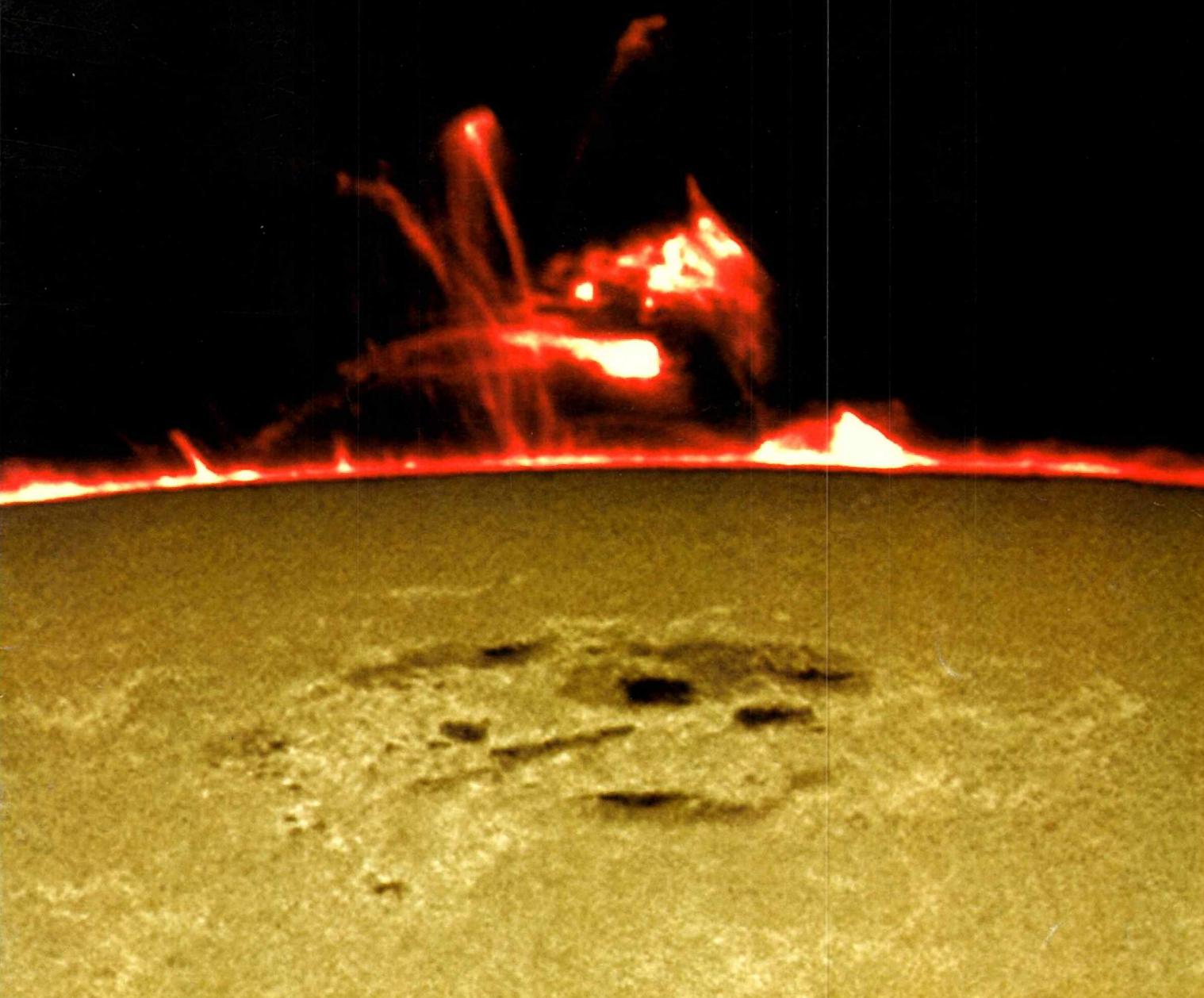


# KOZMAOS

2005  
ROČNÍK XXXVI. 5  
Sk 40,-



- Prstencové zatmenie Slnka 3. 10. 2005 ●
- Nový model evolúcie Slnečnej sústavy ● Kvark gluonové plazma ●
- Inflácia: čarovný prútik v rukách kozmológov ●
- Projekt a prvé výsledky sondy Deep Impact ● Rotujúce planéty ●

# Saturn a jeho rodina

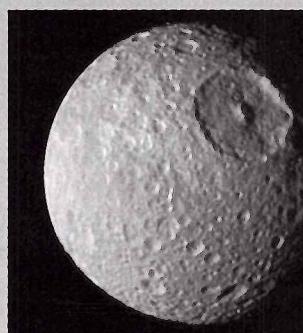
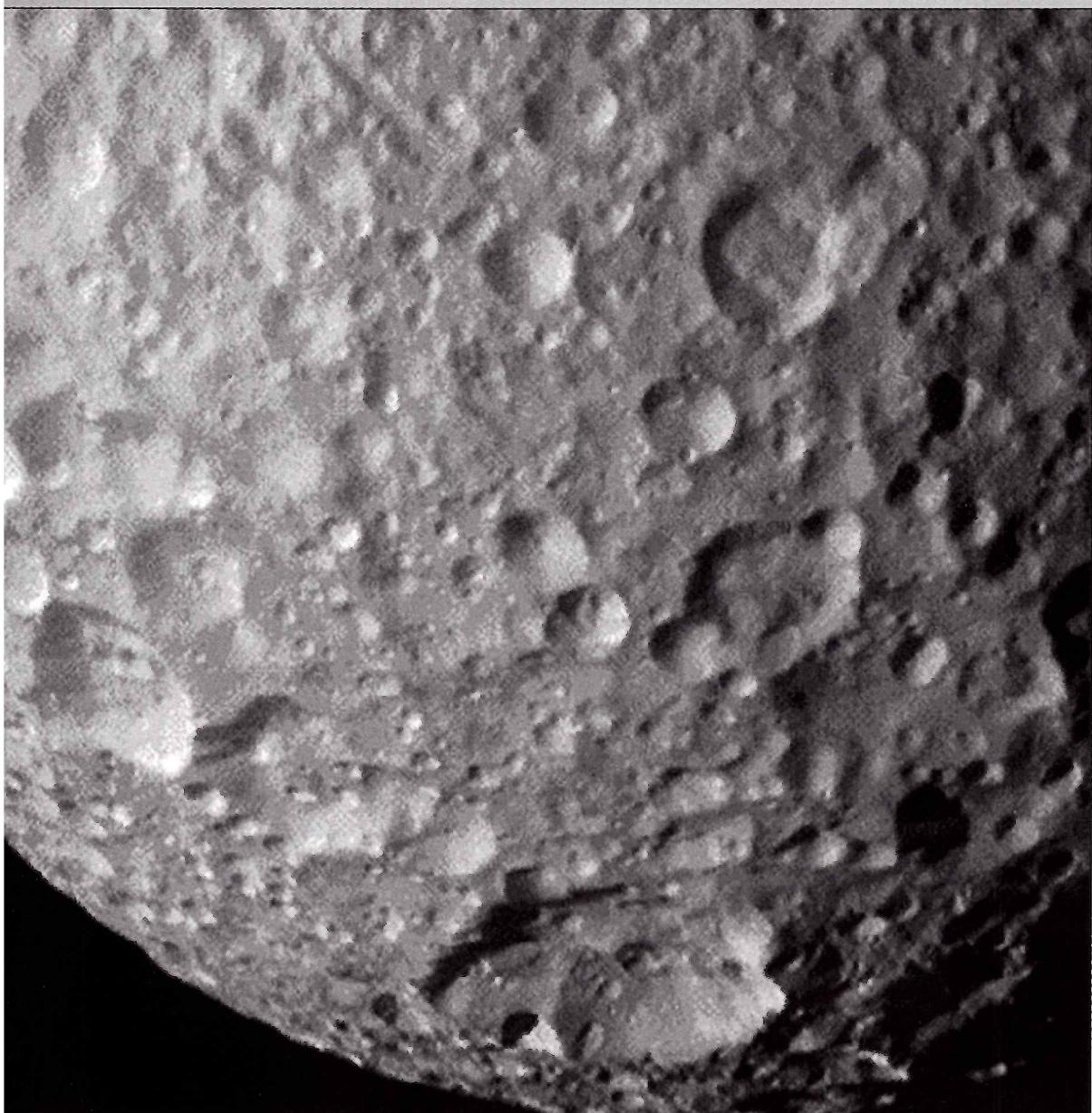


Ilustrácia ukazuje Saturn, jeho prstence a rodinu ľadových mesiacov a mesiačikov. Šírka vnútorného prsteňa sa vyrovná vzdialenosťi Zem/Mesiac. Sedem hlavných prstencov smerom od planéty sú označené písmenami v poradí, ako boli objavované: D, C, B, A, F, G a E.

Prstenec D, najbližší Saturnu, je veľmi riedky. Hlavné prstence sú A, B a C. Najvzdialenejším z tejto trojice je prstenec A, ktorý sa dá zo Zeme rozlíšiť aj malými dalekohľadmi. Cassiniho medzera je najširšia; oddeluje prstenec B od prstencu A. Za prstencom A obieha uzučký prstenec F, formovaný pastierskymi mesiačikmi Pandora a Prometheus. Za prstencom F sú dva mimoriadne riedke prstence G a E. Riedky prstenec E je najširším prstencom v našej Slnečnej sústave; vypĺňa priestor medzi mesiacmi Mimas a Titan, čo je asi milión kilometrov.

Častice tvoriace Saturnove prstence, prevažne z vodného ľadu, majú velkosť od mikrónových zrniek až po ľadové balvany s priemerom niekoľkých desiatok metrov. Saturnov prsteň je fascinujúca, komplexná štruktúra, ktorá sa neustále, najmä pod gravitačným vplyvom pastierskych mesiačikov, mení. Jeden z mesiačikov, Pan, krúži v 330 kilometrov širokej Enckeho medzere. Šírka prstencov A, B a C je o niečo menšia ako 100 metrov. Hlavné prstence sú oveľa mladšie ako Slnečná sústava; ich vek sa odhaduje na stovky miliónov rokov. Sformovali sa buď po rozpade Saturnových mesiačikov, alebo sú pozostatkami kométi, deštrúovaných gravitáciou Saturna.

## Mimas, doteraz najostrejší



Doteraz najostrejšiu snímku Saturnovho mesiaca Mimas zís-kala sonda Cassini zo vzdialenosťi 228 000 kilometrov. Úzkouhlá kamera bola opa-trená filtrom, ktorý zvýraznil kontrast viditeľných útvarov na Mimasovom povrchu. Na povrchu mesiaca Mimas (snímka vpravo) dominuje Herschelov kráter s priemerom 140 kilometrov.

Druhá snímka (vľavo) je vlastne jed-ným poličkom filmu, ktorý úzkouhlá „cvakala“ počas celých sedem hodín zo vzdialenosťi 253 000 až 64 000 kilometrov. Rozliše-nie: 760 m na pixel.

Kráter Herschel sa pri približovaní a pri jednotlivých sekven-ciach otáčal smerom doprava.

# 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: Ing. Teodor Pintér.

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

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

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

**Vychádzka:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevracieame. Cena jedného čísla 40,- Sk/Kč. Pre abonentov ročne 210,- Sk/Kč vrátane poštovného.

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

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

Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovéj prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechách rozšíriuje 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 Čechách bolo povolené Českou poštu, s.p. OZSeČ Ústří nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultury SR, Bratislava 1998.

Zadané do tlače 16. 9. 2005

ISSN 0323 – 049X

## Témy čísla

- 5 Projekt a prvé výsledky sondy Deep Impact / Ján Svoreň
- 8 Inflácia: čarovný prútik v rukách kozmológov / Adam Frank
- 11 Kvark-gluonové plazma (2. časť) / Vladimír Wagner
- 15 Intenzívna erupcia posúva vpred naše znalosti o Slnku / Milan Rybansky
- MARS
- 18 Vodný ľad v marťanskom kráteri; Odkiaľ sa berie na Marse metán?; Mars: Pohľadnice z Gusevovho krátera
- EXOPLANÉTY
- 20 Planéta troch sínk; Planéta nového typu?; Polovica exoplanét má najmenej dve slnka
- 22 O rotácii planét / Peter Zimník
- SATURN A JEHO MESIACE
- 27 Čudné rádiové emisie zo Saturna; Tmavá strana Saturna; Rhea: biely pavúk; Enceladus: čudné ľadové balvany, vulkanizmus, atmosféra
- 2. strana obálky: Saturn a jeho rodina; Mimas, doteraz najostrejší

## Aktuality

- 3. ob. Nový pohľad na Mliečnu cestu
- 2 Škrupky okolo „desiatej planéty“
- 3 Nový model evolúcie Slnečnej sústavy
- 4 Kuiperov pás pri hviezde Fomalhaut



17 Planéty môžu prežiť červeného obra

## Rubriky

- POZORUJTE S NAMI
- 33 Prstencové zatmenie Slnka 3. 10. 2005 / Pavol Rapavý
- 34 Obloha v kalendári (október – november / Pavol Rapavý
- 37 Kalendár úkazov a výročí / Pavol Rapavý
- 38 Slnečná aktivita (jún – júl 2005) / Milan Rybansky
- ALBUM POZOROVATEĽA
- 38 Smrť kométi – jar / leto 2005 / Lubomír Urbančok

## Rôzne

- 25 Astrofotografia cez fotoaparáty Canon EOS / Otto Mehes
- 30 Desaťročie objavov / Ladislav Druga
- 39 Jubilanti / Peter Poliak

## Obálka



Kombinovaná fotografia aktívnej oblasti NOAA 792 zo dňa 29. 7. 2005 a s ňou súvisiacej aktívnej protuberancie 27. 7. exponovanej o 10:32 UT vo hvezdárni Rímanovská Sobota. Animácia vývoja protuberancie je na www.szaa.sk. Protuberančný ďalekohľad 110/1200, CCD kamera SHT, H<sub>α</sub> filter.

Foto: Pavol Rapavý

## Podujatia

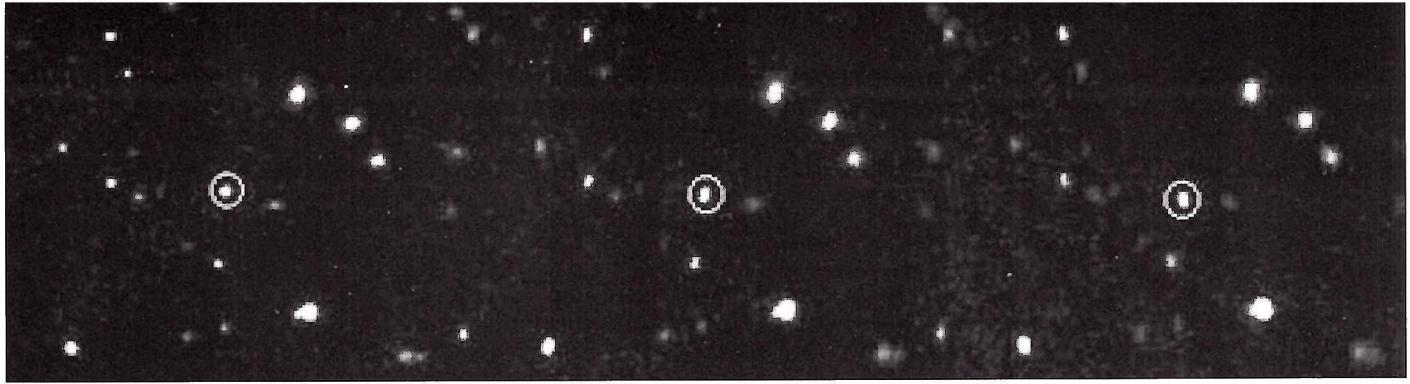
- 39 Letný astronomický a ekologický tábor 2005; Letné astronomické praktikum 2005 / Zdeněk Komárek
- 40 Planétka Partizánske na vlastné oči / Vladimír Mešter XXII. Ebicykel 2005 – Zlatá stredoslovenská cesta / Katarína Žilinská

## Astronomický kalendár 2006

Autor: Mgr. Ladislav Druga

V týchto dňoch vydala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove Astronomický kalendár na rok 2006. Na jeho stránkach sú uvedené bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčzej vzdialenosťi od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximálnych meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 134 rokov, ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná unikátnymi farebnými fotografiami, ktoré vyhotobil Hubblov vesmírny ďalekohľad. Cena: 90 Sk.

Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese Slovenská ústredná hvezdáreň, Komářianská 134, 947 01 Hurbanovo (tel. 035/7602484-6, fax: 035/7602487, e-mail:suhlib@suh.sk ) alebo priamo zakúpiť vo všetkých hvezdárňach na Slovensku.



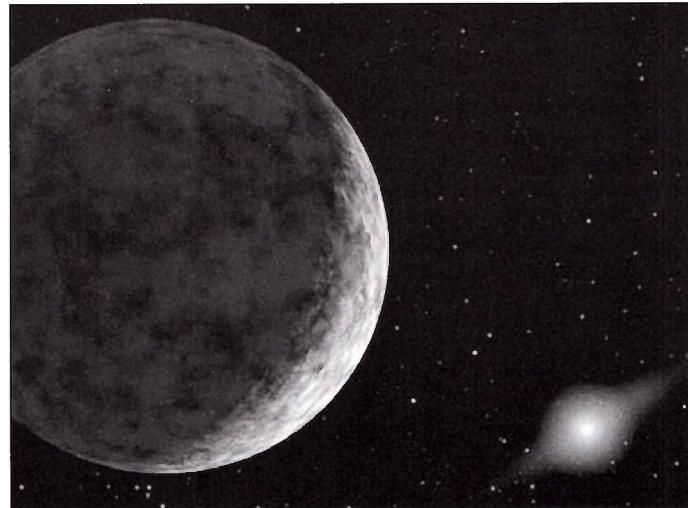
Planétu 2003UB313 zachytila kamera na ďalekohľade Samuel Oschin Telescope (Mount Palomare) už v októbri 2003. Tri polohy „planéty“ boli expo- vané každých 90 minút. „Planétu“ objavili až pri analýze snímok 8. januára 2005.

# Škriepky okolo „desiatej planéty“

29. júla 2005 oznámili španiel- skí astronómovia objav transneptu- nického objektu (TNO), väčšieho ako Pluto. Toto teleso obieha okolo Slnka v 97-krát väčšej vzdialosti ako Zem. Prvý raz ho fotografovali už na Vianoce 2004. Americkému tímu však trvalo 18 mesiacov, kým snímky z ďaleko- hľadu SOT (Samuel Oschin Te- lescope) na Palomarskom observa- tóriu analyzovali a z ďalších polôh telesa vypočítali jeho veľkosť i obež- nú dráhu. Vedci už dávnejšie pred- povedali, že je iba otázkou času, kedy sa v Kuiperovom páse ob- javia aj objekty väčšie ako Pluto. O desiatej planéte sa však pred- bežne nehovorí. Z najnovších po- znatkov o týchto telesách totiž vy- plynula dilema, či ich vzhľadom na ich pôvod, zloženie a evolúciu môžeme za planéty považovať. Kým špeciálna komisia Medziná- rodnej astronomickej únie nový objekt nepomenuje, nájdeme ho v katalógoch pod označením 2003 EL61.

Objav objektu väčšieho ako Pluto v Kuiperovom páse ohlásil ako prvý Španiel José Luis Ortiz, ktorý pracuje na národnom španielskom obsevatóriu v Sierra Nevade. Na astronomických webstránkach sa objavil jeho mejl: „Big TNO dis- covery, urgent.“ Tento oznam spustil takú lavinu kontroverzných reakcií, ktorá nemá v astronomickom svete, prinajmenšom v posled- ných rokoch, obdobu.

Američania z Palomarského ob- servatória medzičasom dokázali, že prvé snímky 2003 EL61 získali ešte pred Španielmi, ale uverejniť ich chceli až po spresnení údajov pomocou ďalekohľadu Spitzer. Američania Španielom napriek to- mu pohratulovali k objavu. Vzápäť šéf palomarského tímu Mike Brown oznámil objav ďalších veľ- kých TNO objektov: 2003 UB313 a 2005 FY9. Prvý z ohľásených objektov by mal okolo Slnka obiehať



Na ilustrácii vidíte „planétu“ 2003UB313 aj so vzdialeným Slnkom z po- hľadu pozorovateľa na oblietajúcej, imaginárnej sônde. Ešte nepomenovaná „planéta“ obieha Slnko v trojnásobne väčšej vzdialosti ako Pluto. Je veľmi chladná, tmavá a prinajmenšom rovnako veľká ako Pluto. 2003UB313 je doteraz najvzdialenejší z objavených TNO a tretí najjasnejší v Kuiperovom páse.

v trojnásobne väčšej vzdialosti ako Pluto a „určite by mal byť väčší ako deviata planéta“. Američania objavili 2003 UB313 už januári 2005, ale rovnako ako v prí- pade 2003 EL61 čakali ešte na upresňujúce údaje z ďalekohľadu Spitzer. S ohľásením objavu sa však ešte pred upresnením po- ponáhli, aby ich aj v tomto prí- pade niekto nepredbehol.

Text abstraktu, ktorým ohlásili svoj referát o objekte, ktorý dnes nesie meno 2003 EL61, pre konferenciu, ktorá sa konala v septem- bri 2005, však Američania zbab- rali. V tomto abstrakte označili „desiatu planétu“ ako objekt K40506A, čím chceli zdôrazniť, že ide o prvý z objektov Kuiperovho pásu, ktoré objavili už vlasti a ich parametre spresnili na základe úda- jov zo Spitzera a ďalších ďaleko- hľadov z mája tohto roka. Brown: „Bolo to z našej strany nešťastné rozhodnutie.“

Čo sa stalo? Webstránky ďaleko- hľadov, ktoré upresňovali údaje

objavených, ale ešte utajovaných objektov, sú verejné. Brown preto vyslovil istý údiov nad tým, že Španieli ohlásili svoj objav krátko po indiskrétnom zverejnení Američanmi získaných údajov, čo je „neskutočná náhoda“. Brownov názor zdieľajú aj ďalšie tímy hľa- dačov planét v Kuiperovom páse.

Brown sa preto spojil s Brianom Marsdenom z Minor Planet Cen- ter, ktorý je na tomto poli naj- väčšou autoritou už aj preto, že práve u neho sa hromadia, ana-

lyzujú a katalogizujú všetky nové objavy planétok a asteroidov. Brown sa obával, že podobne ako Španieli obrali jeho tím o prven- stvo v prípade objavu 2003 EL61, mohli by ich o objavy 2003 UB313 a 2005 FY9 obrať iní konkurenti, pirátsky snoriaci vo webstránkach kooperujúcich ďalekohľadov.

Marsden v jednom prípade pi- rátstvo potvrdil. Konkurenti sa však dôrazne ohradili a obvinili Browna, že v čase, keď sa inkrimi- nované objekty nachádzali v kon-

junkcii so Slnkom, svoj objav uta- jil, aby zabránili iným v pozor- ovaní. Obvinenie zverejnil Javier Lincardo z Instituto de Astrofísica de Canarias, ktorý je zároveň aj členom skupiny Isaac Newton Group of Telescopes, na astrono- mických stránkach vychádzajúcich v španielskej. Lincardo okrem iného napísal: „Brownovci si podobne počíname aj v prípade objektu Sed- na. To nie je fair. Tým stratili prá- vo označovať sa za objaviteľov.“

Ozval sa aj španielsky objaviteľ Ortiz: „Brown a jeho skupina využívajú ovela výkonnejšie prístroje ako my. Vďaka nim objavili tri veľké objekty, ale svoj objav pred konkurenciou, rovnako ako v prí- pade objavu objektov Sedna a Quaoar, utajili. To sa nerobí...“

Brown Ortizovi na stránkach AstronomiaOnline.com odpovedal: „Podľa mňa neexistuje písané ani nepísané pravidlo, ktoré by astro- nómovi prikazovalo zverejniť svoj objav skôr, ako ho analyzuje a zhodnotí pomocou čo najpresnej- šie zmeraných údajov. Kto má iný názor, prosím, nech si počína tak ako Ortiz. Pokiaľ je jeho objav dielom jeho pozorovateľskej inven- cie a vytrvalosti, môžem mu iba po gratulovať. Ak ho zorientovali naše, nedôslednosťou predčasne zverejnené údaje, potom sa chváli cudzím perím.“

NASA/JPL New Release

## Naša pripomienka:

Je zrejmé, že objavy väčších objektov budú pribúdať. Ak nechceme mať sto planét, časom budeme musieť pomenovať veci pravými menami:

V Slnečnej sústave poznáme 8 planét. Pluto a ďalšie objavené objekty za Neptúnom sú zvyšky stavebného materiálu z čias for- movania planetárnej sústavy. Ich vývoj bol celkom odlišný ako vývoj ôsmich veľkých planét.

Ján Svoreň

# Nový model evolúcie Slnečnej sústavy

Skupina vedcov (Alessandro Morbidelli z Observatory of the Cote d'Azur, Rodney S. Gomes z Národného brazílskeho observatória, Harold F. Levinson zo Southwest Research Institute v Boulderi a Kleomanis Tsiganis (University of Thessaloniki) zverejnili model Slnečnej sústavy, ktorý vysvetluje viaceré chronické záhady planetárnej vedy: excentrické i sklonené dráhy Jupitera a Saturna; prečo sa taký veľký počet asteroidov Trojanov a Grékov usadil v Lagrangeových bodoch (L4 a L5), ležiacich pred a za Jupiterom na jeho obežnej dráhe; prečo boli planéty a ich mesiace vystavené takému intenzívnomu bombardovaniu 700 miliónov rokov potom, ako sa sformovali.

Vedci na počítačoch namodelovali situáciu 10 miliónov rokov po sformovaní Slnečnej sústavy, teda v čase, keď protoplanetárny disk obiehajúci mladé Slnko sa rozpadol, (jemnejšie časti vyfúkali hviezdné vetry, hrubší materiál sa

udržal). V tomto období mali obrie planéty kompaktnejšiu konfiguráciu ako dnes. Jupiter bol od Slnka nepatrne vzdialenejší; Saturn, Neptún a Urán (presne v tomto poradí), boli k Slnku bližšie. Medzi obrími planétami sa nachádzal disk planetesimál (dnes známych ako objekty KBO, telesá Kuiperovho pásu). Hmotnosť tohto pásu dosahovala 35-násobok hmotnosti Zeme.

Gravitačný biliard obrích planéty vystreloval planetesimály Kuiperovho pásu aj do oblasti, v ktorej sa pohybovali terestrické planéty. Gravitačný prak niektoré telesá vypudil na perifériu Slnečnej sústavy a do Oortovho oblaku, časť do jej vnútra. Dávnejšie štúdie dynamiky mladej Slnečnej sústavy sugerovali, že Jupiter vychyloval planetesimály dovnútra, ostatné obrie planéty von zo Slnečnej sústavy.

