CN, CO, CS, H_2O , H_2S , HCN, HNC, NaCl, NH_3 , NS, OH, PN, SiO, SiS, SO a SO_2). Protože ve vesmíru je obecně více kyslíku než uhlíku, vznikla otázka, proč se veškerý uhlík nesloučí na oxid uhelnatý. Zmíněná pozorování ukazují, že takto skončí jen polovina uhlíku; druhá polovina se slučuje na organické molekuly, takže *základ kosmické organické chemie musíme hledat také v obálkách červených veleobrů bohatých na kyslík*, nejen u starých uhlíkových hvězd, jejichž prototypem je **CW Leo**.

G. Bower aj. prohlédli archiv rádiových pozorování obří anténní soustavou *VLA* v Novém Mexiku za posledních 22 let a našli tam 10 případů rádiových zjasnění, které patrně souvisejí s hvězdnými výbuchy neznámé povahy§.

2.8. Planetární mlhoviny a bílé trpaslíci

H. Harrisovi aj. se podařilo změřit **trigonometrické paralaxy** nejbližších 16 planetárních mlhovin v rozmezí 7,8 – 1,3 obř. milivteřin (130 – 770 pc), takže příslušné vzdálenosti jsou přesnější než nepřímé metody až do hodnoty 500 pc. To značně zlepší kalibraci vzdáleností planetárních mlhovin, jež jsou dobrými indikátory vzdáleností napříč téměř celou Galaxií.

K. Suová aj. našli pomocí *SST* infračervený prachový disk ve vzdálenostech 35 – 150 AU od centra planetární mlhoviny **Hlemyžď** (*Helix*; Aqr; vzdálenost 210 pc), tj. od bílého trpaslíka o teplotě 110 kK. Samotná mlhovina je velmi mladá – vznikla teprve před 30 tis. lety. *Prachový disk představuje patrně trosky planetární soustavy*.

A. Córscico aj. využili asteroseismologie jádra planetární mlhoviny **RX J2117+3412** (průměr 1,7 pc) k určení parametrů přechodného trpaslíka typu PG 1159: hmotnost $0,56 M_{\odot}$; vzdálenost 450 pc; efektivní teplota 163 kK (rekord pro jádra planetárních mlhovin); svítivost 2,3 kL $_{\odot}$; log $g = 6,6$ (cgs); poloměr 0,06 R $_{\odot}$; hmotnost heliové slupky $0,02 M_{\odot}$. Hmotnost takto určená však bohužel nesouhlasí s hodnotou hmotnosti, která vyplývá z vývojových modelů a spektroskopie a příčina tohoto rozporu není známa.

K. Gesicki a A. Zijlstra určovali **hmotnosti centrálních hvězd** v planetárních mlhovinách pomocí modelů planetárních mlhovin a dospěli k závěru, že *většina bílých trpaslíků v jádřech planetárních mlhovin by měla mít hmotnost $0,61 M_{\odot}$, což je ostatně blízké průměrné hmotnosti všech bílých trpaslíků ($0,58 M_{\odot}$)*. Autoři se dokonce domnívají, že bílí trpaslíci s nízkými hmotnostmi vůbec nevytvorí planetární mlhovinu.

M. Kilic aj. studovali pomocí *MMT* optická spektra 42 bílých trpaslíků s nízkou hmotností a objevili tak bílého trpaslíka **SDSS J0917+46** (log $g = 5,5$; teplota 11 kK; vzdálenost 2,3 kpc) s dosud nejnižší známou hmotností $0,17 M_{\odot}$. Titíž autoři vzápětí pomocí spekter ze 6,5m teleskopu *MMT* zjistili, že tento bílý trpaslík je lehčí složkou dvojhvězdy na kruhové dráze s oběžnou dobou 7,6 h. Primární složka dvojhvězdy má minimální hmotnost $0,28 M_{\odot}$, což může být buď bílý trpaslík anebo neutronová hvězda. Horcí (>12 kK) bílí trpaslíci typu DA (atmosféra bohatá na H) v uvedeném souboru mají průměrnou hmotnost $0,6 M_{\odot}$. Stejnou průměrnou hmotnost však mají také trpaslíci chladnější, kteří však mohou být často průvodci nerozlišené dvojhvězdy s oběžnými periodami 14,5 – 20 h. Jejich předchůdci by byly nejspíš rentgenové dvojhvězdy s nízkou hmotností (*LMB*).

E. Nelan rozlišil dvojhvězdnost bílého trpaslíka **LB 11146** pomocí *FGS HST* při úhlové vzdálenosti složek jen $0,015''$, což při vzdálenosti soustavy 40 pc představuje lineární vzdálenost složek 0,6 AU a oběžnou dobu 130 d. Obě složky jsou bílými trpaslíky třídy DA se silným magnetickým polem (70 mT), stejně efektivní teplotě i hmotnosti ($0,9 M_{\odot}$). Jejich souhrnná hmotnost tedy převyšuje Chandrasekharovu mez. Jejich předchůdci museli mít původní hmotnost $5 M_{\odot}$ a vyvinuli se do asymptotické větve obrů (AGB) s poloměry přes 1 AU. Dnešní rozměr jejich kruhové dráhy je tedy menší než rozměry předchůdců, takže v mezidobí se muselo něco zásadního udát, abychom dostali pozorovanou soustavu.

J. Holberg shrnul zajímavé údaje o historicky prvním pozorovaném bílém trpaslíku **Síriovi B** (8,5 mag; $1,0 M_{\odot}$). Průvodce Síria A ($-1,6$ mag; $2,0 M_{\odot}$) objevil americký optik A. Clark Jr. 31. ledna 1862 při testování nového refraktoru o průměru 0,45 m. Ve stejné vzdálenosti od jasné složky A bude trpaslík B opět v r. 2012; na konci roku 2007 byl necelých $8''$ od ní a nejdále v apastru ($13''$) bude až v r. 2025. Naposledy byl opticky pozorován v 80. letech XX. stol., pak zmizel v záři Síria A. Jeho oběžná doba činí 50 r; sklon dráhy 137° , velká poloosa 20 AU a výstřednost $e = 0,6$. Celá soustava je stará asi 230 mil. roků a *Sírius B byl původně hmotnější složkou systému, takže dospěl do stadia bílého trpaslíka jako první*.

P. Dufour aj. našli v přehlídce SDSS přechodného trpaslíka typu PG 1159 s katalogovým číslem **H1504+65**, který se vyznačuje Swanovými pásy molekul C 2 ve spektru. Teplota jeho atmosféry přitom dosahuje $18 - 23$ kK. S. Kepler aj. využili též **přehlídky SDSS** k určení hmotnosti a teplot více než 7 tis. bílých trpaslíků sp. typu DA a 500 trpaslíků typu DB (atmosféra bohatá na He). Pro trpaslíky typu DA teplejší než 12 kK dostali střední hmotnost $0,6 M_{\odot}$, ale pro 150 trpaslíků teplejších než 12 kK vyšla hmotnost $0,7 M_{\odot}$. Nejvyšší hmotnost v souboru měl bílý trpaslík **LHS 4033** ($1,3 M_{\odot}$) zcela ve shodě s Chandrasekharovou hornímezí $1,35 M_{\odot}$. Autoři uvedli, že *97 % hvězd v Galaxii skončí jako bílý trpaslíci*.

Největším překvapením při výzkumu bílých trpaslíků v r. 2007 se stalo nepochybně sdělení B. Zuckermanna aj., že ve spektru bílého trpaslíka **GD 362** (Her; 16 mag; teplota 11 kK; hmotnost $0,7 M_{\odot}$; log $g = 8,2$; vzdál. 50 pc), které pořídili spektrografem *Hires* Keckova teleskopu, nalezli čáry 17 chemických prvků, které se v podobném zastoupení vyskytují na Zemi a na Měsíci, konkrétně He, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu a Sr. Autoři proto soudí, že *na bílého trpaslíka nedávno spadla bud' planetka, nebo dokonce planeta zemského typu!*

3. Neutronové hvězdy a hvězdné černé díry

3.1. Supernovy a jejich pozůstatky (SNR)

Když 18. září 2006 objevil D. Quimby aj. robotickým teleskopem ROTSE-IIIb (průměr 0,45 m) **supernovu 2006gy** ve vzdálenosti 350 pc od centra galaxie NGC 1260 (Per; vzdál. 73 Mpc), patrně nikdo netušil, že půjde o nejsvítivější supernovu v historii astronomie. Náběh k maximu jasnosti (14,2 mag; 4. 11. 2006) od okamžiku vzplanutí trval totiž plných 50 dnů. Teprve tehdy podle N. Smitha aj. a E. Ofeka aj. dosáhla absolutní hvězdné velikosti -22 mag, tj. zářivého výkonu $3 \cdot 10^{37} \text{ W}$ (75 mld. L $_{\odot}$). V prvních dvou měsících po výbuchu vyzářila energii řádu 10^{44} J a plných 100 dnů od maxima si udržovala absolutní hvězdnou velikost jasnější než -21 mag, tj. více než o řád vyšší, než dosahují běžné supernovy třídy II v maximu jasnosti.

Autoři se proto domnívají, že příslušná hvězda měla při svém vzniku rekordní hmotnost $150 M_{\odot}$ a i když se během vývoje dokázala zbavit plných $40 M_{\odot}$ své hmotnosti tempem až $0,1 M_{\odot}/\text{r}$ (!), stále ještě měla při vlastním výbuchu supernovy rekordní hmotnost mezi vsemi supernovami třídy II. Podle autorů je pravděpodobné, že supernova ozářila velký oblak vyvrženého plynu, což zvýšilo její jasnost, a vzápětí se zhroutila rovnou na černou díru (kolapsar). To znamená, že hvězdy typu éta Car mohou vybuchnout dříve, než se přemění na hvězdy Wolfovy-Rayetovy a *naši potomci uvidí na jižní polokouli opravdu znamenitý úkaz -8 mag nejpozději za 100 tis. let.*

Odlišné domněnky o povaze tohoto mimořádného jevu předložili jednak S. Portegies Zwart a E. van den Heuvel a jednak S. Woosley aj. První dva astrofyzici soudí, že ve skutečnosti jsme pozorovali *srážku dvou hmotných hvězd ($100 M_{\odot} + 40 M_{\odot}$) v centru mladé hvězdokupy*, kde jsou takové srážky docela běžné. Argumentují tím, že je vysoce nepravděpodobné, aby v poslední době vznikla ve vesmíru nadhvězda o hmotnosti přes $100 M_{\odot}$. Testem domněnky by mohl být objev hvězdokupy, jakmile samotná supernova dostatečně zeslabne.

Skupina S. Woosleyho navrhoje úplně odlišný mechanismus vlastního výbuchu osamělé mimořádně hmotné ($>130 M_{\odot}$) hvězdy. *V jádře takových hvězd vzniká energetické záření gama, které interaguje s elektromagnetickým polem atomových jader a mění se tak*

na elektronově-positronové páry. Tím se zkracuje volná dráha fotonů záření gama v nitru hvězdy, které se následkem toho více zahřívá, což lavinovitě zvyšuje produkci ještě energetičtějších fotonů gama. Jelikož vnější vrstvy hvězdy nedostávají dostatek zářivé energie zvnitřku, začnou se gravitačně hroutit na jádro, kde tak dojde k překotné termonukleární reakci v podobě několikasekundového výbuchu, který následně rozmetá hvězdu, aniž by z ní něco zbylo, např. v podobě hvězdné černé díry. Tomuto procesu se říká **párová nestabilita** a autoři ho dále rozpracovali v tom smyslu, že první termonukleární výbuch ještě hvězdu nezníčí, neboť vyvrhovaná hmota se zadrží ve vnějších obálkách hvězdy. Jádro hvězdy se stačí ještě smrštit, ale pak nastane další ještě mohutnější exploze, kdy do obalu hvězdy se velkou rychlostí dostane další hvězdný plyn a ten se zde srazí s produkty předešlého výbuchu, a tím se hvězda definitivně zničí. Autoři se dokonce domnívají, že některé *velmi hmotné hvězdy mohou přežít více termonukleárních výbuchů předtím, než jsou definitivně rozmetány*.

A. Pastorello aj. upozornili na právě takový případ výbuchu **supernovy 2006jc** v galaxii UGC 4904 (vzdálenost 26 Mpc). Supernova dosáhla v maximu 13,8 mag, tj. byla jasnější než -18,3 mag absolutní hvězdné velikosti, jenž v archivech se podařilo dohledat, že již v říjnu 2004 se hvězda zjasnila na 18 mag, což způsobila nejspíš velmi vydatná exploze Wolfovy-Rayetovy složky svítivé modré proměnné (LBV). Touto oklikou se vlastně dostáváme k naší nejbližší uchazečce na supernovu – hvězdě **éta Car**, která je jednak dvojhvězdou s vysokými hmotnostmi složek a jednak patří do kategorie proměnných hvězd typu LBV.

Aby však nic nebylo příliš jednoduché, oznámil D. Quimby aj., že **supernova 2005ap** (Com; poloha 1301+27), která dosáhla maxima jasnosti 18,3 mag dne 10. března 2005, byla ve skutečnosti ještě dvakrát svítivější než dříve zmíněná supernova 2006gy, jenž zmizela z dosahu pozemských dalekohledů již po třech týdnech, když náběh k maximu trval asi dva týdny. Dlouho se však nedařilo zjistit, v jaké vzdálenosti vzplanula, protože se nepodařilo pozorovat spektrum mateřské galaxie. Teprve spektra supernovy, pořízená naštěstí včas obřím 10m teleskopem HET v Texasu D. Quimbym a následně Keckovým teleskopem na Havaji G. Alderingem, ukázala na jedinečnost objevu, když se v nich podařilo objevit silně posunuté spektrální čáry ionizovaného kyslíku a hořčíku, vykazující červený posuv $z = 0,3$. To znamená, že *supernova vzplanula ve vzdálenosti 1,4 Gpc a odtud vyplynul její rekordní zářivý výkon (absolutní hvězdná velikost -22,7 mag)*.

Povaha objektu je však naprosto odlišná od supernovy 2006gy a poprvadě záhadná. Byla totiž v maximu osmkrát jasnější než mateřská trpasličí galaxie, ale jelikož v jejím spektru se pozorovaly též čáry vodíku, uhlíku, dusíku a kyslíku s rychlosťí rozpínání plynných obalů tempem 20 tis. km/s, patří do třídy II méně svítivých supernov! D. Quimby aj. navrhli, že jde buď o případ exploze díky již zmínované párové nestabilitě anebo o analogii výbuchu zábleskového zdroje záření gama, obklopeného rozsáhlou obálkou vodíku a hélia.

J. Vink aj. jednoznačně identifikovali pozůstatek po historické supernově z r. 185 n.l., označený jako **RCW 86**. Pozorování rentgenových družic Chandra a Newton poukázalo na současné tempo rozpínání plynu 2 750 km/s, stáří 2 tis. roků a vzdálenost 2,5 kpc. W. Blair dokázali na základě infračervených pozorování kosmickým teleskopem SST rozpoznat třídu supernov z r. 1006 n.l. (Lup; Ia); Tycho z r. 1572 (Cas; Ia) a Cas A z r. 1680 (II). J. Albert aj. pozorovali v druhé polovině r. 2006 pozůstatek **Cas A** pomocí aparatury MAGIC a objevili v něm záření gama o velmi vysokých energiích >250 GeV. Tím jednak nezávisle potvrdili třídu II pro příslušnou supernovu i její vzdálenost 3,4 kpc a jednak odhadli hmotnost vybuchnuvší Wolfovy-Rayetovy hvězdy na $20 M_{\odot}$.

S. Aharonian aj. objevili tvrdé záření gama s úhlovým rozlišením $0,06^{\circ}$ ve snímku pozůstatku po supernově **RX J1713-39** na základě dlouhodobé expozice objektu v letech 2003 – 2005. Z vnitřní morfologie pozůstatku tak vyplývá, že v obálce pozůstatku po supernově jsou urychlovány částice kosmického záření na energie větší než 100 TeV. R. Fesen aj. využili snímků HST ke studiu chemického složení pozůstatku po supernově **S And** z r. 1885. Pozorovali tam tmavou kruhovou skvrnu s poloměrem 1,5 pc objevenou už v r. 1989 a změřili tak rychlosť rozpínání plynných obalů supernovy přes 12 tis. km/s. Ve spektru obálek odhalili absorpční čáry Ca I a II a Fe I a II. Odhadli také absolutní hvězdnou velikost supernovy v maximu na -18,7 mag, což ji řadí k supernovám třídy II.

S. Reynolds aj. pozorovali pomocí družice Chandra v pozůstatku po **Keplerově supernově** z r. 1604 rentgenové čáry Fe, Si a S, ale žádné čáry O. Ve spektru jsou patrné projevy silné interakce vyvrženého materiálu s mezihvězdným plynem a prachem. Ze spekter též vyplývá, že supernova vzplanula následkem výbuchu bílého trpaslíka a patří tudíž do třídy Ia. K témuž závěru dospěli též W. Blair aj. na základě rozboru infračervených snímků, pořízených SST v pásmu $3,6 \div 160 \mu\text{m}$. Pozůstatek obsahuje teplý prach o úhrnné hmotnosti $5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$. Vzdálenost supernovy však byla spíše 5 kpc, na rozdíl od všeobecně přijímané hodnoty 4 kpc.

Od té doby až dodnes byla očima vidět už jen jedna supernova **1987A** ve Velkém Magellanově mračnu. Koncem února 2007 uplynulo už 20 let od této výjimečné události, ale od předešlé Keplerovy supernovy se tak stalo po 383 letech, což je docela dlouhý interval; jinými slovy *příští očima viditelnou supernovu lze téměř s jistotou očekávat již v tomto tisíciletí!* Jelikož vzdálenosti takových supernov se pohybují kolem několika tisíc světelných let, tak je jisté, že elektromagnetická i neutrínová zpráva o budoucí supernově je již na cestě; doručení se děje, jak známo, rychlostí světla, a přesto to trvá docela dluho.

Jelikož supernova 1987A je jediná jasná supernova, pro niž existují fotometrická a spektroskopická data, není divu, že je v mnoha směrech pozorovatelsky unikátní. Podařilo se totiž jednak jednoznačně identifikovat jejího předchůdce – k všeobecnému údivu astrofyziků to byl modrý (nikoliv standardní červený) veleobr - a dále prokázat ve spektru výbuchu produkty nukleosyntézy nuklidů ^{56}Ni , ^{57}Ni a ^{44}Ti , zjistit, že výbuch byl nesférický, že docházelo k interakci rázové vlny výbuchu s cirkumstelárním i interstelárním prostředím a že po výbuchu se tvoří i prachová obálka supernovy. Last, but not least, *poprvé v historii astrofyziky byla pozorováno celkem 24 neutrín třemi různými podzemními detektory*, která ve shodě s teorií prokázala fyzikální povahu výbuchu.

Potvrdila se rovněž předpověď, že po více než 10 letech od výbuchu se počne zjasňovat **plynný prstenec**, odvržený hvězdou dříve před výbuchem, po srážce s rychlejší rázovou vlnou vlastního výbuchu. V současné době tak pozorujeme naprostě jedinečný „*perlový náhrdelník*“ kolem pozůstatku supernovy. Podle M. Parthasarathyho aj. šlo o velmi atypickou supernovu třídy II, protože v maximu jasnosti byla zhruba o růd méně svítivá než tyto supernovy obvykle bývají. Patrně to souvisí s povahou předchůdce, jehož fotometrie *UBV* z r. 1970-73 ukázala, že šlo o hvězdu jasnosti $V = 12,3$ mag sp. třídy B3 I, která podle archivních snímků od r. 1896 do okamžiku výbuchu nejevila žádné změny jasnosti s amplitudou nad 0,3 mag. Autoři dokonce odhadují, že předchůdce vůbec nikdy neprošel obvyklým stádiem červeného velobra.

T. Kunugise a K. Iwamoto se zabývali otázkou vyzáření **neutrín** ze supernov třídy Ia. Neutrina v nich vznikají díky zachycování elektronů u volných protonů a jader atomů v husté horké látce vzniklé explozivním slučováním atomových jader. Maximální zářivý

výkon všech tří vůní neutrín 10^{43} W je pak rovněž „standardní svíčkou“, protože explodující bílý trpaslík má pokaždé stejnou hmotnost na Chandrasekharově mezi. Trvání neutrinové emise je však velmi krátké (jen kolem 1 s) a střední energie vyzařovaných neutrín dosahuje 3 MeV. Kdyby taková supernova vybuchla v centru Galaxie, tak detektorem SuperKamiokande by prošlo řádově 10^4 neutrín. Přitom historické supernovy v naší Galaxii patřily převážně ke třídě Ia ve vzdálenostech 1,2 – 4,2 kpc od Země, ale s ohledem na nízkou účinnost detektoru by SuperKamiokande nedokázalo zaznamenat neutrina se SN Ia, ani kdyby byla vzdálena jen 1 kpc. Naštěstí se počítá se zdokonalením tohoto detektoru (*HyperKamiokande*) s dvacetinásobnou účinností, a tam už šance na záznam neutrín bude, pokud příští supernova v Galaxii nevybuchne v nejbližších pěti letech...

M. Zingale a L. Dursi propočítali důsledky prvního **zážehu překotné termonukleární reakce** v nitru hmotného bílého trpaslíka, jenž vzápětí vybuchne jako supernova třídy Ia. Zjistili, že zážeh se odehraje poblíž centra degenerované hvězdy ve vzdálenosti nanejvýš 100 km od geometrického středu. Vzápětí vzplane každá horká skvrna v nitru hvězdy termonukleárním plamenem, ničícím velké množství materiálu bílého trpaslíka. Tyto horké bublinky pak stoupají směrem k povrchu hvězdy a dokonají tak dílo její zkázy.

A. Burrows aj. ukázali, že při gravitačním hroucení hmotných hvězd (kolapsarů) nutně dochází k porušení kulové souměrnosti hroucení, takže se objeví *vnitřní magnetohydrodynamické oscilace jádra hvězdy, jež vyvolají ve hvězdě mocné zvukové vlny, takže se celá hvězda otřásá natolik, až se zničí*. Z toho pocházejí jak supernovy třídy II tak **hypernovy**.

W. Chen a X. Li objevili novou možnost **vzniku supernovy třídy Ia** v případě, že je bílý trpaslík provázen hvězdou hlavní posloupnosti nebo podobrem o maximální hmotnosti menší než $2 M_\odot$. Při přetékání vodíku na bílého trpaslíka přes Rocheovu mez vzniká totiž společný (cirkumbinární) plynný disk kolem dvojhvězdy, jenž soustavě odebírá tak významnou část celkového momentu hybnosti, že se tím začne přenos hmoty zvyšovat a oběžná dráha dvojhvězdy se smršťuje. Během 1 – 3 mld. let tak *bílý trpaslík doroste k Chandrasekharově mezi a exploduje jako supernova Ia, když jeho centrální hustota dosáhne kritické hodnoty $2 \cdot 10^{12} \text{ kg/m}^3$* .

Na záhadně gigantickou explozi **supernovy 2003fg** (souřadnice 1416+5215; $z = 0,24$ (vzdál. 865 Mpc); absolutní hvězdná velikost v maximu $-19,94$ mag!) upozornili W. Hillebrandt aj., když se ukázalo, že takovou svítivost výbuchu může vyvolat jedině bílý trpaslík s hmotností podstatně vyšší než Chandrasekharova mez, tj. kolem $2 M_\odot$. Teoretici sice navrhují, že této hodnoty může před výbuchem dosáhnout bílý trpaslík roztočený přenosem hmoty na vysoké obrátky, ale autoři soudí, že to nestačí k udržení jeho stability. Našli však jinou možnost, totiž že by k překotné termonukleární reakci došlo nejprve daleko od centra, cíli že výbuch byl byl silně asférický.

Druhé a možná pravděpodobnější vysvětlení však předpokládá, že jde o *pár hmotných bílých trpaslíků, které překročí výrazně Chandrasekharovu mez* v okamžiku, kdy oba trpaslíci splynou. Pak je vysoký maximální vyzářený výkon zcela přirozený, ale háček je v tom, že takové soustavy před výbuchem dosud nebyly pozorovány. Pokud jsme však v případě 2003fg pozorovali výbuch z takového splynutí, vrhá to nepříznivé světlo na předpoklad o standardní maximální svítivosti supernov třídy Ia, které až dosud slouží jako standardní svíčky pro fotometrické měření kosmologických vzdáleností a slouží i jako klíčový argument ve prospěch existence skryté energie vesmíru.