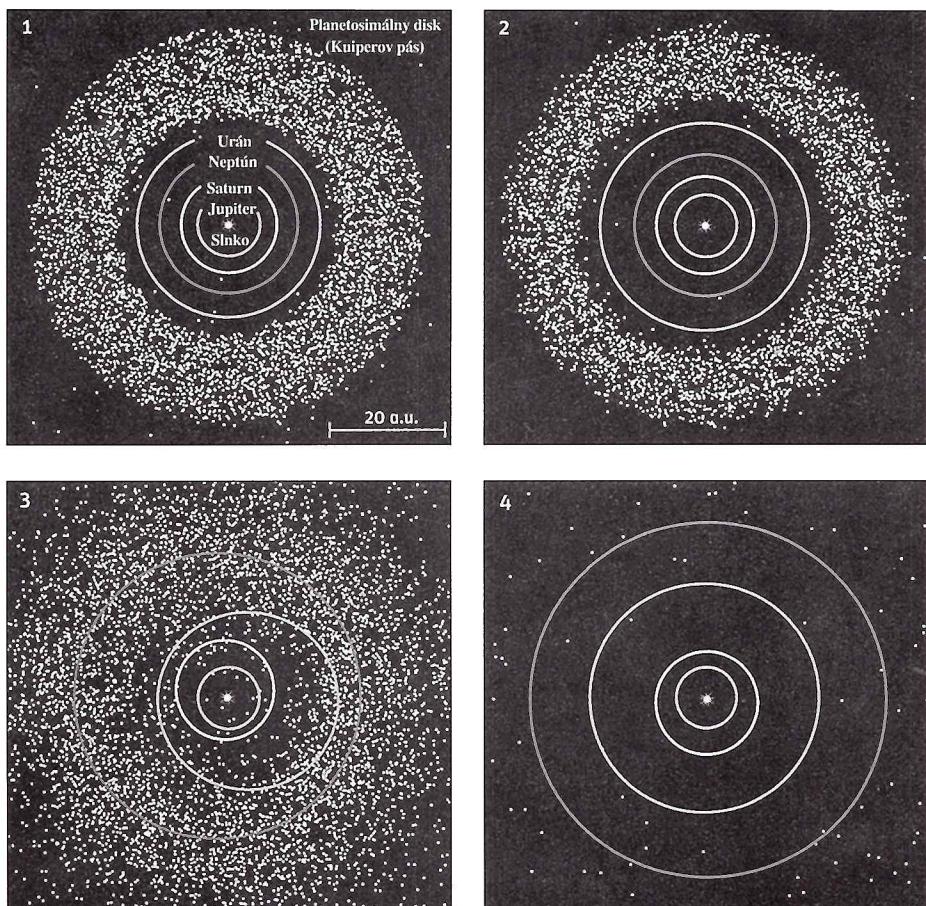
V období, keď rezonanciu Saturna a Jupitera vyjadroval pomer 2:1, (inými slovami, keď čas obehu Saturna okolo Slnka dosiahol dvojnásob-

(1) Jupiter a Saturn štartovali v tejto simulácii na kruhových dráhach 5,5 prípadne 8,2 AU od Slnka. Neptún (11,5 AU) štartoval bližšie ako urán (14,2 AU). Disk planetesimálov sa rozprestieral od 15 po 35 AU.

(2) Stovky miliónov rokov sa Jupiter po špirále priblížil k Slnku o niekoľko desiatok astronomických jednotiek. Ostatné obrie planéty sa od Slnka vzdalovali.

(3) Vo chvíli, keď Jupiter so Saturnom prekonali rezonanciu 2:1, ich gravitačný vplyv vyvolal excentricitu obežných dráh. Urán a Neptún si vymenili miesto, začali preorávať najhustešie oblasti Kuiperovho pásu a nasmerovali bezpočet planetesimálov do vnútra Slnečnej sústavy. Nastalo obdobie dlhého bombardovania.

(4) Planéty sa usadili na terajších dráhach, z Kuiperovho pásu ostali iba nepatrne zvyšky.



nú hodnotu akú mal jeho väčší brat), začal pracovať gravitačný mixer. Obe obrie planéty sa totiž od seba neustále vzdálovali, takže rezonanciu 2:1 si dlho neudržali. Aj tento kozmický „okamih“ však stačil na to, aby vzájomný gravitačný vplyv zvýšil excentricitu ich dráh z takmer ideálne kruhových na dráhy s terajšími hodnotami: 0,048 v prípade Jupitera a 0,056 v prípade Saturna. Počas neskôrších stretnutí s Uránom a Neptúnom pocitili Jupiter i Saturn aj gravitáciu disku planetesimál, ktorý bol oveľa hrubší ako dnes. Tieto gravitačné kopance spôsobili, že sa dráhy oboch týchto planét pomaly zdvihli nad a pod rovinu ekliptiky a nadobudli súčasný sklon: 1,30 supňov v prípade Jupitera a 2,49 stupňov v prípade Saturna.

Krátka, 2:1 rezonancia Jupitera a Saturna, mala aj ďalšie vedľajšie efekty. Periodické gravitačné poruchy upravili pôvodné dráhy Urána a Neptúna na mimoriadne výstredné, excentrické, ba križujúce sa. Periodické interakcie oboch vonkajších obrích planét skončili výmenou ich obežných dráh, pričom interakcie s ich susedom Saturnom ich po špirále vytlačali ďalej do vonkajších oblastí Slnečnej sústavy. Urán a Neptún začali „orať“ Kuiperov pás, ktorý bol v tom čase oveľa bližšie k Slnku.

V tomto čase gravitačný prak oboch vonkajších obrov vymrštil množstvo KBO telies dovnútra Slnečnej sústavy, čo sa prejavilo dlhým bombardovaním. Interakcie s telesami KBO dráhy Urána a Neptúna postupne stabilizovali. Na druhej strane migrácia Jupitera a Saturna do pásu asteroidov vyvolala dodatočné bombardovanie.

Model vysvetluje pomalú migráciu planét v priebehu stoviek miliónov rokov tak, že vnútorný okraj Kuiperovho pásu ležal presne na rozhraní gravitačného vplyvu najvzdialenejšej planéty. Krátke obdobie rezonancie vysvetluje aj záhadu Trojanov. Podľa dávnejších štúdií všetky telesá polapené v klepcoch Lagrangeových bodov Jupitera (L4 a L5) mali uniknúť vo chvíli, keď Saturn a Jupiter vstúpili do rezonancie 2:1. Štúdia štyroch vedcov však ukázala, že rezonancia nakrátko otvorila dvere, ktoré sú normálne zatvorené. Týmito dverami sa do Jupiterových gravitačných klepcov dostalo rovnaké množstvo asteroidov, ako z nich uniklo. Vedcov osvetilo vo chvíli, keď zistili, že sklon dráhy Trojanov v počítačovej simulácii je na chlp rovnaký so sklonom reálnych, dnešných Trojanov. To súčasne vysvetluje aj to, prečo majú Trojania spektrum, ktoré viac pripomína spektrum objektov z Kuiperovho pásu ako spektrum asteroidov hlavného pásu.

Planetológov nový model nadchol. Nielenže sme získali presne datovanie veľkého bombardovania, ale pomocou neho vieme vypočítať aj množstvo materiálu, ktorý zasiahol Mesiac. Nielenže nám poskytol presnú orbitálnu distribúciu Trojanov, ale aj ich počet. Nielenže vysvetluje, prečo majú obrie planéty excentrické dráhy, ale poskytuje nám aj presné hodnoty ich excentricít a sklonov. Nijaký iný model z minulosť nedával odpovede na toľko otázok.

Planetológia sa dostala na novú úroveň: to, čo pozorujeme, porovnávame s modelom. A napok...

Nature

# Kuiperov pás pri hviezde Fomalhaut

Hubbluv vesmírny ďalekohľad získal detailnú snímku prachového prstence obiehajúceho blízku hviezdu Fomalhaut HD 216956. Navyše parametre prstencu naznačujú, že ho deformuje gravitácia minimálnej jednej planéty.

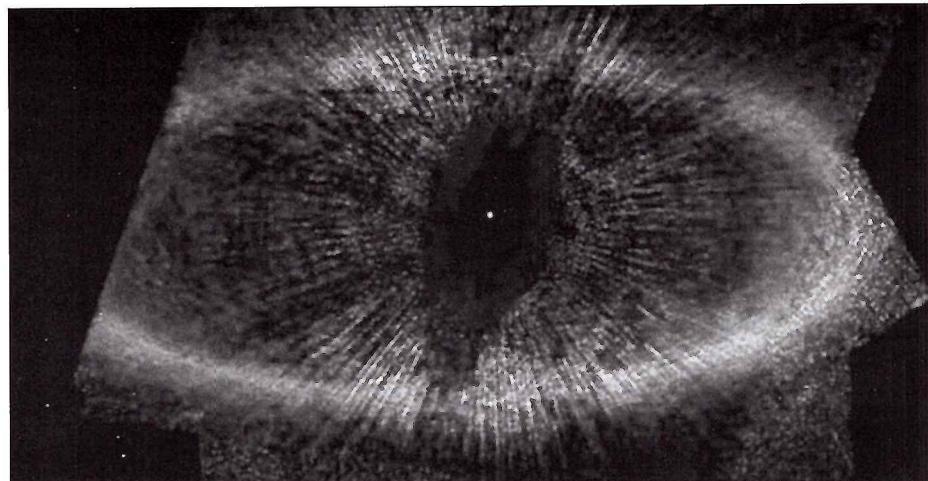
Na snímke prstencu je jasne viditeľná deformácia vo vzdialosti 15 AU. To je polovica priemeru našej Slnčnej sústavy. Takéto pokrievanie môže svojou gravitáciou vyvolávať iba planéta na výstrednej elliptickej dráhe. Geometricky súmerný prstenec naklonený smerom k Zemi by gravitácia materskej hviezdy nemohla takto zdeformovať.

Okolie hviezdy Fomalhaut zmapovali na dlhších vlnových dĺžkach submilimetrové ďalekohľady na Mauna Kea a v Caltechu, ako aj na palube vesmírneho ďalekohľadu Spitzer, pričom počítacové spracovanie snímok odhalilo i obrasy Kuiperovho pásu. Najnovšie neobyčajne ostré snímky HST toto podzorenie potvrdili.

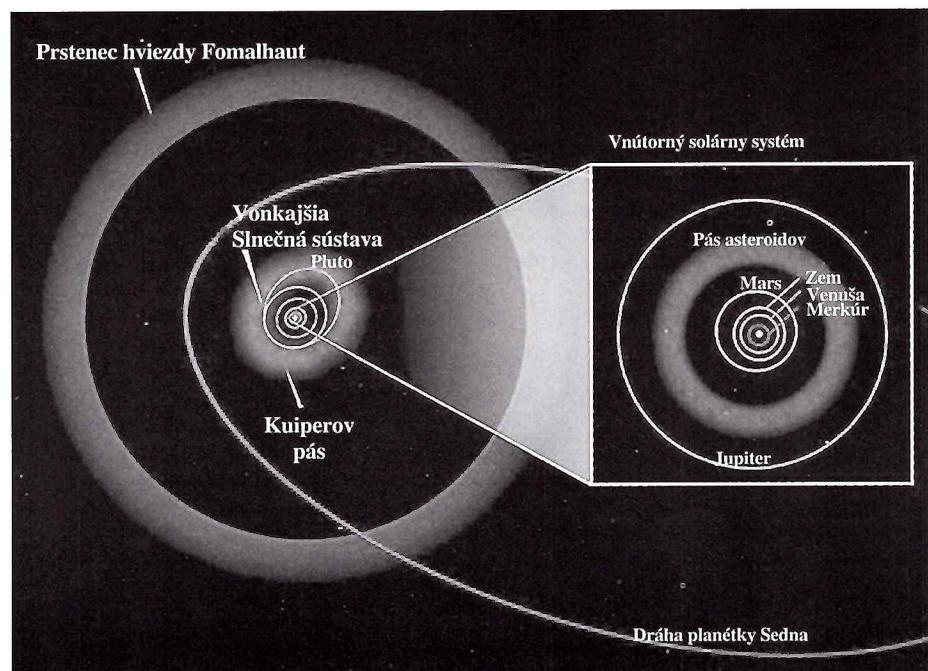
Nielen to: Na základe analýzy snímok HST sa podarilo nepriamo objaviť obriu planétu. Možno je to hnedý trpaslík, ktorý deformeuje Kuiperov pás. Mimochodom: Kuiperov pás okolo Fomalhautu má podobné parametre ako Kuiperov pás v našej Slnčnej sústave! Aj tento poznatok podoprel teóriu (jej najmodernejšiu podobu si môžete prečítať v tomto čísle – strany 3 a 4) o vzniku a evolúcii našej Slnčnej sústavy. Obrie planéty sa môžu, vzhľadom na zloženie planetesimálov, zlepenných z drviny ľadu a kremičitých pieskov, sformovať iba v primeranej vzdialnosti od Slnka. Tam, kde jeho žiarenie nemá podstatný vplyv ani na zlepnanie planetesimál, ani na deštrukciu a odsávanie atmosféry, nabaľované v záverečnej etape vývoja. Veľké planéty a ich menlivá konfigurácia sa po sformovaní stávajú rozhodujúcim režisériom evolúcie Slnčnej sústavy: ich gravitačný vplyv premiestnil časť planétotvorou nespotrebovaných planetesimál na perifériu Slnčnej sústavy (Kuiperov pás, Oorthov oblasť), alebo smerom k Slnku, kde skončili buď v horúcom klepcí Slnka, alebo kolidovali s vnútornými, terestrickými planétami. Tak do značnej miery ovplyvňovali nielen ich povrch, ale aj najmä vznik a evolúciu života na Zemi.

HST jasne rozlíšil, že vnútorný okraj okolo hviezdy Fomalhaut je tenší a ostrejší než jeho vonkajší okraj. Jasný dôkaz, že gravitácia nejakého telesa z neho odstraňuje materiál podobne ako snežný pluh zo zasneženej cesty. Ďalším dôkazom existencie planéty/planét je aj súčasná šírka prstencu – asi 25 AU. Bez gravitačného vplyvu planetárneho telesa by bol prstenec podstatne širší. „Prstenec Fomalhautu nám priprímala procesy, ktoré vďaka snímkam zo sondy Cassini vidíme vo svete Saturnu,“ vraví Paul Kalas z Kalifornskej univerzity. „Nejaké telesá pôsobia na Kuiperov pás Fomalhautu presne tak ako pastierske mesiačiky Saturna na jeho prstencu.“

Predpokladaná planéta by mala obiehať Fomalhaut vo vzdialosti 50 až 70 AU. Prstenec je od Fomalhautu vzdialenosť 133 AU. To je oveľa ďalej ako vzdialenosť Pluta od Slnka. HST



Snímka Kuiperovho pásu okolo hviezdy Fomalhaut, ktorú získala ASC kamera na palube HST. Osiro ohrazený pás, široký 25 AU, obieha hviezdu vo vzdialosti 133 až 158 AU. Hviezda, prekrýtia koronografom, je oproti stredu prstencu posunutá, čo je nepriamym dôkazom existencie planéty s výstrednou obežnou dráhou. Disk je voči pozemskému pozorovateľovi naklonený o 24 stupňov. Do zorného poľa kamery ASC sa nezmestil, preto je na ľavej strane zrezaný.



Na ilustrácii môžete porovnať Kuiperov pás hviezdy Fomalhaut s Kuiperovým pásom v našej Slnčnej sústave. Štvorec vpravo je zväčšeninou našej Slnčnej sústavy z prvého obrázku.

zatiaľ nedokázal hypotetickú planétu priamo detegovať, takže astronómovia nevedia zatiaľ odhadnúť jej hmotnosť. Približný odhad hmotnosti im má umožniť analýza počítačových simulácií vytvorených podľa doteraz získaných údajov o dynamike prstencu.

Fomalhaut je mladá hviezda, má asi 200 miliónov rokov. Nachádza sa vo vzdialosti 25 svetelných rokov od Slnka v súhvezdí Južného rypa. Prstenec Fomalhautu je 10-krát starší ako trosky diskov okolo hviezd AU Microscopii a Beta Pictoris, v ktorých sa podľa všetkého ešte vždy formujú planéty.

Prstenec planéty Fomalhaut je výnimcočný. Sformoval sa v podstatne väčšej vzdialnosti

ako predpokladá teória, ktorú potvrdili priame pozorovania doteraz objavených extrasolárnych systémov. „Veľkosť prstencu hviezdy Fomalhaut dokazuje, že nie všetky planetárne systémy sa vyvíjajú rovnako. Planetárna architektúra sa môže meniť od jednej hviezdy k druhej,“ hovorí Kalas. „Hoci má prstenec Fomalhautu viaceré parametre podobné Kuiperovmu pásu, jeho priesmer je 4-krát väčší.“

Astronómovia využili pri pozorovaní pásu koronograf spojený s kamerou ACS (Špeciálna kamera pre prehliadky) na palube HST, ktorá dokáže rozlíšiť aj detaily prstencu. Bez tohto prístroja by sa, vzhľadom na jasnosť hviezdy, nemohli podrobne pozorovať robíť. Štruktúra

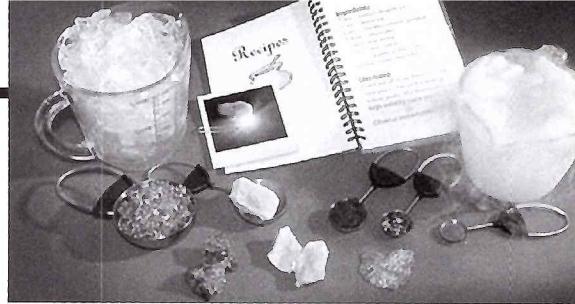
# Projekt a prvé výsledky sondy Deep Impact

Skúmanie kométy patrí od založenia observatória na Skalnatom plese pred 62 rokmi medzi ťažiskové programy. Okrem astrometrie, výpočtov a analýzy dráh patrí oblasť výskumu fyzikálneho vývoja kométy medzi najúspešnejšie dlhodobé programy, čo vidieť aj z toho, že pracovník ústavu prof. Lubor Kresák bol jedno obdobie prezidentom komisie Medzinárodnej astronomickej únie č. 15 pre fyziku komét, asteroidov a meteoritov.

V rokoch 1985 – 86 sa Astronomický ústav SAV podieľal na medzinárodnom programe výskumu Halleyovej kométy – International Halley Watch. Dosiahol významné výsledky, ktoré znamenali ďalšie upevnenie dobrého mena slovenského výskumu malých telies Slnečnej sústavy vo svetovej astronomickej komuniti. V súčasnosti sa ústav podieľa na dosiaľ najambicioznejšom programe výskumu kométy – sledovaní periodickej kométy 9P/Tempel 1 po stretnutí so sondou a náraze impaktora na jej povrch. Je to možné vďaka dlhodobému študijnému pobytu pracovnícky ústavu dr. Jany Pittichovej na Havajskej univerzite, ktorá sa priamo zúčastňuje na príprave projektu a spracovaní získaného materiálu.

## Cieľový objekt

Periodická kométa 9P/Tempel 1 bola objavená 3. apríla 1867 E. W. L. Tempelom v Marseilles v rámci jeho programu vizuálneho hľadania komét. V čase objavu bola kométa 9. magnitúdy s priemerom komety 4-5 oblúkových minút. Neškoršie výpočty ukázali, že objav sa uskutočnil 0,71 AU od Zeme a 1,64 AU od Slnka v mimořiadne priažnivej polohe len mesiac a pol pred najväčším priblížením k Zemi (0,568 AU 15. mája) a prechodom kométy cez perihélium (1,562 AU 24. mája). Počas ďalších 5 mesiacov bola kométa častým objektom pozorovania, naposledy pri tom



návrate ju zaznamenal 27. augusta 1867 J. Schmidt ako slabý objekt pre astrometriu. V tom čase bola vo vzdialosti 1,30 AU od Zeme a 1,81 AU od Slnka. Príslušnosť k periodickým kométam prvý zistil C. Bruhns, ktorý v máji 1867 stanovil jej obežnú dobu na 5,74 roka.

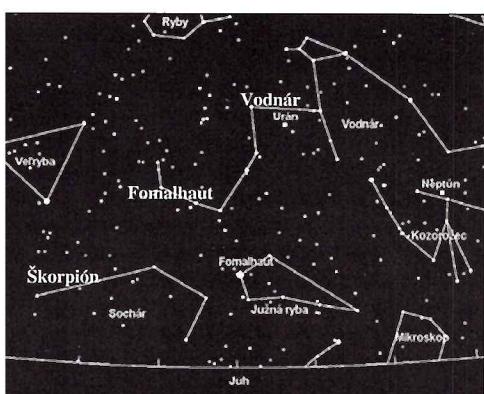
Pri ďalšom návrate do periélia bola kométa objavená 4. apríla 1873 E. J. M. Stephanom opäť v Marseilles a bola pozorovaná aj pri návrate v roku 1879. V roku 1881 prešla kométa vo vzdialosti len 0,55 AU od Jupitera. Vďaka silnému gravitačnému pôsobeniu narástla obežná doba na 6,5 roka a vzdialenosť perihélia sa zvýšila z 1,8 na 2,1 AU, čo spôsobilo, že sa stala slabým objektom, pri ďalších návratoch nepozorovateľným. Počas ďalšieho obdobia sa kométa ešte 2-krát priblížila k Jupiteru – v roku 1941 na 0,41 AU a v roku 1953 na 0,77 AU. Tieto priblíženia spôsobili, že obežná doba a vzdialenosť perihélia poklesli na hodnoty menšie ako v čase objavu. Súčasná dráha kométy libruje okolo rezonancie stredných pohybov 1:2 s Jupiterom.

Návrat k priažnivej dráhe umožnil jej opäťovné nájdenie E. Roemerovou 8. júna 1967 na fotografických platniacach ako difúzny objekt 18. magnitúdy veľmi blízko polohy predpovedanej B. G. Marsdenom. Spätné integrácie na dlhých časových intervaloch ukázali, že perihélium 9P/Tempel 1 bolo vo vnútri 10 AU od Slnka minimálne  $3 \times 10^5$  rokov. Vzdialenosť afélia je určená s oveľa menšou presnosťou. V súčasnosti je v dráhe s obežnou doborou 5,5 roka a vzdialenosťou perihélia približne 1,5 AU. Dráha sa bude aj v budúcnosti často meniť, keďže blízke priblíženia s Jupiterom nebudú ničím výnimočným.

Zatiaľ čo dráhu vieme počítať pomerne presne, údaje o tvaru a rozmeroch jadra sú založené len na odhadoch a meraniach jasnosti v čase minimálnej aktivity. Pred stretnutím prevládala predstava o jadre priemeru približne 6 km mierne preťahnutého tvaru. V skutočnosti až do príletu sondy Deep Impact sme mali možnosť vidieť jadra 3 komét – Halley, Borrelly a Wild 2.

Poloha hviezdy Fomalhaut na oblohe. Pre pozorovateľov v stredných šírkach svieti momentálne večer nad južným obzorom a v týchto mesiacoch zjasňuje. Obrázok znázorňuje segment večernej oblohy v polovici jesene.

Kuiperov pás hviezdy Fomalhaut. Väčší, excentricky položený jasny bod je hvieza Fomalhaut. Menší bod vpravo je hypotetická planéta, spôsobujúca asymetrickosť disku.



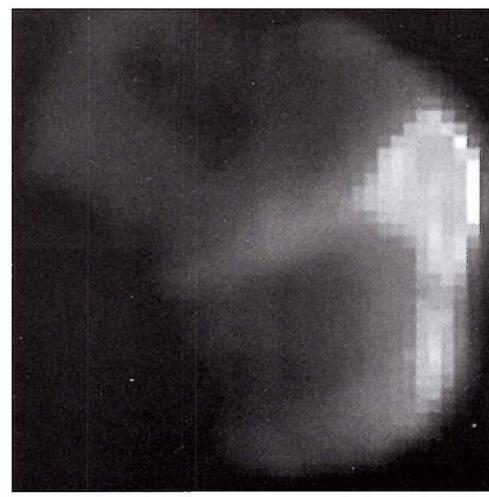
prstenca sa mapovala v dvoch etapách ešte v minulom roku. Vzhľadom na to, že celý prstenec sa nezmestil do zorného poľa kamery ASC, zmapovala sa iba jeho časť. Druhá sa mapovala v priebehu tohoročného leta. Po vyhodnotení pozorovaní vedci zistia, či sa v prstenci nachádzajú medzery, vzniknuté dôsledkom gravitačného pôsobenia planetárnych telies. Pomocou dĺžších a hlbších expozícií vedci zistia, či prstenec nemá ešte väčší priemer. Navýše astronómovia zmerajú aj farby prstenca a určia jeho fyzikálne parametre i jeho zloženie.

Astronómov udivilo, že jedna strana prstenca je na termálnej mape teplejšia ako druhá. To sa vysvetluje tým, že rozlišovacia schopnosť HST je stokrát vyššia ako pri pozemských dalekohľadoch, pričom pozorovanie na dĺžších vlnových dĺžkach prinášajú presnejšie výsledky.

Prstenec hviezdy Fomalhaut bol objavený už v roku 1983. Objavil sa na infračervených snímkach satelitu IRAS. Už dnes je isté, že sa stane cieľovým objektom novej generácie dalekohľadov, predovšetkým vesmírneho dalekohľadu James Webb a prístrojov na satelite Terrestrial Planet Finder (vyhľadávač terestrických planét).

Hubble Press Release

Táto snímka bola exponovaná zlomok sekundy po náraze impaktora na povrch kométy Tempel 1. Na snímke sa dajú rozoznať vejáre dopadom vymrštenej horniny.



Kométa Tempel 1 50 minút po zásahu.

Tesne pred príletom sondy Deep Impact 22. júna 2005 kométa náhle zvýšila svoju jasnosť zhruba 5-násobne (obrázky NASA/JPL). Výbuchy kométy sú pomerne častým javom najmä v blízkosti perihelia. Pravdepodobne ide o javy spojené s nehomogénou štruktúrou stavby samotného jadra, pričom ohriatie povrchu Slnečnika slúži ako spúšťací mechanizmus. Prirodzený výbuch zhruba 2 týždne pred pripravovaným umelým impaktom umožnil otestovať pripravnosť pozemských pozorovateľských sietí na sledovanie javov po dopade modulu Deep Impact.

## Projekt Deep Impact

Sonda Deep Impact je prvá planetárna misia, ktorá niesla zariadenie vyrobené na Zemi s cieľom vykonania experimentu na kometárnom telesu. Ako dobre vieme, kométy reprezentujú najprimitívnejšiu dostupnú látku z čias vzniku Slnečnej sústavy. Avšak, po dlhom čase pobytu v blízkosti Slnečnika, vnútro týchto telies je zahalené hrubým pláštom neprchavých látok a podstata primitívnej látky ukrytej vo vnútri kometárneho jadra nemôže byť z pozemských pozorovaní rozhľsknutá.