Záhadu výbuchu supernovy 2003fg ještě prohloubil výpočet L. Bildsteina aj. pro těsné **dvojhvězdy typu AM CVn**, které se skutečně skládají z páru bílých trpaslíků, z nichž jeden dodává helium na druhého trpaslíka typu CO. Pokud mezi nimi probíhá dostatečně intenzívní výměna hmoty tempem $> 10^{-7} M_\odot/\text{r}$, dochází tak ke krátkým vzplanutím jako u nov a ztrátě hmoty obou složek. Následkem toho se bílý trpaslíci od sebe vzdalují a hmota nutná pro termonukleární vzplanutí roste. Nakonec tedy dojde k výbuchu bílého trpaslíka CO, jenž absolutní hvězdná velikost výbuchu pak činí nanejvýš -18 mag. Autoři soudí, že pokud budoucí přehlídky dosáhnou mezní hvězdné velikosti 24 mag, pak by se mohla jejich domněnka snadno ověřovat pozorováním.

Další mimořádně svítivou **supernovu 2006gz** zkoumali M. Hicken aj. v galaxii IC 1277 (Her; vzdál. 90 Mpc). Ačkoliv podle svítivosti patří ke třídě Ia, objevili v jejím spektru čáry uhlíku a křemičku. Odtud usoudili, že tento úkaz lze rovněž nejsnáze vysvětlit jako výbuch po splynutí dvou bílých trpaslíků, jejichž souhrnná hmotnost vysoko překročila Chandrasekharovu mez.

F. Manucci aj. si položili otázku, jak úplná je **statistika výbuchů supernov** ve vzdáleném vesmíru. Tvrdí na základě přehlídek v blízké infračervené i rádiové oblasti spektra, že *většina supernov nám uniká, protože se odehrávají v silně zaprášených oblastech překotné tvorby hvězd*. Jelikož s rostoucí vzdáleností od nás přibývá oblasti překotné tvorby hvězd, neúplnost našich přehlídek se zhorší pro $z > 0,5$ ($> 1,5$ Gpc). U supernov třídy Ia činí deficit přehlídek 15 % pro $z = 1$ (2,4 Gpc) a 35 % pro $z = 2$ (3,2 Gpc). Ještě hůř jsou na tom supernovy třídy II (kolapsary), kde odpovídající ztráty jsou dvojnásobné! Odtud je zřejmé, že i budoucí přehlídky sahající k červeným posuvům $z > 2$ budou velmi zkreslené.

A. Tutukov a A. Fedorova propočítali **pozdní vývojová stádia těsných dvojhvězd** s kompaktními složkami a ukázali, že podle okolností končí tyto soustavy buď jako supernovy Ia, anebo jako zábleskové zdroje záření gama (GRB), popřípadě jako zdroje velmi měkkého rentgenového záření. Pokaždé je klíčovým hráčem vývoje bílý trpaslík CO dosahující Chandrasekharovy meze. Pokud do akrečního disku kolem něho přitéká až $1 M_\odot/\text{r}$ (!), vzplane GRB s vyzářenou energií řádu 10^{46} J. Autoři též propočítali ještě extrémnější případy splývání dvou neutronových hvězd, popř. neutronové hvězdy s černou dírou. Tím se pak dá vysvětlit pestrost tříd supernov, která závisí právě na vlastnostech jejich předchůdců. Týmž problémem se rovněž zabývali A. Bogomazov aj. pro hvězdy s hmotností $> 8 M_\odot$. Ukázali, že *hvězdné černé díry vznikají především zhroucením Wolfových-Rayetových hvězd ve velmi těsných dvojhvězdách*.

T. Greif aj. se zabývali možností, že v raném vesmíru ($z = 20$; stáří 180 mil. r. po velkém třesku) vznikaly **nadhvězdy** s hmotností až $200 M_\odot$ a s nepatrnu metalicitou o více než tři řády nižší než má Slunce. Nadhvězdy se bleskově vyvinou a následně vybuchnou jako supernovy, které rázovými vlnami vymetou ze svého okolí do vzdálenosti až 2,5 kpc asi 250 tis. M_\odot plynu a prachu. *Tím se v jejich okolí pozdrží tvorba nových hvězd přinejmenším o 200 mil. roků*.

3.2. Radiové pulsary

Vědecký týdeník Nature přinesl překvapivou zprávu o pozorování rádiového **pulsaru v Krabí mlhovině** (PSR 0531+21) ještě před objevem pulsarů J. Bellouva a A. Hewishem pomocí naprostě neastronomického zařízení – radarem včasné výstrahy amerického letectva na Aljašce v létě r. 1967. Jak uvedl vysloužilý poddůstojník amerického letectva Charles Schisler, který na této radarové zá-

kladně v té době sloužil, pozoroval tehdy na obrazovce radaru na tucet astronomických rádiových zdrojů. Astronomové, kteří měli až po 40 letech možnost prostudovat jeho pečlivě vedené pozorovací deníky, zjistili, že řada z těchto zdrojů byly fakticky pulsary, mezi nimiž vynikl svou intenzitou právě pulsar v Krabí mlhovině. Schisler přirozeně neměl možnost zjistit povahu těchto zdrojů, ale přesto hlavní objevitelka pulsarů J. Bellová-Burnellová soudí, že *Schislerovy záznamy je třeba považovat za nejstarší doklad o existenci pulsarů*.

G. Hallinan aj. objevili koncem r. 2006 pomocí anténní soustavy VLA záblesky rádiového záření u velmi chladného **hnědého trpaslíka TVLM 513** sp. třídy dM9 s konstantní periodou 2,0 h, jež je podle optické fotometrie současně rotační periodou trpaslíka. Tyto záblesky však nebyly pozorovány před r. 2006. Jasné záblesky vykazují 100 % polarizaci, což svědčí o přítomnosti stabilního magnetického pole na úrovni téměř 1 T. Zdrojem záblesku je stálý zdroj v blízkosti magnetických pólů trpaslíka, jenž vysílá usměrněné svazky podobně jako to známe u klasických rádiových pulsarů. Autoři se proto domnívají, že se jim podařilo nalézt *prototyp zbrusu nové třídy přechodných rádiových zdrojů*.

D. Leahy a W. Tian studovali **pulsar J1846-0258**, jenž byl ztotožněn s pozůstatkem po supernově Kes 75. Kombinací rádiových a rentgenových pozorování dospěli k drastické revizi jeho vzdálenosti z 19 kpc na 6,5 kpc, takže tím vyřešili i rozpor mezi starým pulsarem, vypočteným z tempa brzdění rotace neutronové hvězdy a starým pozůstatkem po supernově. Výsledné stáří 720 let činí z tohoto objektu druhý nejmladší pulsar v Galaxii. Vzplanutí supernovy v optickém oboru však nebylo pozorováno kvůli silné extinkci v uvedeném směru.

I. Malov zjistil že **pulsar B1931+24** má osu rotace neutronové hvězdy namířenou k Zemi a současně kolmou na osu magnetického dipolu, takže dosud uváděná hodnota rotační periody 1,63 s je ve skutečnosti dvojnásobná! Za tento neobvyklý sklon obou os je zodpovědná precese akrečního disku v rovníkové rovině pulsaru. C. Ng aj. změřili pomocí VLBA vlastní pohyb **pulsaru PSR J0538+2817** (Tau; pulsní per. 0,14 s; stáří 40 tis. r; vzdálenost 1,5 kpc) rychlosť 400 km/s. Z rentgenových snímků družice Chandra vyplývá, že pulsar je obklopen protáhlou mlhovinou s delší osou skloněnou k vektoru rychlosti o 12°. Na základě těchto údajů soudí, že pulsar byl vymrštěn z otevřené hvězdokupy M36 (=NGC 1960; Aur).

M. Reynolds aj. pozorovali pomocí HST červenou světelnou křívku hvězdného průvodce milisekundového **pulsaru PSR 1957+20** (per. 1,6 ms), jenž tvoří s pulsarem zákrytovou dvojhvězdu s oběžnou periodou 9,2 h. Zjistili tak, že dráha je skloněna k tečné rovině pod úhlem 65° a sekundární složka o hmotnosti >0,02 M₀ nevyplňuje Rocheův lalok. Pro hmotnost pulsaru (neutronové hvězdy) vychází rozmezí 1,3 – 1,9 M₀.

D. Helfand aj. využili družic Chandra a ASCA ke studiu TeV zdroje záření gama **HESS J1813-178**, jenž byl ztotožněn s pozůstatkem po supernově G12.82-0.02 ve vzdálenosti 4,5 kpc. Ukázali, že bodový zdroj rentgenového záření je obklopen difuzní mlhovinou o zářivém výkonu 1,4.10²⁷ W, která je nejspíš vytvářena větrem hypotetického pulsaru, jenž mlhovinu silně ozařuje, protože jeho zářivý výkon dosahuje 3.10²⁶ W. Mezitím F. Aharonian aj. objevili pomocí aparatury HESS při soustavné přehlídce oblohy v oboru záření gama s energiami nad 100 GeV další dva kandidáty na pulsary se silným hvězdným větrem, a to **HESS 1718-385** a **1809-193**. Konečně A. de Luca aj. nalezli během 10 let sledování pomocí HST mlhovinu z hvězdného větru **pulsaru B0540-69**, jenž se nachází ve Velkém Magellanově mračnu. Pulsar je starý 1,6 tis. let; ztráta energie brzděním jeho rotace dosahuje 1,5.10³¹ W a vůči okolnímu prostředí se pohybuje rychlosť 290 km/s. Svými parametry tak nápadně připomíná pulsar v Krabí mlhovině v naší Galaxii.

I. Malov a J. Baurov si povšimli, že **prostorové rychlosti rádiových pulsarů** nejsou rozloženy izotropně a liší se svou velikostí podle toho, jak vysoká je magnetická indukce na povrchu příslušných neutronových hvězd. Průměrná prostorová rychlosť činí 108 km/s pro neutronové hvězdy s indukcí magnetického pole <1 MT. Pro vyšší indukce však stoupá až na 340 km/s, což je v Galaxii jinak nevídáná rychlosť.

D. Lorimer aj. propočítali vývojový scénář pro **binární pulsar J0737-3039** a ukázali, že jeho starší složkou je milisekundový (per. 23 ms) pulsar A, který vznikl výbuchem supernovy před 180 mil. let, kdežto pulsar B (per 2,8 s) teprve před 50 mil. lety. V současné době obě neutronové hvězdy kolem sebe obíhají v periodě 2,4 h, ale díky vyzařování gravitačních vln splynou během 85 mil. let.

V. Gvaramadze uvedl doklady o tom, že dva **pulsary B2020+28 a 2021+51** mají společný původ, protože vektory jejich prostorových rychlostí mají průsečík v hvězdné asociaci Cyg OB2. Podle jednoho scénáře tvořily předchůdci pulsarů těsnou dvojhvězdu, v níž jedna složka vybuchla jako supernova, ale soustava se tímto výbuchem ještě neropadla. Teprve výbuch druhé složky způsobil rozpad soustavy na dva od sebe prchající pulsary. Podle druhého scénáře byly předchůdci supernov samostatní a následkem blízkého setkání tří až čtyř hvězd v jádře asociace dostaly dvě z nich mocný impuls k opuštění asociace a teprve pak vybuchly jako supernovy.

J. Blondin a A. Mezzacappa přišli s pozoruhodným alternativním mechanismem **roztočení neutronové hvězdy** – pulsaru díky nestabilitě v akreční rázové vlně supernovy. Dosud se počítá s „recyklací“ pulsaru, který je po dlouhou dobu roztáčen přenosem hmoty z druhé složky dvojhvězdy. Rychlá rotace mladých pulsarů (stáří do 10 tis. let) byla dosud záhadou, když se navíc ukazuje, že souvisí se slabým magnetickým polem mateřské neutronové hvězdy.

3.3. Hvězdné zdroje rentgenového a gama záření

F. Lockman aj. se zabývali vznikem i současností proslulé rentgenové dvojhvězdy SS 433 (vzdálenost 5,5 kpc od nás). Podle jejich rádiových měření šlo původně o dvojhvězdu složenou z hmotných hvězd sp. třídy O, jež se nacházela v anonymní hvězdokupě v hlavní galaktické rovině, odkud byla katapultována rychlosťí přes 30 km/s při nějakém těsném přiblížení k jiné hvězdě. Před 10 mil. let se už vzdálila 200 pc od galaktické roviny, a zde před necelými 100 tis. lety vybuchla hmotnější složka dvojhvězdy jako supernova, jejíž pozůstatek – mlhovina W50 – je dosud dobrě viditelný. Druhá složka dvojhvězdy na ni dodává vodík, jenž vytváří jednak akreční disk kolem vlastního pozůstatku (patrně černé díry) a jednak proslulé výtrysky, vyvěrající rychlosť 80 tis. km/s. Kolem pozůstatku W50 se však nachází gigantické mračno neutrálního vodíku o poloměru 40 pc a hmotnosti 8 kM₀ a ještě rozsáhlejší vodíková slupka s poloměrem 70 pc a hmotností řádu 100 kM₀. *Dvojhvězda je tedy ponořena do mimořádně hustého mezihvězdného*

prostředí, což je v tak velké vzdálenosti od roviny Galaxie zcela nečekané. Výbuch supernovy ji navíc nasměroval zpět ke galaktické rovině.

D. Kaplan aj. měřili pomocí kamery ACS HST po dobu dvou let přesné polohy osamělé **neutronové hvězdy RX J0720-31** pozorovatelné opticky jako hvězda $B = 26,6$ mag. Obdrželi tak přibližnou hodnotu její paralaxy a odtud vzdálenost 360 pc i příčný pohyb rychlostí 180 km/s, pro pulsary typický. Odtud vyplývá, že tato neutronová hvězda prchá z hvězdné asociace OB Trumpler 10, v níž vybuchla jako supernova před 700 tis. roky.

J. Combi aj. našli podobně místo zrodu **mikrokvasaru GRO J1655-40** (max. vzdálenost 1,7_kpc), jenž je těsnou dvojhvězdou, skládající se z hvězdné černé díry a podoba sp. třídy F6 IV o hmotnosti $2,3 M_{\odot}$. Pomocí spektrografu UVES VLT zjistili, že objekt prchá z otevřené hvězdokupy NGC 6242 rychlostí 110 km/s, v níž se zrodil při explozi supernovy před více než 220 tis. lety. N. Šapošnikov a L. Titarčuk zpřesnili hmotnost černé díry v této soustavě na $6,3 M_{\odot}$. Podstatně vyšší hmotnost $15,6 M_{\odot}$ má **mikrokvasar GRS 1915+106** a prototyp hvězdných černých děr ve dvojhvězdě **Cyg X-1** dosahuje hmotnosti $8,7 M_{\odot}$.

J. Albert aj. pozorovali od června do listopadu 2006 vzplanutí z okolí černé díry **Cyg X-1** v oboru záření gama s energií nad 100 GeV pomocí aparatury MAGIC. Souběžně s tím se zvýšilo i rentgenové záření z bezprostředního okolí černé díry, jak zjistily družice RXTE, Swift a INTEGRAL. Jde o vůbec první takto pozorované vzplanutí u rentgenové dvojhvězdy obsahující černou díru. Z. Stuchlík aj. odvodili z pozorování kvaziperiodických oscilací v Keplerově disku kolem mikrokvasaru **1915+106**, že *uvnitř disku se nachází Kerrova černá díra* s hmotností $14,8 M_{\odot}$ roztočená na téměř maximální možné obrátky, neboť její spin $a = 0,9998$. Podle rádiových a spektroskopických měření V. Dhawana aj. je mikrokvasar od nás vzdálen 9 kpc, druhá složka dvojhvězdy má hmotnost $1,2 M_{\odot}$ a obíhá kolem černé díry v periodě 33,5 d. Celá soustava je stará přibližně 4 mld. let. J. McClintock a R. Narayan ukázali, že poloměr poslední stabilní dráhy oběhu testovací částice klesá s rostoucí rychlostí rotace černé díry dané hmotnosti. Konkrétně pro hvězdnou černou díru o hmotnosti $14 M_{\odot}$ činí tento poloměr pouze 30 km a částice obíhá černou díru s frekvencí 950_Hz.

A. Shporer aj. využili teleskopu CFHT k revizi parametrů optického protějšku **zákrytové rentgenové dvojhvězdy X-7** v galaxii M33, jejíž rentgenová světelna křivka dala už dříve oběžnou periodu 3,45 d. Stejnou periodu nyní obdrželi z optických pozorování ve čtyřech spektrálních pásmech za dobu 4 let. Odtud zjistili, že optická složka má poloměr $15 - 20 R_{\odot}$ a efektivní teplotu $33 - 47$ kK (sp. třída O6 III). Autorům se však nezdařilo určit spolehlivě hmotnosti obou složek. Z analogie s třemi obdobnými rentgenovými dvojhvězdami s vysokou hmotností složek (HMBX), tj. Cyg X-1, LMC X-1 a LMC X-3 však vyplývá, že i v tomto případě se pozoruje hvězdná černá díra o hmotnosti $6 - 10 M_{\odot}$ v kombinaci s velmi raným obrem o minimální hmotnosti $> 30 M_{\odot}$.

Autoři se též pozastavili nad skutečností, že ze čtyř známých případů dvojhvězd HMBX, kde kompaktní složkou soustavy je černá díra, patří tři do cizích galaxií. Pravděpodobně to znamená, že podobné objekty v naší Galaxii jsou většinou zakryty mezihvězdným prachem v hlavní rovině Galaxie, na rozdíl od zdroje M33 X-7, jehož další výzkum by měl být relativně snadný. Ostatně v průběhu roku 2007 oznámili A. Prestwichová aj. objev dvou dalších rentgenových dvojhvězd s velmi hmotnými černými děrami v galaxiích **M33** ($16 M_{\odot}$) a v trpasličí galaxii **IC 10** ($30 M_{\odot}$). *V naší Galaxii nemá žádná objevená hvězdná černá díra hmotnost $> 15 M_{\odot}$.*

Snad ještě podivnějšími rentgenovou dvojhvězdou je zdroj **Cyg X-3** v naší Galaxii, který téměř určitě obsahuje černou díru, ale u něhož se pozoruje velká proměnnost rentgenového, optického i rádiového toku. Tato dvojhvězda s oběžnou periodou 4,8 h se nachází poblíž galaktické roviny ve vzdálenosti asi 10 kpc, a přesto sem v říjnu 1985 patrně doletěly energetické částice neznámé povahy, jak se ukázalo v podzemním experimentu SOUDAN v Minnesotě, kde tehdy zaznamenali na 60 sekundárních mionů ze směru od zdroje, jejichž četnost jevíla zmíněnou periodicitu.

V r. 2007 studovali S. Carpano aj. objekt X-1 podobného typu v klasické spirální galaxii **NGC 300** (Scl, vzdálenost 2 Mpc) na základě dvou týdnů měření rentgenového toku z družice Swift. Objevili tak orbitální periodu dvojhvězdy 33 h a změřili průměrný rentgenový výkon zdroje $1,5 \cdot 10^{31}$ W. Z toho vyplývá, že kompaktní složka je černou dírou a její průvodce hmotou Wolfovou-Rayetovou hvězdou se silným hvězdným větrem. Pokud je rychlosť větru menší než 1 tis. km/s a pokud je hmotnost černé díry malá, proudí látky hvězdného větru do akrečního disku, jenž černou díru obklopuje.

T. Harrison aj. určili pomocí spektrografova NIRSPEC Keckova teleskopu povahu sekundární složky přechodného rentgenového zdroje **V616 Mon** (=A0620-00), jehož primární složkou je černá díra o hmotnosti $11 M_{\odot}$. Ukázali, že jejím průvodcem je trpasličí hvězda hlavní posloupnosti sp. třídy K5, jejíž vzhled je ovšem ovlivněn silným hvězdným větrem z okolí černé díry. R. Walter aj. objevili pomocí družice INTEGRAL v polovině září 2006 vzplanutí přechodného rentgenového zdroje **IGR J1749-28** pouhý 1° od centra Galaxie. Podle povahy vzplanutí jde o dalšího uchazeče o hvězdnou černou díru.

T. Thompsonovi aj. se podařilo najít v naší Galaxii ve vzdálenosti asi 7 kpc od Slunce zákrytovou rentgenovou dvojhvězdu typu HMBX, jež je zároveň rentgenovým pulsarem **EXO 1722-363**, když odvodili její parametry pomocí více než sedmiletých měření družic RXTE. Obě složky dvojhvězdy kolem sebe obíhají v periodě 9,7 d v průměrné vzdálenosti přes 30 mil. km. Primární složka dvojhvězdy je veleobrem sp. třídy B o poloměru kolem $30 R_{\odot}$ a hmotností nižší než $22 M_{\odot}$. Sekundární složka je nejspíš neutronovou hvězdou.

Q. Liu aj. vydali **4. katalog rentgenových dvojhvězd** o nízké hmotnosti průvodců (LMXB) zahrnující naši Galaxii a obě Magellanova mračna. Katalog s uzávěrkou dat koncem r. 2006 obsahuje 187 položek. H. Krimm aj. objevili díky družici SWIFT milisekundový rentgenový pulsar **PSR 1756-25** (per. 5,5 ms), kolem něhož obíhá ve vzdálenosti pouhých 1,8 tis. km (!) průvodce o hmotnosti $< 0,03 M_{\odot}$ vyplňující příslušný Rocheův lalok. Není to však hnědý trpaslík, jak by se z nízké hmotnosti dalo očekávat, ale heliový bílý trpaslík, který přenosem hmoty na neutronovou hvězdu přišel o větší část své původní hmotnosti. Počátkem června 2007 autoři zaznamenali 13 dní trvající rentgenový výbuch, který byl zřejmě vyvolán krátkodobým zvýšením tempa akrece do disku kolem neutronové hvězdy.

C. Bradley aj. studovali spektrum **rentgenové novy V404 Cyg** v období klidu pomocí družice Newton. Odtud odvodili parametry této dvojhvězdy třídy LMXB, obsahující černou díru o hmotnosti $12 M_{\odot}$ a podoba sp. třídy K0 IV o hmotnosti $0,7 M_{\odot}$. Podobr obíhá kolem černé díry v periodě 6,5 d. Změny rentgenového toku v intervalech od 30 min. do 12 h lze dobře vysvetlit jako akreci do disku, jenž černou díru obklopuje. Rentgenový zářivý výkon dosahuje v průměru řádu 10^{26} W.

A. Hill aj. zaznamenali díky držicí INTEGRAL neočekávaný výbuch rentgenové dvojhvězdy **A0535+262** (sp. primární složky $90.7e$ III; sekundár je neutronová hvězda s indukcí magnetického pole 400 MT a rotační periodou 104 s; $e = 0,5$; minimální poloosa oběžné dráhy 80 mil. km; oběžná doba 110 d; vzdálenost 2 kpc) v říjnu 2003, kdy se zjasnila v pásmu energií 18 – 100 keV na dobu 1,6 h s maximem zářivého výkonu 4.10^{28} W. Jinak po celé sledované od předchozího výbuchu v r. 1994 až do r. 2005 byla dvojhvězda v klidu. Autoři vysvětlují výbuch zvýšením akrece do disku obklopujícího neutronovou hvězdu, jenž současně brzdí její rotaci. Klidová hodnota tempa akrece $3.10^{-11} M_{\odot}$ je totiž velmi nízká. Ještě pomaleji rotující neutronovou hvězdu objevili A. Nucita aj. v podobě rentgenové dvojhvězdy **1RXS 1804-27** (rotační per. 8,2 min!; zářivý výkon 6.10^{27} W; vzdálenost 10 kpc), kde jejím průvodcem je hvězda 18 mag sp. třídy M6 III. Jde tedy fakticky o nový typ „*symbiotických“ rentgenových dvojhvězd*.

P. Kaaret a H. Feng potvrdili periodu 62 d kolísání rentgenového toku rentgenové dvojhvězdy **ULX 0955+6940** v galaxii M82 (UMa; vzdál. 3,6 Mpc) během tříletého sledování objektu držicí RXTE. Vysvětlují ji jako oběžnou dobu dvojhvězdy, kde primární složkou je intermediální černá díra, vykazující kvaziperiodické oscilace jasnosti s frekvencemi 50 – 190 mHz s hmotností $>500 M_{\odot}$ (!) a s průvodcem, jenž je patrně veleobrem vyplňujícím Rocheův lalok.

M. Revnitsev aj. ukázali, že rozložení jasnosti **rentgenového pozadí** v naší Galaxii se shoduje s podobným mapováním infračerveného pozadí držicí COBE. Z toho usuzují, že za *rentgenové pozadí* jsou odpovědné nerozlišené hvězdné zdroje a nikoliv difuzní horký plyn. To prakticky znamená, že bodových rentgenových zdrojů je v Galaxii o dva řády více, než se dosud soudilo. Podobně A. Abdo aj. využili detektoru MILAGRO k měření **pozadí záření gama** v pásmu 12 TeV na ploše 2 steradiánů oblohy. Objevili tak zvýšení toku ve směru k souhvězdí Labutě (difuzní zdroj **MGRO J2019+37**), které může být způsobeno buď dosud neznámým bodovým zdrojem tvrdého kosmického záření anebo skupinou nerozlišených zdrojů TeV záření gama. Dalších 8 kandidátů na zvýšení TeV toku pozorovali ve směru hlavní galaktické roviny s minimálním signálem 25% úrovň signálu z Krabí mlhoviny.

E. Kuulkers aj. sledovali mezi únorem 2005 a dubnem 2006 držicí INTEGRAL oblast **výdutě naší Galaxie** a našli tam 76 proměnných diskrétních zdrojů měkkého záření gama v pásmech 20 – 150 keV. Proměnnost zdrojů se projevuje antikorelací mezi tvrdší a měkký složkou energetického spektra a také náhlým blýskáním. Mezi 3. a 21. dubnem 2006 *zcela vymizelo záření gama ze směru od centra Galaxie*. Jak uvedli A. Bodaghee aj., pozoroval držice INTEGRAL během 4 let provozu již na 500 zdrojů záření gama, z toho polovina je nových. Většina zdrojů se dá ztotožnit buď s rentgenovými dvojhvězdami anebo s aktivními jádry galaxií (AGN). Mezi dvojhvězdami se prosazují páry HMXB, kde průvodcem černé díry je veleobr vyplňující Rocheův lalok. Z pozemních detektorů záření gama byla nejúspěšnější aparatura **HESS** v Namibii, jež objevila 30 z 54 známých diskrétních zdrojů záření gama. Aparatura využívá k detekci záblesků Čerenkovova záření vznikajícího interakcí fotonů gama se zemskou atmosférou. Atmosférické kuželes Čerenkovova záření mají vrcholové úhly jen 1° , na rozdíl od podobných kuželů ve vodě, jejichž vrcholový úhel je plných 41° . V projektu HESS jsou zapojeni také odborníci z MFF UK v Praze.

3.4. Zábleskové zdroje záření gama (GRB)

S. Campana aj. uveřejnili výsledky komplexního studia **GRB 050904** (Psc; 0054+14) s rekordním $z = 6,3$ (vzdálenost 3,9 Gpc), tj. vzplanutí se odehrálo jen 900 mil. let po velkém třesku. Rentgenová spektroskopie v závěru dlouhého (225 s) vzplanutí gama i v následujícím období raného dosvitu prokázala, že zdroj byl obklopen molekulovým mračnem s vysokou metalicitou, což je překvapující, neboť to platí i hvězdu, jež jako GRB vzplanula. Vysoká metalicia tak brzo po velkém třesku je značnou záhadou, protože podle standardního kosmologického modelu se kovy dostávají do koloběhu látky ve vesmíru až při výbuších prvních supernov a teprve pak recyklují do dalšího pokolení hvězd.

S. Cusumano aj. popsali rentgenovou i gama světelnou křivku GRB (rozsah 1 – 1 090 keV od necelých 3 min po vzplanutí. Hrbolatá světelná křivka je poseta mnoha sekundárními vrcholky a předchůdce GRB byl nejspíš hvězdou I. generace hvězd (populace III). L. Gou aj. zjistili, že optické i rentgenové erupce probíhaly souběžně a vyvrcholily téměř 8 min po GRB. V blízké infračervené oblasti začala jasnost dosvitu klesat od 2,8 h po záblesku a vymizela v čase 8,3 h po něm. Jak autoři uvádějí, jde o silně nadprůměrné parametry. Podle D. Kanna aj. velmi jasná světelná křivka dosáhla při známé vzdálenosti *neuvěřitelného zářivého výkonu* $23 PL_{\odot}$, což je přirozeně vesmírný rekord tím spíše, že je vysílán z velmi malého kosmického tělesa s poloměrem rádu 10km. E. Berger aj. využili měření optického a infračerveného dosvitu z HST a SST k odvození vrcholového úhlu výtrysku na pouhé 4° a celkové vyzářené energie 10^{44} J. Nepodařilo se jim však nalézt na snímcích mateřskou galaxii, takže její absolutní hvězdná velikost musí být větší než –20 mag.

A. Ruiz-Velasco aj. popsali optický dosvit **GRB 060927**, jenž byl zaznamenán robotickou kamerou ROTSE-III (zrcadlo o průměru 0,45 m) i robotickým 2m teleskopem Faulkes v poloze 2158+0521 již 20 s po záblesku gama a potom velmi podrobně spektrografem VLT ESO 13 h po záblesku. Ze spektra především vyplynul červený posuv $z = 5,47$ (vzdál. 3,9 Gpc), což znamená, že zpoždění 16,5 s naměřené na Zemi představuje jen 3 s ve vztažné soustavě GRB! Optický dosvit byl výrazně červený a souběžně s ním byl ve 23. sekundě po záblesku zaznamenán i dosvit rentgenový. Jelikož se tento úkaz odehrál jen 1,1 mld. let po velkém třesku, získáváme tak významný nástroj pro studium období reionizace vesmíru po šerověku vesmíru.

H. Hao aj. využili dalšího velmi vzdáleného **GRB 060206** ($z = 4,05$; vzdál. 3,7 Gpc) jako světlometu, jenž na několik hodin ozářil mezilehlé mračno plynu ve vzdálenosti 2,8 Gpc od nás. V časech 4,1 a 7,6 h po výbuchu v něm pozorovali absorpní čáry Fe II a Mg II, jevíci silnou proměnnost svých intenzit. Odtud odhadli příčný rozměr mračna na 100 mld. km (670 AU). Podobné pozorování uskutečnili také V. D. Elia aj. díky spektrografu UVES VLT pro **GRB 050730** ($z = 3,97$; vzdál. 3,7 Gpc). Nalezli tak přímo v okolí GRB absorpní čáry C II, Si II, O I a Fe II a odtud odvodili, že příslušné mračno má jen setinu sluneční metalicity, což odpovídá tehdejšímu věku vesmíru jen 1,6 mld. let. Podle M. Perriho aj. měl tento zdroje extrémně dlouhý (>11 h) rentgenový dosvit se dvěma zlomy světelné křivky v časem 4 min a 2,8 h po záblesku gama. *Podobná pozorování mohou přinést jedinečné údaje jak pro určování fyzikálních a chemických vlastností mezihvězdných mračen v raném vesmíru tak i pro vlastní výzkum zdrojů GRB a vzdálených galaxií.* B. Schaefer aj., dokonce na základě červených posuvů ve spektru 69 GRB a různých indikátorů jejich zářivého výkonu zkonztruovali Hubblův diagram v rozmezí $z = 0,17$ – 6,3 (0,6 – 3,9 Gpc), z něhož vyplývá, že kosmologická konstanta λ se nemění s časem.

P. Schady aj. zjistili, že dosud nejjasnější **GRB 061007** pozorovaný družicí Swift měl shodné světelné křivky rentgenového i optického dosvitu, když ještě 80 s po vzplanutí gama byl opticky jasnější než 11 mag. Znamená to, že buď byl výtrysk velmi úzký, anebo byla celková energie vzplanutí extrémně vysoká.

A. Castro-Tirado aj. podrobně rozebrali okolnosti pozorování **GRB 051022**, jenž byl objeven družicí HETE-2 jako jeden z nejjasnějších GRB v historii a jenž byl doprovázen silným rentgenovým dosvitem, zatímco v blízkém infračerveném i optickém oboru nebyl dosvit pozorován vůbec. Neúspěšná pozorování přitom probíhala od 2,5 h po záblesku gama po dobu téměř 14 měsíců, což ukazuje, že ještě dříve došlo k výtrysku. Podařilo se však opticky zaznamenat mateřskou galaxii 21 mag se $z = 0,8$ (vzdál. 2,1 Gpc), jejíž absolutní hvězdná velikost je tudíž $-21,8$ mag, takže má svítivost asi 3krát vyšší než naše Galaxie. Odtud pak vyplývá izotropní vyzářená energie GRB řádu 10^{44} J. V galaxii probíhá po dobu asi 25 mil. let překotná tvorba hvězd vysokým tempem $50 M_\odot/\text{r}$. Autoři však zjistili, že zmíněný GRB se odehrál v obřím molekulovém mračnu s vysokou extinkcí v optickém oboru (50 mag!) a dokonce i v středním infračerveném pásmu K (6 mag). Není proto divu, že dosvit v těchto pásmech nebyl pozorován a to zřejmě platí obecně i pro další „temné“ GRB.

D. Frederiks aj. pozorovali aparaturou *Konus* na družici *Wind* v pásmu energií 0,01 – 1,1 MeV záblesk **GRB 051103** v trvání pouhých 0,17 s v poloze 0952+6851, která odpovídá poloze kupy galaxií M81 (UMa; vzdál. 3,6 kpc). Jde tedy nepochybně o krátký (<2 s) záblesk SGRB, vyvolaný pravděpodobně splynutím dvou kompaktních hvězd. A. Achterberg aj. využili neutrinového detektoru *AMANDA II* v Antarktidě k *hledání korelace mezi příchodem vysokoenergetických neutrín a výskytem GRB* v letech 1997 – 2003, ale žádné korelace nenašli.

C. Fryer aj. se domnívají ve shodě s většinou odborníků, že hmotné hvězdy na konci termonukleárního vývoje (kolapsary) jsou přičinou pozorovaných dlouhých (>2 s) zábleskových zdrojů záření gama (**LGRB**). Četnost LGRB je však tak velká, že kromě osamělých hmotných hvězd se musí přičinit i některé typy dvojhvězd, vykazující rozličné scénáře přenosu hmoty mezi složkami a případně i vznik společné plynné obálky kolem soustavy. Rozmanité scénáře nakonec vedou k výbuchům hypernov, resp. supernov třídy Ib, Ic a II. Podle J. Larssonové aj. stačí k výbuchu kolapsaru jako supernovy, aby předchůdce měl hmotnost $>8 M_\odot$, kdežto pro LGRB je potřebná hmotnost předchůdce $>20 M_\odot$. E. Bissaldi aj. uvedli, že supernovy třídy II s relativním zastoupením plných 70 % jsou s převahou nejpočetnější mezi všemi třídami supernov.

J. Staff aj. vytvořili model, který naznačuje, že u dlouhých zábleskových zdrojů záření gama má vnitřní zdroj celého úkazu zajímavý vlastní vývoj. Hmotný kolapsar v těsné dvojhvězdě se začne hroutit zásluhou akrece od svého průvodce, takže vzniká protoneutronová hvězda, která se při dostatečné hmotnosti ve druhé fázi vývoje změní na kvarkovou hvězdu, jež stále nabírá další hmotu. Proto dochází ještě ke třetí fázi vývoje, kdy se kvarková hvězda zhroutí na hvězdnou černou díru. Závěrečné hroucení je doprovázeno dlouhým vzplanutím záření gama a interakcí výtrysků vyvěrajících z okolí černé díry s výtrysky, které doprovázely předešlý vznik kvarkové hvězdy. Model dobře vysvětuje existenci rentgenových záblesků v dosvitech mateřských objektů jako byly **GRB 050219A, 050502B, 050421 a 050401**.

Podle B. Zhangy aj. je rozdelení GRB na dlouhé a krátké rozmyté kvůli pozorování **GRB 060614**, jenž se nacházel velmi blízko, a přesto se k němu nenašla žádná supernova. Zvláštností tohoto GRB byla krátká epizoda tvrdého záření gama na počátku vzplanutí, následovaná dlouhou epizodou záření měkkého. Autoři se proto domnívají, že šlo o extrémní případ krátkého vzplanutí, kdy předchůdce krátkého záblesku gama (**SGRB**) náleží ke staré populaci hvězd. Je-li tato domněnka správná, budou podobné SGRB objevovány zejména v eliptických galaxiích, na rozdíl od dlouhých LGRB, jejichž předchůdci jsou mladé velmi hmotné hvězdy. Titíž autoři dospěli na základě statistiky z družice Swift k neméně nečekanému zjištění, že *SGRB a LGRB se od sebe neliší, pokud jde účinnost zářivého procesu a totéž dokonce platí i pro rentgenové záblesky (XRF)*, jež jsou obdobou GRB v pásmu tvrdého rentgenového záření. Identifikace mateřských galaxií zdrojů LGRB prokázaly podle S. Nuzeho aj., že *předchůdci LGRB jsou velmi hmotné hvězdy s nízkou metalicitou*, takže tyto záblesky mohou sloužit jako ukazovátko, kde se v raném vesmíru nacházely oblasti překotné tvorby hvězd.

N. Butler aj. zveřejnili katalog údajů o GRB pozorovaných družicí Swift od prosince 2004 do května 2007, obsahující mj. červené posuvy pro 77 GRB. C. Akerlof a H. Swanová zjistili, že v tomto souboru má 71 % GRB v čase 1 tis. s po záblesku optický dosvit jasnější než $R = 22,1$ mag. Nejjasnější dosvity mají v té době ještě 19,5 mag. Amplitudy pozorovaných dosvitů dosahují až 14 mag. K objevu optických dosvitů často stačí robotické kamery s objektivem o průměru pouhých 10 mm. V. Lipunov aj. instalovali v Domodědovu v projektu „Mastér“ několik světelných (F/1,2 – 4) robotických kamer s průměry objektivů 25 – 355 mm a zornými poli 0,7 – 40°, jež sledují za příznivého počasí až 90 % plochy oblohy do 19 mag. Tak se jim podařilo objevit optické protějšky **GRB 050824 a 060926** jakož i supernovy **2005bv** (Ia), **2006ak** (Ia) a **2005ee** (II).

E. Liang aj. přispěli k další komplikaci už beztoho dost neurčité klasifikace GRB tvrzením, že v souboru 200 LGRB z družice Swift se vyskytují nápadně podsvítivé případy s malou vzdáleností od nás, které mají mimořádně široký vrcholový úhel vyzařujícího výtrysku (>31°), což je prý doklad existence již **třetí třídy GRB**, které lze pro nízkou svítivost pozorovat jen v blízkém okolí naší Galaxie. Podobně E. Berger aj. zjistili, že 9 dosvitů SGRB ve vzdálenostech 1,2 – 2,5 Gpc, pozorovaných obřími dalekohledy Gemini, Magellan a HST, vyzářilo izotropně energie až 10^{45} J, tj. o tři řády více než SGRB v malých vzdálenostech od nás, takže jde zřejmě o zcela novou populaci SGRB.

T. Lee a C. Dermer vypracovali statistiku o **rozložení vzdáleností zdrojů GRB** na souboru poměrně homogenních pozorování družice Swift a 16 následných spektroskopických měření červených posuvů z . Zatímco dřívější značně nehomogenní data (41 GRB) dávala střední hodnotu $z = 1,5$ (vzdálenost 2,9 Gpc), údaje ze Swiftu vedou k podstatně vyšší hodnotě $z = 2,7$ (vzdálenost 3,4 Gpc). Po zahrnutí výběrových efektů je však pravděpodobné, že četnost výskytu GRB se ve vesmíru zvyšuje až do $z = 5$ (vzdálenost 3,8 Gpc, tj. do stáří vesmíru 1,2 mld. let po velkém třesku). Jednotlivé výtrysky GRB mají též v průměru širší vyzařovací kužel s vrcholovým úhlem 20° (dřívější data dávala úhel jen 14°). Zdá se též, že populace blízkých ($z < 0,25$; vzdál. 900 Mpc) GRB se od vzdálené populace liší. V blízkých spirálních galaxiích vzplane v průměru jeden GRB za 600 tis. let. Z celkového počtu GRB by měly mít 4 % červené posuvy >7 (vzdál. >4 Gpc) a 10 % >5 (vzdál. >3,8 Gpc), pokud platí základní předpoklad, že četnost GRB klesá s rostoucí metalicitou hvězd během stárnutí vesmíru.

Údaje o GRB z družice Swift vedly S. Naoze a O. Bromberga k odhadu, kdy nejdříve se ve vesmíru mohly tyto zábleskové zd

je vyskytnout. Autoři vycházejí z všeobecně přijímaného předpokladu, že **první hvězdy populace III** měly hmotnost $>100 M_{\odot}$, protože obsahovaly pouze vodík a helium a vznikaly již při $z = 66$ (30 mil. let po velkém třesku). Tak hmotné hvězdy dospěly již za 5 mil. let do stádia kolapsarů a jejich zhroucení vyvolalo první úkazy GRB.

A. Bogomazov aj. se domnívají, že podmínky pro vznik GRB poskytují velmi hmotné hvězdy ($>8 M_{\odot}$) v těsných dvojhvězdách. V pozdních fázích vývoje takových soustav se hmotná složka dvojhvězdy typu Wolfových-Rayetových hvězd vytváří zhrouť na neutronovou hvězdu, kolem níž se utvoří akreční disk o hmotnosti kolem $1 M_{\odot}$. Jejím průvodcem je těžký bílý trpaslík. Neutronová hvězda nabírá hmotu z disku a roztáčí se na vysoké obrátky, ale díky tomuto přírůstku hmoty se nakonec zhrouť na hvězdnou černou díru, což je doprovázeno výronem měkkého záření gama, tj. GRB.

E. Molinari aj. ukázali, jak lze z raných světelných křivek těsně po vzplanutí GRB vypočítat *Lorentzův faktor*, tj. relativistické poměry v původní ohnivé kouli GRB. Na základě světelných křivek dvou GRB (060418 a 060607A) odvodili v obou případech vysoký Lorentzův faktor 400, což dává poloměr ohnivé koule řádu bilionu km (700 AU) a *rychlosť relativistických částic jen o 0,003 promile nižší, než je rychlosť světla*. H. Doi aj. využili rozsáhlých údajů o světelných křivkách optických dosvitů GRB, získaných díky pilné družici Swift, k vytvoření jejich jednotného fyzikálního modelu, sestávajícího z kombinace tří jevů, a to synchrotronového záření, jeho samoaborpce a vnitřní rázové vlny, vyvolané vlastním vzplanutím. Model dokáže objasnit i výskyt mimořádně jasných optických protějšků jako tomu byl v případě **GRB 990123**.

Alternativní model zveřejnili W. Lei aj. Podle těchto autorů se v srsti každého GRB nachází rychle rotující (Kerrova) hvězdná černá díra, obklopené v rovině rovníku plynným diskem, který se vlivem precese kolébá. Z disku proudí plyn na černou díru a přitom se uvolňuje zářivá energie prostřednictvím *Blandfordova-Znajekova mechanismu* (dolování rotační energie černé díry prostřednictvím magnetického pole akrečního disku). Světelná křivka GRB po výbuchu je nejvíce ovlivněna rychlým rozevřáním vrcholového úhlu výtryskového kuželeta na obzoru událostí černé díry. Otvírání úhlu se však postupně zpomalí.

C. Guidorzi aj. využili podrobných údajů o **GRB 070311** z družice INTEGRAL k objasnění souvislostí mezi optickým protějškem a dosvitem GRB. Tvrdí, že protějšek je důsledkem vnitřních rázových vln, které probíhají relativistickými slupkami materiálu, jenž byl z předchůdce GRB vyvržen předem. Dosvit je naproti tomu projevem synchrotronového záření elektronů, jež byly vymetené z okolí zdroje ohnivou koulí rozpínající se do mezihvězdného prostředí. Pozorované krátkodobé kolísání a menší výbuchy v rentgenovém i optickém oboru pak svědčí o pokračujícím provozu centrálního zdroje, jehož záření interaguje s vnitřními i vnějšími rázovými vlnami.

Nicméně C. Wanek upozornil ve svém přehledovém článku na nové komplikace, za něž obrazně řečeno může velmi úspěšná družice Swift. Ta např. pozorovala **GRB 060729**, který byl rentgenově pozorovatelný téměř půl roku po vlastním vzplanutí a jehož vrcholový úhel výtrysku byl mimořádně rozevřený (35°), takže šlo možná o magnetar. Podobně anomálně se choval též **GRB 070110** zřejmě pod vlivem velmi silného magnetického pole. Vrcholové úhly usměrněných výtrysků GRB se navzájem velmi liší, což znesnadňuje určení celkové vyzářené energie jednotlivých GRB. Wanek sarkasticky pojmenovává: „*Když pozorujete jeden GRB, tak prostě vidíte pouze jeden GRB*“. Přesto se naše souhrnné vědomosti o jevu GRB významně zlepšují. Obecně platí, že *každý GRB vyzáří během několika desítek sekund tolik energie jako Slunce za celou dobu svého pobytu na hlavní posloupnosti (11 mld. let)*!

M. Goad aj. popsali rentgenovou světelnou křivku nejjasnějšího rentgenového protějšku **GRB 051117A**, kde centrální zdroj fungoval po neuvěřitelně dlouhou dobu jedné hodiny. Světelná křivka vykazovala na sebe navazující a dokonce i vzájemně se překrývající kratičká vzplanutí, což je v dosavadní historii pozorování GRB naprostě nevidaný úkaz. A. Soderbergová aj. prozkoumali dosud nejlépe a komplexně pozorovaný rentgenový záblesk **XRF 050416A** ($z = 0,65$; vzdálenost 2 Gpc), k němuž máme podrobná data také v blízkém infračerveném, optickém i rádiovém oboru elektromagnetického spektra. Pokud by byl zdroj zářil izotropně, tak vyzářená energie dosáhla hodnoty 10^{44} J a rázová vlna záblesku dokonce 10^{45} W. V každém případě vrcholový úhel výtrysku byl širší než 7° . *Souběžně se zábleskem vybuchla na tom místě i klasická supernova*, podobající se prototypu 1998bw. Záblesk se odehrál poblíž jádra mateřské galaxie ($I = 22,7$) s metalicitou asi poloviční než je sluneční a s vyšším tempem tvorby hvězd ($2 M_{\odot}/r$). Čtyřicet dnů po rentgenovém záblesku se ve zdroji XRF odehrál gigantický rádiový výbuch záhadné povahy.

E. Bissaldi aj. našli velmi dobrou shodu mezi výskytem LGRB a supernov Ib/c v nepravidelných galaxiích. Zdá se, že LGRB jsou důsledkem výbuchu Wolfových-Rayetových hvězd o hmotnostech $40 - 100 M_{\odot}$, takže jen zlomky procent supernov Ib/c se současně projeví jako LGRB. M. Dainotti aj. ukázali, že mimořádně dlouhý **GRB 060218** s trváním 35 min (!) nepochybňuje souvisí s výbuchem supernovy 2006aj třídy Ib/c. Výzkumu supernovy se věnovali K. Maeda aj., kteří k tomu využili spektrografova a kamery u obřího teleskopu *Subaru*, jímž sledovali supernovu ještě 200 dnů po záblesku XRF. Ukázali tak, že plynné obaly kolem supernovy se rozpínaly rychlostí přes 7 tis. km/s, a že celá exploze byla lehce asymetrická. Podle jejich výpočtů měl předchůdce supernovy původní hmotnost $20 M_{\odot}$, kterou však značně poztrácel ještě před vlastním výbuchem, kdy se do okolního prostoru rozmetaly $2 M_{\odot}$ látky, z toho $1,3 M_{\odot}$ kyslíku a $0,05 M_{\odot}$ izotopu ^{58}Ni . Energie vyzářená při explozi dosáhla hodnoty 2.10^{44}J . Na základě těchto údajů klasifikovali výbuch jako supernovu třídy Ic. K. Wiersema aj. zjistili pomocí spektrografů *UVES* a *FORS* (VLT ESO), že trpasličí mateřská galaxie o hmotnosti pouhých 10 mil. M_{\odot} byla docela blízko ($z = 0,033$, tj. 140 Mpc) a supernova tam vybuchla v oblasti překotné tvorby hvězd s nízkou metalicitou! K. Toma aj. uvedli, že zářivý výkon zdroje XRF byl o plných pět řádů nižší než u běžných LGRB, takže se domnívají, že šlo fakticky o *magnetar s periodou rotace neutronové hvězdy 10 ms a rekordně silným magnetickým polem řádu 1 TT*!

P. Woods aj. shrnuli hlavní výsledky soustavného sledování magnetaru **SGR 1806-20** [Sgr; vzdálenost (10 ± 4 kpc)], který se proslavil gigantickým vzplanutím gama **GRB 041227**, ale byl nepravidelně sledován již od r. 1993 a pochopitelně pečlivě a soustavně po zmíněném vzplanutí. Spektrální vývoj magnetaru nelze jednoduše popsat; šlo o velmi komplexní a neperiodický vývoj. Je zajímavé, že rotační rychlosť neutronové hvězdy kolísala neustále, tedy i před vzplanutím, ale nikdy nešlo o nějaký náhlý skok, ani během záblesku gama. Zato se po vzplanutí dramaticky změnil profil rentgenového impulsu, což dává aspoň jakýsi klíč k rozluštení otázky, co přesně působí u magnetaru ona obří vzplanutí. V každém případě se zdá, že *gigantické vzplanutí nijak zvlášť nepoškodí neutronovou hvězdu*, která se z tohoto kosmicky rekordního úkazu docela dobře vzpamatuje. Svedlo o tom sdělení P. Esposita aj., kteří sledovali magnetar po dobu dvou let od gigantického vzplanutí aparaturami na družicích *Suzaku*, *Newton* a *INTEGRAL*. Zjistili, že po několika sekundárních vzplanutích v září 2006 se úroveň rentgenového toku vrátila na původní stav před prosincem 2004.