Sonda Deep Impact priviezla so sebou 360-kilogramový projektil, ktorý dňa 4. júla 2005 (deň pred prechodom periheliom) narazil rýchlosťou 10,2 km/s na povrch jadra periodickej komety 9P/Tempel 1. Náraz mal odstrániť premenený materiál, odhalil primitívne vnútro a uvoľnil množstvo prachu a prchavých látok. Navrhovatelia projektu predpokladali, že tento aktivovaný materiál bude pozorovateľný dlhé týždne po nárate, pričom niektorí z vyvrhnutých častic môžu byť pomaly sa pohybujúce veľké úlomky umožňujúce určenie hmotnosti.

Na sledovanie vývoja na jadre komety po nárate sa používa 3,6-m kanadsko-francúzsko-havajský dalekohľad observatória Mauna Kea, ktorým sa získavali širokouhlé snímky v spektrálnych oblastiach R a I. Pozorovania sa uskutočnili od 3. do 6. júla, pričom noc pred nárazom slúžila na získanie kalibračných údajov pokojného jadra. Počas ďalších dvoch nocí bola sledovaná vnútorná koma s cieľom nájsť zmeny vo veľkostnom rozložení častic a farbe spôsobené novou aktívnuou oblasťou na jadre. Hľadala sa odpoveď predovšetkým na tieto otázky:

- Ako sa líši prach po nárate od prachu pred nárazom?
- Sú nejaké rozdiely v zložení povrchu a pod-povrchových zrín?
- Zmenil sa povrchový plášť?

## Prvý výsledky

Zhodou okolností sa stretnutie sondy s kométou udialo len mesiac a týždeň pred konaním veľkej medzinárodnej konferencie Asteroids, Comets, Meteors 2005. Konferencie ACM sa konajú v trojročných intervaloch od roku 1983 a počas dvoch desaťročí sa stali prestížnym fórom na prezentovanie horúcich noviniek z výskumu malých telies Slnečnej sústavy. Po Uppsale (3-krát), San Juan Capistrane, Belgirate, Versailles, Ithace a Berlíne hostila tohtoročné ACM Brazília, ktorá podujaté s puncom IAU Sympózia uskutočnila v malebnom letovisku Búzios na atlantickomobreží, 170 km severovýchodne od Rio de Janeira. Očakávania prezentovania no-

vých prevratných výsledkov boli také veľké, že organizátori zmenili na poslednú chvíľu program podujatia s cieľom vytvoriť čo najväčší priestor na prezentovanie výsledkov projektu Deep Impact. Ukázalo sa však, že čas na solidnu, aj keď len predbežnú, analýzu bol príliš krátky. Prezentované výsledky boli väčšinou len v popisnej forme, kedže vedecké tímy v čase konferencie boli len vo fáze prvotnej redukcie a kalibrácie získaných pozorovaní. Preto aj všetky nižšie uvedené výsledky treba považovať len za predbežné. Ich interpretácia sa môže radikálne zmeniť zahrnutím komplexného pohľadu na sledovaný jav.

Sonda skladajúca sa z preletovej a impaktnej časti niesla niekolko vedeckých prístrojov. Dôležitá bola dvojica dalekohľadov na prípadnú korekciu vybraného miesta pre impakt. Pomocou dalekohľadu s vysokým rozlišením pre infračervenú a viditeľnú oblasť (priemer objektívu 0,3 m, ohnisková vzdialenosť 10,5 m) sonda rozložila zo vzdialenosť 700 km 7-metrové detaily na jadre. Druhý dalekohľad (priemer objektívu 0,12 m, ohnisková vzdialenosť 2,1 m) poskytoval stredné rozlišenie. Dalekohľady boli vybavené kotúcom s 8 filtromi pokryvajúcimi spektrálnu oblasť od 300 do 1100 nm.

Na Zemi patrí projektu Deep Impact prvenstvo čo do množstva zapojených tímov. Na pozorovaníach sa podielalo 70 observatórií a 130 pozorovateľov. Efektívnosť spolupráce veľmi zvyšovala možnosť komunikácie v reálnom čase cez web.

Na pozorovaníach sa zúčastnila aj sonda Rosetta mieriacia ku periodickej komete 67P/Churyumov-Gerasimenko, s ktorou sa má stretnúť v máji 2014. Veľmi vhodne doplnila pohľady zo Zeme, vďaka iným uhlom pohľadu.

## Chemické zloženie

Na charakterizovanie chemického zloženia jadra 9P/Tempel 1 a efektov nárazu 4. júla 2005 bola pripravená v rádiovnej oblasti dvojstupňová kampaň. V prvom kroku bolo sledované rádioteleskopom v Nancay na predperiheliu oblúku dráhy kométy uvoľňovanie vody pozorovaním čiar radikálu OH od marca do mája 2005 a v júni aj čiary vody na 557 GHz. Získané hodnoty boli typické pre krátkoperiodické komety, pričom boli potvrdené preferencie pri uvoľňovaní smerom k Slnečniku. Bola nájdená periodicitá 1,7 dňa (azda spojená s nesférickým tvarom a rotáciou). V druhom kroku boli pozorované čiary vody a hydroxylu v čase nárazu impaktora alebo tesne po ňom. Boli sledované molekuly a radikály OH, H<sub>2</sub>O, HCN, CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>S, CO a CS. Cieľom bolo určiť množstvo prchavých látok uvoľnených pri nárate, získať informácie o produkciu plynu a jeho priestorovom rozložení. Hľadajú sa tiež zmeny v pomeroch výskytu molekúl, aby sa zistilo, či bol z hlbších vrstiev kometárneho jadra uvoľnený pôvodný materiál s odlišným molekulárnym zložením. Aj v čase po výbuchu boli zmeny modulované s periódom 1,67 dňa (hodnota blízka 1,7-dňovej període rotácie). V hodinách po nárate bola zaznamenaná anomália interpretovaná ako úzky výtrysk intenzity  $2 \times 10^{27}$  molekúl/s, čo zodpovedá úniku 4 000 ton vody v priebehu 15 hodín. Zmeny v tomto, alebo dokonca väčšom rozsahu ( $\pm 30\%$ ) však boli zaznamenané aj v obdobiah nesúvisiacich s nárazom, napríklad 23. júna alebo 10. júla (množstvo uvoľnenej vody

do 10 000 ton). Čiary HCN a CH<sub>3</sub>OH boli po nárate silnejšie a širšie – rýchlosť expansie vzrástla z 0,65 na 1,2 km/s. Pozorovania neukázali významný nárasť produkcie metanolu po nárate.

Po nárate neboli zaznamenané nárasť intenzity vo významných kometárnych emisiach CN a C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub> emisia však vzrástla mimoriadne. Súvisí to zrejme s úzkym vzťahom medzi produkciou C<sub>2</sub> a prachu, nájdeným už skôr aj u iných komét.

NASA sa zúčastnila na projekte aj zariadením Infrared Telescope Facility. Cieľom bolo sledovať zmeny v produkciu plynu a prachu v spektrálnej oblasti od 0,8 do 25 μm. Experiment SpeX priniesol 2 zaujímavé výsledky:

- v K spektrálnej oblasti sa objavilo po impakte zmodranie. Nie je jasné, či je to vďaka zmene rozmerov, alebo zachyteniu ľadových zrín.
- v L oblasti sa hodinu po nárate objavila široká emisia patriaca pravdepodobne zlúčeninám C-H; v ďalších nocach nebola zachytená.

V spektrách boli po nárate nájdené čiary a pásy patriace doteraz neznámym molekulám. V súčasnosti ešte nie sú identifikované.

## Prach

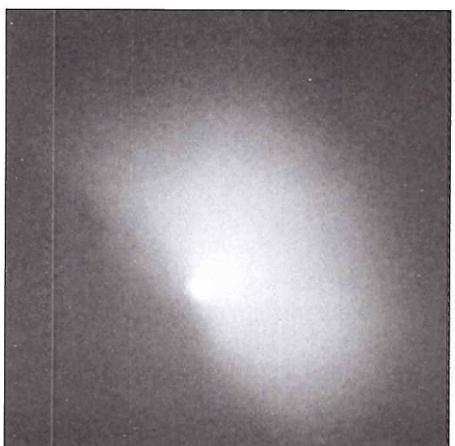
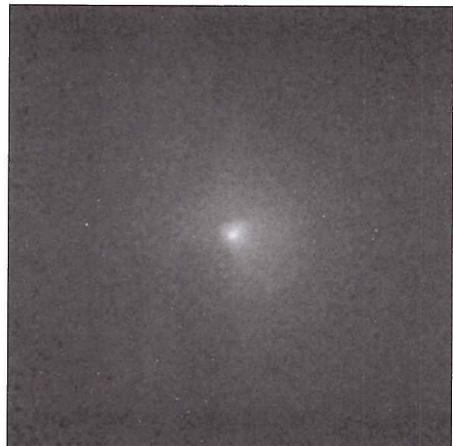
Na štúdiu prachovej zložky v kome kométy po nárate impaktora sondy Deep Impact sa zúčastnilo aj Európske južné observatórium svojimi dalekohľadmi VLT a NTT na Cerro Paranal a La Silla. Vo veľkškálovej oblasti sa predbežne nenašiel žiadny vplyv na oblasť prachového a plazmového chvosta. Počas tohto návratu kométa nevyvinula žiadny prachový chvost.

Na sledovanie oblastí tesne pri jadre bola použitá adaptívna optika s vysokým rozlišením 0,04 – 0,07 oblúkovej sekundy. Neboli pozorované žiadne väčšie úlomky tzv. minikomety. Avšak všetky javy (ich hranice) viditeľné v kome boli zretelne posunuté smerom k povrchu oproti stavu pred nárazom. Bol zaznamenaný nárasť teploty prachových zrín z hodnoty 280 – 290 K pred nárazom na 330 K. Návrat k pôvodným hodnotám bol zaznamenaný až po 6. júli. Aj tok v IR oblasti meraný v najvnútorenejšej kome (3 – 5 oblúkových sekúnd) bol vyšší. Zaujímavosťou je prítomnosť veľkého množstva absorbujúceho materiálu (podobného uhlíku) a zvýšenie množstva amorfín a kryštalických kremičitanov v ponárazovom prachu. Predbežne sa ukazuje zmena v distribúcii zrín – sú náznaky prítomnosti väčších zrín. Látka vyvrhnutá pri nárate bola zaznamenaná ešte vo vzdialenosťi 30 000 km (~ 3 dni po). Neboli lokalizovaný žiadny nový prúd alebo výtrysk. Výtrysk prachu pozorovateľný už pred nárazom, neboli kolíziu nijako ovplyvnený.

Vyvrhnuté časticie zmenili morfológiu komky. Zmeny boli dobre viditeľné 2 noci po nárate, potom koma vyzerala rovnako ako pred 4. júlom.

15,5 hodiny po nárate zaznamenali na Calar Alto Observatory prachový oblak vo vzdialenosťi 13 800 km od jadra. Stredná rýchlosť čela expandujúcich čiastočiek vychádzala približne 230 m/s. Bod maximálnej jasnosti sa pohyboval rýchlosťou 120 m/s. V ďalších dňoch rýchlosť expansií poklesla vďaka tlaku slnečného žiarenia pôsobiaceho proti unikajúcim prachovým zrámam.

15 minút po nárate bol zaznamenaný nárasť polarizácie.



Séria fotografií kométy Tempel 1, ktoré exponovala kamera so stredne vysokým rozlíšením na palube sondy Deep Impact.



Políčko z filmu, ktorý „nakrútila“ kamera na sonde Deep Impact od 1. mája do 2. júla na ceste ku kométe Tempel 1. Kamera zaznamenala v tomto čase na povrchu sondy tri výbuchy, vyvolané približovaním sa kométy k Slnku. Silnejúce slnečné žiarenie rozmrazuje ložiská ľadu (vodného, metánového i ďalších exotických), ktoré po zohriatí na kritickú teplotu v okamihu menia skupenstvo, zväčšujú objem a explodujú.

Séria širokouhlých záberov kométy ukazuje výrazné zjasnenie komy po náraze – maximálna jasnosť bola zaznamenaná 3 hodiny po náraze, potom začala pomaly klesať. 50 hodín po náraze sa jasnosť jadra kométy v rámci niekolkých desiatín magnitúdy vrátila na pôvodnú prednárazovú hodnotu. Vývoj v prachovej kome po náraze mal rovnaký priebeh ako pri prirodzenom výbuchu na jadre.

Napriek predpovedi sa po náraze nevytvoril prachový chvost. Svedčí to o neprítomnosti väčších prachových zrn.

### Akú látka vlastne môžeme pozorovať

Pri zdôvodňovaní projektu Deep Impact sa často zdôrazňovalo, že hlavným cieľom je po-

zorovať primitívnu látku zachovanú v „kométnej konzerve“ z čias formovania planetárnej sústavy. Ukazuje sa však, že toto nie je u kométy 9P/Tempel 1 ani principiálne možné. Tak potom načo celý projekt? môže niekoľko položiť otázku. Skôr ako urobíte unáhlené závery, zoznámte sa s kométarným jadrom.

Skupina 4 francúzskych astronómov na čele s O. Mousisom modelovala tepelný vývoj kométarného jadra periodickej kométy 9P/Tempel 1 za ostatných 360 rokov. Dôvodom, prečo brali do úvahy len tento interval, bolo to, že dráhový vývoj kométy pred rokom ~1640 je dosť neistý. Vychádzali z jadra vytvoreného z amorfného ľadu dokonalej zmesi ľadov  $H_2O$  a  $CO$ . Vplyvom tepla, absorbovaného jadrom v blízkosti peri-

hélia, sa postupne ľad mení z amorfnej formy na kryštalickú. Študovali, do akej hlbky sa postupne posúva hranica medzi pôvodným amorfnným a premeneným kryštalickým ľadom. Zistili, že hlbka závisí od stupňa poréznosti materiálu jadra. Po 360 rokoch je dolná hranica kompletnej kryštalizácie pre čistý vodný ľad v hlbke jadra väčšej ako 400 m, pre jadro bohaté na  $CO$  viac ako 200 m pod povrhom. Ak by bol braný do úvahy dráhový vývoj aj pred rokom 1640, hlbka rozhrania medzi kryštalickou a amorfou formou by bola ešte väčšia.

Vráťme sa teraz k našej otázke. Na kométarnom jadre, ktoré absolvovalo určitý počet prechodov v blízkosti Slnka, je hmota v troch základných stavoch. Pôvodná hmota vo forme amorfného ľadu s inklúziami plynu a drobnými čiastočkami prachu je sústredená vo vnútri jadra. Nad ňou je vrstva kryštalického ľadu, ktorej hrúbka závisí od času, za ktorý bolo jadro vystavené pôsobeniu tepla. Celkom na vrchu je plášť neprachavých minerálnych látok, ktorý vzniká pri úniku plynu a drobných meteorických čiastočiek a môže postupne zakrýf celé jadro. V takom prípade by kométa bola v tzv. spiacej fáze a bola by na nerozlišenie od asteroidu.

Hlbka a šírka krátera vytvoreného impaktorom tiež závisí od stupňa poréznosti materiálu jadra. Pre kompaktný ľad bez pôrov sú očakávané rozmery 80 m šírka a 40 m hlbka. V prípade ľadu s veľkými pôrmi to bude len 7 m šírka a 8 m hlbka. Takže, okrem iného, z rozmerov vytvoreného kráteru možno pomerne jednoducho odvodiť hustotu kométarného materiálu v mieste nárazu. Astronómi pripravujúci projekt predpokladali, že impaktor vytvorí kráter s priemerom 50 m a hlbkou 35 m. To v žiadnom prípade nedosiahne hranicu kryštalizácie, takže pôvodná amorfna forma ľadu je u tejto kométy pre nás pri tomto experimente nedostupná. Ak budeme mať veľké šťastie, budeme môcť analyzovať premenený kryštalickú formu, ak nie, môže sa stať, že impaktor „len“ rozvíri meteorické čiastočky uložené na povrchu a my sa budeme musieť uspokojiť s analýzou prachu. Kedže však takéto čiastočky už dávno pozorujeme ako rojové meteory po ich náraze na zemskú atmosféru, ani takáto možnosť pozrieť sa na meteoroidy pred tým, ako absolvujú dlhú cestu Slnčnej sústavou, nebude na záhadenie.

**Doc. RNDr. JÁN SVOREŇ, DrSc.**  
Astronomický ústav Slovenskej akadémie vied

# Inflácia:

## čarovný prútik v rukách kozmológov

**Myšlienka, ktorá sa náhle zrodila v geniálnom mozgu, otriasla teóriou big bangu a z nášho vesmíru urobila iba jeden z mnohých. Ide o teóriu inflácie, ktorá rozkošatela do podoby inflačnej kozmológie. Vyvinula sa pred viac ako troma desaťročiami ako jedna z možných odpovedí na otázky, ktoré od nepamäti trápia astronómov: „Prečo je vesmír, v ktorom žijeme práve taký aký je? Ako sa zo singularity vyvinul do dnešnej podoby/velkosti? Prečo má práve také vlastnosti, aké má?“**

Ako všetky veľké myšlienky, aj inflačná kozmológia je radikálna. Spadol vesmír v zárodočnom štadiu, bezprostredne po stvorení (po fréke prvotného Hýbatelia?), keď začali fungovať fyzikálne zákony, ktoré dnes poznáme. Inflácia takýto vesmír premenila na bleskove sa rozpínajúcu bublinu. Obdobie inflačného, brutálne rýchleho rozpínania zárodočného vesmíru sa už nikdy nemalo zopakovať.

Inflácia uchránila kozmológiu pred mnohými paradoxmi. Zjednotila astronómiu s fyzikou častíc a stala sa „štandardným modelom“ zrodu vesmíru, najpodstatnejšou súčasťou big bangu. No nielen to. Inflácia vyprovokovala fyzikov a astronómov otvoriť a preskúmať ešte divokejšie nápady. Pri viedla ich na myšlienku multiverza, vesmíru vesmírov, a vybudila diskusiu o našom mieste v tom to zväčšujúcom sa kozme.

### Na počiatku bol big bang

Porozumieť, prečo mala inflačná teória úspech, zatial, čo iné prepadli, by sme nemohli bez pochopenia toho, načo sme infláciu potrebovali. Začať by sme mali od Adama, ale začiatok bol v tomto prípade náramne problematický. Big bang sa stal v 70. rokoch štandardným modelom vzniku a evolúcie kozmu. Teória big bang sa zrodila z analýzy napozorovaných údajov, z ktorých vyplynulo, že sa vesmír rozpína. Ak tento fakt obráťite hore nohami a premietnete si proces rozpínania naopak, musíte dôjsť k záveru, že vesmír bol vo vzdialenej minulosti menší, hustejší a horúcejší.

Dôkaz o tomto supermalom, superstačenom a superhorúcom období kozmu sa považuje za presvedčivý. Big bang významne podporil objav mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CBM) v roku 1964. V tomto roku rádioastronómia Erno Penzias a Robert Wilson začali pracovať s anténou, pokrývajúcou oblasť mikrovln. Prvý týždne ich znervózňovali poruchy, ktoré nedokázali ani odstrániť, ani objavili ich zdroj. Napokon sa ukázalo, že zdrojom „poruchy“ je vesmír. Nech už zamerali „mikrovlnový dalekohľad“ na ktorokoľvek oblasť oblohy, šramot neustával.

Minulo niekoľko týždňov, kym usúdili, že sa takto prejavuje „reliktové žiarenie“, zvyšok po

dávnych, dramatických procesoch v mladom vesmíre. Mikrovlny totiž prichádzajú z doby, keď celý vesmír bol guľou horúcej, hustej plazmy, zámotkom subatomárnych častíc a svetla. Keď sa vesmír začal rozpínať a chladnúť, častice a svetlo sa osamostatnili. To sa stalo 380 000 rokov po big bangu. Od tejto chvíle sa uvoľnené fotóny rozleteli na všetky strany, a to potrvá až do konca histórie kozmu.

Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CBM) prichádza zo všetkých sektorov oblohy. Spája nás priamo s big bangom. Objav CBM sa stal v dejinách astronómie prelomom: otvoril epochu modernej kozmológie.

V roku 1975 sa model big bangu považoval za triumf modernej astronómie. Vedci mali konečne v rukách predstavu o mladom vesmíre, ktorá sa dala overovať. Ibaže: čím boli pozorovacie metódy rafinovanějšie, čím detailnejšie bola populárna teória skúmaná, tým viac sa začali vynárať dilemy, ktoré kozmológiu big bangu poriadne otriasli.

Niekteré dilemy vyplynuli z nedokonalého pozorovania. Vedci požadovali presnejšie údaje. Ďalšie pochybnosti generovalo narastajúce napätie medzi kozmológiou a časticovou fyzikou. Koncom 70. rokov boli sformované tri najpálčivejšie problémy:

### Problém kauzality

Pomocou CBM dokážu vedci zmerať vlastnosti raného vesmíru v rozličných segmentoch oblohy. Inými slovami: čoraz presnejšie dokážu určiť teplotu (presnejšie teplotné nehomogenity) kozmickej plazmy.

Ukázalo sa, že táto teplota bola zakaždým rovnaká, bez ohľadu na to, odkiaľ žiarenie prichádzalo. Dokonca vtedy, keď zamerali prístroje opačným smerom, prístroje zaznamenali rovnakú teplotu plazmy. Spočiatku nerozumeli, ako je to možné. Ak sa vesmír naozaj zrodil ako expandujúca ohnivá guľa, niektoré časti tohto horúceho zámotku sústva a častic by mali mať po uplynutí tolkých milárd rokov rozličné vlastnosti.

Uniformita vesmíru vo veľkých škálach predstavovala pre astronómov zásadný problém. Tento problém je ukrytý vo vzťahu príčina/následok. „Body v protifahlých oblastiach oblohy boli už vo chvíli, keď sa fotóny mikrovlnného žiarenia (CBM) tvorili, príliš od seba vzdialé,“ vraví Sean Carroll, astrofyzik z Chicagskej univerzity. Podľa Carolla oblasti, ktoré dnes pozemšťania vidia na oblohe, nemohli vo chvíli uvoľnenia fotónov CBM spolu komunikovať. Svetelný signál nemohol preklenúť separáciu (v čase) medzi okamihom big bangu a okamihom rekombinácie. V tomto spočíva podstata dilemy príčina/následok.

Ak sa nad tým zamyslíme, mohli by sme dospieť aj k úsudku, že konštantná teplota v celom vesmíre je iba bizarnou náhodou či súhrou okolností. Astronómia však takýto náhodám nevereja. „Ak ani svetlo letiacie rýchlosťou 300 000 km/s nemohlo v danom čase dospieť z jedného konca

vesmíru na druhý,“ vraví Carroll, „potom jednotlivé oblasti nemohli o sebe vedieť. Ibaže všetky oblasti sa zdajú byť (čo do teploty) tak dobre zosynchronizované, že sa to podľa štandardného modelu big bangu nedá vysvetliť.“ Táto dilema priviedla kozmológov na pokraj zúfalstva. Nazdávali sa, že racionálna kozmológia sa zrútila.

### Problém plochosti

Tvar a osud vesmíru, prinajmenšom v scenároch kozmológov, sú ukryté v niekoľkých jednoduchých čísloch. Určiť presné hodnoty týchto čísel však nie je ľahké. Napríklad Omega, hodnota vyjadrujúca hustotu vesmíru sa vyjadruje ako „kritická hodnota“. Keď sa  $\Omega = 1$ , vesmír je plochý. Inými slovami: paralelé čiary sa nikdy k sebe nepribližia.

Ak je  $\Omega \geq 1$ , priestor je zakrivený; v prvom prípade vyzerá ako guľa, v druhom ako sedlo pre koňa z westernu. Paralelé čiary v kozmických vzdialenosťach môžu konvergovať i divergovať. Prečo je to také dôležité?

Einstein nám vo svojej všeobecnej teórii relativity ukázal, že tvar vesmíru sa mení v závislosti od množstva energie. Množstvo energie nám zase prezradí, aký osud nás čaká: či sa bude vesmír rozpínať donekonečna, alebo sa jedného dňa začne a začne sa zmršťovať, začne kolabovať.

Kozmológovia dobre vedeli, aký dôležitý je presný odhad hodnoty  $\Omega$ . Napriek narastajúcej presnosti merania sa výsledná hodnota sice priblížila k 1, ale ešte neplatí  $\Omega = 1$ . A v tom je celý problém.

Ak sa  $\Omega = 1$ , potom to tak bolo a bude od vekov a na veky vekov. Ak sa, naopak, ukáže, že  $\Omega \geq 1$  bude to znamenať, že rozpínanie vesmíru radikálne túto hodnotu mení, bud na extrémne vysokú, alebo extrémne nízku hodnotu.

Fakt, že iba nedávno nameraná, doteraz najpresnejšia hodnota  $\Omega$  sa iba „o chlp“ líši od 1 znamená, že sa naša dilema prehľbuje.

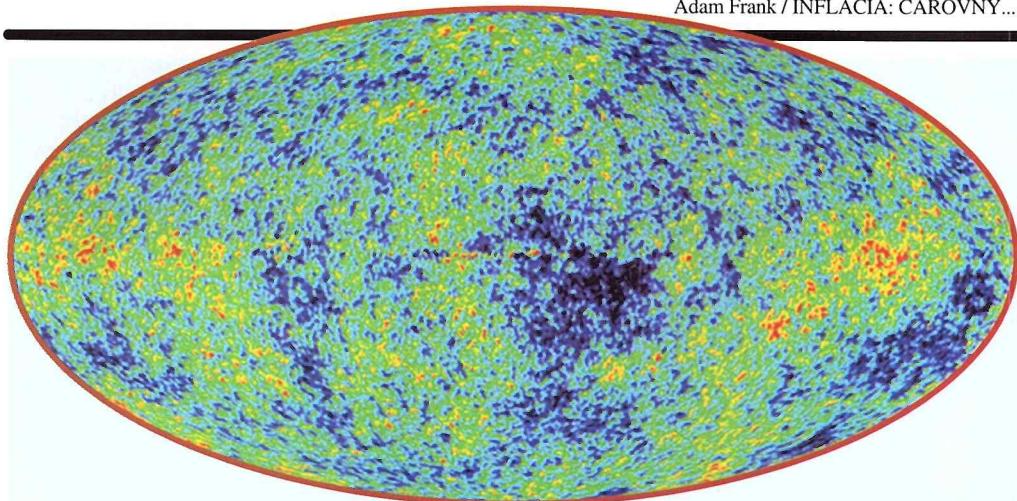
Bud sa hodnota  $\Omega = 1$  už od samého počiatku a my analyzujeme chybne údaje, alebo nameraná hodnota sa naozaj nepatrne odlišuje od 1 už od prvého okamihu big bangu, pretože takto bol proces stvorenia vyladený prírodou, stvoriteľom, alebo najvyššou inteligenciou, nech si už pod tým predstavujeme čokolvek.