D. Frederiks aj. uveřejnili překvapivé pozorování vlastního gigantického vzplanutí nečekanou metodou – totiž *odrazem záření*

gama od povrchu Měsíce. Přímá detekce obřího vzplanutí přístroji na různých družicích Země totiž paradoxně selhala, protože citlivé detektory byly vesměs zahlceny. (Např. S. Boggs aj. uvádějí, že aparatura *RHESSI* měla zahlcené detektory během 0,5 s trvání největšího vzplanutí.) Naproti tomu signál dostatečně zeslabený šikmým odrazem od Měsíce byl ještě rozumně silný pro detektory na družici **Koronas-F**, jež byla vůči magnetaru ve stínu Země, ale v jejím zorném poli se nacházel Měsíc.

Tak se podařilo až nyní zjistit, že při vlastním záblesku dosahovala měřitelná energie fotonů hodnot až 10 MeV a jeho dosvit v pásmu 1 MeV trval celé hodiny. Hlavní impuls obsahoval energii $2 \cdot 10^{39}$ J a maximální zářivý výkon činil dokonce $3,5 \cdot 10^{40}$ W; byl tedy vyšší než u kvasarů! Pulsující „chvost“ hlavního záblesku i následné sekundární záblesky dosahovaly stále ještě zářivých výkonů řádu 10^{35} W. Zároveň se projevilo periodické kolísání toku v oboru gama s periodou 7,4 s, což je zřejmě rotační perioda mateřské neutronové hvězdy. M. Vietri aj. zde objevili přechodné kvaziperiodické oscilace s frekvencemi 20 – 1840 Hz trvající obvykle desítky sekund, odpovídající zářivým výkonům až 10^{34} W. Autoři to považují za důkaz přítomnosti magnetického pole o indukci řádu 100 GT! Jenikož je tento magnetar od nás vzdálen 15 kpc, plyne odtud, že tak *obří erupce magnetarů lze v principu pozorovat i v cizích galaxiích* až do vzdálenosti 40 Mpc od nás.

Podobně se Y. Tanakovi aj. podařilo získat nezahlcená měření **GRB 980827** (SGR 1900+14; Aql; vzdál. 15 kpc) pocházející z družice *Geotail*. Odtud vycházejí nižší hodnoty energie vyzářené v pásmu >50 keV – $4 \cdot 10^{37}$ J, špičkový výkon $2 \cdot 10^{39}$ W a teplota vzplanutí 2 GK! Autoři též porovnali oba zmíněné úkazy (1900+14 a 1806-20) a dospěli k závěru, že v obou případech se vyzářené energie uvolnila trhlinou v kůře příslušné vysoce magnetické neutronové hvězdy.

F. Camillo aj. objevili pomocí radioteleskopu v Parkesu rádiové záření rentgenového zdroje **1E 1547-5408**, jenž se nachází v pozůstatku po supernově G327.24-0.13 ve vzdálenosti 9 kpc od nás. Rádiový zdroj jeví periodu 2,07 s, jež se prodlužuje relativním tempem $2,3 \cdot 10^{-11}$. Z brzdění rotace vyplývá velikost zářivého výkonu neutronové hvězdy $1 \cdot 10^{28}$ W a indukce jejího magnetického pole 22 GT, takže jde o magnetar. Je to teprve druhý magnetar s rádiovým zářením, jež se ovšem vynořilo až během rentgenového zjasnění magnetaru.

D. Helfand aj. změřili radiointerferometrem *VLBI* vlastní pohyb magnetaru **XTE J1810-197** v pásmech vlnových délek 60 a 36 mm. Dvě měření v intervalu 106 d ukázala, že úhlový vlastní pohyb magnetaru činí $0,014''/r$. Při vzdálenosti magnetaru 3,5 kpc od nás to odpovídá vysoké rychlosti 212 km/s vůči místnímu těžišti, což je však méně než tomu bývá pro mladé neutronové hvězdy.

R. Gill a J. Heyl vypočítali, že v Galaxii vzniká nový magnetar v průměru jednou za 500 let. Astronomové takové úkazy zařazují mezi „měkké opakovače“ SGR nebo anomální rentgenové pulsary (**AXP**). Protože magnetary se obecně vyznačují velkou indukcí magnetického pole na svém povrchu >10 GT a mají původní hmotnosti v rozmezí 8 – 25 M_⊙, je přirozené že většina supernov (78 %) se osudu magnetarů vyhne. V naší Galaxii v současné době funguje jen 17 magnetarů, protože jejich životnost je v porovnání s jinými stádii vývoje hvězd velmi krátká. Naproti tomu v Galaxii vznikají dvě neutronové hvězdy za století.

4. Mezihvězdná látka

H. Budner aj. objevili pomocí submilimetrových radioteleskopů JCMT a 10m radioteleskopu *Caltech* na frekvenci 317 GHz mezihvězdnou těžkou vodu D₂O ve zdroji **IRAS 16923-2422***. Její množství v daném zdroji je o pět řádu nižší než zastoupení obyčejné vody při teplotách 10 – 30 K. M. Agúndez aj. využili 30m radioteleskopu IRAM k odhalení **molekuly HCP**, což je teprve třetí mezihvězdná molekula obsahující fosfor (předtím to byly molekuly PN a CP). Nová molekula se nachází v rozpínající se plynné obálce uhlíkové hvězdy na asymptotické větví obrů *IRC+10216*. Týž radioteleskop posloužil N. Marcelinovi aj. k objevu **propylenu** (CH₂CHCH₃) v obřím molekulovém mračnu *TMC-1* (Tau; vzdálenost 140 pc), což dokazuje, že *pestrá chemie se odehrává v řídkém mezihvězdném prostředí i při teplotách řádu 10 K*.

M. McCarthy aj. nalezli pomocí 100m radioteleskopu *GBT* čáry aniontů C₆H⁻ a C₆D⁻ jednak v obřím molekulovém mračnu TMC-1, kde právě nyní probíhá překotná tvorba hvězd, a jednak ve spektru molekulového oblaku kolem již zmíněné hvězdy *IRC+10216* (vzdálenost 200 pc). Tím stouplo počet identifikovaných mezihvězdných molekul na 144, z nichž 130 jsou neutrální molekuly. *Nově objevené anionty jsou však větší než všechny interstellární neutrální molekuly i než všechny kationty.* Titíž autoři nalezli vzháepět další anionty téhož typu, tj. C₈H⁻ a C₄H⁻.

Týž radioteleskop posloužil také Y. Pidopryhorovi aj. pro objev **velebubliny v Hadonoši** (gal. souřadnice $l = 30^\circ$; $b > 25^\circ$; vzdálenost od nás 7 kpc), jež je pozorovatelná v čarách H I a H⁺ a má hmotnost 2 MM_○. Součástí velebubliny je chochol v podobě gigantické erupce o rozměrech 1,2×0,6 kpc a hmotnosti 30 kM_○ vzdálený 3,4_kpc od hlavní roviny Galaxie. Stáří velebubliny činí jen 30 mil. let a její zářivá energie dosahuje 10^{46} J.

Nejvýraznější temná mlhovina na obloze **Uhelný pytel**, jež se nachází v souhvězdí Kříže, má největší průměr 15 pc a je od nás vzdálena jen 150 pc. Na obloze proto zaujímá úhlový rozměr $5^\circ \times 6^\circ$. Mezi jasnými mlhovinami jižní polokoule ovšem nejvíce vyniká **obří mlhovina** v souhvězdí Lodního kýlu v okolí hvězdy éta Car rovněž o průměru 15 pc. Její pohádkovou krásu odhalila mozaika 48 snímků v čarách neutrálního vodíku a ionizovaného dusíku, která vznikla díky mimořádně citlivé kamere ACS HST na počest 17. výročí činnosti tohoto jedinečného astronomického teleskopu. Jak uvedl R. Villard, původně černobílý snímek byl v počítačiobarven podle barevného snímku pořízeného 4m teleskopem *CTIO*. Podrobný snímek HST ukazuje bublinu horkého plynu, jež se rozpíná uvnitř obřího molekulového mračna s pruhy mezihvězdného prachu. *Bublina je stará teprve 3 mil. let a poskytuje nám tak přibližnou představu o vzniku Slunce a Sluneční soustavy.*

K. Menten aj. využili radiointerferometru *VLBA* na frekvenci 8,4 GHz k měření vlastního pohybu i určení paralaxy neméně proslulé **Velké mlhoviny v Orionu** (M42), která je v zimě vidět pouhým okem i u nás. Měření od září 2005 po dobu dvou let dala výsledný vlastní pohyb mlhoviny 0,002 $415''/r$ a její zpěsněnou vzdálenost (414 7) pc. D. Chochol aj. zkoumali povahu nové mlhoviny u hvězdy **V1647 Ori**, kterou poprvé pozoroval J. McNeil v lednu 2004 a jež dosáhla dlouhotrvajícího maxima 14,5 mag. Do října 2005 však opět zeslábla o 3,5 mag. Jde o rekurenci vzplanutí hvězdy po 37 letech, což hvězdu řadí mezi úkazy na FUorech (FU Ori) a EXorech (EX Lup). Autoři našli v mlhovině oblasti B a C, které jsou evidentně ozářeny výbuchy samotné hvězdy s různým zpožděním (59 d, resp. 85 d).

Jedním z dlouho neřešených problémů výzkumu mezihvězdné látky je povaha tzv. **vysokorychlostních mračen** (*high-velocity*

clouds; HVC) někde na periférii Galaxie, protože nemáme vhodnou metodu k určení jejich vzdáleností. Nyní se o řešení zapeklité otázky pokusili B. Wakker aj., když se snažili určit meze vzdálenosti pro HVC komplex C, jenž zřejmě představuje intergalaktický plyn, padající do naší Galaxie. Pozorováním hvězd, jež se na HVC promítají resp. nepromítají, lze totiž určit horní a spodní mez vzdálenosti komplexu C. Tyto meze jsou ovšem nepříjemně široké, tj. 3,7 – 11,2 kpc od nás, i když je doslova pravděpodobné, že komplex C je vzdálen více než 6,7 kpc. Hmotnost komplexu pak lze odhadnout v rozmezí 3 – 14 M_\odot a roční přítok plynu (H I, H II a He) v rozmezí 0,1 – 0,25 M_\odot/r . Jak patrně, povaha HVC zůstává stále překvapivě tvrdým orškem, přestože byly objeveny již v r. 1963.

5. Galaxie a kvasary

5.1. Hvězdné asociace a hvězdokupy

F. Comeron a A. Pasquali objevili, že hvězda **BD +43° 3654** (sp. O4 If; 70 M_\odot ; stáří 1,6 mil. roků) má zřejmě vysoký vlastní pohyb, protože je ve směru jejího pohybu vidět na záběrech z družice IRAS oblouk rázové vlny. Zpětné promítání směru letu vede do známé hvězdné asociace *Cygnus OB*, takže je prakticky jisté, že odtamtud byla hvězda vymrštěna následkem těsného přiblížení k jiné hvězdě (obří gravitační prak).

V. Ortega aj. zjistili z vlastních pohybů, že trojnásobná hvězda **AB Dor** má společný původ s otevřenou hvězdokupou **Plejády**. Podle jejich výpočtů jsou obě skupiny stejně staré (119 mil. roků) a měly v době zrodu tutéž polohu v Mléčné dráze. AB Dor je dnes jenom 15 pc od Slunce, zatímco vzdálenost Plejád je předmětem dlouholetého sporu, protože trigonometrie z družice HIPPARCOS dává vzdálenost jen 118 pc, kdežto nepřímé (fotometrické) metody vedou k hodnotám 135 pc. Proto M. Groenewegen aj. využili okolnosti, že podle fotometrie ze zmíněné družice je dvojčárová spektroskopická dvojhvězda **HD 23642** rovněž zákrytovou dvojhvězdou, což umožňuje nezávisle určit její vzdálenost pomocí programů, které vypracoval P. Hadrava. Jelikož autorům vyšla vzdálenost 138 pc, je téměř jisté, že trigonometrická paralaxe Plejád je chybná.

J. Maíz a A. Moffat studovali pomocí HST podivuhodnou otevřenou hvězdokupu **NGC 3603** (Car; 6 kpc), která ve svém centru zřejmě obsahuje řadu hvězd o hmotnostech řádu 100 M_\odot , jejichž mocný hvězdný vítr vrtá díry do okolního mračna ionizovaného vodíku. Na snímcích jsou však vidět malé tmavé skvrnky, což jsou nejspíš zárodky budoucích hvězd. S. Villanova aj. pořídili pomocí HST fotometrii i spektra 80 hvězd v obří kulové hvězdokupě **omega Centauri** (vzdálenost 5 kpc) s cílem určit zastoupení některých chemických prvků v jejich atmosférách. Změřili tak zastoupení prvků C, N, Ca, Ti a Ba a odtud pak stupeň metalicity vybraných hvězd. Objevili tak čtyři rozličně staré hvězdné skupiny, ale i značný rozptyl stáří v dané skupině. Odtud plyne, že zdaleka *neplatí tradiční předpoklad, že všechny hvězdy v kulových hvězdokupách vznikly prakticky zároveň*.

P. Miocchi aj. prohlédli snímky 39 kulových hvězdokup v naší Galaxii i v galaxii M31 a zjistili, že nejméně v sedmi z nich se pravděpodobně nacházejí uprostřed **intermediální černé díry** s hmotnostmi $>100 \text{ M}_\odot$. Jsou to obvykle hvězdokupy, kde je na barevném diagramu zvýrazněna extrémní modrá vodorovná větev. Ještě závažnější důkaz podali B. Lanzoni aj. pro kulovou hvězdokupu **NGC 6388** (Sco; vzdálenost 10 kpc od Slunce) z předešlého seznamu. Kombinace pozemních snímků hvězdokup se snímků z HST doložila v centru hvězdokupy intermediální černou díru o hmotnosti skoro 6 kM_\odot .

T. Maccarone aj. objevili kulovou hvězdokupu $V = 21$ mag (zářivý výkon 750 kL_\odot) v galaxii **NGC 4472** (= M49; vzdálenost 15 Mpc), která patří do kupy galaxií v souhvězdí Panny. V pomyslné kouli o průměru 10 pc je soustředěno několik milionů hvězd, které vyzařují v rentgenovém oboru výkon $4 \cdot 10^{32} \text{ W}$, jak zjistily družice Chandra a Newton. Rentgenová svítivost zdroje však během několika hodin prudce kolísá o více než 2 mag, což lze nejsnáze vysvětlit tím, že rentgenové záření přichází z okolí hvězdné černé díry o hmotnosti minimálně 35 M_\odot , takže možná jde o kýzenou intermediální černou díru, jak lze teoreticky v kulových hvězdokupách čekat.

5.2. Naše Galaxie

Y. Joshi určil **vzdálenost Slunce** od hlavní roviny Galaxie v rozmezí 6 – 28 pc na základě poloh 537 otevřených hvězdokup vzdálených až 4 kpc od Slunce a dále více než 2 tis. poloh jasných hvězd tříd O a B ve vzdálenostech až 1,2 kpc od Slunce. D. Carrillová aj. ukázali na základě spekter 20 tis. hvězd, že **halo Galaxie** se skládá ze dvou geneticky odlišných hvězdných složek. Hvězdy vnitřního hala mají třikrát větší metalicitu než hvězdy ve vnějším halu a obíhají kolem centra Galaxie ve stejném směru jako galaktická výduť. Naproti tomu hvězdy vnějšího hala se pohybují v protisměru! Je to zřejmě způsobeno tím, že vnější halo vzniká slapovým trháním protogalaktických chuchvalců hvězdné látky, kdežto vnitřní halo fyzikálně souvisí s diskem Galaxie.

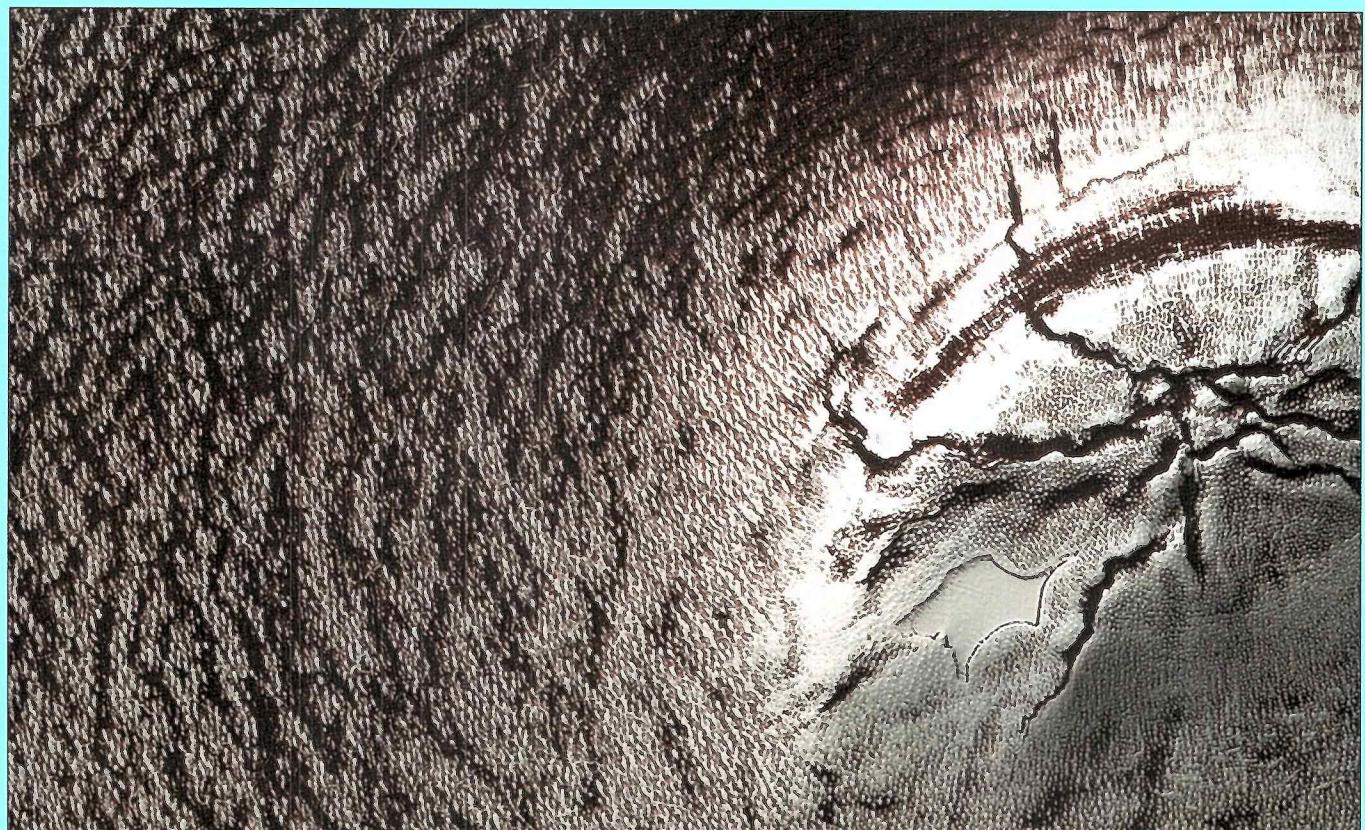
A. Kiselev aj. pozorovali úplný oběh hmotné (15 M_\odot) **hvězdy S2** po protáhlé Keplerově dráze kolem černé veledíry v centru Galaxie. Určili odtud jednak hmotnost veledíry 3,3 M_\odot a jednak vzdálenost centra od nás – 7,6 kpc.

D. Ballantyne aj. spočítali, že **turbulentní magnetické pole** kolem černé veledíry v jádře Galaxie může urychlovat volné protony na energie $<100 \text{ TeV}$. To souhlasí s pozorováním aparaturou HESS, která objevila kolem jádra prsten svítící v pásmu 1 – 40 TeV s energií $5 \cdot 10^{38} \text{ J}$. V prstenu se udrží asi třetina urychlovaných protonů; ostatní prchají dál, což HESS rovněž pozoruje. Podle R. Crockera aj. se v okolí centra Galaxie podařilo objevit výrazné netepelné rádiové záření na frekvencích až 843 MHz. Také synchrotronové záření sekundárních elektronů a pozitronů je velmi intenzivní. Objekt Sgr B2 v těsné blízkosti centra Galaxie je navíc silným zdrojem rentgenového záření. Odtud plyne, že z této oblasti určitě přicházejí i kosmické paprsky o vysokých energiích.

V centru se nacházejí i mladé husté hvězdokupy **Arches (Oblouk)** a **Kvintuplet**, obsahující hvězdy i nadhvězdy o hmotnostech až 100 M_\odot . Podle T. Suzukihua aj. dochází v nitru hvězdokup k častým srážkám hmotných hvězd během prvního milionu let jejich existence. Centrální hustota hmoty v těchto výjimečných hvězdokupách dosahuje až 1 $\text{M}_\odot/\text{pc}^3$. Tato vysoká hustota se sníží na polovinu až ve vzdálenosti 1 pc od centra hvězdokupy, ale všechny hvězdy s hmotnostmi $>20 \text{ M}_\odot$ automaticky padají zpět do centra hvězdokupy. Srážky hvězd mohou nakonec vytvořit monstra o hmotnostech řádu 1 kM_\odot , které se nutně zhroutí na intermediální černé díry a ty jsou dále přitahovány černou veledírou v centru Galaxie, až s ní nakonec splynou.



Martanské pingos. Takéto popraskané pahorky sa vyskytujú aj na Zemi v arktických a subarktických oblastiach. Formuje ich pod povrchová voda, ktorá sa s príchodom mrazov mení na ľad a parceluje pahorky. Pingos (malý pahorok) je eskimácke slovo, ktoré si osvojili geológovia pre periglaciálne formy.



Ladový impakt. Teleso dopadlo na ľadom pokryté planiny južného pólu Marsu. Impakt na ľad vyvoláva celkom odlišné procesy degradácie terénu ako impakt na skalnatý povrch. Najvýznamnejšie pôsobí sublimácia pod vplyvom slnečného žiarenia. Steny krátera aj nízke Slnko prehrieva, takže ľad sa priamo mení na plyn. Odparovanie ľadu kumuluje vrstvy prachu zmiešané s ľadom, ktoré absorbuju viac tepla a urýchľujú roztápanie ľadu. Kráter má priemer 900 metrov.



Modrá diera. Tak nazvali vedci impakt na dne veľkého krátera Pasteur. Tvarom i vzhľadom im pripomína Veľkú modrú dieru v Karibiku, nedaleko Belize (voľakedajší Britský Honduras). Pravdaže, vody v ňom niet. Vyplňa ho piesok. Modrá diera je jedným z najmladších významnejších impaktových kráterov na Marse.



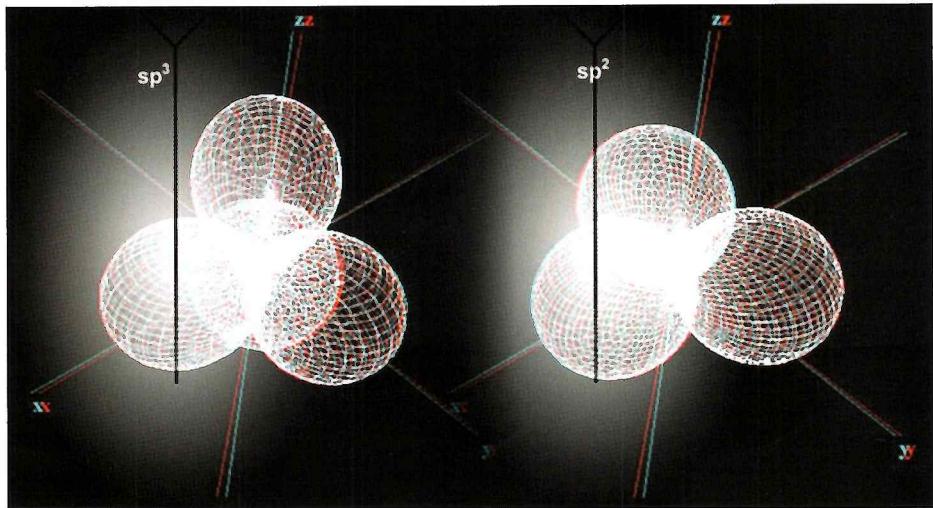
Farebné usadeniny v spleti kaňonov Noctis Labyrinthus na severnej pologuli Marsu. Na stenách kaňonu možno rozlíšiť vrstvy hornín, nad ktorými sú početné vývery. Vľavo sa tiahnu dunové polia.



Velká duna na južnej pologuli, východne od bazénu Hellas. Z vín tmavého piesku vyčnievajú ostrovčeky erodovanej náhornej planiny.

KOSMOS 6/2009

Kremíková báza



Každý priaznivec astronómie určite zachytil intenzívne pokračovanie lovenia exoplanét či planét, prvé detektie ich atmosfér, ich výskyt či absenciu v zóne vhodnej pre život – v zóne života. Skúsmo si zopakovať (ešte pred možnými objavmi príznakov života na iných planétach) to, čo sa udialo na planéte Zem. Konkrétnejšie, priblížme si prvkovú bázu a najmä tzv. biogénne prvky, z ktorých sa život skladá, s dôrazom na zastúpenie uhlíka. Motívaciou je fakt, že iné svety celkom zákonite budú porovnávané s naším a život na Zemi bude teda akýmsi porovnávacím etalonom.

Úvod

Úvodom poznamenáme, že štúdium života a jeho forem na Zemi sa prakticky dotýka mnohých vedných odborov, z ktorých medzi najdôležitejšie určite patria astronómia, geológia, fyzika, chémia, dokonca matematika a niektoré ďalšie. Zároveň sa pozrieme na problematiku s nižším rozlišením, približne asi tak, ako teraz detegujeme exoplanéty, keďže planéty s hmotnosťou našej Zeme (a menšie) stále trochu unikajú našim detekčným schopnostiam. To ale bude stačiť na zvýraznenie niektorých zaujímavých zákonitostí vzniku a vývoja života na Zemi a poukázanie (aspoň zatial) na znaky antropického princípu, ktorý sám má trochu turbulentný vývoj, ale prekvapivo sa ukazuje, že má určité opodstatnenie a naznačuje, že Zem sa vyskytuje v polohe priaznivej pre život, či už v rámci Slnečnej sústavy alebo i v rámci našej Galaxie.

Atómy a prvky

Ked už sa v priestore vyskytli rôzne častice a sily, tak si pripomeňme aspoň niektoré ich dôležité vlastnosti, prevažne z energetického hľadiska.

Najjednoduchší prvek, atóm vodíka, ako je známe je zložený z protónu a elektrónu a je energetic-

ky stály. Na odtrhnutie elektrónu (ionizácia) je potrebná energia 13,6 eV a pre prvky ako uhlík, kyslík a dusík (najdôležitejšie biogénne prvky) sú hodnoty nasledovné: 10,7, 15,8 a 12,9 eV (tabuľka 1).

Interval energií je veľký, či už v medzihviezdnom priestore, alebo na geologicky sformovanej Zemi. Nie je prekvapivé, že biogénne prvky a niektoré iné prvky (nakoľko ich ionizačná energia nie je podstatne vyššia ako u vodíka) pri svojej citlivosti reagovali na svoje energetické okolie napr. stratou elektrónov či ich preskupením. Táto reaktívnosť alebo citlivosť atómov má svoje prvé dôsledky. Vznikla pestrá paleta zlúčení, ktoré atómy prvkov tvoria, ako aj paleta prvkov. Niektoré izolované prvky boli objavené už v staroveku, biogénne napríklad až ma prelone 18. a 19. storočia, a mnohé prvky s atómovým číslom vyšším ako 85 až po roku 1940.

Ludia si, samozrejme, všimli určité zákonitosti u prvkov, ako teplota varu a topenia, mechanické vlastnosti, ktoré sa periodicky opakujú. Rôzne štúdie tohto typu nakoniec vyvrcholili známu periodickou tabuľkou prvkov, kde prvky sú zořadené do skupín podľa ich vlastností a atómového čísla a ktorú zostavil D. Mendelejev v roku 1869.



Morský organizmus z rodu Echinoidea s ostnami dlhými 3 – 5 cm, ktoré sú vytvorené na oxide kremíka.

Zhodnotil tak úsilie svojich predchodcov ako de Lavoisier, von Pettenkofer a ďalších a mimočodom, v tom čase predpovedal ešte neobjavené prvky, napr. dnešné germánium. Najťažší priodený prvek v zemskej kôre je urán a má v obale 92 elektrónov. Je triviálne pripomienuť, že prvky sa líšia počtom protónov v ich jadre a počtom elektrónov v obale okolo jadra. Inak asi do roku 1920 vôbec nebolo známe, že dva najjednoduchšie prvky vodík a hélium sú najrozšírenejšie nielen v našej Slnečnej sústave, ale vo vesmíre vôbec. Tabuľka 3 ilustruje časovú závislosť objavu niektorých dôležitých prvkov.

Väzbovosť atómov prvkov a hybridizácia

Ako je známe, uhlík má vo svojom obale okolo svojho jadra 6 elektrónov, dusík 7 a kyslík 8. Z počtu elektrónov a povahy elektrónu a určitých princípov preskupovania (obsadzovania len istých energetických hladín) plynú nielen optické, fyzikálne a chemické vlastnosti prvkov, ale aj ich schopnosť reagovať a vytvárať zlúčeniny. Kým reaktívnosť (schopnosť zlúčovať sa) skúma a opisuje chémia, energetické stavby a celkovú energetickú bilanciu sústavy jadro-elektrónový obal zasa fyzika, a najmä jej moderná súčasť – kvantová mechanika. Tá učí, že elektróny okolo jadra sú špeciálne zoskupené a platia určité *pravidlá*, ktoré sú nie celkom jednoduché. Napríklad, že reakcie sa typicky zúčastnia elektróny vo vonkajšej vrstve obalu, tzv. valenčné elektróny, elektróny sú obsadzované v určitých vrstvách obalu a len do určitého počtu a – samozrejme – ďalšie zákonitosti. Keď sme na úvod spomíinali, že interval energií v prírode je veľký, je pochopiteľné, že reaktívnosť prvkov prostredníctvom elektrónov, určitá sútaž v prefahovaní elektrónov, je namiestne.

Z chémie je známe, že schopnosť pútať elektróny sa nazýva elektronegativita. Atómy, u ktorých je táto schopnosť malá, sa nazývajú elektropozitívne, a naopak, elektronegativívne. Historicky sa vyvinulo, že elektronegativitu vyjadrujeme číslom od 0,7 do 4. Pochopiteľne, zmena energetického stavu elektrónu sa dá, ak treba, vyjadriť presne v energetických jednotkách. Prvek s najnižšou elektronegativitou je francium (0,86) a najvyššou elektronegativitou je fluór (4,1). Tielko o schopnosti pútať elektróny, a tak historicky sa ustálila definícia na štyroch hlavných typoch väzbosťi: kovalentná väzba (energeticky rozsah približne 4 – 8 eV), iónová (3 – 4 eV), sila van der Waalsa (0,01 – 0,1 eV). Energetická úroveň bežnej izbovej teploty je asi 0,03 eV.

Typická molekula vodíka je tvorená jednoduchou kovalentnou väzbou, 2 atómy vodíka majú spárené 2 elektróny (prekryvanie 2 elektrónových oblakov) a ďažisko elektrického náboja leží v strede molekuly. Pri väčšom počte molekúl sa vytvárajú molekulové mriežky, kde molekuly sú k sebe pútané slabými van der Waalsovými silami, ktoré pôsobia medzi polárnymi i nepolárnymi molekulami. V dôsledku elektronegativít je zrejmé, že atóm kyslíka prijíma 2 elektróny vodíka, púta ich, čím vzniká molekula vody. Ďažisko elektrického náboja ale nie je v strede molekuly, vznikne polárna, resp. dipólová molekula, a preto sa dipólové molekuly pritiahujú mostíkmi. Dlhé reťazce molekúl vody tvoria kvapalné skupenstvo vody. Voda má pomerne vysokú teplotu topenia a varu, ak ju porovnáme s molekulami podobného tvaru a vel-

kosti, napríklad sírovodík či selenovodík; tie sa neviažu vodíkovými mostíkmi. Nízka teplota topenia a varu pre tieto 2 zlúčeniny naznačuje inú veľkosť a typ väzieb. Z tabuľky 1 vidieť, že kremík a vápnik majú malú schopnosť pútať elektróny, uhlík a vodík, povedzme, priemernú.

Zaujímavú stopu poskytne tiež ionizačný potenciál (ionizačná energia) potrebný na odtrhnutie elektrónu neutrálneho prvku a približná energia hladín valenčných elektrónov, forma skupenstva a povedzme teplota topenia. Energia valenčných elektrónov je približne 10 až 30 percent ionizačnej energie pre prvky uvedene v tabuľke 1.

Podľa tabuľky 1 je uhlík prirodzene stavebným prvkom. Má vysokú teplotu topenia a dodaním malého množstva energie sa jeho vonkajšie elektróny, alebo aj stavu elektrónov, stávajú rovnocenné (hybridizácia orbitálov, orbitál rámovo najpravdepodobnejší výskyt elektrónu) a uhlík sa stáva 4-väzbový. To mu umožňuje vytvárať celú paletu väzieb s inými prvkami. Tento typ hybridizácie (tzv. sp3) býva najpevnejší oproti iným typom hybridizácie ako napr. sp2 či sp, takže nás uhlík bol viac-menej predurčený byť jedným zo stavebných prvkov organických zlúčenín.

Tento fakt je ešte viac zosilnený, pokial sa uvažuje jeho množstvo v prírode. Energia potrebná pre hybridizáciu je často ešte menšia ako energia elektrónov vo valenčnej vrstve. Fakt, že atómy sú neustále v pohybe a podliehajú energetickým zmenám, ako aj prijímaniu energie z okolia, napr. tepelnej, svetelnej, elektrickej atď., nie je prekáživý. Znamená to, že tie prvky, ktorým to energetická bilancia na úrovni častíc, teda mikrosvetla, dovoluje, vytvárajú početné molekuly. Tieto rozličné molekuly ale majú rôzne silné väzby. Pre jednoduchosť a účelnosť si pamäťajme, že medzi elektrónmi orbitálov *s* a *p* vznikne istá koordinácia, pri ktorej teda elektróny pozmenia svoje stavu tak, že výsledkom sú rovnako silné väzby; väzby sú rovnocenné. V prípade atómu uhlíka tento tvorí molekulu so štyrmi rovnakými atómami, zúčastňujú sa jej dva elektróny v stave *s* a dva v stave *p*. Príkladom je metán CH₄ a ide o väzbu sp3.

Príkladom väzby sp2 je etylén C₂H₄ a príkladom väzby sp je acetylén C₂H₂. Uvádzá sa, že prvý raz sa týmito väzbami seriúzne zaoberal L. Pauling práve na prípade metánu.

Atmosféra, hydrosféra a biosféra

Kým na úrovni elektrónového obaluvládnú elektrické sily, mimochodom asi 10³⁶-krát silnejšie ako gravitačná sila, na úrovni makroskopických telies, a teda i v Slnčnej sústave, prevláda sila gravitačná.

Elektrické sily sa na tejto škále prakticky vyrušia, a tak prevláda gravitácia. V súčasnosti sa napríklad zistuje počet telies na okraji našej Slnčnej sústavy a riešia sa dráhy mnohých telies pod vplyvom vzájomnej gravitácie na výkonných počítačoch. Podobne sa občas siahne do problematic počítačových podmienok vzniku našej Slnčnej sústavy.

Tak ako v predchádzajúcej kapitole pripustme, že Zem sa sformovala za asistencie gravitačnej sily a gravitačná pec má na svedomí sférický tvar Zeme, vznik prvotného kontinentu (Pangea) či vyvrásnenie pohorí. Niekedy sa toto obdobie formovania Zeme volne nazýva aj ako geologická búrka. Podľa rádioaktívnej metódy určovania veku hornín je vek Slnka a Slnčnej sústavy asi 4,5 mi-

Prvok	elektronegativita	ionizačná energia	teplota topenia	teplota varu
C	2,5	11,3	–	3540*
H	2,2	13,6	-259	-253
O	3,5	13,6	-219	-183
N	3,1	14,5	-210	-196
Si	1,7	8,2	1414	2630
Ca	1,0	6,1	851	1439
P (biely)	2,1	10,5	44	281
P (červený)			590	
He		-24,6	-272	-269
Li	0,97	5,4	180	1372
Be	1,5	9,3	1278	2967
B	2,0	8,3	2300	2550

* sublimuje

Tabuľka 1. Základná charakteristika prvkov

zem. kôra (%)	moria (kg/l)	vzduch (%)	Slnko (%)	človek (%)	baktérie (%)
kyslík 47	kyslík 8.6.10 ⁻¹	dusík 78	vodík 93	vodík 61	vodík 63
kremík 28	vodík 1.1.10 ⁻¹	kyslík 21	hélium 6,5	kyslík 26	kyslík 29
hliník 8	vápnik 4.1.10 ⁻⁴	argón 0,9	kyslík 0,06	uhlík 11	uhlík 6,4
železo 5	uhlík 2,8.10 ⁻⁵	–	uhlík 0,03	dusík 2,4	dusík 1,4
vápnik 3,6	kremík 2,2.10 ⁻⁶	–	dusík 0,01	vápnik 0,23	fosfor 0,12
sodík 2,8	dusík 5,0.10 ⁻⁷	–	neón 0,01	fosfor 0,13	síra 0,06
horčík 2,1	fosfor 6,0.10 ⁻⁸	–	horčík 0,003	síra 0,13	–

Tabuľka 2. Približné percentuálne zastúpenie prvkov.

liardi rokov s chybou asi 1 percenta. Dospiať sa uvádza, že medzi najstaršie pôvodné horniny patria tie, ktoré sa nachádzajú v severnom Grónsku alebo juhu Afriky. Povrchová vrstva Zeme, zemská kôra, bude teda predmetom nášho záujmu. Inak je všeobecne známe, že Zem má svoje vertikálne členenie. V hrubých rysoch: zemskej jadro (vnútorné a vonkajšie), zemský plášť a zemskú kôru. Chemické zloženie zemskej kôry udáva tabuľka 2.

Ako sme už spomíinali, gravitačná vyhňa (ako aj rotácia a akrécia) mali za následok sformovanie Zeme, ktorá celkom určite neobsahovala spočiatku väčšie množstvo vody. Dôležitá, možno podstatná časť vody, sa zrejme objavila zo zemskej vnútra či podpovrchových vrstiev. Mnohé zlúčeniny budú obsahujú priamo v sebe viazanú vodu, alebo zložky vody, teda vodík a kyslík. Teploty v rozsahu asi 500 – 1000 stupňov spôsobia narušenie väzieb a zložky vody, prípadne voda samotná, v podobe horúcej parí unikala zo svojho zdroja a mohla pri nižších teplotách kondenzovať na vodu.

Štúdie naznačujú, že ak bola voda zastúpená v zemskom materiáli množstvom asi jedna desaťtisícina, stačilo by to na formovanie vody v dnešnej podobe. Najstaršie horniny, staré viac ako 3 miliardy rokov, naznačujú svojimi usadeninami, ktoré na svoju existenciu vodu potrebovali, že voda existovala už v tomto čase. Mimochodom, rozsah teplôt možných rozprešiel v hľadiskach pre život sú: voda 0 – 100 stupňov Celzia, čapavok od -78 do -33 a metylalkohol od -94 po +65 stupňov Celzia. Rozpôsťadlom tu rozumieme chemické prostredie (najčastejšie kvapalné), kde sa nejaká látka, či už organická alebo aj anorganická, dokáže čiastočne alebo úplne rozpustiť.

Lahké plyny mali celkom určité tendenciu unikať zo zemskejho povrchu a napokon i z atmosféry. Mladé Slnko malo iné rozdelenie energie ako

dnes, vo viditeľnej oblasti žiarenie asi nebolo dosť intenzívne na teploty výrazne vyššie ako bod mrazu, oproti tomu ultrafialové žiarenie mladého Slnka rozrušovalo niektoré molekuly sprievodným procesom, ktorý sa nazýva fotodisociácia. Naproti tomu teploty z vulkanických dejov, geotermálnych zdrojov a pod., mohli zapričíniť alebo spievať k uvoľňovaniu prvkov a formovaniu prvej pôvodnej atmosféry, ktorá sa odlišovala od dnešnej. Obsah atmosféry bol približne takýto: oxid uhofnatý, oxid uhličitý, voda, dusík, volný vodík a iné. Pravdepodobné percentuálne zloženie takej atmosféry mohlo byť vodná para až 80 percent, oxid uhličitý okolo 10 percent, viazaný vodík, napríklad vo forme H₂S, okolo 5 percent.

Velmi dôležitú úlohu zohralo tvorenie ozónu, ktorý začal chrániť zemský povrch od škodlivého UV žiarenia.

Dalšímedzníkom bolobjaveniesa zelených rastlín a produkcia kyslíka (asi pred 2 miliardami rokov), ako aj regulácia množstva dusíka baktériami. Pôvodnú atmosféru po istom časovom období vystriedala atmosféra, ako ju poznáme dnes. Na tomto opise vidieť, a to treba zdôrazniť, že voda, život a atmosféra sú vzájomne späté ako jeden živý organizmus, s istým stupňom samoregulácie.

V dôsledku dlhoročného výskumu sú klúčové fázy vývoja života na Zemi pomerne známe. Je dosť možné, že najjednoduchšie organizmy sa objavili asi po 100 miliónoch rokov po konečnom ochladení zemskej kôry, teda asi pred 4 miliardami rokov. Je ale zaujímavé, že ubehli ďalej asi 2 miliardy rokov, kym sa objavili prvé bunky majúce jadro (eukaryoty) a možno aj ďalšia miliarda, kym vznikol mnohobunkový život. V kambríu pred asi 500 miliónmi roksov sa objavili suchozemské tvory rôznych tvarov a foriem a tento vývoj bol občas prerušovaný vymieraním druhov; príkladom je vyhynutie dinosaurov pred 65 miliónmi roksov. Naša časová skúsenosť ukazuje, že jednoduchý život sa objavil skoro, ale až za 3 mi-

liardy rokov sa objavili mnohobunkové organizmy. Je dosť možné, že jednoduchý život môže byť vo vesmíre rozšírený, ale inteligencia môže byť vzácnejšia!

Uhlík vs. kremík

Podľa tabuľky 2 vidieť, že zastúpenie prvkov na Slnku je typické pre hviezdu daného spektrálneho typu, kedy prebieha špecifický proces jadrovej reakcie, premieňanie vodíka na hélium.

Slnko je dnes pokročilejšie vo svojom vývoji, ale ešte stále nenadobudla významnú dôležitosť ďalšia jadrová reakcia, premieňanie hélia na ľahšie prvky, predovšetkým na uhlík, dusík a kyslík. Zem prešla niekolkými vývojovými štádiami, od protoplanetárneho disku, protoplanéti, možných zrážok a fázy veľkého bombardovania rôznymi telesami, končiaci asi pred 3 miliardami rokov, fázy planéty bez vody až po jej dnešné štádium. V týchto fázach sa odráža niekoľko fyzikálnych procesov, nielen samotná gravitácia, či akrécia hmoty. Z dynamických štúdií ako aj štúdií chemického zloženia meteoritov-chondritov sa napríklad usudzuje, že vo vzdielenosti 1 astronomickej jednotky bola minimálna hmotnosť slnečnej hmloviny asi 0,01 hmotnosti Slnka a tlak v nej asi $2 \cdot 10^{-5}$ atmosfér a teplota okolo 1500 stupňov. Súčasný výskum chondritov tiež naznačuje, že podľa prítomnosti rádioaktívneho izotopu hliníka v nich boli v období prvého 1,5 milióna rokov od vzniku Slnečnej sústavy vnútorné časti planeteziemal v roztopenom/roztazenom stave, a tak nie je veľmi realistické pozerať sa na zložky Slnečnej sústavy z toho obdobia ako na plynovo-prachový disk. Z tabuľky 2 tak isto plynne, že voda pri vývoji života na Zemi zohrala a zohráva veľkú úlohu. V organickej chémii, ktorá sa zaobera najmä uhlíkom a pracovala jeho reaktívnosť a väzbovosť, sa rozpozná viac ako 3,5 milióna zlúčenín, čo je podstatne viac ako v prípade anorganickej chémie, ktorá študuje všetky prvky a ich zlúčeniny. V podmienkach Zeme sú stabilné molekuly kyslíka s vodíkom len vo forme vody H_2O a peroxidu vodíka H_2O_2 , dusíka s vodíkom amoniak NH_3 a hydrazín N_2H_4 , avšak uhlík s vodíkom v dôsledku väzbovosti je úžasné množstvo. Ako je známe, uhlík vytvára i efektívne cyklické väzby, napríklad cyklická väzba benzénu.

Pri vzniku a vývoji života príroda, zdá sa, jednoducho narazila na 4-väzbový uhlík, kde väzbovost je daná jeho atomárnou štruktúrou a počtom a zoskupením elektrónov, a hľadala najblížie prvky schopné väzbovosti a reakcie.

Pre svoje vlastnosti tvorí zlúčeniny a malý výskyt možno chemické prvky v periodickej tabuľke pred uhlíkom, ako hélium lítium, bor a berýlium prakticky vylúčiť ($He 4,2 \cdot 10^{-7}$, $Li 6,5 \cdot 10^{-3}$, $Be 6,0 \cdot 10^{-4}$, $B 3,0 \cdot 10^{-4}$ (pozri tabuľku 2 – zemská kôra)). Cielom náslovo príbehu ale nie je opis vzniku života, ale skôr hojnosť kremíka (tabuľka 1) a jeho 4-väzbovosť, podobná, ako v prípade uhlíka, ako aj jeho schopnosť reagovať (povedzme podľa jeho elektronegativity). Tieto fakty sú určite povšimnutiahodné a sledujme chvíľu reťazec úvah o dôsledkoch väzbovosti kremíka. Základné úvahy tohto typu sa objavili niekedy počiatkom 20. storočia. Z databáz a energetických úvah plynne, že kremík reaguje a vyskytuje sa hojne, avšak jedna vec je reakcieschopnosť a druhá sú vlastnosti vzniknutých kremíkatých zlúčenín.

Najčistejší kremík je tvrdá kryštalická látka,

avšak až v roztazenom stave je reaktívny. Predovšetkým je väzba (pevnosť) medzi atómami kremíka slabšia ako v prípade uhlíka (hovoríme o jednoduchej väzbe). Vzdielenosť atómov kremíka je však väčšia ako v prípade uhlíka. Energia väzby kremík-vodík je nižšia ako uhlík-vodík, jednoduchá zlúčenina silan (SiH_4) sa môže tvoriť v prostredí bohatom na vodík, ale je nestabilná a na vzduchu samozápalná.

Naopak, väzba kremík-kyslík je silnejšia ako väzba uhlík-kyslík. Preto je oxid kremíka SiO_2 stála, tuhá a málo reaktívna látka s teplotou topenia asi 1710 stupňov Celzia. Väzba kremík-kyslík je natolko efektívna, že vytvára prostredníctvom kyslíka mostíkovú väzbu (siloxanová väzba $Si-O-Si$) a makromolekulárne stabilné reťazce, siloxány. Pre porovnanie, oxid uhlíčity je plyn tvorený jednoduchými molekulami, rozpustný vo vode a možno ho ľahko rozložiť na jednotlivé atómy, oxid kremíčity je v plynnom stave pri teplotách viac ako 800 stupňov a rozloženie na jednotlivé atómy vyžaduje ešte vyšie teploty. Ak by sme priprustili kostru alebo kosti založené čisto na kremíku, tieto by boli krehkejšie a zrejmé väčšie, pretože vzdielenosť pri takejto väzbe medzi atómmi by bola väčšia. Naopak, ak by boli založené na väzbe kremík-kyslík, boli by pevnnejšie, a väčšie.

Komplexnejší život založený na kremíku je prakticky vylúčený. Uhlíkový cyklus poznáme: neživá príroda, ako napr. rastlinná ríša, používa oxid uhlíčity na produkciu organických látok založených na uhlíku, organické zlúčeniny používajú tieto produkty ako stravu, aby opäť vyprodukovali oxid uhlíčity a energiu.

Niekedy okolo r. 1771 si J. Priestley všimol, že plamene a dych živých organizmov spôsobujú v uzavretom priestore nedýchateľnosť vzduchu, ako aj fakt, že rastliny môžu vzduchu vrátiť jeho dýchateľnosť. S ohľadom na vlastnosti oxidu kremíčitého je kremíkový cyklus za normálnych podmienok prakticky vylúčený. Aby toho nebolo dôst, hľabí astronómovia nenašli zlúčeniny kremíka v podstatnom množstve (napr. silany či siloxány) v meteoritech, na povrchu komét, v medzhviezdnom prostredí, v atmosférách planét či atmosférách chladnejších hviezd. Naopak, zložitejšie molekuly na báze uhlíka (vrátane niektorých organických) sa v týchto prostrediaciach našli, často spolu s oxidom uholnatým či oxidom uhlíčitým. Súčasný výskum ale naopak odhalil kremík v niektorých hmlovinách, v ktorých sa rodia hviezdy.