Narastá podozrenie, že bez tohto nepatrného vyladenia (či lepšie bez tejto nepatrnej, zámernej, „naprogramovanej“ poruchy) by nevznikli podmienky, v ktorých život vznikol a vyvinul sa. Alebo takéto podmienky vznikli opäť bizarnou náhodou? Bola by to už druhá veľká náhoda, a to je aj pre najdôverčivejších či najnábožnejších astronómov privela. Preto čakajú na teóriu, ktorá by logicky vyústila do vzťahu  $\Omega = 1$ .

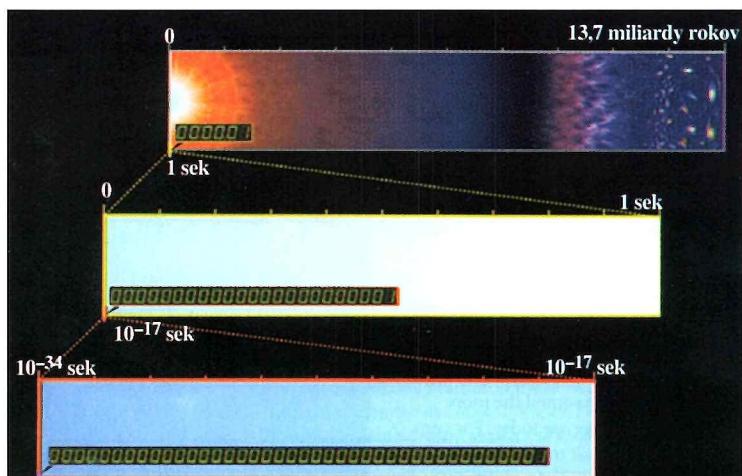
### Problém magnetických monopólov

Vesmír je plný elektrických nabitych častíc. Niektoré majú záporný (elektróny), niektoré kladný náboj (protóny). Fyzici nazývajú tieto oddelené polarity monopólmi.

Jednou z najväčších záhad nášho vesmíru je, že ešte nikto neobjavil magnetický monopól. Každé magnetické pole má severný i južný pól, neexistujú časticie, ktoré by mali iba severný alebo iba južný „náboj“. Fyzici časticie, ktorí študujú základnú štruktúru hmoty, považujú neprítomnosť monopólov za záhadu. Naozaj: zo všetkých modelov zviditeľňujúcich povahu hmoty vyplýva, že magnetické monopóly museli vzniknúť už počas big bangu.

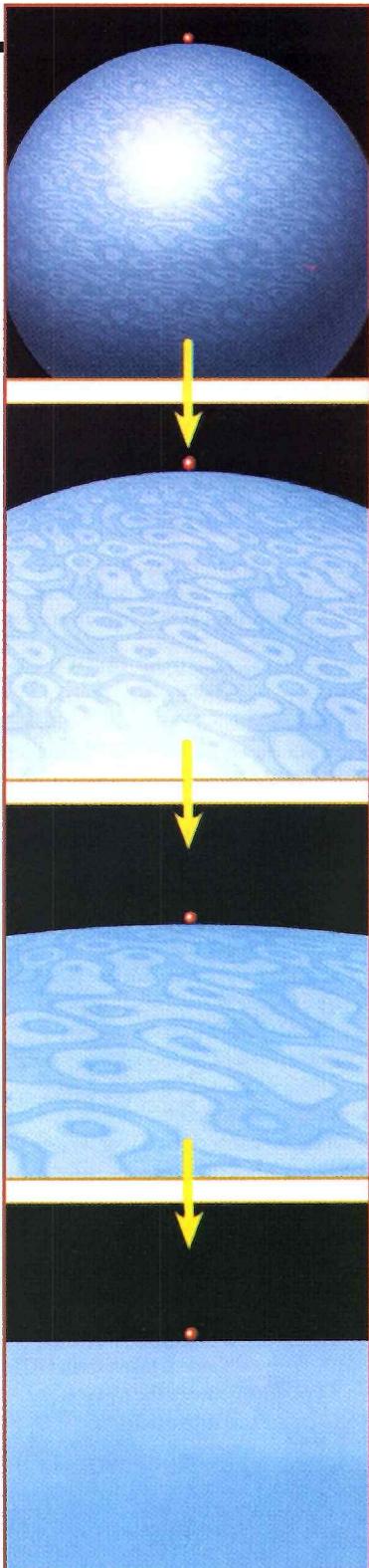


Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia je vychladnutým zvyškom horúcej radiácie, ktorá vzplanula potom, ako sa sformovali atómy a ničím nespútané fotóny sa rozleteli na všetky strany. Stalo sa tak 380 000 rokov po big bangu. Vedci zo súostrovia škvŕniek, z ktorých každá predstavuje ostrovček s istou teplotou, vyčítali, že sa primordiálny vesmír rozpínal nepredstaviteľnou rýchlosťou. Rozličné farebné škvŕnky zviditeľňujú teplotné rozdiely s presnosťou niekolkých milióntín stupňov Celzia.

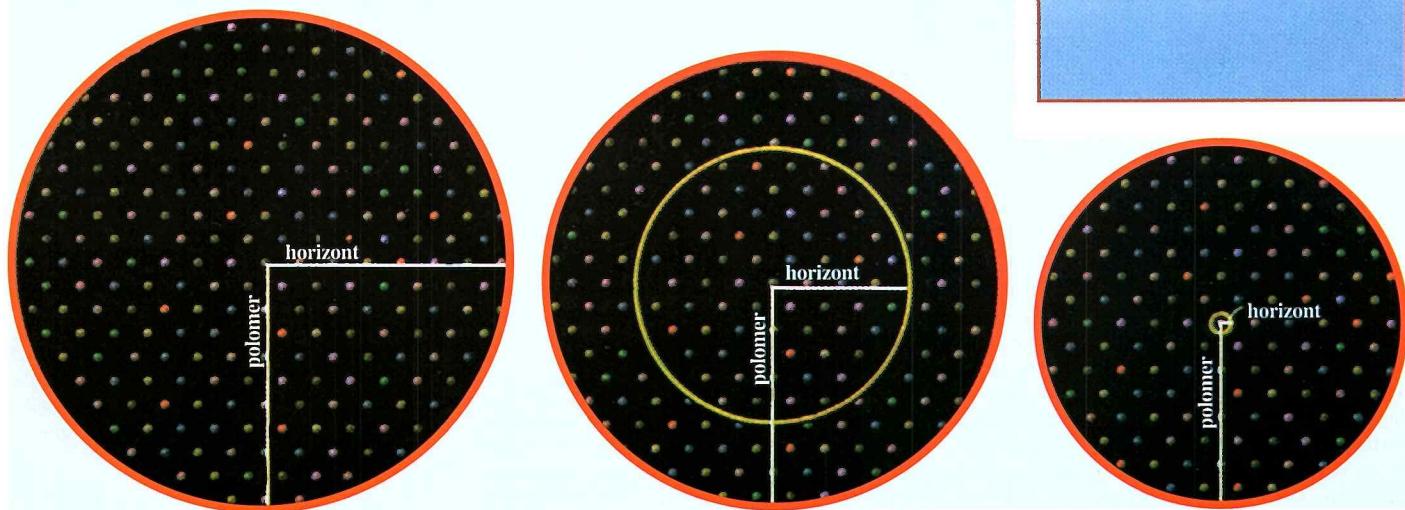


Koľko je  $10^{-34}$  sekúnd? Kvôli predstave porovnajte 1 sekundu s 13,7 miliardami rokov, čo je vek vesmíru. Ak potom vydelíte 1 sekundu veku vesmíru zodpovedajúcim počtom sekúnd, získate číslo  $10^{-17}$ . Ak tento krok zopakujete, dostanete sa na samý prah inflácie.

Inflácia vesmír sploštila. Ak sa za-krivený povrch (guľa) rozpína v každom poličku trojnásobne rých- lejšie ako v pred- chádzajúcom, za-krivený povrch sa postupne narovná do bezmála ideál- nej roviny.



Častice dokážu interagovať s inými časticami iba vo vnútri svojho horizontu. Dnes (kresba vľavo) je všetko súčasťou kozmu. V minulosti sa však vesmír rozpínal rýchlejšie ako horizont. Keď sa začala inflácia (vpravo), vo vnútri akéhokoľvek horizontu sa už nenachádzala ani jedna častica.



Kam sa magnetické monopóly podeli? To bol posledný problém, s ktorým ani kozmológia donedávna nevedela poradit.

## Svadba dvoch vied

Inflačná teória vznikla ako riešenie problémov, ktoré kváriť fyzikov koncom 70. rokov. Základná myšlienka inflačnej kozmológie bola radikálna i elegantná. Jej zástancovia predstavili model, podľa ktorého tá časť vesmíru, ktorú vidíme, prekonala v ranom štadiu svojej evolúcie krátku etapu mimoriadne rýchlej expanzie. Naozaj v ranom štadiu: inflácia podľa tejto teórie sa začala vtedy, keď mal vesmír iba  $10^{-34}$  sekúnd!

Počas inflácie sa vesmír zväčšíl rádovo  $10^{43}$ -krát. Kvôli presnejšej predstave: zväčšila sa entita, ktorá bola, čo do veľkosti, iba nepatrým zlomkom subatomárnej častice na gufu s priemerom tenisovej loptičky. Toto rozpínanie trvalo  $10^{-34}$  sekundy. Keď sa inflácia skončila, vesmír sa rozpínal oveľa pomalšie. Počas druhej polovice svojej expanzie, trvajúcej zhruba 7 miliárd rokov, zväčšíl sa vesmír iba 10-krát!!

Napriek tomu, že väčšina vedcov považuje infláciu za akýsi zdivočelý prídavok big bangu, táto nepredstaviteľne krátka períoda hyperexpanzie jedným šmahom vyriešila všetky problémy štandardnej kozmológie.

Problém kauzality sa rozplynul, pretože každá časť vesmíru, ktorý vidíme dnes, bola v kauzálnom vzťahu s ostatnými časťami ešte predtým, ako sa vesmírne vajce začalo extrémne rozpínať.

Inflačné rozpínanie vyriešilo aj problém plochosti vesmíru, pretože ho sploštila do takej miery, že Omega nemôže mať inú hodnotu ako 1, bez ohľadu na to, aká bola jej pôvodná hodnota. (Fyzici majú najradšej takú teóriu, ktorá si nevyžaduje dodatočné vyláďovanie pôvodných podmienok vesmíru.)

A napokon: inflácia vyriešila aj problém monopólov. Počas superexpanzie sa monopóly vzdialili od seba do takej miery, že reálna možnosť ich priameho pozorovania sa rovná nule. Tak sa stalo, že jednoduchá zmena pôvodného modelu big bangu vyriešila razom všetky najväčšie problémy. Skeptickí fyzici tomu nemohli uveriť.

Každá nová myšlienka má svojho šampióna. Otcem inflačnej teórie je Alan Guth, fyzik z Massachusetts Institute of Technology. Guth v roku 1981 popísal inflačný model pre kozmológiu na jednom papieri. Guthovi sa podarilo spojiť viaceru myšlienok (smerujúcich k riešeniu problémov štandardného modelu) do kohérentnej formy, ktorú hned aj pokrstil. Stal sa krstným otcom „inflácie“.

Guth je časticový fyzik, nie astronóm. To astronómom prekážalo. Skeptický krútili hlavami, keď si všimli, že Guth „stvoril infláciu“ pomocou nástrojov odvodených z matematickej dielne architektov GUT – Grand Unification Theories (Veľkej zjednocujúcej teórie, pre ktorú sa neskôr ujal názov „Teória všetkého“).

GUT inšpiruje fyzikov už celé desaťročia. Ide o ideálnu, predbežne virtuálnu teóriu, ktorá by mohla popísat štruktúru hmoty a jej možných interakcií čo najjednoduchšie a najelegantnejšie: pomocou jediného, krásneho, geniálne odvodeného vzorca. Ten, komu sa to podarí, bude musieť na papieri zjednotiť štyri základné sily našho vesmíru: gravitáciu, elektromagnetizmus, silnú jadrovú silu a slabú jadrovú silu. Iba prostred-

níctvom týchto sôr môžu častice navzájom interagovať.

**Fyzici sa nazdávajú, že tieto sily sú, každá sama oseba, iba rozdielnymi prejavmi jednoduchej „supersily“.** Predpovedajú, že keby sa vesmír zohrial na úroveň vyšších energií, každá zo štyroch sôr by sa pretavila do supersily, podobne, ako sa kryštály ľadu s rôznorodou štruktúrou po zohriatí roztopia na vodu.

Nuž naozaj: kedysi dávno, na prvopočiatku, bol vesmír presne taký horúci, ako fyzici, prívrženci GUT, potrebujú. Príroda je záračným laboratóriom. Inšpirovala aj Gutha a jeho nasledovníkov. Inflačná kozmológia vychádza z Teórie všetkého, z teórie, ktorá ešte nie je podopretá matematickou konštrukciou, ale vedeči intuitívne tušia, že platí.

Celá vec má iba jediný háčik: nikto nevie, aký to bol zdroj energie, ktorý infláciu generoval.

Guth a ďalší si predstavujú, že na vývoj mladého vesmíru generovalo pole energie, ktoré priprímána prázdnym priestorom. Prázdnym priestorom nabýti energiou. Nazvali ho „falošným vakuum“. Balík takejto energie je vo vesmíre rovnako nestabilný ako pero, ktoré sa pokúšame postaviť na hrot. Skôr alebo neskôr sa rozpadne na *reálne vakuum*, čím sa uvoľní energia.

Infláciu generoval takýto rozpad. V okamihu, keď teplota vesmíru dosiahla istú hodnotu, uvoľnená energia sa prejavila ako antigravitácia. Táto „piata sôra“ sa prejavila v časopriestore tak, že v istom čase nafúkla nepredstaviteľne malý kozmos do podoby pozorovateľného vesmíru.

Guthovi a jeho nasledovníkom sa podarilo zjednotiť mikrosvet s makrosvetom. Inflácia scilila kozmológiu a fyziku do jediného celku. Zdá sa, že tento čin prináša ovoce.

## Stretnutie s multiverzom

Odo dňa, keď Guth publikoval inflačnú teóriu, fyzici vypracovali veľa jej modifikácií. Veci sa majú tak, že inflácia sa dnes považuje skôr za skupinu teórií ako za samostatnú teóriu. Už bezmála tridsať rokov skúmajú fyzici rozličné mechanizmy, ktoré mohli generovať superrýchle rozpínanie sa vesmíru. Iná skupina fyzikov sa zamerala na štúdium iných, hlbších predpokladov inflácie. Z ich dielne vzišlo niekoľko naozaj neortodoxných myšlienok, ktoré kozmológiu v každom ohľade obohatili.

Nastolili však aj ďalšie otázky.

**Prvá:** primordiálne zrniečko protovesmíru premenila hyperexpanzia na dnes pozorovateľný vesmír. Lenže už dávnejšie vieme, že okrem viditeľnej hmoty tvorí naš vesmír aj utajenejšia/tmavú hmotu, ktorej je dokonca oveľa viac ako tej, ktorú dokážeme priamo študovať. Čo s tým?

**Druhá:** čo sa stane, ak inflácia nafúkne nepatrny zámotok časopriestoru rádovo  $10^{50}$ -krát? Zlúčuje sa predstava večného rozpínania sa so zákonom našej fyziky?

Predstava večného rozpínania sa vesmíru vybudila nové odvážne hypotezy a teórie. Zopakujme si ešte raz: falošné vakuum sa premení na reálne vakuum a tento miniatúrny, doslova „vreckový vesmír“ sa začne po krátkom inflačnom výbuchu rozpínať oveľa pomalšie, takpovediac normálnej rýchlosťou, ktorá však kontinuálne narastá. Postupne sa vytvoria prvé hviezdy, planéty, galaxie. Na niektorých planétach vznikne, alebo sa uchytí život... To všetko sa deje, opatnejšie by bolo povedať „môže sa diať“ v nekonečnom, prázdnom časopriestore, v ktorom sa hmýria „bunky falošného vakuu“ meniaci sa na bubliny reálneho vakuu...

Z každej(?) z nich urobí inflácia nový vesmír. Vedci si už vedia predstaviť, že v maternici falošného vakuua vznikajú nové vesmíry podobne ako bublinky vo vriacej vode. Taká je predstava multiverza. Ak ju príjmeme, potom sa musíme zamyslieť aj nad tým, čo si predstaví pod pojmom kozmos.

Inflácia prirodzene, ba nevyhnutne, produkuje multiverzum. Ak už raz pripustíme, že nejaká forma inflácie existuje, potom musíme pripustiť, že existuje aj večná, nepretržitá inflácia.

## Náš priemerný vesmír

Multiverzum, ak existuje, bude pre fyzikov tvrdým orieškom. Multiverzum nie je transparentné. Rozličné vesmíry však nie sú kauzálnie prepojené. Signál z jedného vesmíru nemôže preniknúť do iného. Hocijako dôveryhodnou sa ukáže byť táto teória, vedeči nebudú môcť vesmíry multiverza pozorovať a študovať. Do istej miery ich budeme môcť pochopiť pozorovaním a štúdiom nášho vesmíru.

Aký je? Podaktorí fyzici sa nazdávajú, že fyzikálne zákony, ktoré v našom vesmíre platia, môžu byť produkтом náhody. Podobne ako kryštály ľadu. Ich najrozličnejšie tvary a štruktúry závisia od podmienok, za akých prebiehalo zamŕznanie vody na ľad. Program toho-ktorého vesmíru by mohla, napríklad, spoluvtvárať gravitácia. Vieme, že čudesná vyladenosť nášho vesmíru je, prinajmenšom s prihladnutím na mystérium života, doslova zázračná. Ak by sa hodnoty základných sôr, gravitácie či elektromagnetizmu čo len nepatrne zmenili, evolúcia vesmíru by prebiehala inakšie.

Keby bola gravitácia slabšia, nevytvorili by sa hviezdy (a teda ani planéty), život by sa nemal kde uchytíť.

Keby bol silnejší elektromagnetizmus, nesformovali by sa biomolekuly, nebolo by života. Atakdalej...

Existencia multiverza, teda paralelnej existencie bezpočtu vesmírov, vzrušuje fyzikov a kozmológov aj v podobe hypotézy. Uvažujú: Ak existuje viac vesmírov, potom sa v nich základné sily mohli vyladiť inakšie ako v našom. Znamenalo by to, že existuje množstvo mrívnych vesmírov, v ktorých sa nemôže vyvinúť život, aspoň nie vo forme, v akej ho poznáme. Iní im oponujú: Prečo si opäť namýšľame, že žijeme v špeciálne, kvôli nám vyladenom vesmíre? Nie je pravdepodobnejšie, že aj v ostatných vesmíroch sú základné sily vyladené v prospech vzniku a vývoja života tak ako v tom našom?

Od falošného vakuua po multiverzum: inflácia zmenila názor vedcov na história kozmu, podnietila rozvoj kozmológie. To, čo sa zrodilo ako bizarné riešenie na konci slepej uličky, sa premenilo na pružnú paradigmu, meniaci sa súbor názorov na to, čo je a čo by mohlo byť.

Inflácia, napriek konjunktúre, ostáva zatiaľ iba teóriou, ktorú predbežne nemôžeme overiť. Narába s takými malými vzdialenosťami a s takými vysokými energiami (o čase v ranom štadiu kozmu ani nehovoriač), že v laboratórnych podmienkach ju nedokážeme otestovať. Napriek tomu, že je v dobrej zhode so všetkými kozmologickými pozorovaniami.

Osud inflačnej teórie i osud multiverza ostáva zatiaľ neistý. Kozmológia sa však zásadne zmenila. Inflácia sa stala a v najbližších rokoch bezpochyby ostane klúčovým princípom pre všetkých, ktorých zamestnáva štúdium vesmíru.

ADAM FRANK

# Kvark-gluonové plazma

Co zjistil urychlovač RHIC o nové fázi jaderné hmoty

Dokončenie z minulého čísla

## Urychlovač RHIC

Pripomeňme si napřed několik základních faktů o zařízení RHIC. Jedná se o soustavu urychlovačů, která umožňuje urychlit těžká jádra tak, že jejich kinetická energie více než stokrát větší než jejich kličková energie. Na každý nukleon takto urychleného jádra připadá kinetická energie 100 GeV. Na takovou energii dokázal urychlit jádra už urychlovač SPS v laboratoři CERN. Urychlovač RHIC však umožňuje rozdělit svazek urychlených jader a nasměrovat je proti sobě ve dvou souběžně ležících trubicích. Část jader jde do levé trubice a jsou urychlovány po směru hodinových ručiček a část do pravé, kde se urychlují proti směru hodinových ručiček. V šesti místech se trubice kříží a v těchto místech dochází ke srážkám urychlovaných jader. Ve čtyřech z těchto míst jsou kolem místa srážky postaveny již zmíněné soustavy detektorů s názvem PHOENIX, BRAHMS, PHOBOS a STAR.

Při srážce proti sobě letících jader se stejnou energií se může využít veškerá přítomná kinetická energie na ohřev, stlačení jaderné hmoty či na produku čistic. U urychlovače RHIC je možno z každé dvojice nukleonů získat energii cca 200 GeV. V případě srážky urychleného jádra s jádrem v klidu se musí díky zákonům zachování energie a hybnosti zachovat kinetická energie spojená s pohybem těžiště a na jiné druhy energií se může přeměnit jen menší část kinetické energie urychleného jádra. Takže, i když urychlovač SPS dodal každému nukleonu energii 160 GeV, mohla být pro ohřev a stlačení jaderné hmoty využita pouze energie 17 GeV z každé dvojice srážejících se nukleonů. Dostupná hustota energie na urychlovači RHIC byla tedy více než o růd větší než hustota energie dosažitelná kdykoliv předtím v laboratorních podmírkách.

Horkou a hustou formu hmoty je třeba nejen vytvořit, ale potřebujeme také zkoumat její vlastnosti. To je velmi ztíženo tím, že průběh srážky jader, a tedy i čas, ve kterém existuje hledaná nová forma hmoty, je velmi krátký. Od okamžiku, kdy se jádra poprvé dotknou, přes

vytvoření oblasti velmi horké a husté hmoty, která se prudce rozpíná a chladne, až po okamžík, kdy se částice, které rozpínající se hmotu tvoří, vzdálí natolik, že spolu přestanou interagovat, uplyne jen řádově  $10^{-22}$  s. Poté trvá částicím letícím z místa srážky řádově ns ( $10^{-9}$  s), než doletí k detektorům, které jsou postaveny okolo. V té době dochází pouze k rozpadům nestabilních častic. Poměr mezi dobou, po kterou existuje horká a hustá hmota, a tou, která uplyne, než částice doletí k detektorům je přibližně 14 řádů. To už je číslo téměř srovnatelné s poměrem mezi současným stářím vesmíru (~14 miliard let) a jeho stářím v době, kdy vznikla atomová jádra (~200 s). V tomto případě poměr přesahuje 15 řádů. Určování vlastností velmi ranného vesmíru z toho, jak vypadá vesmír současný, je tak úloha srovnatelná s určením vlastností horké a husté jaderné hmoty z vlastností častic vyletujících z místa srážky. Experimentální zařízení se proto budují tak, aby dokázala zachytit co nejvíce vyletujících častic a změřila jejich fyzikální parametry co nej-

přesněji. Různé částice vznikají v různých fázích srážky a například jejich energetická spektra nám přinášejí informace o teplotě hmoty, která je vyzářila. Jejich další charakteristiky nás informují o hustotě a složení této hmoty či průběhu jejího rozpínání.

## Co je kvark-gluonové plazma a jak ho potvrdit?

Podívejme se, jaké informace se budeme z fyzikálních veličin změřených pomocí zachycených častic snažit získat, jestliže chceme potvrdit vznik kvark-gluonového plazmatu. Abychom to zjistili, musíme najít odpovědi na dvě zásadní otázky:

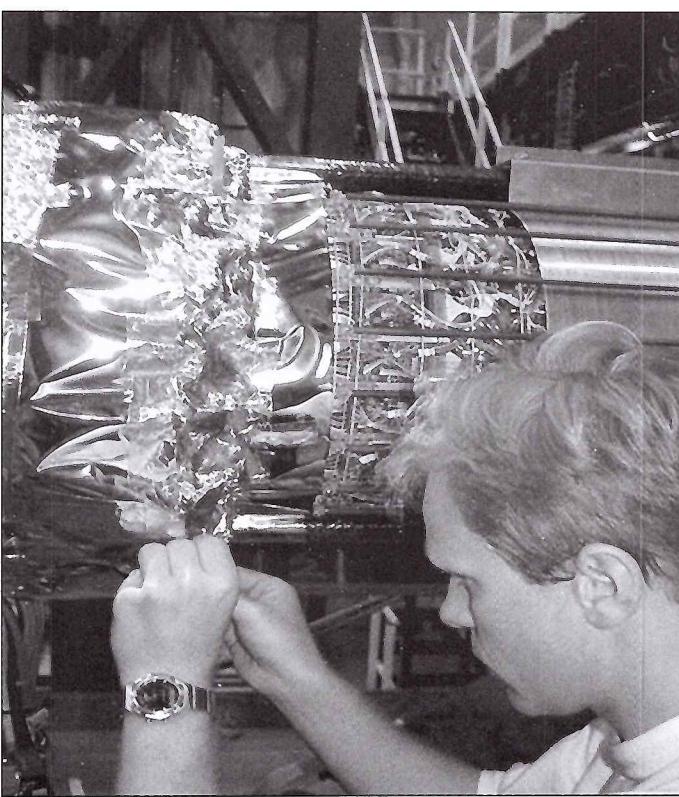
1. Jaké podmínky musí být splněny, abychom mohli vzniklou hmotu nazvat kvark-gluonovým plazmatem.
2. Jaká pozorování lze považovat za důkazy vzniku hmoty definované předchozími podmínkami.

## Vlastnosti definující kvark-gluonové plazma

Podívejme se nejdříve na to, jaké vlastnosti musí mít kvark-gluonové

plazma. Základní a patrně klíčovou podmínkou pro takové označení je to, že se skladá z kvarků a gluonů (souhrně se o nich často hovoří jako o partonech), které nejsou vázány v hadronech. V původních pracích se také předpokládalo, že uvolněné kvarky a gluony vzájemně interagují jen velmi slabě a kvark-gluonové plazma se chová jako plyn.

Za velmi důležitou, i když nenezbytnou, podmíncu se považuje dosažení tzv. **termodynamické rovnováhy**. Jde o stav, ve kterém podle definice neprobíhají v soustavě makroskopické procesy (nepřenáší se energie mezi jednotlivými makroskopickými částmi...) a makroskopické vlastnosti soustavy jsou stálé. Energie je rozložena rovnoměrně v objemu zkoumané hmoty, teplota je stejná, chemické složení se nemění. Jestliže nás systém dosáhne stavu termodynamické rovnováhy, vyvíjí se dále přes rovnovážné stavy a lze v daném čase definovat jeho polohu na fázovém diagramu a stavovou rovnici. Dosažení takového stavu v tak dynamickém procesu, jako je jaderná srážka, nemusí být jednoduché. V každém případě půjde o lokální termodynamickou rovnováhu, která se bude týkat pouze centrální horké a husté zóny. Pro lepší objasnění pojmu termodynamické rovnováhy a případného jejího dosažení v našem případě bych použil následující analogii. Mějme nádrž na vodu, která se přívodem z jedné strany plní horkou vodou a z druhé strany studenou. V okamžiku naplnění se otevře odtok, kterým se nádrž vyprázdní. Jak takový proces probíhá? V průběhu napouštění a i po jeho zastavení dochází k přenosu tepla z teplejší vody na tu chladnější a k vyrovnávání. Pokud probíhá vyplňování nádrže dostatečně pomalu, nastane v určitém okamžiku vyrovnání teploty vody v celé nádrži a dostaváme se do stavu „termodynamické rovnováhy“. I pak může systém dálé ztráct energii (teplota se snižuje) např. předáváním tepla okolí. Pokud je však odtok velmi rychlý, nestihne se teplota vody vyrovnat a termodynamická rovnováha nenastává. Který případ nastane, závisí na rychlosti přenosu tepla ve vodě a rychlosti, s jakou voda odtéká. V případě naší reakce vše závisí na tom, jak efektivně se

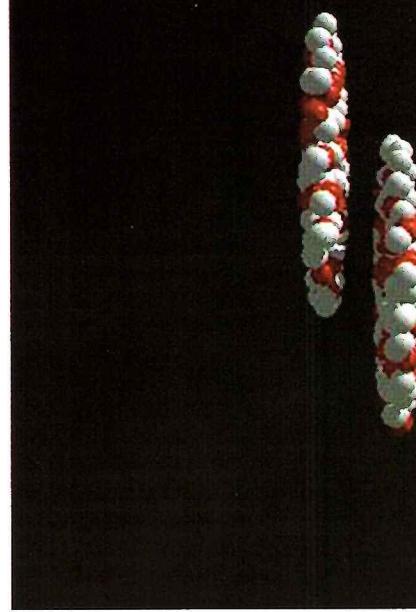


Obr. č. 3: Na experimentech se podílejí i fyzikové z našeho ústavu. Jeden z našich studentů připravuje křemíkové driftové detektory experimentu STAR.

přenáší energie mezi částicemi, které vzniklou horkou a hustou hmotou tvoří. Pokud je přenos dosatečně rychlý, nastane termodynamická rovnováha velice brzy, tedy ještě v okamžiku, kdy je jaderná hmota ve fázi složené z uvolněných kvarků a gluonů. Pokud však je pomalejší, může se jaderná hmota dostat do stavu termodynamické rovnováhy až v hadronové fázi nebo vůbec ne. Je třeba poznámenat, že námi studovaný systém v „ideální“ termodynamické rovnováze přesně podle definice být nemůže, ale hledáme stavy, kdy se k němu „blíží“. I v „termodynamické rovnováze“ dochází k ochlazování a expanzi či jiným kolektivním pohybům v horké a husté oblasti. Ovšem tyto procesy musí být velmi pomalé vzhledem k charakteristickým časům procesů, které v systému interagujícím silnou interakcí vyrovnanáji termodynamické veličiny.

Vlastnosti, kterou by mohlo mít kvark-gluonové plazma obecně, nebo alespoň v jisté oblasti velmi vysokých teplot, by mělo být opětne obnovení tzv. **chirální symetrie**. Abychom si alespoň velmi zjednodušeně vysvětlili pojmem chirální symetrie, musíme si objasnit pojmem chiralita. Chiralita souvisí s rozdílem mezi objektem a jeho obrazem v zrcadle<sup>8</sup>. Pokud se objekt od svého obrazu v zrcadle liší, nazývá se chirálním (v případě, že ne, je achirální). U elementárních častic se v případě zrcadlení mění pouze

orientace jejich projekce spinu do směru jejich hybnosti (rychlosti). Spin je vnitřní moment hybnosti částice a je jednou ze základních fyzikálních veličin kvarků (ale i dalších častic). Pokud si ho představíme jako rotaci částice a osu rotace orientujeme do směru pohybu částice, půjde buď o levotočivou, nebo pravotočivou rotaci. Při zobrazení v zrcadle se levotočivá částice změní na pravotočivou a naopak. Vidíme, že částice s nenulovou projekcí spinu jsou chirální. Existence chirální symetrie pak znamená, že fyzikální zákonitosti se nemění při záměně častic za jejich zrcadlové obrazy. V našem případě tedy po záměně pravotočivých častic za levotočivé a naopak. V kvantové chromodynamice, která popisuje silnou interakci mezi kvarky, je za normálních podmínek chirální symetrie narušená a tato vlastnost má značný důsledek na hmotnosti častic a vlastnosti fyzikálního vakua v těchto časticích<sup>9</sup>. V prostředí s velkou hustotou energie by mělo docházet s nárůstem hustoty energie k postupnému restaurování této symetrie, což by mělo vést například ke snižování hmotnosti mezonů. Souvisí to s poklesem tzv. dynamických hmotností konstituentních kvarků (trojice kvarků v baryonu a dvojice kvarku a antikvarku v meyonu). Při nastolení úplné chirální symetrie by pak měly mít kvarky efektivně nulové klidové hmotnosti.



Obr. č. 5: Srážející se jádra se pohybují téměř rychlosť světla a díky zkrácení ve směru pohybu vlivem Einsteinovy speciální teorie relativity se podobají tenkým lívancům. (Obrázek vytvořený v simulacích relativistických jaderných srážek prováděných skupinou teoretiků ve Frankfurtu – WWW stránky H. Webera.)

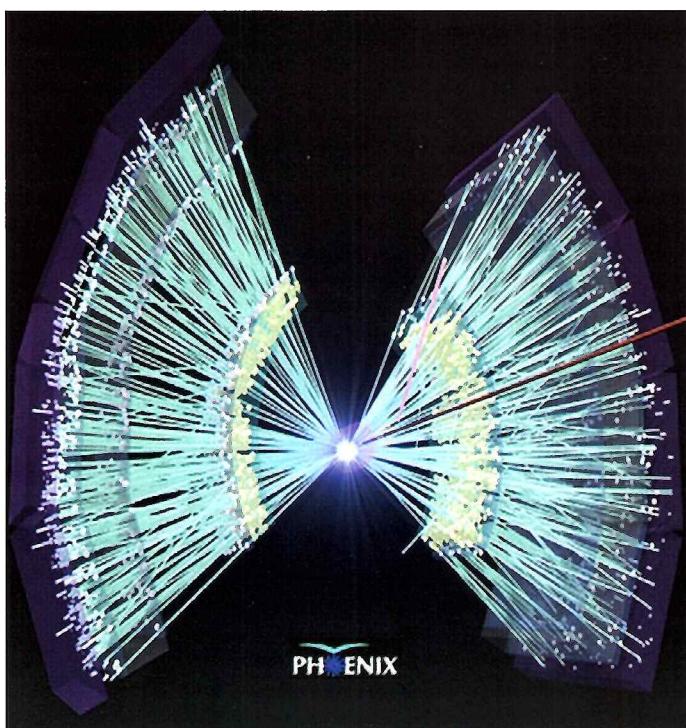
### Experimentální pozorování potvrzující nebo vyvracející existenci kvark-gluonového plazmatu

Nyní se budeme věnovat pozorováním, která by splnění zmíněných podmínek potvrdila. Nejdůležitější pro testování vzniku hledané hmoty složené z uvolněných kvarků a gluonů je nalezení takových projevů, které nemohou být v žádném případě vysvětleny chováním hmoty složené z hadronů.

### Dosahuje se uvolnění kvarků a gluonů?

Nejdříve je třeba prokázat, že se daří při srážkách dosáhnout hodnot hustoty energie a teploty, které překračují hodnoty předpovídány pro vznik nové formy hmoty. K tomu se využívají pozorovatelné veličiny, které nesou informaci o tom, kolik z původní kinetické energie jader se během srážky transformovalo na jiné formy energie.

První možností je studium pohybu častic vyletujících z místa srážky. Podíváme se na to, jaká je celková míra pohybu ve směru původního letu jader. Odečtením od celkové míry původního pohybu můžeme určit, kolik původní kinetické energie se transformovalo. Měření experimentu BRAHMS ukázalo, že se v centrálních srážkách „ztrácí“ až



Obr. č. 4: Zobrazení srážky jader zlata experimentem PHENIX (WWW stránky tohoto experimentu).

řených údajů o počtu a energiích částic je  $5 \text{ GeV/fm}^3$ . To je hodnota převyšující třicetkrát hodnotu hustoty energie v jádře, desetkrát hodnotu hustoty energie v baryonu a pětkrát hodnotu, kterou předpovídá kvantová chromodynamika pro vznik kvark-gluonového plazmatu.

Z poměru produkce různých částic složených ze tří nejlehčích kvarků lze určit teplotu tzv. chemického vymrznutí, kdy došlo k hadronizaci<sup>11</sup> a ustálil se poměr mezi různými částicemi. Tato teplota vyhází  $175 \text{ MeV}$  ( $2,0 \times 10^{12} \text{ K}$ ), což je ve velmi dobré shodě s předpověďmi kvantové chromodynamiky.

Jak už bylo zmíněno, je v současnosti považováno za stěžejní důkaz produkce kvark-gluonového plazmatu potlačení výtrysků vznikajících při hluboce nepružném rozptýlení kvarků. Tyto výtrysky ztrácejí v kvark-gluonovém plazmatu velmi rychle energii. To je podstatný rozdíl oproti normální hadronové hmotě, kde jsou ztráty energie výtrysků mnohem menší. Pokud srážíme jádra zlata, pozorujeme opravdu značný úbytek výtrysků s velmi vysokou hybností. Pokud srážíme deuteron se zlatem, kvark-gluonové plazma nemůže vznikat a žádný úbytek výtrysků také experimentálně nepozorujeme. Podrobnější popis tohoto jevu je v již zmíněném článku v časopisu *Kozmos č. 6, 2003*.

I některé další produkce částic mohou indikovat vznik kvark-gluonového plazmatu. Už na urychlovači SPS byla pozorována zvýšená produkce podivných částic<sup>12</sup> a tuto skutečnost potvrzují i data z urychlovače RHIC. Tento pozorovaný přebytek však nepatří mezi nezvratný důkaz pro existenci kvark-gluonového plazmatu, protože nelze vyloučit, že může nastat i ve velmi horké hadronové hmotě. Na SPS bylo jako jedna z nejpřímějších indicií uvedeno potlačení produkce  $\text{J}/\psi$  mezonů. Produkce tohoto mezonu se studovala z jeho rozpadu na leptony  $\mu^+$  a  $\mu^-$ . Analýza takových dat je dost náročná a u experimentů na urychlovači RHIC se na ní stále intenzivně pracuje. Byly navrženy teorie, které by dokázaly popsat potlačení za jistých podmínek i v hadronovém plynu. Velmi přesná měření by však mohla rozhodnout, zda je ve skutečnosti zodpovědné za absorpcí  $\text{J}/\psi$  mezonů kvark-gluonové plazma nebo hadronový plyn.

## Nastává termodynamická rovnováha?

Nejdůležitějším indikátorem nastolení termodynamické rovnováhy

sou kolektivní toky částic. Jedná se o uspořádaný pohyb částic, který se odlišuje od chaotického stavu hluboce nerovnovážného systému. Systém v termodynamické rovnováze lze popsat hydrodynamickými modely. Problémem je, že získaná pozorování nenesou informaci přímo, ale musí se nejprve pomocí hydrodynamických modelů interpretovat. Ty modelují dynamické jevy v Jaderné hmotě: proudění Jaderné hmoty dané kolektivním pohybem partonů nebo hadronů, které vzniká díky asymetrickým tlakům v průběhu srážky, a následné expanze horké a husté hmoty. Získané závěry o dosažených termodynamických veličinách silně závisí na správnosti těchto modelů. Z pozorování všech experimentů na urychlovači RHIC plyne, že velmi silný je tzv. „eliptický tok“<sup>13</sup>. Lze to vysvětlit pomocí hydrodynamických modelů při velmi rychlém nastolení termodynamické rovnováhy ještě ve stavu kvark-gluonového plazmatu a takový závěr je poměrně málo závislý na použitému modelu. Přibližná doba nastolení termodynamické rovnováhy vychází  $0,3 \times 10^{-24} \text{ s}$ .

Dalšími dvěma důležitými směry studia, které mohou určit průběh rozpínání a existenci termodynamické rovnováhy, je studium energetických spekter různých částic a interferometrie. Spektra částic závisí na teplotě a rychlosti rozpínání zdroje, který je vyzáraje v době, kdy přestaly interagovat s další hmotou (době jejich „vymrznutí“). Je to analogické tomu, jak se pomocí spektra viditelného záření dá určit teplota hvězd či v případě pulzující hvězdy i její rychlosť expanze. U různých částic se tyto doby liší a můžeme „skenuovat“ průběh rozpínání horké a husté oblasti. Teploty při vymrznutí se pohybují pro různé částice v oblasti  $120 - 140 \text{ MeV}$  ( $1,4 - 1,6 \times 10^{12} \text{ K}$ ) a rychlosť rozpínání 70 – 75 % rychlosť světla. Studovat průběh rozpínání nám umožňuje také interferometrie pomocí páru identických částic. Využitím různých částic můžeme pomocí této metody určit rozdíl v různých fázích rozpínání. A právě vysvětlení interferometrických dat je v současnosti jedním z největších problémů. Nedokáže to úplně žádný z používaných hydrodynamických modelů. Je vidět, že v těchto modelech jsou problémy, kterým nerozmíříme, což může zpochybňovat i další závěry, které pomocí těchto modelů děláme.

## Fázový přechod mezi kvark-gluonovým plazmatem a hadronovým plynum

Důležité je zjistit, jakým způsobem probíhá fázový přechod. Tedy hlavně jestli se jedná o přechod prvního, nebo druhého druhu. Podívejme se, jak vypadá fázový přechod prvního druhu, který dobře známe například u vody. Pokud budeme ohřívat led, bude jeho teplota růst až do okamžiku, kdy dojde hodnota kritické teploty (v případě vody  $0^\circ\text{C}$ ). Potom se i při dodávání tepla teplota nemění a teplo se spotřebuje na přeměnu ledu ve vodu. Dostáváme směs vody a ledu, a voda je postupně stále více. V okamžiku, kdy se veškerý led přemění na vodu, začne teplota opět růst. Pokud by takovým přechodem byl přechod kvark-gluonového plazmatu v hadronový plyn, pozorovali bychom i při tomto fázovém přechodu společnou existenci obou různých fází. Můžou také vznikat přehrátky nebo podchlazené stavy přítomných fází. To se projeví jednak ve změnách průběhu rozpínání v okamžiku fázového přechodu ale hlavně v nárustu fluktuací jednotlivých fyzikálních parametrů mezi jednotlivými srážkami. V případě fázového přechodu druhého druhu se při něm nárust teploty při dodávce tepla nezastaví, jen se změní jeho rychlosť. V takovém případě nedochází k současné existenci dvou fází a přechod je okamžitý.

To vede i k tomu, že rozdíly hodnot různých veličin mezi jednotlivými srážkami jsou daleko menší. V experimentech na urychlovači RHIC se z tohoto důvodu například studovaly fluktuace v počtu produkovávaných nabitych částic mezi jednotlivými srážkami. Ukázalo se, že tyto fluktuace jsou relativně malé a odpovídají spíše fázovému přechodu druhého druhu. Takový závěr potvrzuje i pozorování průběhu expanze horké a husté oblasti.

## Plyn nebo kapalina?

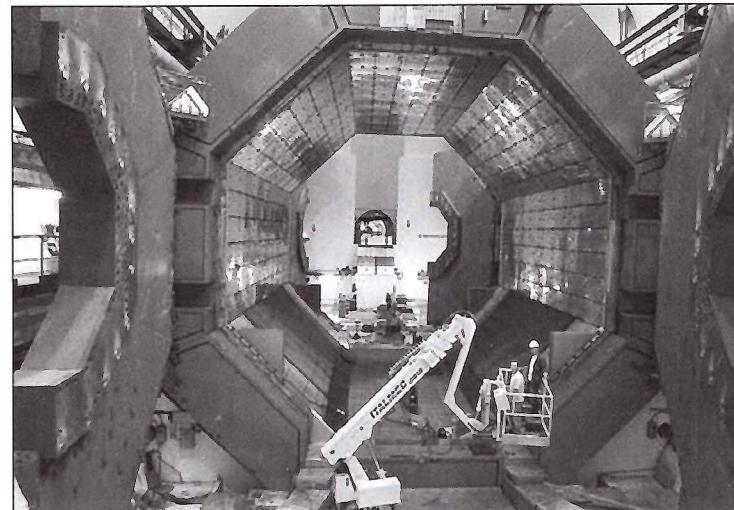
V počátečním období studia kvark-gluonového plazmatu se předpokládalo, že po překonání kritické teploty (při které nastává fázový přechod) dostaneme systém, jen velmi slabě interagujících volných kvarků a gluonů. Zároveň dojde k úplnému nastolení chirální symetrie. Taková hmota se začíná některými fyziky označovat jako slabě interagující kvark-gluonové plazma. Tyto předpovědi nám předkládaly starší výpočty pomocí kvantové

chromodynamiky. Právě experimenty na urychlovači RHIC přispěly k značné korekci těchto předpokladů. Ukázalo se, že i nad kritickou teplotou je pohyb kvarků korelován (jejich interakce není tak slabá, jak se předpokládalo) a ne-nastane ani úplné nastolení chirální symetrie. Jestliže se původně předpokládalo, že se kvark-gluonové plazma chová jako ideální plyn, tak experimenty ukazují, že tomu tak není, a pozorované vlastnosti se mnohem více blíží chování ideální kapaliny. Proto o kvark-gluonovém plazmatu v blízkosti kritické teploty začná řada teoretiků hovořit jako o silně interagujícím kvark-gluonovém plazmatu. Kvark-gluonové plazma je kapalinou s velmi nízkou viskozitou a supratekutými vlastnostmi.

Experimenty dosahující v současné době pouze hodnot teploty jen nepříliš vyšších než je teplota kritická, ukazují, že v této oblasti se chová jako silně interagující kvark-gluonové plazma (kapalina). Stále se však předpokládá, že při mnohem vyšších teplotách, které byly ještě v rannějších stádiích vývoje vesmíru, než se předpovídalo, by očekávané zeslabení interakce mezi kvarky a také úplné nastolení chirální symetrie mělo nastat a při těchto teplotách by mělo existovat slabě interagující kvark-gluonové plazma (plyn).

## Barevný skleněný kondenzát

Velmi zajímavým zjištěním je také to, že by se hmota v počátku srážky měla vyskytovat ve stavu, kterému vědci dali název „barevný skleněný kondenzát“ (Color Glass Condensate). Důvodem jeho vytvoření je extrémně rychlý pohyb srážejících se jader. Jejich rychlosť je téměř rychlosť světla, a tak dochází díky Einsteinově speciální teorii relativity z pohledu každého z jader k extrémnímu zkrácení rozměru toho druhého jádra ve směru pohybu. Z pohledu pozorovatele v laboratoři pak vidíme zkrácení rozměru ve směru pohybu pro obě jádra a srážku tak připomíná srážku dvou velmi tenkých lívců. V těchto lívcích je díky kontrakci délky velmi vysoká hustota virtuálních gluonů vyskytujících se ve vakuu uvnitř částic<sup>14</sup>. Gluony samotné jsou nositelem náboje silné interakce, který byl nazván barvou. Jsou určujícími komponentami popisovaného stavu hmoty a odtud plyně první slovo v názvu – barevný. Sklo se vy-



Obr. č. 6: Obrázky z budování urychlovače LHC a experimentu ALICE v laboratoři CERN. Na přípravě experimentu ALICE se podílejí i fyzikové z našeho ústavu. (Obrázky CERN)

značuje pevným chováním v krátkém časovém okamžiku a kapalným v dlouhodobém. Analogické chování má nová forma jaderné hmoty – proto je v názvu skleněný. Termín kondenzát se pak používá pro extrémně husté stavy hmoty, kdy začíná být pro jeho chování důležitý spin častic, které je tvoří. Teorie předpovídající existenci barevného skleněného kondenzátu se objevily již dříve a experimenty na urychlovači RHIC by mohly být těmi, které jeho existenci potvrdí. Přítomnost barevného skleněného kondenzátu by mohla být spolučinitelem vysoké přeměny kinetické energie z urychlení jádra na jiné formy energie. Hlavně by však mohl vysvětlit náruští výtrysků s velkou příčnou hybností, který se pozoruje ve srážkách deuteronu se zlatem. Ve srážkách zlata se zlatem je tento náruští překryt již zmiňovaným úbytkem výtrysku díky jejich pohlcení kvark-gluonovým plazmatem. Je však třeba zdůraznit, že zatímco existenci kvark-gluonového plazmatu lze už skoro považovat za experimentálně prokázanou, náznaky existence barevného skleněného kondenzátu se zatím opírají pouze o nepřímé důkazy, o kterých se vedou mezi fyzičky ostré spory.

## Závěry

Na závěr bych se pokusil o shrnutí dosažených výsledků a výhledy v této oblasti do budoucna. Experimenty na urychlovači RHIC prokázaly, že v případě srážek na tomto urychlovači se produkuje dostatečná hustota energie (více než  $5 \text{ GeV/fm}^3$ ) a dostatečná teplota (větší než  $175 \text{ MeV} = 2,0 \times 10^{12} \text{ K}$ ) k tomu, aby se mohla produkovat nová forma hmoty složené z uvol-

něných kvarků a gluonů. Velmi silným důkazem pro to, že taková hmota vzniká, je potlačení produkce výtrysků s velkou příčnou hybností (tedy i energií). Vzhledem k tomu, že tato vlastnost je tou kritickou v definici kvark-gluonového plazmatu, zdálo by se oprávněné pro nový stav hmoty tento název používat. Řada pozorování spojených s existencí kolektivního pohybu a průběhu rozpínání může být interpretována pomocí hydrodynamických modelů, předpokládajících velmi rychlé nastolení termodynamické rovnováhy ještě na úrovni hmoty složené z uvolněných kvarků a gluonů. To, že je tento závěr založen na modelové interpretaci, které se stále nedáří řešit všechny rozpory, je nejspíše pří značné složitosti řešeného problému přirozené.

UKázalo se, že skutečné vlastnosti kvark-gluonového plazmatu jsou velmi odlišné od původně předpokládaných. Původně se myšlelo, že u kvark-gluonového plazmatu dojde k vymízení interakce mezi kvarky a jasným projevům nastolení chirální symetrie. Předpokládalo se, že stav bude trvat velmi dlouho. Navíc se myšlelo, že bude jasné pozorovatelný výrazný fázový přechod mezi kvark-gluonovým plazmatem a hadronovým plymem. Jeho chování bude blízké ideálnímu plynu. Nic takového se nepotvrdilo. Alespoň při těch teplotách, které získáváme, je pozorována velmi silná interakce mezi kvarky, rychlé nastolení termodynamické rovnováhy a silný korelovaný pohyb častic. Vše to spíše odpovídá ideální supratekuté kapalině s velmi malou viskozitou. Navíc je fázový přechod velmi nevýrazný nejspíše druhého druhu. Hlavně z důvodu této velmi silné odlišnosti od původních defi-

nic, navrhují část fyziků ještě opatrnost při hledání názvu této formy hmoty.

Zdá se také, že řadu pozorovaných jevů lze vysvětlit jedině tak, že se hmota velmi rychle se pohybujících jader vyskytuje v počátku reakce v dalším extrémním stavu, kterému se říká barevný skleněný kondenzát. Ovšem existence tohoto stavu hmoty je zatím stále otazníkem.

Zpracována je jen menší část dosud získaných dat z experimentů na urychlovači RHIC. Další analýza i nové experimenty by měly přinést odpovědi na dosud nezodpovězené otázky a podrobně zkoumat vlastnosti nového stavu jaderné hmoty. Musí se prozkoumat stavová rovnice nového stavu hmoty a určit charakter fázového přechodu, aby se mu již s konečnou platností mohl přisoudit název kvark-gluonové plazma, nebo ho nazvat jinak a tento název schovat pro hmotu při ještě vyšší teplotě. To, co se nepodaří těmto experimentům, by mohl prostudovat experiment ALICE, který se staví v laboratoři CERN na budovaném urychlovači LHC. Urychlovač bude stejně jako urychlovač RHIC využívat vstřícné svazky. Jejich energie bude pro jádra olova  $2700 \text{ GeV/A}$ . Dostupná energie na dvojici nukleonů bude více než  $5 \text{ TeV}$ , což je 25 krát více než u urychlovače RHIC. V každém případě se dá očekávat, že se otevře prostor pro řadu nových, zajímavých i velmi nečekaných předpovědí a teorií, které však musí být podrobeny velmi kritickému zkoumání ve světle experimentálních dat, které v blízké době získáme.

Přesně v duchu úvodního citátu Timothy Ferrise. Úplně na závěr bych chtěl zdůraznit, že na zmiňovaném

experimentech pracují jak čeští, tak i slovenští fyzikové a je plně otevřen prostor pro studenty, kteří by se chtěli do této velmi zajímavých bádání zapojit.

**VLADIMÍR WAGNER**  
ÚJF AVČR Řež

[www: http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/](http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/)

- 8 Klasickým příkladem je zrcadlový obraz levé ruky, který je jiný – v zjednodušeném přiblžení je jej možno považovat za stejný jako pravá ruka.
- 9 To, že je hadron tvoren nejen dvojicí nebo trojicí „reálných“ kvarků, ale i velice komplikovaným vakuem, které je popsatelné virtuálními gluony a páry kvarků a antikvarků, je podrobněji rozebráno v článku věnovaném vakuu (*Kozmos č. 1, 2005*).
- 10 Jádro zlata má 197 nukleonů. Při srážce dvou jader máme 197 dvojic nuklonů a na každou z nich na urychlovači RHIC připadalo 200 GeV kinetické energie. Dostaneme tedy celkovou kinetickou energii  $197 \times 200 \text{ GeV} = 39400 \text{ GeV} \approx 40 \text{ TeV}$ .
- 11 Hadronizace je proces, kdy jsou původně volné kvarky uvězněny do hadronů, kvark-gluonové plazma prechází v hadronový plyn.
- 12 Podivné částice – částice, které obsahují kvark **s**, a nejen kvarky **u, d**, které tvoří běžnou hmotu.
- 13 Pri srážce, která není centrální („celinná“), se vytváří horká zóna ve tvaru elipsoidu s hlavní osou kolmou na rovinu srážky (definovaná směrem pohybu jader a jejich spojnicí). Pri rychlém nastolení termodynamické rovnováhy se tvar zóny promítá v konečném důsledku do asymetrie v produkci hadronů.
- 14 Podrobněji se o strukturu protonu z hlediska vlastnosti vakuua v silném poli silné interakce, virtuálních gluonech a párech kvarku a antikvarku lze dozvědět v článku v časopisu *Kozmos č. 1, 2005*.