O baktériach

Baktérie a mikroorganizmy sú dôležité pre pochopenie niektorých fáz vývoja života. Štúdie zistili, že jednoduché jednobunečné/jednobunkové baktérie potrebujú na svoj život vodu, zdroj tepla – energie a tuhé prostredie, napr. kamene. Život v takýchto prostrediaciach, často v podzemí býva pomalší a baktérie dosievajú pomalšie. Mikroorganizmy prežijú mnoho rokov; geológia zemskej kôry sa bez mikrobiológie dá len ľahko pochopíť. Štúdie tiež naznačujú, že baktérie prežijú v širšom intervale tlaku, ale tam, kde je teplota nad 113 stupňov, spravidla už neprežijú. Sú však typy baktérií, ktoré prežijú ešte v extrémnejších prostrediaciach.

Tiež sa uvádzia, že dodatočnou potravou pre baktérie môže byť samotný vodík a na svoju existenciu (potrava, dýchanie atď.) baktérie často potrebujú okrem vodíka nitráty, sulfáty, železo, mangán, atď. Je typ baktérií, pre ktoré je kyslik jedo-

H	1766
C	starovek
O	1774
N	1772
Si	1823
Ca	1808
P	1669
Fe	starovek
Al	1825
U	1789
Pb	starovek
Koniec staroveku	okolo 500 n.l.
Parný stroj	okolo 1776
Elektrolýza vody	1834 – 39

Tabuľka 3. Rok objavu niektorých prvkov

vatý, a používajú na prežitie metán. Príroda je tvorivá a tiež demonštruje, že kremíková báza predsa len existuje a čiastočne sa dokonca uplatnila: niektoré nízkobunečné organizmy a baktérie majú kostru založenú na oxide kremíka SiO_2 , prípadne používajú kremíkaté zlúčeniny pri svojom metabolizme. Obrázok na 24. strane ilustruje morský organizmus z rodu *Echinoides* s ostňami dlhými 3 – 5 cm, založenými na oxide kremíka.

Nuž a ešte dodatok s vyšším rozlišením, niekedy sa uvádzá, že baktérie typu *Escherichia coli* sú známe podobne ako atóm vodíka vo fyzike. Majú typický rozmer mikróv, typická hmotnosť bunky je asi jeden pikogram (10^{-12} gramu). Približne 70 percent tejto hmoty tvoria proteíny, voda, nukleové kyseliny, lipidy, ďalší materiál v bunkе tvorí hmotu 0,3 pikogramov.

Aši polovica sušiny v bunke sú proteíny, ich typická hmotnosť môže byť asi 30 000-násobok atómu vodíka, potom každá baktéria *E. coli* obsahuje asi 3×10^6 proteínových molekúl.

Takýto systém nie je jednoduché počítačovo simulovať. Iný príklad môže byť nedávne počítačové spracovanie nukleových kyselín rôznych druhov, ktoré sa vo vedeckej komunité objavilo.

Záver

Príroda pre nás pripravila istý počet prvkov a uvažovaním určitých pravidiel hry pre obal atómu sa ukázalo, že prevažne vďaka uhlíku existuje mnohorako zlúčenín, ktoré organická látka využíva, ale v prípade našej Zeme vidieť, že okrem uhlíka hrá veľmi dôležitú úlohu aj voda.

Nie je teda prekvapivé, že súčasný výskum je mimo iného orientovaný na vyhľadávanie stôp vody či už v našej Slnečnej sústave, alebo iných sústavách.

Podobne je to aj pri hľadaní príznakov atmosfér planét. Ich chemické zloženie, či priamo obsah kyslíka, napovie, v akom stupni vývoja môže byť biosféra na cudzom svete. Mimochodom, satelitná misia *Darwin* okolo roku 2015 slubuje vyhľadávanie príznakov života na iných planétach.

Prvok kremík sa na našej Zemi uplatnil v takej miere, ako sme naznačili. Avšak fyzikálne podmienky na inej planéte môžu byť iné a príroda môže byť čiastočne inak tvorivá, povedzme pri tvorbe prímesí v organických látkach. Konečne, príležitostne sa uvádzá, že naša Zem je vo výhodnej oblasti pre život (v rámci Galaxie). Uvidíme, ako sa bude táto názorová platforma s príchodom nových vedeckých poznatkov ďalej vyvíjať.

MILAN ZBORIL

Voda na Mesiaci

Tesne pred uzávierkou čísla vydala NASA správu, v ktorej sa píše: „Americký prístroj M3 (Moon Mineralogy Mapper) na palube indickej sondy Chandrayan-1 objavil okolo oboch pôlov Mesiaca molekuly vody v oveľa väčšom množstve ako sa predpokladalo. Molekuly hydroxylu (OH) detegoval prístroj v mesačnej pôde aj v nižších mesačných šírkach. Údaje zo sondy Chandrayan-1 sú v dobrej zhode s údajmi, ktoré ešte

v roku 1999 poskytol Visual and Infrared Mapping spectrometer (VIMS) na sonde Cassini a nedávno aj High-Resolution Infrared Imaging Spectrometer na americkej sonda Deep Impact/EPOXI, vypustenej v máji 2009, ktorá letí ku kométe 103P Hartley. Rozhodli sme sa preto doplniť vstupný článok (*Otázniky nad lunárnu misiou LCROSS*) o fakty, ktoré boli v plnom rozsahu zverejnené iba v posledných dňoch.



Chandrayan-1

Stopy vody sa našli už v mesačných horninách, ktoré pred 40 rokmi priviezli lode Apollo. Vedci si však neboli istí, či nedošlo ku kontaminácii s pozemskou vodou, prítomnou v atmosfére. Ibaže: „Izotopy kyslíka na Mesiaci sú rovnaké pozemské, takže je takmer nemožné ich rozlišiť,“ vráví Larry Taylor z University of Tennessee, jeden z vedcov, ktorí vyvinuli prístroje pre indickú sondu Chandrayan-1 a Mesiac študuje už od čias misií Apollo. Aj on si donedávna myslí, že voda na Mesiaci sa nachádza iba vo večne zatienených kráteroch okolo pôlov.

Potom sonda Chandrayan-1 získala údaje, z ktorých vedci vyčítali, že na Mesiaci prebiehajú reakcie medzi vodíkom a kyslíkom. Prístroj M3 však vie „prečítať“ zloženie povrchu iba do hĺbky niekoľkých milimetrov, takže o výskytu vody vo väčších hĺbkach zatiaľ nevieme. Aj M3 však potvrdil, že smerom k pôlom boli signály vody silnejšie.

Deep Impact (EPOXI)

Sonda Deep Impact, v rámci jej predĺženej misie EPOXI ku kométe 103P Hartley, ktorú obeľi o rok, previedla (na objednávku tému M3), krátko po štarte, počas niekoľkých obieťov Mesiaca a kalibrovania prístrojov aj detekciu vody a hydroxylu v infračervenej oblasti.

Deep Impact po zahájení misie v lete 2009 zachytila signály H a OH všade nad 10° mesačnej šírky, pričom najsilnejšie signály prichádzali z pôlov. Sonda obeletela Mesiac niekoľkokrát, takže získala údaje z rovnakých oblastí v rozličných časoch lunárneho dňa. Na poludnie, keď je žiarenie Slnka najsilnejšie, boli signály vody najslabšie, ráno boli výrazne silnejšie. Vedci vyhodnotili údaje ako nespochybniatelný dôkaz existencie (H; OH) na povrchu Mesiaca s poznámkou, že vlhkosť celého jeho povrchu v priebehu mesačného výrazne kolíše.



Ilustrácia EPOXI ku kométe 103P Hartley.

Mesačná voda

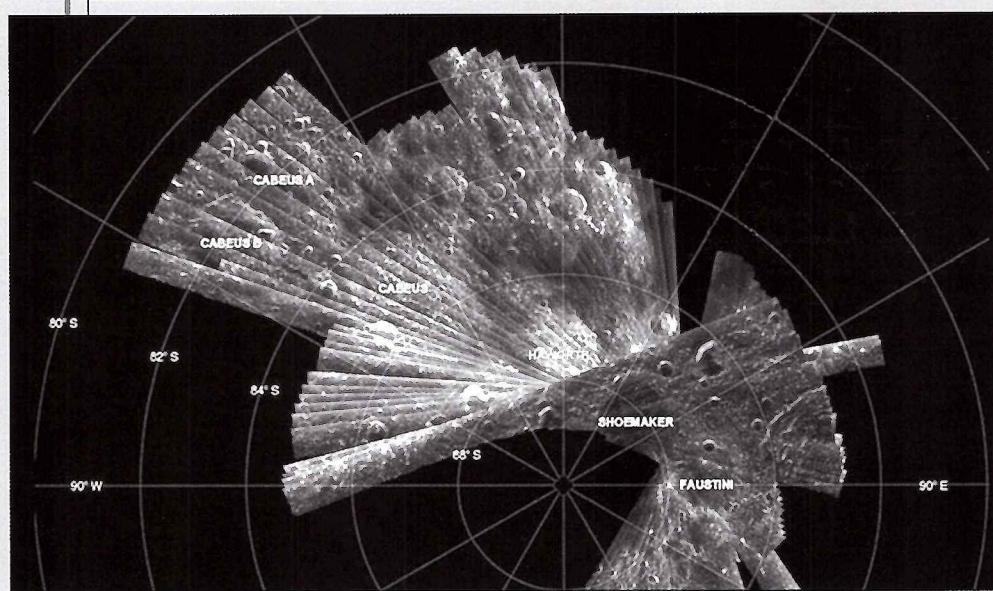
Kolísanie vlhkosti počas mesačného dňa je dynamický proces, ktorý riadia zmeny intenzity slnečného žiarenia. To je závažný poznatok. Vyplýva z neho, že na Mesiaci sú dva druhy vody: voda, ktorú priviezli impaktujúce kométy a asteroidy a voda, ktorá vzniká priamo na Mesiaci. Mesačná

voda je podľa všetkého produkтом interakcií slnečného vetra s horninami, pôdou a prachom na mesiaci.

45 % hornín a regolitu, ktoré tvoria mesačný povrch, sú kysličníky, zmesy kyslíka s inými prvkami, najmä s kremíkom. Slnečný vietor je neutíchajúci prúd nabitéch častic emitovaných Slnkom. Slnečný vietor tvoria najmä protóny a pozitívne nabité atómy vodíka.

Tieto časticie sa dopadajú na povrch Mesiaca rýchlosťou 100 000 km za sekundu. Ich energia dokáže rozrušiť kyslíkové väzby v horninách. Voda sa tvorí z voľného kyslíka a vodíka.

Zo štúdií vedcov vyplýva, že denné kolísanie vlhkosti mesačného povrchu ovplyvňuje migráciu H a OH smerom k pôlom, kde sa akumulujú v zatienených oblastiach hlbších kráterov.



Radarova mapa oblastí okolo južného póla Mesiaca, ktorú vyslala sonda LRO ešte pred impaktom Centaura.

Po získaní ďalších údajov, najmä z polárnich oblastí, zamerajú sa vedci na výskyt vody a hydroxylu ako funkcie teploty, mesačnej šírky, zloženia a časových údajov mesačného dňa.

Tím okolo M3 zdôrazňuje: „O existencii vody na Mesiaci už nemožno pochybovať. Najdôležitejším objavom je však fakt, že vlhkosť na jeho povrchu sa zvyšuje aj počas mesačného dňa.“

Chandrayan/NASA Press Release

Čo znamená objav vody na Mesiaci?

Carle Pieters, vedúci tímu, ktorý vyhodnocuje údaje z prístroja Moon Mineralogy Mapper (M3) vyhlásil na tlačovej konferencii: „Objav vodného cyklu na Mesiaci je obrovským prekvapením. To sme veru nečakali.“

Chris Welch, expert na astronautiku a vesmírne systémy z Kingston University v Londýne: „Objav vody uľahčí kolonizáciu Mesiaca. Vodu v akomkoľvek skupenstve budeme využívať ako pítelnú vodu, rozkladať ju na kyslík a vodík pre palivo do raketových pohonov, získavať kyslík pre dýchanie prístroje v skafandroch i v habitatoch.“

Pravdaže, namerané údaje o vode a hydroxyle platia iba pre najvrchnejšiu vrstvu mesačného povrchu. A tam jej nie je veľa: 1 liter na tonu hornín v polárnich oblastiach a 4 lyžičky vody z tony hornín okolo rovníka.

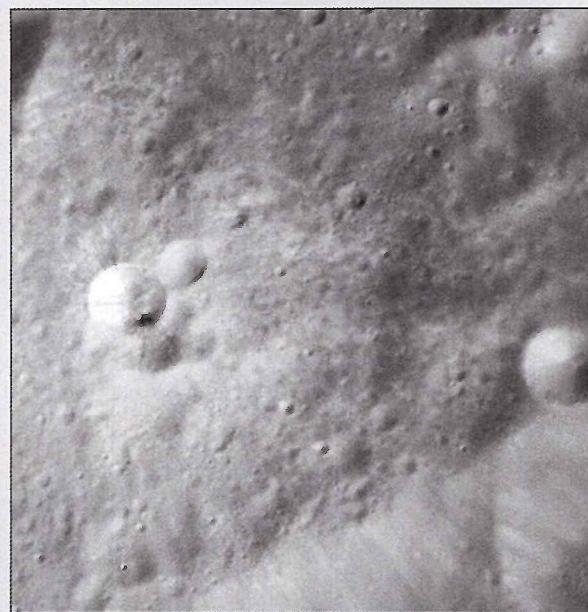
Je však možné, že vo väčších hĺbkach pod regolitom, alebo hlboko vo večne zatienených kráteroch, je vody podstatne viac. Vyvrhnuté horniny okolo najmladších kráterov, ktoré vznikli počas posledných miliónov rokov, sú pomerne „bohaté“ na vodu a hydroxyl. A najnovšia senzácia: zdá sa, že kráter Goldschmidt pri severnom póle Mesiaca je plný vodného ľadu!“

Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)-3

Sonda LRO, ktorú vyniesla raketa Atlas V, (spolu so sondou LCROSS), krúži okolo Mesiaca a zbiera údaje, ktoré spresnia mapy povrchu okolo južného pólu. Neutrónový detektor LEND zaznamenal totiž pokles neutrónového žiarenia z mesačného povrchu, čo naznačuje, že v zatienených kráteroch okolo pôlov môže byť voda i vodík. Významným objavom je, že stopy vody sa nenašli iba vo večnom tieni!

Významné údaje získal aj výškomer LOLA na sonda LRO, ktorý mapuje charakter terénu okolo južného pólu. Ukázalo sa, že steny väčšiny kráterov sú veľmi strmé, takže zostup robota či dokonca vozidla s posádkou do

Na dvoch fotografiách prístroja M3 viďte veľmi mladý kráter na odvrátenej strane Mesiaca. Tá vľavo je nasnímaná v kratších infračervených dĺžkach. Na pravej snímke tej istej oblasti zviditeľňuje modrá farba rozloženie minerálov bohatých na vodu okolo malého krátera. Voda sa vyskytuje najmä v materiáli, ktorý bol vyvrhnutý impaktom.



Malé množstvá vody a hydroxylu (zviditeľnené modrou farbou) detegovala sonda LRO na rozličných miestach mesačného povrchu. (Snímka vľavo.) Množstvo vody v polárnich oblastiach je znateľne väčšie.



oblasti večného tieňa je takmer nemožný. Mesiac nemá atmosféru, takže veterná či vodná erózia nevytvorila pod svahmi kráterov morénové kužeľe.

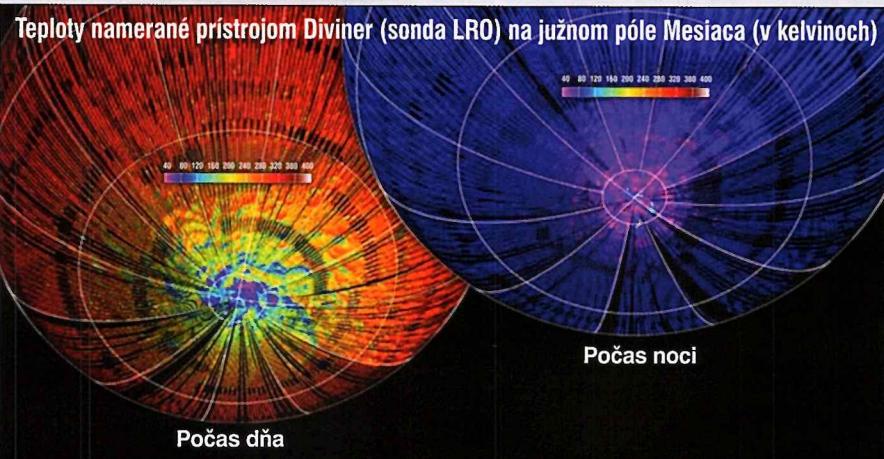
Iný prístroj sondy LRO, Diviner, zmapoval teplotu terénu vo večnom tieni. Nameral až -240°C . Prístroj bude zaznamenávať teplotu aj počas najbližších mesiacov, keď sa postupne prejaví vplyv južného mesačného leta.

Na sonda neprestajne pracuje aj kamera s vysokým rozlíšením. Permanentná prevádzka je nevyhnutná, lebo s príchodom leta sa menia aj svetelné podmienky v polárnych kráteroch. Isté oblasti zotravajú vo večnom tieni, ale rozhranie svetla a tieňa, a s tým aj teplota, sa budú meniť.

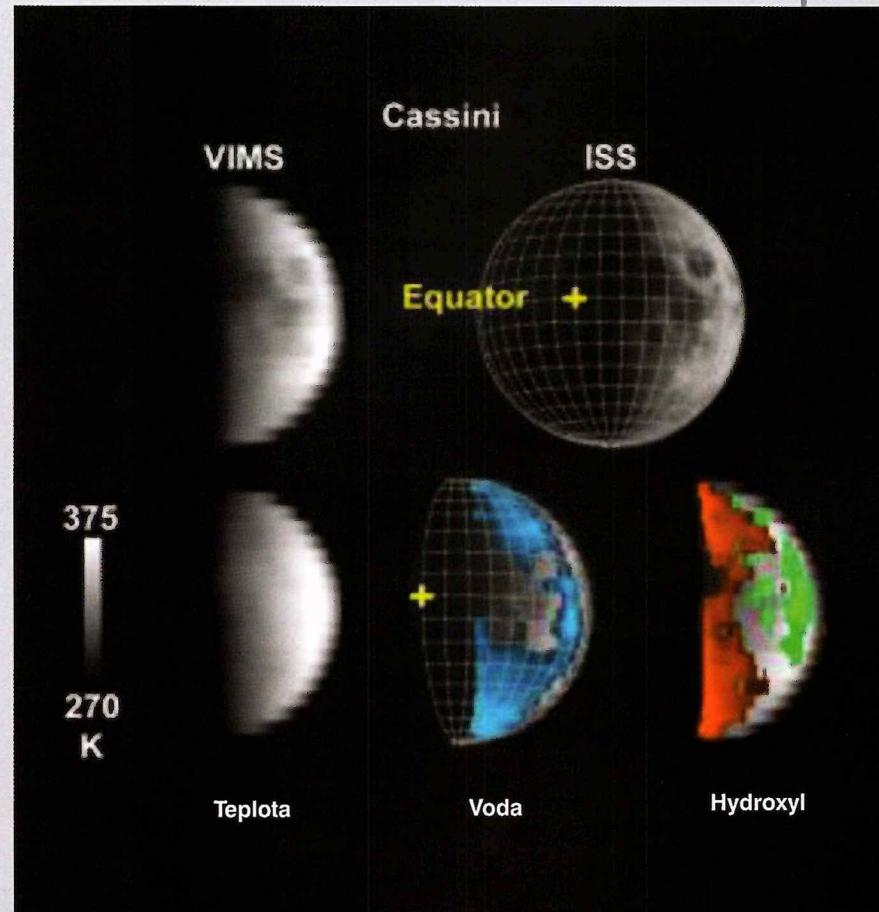
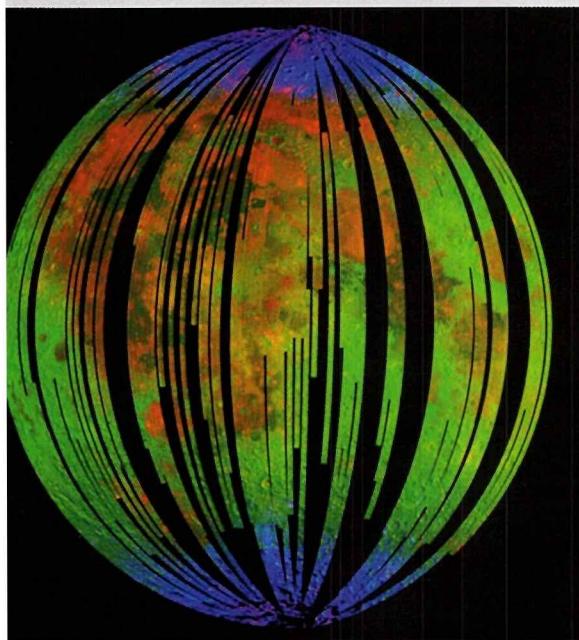
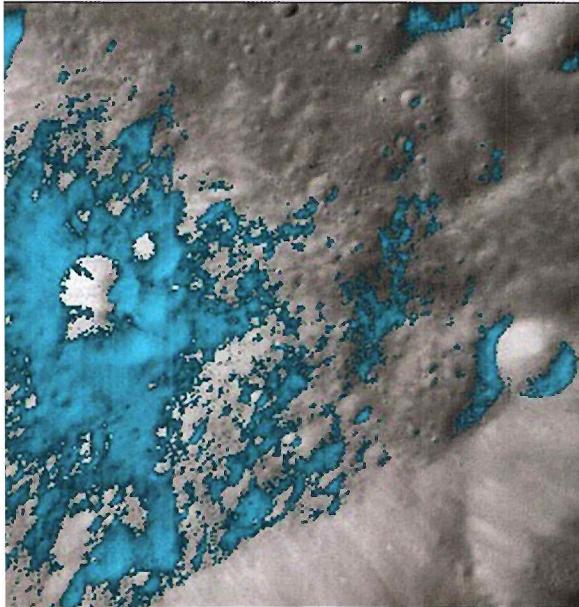
Impakujúca sonda LCROSS, (ktorú vynesol ten istý nosič ako LRO) monitorovala 4 minúty oblak hornín a prachu, vymŕfstených dopodom Kentaura, posledného stupňa rakety Atlas. (Pozri text na začiatku čísla.) Očakávalo sa, že oblak bude mať priemer 10 km, ale v skutočnosti mal priemer

okoľo 3 kilometrov. Vedci to vysvetľujú tak, že horniny či ľad sú v polárnych končinách, najmä v tieni, extrémne tvrdé. LCROSS stih-

la vyslať namerané údaje na Zem a potom aj ona narazila na povrch mesiaca nedaleko zvyškov Kentaura.



Porovnajte teploty oblastí okolo južného mesačného póla počas mesačného dňa (vľavo) a mesačnej noci (vpravo).



Prístroj VIMS na palube sondy Cassini detegoval už v auguste 1999 vodu a hydroxyl na všetkých šírkach Mesiaca, ktoré boli vystavené slnečnému žiareniu. Údaje získala sonda počas blízkeho obehu Mesiaca na ceste k Saturnu. Snímka vľavo hore ukazuje infračervené svetlo odrazené z povrchu Mesiaca. Na snímke vľavo hore vidíme Mesiac tak ako ho nasnímala kamera ISS počas obletu. Na snímke vľavo dole vidíme teplotnú mapu Mesiaca zostavenú podľa údajov VIMS. Okolo rovníka presahuje teplota povrchu 100°C . Snímka v strede dole zviditeľňuje výskyt vody v mineráloch, snímka vpravo dole je mapou minerálov, v ktorých detegovali hydroxyly.

Bojnický rádioteleskop detegoval medzihviezdy neutrálny vodík

Na túto detekciu, ale aj na mnohé ďalšie, veľmi zaujímavé pozorovania, si musel rádioteleskop BASE (Bojnice Amateur Space Ear) počkať skoro celé tri roky. To je čas, počas ktorého bol namierený proti oblohe.



Obr. 1. Rádioteleskop BASE (Bojnice Amateur Space Ear).

Mechanická pevnosť montáže ale aj konštrukcia samotnej paraboly boli už od samého začiatku na do- statocnej úrovni ale chýbajúce prístrojové vybavenie neumožňovalo vykonávať rádiové merania na frekvencii 1420,405752 MHz. Je to frekvencia elektromagnetického žiarenia neutrálneho vodíka, ktoré zodpovedá vlnovej dĺžke 21 cm. No a práve na túto magickú vlnovú dĺžku zakázanej spektrálnej čiary bol rádioteleskop BASE vyrobenný.