# Intenzívna erupcia posúva vpred naše znalosti o Slnku

## Zo správy NASA:

Velkú slnečnú erupciu 20. januára 2005 sprevádzalo najsilnejšie vzplanutie slnečnej radiácie za posledných 50 rokov. Pozorovanie otriaslo teóriami o kozmickom počasí a podľa viačervých diskusných príspevkov na zasadanej AGU (American Geophysical Union), ktoré sa konalo v máji 2005 v New Orleans, zdôraznilo potrebu inovať techniku prognózy takýchto javov.

Kozmické žiarenie pochádzajúce zo slnečnej erupcie, ktorá bola pozorovaná 20. 1. o 07:00 UT, dosiahlo monitory na celej planéte a rušilo detektory na kozmických objektoch. Sprška energetických protónov dosiahla Zem niekoľko minút po vzniku erupcie. Táto erupcia je neobyčajným príkladom radiačnej búrky, ktorá je príliš rýchla na to, aby bolo možné varovať astronautov na obežnej dráhe.

„Táto erupcia spôsobila najväčší radiačný signál pozorovaný na zemskom povrchu za posledných 50 rokov,“ vyhlásil Dr. Richard Mewaldt z Kalifornského technologického inštitútu v Pasadene. Je spoluorganizátorom družice ACE (Advanced Composition Explorer) v NASA. „Boli sme skutočne prekvapení, keď sme videli, ako rýchlo časticu dosiahli Zem a krivka priebehu ich počtu vrchol. Normálne to na Zemi trvá dve aj viac hodín, pokiaľ krivka priebehu počtu nebezpečných protónov po slnečnej erupcii dosiahne vrchol. Pri erupcii z 20. januára to trvalo 15 minút.

„Táto skutočnosť je podstatná, pretože je to príliš rýchlo na to, aby bolo možné niečo podniknúť s astronautmi, ktorí sa nachádzajú mimo ochranného štúu zemskej magnetosféry,“ povedal Mewaldt. „Okrem monitorovania Slnka sa potrebujeme naučiť predpovedať aj výskyt erupcií ešte predtým, ako pošleme ľudí dobyvať Slnečnú sústavu.“

Pozorovaný prípad otriasol aj teóriou prenosu následkov protónovej erupcie na Zem. „Približne od roku 1990 sme boli presvedčení, že odozvy protónových erupcií vznikajú pri šírení nárazovej vlny pred koronálnym tranzientom, ktorý prechádza cez medziplanetárny priestor,“ povedal prof. Robert Lin z Kalifornskej univerzity v Berkeley. Je vedúcim vedeckým pracovníkom v projekte RHESSI (Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager). „Avšak v tomto prípade protóny prišli priamo zo Slnka, čo je veľmi neobyčajné.“

Pôvod protónov vyplýva z ich energetického spektra meraného na družici ACE a iných kozmických laboratóriach, ktoré merajú energetické spektrum gama zábleskov pri erupciách, podobne ako RHESSI. „Je to pre nás prekvapujúce, lebo sme boli presvedčení, že protóny, ktoré spôsobujú gama záblesky v erupciách, sú lokálne záležitosťou erupcie a protóny pozorované pri Zemi pochádzajú z nárazovej vlny v medziplanetárnom priestore,“ tvrdí Lin. „Avšak podobnosť energetických spektier ukazuje, že sú to tie isté.“

Slnečné erupcie a s nimi spojené výrony ko-

me však určiť moment vzniku tejto najsilnejšej erupcie. „Znamená to, že v skutočnosti nerozumieme tomu, ako Slnko pracuje,“ hovorí Lin. „A preto potrebujeme pokračovať v štúdiu a využívať na tento účel celú flotilu kozmických slnečných observatórií.“

Potial správa NASA.

Vráťme sa však na Zem. Akým spôsobom sa vlastne pozoruje opísaný príchod relativistickej častic na Zem? Ukázal nám to priebeh neutrónovej zložky sekundárneho kozmického žiarenia (obr. 2). Vidíme na ňom neobyčajne veľký vzrast úrovne.



Obr. 1.: Umelcová predstava vzniku záblesku na povrchu Slnka.

ronálnej hmoty (CME – Coronal Mass Ejection), čo sú obrovské oblaky plazmy v medziplanetárnom priestore, predstavujú najväčšie explózie v Slnečnej sústave. Sú spojené s nahromadením a náhlym uvoľnením magnetického tlaku v slnečnej atmosfére, nad pôlami gigantického magnetu, ktoré vidíme ako škvry. Kozmické observatóriá TRACE a SOHO sú určené na pozorovanie Slnka, z ktorého by mohlo vyplynúť poznanie príčin vzniku erupcií a CME, a teda aj možnosť ich predpovede.

„Nevieme, ako predpovedať toky energie vo vnútri týchto veľkých erupcií a toku energie cez povrch erupčnej oblasti,“ hovorí Dr. Richard Nightingale zo Slnečného a astrofyzikálneho laboratória Lockheed Martin v Palo Alto, Kalifornia. „Také prístroje, aké sú na družici TRACE, umožňujú nájsť nové vysvetlenia pozorovaných javov.“

Prístroje družice TRACE identifikovali možný zdroj magnetického tlaku, ktorý spôsobuje slnečné erupcie. Škvry, pri ktorých sa vyskytujú veľmi silné erupcie (X triedy), rotujú v dňoch vzniku erupcie. „Pri rotácii sa napínajú a deformujú siločiarne magnetického pola škvry,“ hovorí Nightingale. „Pozorovali sme to pri väčšine X-erupcií, ktoré vznikli od štartu družice TRACE.“

To však nie je všetko. Unikátna erupcia sa vyskytuje ako posledná v reťazci piatich veľmi silných erupcií v tej istej skupine škvŕn. Nevie-

Dlhý názov pre meraný jav niekedy skracujeme na **kozmické žiarenie**. Okolo tohto pojmu vzniká mnoho nejasností. Najnovšie to bolo vidieť v článku „Objavili prvý zdroj kozmického žiarenia“ (KOZMOS 3/2005). Tam, okrem iných „prešľapov“ bolo kozmické žiarenie takmer stotožnené s gama žiareniom. Takisto je nesprávne stotožňovať kozmické žiarenie s celkovým žiareniom, ktoré prichádza z vesmíru.

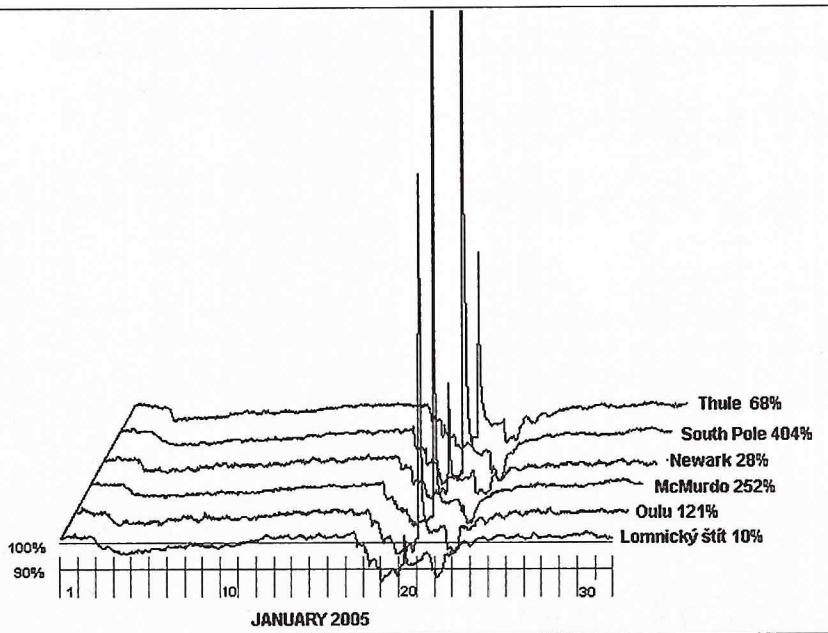
V zásade rozoznávame dva druhy žiarenia: **fotónové a časticové**. Fotóny považujeme za nositeľov svetla. Pohybujú sa teda jeho rýchlosťou a v pokoji majú nulovú hmotnosť. Ich energia závisí od frekvencie  $f$  podľa vzťahu:  $E = h f$ . Gama žiarenie je fotónové žiarenie s vlnovou dĺžkou menšou ako 1 pm ( $10^{-12}$  m). Vzniká pri jadrových reakciach, a nie pri energetických premenách elektrónového obalu.

Časticie sa môžu pohybovať ľubovoľnou rýchlosťou, ale menšou, ako je rýchlosť svetla. Hmotnosť častic závisí od hmotnosti v pokoji a od rýchlosťi. Ich energia má dve zložky, pokojnú a kinetickú:

$$E = E_0 + E_k, \text{ kde } E_0 = m_0 c^2$$

$$\text{a } E_k = E_0 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right), \text{ kde } \beta = (v/c)^2.$$

Ak odhadneme, že golfová loptička (pozri spomínaný článok v č. 3) má hmotnosť 50 g a rýchlosť 30 m/s, potom má kinetickú energiu 22,5 J, čo je  $1,4 \cdot 10^{20}$  eV. Protón s takouto



Obr. 2.: Záznam niekoľkých neutrónových monitorov z januára 2005 (hodinové priemery). Záblesk z 20. januára vidíme na všetkých krivkách. Údaj v percentoch pri každej stanici udáva hodnotu prevýšenia nad pôvodnou úrovňou.

energiou by musel mať prakticky rýchlosť svetla. Odlišuje sa od nej iba hodnotou okolo 1,5 mm/s.

Spomínane kozmické žiarenie je tradičný názov pre časticové žiarenie, ktoré na zemský povrch prichádza z kozmu. Sú to najmä neutróny a mezóny. Pri skúmaní pôvodu sa ukázalo, že ide o produkty jadrových reakcií častic **primárneho kozmického žiarenia** s jadrami atmosférických molekúl (atómov). Preto ho pri podrobnejšom určení nazývame **sekundárnym**. Jeho úroveň charakterizuje počet neutrónov, ktoré meriame neutrónovými monitormi, a keď hovoríme o kozmickom žiareni bez bližšieho určenia, myslíme práve toto žiarenie. U nás ho meria Ústav experimentálnej fyziky SAV na Lomnickom štítu a jeho priebeh uverejňuje aj nás časopis v stĺpku „Slnčná aktívita“.

Častice primárneho kozmického žiarenia sú väčšinou protóny vysokých energií, vyšších ako  $10^8$  eV. Najvyššia doteraz nameraná energia je  $5 \cdot 10^{20}$  eV. Odkiaľ tieto častice prichádzajú a akým mechanizmom sú urýchľované, nevieme. Neviem teda, prečo sa niekedy uvádzá, že častice s energiami pod  $10^{18}$  eV sú z našej Galaxie a s vyššími energiami sú extragalaktické.

Ak sú variácie úrovne kozmického žiarenia väčšie ako obvykle, hovoríme o Forbushovom efekte. O tomto jave hovoríme vtedy, keď pomerné stabilná úroveň ználeňe náhle poklesne (hodnota poklesu nie je určená, ale pri monitoroch v stredných zemepisných šírkach to je okolo 10 %). Na obr. 2 môžeme vidieť záznam tohto javu 17. a 21. januára. Na vysvetlenie príčiny Forbushovho efektu nemáme jednotné vysvetlenie. V každom prípade je však spúšťacím mechanizmom slnečná erupcia. Podľa mienky jednej časti vedeckej komunity je pokles úrovne zapríčinený magnetickým poľom nárazovej vlny od erupcie, ktorá odkloní častice primárneho kozmického žiarenia. Časť vedcov hovorí o zatienení zemskej atmosféry hmotou vyvrhnutou zo Slnka pri erupcii.

Vráfme sa k nášmu záblesku. Keď sa tvrdí, že častice prišli na Zem po 15 minútach, potom museli mať energiu „iba“ okolo  $10^9$  eV. Slnčnú

erupciu, ktorá bola ich zdrojom, na Slnku identifikovali podľa röntgenového žiarenia (obr. 3). Na obrázku môžeme vidieť, že pozorujeme veľa röntgenových zábleskov pri erupciách, ktoré nemajú odozvu v kozmickom žiareni.

Erupciu môžeme identifikovať aj klasicky, pozorovaním v čiare  $H_{\alpha}$  alebo v rádiovom žiareni, ale nevieme, či sa prejaví aj na úrovni kozmického žiarenia. Pri priemernom scenáriu niekoľko hodín po optickom (röntgenovom, rádiovom) začiatku erupcie prídu na Zem relativistické častice a po jednom až dvoch dňoch sa objaví Forbushov pokles a magnetická búrka.

V našom prípade pozorovaného záblesku ide však o celkom výnimočný úkaz. Pokial viem, bol úkaz podobnej intenzity pozorovaný iba trikrát: 23. 2. 1956, 29. 9. 1989 a 20. 1. 2005 (na druhý prípad v správe NASA asi zabudli). Erupcia prepukla v oblasti NOAA 10720, ktorá sa

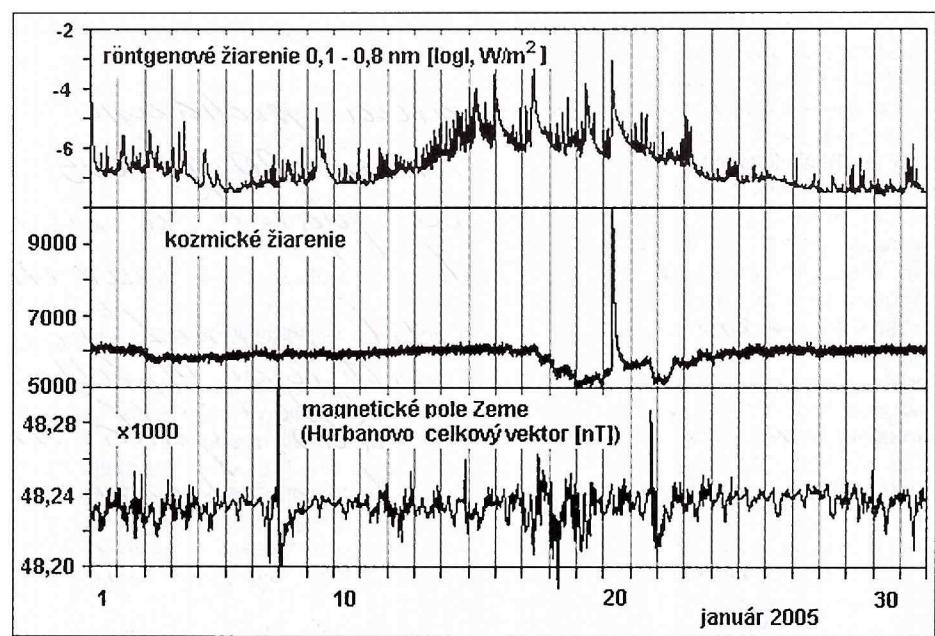
objavila na východnom okraji Slnka 11. januára a veľmi rýchle sa rozrastala. Vyskytlo sa v nej 5 erupcií triedy X a 15 triedy M.

Na obrázku 4 som s väčším časovým rozlíšením zhromaždil dostupné údaje o našom záblesku. Zo stacionárnej družice GOES-10 máme záznam röntgenového žiarenia, údaje o hustote častic s energiou 80 – 165 MeV (rozlíšenie 1 minúta), rádiové žiarenie na 2695 MHz a 8800 MHz je z austrálskej stanice Learmonth (rozlíšenie 1 sekunda), dátá o kozmickom žiareni sú z fínskej stanice Oulu (rozlíšenie 1 minúta) a údaje o variáciach celkového magnetického poľa sú z Geomagnetického observatória Geofyzikálneho ústavu SAV v Hurbanove (rozlíšenie 1 minúta).

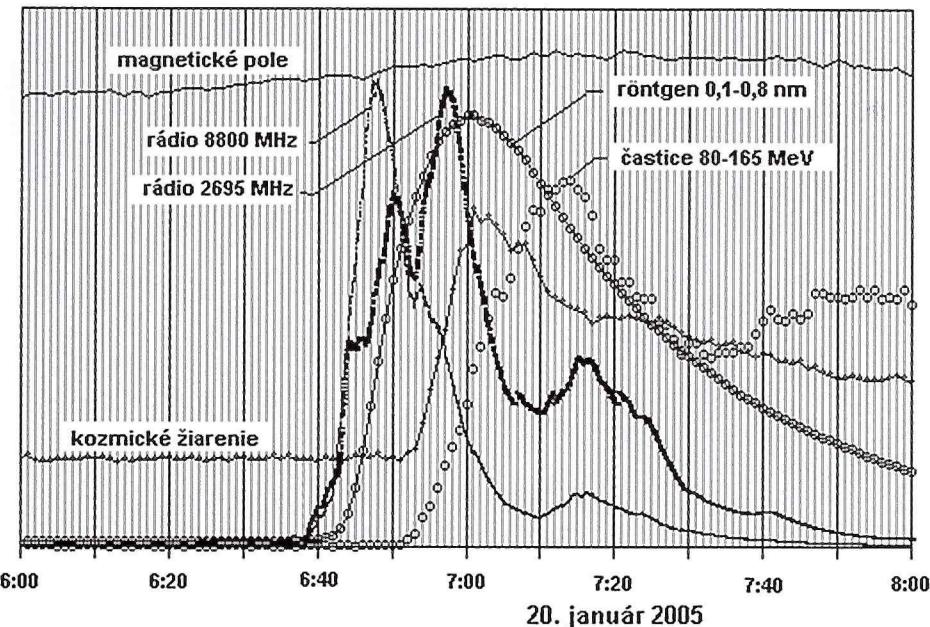
Z obrázku 4 vidíme, že prvý náznak záblesku možno pozorovať v rádiovom žiareni o 6:38 UT, v röntgenovom žiareni je to o 4 minúty neskôr o 6:42 UT. Maxim sú na rôznych frekvenciach v rôznom čase, na frekvencii 8800 MHz o 6:47 UT a na frekvencii 2695 MHz o 6:57 UT. V röntgenovom žiareni pozorujeme maximum o 7:01 UT. Príchod častic na Zem registruje družica GOES 10 o 6:52 UT s maximom o 7:14 UT. Záznam geomagnetizmu neukazuje žiadne zmeny spojené so zábleskom.

Čo z toho vyplýva? Prvý náznak vzrastu pozorujeme v rádiovom žiareni. Žiarenie týchto frekvencií pochádza z chromosféry, z čoho môžeme usudzovať, že jadro erupcie je v základe koróny. Častice aj vzrast v kozmickom žiareni registrujeme o 14 minút neskôr. Za taký čas prekonali častice vzdialenosť od Slnka k Zemi. Ak sú to protóny, potom boli na Slnku pri erupcii urýchlené na energiu okolo 700 MeV. Záblesky v röntgenovej oblasti pravdepodobne pochádzajú z posterupčných slučiek, ktoré zvyčajne vznikajú nad miestom erupcie (s najväčším rozlíšením ich v čiarových emisiach pozoruje družica TRACE).

Stovky a možno tisícky takýchto priebehov erupcií v rôznych druholoch žiarenia zaznamenali od prvého moderného pozorovania erupcie



Obr. 3.: Priebeh úrovne röntgenového žiarenia Slnka, kozmického žiarenia a zemského magnetického poľa v Hurbanove (všetko 5-minútové priemery) za január 2005.



Obr. 4.: Priebehy rôznych žiareni v tesnom okolí záblesku. Škály sú ľubovoľné, ide nám iba o časový priebeh (podrobnosti v texte).

1. septembra 1859. Napriek tomu dodnes nemáme uspokojivé vysvetlenie náhlého uvoľnenia takého množstva energie.

Pri erupcii sa v priebehu 5 – 120 minút uvoľní z oblasti s priemerom okolo 50 000 km energia s veľkosťou  $10^{23}$  –  $10^{25}$  J, čo je približne  $3 \cdot 10^{17}$  –  $3 \cdot 10^{19}$  kWh. Takáto energia sa uvoľní pri výbuchu 30 000 vodíkových bômb s ekvivalentom 1 megatona TNT. Vysvetlenia sú stále v oblasti hypotéz.

Všeobecne sa príjimajú tvrdenia, že ide o *anihiláciu magnetického pola* alebo o *priamu premenu magnetickej energie na tepelnú* alebo o *rekonekcii magnetických siločiar*. Tieto pojmy ani mnohým odborníkom nič nehovoria.

A okrem toho sa ešte žiadnym meraním magnetického poľa pred erupciou a po nej neprekázalo anulovanie poľa, azda iba jeho preformovanie.

Magnetické pole je následok elektrického prúdu. Elektrický prúd vzniká pri oddelení nábojov opačného znamienka. Teda ak má zaniknúť magnetické pole, musia sa vyrovnáť náboje, a to sa deje pri výboji. Pôjde teda o určitú formu výboja. Aký je však mechanizmus rozdelenia nábojov a nakopenia takého množstva energie?

To zatiaľ nevieme, ale zrejme k tomu dochádza v konvektívnej zóne, na styku rôznymi rýchlosťami sa pohybujúcich plazmových zhľukov.

Ďalšie otázky sú spojené s urýchlením častíc. Tvrdí sa, že väčšina energie erupcie sa pre-

transformuje na kinetickú energiu protónov a  $\alpha$ -častíc. Odborníci (napr. E. Parker) predpokladajú, že môže ísť o tzv. Fermiho mechanizmus, kde sa energia nabitych častíc zvyšuje na úkor magnetického poľa.

Tu však vzniká ďalšia otázka.

Zvyčajne pri vnikaní častíc slnečnej plazmy do magnetosféry vzniká v magnetickom poli Zeme tzv. *kruhový prúd*, ktorého prítomnosť identifikujeme pomocou porúch magnetického poľa. Pri našom záblesku ostalo magnetické pole úplne neporušené. Zrejme teda išlo o neutróny. Je to možné, pretože polovica neutrónov sa za  $918\ s$  ( $15,3\ min.$ ) rozpadá na proton a elektrón. Ako sa však urýchľujú neutróny? Tie sú produktom jadrových rozpadov a každý špecifický rozpad má určité energie a s emisiou celkom určitých (čiarových) gama emisií. Ďalšia otázka je, či pri každej erupcii vznikajú energetické neutróny? Totiž, ak majú kinetickú energiu na Slnku 80 MeV, „cestujú“ na Zem 1,6 hod., a ostane z nich iba 1,2 %, 98,8 % sa rozpadne. Sú usmernené do určitých prúdov? Tým by sa totiž dala vysvetliť vzácnosť pozorovania na Zemi.

Na tieto a mnohé ďalšie otázky sa špecialisti snažia nájsť odpovede. Slúžia im na to pozorovania takmer v celej škále elektromagnetickej a časticovej žiarenia. Odpovede na tieto otázky sa netýkajú len Slnka, ale aj takých problémov ako je výbuch nov, pôvod kvazarov a aj spomínany pôvod kozmického žiarenia.

#### Podľa správy NASA a INTERNETU zostavil MILAN RYBANSKÝ

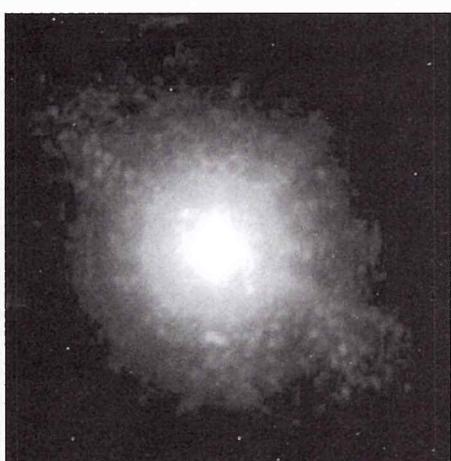
Opisovaný prípad podrobne spracovali aj pracovníci Ústavu experimentálnej fyziky z Košíc pod vedením prof. K. Kudelu a v spolupráci s moskovským Ústavom nukleárnej fyziky aj s použitím údajov o gama žiareni z družice KORONAS-F.

## Planéty môžu prežiť červeného obra

Naše Slnko má 4,5 miliardy rokov. Po uplynutí približne rovnakého času sa premení na červeného obra, čo by podľa teórie malo mať fatálne dôsledky pre planéty Slnečnej sústavy. Potom sa Slnko/červený obor premení na bieleho trpaslíka. Prežijú planéty túto hviezdnu kataklyzmu? Zdá sa, že áno, najmä tie vzdialenejšie: nemeckí astronómovia z Jenskej univerzity objavili prvú exoplanétu, na vývoj ktorej červený obor istý čas vplýval.

Gliese 86 má súpútnika, ktorým je biely trpaslík Gliese 86B. Táto hviezdica je od veľkej sestry vzdialenosť tak ako Urán od Slnka. Gliese 86 však obieha aj obria planéta, ktorá, ako sa zdá, štádium premeny pôvodnej hviezdy Gliese 86B na červeného obra a na bieleho trpaslíka prežila. Je to prvý objav planéty v dosahu bieleho trpaslíka, predtým červeného obra.

Biely trpaslík Gliese 86B je veľmi zaujímavý. Väčšiu hviezdu dvojhviezdneho systému obieha vo vzdialosti 21 AU. Objaviteľov prekvapila teplota objektu: 3700 Kelvinov je pre hnedého trpaslíka príliš vysoká teplota. Musel to byť teda biely trpaslík. Hviezdica má



Gliese 86B.

55 % hmotnosti Slnka, takže je menšia ako Gliese 86, ktorá má 70 % slnečnej hmotnosti.

Biely trpaslík Gliese 86B bol však kedy si ovela väčšou hviezdom. Bol dokonca väčší ako Slnko. V tom čase ho od sesterskej hviezdy de-

lilo iba 15 AU. Až po premene na červeného obra, keď pôvodná hviezda typu G stratila polovicu hmotnosti, vzdialila sa postupne od Gliese 68 o ďalších 10 AU. Metamorfózy trpaslíka Gliese 68B mali veľký vplyv na planétu, obiehajúcu okolo sesterskej hviezdy. Hmotu nestratila, pretože od rozpínajúceho sa červeného obra bola dostatočne ďaleko (navyše získala miliardy ton z vyvrhnutého materiálu). Ibaže červený obor, 100 000-krát svetivejší ako pôvodná hviezda, zohrial povrch planéty na viac ako 1000 Kelvinov.

Stelárni majú v ruke dôkaz, že aj planéty vzdialenejšie od materskej hviezdy viac ako Jupiter od Slnka, môžu prežiť obdobie, keď sa hviezda typu G premení na červeného obra. Mimochodom: planéty sa v systéme tesných dvojhviezd vyskytujú iba zriedkavo. Gliese 68 je najbližší dvojhviezdnemu systému, ktorý má aj planétu. Systém Gliese 68 je od našej Slnečnej sústavy vzdialený iba 35 svetelných rokov. Po tomto objave sa táto dvojhviezda stane pre planetológov jedným z najčastejšie pozorovaných objektov na oblohe. Predovšetkým pre tých, ktorí študujú vplyv viachviezdných systémov na tvorbu planét.

Podla [www.universetoday.com](http://www.universetoday.com)

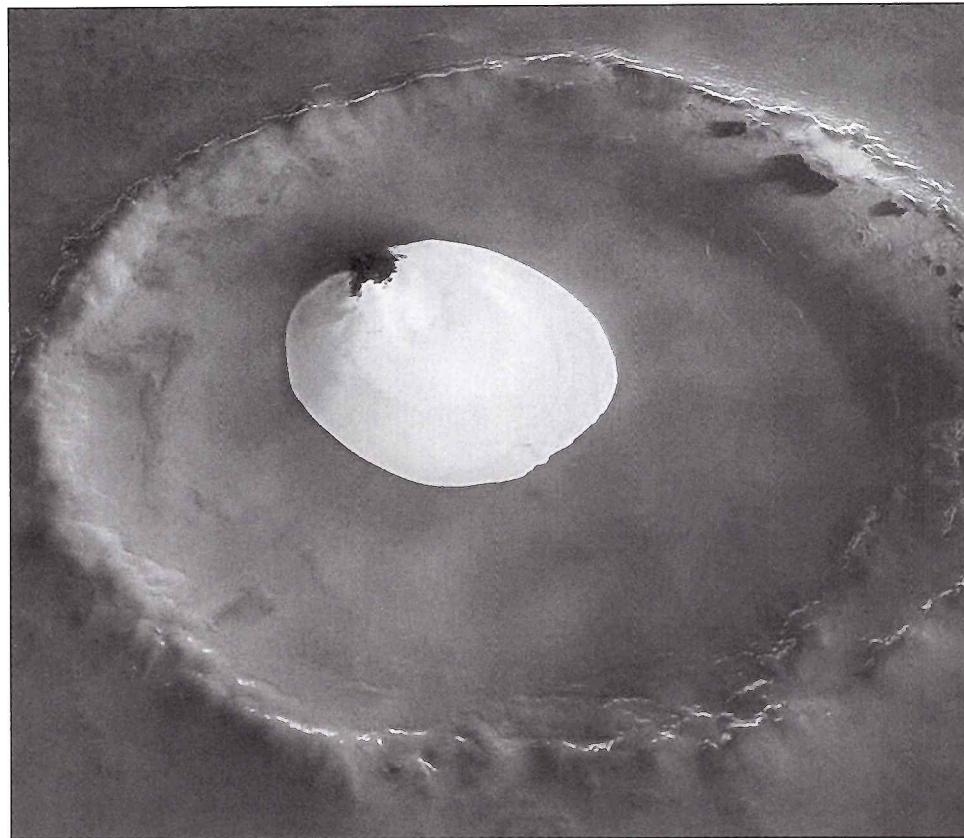
## Vodný ľad v martanskom kráteri

Túto snímku exponovala sterokamera s vysokým rozlíšením (HRSC) na palube európskej sondy Mars Express. Uprostred nepomenovaného krátera nedaleko severného pólu Červenej planéty sa vypína pahorok z vodného ľadu. Sonda získala snímku počas 1343. obletu, rozlíšenie je 15 metrov na pixel. Kráter sa nachádza v oblasti Vastitas Borealis, rozsiahlej planine, ktorá sa rozprestiera pod pôlom a pokrýva väčšinu severných polárnych šírok.

Kráter má priemer 35 kilometrov a maximálnu hĺbku 2 kilometre pod vyvýšeným okrajom. Biely okrúhly pahorok je pokrytý vodným ľadom a v priebehu roka sa jeho tvar nemení. Teplota a tlak sú príliš nízke na to, aby umožnili sublimáciu vodného ľadu.

Vedci zdôrazňujú, že biely pahorok nemôže tvoriť zamrznutý dvojoxid uhlíka, pretože ľad  $\text{CO}_2$  sa počas letného obdobia na severnej pologuli Marsu vyparí. Biely pahorok sa vypína 200 metrov nad dnom krátera, pričom väčšinu jeho masívu vytvára piesočná duna. Čipky z vodného ľadu sa dajú rozoznať aj na južnom okraji krátera a na jeho svahoch, ktoré sú v tieni. Severné svahy krátera sú nezaľadené, pretože počas leta svetlo nízkeho Slnka dopadá na ne takmer kolmo.

ESA Mars Express



## Odkiaľ sa berie na Marse metán?

Detectia metánu v martanskej atmosfére vedcov udivila. V martanských podmienkach sa metán môže v atmosfére udržať nanajvýš 600 rokov. Ak prístroje na sondách zistili na Marse prítomnosť metánu, musí tam byť aj jeho zdroj.

Globálna koncentrácia metánu na Marse predstavuje  $10^{-8}$  hmotnosti a atmosféry, pričom slnečné svetlo zničí každú sekundu v priemere 4 gramy metánu. Ak si má túto koncentráciu udržať, znamená to, že nejaký zdroj musí každý rok dodať do atmosféry 126 ton metánu.

Čo je zdrojom metánu na Červenej planéte? Tvoria ho baktérie hlboko pod povrchom, alebo je produkтом nejakého neznámeho procesu, ktorý nemá s organickým životom nič spoločné? Na Zemi poznáme aj nebiologické (abiogenické) interakcie dvojoxidu uhlíka, horúcej vody a istých hornín, ktorých produkтом je metán. Je takýto proces predstaviteľný na Marse? James Lyons z Institute for Geophysics and Planetary Physics z Kalifornskej univerzity je o tom presvedčený.

Povrch Marsu je chladný. Priemerná teplota kolísce okolo mínus 63 stupňov Celzia. Zdrojom tepla v istých lokalitách by mohli byť aktívne sopky. Geológovia tvrdia, že posledná sopečná erupcia na Marse sa konala pred najmenej miliónom rokov, čiže z geologickej hľadiska nedávno. Mars je teda hlboko pod povrchom ešte vždy aktívny.

Pravidelný prísun metánu (4 gramy za sekundu) do atmosféry môže zabezpečovať jediná horúca škvra. Prístroj zaznamenávajúci termálne emisie na palube sondy Mars Odyssey však nenašiel ani jednu lokalitu s takou priemernou teplotou, ktorá by o 15 stupňov prevyšovala teplotu okolia. Lyons tvrdí, že zdrojom tepla je magma hlboko pod povrchom.

V modeli zjednodušenej martanskej geológie ložisko magmy, široké kilometer, dlhé 10 kilometrov, ukryté v hlbke 10 000 metrov vyprodukuje teplu 375 až 450 stupňov Celzia, dostatočnú na produkciu abiogenického metánu v trhlinách na dne pozemských oceánov.

Ak podobný proces funguje aj na Marse, sondy by už v najbližšom čase mali na povrchu objavíť „horúce horniny“.

Pozemský metán produkujú aj metanogény, anaerobické baktérie, ktoré menia uhlík a vodík na metán. Môžeme nájsť takéto baktérie aj na Marse?

Už pred 12 rokmi založil Timothy Kral, biológ z Arkansaskej univerzity, „farmu“ na metanogény. V pôde, čo do zloženia podobnej Marsu, začal pestovať 5 odlišných druhov anaerobických baktérií. Ukázalo sa, že meta-

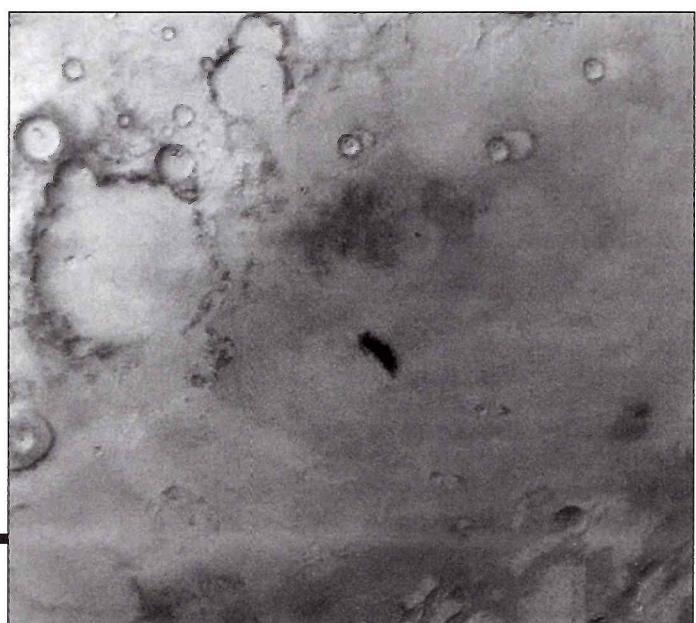
nogény dokážu prežiť celé roky v zrnitej, mälovýživnej pôde. Ak ich postupne vystavíme podmienkam na Marse, (1/50 pozemského tlaku, nízka teplota), po niekoľkých týždňoch sa uložia k spánku. Žijú, ale neprodukujú metán.

Spiace baktérie sa prebudia, keď sa ocitnú tam, kde majú pravidelný prísun dvojoxudu uhlíka a vodíka. Vladimír Krasnopolský z Katolíckej univerzity vo Washingtone detegoval v martanskej atmosfére 15 molekúl vodíka na milión. Nie je vylúčené, že tento vodík uniká z podzemných zdrojov vody, okolo ktorých by mohli vegetovať aj metanogény. Ak kolónie týchto baktérií hlboko v podzemí Marsu žijú, metán v podobe plynu by pomaly stúpal k povrchu. Za istých podmienok (kombinácia teplota/tlak) by však mohol kryštalizovať, premeniť hydrát metánu. „Ak existuje na Marse biosféra hlboko pod povrchom, hydráty metánu sa tam musia vyskytovať,“ vráv Stephen Clifford z Lunar and Planetary Institute v Texase.

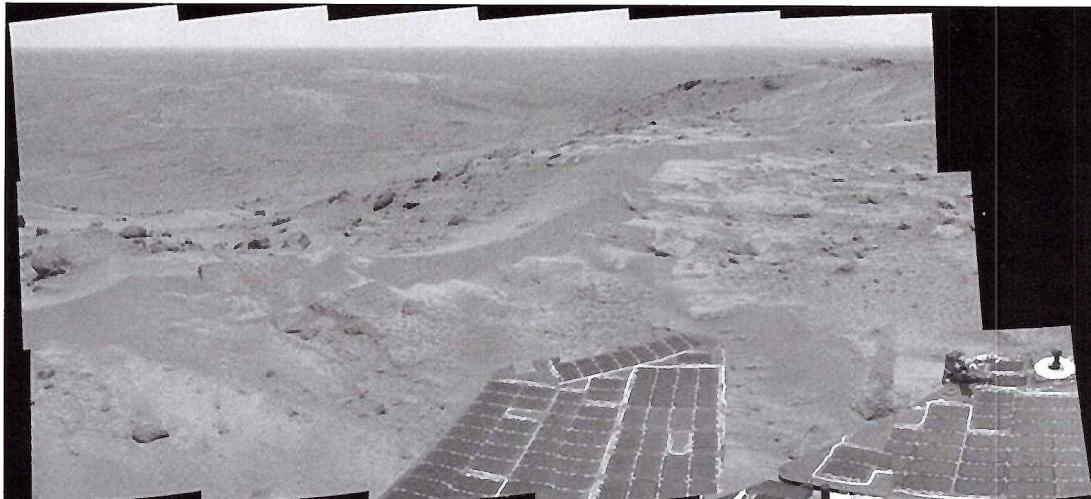
Eventuálna prítomnosť hydrátov metánu v martanskej kôre by hrúbku zamrznutých hornín podstatne stenčila. Na rovníku z 10 kilometrov na necelých 1000 metrov!

NASA Press Release

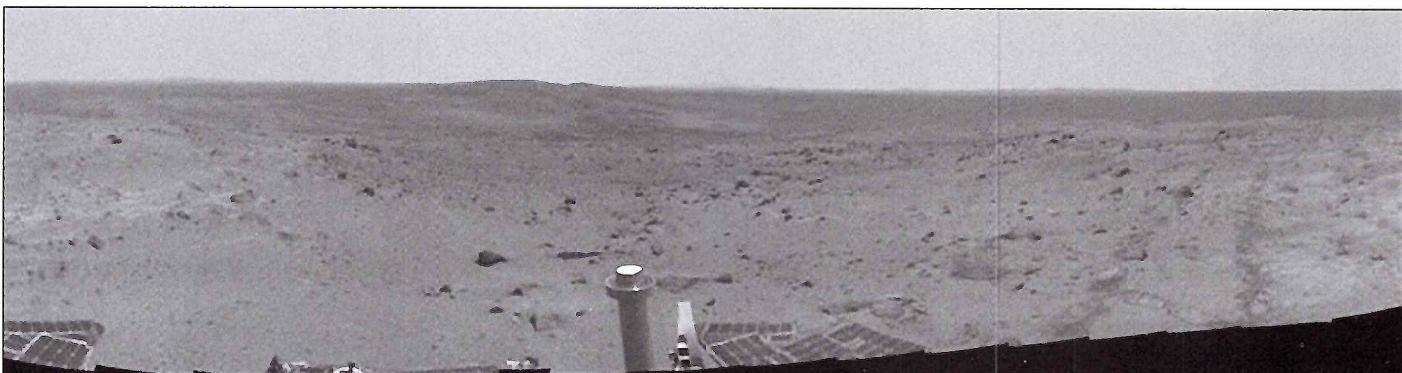
Zdroje metánu sa s veľkou pravdepodobnosťou budú vyskytovať okolo rovníka, kde je hrúbka zamrznutej kôry najtenšia.



## Mars: Pohľadnice z Gusevovho krátera



**TENNESSEE VALLEY:**  
Túto snímku exponoval robot Spirit 582. deň na Marse, 23. augusta 2005, krátko po dosiahnutí vrcholu pahorka Husband Hill. Z vrcholu sa odkryl pohľad na sever, na vetrovymetenu planinu, ktorou sa tiahnu rozpadnuté ostré hrebienky zanesené pieskom. Planinu pomenovali Tennessee Valley.



**POHĽAD NA JUH:** Husband Hill je jedným z vrcholov pohoria Columbia Hills v martanskom kráteri Gusev. Spirit „cikcakuje“ v tejto oblasti už 14 mesiacov, pretože neraz musí kvôli prílišnému sklonu terénu klučkovať. Na tejto snímke z vrcholu Husband Hill sa vám otvára pohľad na juh, do oblasti, ktoré bude Spirit skúmať v najbližších týždňoch a mesiacoch.



**KRÁTER THIRA:** Na tejto snímke z vrchola Husband Hill vidíte okrajové valy starého impaktného krátera Thira. Okraj krátera je vo vzdialosti 15 kilometrov. Kráter vyplňa vetrami naviaty materiál. Jasne rozoznateľné sú vlny dún na svahoch.



**HUSBAND HILL:** Túto snímku exponoval Spirit v 536. deň na Marse, na ceste k pahorku Husband Hill. Vrchol Husband Hill je okrúhly pahorok vpravo. V deň expozície ostávalo Spiritu na pochode k vrcholu prekonat ešte 100 metrov. Výška Husband Hill nad sedielkom, v ktorom stojí robot, je 30 metrov.

NASA/JPL/Caltech

# Planéta troch sínk

Ilustrácia (vpravo hore) znázorňuje pohľad z hypotetického mesiaca extrasolárnej planéty, ktorá sa pohybuje v trojitém hviezdnom systéme. Obrája joviánska planéta obieha okolo hviezdy, okolo ktorej obieha aj párik hviezd zviazaných v dvojhviezdnom systéme. Východy sínk, pozorované z tejto planéty, musia byť naozaj spektakulárne. Keď slnko/hostitel planéty zapadne za horizont, na oblohe sa (z pohľadu pozorovateľa na mesiaci) objaví obrája planéta. Povrch mesiaca iluminuje svetlo odrazené povrhom planéty. Povrchy planéty i hypotetického mesiaca musia byť také horúce, že aj v tieni žiaria.

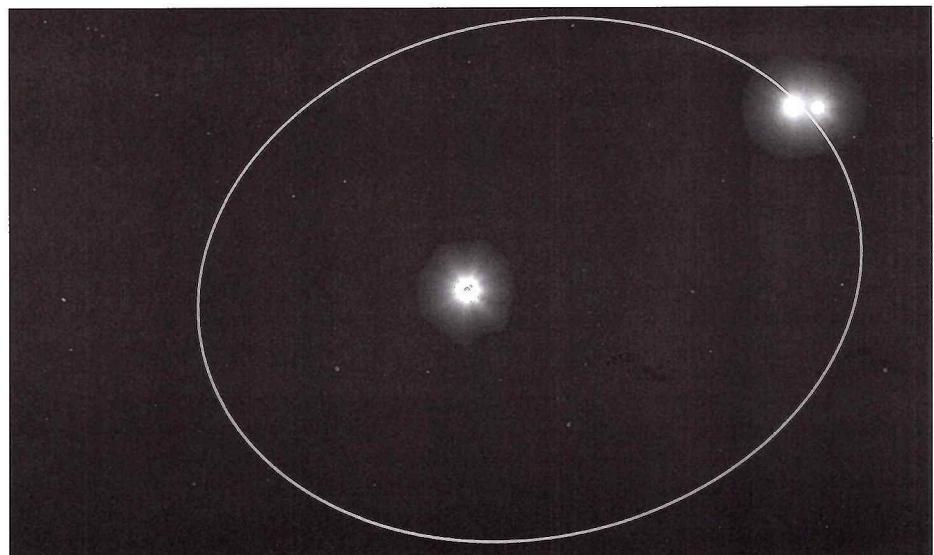
Veľkosť a farba troch sínk prezradila hvezdárom hmotnosť, teplotu a vzdialenosť od planéty.

Prvá hvieza, zapadajúca za horizont, je najbližšou, najmasívnejšou a najhorúcejšou z hviezdnej trojky. Jej biely kotúč je najväčší. Druhá, vzdialenejšia hvieza je chladnejšia a má nižšiu hmotnosť ako prvá. Jej žltý kotúč sa zdá byť menší. Tretia hvieza je rovnako vzdialená ako druhá, má však oveľa nižšiu hmotnosť a je aj podstatne chladnejšia. Je o niečo menšia ako druhá hvieza, pričom jej kotúč je oranžovočervený.

Naše Slnko je nepatne horúcejšie ako najhorúcejšia hvieza trojky.

Trojica hviezd, z ktorých jedna má planétu, objavili pomocou obrieho ďalekohľadu Keck I na Mauna Kea. Pozoruhodnú rodinu hviezd (označenú HD 188753) objavili v súhvezdí Labute, vo vzdialosti 149 svetelných rokov. Planéta HD 188753 Ab má 1,14 hmotnosti Jupitera.

Podľa JPL NASA



Na obrázku vidite trojicu hviezd HD 188753, z ktorých jedna má joviánsku planétu typu „horúci Jupiter“. Planéta obehne okolo hlavnej hviezy (uprostred) za 3,3 dňa. Hlavnú hviezdu okrem joviánskej planéty (a možno aj ďalších planét) obieha aj „tancujúci párik“, dvojhviezda, zložená zo žltej a oranžovej hviezy. Hviezdne duo obehne hlavnú hviezdu raz za 25,7 rokov. Obe hviezdy sú uzavreté v binárnom systéme: svoje tažisko obehnú raz za 156 dní. Vzdialenosť medzi hlavnou hviezdou a dvojhviezdom sa rovná vzdialenosťi Slnko/Saturn. Hvezdári donedávna predpokladali, že formovanie planét vo viachviezdných systémoch, ktorých je vo vesmíre oveľa viac ako osamelých hviezd, je prakticky nemožné. Zvlášť vtedy, keď ide o pomerne „tesný systém“.

## Planéta nového typu?

Lovci exoplanét už objavili vyše 160 takýchto objektov. Po najväčších, joviánskych a saturnovských planétoch, začínajú objavovať už aj planéty, ktoré sú porovnatne s Uránom a Neptúnom (14-, prípadne 17-krát väčších ako Zem). Väčšinu z nich objavil Michel Mayor a jeho kolégia na La Silla pomocou nového spektrometra. Najväčší konkurenti Mayorovho tímu, Geoff Marcy a Paul Butler, budú mať k dispozícii už čo nevidieť rovnaký prístroj.

Planétológovia si v súvislosti s objavom neptúnovských a uránovských planét kladú otázku: Sú objekty ľadovými obrami, ktoré sa sformovali vo vzdialenosťi niekolkých astronomických jednotiek od materskej hviezdy, a potom sa k nej po špirále priblížili? Alebo ide o objekty iného typu? Nanešťastie, ich hmotnosti sa zatiaľ presne odhadnúť nepodarilo. Navyše hvezdári nevedia zatiaľ vypočítať ani ich hustotu, takže môžu to byť tak gigantické terestrické planéty, ako aj

ľadoví obri. V oboch prípadoch 15-krát hmotnejšie ako Zem.

Lovci planét objavili zatiaľ iba tri takéto objekty. Keby objavili ďalších desať, pravdepodobnosť, že prinajmenšom jedna z nich by počas pohybu dočasne zakryla materskú hviezdu, by sa zväčšila. Údaje z takého zákrytu by uľahčili vypočítanie hustoty.



Tak či onak, planétológovia už začali hovoriť o novom type planéty. O Superzem. Takúto klasifikáciu zdôvodňuje fakt, že dva z troch systémov, kde materskú hviezdu obieha horúci Neptún, krúži po vzdialenejšej dráhe aj joviánska planéta.

Ak sa tieto objekty sformovali na periférii protoplanetárneho disku, nemohli sa k materskej hviezde po špirále priblížiť, pretože im v ceste stál tamojší Jupiter. Tieto systémy pripomínajú skôr našu Slnečnú sústavu, kde všetky terestrické planéty obiehajú medzi Jupiterom a Slnkom.

Planéty v sústave, akou je naša, príliš nemigrovali. Je preto pravdepodobné, že aj neptúnické exoplanéty sa sformovali tam, kde svoju hviezdu obiehajú, a ak sa k nej aj priblížili/priblížujú, je táto migrácia nevýznamná.

Túto hypotézu podporuje teória Georga Wetherilla. Ten pred desiatimi rokmi uverejnil výpočty, ktoré ukazujú limity formovania terestrických planét. Nabaľovanie hmoty počas planétotvorby je veľmi stochastický, náhodný proces. V priemernom

Tomu odpovídá i velká rychlosť rotace 285 – 304 km/s, ktorá se blíží mezi stability hviezdy o poloosách 12,0 x 7,7 R<sub>o</sub>. Hvězda je na pólech teplejší (20 kK) než na rovníku (12 kK).

D. Ségransanovi aj. se podarilo poprvé změřit **úhlové průměry trpasličích hvězd** sp. tříd M0 – M5.5 V a ověřit tak i v této zatím nezkoumatelné oblasti teoretický vztah mezi poloměrem a hmotností hvězd. Využili k tomu interferometru VLTI na základně o délce 104 m a dokázali tak změřit úhlové průměry hvězd v rozmezí 0,7 – 1,5 mas s přesností 0,04 – 0,11 mas. Otvírá se tak možnost měřit v nedaleké budoucnosti poloměry trpasličích hvězd s přesností na 1%. První výsledky naznačují velmi dobrý souhlas teorie s pozorováním. Týmž interferometrem se podarilo změřit úhlový průměr **Proximy Centauri**(1,03 – 0,08) mas, což odpovídá lineárnímu průměru 0,14 R<sub>o</sub> (1,4 R<sub>j</sub>!). Odtud vychází efektivní teplota hvězdy 3 kK (sp.M5.5) a její hmotnost 0,12 M<sub>o</sub>. Podobně P. Kervella aj. změřili úhlový průměr **Síria A** (sp. A1 V; vzdálenost 2,64 pc) na 6,04 mas, z čehož vychází poloměr hvězdy 1,71 R<sub>o</sub> a její hmotnost 2,1 M<sub>o</sub>. Jak známo, je Sírius A členem široké dvojhvězdy s bílým trpaslíkem o hmotnosti 1,03 M<sub>o</sub>, který kolem něho obíhá v periodě 50 r. Odtud lze odvodit, že soustava Síria A,B je stará něco přes 200 mil. roků, a že původně hmotnější složka B začínala s hmotností 7 M<sub>o</sub> (sp. B5 V), kterou z větší části ztratila v průběhu 40 mil. roků, kdy se zhroutila na bílého trpaslíka.

B. Teegarden aj. zjistili, že hvězda **SO 0253+1652** (sp. M6.5 V; Ari), vykazující podle měření kamerou NEAT na Palomaru vysoký vlastní pohyb 5,05"/r, je 3. až 17. nejbližší hvězdný objekt ve vzdálenosti 2,4 – 3,6 pc od Slunce. S. Lépine aj. objevili mimoriadne chladného červeného podtrpaslíka **LSR 1425+7102** (I = 16 mag; UMi) sp. třídy sdM8.0, v jehož spektru se vyskytují pásy CaH a TiO a jenž se navzdory značné vzdálenosti 65 pc od Slunce vyznačuje překvapivě velkým vlastním pohybem 0,635"/r.

M. Wyatt a W. Holland využili mikrovlnných měření aparaturou SCUBA JCMT (Mauna Kea) ke studiu rozložení chladného (90 K) prachu v okolí **Vegy** (3 M<sub>o</sub>; stáří 350 mil. let). Prachový disk obsahuje řadu zhuštění, což lze dle autorů nejlépe vysvětlit existencí exoplanety o hmotnosti Neptunu, která od svého vzniku pře 56 miliony lety migrovala směrem ven z disku do dnešní vzdálenosti asi 70 AU od Vegy. Ekosféra kolem Vegy se dnes nachází ve vzdálenosti asi 7 AU od hvězdy, kde mohou být ukryty exoplanety terestrického typu.

## 2.5. Těsné dvojhvězdy

A. Raassen aj. rozlišili díky družici Chandra v rentgenovém pásmu poprvé obě složky (sp. G2 V a K1 V) dvojhvězdy **α Cen** (vzdálenost od Slunce 1,34 pc). Složky jsou úhlově vzdáleny 16" (lineárně 23,5 AU) a obíhají kolem sebe v periodě 80 r. Mají po řadě hmotnosti 1,1 a 0,9 M<sub>o</sub>; poloměry 1,24 a 0,84 R<sub>o</sub>; efektivní teploty 5,8 a 5,3 kK a rotační periody 29 a 42 d. Podobně jako u Slunce nejsou jejich koróny příliš aktivní, ale zato jejich teploty dosahují 1 – 10 MK. A. Thoul aj. odvodili z hvězdných oscilací stáří soustavy na 6 mld. let. P. Kervella aj. změřili úhlové rozměry disků složek α Cen interferometrem VLTI ESO s přesností na zlomky procenta a odtud obdrželi zpřesněné hodnoty poloměrů 1,22 a 0,86 R<sub>o</sub>. M. Audard aj. využili družice Chandra k rentgenovému rozlišení obou složek eruptivní trpasličí dvojhvězdy **UV Cet A,B** (obě sp. dM5.5 e; vzdálenost od Slunce 2,7 pc; hmotnosti 0,1 M<sub>o</sub>; poloměry 0,15 R<sub>o</sub>). Jejich koróny dosahují teplot 3 – 6 MK, přičemž složka B vykazuje větší proměnnost rentgenového toku.