Úplne na začiatku boli pozorovania s rádioteleskopom robene pomocou komerčných TV satelitných komponentov. Pre frekvenciu 4 GHz to bol C-pásmovej konvertor a Ku-pásmovej na 11 GHz. Na detekciu bol použitý jednoduchý diódový detektor a neskôr modifikovaný Sat Finder. Je to detektor s analógovým výstupom a používa sa na smerovanie satelitných antén, určených na príjem televízneho signálu. Napäťový výstup z detektora bol prevedený do digitálnej podoby pomocou 12 bitového prevodníka a spracovaný vhodným softvérom. Nakoľko šírka prijímaného pásma takejto zostavy dosahovala až niekoľko 100 MHz, dalo sa týmto spôsobom pozorovať a zaznamenávať len rádiové žiarenie Slnka a za určitých okolnosti detegovať najsielnejšie rádiové zdroje. Na zväčšenie citlivosti, ale aj na možnosť merania rádiového kontinua a dopplerovo posunu v požadovaných frekvenčných rozsahoch, bolo treba prístro-



Obr. 2. USRP.

jové vybavenie podstatne vylepšíť. V amatérskych podmienkach pripadali do úvahy dve možnosti. Bud by sa použil kommerčný, dostatočne citlivý rádiový prijímač a spektrálny analyzátor, alebo úplne nový spôsob spracovania rádiového signálu, pomocou SDR (Software Defined Radio). Volba nakoniec padla na USRP (Universal Software Radio Peripheral), čo je obdoba SDR. Nakoľko Hvezdáreň Partizánske má tento prístroj zakúpený pre svoje pripravované rádioastronomické projekty, zapožičala mi ho a tak som získal možnosť USRP vyskúšať a otestovať.

Podrobny opis USRP by potreboval väčší priestor, a tak pre lepšie pochopenie ďalších súvislostí spomeniem aspoň základnej informácie.

USRP (Universal Software Radio Peripheral) je softvérové rádio, ktoré umožňuje konštruktérom veľmi jednoducho a rýchlo navrhovať a vytvárať výkonné, flexibilné softvérové rádiové systémy. Samotné USRP sa skladá zo základnej dosky, ktorá obsahuje FPGA pre vysokorychlosťné spracovanie signálu

a vzájomne zameniteľné zásuvné dosky, ktoré pokrývajú celé frekvenčné pásmo v rozsahu od DC až po 5,9 GHz. Softvér, ktorým je USRP riadené, je open-source, takže rozsah využitia je ohraničený len fantáziou používateľa. Tak je možné vytvoriť rôzne aplikácie, ako napríklad AM prijímač, Wi-Fi, GPS, ale aj spektrálny analyzátor alebo prijímač použiteľný pre rádioastronómiu. Ešte treba dodať (kedže sa jedná o softvérové rádio), že je potrebné pripojiť ho cez USB k dostačene výkonnému PC, ktorý zvládne dátový tok aspoň 32 Mbit/s.

V mojom prípade bol použitý operačný systém Linux a jeho distribúcia, Fedora 11. Softvér, skript z balíka gnuradio – radioastronomy spectral/continuum receiver, z ktorého sú aj screenshots vydareného merania.

Už s tohto krátkeho opisu je zrejmé, že sa jedná o úplne nový, progresívny prostriedok na spracovanie rádiového signálu, a bez nadsázkby by sa dalo povedať, že je to rádio budúcnosti. Zatiaľ bezkonkurenčný prístroj v tejto triede a zároveň prijímač, ktorým boli tieto detekcie a merania prevedené.

Výsledky na seba nenechali dlho čakať, a už prvé skúšobné merania naznačovali, že USRP je tá správna volba.

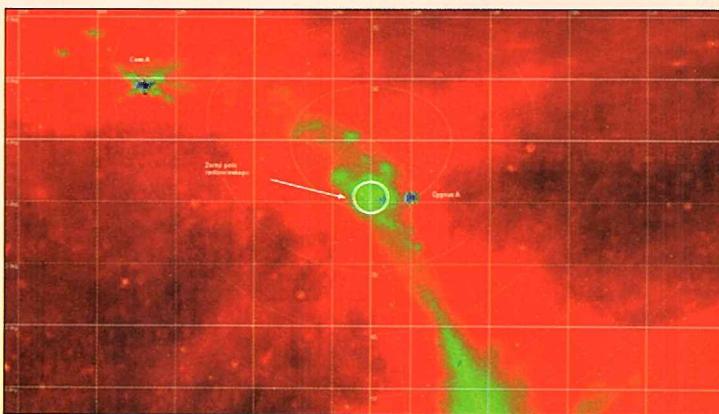
Čo sa týka rádioteleskopu, inovácií sa nevyhli ani ďalšie jeho komponenty. Použitím kvalitného nízkošumového predzosilňovača s NF 0,25 dB sa dosiahla dostatočná citlivosť, a pridaním pásmovej priepusti zase potlačenie nežiaduceho RF rušenia v tomto frekvenčnom pásme. Doteraz používaný prepojovací kábel RG6, bol nahradený

nízkoútlmovým koaxiálnym káblom Belden H1000, ktorý má pri potrebej dĺžku cca 22 m a na frekvencii 1420 MHz útlm menší ako 4 dB.

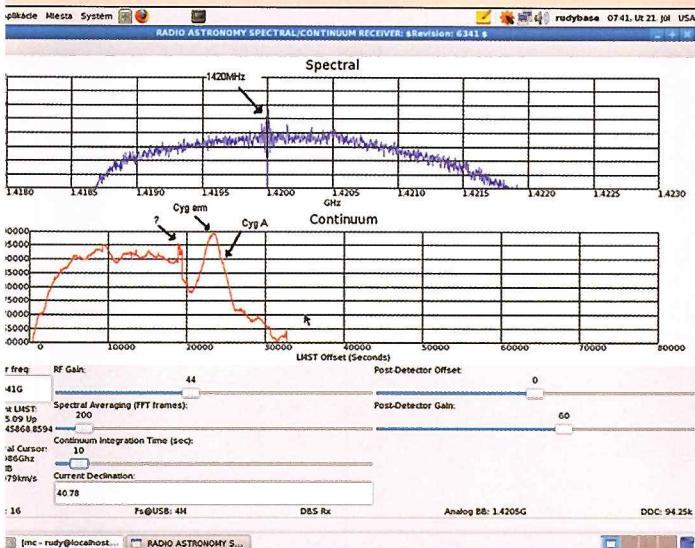
Vefmi dôležitá veličina, ktorú bolo potrebné mať pri pozorovaní pod kontrolou, je teplota celej meracej sústavy. Pre splnenie tejto podmienky bolo nevyhnutné urobiť dodatočné úpravy. Teplotu predzosilňovača v ohnisku paraboly kontroluje elektronika a termobox s aktívnym vyhrievaním. Úplne opačne je vyriešená regulácia teploty prijímača. Jeho obvody produkujú pomerne veľké množstvo tepla a tak je celý prijímač uložený v chladiacom boxe. Teplota je udržovaná pomocou peltierovho článku a aktívnej elektroniky tak, aby odchýlka teploty v oboch prípadoch nepresiahla $\pm 0,5$ °C.

Dôležitý fakt, ktorý pre pozitívnu detekciu a úspešné pozorovanie zohral klúčovú úlohu, bol výber pozorovacej metódy. Pred 70 rokmi ju použil Grote Reber, ktorý pozoroval rádiové zdroje vlastnoručne vyrobenným 9-metrovým rádioteleskopom, a následne zo svojich meraní vytvoril vôbec prvú rádiovú mapu oblohy. Azimutálna montáž je pri tejto metóde pevně nastavená na miestny poludník. Zmena polohy antény sa robí postupne len v elevácii, a samotná detekcia sa vykoná tranzitom rádiového zdroja popred parabolou. Rádiový prijímač, tak môže skenovať určité časti oblohy a postupne zapisovať hodnoty napäťia za detektorom, ktoré zodpovedajú intenzite elektromagnetického žiarenia. Táto metóda je sice časovo náročná, ale eliminuje nežiaduce vplyvy spôsobené pohybom paraboly.

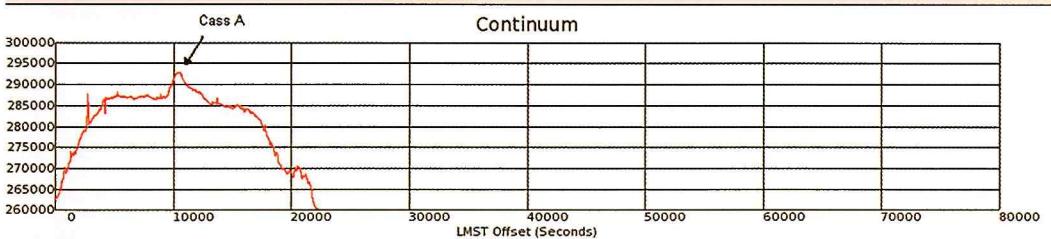
Pre uľahčenie navigácie a orientácie na rádiovej oblohe slúži Radio Eye, softvér určený pre rádioastronómiu. Po nastavení pozorovacieho miesta a zorného poľa rá-



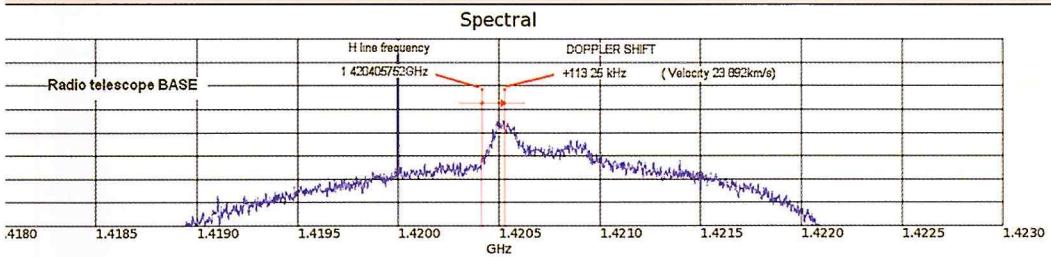
Obr. 3. Okno rádiového planetária.



Obr. 4. Screenshot záznamu rádiového kontinua Cygnus Arm a Cygnus A.



Obr. 5. Cass A.



Obr. 6. Spektrum oblasti Cyg Arm.

diateleskopu, je možné v jeho okne (obrázok č. 3) vidieť rádiovú oblohu na požadovanej frekvencii a v reálnom čase sledovať pohyb prijímaného zvážku.

Na obrázku č. 4 je jedno z prvých úspešných pozorovaní, ktorému, ako to už pri experimentovaní býva, predchádzalo nespočetné množstvo neúspešných pokusov. Ich príčiny boli rôzne, a tak za zmienku stojí spomenúť tú najpodstatnejšiu: Je ňou výrazne členitý terén pozorovacieho stanoviska tvorený okolitými budovami a vysokou vegetáciou. Tá vymedzuje pre rádioteleskop BASE pomerne úzke zorné pole. Je orientované južným smerom a jeho minimálna, ešte použiteľná výška, je približne 60° nad obzorom. To je zároveň aj dôvod, prečo bola zvolená metóda pozorovania pomocou tranzitu rádiových zdrojov. Oblast Cygnus Arm, na ktorú bol v čase pozorovania rádioteleskop BASE namierený, teda nebola vybraná náhodne.

Cygnus Arm sa v rádiovom obore javí ako plošný zdroj žiarenia,

ktorú bol v čase merania naladený, je výsledná šírka prijímaného zvážku až $4,6$ stupňa.

Ďalšie pozorovania boli zamerné na detekciu rádiového zdroja Cass A. Nachádza sa v súhvezdí Kasiopeja ako pozostatok po supernove a je najjasnejší rádiový zdroj na oblohe vôbec. Táto skutočnosť by mala dávať predpoklad, že by s jeho detekciou nemal byť žiadny problém. Po niekoľkých opakovaných tranzitech CassA sa ukázalo, že to nebude až také jednoznačné, pretože sa jedná o bodový rádiový zdroj a jeho odľšenie od pomerne teplého rádiového pozadia je podobne ako v predchádzajúcim prípade limito-

potrebne pripájať ďalší hardvér, ale stačilo otvoriť nové softvérové okno. Priložený screenshot spektrálneho analyzátoru už asi nepotrebuje ďalší komentár. Len pre úplnosť doplním, že prijímač bol naladený na frekvenciu 1420,40575 MHz a šírka pásma zobrazovaného záznamu je 4 MHz. Peak s výškou 2 dB bol zmeraný v čase tranzitu Cygnus Arm. Ako vidieť, je posunutý vpravo a jeho maximum je na frekvencii 1420,5190 MHz, čo zodpovedá doplerovmu posunu $+113,25$ kHz. V prepočte to znamená, že práve pozorovaný rádiový zdroj bol oblak neutrálneho vodíka v oblasti Cygnus X, a že sa k nám približoval rýchlosťou 23,892 km/s.

Rozloženie neutrálneho vodíka v našej Galaxii, ale aj jeho doplerov posun, je teda možné merat aj pomerne malým rádioteleskopom. Ako príklad slúži ďalší spektrogram (obrázok č. 7), zaznamenaný rádioteleskopom BASE. Tu je dobre vidieť, že tranzitom určitých častí oblohy je možné v okne spektrálneho analyzátoru sledovať komplexné spektrum, na ktorom sa postupne vynárajú viacnásobné peaky s rozdielnym dopplerovým posunom. To znamená, že v zornom poli rádioteleskopu sa práve nachádza niekoľko mračien neutrálneho vodíka, s rozdielom rýchlosťou a smerom pohybu.

Treba už len dodať, že celá meračia sústava, ešte nie je úplne vyladená a že tieto merania a pozorovanie Bojnického rádioteleskopu sú len náznakom ďalších možností. Postupným vylepšovaním technického vybavenia je ešte možné zlepšiť kvalitu merania a do úvahy pripadá aj zväčšenie priemeru paraboly. Zúžila by sa tak šírka prijímaného zvážku a zvýšila jeho citlivosť. Bolo by tak možné vytvoriť celkom podrobnej rádiovú mapu oblohy a v dosahu rádioteleskopu BASE by sa tak ocitli aj slabšie, veľmi zaujímavé rádiové zdroje, ako sú napríklad pulsary.

RUDOLF SLOŠIAR

Radio teleskop BASE:

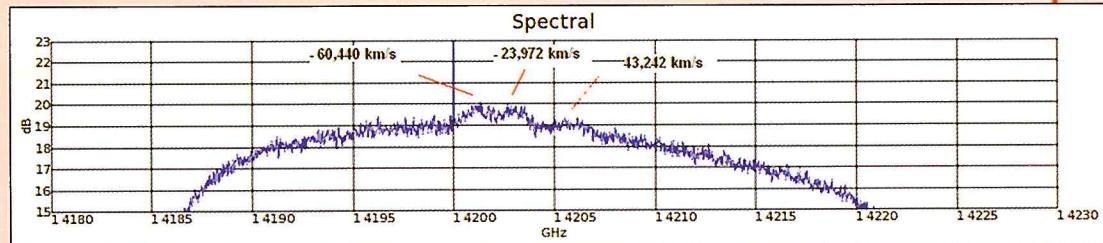
<http://www.wavesfromspace.org/>

SDR:

http://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio

USRP:

http://www.ettus.com/downloads/er_broc_trifold_v5b.pdf



Obr. 7. Komplexné spektrum.

Kométa 217P LINEAR

V septembri pri zisťovaní dráh jasnejších komét v dosahu mojich prístrojov som si všimol, že periodická kométa 217P LINEAR sa bude presúvať nedaleko známej hmloviny M42 a M43 v Orióne. Kométa v žiadnom prípade nevynikala jasnosťou (iba 11,8 mag.), teda ak by sa mala fotografovať, bolo treba použiť dlhšie ohnisko prístroja, aby na snímke bolo vidieť, že to vôbec kométa je.

25. septembra sa vyjasnilo, tak som sa vybral na moju pozorovateľňu fotografovať hviezdu oblohu. Samozrejme, dúfal som, že počasie vydrží aj po polnoci, keď vychádzal Orión, teda oblasť, kde sa práva nachádzala aj kométa 217P LINEAR. Počasie vydržalo a dokonca aj kométu som odhalil na prvý pohľad cez Newton 350/1660 mm pri 50-násobnom zväčšení.

V zornom poli bola nie len kométa, ale aj otvorená hviezdochopa NGC 1981 a hmlovina NGC 1975, známa aj ako bežiaci muž. Všetky tieto tri objekty mi vošli do zorného poľa cez Newton 175/860 mm, ktorý som použil na fotografovanie. Pohyb kométy bol dosť veľký, umožnil expozičie dlhé 160 sekúnd, kde ešte nebolo vidieť pohyb kométy. Exponoval som 18×160 sekúnd.

Na zloženie snímok som použil program Deep Sky Stacker, ktorý umožňuje skladanie snímok na kométu a súčasne hviezdy na pozadí kreslí bodovo.

František Michálek

Kométa 217 P LINEAR.
Vidieť pekne vyvinutý „ihlovity“ chvost kométy.

Všetky snímky boli robené prístrojom Canon 350D a spracované programom Deep Sky Stacker.



Exponované 18×160 s, zložené na kométu, pozadie bodové hviezdy.



Snímka je zložená na hviezdy. Pohyb kométy za 45 minút expozičie je zobrazený ako čiara.



Cité de l'Espace – Vesmírne mestečko v južnom Francúzsku



Vesmírna stanica Mir.

Počas pobytu v južnom Francúzsku som okrem iných zaujímavých miest a pamiatok navštívil aj prekrásne mesto Toulouse. Vybrali sme sa tam v jedno krásne slnečné ráno, ale pretože z hlavnej cesty som si všimol jednu vysokú vežu, ktorá sa ukázala byť stojacou Ariane 5 raketou, zmenili sme plán a vybrali sme sa tým smerom. Zmena sa ukázala byť šťastnou, pretože okolo vesmírneho vozidla sa rozprestieral najväčší vedecký park tohto regiónu, Cité de l'Espace, čiže Vesmírne mesto.

Obrovský park stojí na okraji historického mestečka Toulouse prezývaného ružovým mestom (La Ville Rose) kvôli ružovkastému kameňu používanému na stavbu palákov a budov. Mesto s počtom obyvateľov okolo 700 000 je administratívnym strediskom regiónu stredných Pyrenejí, ktorý hraničí so Španielskom a leží vo vzdialosti 100 km od Stredozemného mora. Tu sa nachádza Toulouská univerzita, ktorá je druhou najväčšou univerzitou Francúzska a bola založená v roku 1229. Mesto je strediskom francúzskeho vesmírneho výskumu a možno i kvôli tomu sa tu vytvoril park s podobnou tematikou. A v neposlednom rade, mesto je rodiskom svetoznámejho nadzvukového osobného lietadla Concorde.

Po zakúpení lístkov (teraz 22 eur) vo veľkej vstupnej kruhovej hale vyzdobenej rôznymi plágiami sme sa najprv rozhliadli po poschodiach a pozreli sme si stelárium so zaujímavými programami najmä pre deti. V blízkosti recepcie sa nachádzala menšia miestnosť, kde sme si mohli pozrieť pravé polohy umelých družíc Zeme.



Toulouse.

V ďalších miestnostiach sa nachádzali modely komunikačných a meteorologických družíc, a skutočný skafander. O pol poschodie vyšie sme vkrčili do nákladného priestoru vesmírneho lietadla Shuttle. Jednotlivé priestory budovy boli na prvý pohľad rozložené chaoticky a tie schované izby, ktoré napríklad skrývali kúsky kameňov z Mesiaca, sme našli len náhodou.

Z terasy, ktorá je prístupná z poschodia, sa nám vyskytol nádherný výhľad na zelený park a predmestie samotného Toulouse. Do parku sme sa dostali pomocou značiek. Bol pekne upravený a plný chodníkov s vysvetlivkami. Prešli sme sa po tzv. Promenáde objektov, kde boli vystavené moduly, rakety a vesmírny dalekohľad, o niečo ďalej rôzne družice, Sojuz modul, do ktorého sa dalo i vojsť. Už spomínaná raketa Ariane 5 sa nachádzala na konci tzv. Ulice nekonečna. Prejšť pod jej obrovskými motormi bol skutočný zážitok. Vo vnútri pristavanej budovy sa nachádzala výstava venovaná Európskej vesmírnej agentúre s modelmi starších raket Ariane, častí skutočných motorov a jednotlivých stupňov a iných súčasťí.

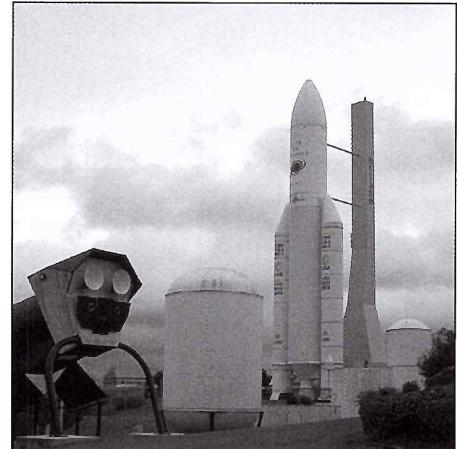
V ďalšej kruhovej budove bolo kino Imax s obrazovkou vysokou ako šestposchodová budova, kde sa premietali zaujímavé filmy o Mesiaci a medzinárodnej vesmírnej stanici. Vedľa bolo moderné planetárium.

Vonku medzi obrovským modelom Slnečnej sústavy a budovou Zeme (tzv. Le) sa nachádzal kompletný model slávnej vesmírnej stanice Mir. Tento model bol používaný počas pozemských testov a je presnou kópiou. Prešli sme sa jej modulmi a vychutnali sme si ich malé priestory, laboratóriá s prístrojmi a makety visiacich „ruských kozmonautov“.

Počas prechádzky parkom sme si zakúpili malé občerstvenie v malom snack bare La Case Guyanaise a v tieni vysokej rakety sme si odpočinuli. Potom nasledovala prehliadka budovy Zeme, kde boli výstavy venované našej Zemi, jej biosfére, počasiu a udalostiam, ktoré viedli k našej existencii. Okrem rôznych modelov a družíc sme si v jednotlivých halách mohli vypočuť automatické prednášky v rôznych jazykoch, v hlavnej budove i skutočné prednášky na témy, ktoré sa oznamovali deň dopredu.

Návšteva parku nám zabrala takmer pol dňa, potom nasledovala ešte prehliadka prekrásneho velkomesta Toulouse.

Viac o Vesmírnom mestečku si možno prečítať na <http://www.cite-espace.com/en>.



Ariane 5.



Cespace 1.



Cespace 2.

OTTÓ MÉHES

Ako som v Šanghaji (ne)videl zatmenie Slnka



Metropola Šanghaj bola na zatmenie pripravená, obyvatelia mali dostatok informácií a tešili sa naň.



Priebeh zatmenia vyznačený na chodbe Múzea vedy a techniky v Šanghaji.

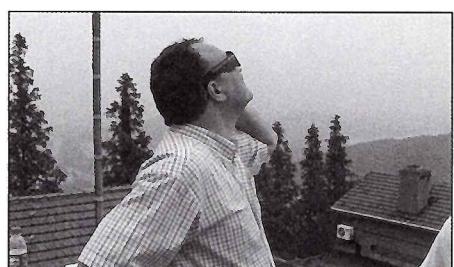


Pouličný predavač špeciálnych okuliarov.



Až na kratučkú chvíľu na začiatku zatmenia, bol počas celého úkazu z hvezdárne na hore Sheshan Hill takýto zúfalý výhľad.

Takto som „pozoroval“ maximálnu fázu zatmenia.



Generálny konzul SR v Šanghaji JUDr. I. Pacolák využil krátko po prvom kontakte moment, keď sa na pár sekúnd obloha vyjasnila.



Úspešnosť pozorovania tohto nebeského divadla je závislá od momentálneho stavu atmosféry. Človek niekedy precesťuje pol sveta, aby zažil niekolko úchvatných minút a získal čo najviac napozorovaných údajov. Mnohokrát sa však stane, že obloha sa v inkriminovanom čase nekompromisne zatiahne a zo zatmenia pozorovateľ neuvidí nič. Nedávno som zažil takéto sklamanie aj ja.

Úplné zatmenie Slnka 22. 7. 2009 som bol pripravený pozorovať v čínskom Šanghaji. Týmto územím prechádzal pás totality a doba trvania úplného zatmenia bola 5 minút.

Do Šanghaja som pricestoval v dostačnom časovom predstihu aby som mal možnosť (okrem príprav na zatmenie) spoznať aj túto obrovskú mnohomiliónovú a mimochodom veľmi peknú a atraktívnu metropoli Číny. Spojil som sa tiež s Generálnym konzulátom Slovenskej republiky v Šanghaji, ktorého pracovníci mi maximálne vychádzali v ústrety a spolu s nimi som doladoval podmienky na pozorovanie zatmenia v šanghajskej hvezdárni na hore Sheshan Hill, ktorá je vzdialenosť asi 40 km západne od mesta. Po celý čas bolo nádherné počasie, jasno a veľmi teplo.

Šanghaj žil v očakávaní. Mal som dojem, že všetci obyvatelia boli o tejto udalosti informovaní a tešili sa. Hovorili o tom hoteloví zamestnanci, debatovali o tom taxikári, na viacerých miestach v meste som videl predávať špeciálne okuliare, denne bežali upútavky v televízii, dosťatočnú pozornosť tomu venovala aj tlač, a dokonca v Múzeu vedy a techniky bol na podlahe dlhej chodby, po ktorej prechádzali všetci návštěvníci, vyznačený veľmi názorne celý priebeh zatmenia i s časovými údajmi. Nedalo sa to prehľadnúť.

Všetko bolo prípravené. Až na to, že na celej čiare sklamalo počasie. Po nádherných slnečných dňoch sa ráno v deň zatmenia zamračilo.

Spolu s generálnym konzulom SR v Šanghaji JUDr. Igorom Pacolákom, vedúcim zahraničného oddelenia shešanskéj hvezdárne Dr. Li Jinlingom a ďalšími záujemcami z radov domácich Číňanov, ale napr. i z Austrálie, Juhoafričkej republiky a iných kútov sveta, sme na stanovišti čakali zbytočne. Tesne po prvom kontakte sa síce na pár sekúnd máličko vyjasnilo, no následne mraky ešte zhustli a začalo výdatne pršať. Daždivo bolo potom celý deň až do večera.

Úkaz sme teda reálne nemohli vidieť. No i pod zamračenou oblohou a medzi dažďovými kvapkami sme intenzívne vnímali priebeh totálneho zatmenia, keď medzi 9^h 36^m až 9^h 41^m miestneho času nastala úplná tma. Akoby počas dňa na päť minút zavrádila noc.

Nič sa nedá robiť. Aj toto je astrologia. Treba dúfať, že na budúce to bude lepšie.

Mgr. PETER POLIAK

Astrofilm 2009

V dňoch 15. – 17. októbra sa v priestoroch Kulturno-spoločenského centra Fontána v Piešťanoch konala Medzinárodná prehliadka filmov s astronomickou tematikou *Astrofilm 2009*. Organizátormi podujatia boli Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, mesto Piešťany, MsKS Piešťany a spoluorganizátorom bola Hvezdáreň v Banskej Bystrici. Hlavným sponzorom podujatia bola firma Tromf v Banskej Bystrici. Podujatie sponzorovala aj firma Astronyx Hlohovec.

Hlavnou náplňou festivalu bola prehliadka astronomických filmov a filmov s príbuznou tematikou, ako sú enviromentálne filmy, sci-fi a podobné. Festival sa konal pod záštitou prvého slovenského kozmonauta Ivana Bellu. Samotnej prehliadke filmov predchádzala vernisáž výstavy svetoznámeho francúzskeho umelca slovenského pôvodu, sochára a umeleckého sklára Jána Zoričáka pod názvom Vesmírne posolstvá.

Slávnostné otvorenie Astrofilmu 2009 bolo venované rodákovi z Piešťan, bývalému pracovníkovi Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove Milanovi Antalovi pri priležitosti 10. výročia jeho úmrtia. Úvodného slova sa zhstíl doc. RNDr. Pavel Paľuš, CSc., ktorý vyzdvihol prínos Milana Antala pre slovenskú astronómiu. Prvým filmom na festivale – krátkym záznamom z expedície za zatmením Slnka na Čukotke v roku 1990, na ktorej sa zúčastnil aj Milan Antal – sa predstavil Mgr. Ladislav Druga. Záznam komentoval sám autor, ktorý s veľkou úctou rozprával o Milanovi Antalovi ako o dobrém kolegovi, precíznom pozorovateľovi a nezabudol spomenúť aj jeho vzťah k práci a dielu M. R. Štefánika.

Na festivale bolo počas troch dní premietnutých 26 filmov zo slovenskej, českej, poľskej a americkej produkcie. S najväčším záujmom verejnosti sa stretol film z produkcie Univerzity Komenského *Dotyky s vesmírom*, ktorý získal Cenu diváka. Veľmi zaujímavým programom prispeli pracovníci Hvezdárne a planetária J. Palisy z Ostravy. Predstavili rad dokumentárnych filmov pre školskú mládež. Tieto filmy získali Cenu primátora mesta Piešťany. Okrem bohatej ponuky filmov organizátori Astrofilmu zabezpečili aj niekoľko zaujímavých sprievodných podujatí.

S pozitívnym ohlasom verejnosti sa stretlo pútavé rozprávanie PhDr. Pavla Kanisa, CSc., o M. R. Štefánikovi. Počas prednášky sa poslucháči mali možnosť dozvedieť množstvo nových, dosiaľ nezverejnených informácií o živote a diele M. R. Štefánika. Obsahovo prednáška korešpondovala s pripravovaným štvordielnym filmom STV. Tiež veľmi zaujímavá bola prezentácia



Úvodný príhovor doc. Paľuša.



Preberanie cien.



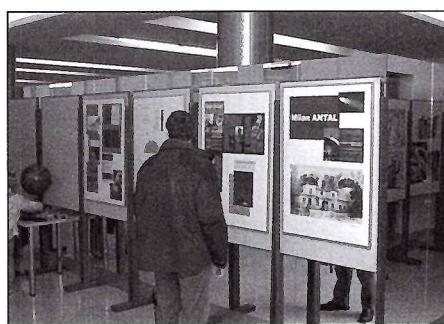
Výstava raketových modelov.



Vernisáž umeleckého sklára Jána Zoričáka.



Ladislav Druga komentuje film Koróna 1999.



Výstava o M. Antalovi.

RNDr. Luboša Rybana o pristáti človeka na Mesiaci pod názvom *Najväčšie dobrodružstvo 20. storočia*. Pútavým multimediami pásmom pod názvom *Vesmír v orechovej škrupinke* spestril piatkový večer Mgr. Karol Petrik.

Jozef Říha z Raketového centra Praha a Elena Halamová z Klubu raketových modelárov zo Slažian zaujali účastníkov festivalu predajnou výstavou raketových modelov, besedou pod názvom *História a súčasnosť raketového modelárstva* a ukážkami letov raketových modelov.

Ziaľ, počasie Astrofilmu 2009 neprialo, a preto príaznivci večerného pozorovania oblohy zostali len pri obdivovaní pozorovacej techniky zn. Celestron. Predajnú výstavu zabezpečila firma Tromf z Banskej Bystrice a osobne ju na festivale zastupoval Peter Zbončák.

Detskí účastníci festivalu sa so záujmom privítavili pri výstave výtvarných práce celoslovenskej súťaže *Vesmír očami detí 2009*. Pozornosť účastníkov festivalu neunikla ani bohatá predajná výstava meteoritov p. Michala Ormandyho, ktorý zaujal pútavým rozprávaním o zážitkoch z expedícií za meteoritmi a ich následnom testovaní a spracovaní.

Záverečný ceremoniál spestrila svojim vystúpením speváčka Marcela Laiferová.

Tretí ročník filmového festivalu je za nami. Stretol sa so záujmom verejnosti, čomu nasvedčuje to, že festival navštívilo viac ako 500 návštevníkov. Veríme, že tento záujem astronomickej verejnosti a obyvateľov Piešťan i širokého okolia o filmový festival Astrofilm bude z roka na rok narastať.

Ďakujeme všetkým, ktorí prispeli k zdarnému priebehu festivalu Astrofilm 2009 a prajeme si, aby rok 2010 bol pre Astrofilm ešte úspešnejší. Tešíme sa na stretnutie na Astrofilme 2010.

DRAHOSLAVA VÝBOCHOVÁ

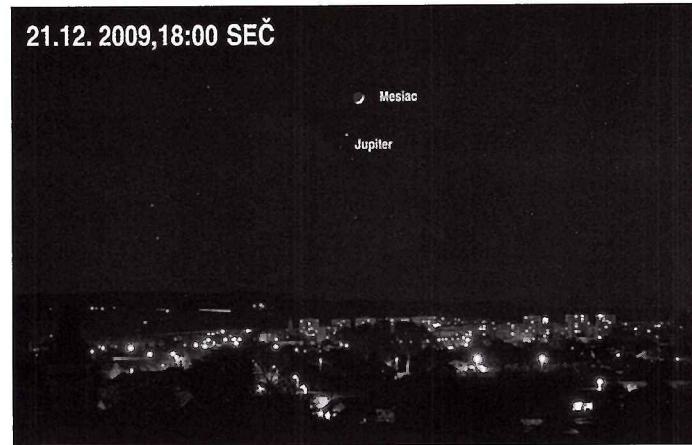


V prestávke medzi premietaním.

18.12. 2009, 16:30 SEČ



21.12. 2009, 18:00 SEČ



Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

december 2009
– január 2010

Chladnejšie obdobie niektorých možno odradí od pozorovania, no šťastnejší budú tí, ktorí chlad noci prekonajú a pokochajú sa všetkým, čo nám obloha na tieto dva mesiace pripravila. Z planét je na tom dobre Merkúr, zlepšuje sa viditeľnosť Saturna a Mars bude dokonca v opozícii. V posledný deň v roku nás čaká zatmenie Mesiaca. Bude sice s malou fázou, no iste mnohých poteší. 15. 1. už pri východe Slnka nás čaká „odhryznuté“ Slnko, za prstencovou fázou by sme museli cestovať do Afriky, Indie či Číny. Nejaké pekné zoskupenia si pripravili asteroidy, jasnejšie komety sú však stále skúpe. Mimořiadne dobré podmienky majú Geminidy, pozorovalia budú odmenené množstvom jasných meteorov.

Planéty

Merkúr je začiatkom decembra na večernej oblohe, zapadá však krátko po Slnku. Jeho viditeľnosť sa zlepšuje, jeho jasnosť stúpa. 12. 12. je v maxime jasnosti (-0,6 mag) a 20. 12. v najväčšej východnej elongácii (20,3°) ako objekt -0,4 mag. V tomto čase by sme ho mali nájsť bez väčších problémov, zapadá koncom nautického súmraku. Na prelome rokov sa stratí vo večernom súmraku, 4. 1. je v dolnej konjunkcii. Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu a už koncom prvej januárovej dekády bude v dostatočnej vzdialosti od Slnka. Ranná viditeľnosť sa bude zlepšovať, nakoľko 27. 1. bude v najväčszej západnej elongácii (24,8°).

18. 12. bude Merkúr v konjunkcii s Mesiacom, a tak po západe Slnka sa nám naskytne pekný pohľad na túto planétu v spoločnosti úzkeho kosáčika Mesiaca. Je to skvelá príležitosť na peknú fotografiu.

Venuša (-3,9 mag) je ešte začiatkom decembra ráno veľmi nízko nad obzorom, no vďaka svojej jasnosti ju uvidíme aj na súmracej oblohe. V priebehu niekoľkých dní sa však uhlovo priblíží k Slnku a stratí sa na presvetlenej oblohe. 11. 1. je v hornej konjunkcii a pomaly sa presunie na večernú oblohu, avšak aj koncom januára bude zapadať len krátko po Slnku a tak na lepšiu viditeľnosť si budeme musieť počkať. Pri pohľade dalekohľadom bude zaujímavá len málo, nakoľko je počas oboch mesiacov takmer „v splne“ a jej uhlový priemer je necelých 10".

15. 12. krátko pred východom Slnka vpravo od Venuše bude Mesiac krátko pred novom, v konjunkcii budú obe telesá až pred polnocou.

Mars (-0,1 až -1,3 mag) vychádza už večer a jeho viditeľnosť sa zlepší, nakoľko sa blíži do opozície

(29. 1.). Dva dni pred opozíciou bude k nám najbližšie (0,66399 AU), jeho uhlový priemer bude 14" a za dobrých pozorovacích podmienok by sme mohli vidieť jeho albedové útvary aj severné polárnú čiapočku. Nakoľko zjasňuje, stane sa červenkastou ozdobou nočnej oblohy.

Hned začiatkom decembra sa presunie z Raka do Leva, 21. 12. bude v zastávke, začne sa pohybovať späť a 10. 1. sa vráti zase do súhvezdia Rak. Svoju púť medzi hviezdami skončí 4° severozápadne od Jasličiek.

Jupiter (-2,3 až -2,0 mag) sa 5. januára sa presunie z Kozoročza do Vodného, zapadá v neskorších večerných hodinách. Jeho viditeľnosť sa pomaličky počas tohto obdobia skracuje, no vďaka svojej jasnosti bude neprehliadnutelným objektom večernej oblohy. Medzi hviezdami sa pohybuje smerom na východ a jeho vlastný pohyb si môžeme dobre všimnúť v polovici decembra, keď bude prechádzať medzi dvojicou hviezd 44 a 45 Cap (5,9 a 6,0 mag) alebo pred koncom roka, keď bude štvrt stupňa južne od μ Cap (5,1 mag). 21. 12. sa dostane do blízkosti (32') Neptúna, a tak v dalekohľade s vhodným zorným poľom uvidíme obe planéty súčasne. 4° severne od tejto dvojice bude aj Mesiac pred prvou štvrtou.

Konjunkcia s Jupiterom sa zopakuje aj 18. 1., no vzdialenosť oboch telies bude väčšia, nakoľko najblížie budú ešte ráno pod obzorom.

Saturn (1,0 až 0,8 mag) je v Panne a vychádza hodinu po polnoci. Do konca januára sa jeho nočná viditeľnosť predĺží a nad obzor sa dostane už tri hodiny pred polnocou. Pohybuje sa východne, 14. 1. je v zastávke a začne sa pohybovať späť. Stacionárny bude asi stupeň severne od η Vir (3,9 mag) a tak tí trpežlivejší sa môžu pokúsiť o sériu snímkov dokumentujúcich jeho vlastný pohyb, ktorý urobí elegantnú slučku.

Nevýrazné priblženie k Mesiaci bude 10. 12. a 6. 1.

Saturnove prstence sa pomaličky rozotvárajú, pozorujeme ich zo severnej strany. Ich šírka sa v priebehu týchto dvoch mesiacov zväčší z 2,9 na 3,5".

Urán (5,8 – 5,9 mag) sa v polovici januára sa presunie z Vodného do Ryb, je nad obzorom v prvej polovici noci. Do konca januára sa jeho viditeľnosť skráti a bude zapadať už vo večerných hodinách.

V decembri kulminuje večer vo výške necelých 40°, je v oblasti pomerne chudobnej na hviezdy

a tak sa ho môžeme pokúsiť nájsť aj voľným okom.

Neptún (7,9 – 8,0 mag) je na oblohe v blízkosti Jupitera a teda má aj podobné podmienky viditeľnosti. Najbližšie k Jupiterovi bude 21. 12., uhlová vzdialenosť oboch planét bude 32'. V dalekohľade ho uvidíme ako pokojne svietiaci zelenkastomodrý malý kotúčik.

Mesiac bude 1. 12. len kúsok pod Plejádami, no neužijeme si to hneď z dvoch dôvodov. Mesiac je v splne a najbližšie pri Plejádach bude ešte pred západom Slnka. Lepšie podmienky budú 29. 12. ráno, keď Mesiac pred splnom prejde južnou časťou Plejád. Zakryje však len niekoľko hviezd, z ktorých najjasnejšia bude SAO 76215 (5,4 mag).

15. 12. krátko pred východom Slnka bude Antares v tesnej konjunkcii s Mesiacom. Antares bude len 7° od južného okraja Mesiaca. Ku konjunkcii však dôjde nízko nad obzorom na jasnej oblohe, nakoľko uhlová vzdialenosť od Slnka bude len 14°. Pri pohľade dalekohľadom by sme však mali byť úspešní.

Zatmenie Mesiaca 31. 12.

Ciastočné zatmenie posledný deň v roku bude od nás pozorovateľné v celom priebehu, no fáza zatmenia bude malá. Maximum zatmenia dosiahne len hodnotu 0,076, do zemského tieňa sa ponori južná časť Mesiaca. Aj napriek tejto malej fáze stojí za to venovať mu pozornosť, nakoľko ďalšie zatmenie pozorovateľné od nás bude až 15. 6. 2011. Ešte pred začiatkom ciastočnej fázy zatmenia bude veľmi dobré pozorovateľné postupné tmavnutie mesačného kotúča, ktoré dobre vynikne práve na fotografiách.

	SEČ	výška [°]
začiatok polotieňového zatmenia:	18:17	23
začiatok ciastočného zatmenia:	19:53	38
maximálna fáza	20:23	43
konec ciastočného zatmenia:	20:53	48
konec polotieňového zatmenia:	22:29	60

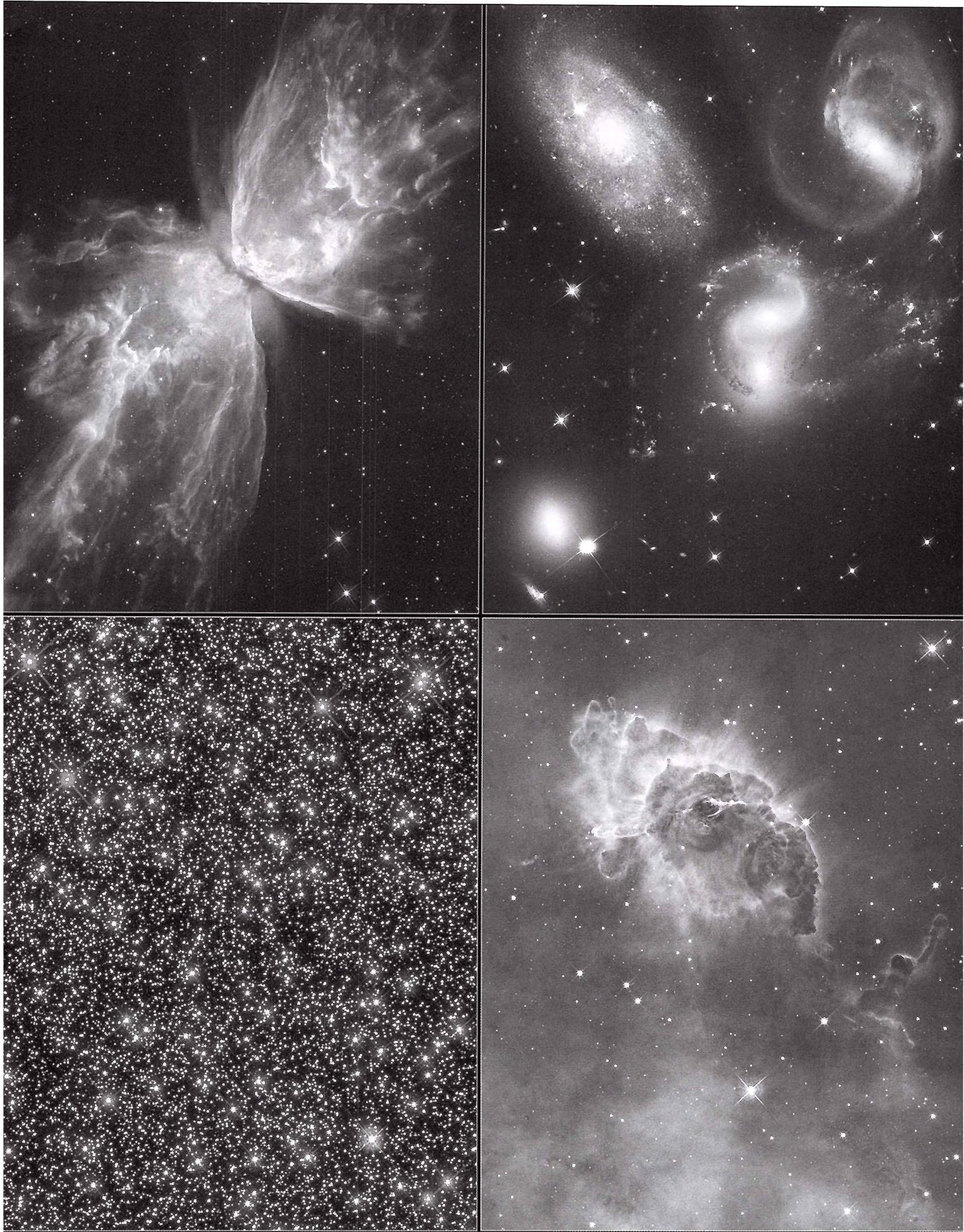
Priebeh zatmenia (výška Mesiaca pre R. Sobotu)

Prstencové zatmenie Slnka 15. 1. 2010

Bude pozorovateľné z východnej Afriky, Indického oceánu, južnej Indie a Číny. Maximálna fáza 11 minút 8 sekúnd bude pozorovateľná len z oceánu (1°38' S, 69°18' V). Je to 23. zatmenie súrady Saros 141 (prvé bolo 19. 5. 1613, posledné bude 13. 6. 2857).

Od nás bude toto zatmenie pozorovateľné len ako ciastočné krátko po východe Slnka. Trošku zvýhodení budú pozorovatelia na východe Slovenska, nakoľko tam Slnko vychádza trošku skôr. Maximálna fáza zatmenia bude 0,082 a u nás nastane ešte pod obzorom.

Vzhľadom na fázu zatmenia a jeho malú výšku



Štyri snímky novej širokouhlej kamery (Wide Field Camera 3), ktorú nedávno inštalovali na Hubblovom vesmírnom dalekohľade. Vľavo hore motýlovitá hmlovina okolo umierajúcej hviezdy. Vpravo hore skupinový portrét galaxií Štefanovo kvinteto. Vľavo dole 100 000 hviezd v prehustenom jadre obrej guľovej hviezdokopy Omega Centauri. Vpravo dole oblasť intenzívnej hviezdotvorby v Carina Nebula.



**K d'alekohľadu
nad 200€ ročné
predplatné časopisu
Kozmos zadarmo!**



**Ďakujeme všetkým slovenským hvezdárom,
záklazníkom, návštěvníkom Celestron Day a priaznivcom
za prejavanú dôveru a želáme veľa zdravia,
jasnú oblohu a úspechy v roku 2010.**



Celestron NexStar SLT 114
Astromický dalekohľad s automatickým vyhľadávaním objektov. Kovový statív. V zákl. výbave dva okuláre 25 mm(40x) a 9 mm(111x), hľadáčik s červeným bodom.

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron Powerseeker 127EQ
Zrkadlový dalekohľad Newton s 127 mm priemerom. Na paralaktickej montáži. Okuláre v zákl. výbave: 20 mm (50x) a 4 mm (250x), hľadáčik, jemné pohyby

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron Powerseeker 60AZ
Dalekohľad pre úplných začiatčníkov na pozorovanie Mesiaca, planét a jasných objektov na oblohe. Objektív s priemerom 60 mm, dva okuláre 20 mm(35x) a 4 mm (175x), hľadáčik, CDROM, vzpr. hranol

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron Firstscope 76AZ
Jedinečný astronomický dalekohľad k Medzinárodnému roku astronómie. Newton s priemerom zrkadla 76 mm a 15 a 75x zväčšením. Rožširiteľný set s hľadáčkom, okulárami, filtrom na pozorovanie Mesiaca, obálom a CD ROM The Sky LX

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron Astromaster 90EQ
Dalekohľad pre úplných začiatčníkov na pozorovanie Mesiaca, planét a jasných objektov na oblohe. Objektív s priemerom 60 mm, dva okuláre 20 mm(35x) a 4 mm (175x), hľadáčik, CDROM, vzpr. hranol

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron Astromaster 70AZ
Soskový dalekohľad na masívnej azimutálnej montáži. Vo výbave: okuláre 20 mm (45x) a 10 mm (90x), hľadáčik, zenith, hranol, CDROM...

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron digi. mikroskop
Kompaktný USB mikroskop s 10 - 40x optickým a 150x digitálnym zväčšením. Softvér na spracovanie obrazu priložený, vrchné LED svetlo, stojan.

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk



Celestron digi. LCD mikroskop
Kompaktný USB mikroskop s 40 - 400x optickým a 1500x digitálnym zväčšením. Softvér na spracovanie obrazu priložený, vrchné a spodné LED svetlo, LCD displej, kábel k PC, slot na pamäťovú kartu

Aktuálna cena na iShope www.tromf.sk

Využite jedinečnú možnosť nákupu tovaru na splátky od akontácie 10%. Do 31.12.2009 vám k vybaveniu postačujú len dva doklady!

Cetelem

A BNP PARIBAS COMPANY

**iShop: www.tromf.sk
Web: www.celestron.sk**

TROMF

Astroshop & predajňa Tromf v sídle firmy: Partizánska cesta 80, B. Bystrica po-pia 9.00-17.00 hod., tel.: 048/4142332, e-mail: tromf@tromf.sk

Predajňa Tromf Tactical Shop: Europa SC, Na Troskách 25, B. Bystrica otvorené sedem dní v týždni po-ne 9.00-21.00 hod., tel.: 048/4125117, e-mail: europa@tromf.sk