S. Yerli aj. zkoumali na základě fotometrie a spektroskopie vývoj algolidy **U CrB** (V = 7,8 mag; sp. B6 V + G0 III; hmotnosti 4,7 a 1,5 M<sub>o</sub>; orb. per. 3,45 d). Ukázali, že původní dvojhvězda měla hmotnosti 4,5 a 2,7 M<sub>o</sub> a těsnější dráhu s oběžnou dobou jen 1,4 d, což usnadňovalo přenos plynu mezi složkami, ale i jeho ztrátu ze soustavy. Celkem se tak ztratila 1 M<sub>o</sub> (14% původní hmotnosti soustavy) a moment hybnosti klesl dokonce o 18%. Velmi přesné ( $\pm 1\%$ ) údaje o oddělené zákrytové dvojhvězdě **BP Vul** (HD 352179; V = 9,8 mag; sp. A7m + F2m; orb. per 1,9 d; e = 0,03) získali C. Lacy aj. robotickým fotometrem; též díky okolnosti, že jde současně o dvouzárovou spektroskopickou dvojhvězdu. Obě složky o hmotnostech 1,74 a 14,41 M<sub>o</sub> se nacházejí na hlavní posloupnosti ve věku 1 mld. let. Jejich efektivní teploty dosahují 7,7 a 6,8 kK a poloměry 1,85 a 1,49 R<sub>o</sub>. Zatímco primární složka rotuje subsynchronně, sekundární složka má synchronní rotaci. Přímka apsid se stáčí protisměrně s periodou 75 r.

V. Nazarenko a L. Glazunovová propočítali hydrodynamický model proslulé těsné dvojhvězdy **β Lyr** (sp. B7 I + B2 V), podle nějž v první fázi plyn mezi složkami přetéká tempem až  $4.10^{-5} M_o/r$ , ale souběžně s tím odtéká ze soustavy přes bod L<sub>2</sub>. Primární složka je obklopena akrečním diskem, v němž teploty dosahují hodnot 30 – 120 kK, ale jenž může být postupně nahodán silným hvězdným větrem sekundární složky. Primární složku navíc obklopuje kulově souměrná obálka s teplotou plynu 4 – 18 kK.

S. Özdemir aj. zlepšili údaje o třetí složce rané zákrytové dvojhvězdy **IU Aur = HD 35652** (V = 8,2 mag; sp. O9.5 V + BO.5 IV-V; orb. per. 1,8 d vzdálenost od Slunce 2 kpc), která dává 23% světla celé soustavy a obíhá kolem těsné dvojhvězdy v periodě 293 d. Jelikož pro tuto složku vychází neuvěřitelně vysoká hmotnost 14,2 M<sub>o</sub>, jedná se však nejspíš o velmi těsnou dvojhvězdu. Kromě toho díky družici HIPPARCOS víme o vizuální složce IU Aur, která je od ní vzdálena 0,13" a obíhá kolem společného těžiště soustavy v periodě 430 r. To znamená, že komplex obsahuje přinejmenším 5 hvězd, které vesměs patří do hvězdné asociace Aur OB2. Zákrytovou dvojhvězdu IU Aur objevil v r. 1965 český astronom P. Mayer a od té doby přináší její sledování neustále nová překvapení, včetně sekulárních změn hloubek zatmění, precese oběžné roviny tělesa a stáčení uzlové přímky.

Další pozoruhodnou vícenásobnou soustavu **40 a 41 Dra** (HD 166865+6) zkoumali A. Tokovinaj aj. Obě hvězdy jsou totiž těsnými dvojhvězdami, vzdálenými od nás 45 pc a celá čtyřhvězdná soustava je stará asi 2,5 mld. let, přičemž dvojhvězda 41 Dra s oběžnou dobou 3,4 r vyniká rekordní výstředností oběžné dráhy  $e = 0,975$ ! Její složky o hmotnostech 1,28 a 1,20 M<sub>o</sub> právě nyní opouštějí hlavní posloupnost, čímž se bude měnit jako oběžná doba tak i výstřednost. Podobně vysokou výstřednost  $e = 0,88$  vykazuje dle S. Marchenka aj. také hmotná dvojhvězda **WR 140**, skládající se z Wolfovy-Rayetovy hvězdy a hvězdy třídy O, které kolem sebe obíhají v periodě 7,9 r. Ve fázích  $\pm 0,01$  kolem periastra se srážejí hvězdné větry obou složek a to vede k výskytu přidavných emisí ve spektru soustavy. Další anomálie nastávají pro fáze 0,02 – 0,06 po periastru, kdy je v cestě k pozorovateli nějaké stíncí překážka. Poslední průchod periastrom byl pozorován v r. 2001.

Slušnou záhadou se stalo zjištění J. Winna aj., že zákrytová dvojhvězda **KH 15D**, jejíž primární složka je mladou hvězdou před hlavní posloupností, se začala zakrývat teprve někdy ve druhé polovině XX. stol. V současné době trvají zákryty o maximální hloubce 3 mag plných 40% času z oběžné doby 2,02 h, ale archivní snímky z let 1913 – 1951 žádné poklesy jasnosti neukázaly!

P. Barge a M. Viton se domnívají, že poklesy jasnosti vyvolávají rozměrné (10 – 100 mm!) tuhé částice v rotujícím víru tvaru obřího banánu ve vzdálenosti asi 0,2 AU od hvězdy.

Pozorovatelským oříškem bylo dle R. Dukese aj. odvození parametrů jasné ( $V = 5,2$  mag) zákrytové **3 Vul** (HD 182255) z toho důvodu, že její oběžná perioda činí 367,3 d, takže se máloky trefíme do času minim. Nakonec však autoři uspěli a zjistili, že složky dvojhvězdy mají sp. B6 III a B7 V a hmotnosti 4,2 a 0,8  $M_{\odot}$ . Soustava, vzdálená od nás 120 pc, je stará jen 25 mil. let. V létě 2003 se odehrál další zákryt dlouhoperiodické těsné dvojhvězdy **EE Cep** (BD+55°2693) s oběžnou periodou 5,6 r. Podle D. Graczyka aj. jej lze nejlépe vysvětlit modelem, v němž zakrývajícím tělesem je protáhlý opticky tlustý disk, obklopený polopropustnou obálkou. Celý zákryt trvá 40 d a pokles jasnosti soustavy dosahuje 1,5 mag. Disk je skloněný k oběžné rovině a vykazuje precesní pohyb s periodou kolem 50 r.

G. Gatewood aj. určili parametry astrometrické dvojhvězdy **LMB Ross 614 = V577 Mon**, vzdálené od nás 4,1 pc. Soustavu tvoří dvě trpasličí hvězdy o hmotnostech 0,22 a 0,11  $M_{\odot}$ , které kolem sebe oběhnou jednou za 16,6 r po kruhové dráze o poloměru 4,5 AU. Primární složka 11 mag má spektrum M4.5 Ve. A. Brandeker aj. využili Keckova dalekohledu s adaptivní optikou k rozlišení vícenásobnosti bližších hvězd. Metoda je neobyčejně účinná, neboť dokáže zobrazit průvodce ve vzdálenosti 3 AU u hvězdy do 55 pc a 17 AU pro hvězdy v 275 pc od Slunce.

R. Sahai aj. využili spektrálních snímků STIS HST k odhalení struktury „umírající“ proměnné hvězdy **V Hya**, která byla až dosud klasifikována jako mirida (červený obr) s periodou proměnnosti 529 d. Jak se nyní ukázalo, je obklopena bipolární planetární mlhovinou s hvězdným větrem usměrněným do protilehlých výtrysků. Ve vnitřní slupce mlhoviny probíhá přeměna hélia na uhlík a kyslík, zatímco ve vnější se mění vodík na helium. Svítivost rychle rotující hvězdy o poloměru 1,5 AU dosahuje 10  $kL_{\odot}$ . Jak se však ukázalo, jde ve skutečnosti o symbiotickou dvojhvězdu, když ve vzdálenosti 15 AU od hvězdy se nachází kompaktní průvodce, obklopený akrečním diskem, který ovlivňuje chování zmíněných výtrysků. V právě probíhající fázi červeného obra odvrhne hvězda během necelých 100 tis. let díky silnému větru asi polovinu své původní hmotnosti, kterou autoři odhadli na 8  $M_{\odot}$ .

A. Skopal studoval v letech 2000 – 03 aktivní fázi známé symbiotické hvězdy **Z And**, jejíž proměnnost byla rozpoznána již v r. 1887 a jež je klasifikována jako červený obr třídy M4.5 s hmotností 2  $M_{\odot}$ , poloměrem v rozmezí 85 – 140  $R_{\odot}$  a svítivosti 880  $L_{\odot}$ . Jejím symbiotickým průvodcem je magnetický bílý trpaslík o hmotnosti 0,5 – 1,0  $M_{\odot}$  o vysoké povrchové teplotě 100 kK. Obě složky dvojhvězdy kolem sebe obíhají v periodě 757,5 d a autorovi se podařilo ukázat, že během minima jasnosti dochází k zákrytu bílého trpaslíka červeným obrem, naposledy v létě r. 2002, kdy hvězda nápadně zčervenalá.

C. Karl aj. ukázali na příkladu velmi hmotné krátkoperiodické (0,28 d) těsné dvojhvězdy **HE 2209-1444** (Aqr), že při dalším vývoji soustav složených z degenerovaných hvězd může nakonec dojít k výbuchu supernovy. Uvedená soustava se totiž skládá ze dvou bílých trpaslíků o hmotnostech 0,6  $M_{\odot}$  a efektivních teplotách 8,5 a 7,1 kK, které při vzájemném obíhání ztrácejí kinetickou energii vyzařováním gravitačních vln, takže přibližně za 5 mld. let hvězdy splynou. Jelikož však úhrnná hmotnost této soustavy nedosahuje Chandrasekharovy meze (1,35  $M_{\odot}$ ), v tomto případě se nic extrémního dít nebude.

Pokud však součet hmotností obou bílých trpaslíků přesahuje Chandrasekharovu mez, téměř jistě to dle M. Livia a A. Riesse k explozi supernovy Ia povede, protože takových případů je určitě hodně. S. Yoon a N. Lange propočítali případ širokého páru hvězd s počátečními hmotnostmi 8 a 1  $M_{\odot}$ , které se vyvinou na primární heliumovou hvězdu o hmotnosti 1,6  $M_{\odot}$ , doprovázenou bílým trpaslíkem CO o hmotnosti 1,0  $M_{\odot}$  s počáteční oběžnou periodou 0,12 d. Hoření He v jádře heliumové hvězdy vede posléze k přenosu plynu na bílého trpaslíka tempem  $10^{-6} M_{\odot}/r$ . Za 4,3 mil. let vyplní heliumová hvězda Rocheův lalok a intenzívní přetok plynu na bílého trpaslíka ho ohřeje na povrchu na 1,2 MK při svítivosti 50  $kL_{\odot}$ . Také nitro bílého trpaslíka se ohřívá až na teplotu 29 MK, což vede ke konvektivní nestabilitě jádra, až nakonec konvektivní zóna zabírá polovinu hmotnosti bílého trpaslíka. Když pak dosáhne teplota jádra bílého trpaslíka 800 MK, převýší uvolňování jaderné energie úbytek energie konvekcí a bílý trpaslík exploduje jako supernova Ia.

Přesně takový scénář se podle S. Benettiho aj. hodí na **supernovu 1991D**, která jevíla současně charakteristiky tříd Ia i Ib/c. Šlo tedy zřejmě o bílého trpaslíka, jehož hmota narostla nad Chandrasekharovu mez díky přísnemu pravidlu od heliumové hvězdy v těsně dvojhvězd. Naneštěstí se tím komplikuje jednoznačné určení maximální svítivosti supernov třídy Ia, které dosud slouží jako bezkonkurenční **standardní svíčky** pro měření vzdáleností galaxií. Podle D. Branche dochází k explozi bílého trpaslíka přesně ve chvíli, kdy jeho hmotnost překročí Chandrasekharovu mez a začne překotné termonukleární hoření uhlíku v jejím nitru. To je právě důvod, proč by měly mít supernovy Ia tutéž maximální svítivost  $1GL_{\odot}$  a proč je výbuch zcela rozmetá, takže po nich nezůstane vůbec nic. L. Wang aj. však připomněli, že supernovy Ia vybuchují usměrněně v jakémsi oválu, takže jejich pozorovaná jasnost závisí také na orientaci oválu vůči pozorovateli. Proto dávají přednost standardní svíčce, založené na jasnosti supernovy asi měsíc po maximu, kdy už se původní expanzní ovoid vyrovná do tvaru koule.

Podle P. Hakaly aj. mohou mít akreující dvojhvězdy se sekundární složkou na hlavní posloupnosti minimální oběžnou dobu kolem 80 min. Pokud je primární složka degenerovanou hvězdou, lze najít ještě kratší periody, ale v současné době známe jen tři těsné dvojhvězdy s oběžnou dobou pod 10 min. Nejkratší periodu 5,4 min vykazuje dvojice bílých trpaslíků **RX J1806+15** (Oph), objevená v r. 2002. Navíc se tato oběžná doba dlouhodobě zkracuje vinou ztráty energie gravitačním zářením – objekt proto může jednou posloužit jako standard pro detektory gravitačních vln.

A. Tutukov a A. Čerepaščuk studovali **vývoj velmi hmotných ( $>50 M_{\odot}$ ) těsných dvojhvězd**, které začínají svou existenci jako žhavé hvězdy tříd OB na hlavní posloupnosti, které ročně ztrácejí kolem  $5 \cdot 10^{-7} M_{\odot}$  intenzívním hvězdným větrem. Tak se z nich stávají Wolfovy-Rayetovy hvězdy s hmotností vyšší než 25  $M_{\odot}$ , což je nutná podmínka k tomu, aby skončily gravitačním zhroucením na černou díru – během hroucení se navenek projevují jako zábleskové zdroje záření gama (GRB). V průměru tak v Galaxii vznikají 3 hvězdné černé díry během milionu let. Podle P. Podsiadlowského aj. byly až dosud spolehlivě určeny hmotnosti 17 černých děr, které jsou členy soustav těsných dvojhvězd. V mnoha případech stále probíhá významná akrece látky na černou díru z cirkumstelárního akrečního disku – za delší dobu tak může hmotnost černé díry vzrůst až o polovinu původní hodnoty.

Celý obor výzkumu těsných dvojhvězd se zajisté nemusí obávat o přísnu nových pozorovacích údajů, jako tom svědčí například nejnovější práce L. Wyrzykowského aj., kteří využili databáze projektu hledání gravitačních mikročoček OGLE v centrální oblasti

Velkého Magellanova mračna v letech 1997 – 2000 a na ploše 4,6 čtv. stupně nalezli **2 580 nových zákrytových dvojhvězd**; z toho 36 oddělených soustav se výborně hodí pro přesné určení vzdálenosti této galaxie od nás.

## 2.6. Proměnné hvězdy

### 2.6.1. Novy a kataklyzmické proměnné

Počátkem dubna 2003 vybuchla nova **V4745 Sgr** (1840 – 3327), která dosáhla v polovině dubna maxima 7,3 mag a po poklesu k 9,5 mag koncem dubna se znovu zjasnila na 8 mag v první dekadě května 2003; poté klesla na 11 mag v polovině června a opět se zjasnila na 10 mag v poslední červnové dekadě. Jevila rozpínání plynné obálky tempem 1600 km/s. Další nova **V2573 Oph** (1719 – 2723) dosáhla v polovině června 2003 10 mag, ale objevena byla až 10. července jako objekt 11,4 mag. Po týdnu se zjasnila o 1 mag a pak začala rychle slábnout. Tempo rozpínání plynné obálky dosáhlo 1900 km/s. Další nova **V475 Sct** (1849 – 0933) vzplanula koncem srpna 2003, kdy dosáhla 8,5 mag a na této hodnotě se udržela v první dekadě září. Obálka se rozpínala rychlostí 1150 km/s. V polovině září vybuchla nova **V5113 Sgr** (1810 – 2745), jež dosáhla v maximu 9,0 mag a jejíž obálka se rozpínala rychlostí 800 km/s. Počátkem října vzplanula nova **DE Cir** (1518 – 6158), která dosáhla 7,7 mag a rozpínala se rychlostí 2600 km/s. Do poloviny října její jasnost klesla na 12,4 mag.

Známý americký optik G. Ritchey popsal v r. 1901 podivuhodnou „světelnou ozvěnu“ kolem pozůstatku po nově Persei, která se šířila koncentricky od bodu výbuchu jako kruhy na vodě. Správný výklad úkazu podal až v r. 1939 francouzský astronom P. Couder – jde o rozptyl a odraz šířícího se jasného světla výbuchu na již dříve existujícím mezihvězdném materiálu v okolí novy. Od té doby byl podobný úkaz pozorován v okolí některých nov, obklopených dostatečně hustými plynnými obaly, ale také kolem supernov, veleobrů, cefeid a mirid, které vesměs plýtvají hmotou dříve před hlavním výbuchem. V poslední době se k nim přidala proslulá proměnná V838 Mon. Ve všech případech umožňují ozvěny jednak studovat strukturu mezihvězdného materiálu a jednak nezávisle určovat vzdálenost objektů, protože okamžik výbuchu známe přesně a rychlosť světla je konstantní.

S. Kafka aj. pořídili spektra staré **novy Q Cyg**, která vybuchla r. 1876. Ukázalo se, že jde o dvojhvězdu s delší oběžnou periodou 0,1 h. Spektrum prozrazuje trvající silný hvězdný vítr. L. Schmidtobreickovi aj. se zdařilo rozlousknout problém staré novy **V840 Oph**, která vzplanula v r. 1917, ale jejíž poloha nebyla známa dost přesně, aby to stačilo k jednoznačné identifikaci. Díky vícebarevné fotometrii příslušného pole se však podařilo v poloze 1654 – 2937 nalézt pozůstatek novy V = 19,3 mag, který se prozradil nápadným ultrafialovým přebytkem a emisními čarami vodíku a hélia. Navíc jsou tam přítomny čáry C IV, které svědčí o tom, že dodavatelkou plynu na bílého trpaslíka je v tomto případě uhlíková hvězda.

E. Moyerová využila STIS HST k prozkoumání současného stavu novy **DI Lac**, která vzplanula r. 1910 ve vzdálenosti něco přes 2 kpc od Slunce. O 90 let později jsou v jejím spektru stále vidět čáry ionizovaného C, N, O s profily typu P Cyg, svědčící o tempeře akrece najevy 10<sup>-9</sup> M<sub>O</sub>/r. Efektivní teplota na povrchu bílého trpaslíka o hmotnosti 0,7 M<sub>O</sub> dosahuje 27 kK. S. Shore aj. odvodili z pozorování týmž přístrojem a dále družicí FUSE, že jasná (max 2,6 mag) nova **V382 Vel** z r. 1999, vzdálená od nás 2,5 kpc, má v porovnání se Sluncem přebytek prvků N, Ne a Al; dále v menší míře He, C, O, Mg a Si. Připomíná tak podobně jasnou novu **V1974 Cyg** z r. 1992. Podle V. Šimona se obě zmíněné novy vyznačovaly také velmi měkkým rentgenovým zářením.

P. Selvelli a M. Friedjung zkoumali spektra novy **HR Del** (1967), pořízená družicí IUE v letech 1981–92. Nova, vzdálená od nás 970 pc, se na počátku tohoto období vrátila do klidu (V = 12 mag; tj. M<sub>V</sub> = 2,3 mag, což je rekord pro novy v klidu), ale její ultrafialová svítivost stále dosahovala 56 L<sub>O</sub>. S tím též souvisí vysoká teplota povrchu bílého trpaslíka 34 kK, rychlosť hvězdného větru 5000 km/s i nezvykle velké tempo akrece 1,4 · 10<sup>-7</sup> M<sub>O</sub>/r.

M. Kato a I. Hachisu ukázali, že nova **V445 Pup** z konce r. 2000 byla první novou v historii, které ve spektru zcela chyběly čáry vodíku; šlo tak vlastně o první heliovou novu. To znamená, že průvodcem bílého trpaslíka o hmotnosti 1,35 M<sub>O</sub> byla v tomto případě heliová hvězda, která právě opouští hlavní posloupnost a přitom předává heliový plyn na bílého trpaslíka tempem o něco větším než 10<sup>-7</sup> M<sub>O</sub>/r. To znamená, že heliová vrstva na povrchu bílého trpaslíka dosáhne kritické hmotnosti řádu 10<sup>-5</sup> M<sub>O</sub> již během necelé stovky roků, takže k rekurenci by mohlo dojít ještě před koncem XXI. stol.! Epizody vzplanutí se však nemohou opakovat donekonečna. Nakonec dvojhvězda vybuchne jako supernova Ia, anebo se rovnou zhroutí na neutronovou hvězdu.

K. Matsumoto aj. zkoumali rekurentní novu **CI Aql**, která poprvé vybuchla v r. 1917 a znova až v dubnu 2000, přičemž světelná křivka jevíla dlouhé plató v trvání přes 1,5 r. Soustava s bílým trpaslíkem je zákrytová dvojhvězda s krátkou oběžnou periodou 0,62 d a představuje fakticky spojovací článek mezi klasickými a rekurentními novami. Dosud máme dobré údaje pro cca 300 galaktických nov a jen 10 rekurentních nov. Jak se nyní zdá, rozdíl mezi klasickými a rekurentními novami spočívá v rozdílu v hmotnosti bílého trpaslíka, na kterého padá plyn z průvodce. *Rekurence jsou zkrátka tím častější, čím je hmotnost bílého trpaslíka vyšší.*

Jelikož se nyní pomocí pointeru FGS HST podařilo J. Johnsonovi aj. změřit **trigonometrické paralyaxy** pro 6 trpasličích nov, ukazuje se, že jejich svítivost ve výbuchu je tím větší, čím delší je interval mezi výbuchy. Trpasličí novy jsou tudíž jednak svítivější a jednak více vzdálené, než se dosud uvádělo. Při periodě rekurence 0,3 d to odpovídá absolutní hvězdné velikosti ve výbuchu +2 mag. A. King. aj. zjistili, že dlouhoperiodické trpasličí novy mohou dokonce skončit jako supernovy Ia, jelikož při přenosu plynu řádu 10<sup>-3</sup> M<sub>O</sub> při každém výbuchu může bílý trpaslík nakonec přibrat až 0,4 M<sub>O</sub> a tak se dostat na Chandrasekharovu mez.

K. Hornoch pokračoval ve svém úspěšném tažení objevitele nov v **galaxii M31**. Z celkového počtu 18 nov, které r. 2003 v této galaxii vzplanuly, byl objevitelem resp. spoluobjevitelem 7 nov; stal se tak předloni po M. Fiaschim z Itálie druhým nejúspěšnějším lovčem nov v M31 na světě.

Dne 9. února 2003 se dokonce podařilo objevit novu v **galaxii M81** (vzdálenost 3,6 Mpc), která dosáhla v maximu 18 mag, tj. -10 absolutní hv. velikosti. L. Ferrareseová aj. využily HST k hledání nov v **galaxii M49** (NGC 4472) v kupě galaxií v Panně (vzdálenost 18 Mpc). Během 55 dnů sledování našli 9 nov, z čehož plyne, že v galaxii ročně vzplane na stovku nov. Světelné křivky objevených nov se podobají křivkám pro novy ve Velkém Magellanově mračnu. F. Matteucci aj. zjišťovali, jak se liší četnosti nov v rozličných bližších galaxiích. Rekord drží obří **galaxie M87** v kupě v souhvězdí Panny, kde se ročně vyskytne na 200 nov, zatímco v naší **Galaxii** jich bývá maximálně 25 (zdaleka ne všechny však pozorujeme). Na **Velké Magellanovo mračno** připadá jen 1,7 novy ročně.

## 2.6.2. Fyzické proměnné

Proměnnou roku zůstala dnes už proslulá **V838 Mon**, která překvapila astronomy dvoustupňovým zjasněním nejprve o 6 mag a pak o další 3 mag během dvou měsíců na počátku r. 2002, kdy její svítivost dosáhla asi  $1 \text{ ML}_\odot$ . Jasnost předchůdce byla  $V = 15,6$  mag. Povaha výbuchu a samotné hvězdy totiž zůstává stále záhadná, zejména proto, že se dosud nepodařilo spolehlivě určit její vzdálenost, takže různí autoři udávají hodnoty od 0,7 do 11 kpc! N. Soker a R. Tylenda si myslí, že jde o dvojhvězdu přibližně slunečních hmotností na hlavní posloupnosti, ale ostatní autoři dávají přednost spíše horké hvězdě třídy B3, která obíhá kolem velmi chladného červeného obra či veleobra (sp. M10). A. Evans odvodil ze vzhledu infračerveného spektra v říjnu 2002 dokonce spektrální třídu L, dosud vyhrazenou pouze chladným hnědým trpaslíkům. A. Retter a A. Marom přišli s lehce bizarním nápadem, že počáteční výbuchy souvisely s prudkými rozepnutím hvězdy o hmotnosti  $1 - 3 \text{ M}_\odot$  až do poloměru 15 AU, přičemž byly postupně pohlceny tři obří exoplanety... Všechno však může být úplně jinak, protože koncem r. 2003 se ukázalo, že hvězda B3 se pouze promítá do daného směru, ale ve skutečnosti je asi o 1 kpc dál než veleobr L, takže celý příběh pouze kazí.

První fáze výbuchu byly dle J. Wisniewského aj. provázeny silnou polarizací světla, jejíž rovina se po druhém zjasnění stočila do října téhož roku o plných  $90^\circ$  a zeslábla. Počátkem r. 2003 byly v infračerveném spektru hvězdy objeveny pásy vodní páry, AlO, VO a TiO, silikátů a dalších neidentifikovaných molekul. Teplota hvězdné obálky v té době klesla na pouhých 600 K. V únoru 2003 byla hvězda sledována družicí Chandra. Rentgenové spektrum V838 Mon se v té době podobalo spektru symbiotických proměnných hvězd, takže tam zřejmě neproběhla překotná termonukleární reakce jako při výbuchu novy. Teplota zdroje dosáhla jen 300 kK. Kamera ACS HST zobrazila mezi dubnem a prosincem 2002 vývoj učebnicové světelné ozvěny na mračnech prachu ve vzdálenostech  $1 - 2$  pc kolem hvězdy, z čehož H. Bond aj. odvodili pravděpodobnou vzdálenost objektu  $6 - 8$  kpc, odkud vyplynula absolutní hvězdná velikost hvězdy v maximu výbuchu  $-9,6$  mag. Hvězda sama patrně neodvrhla vnější vrstvy, ale pouze se nesmírně nafoukla a tím ochladila povrch. K dalšímu překvapivému vývoji V838 Mon došlo i v průběhu r. 2003. V únoru se hvězda zjasnila v infračerveném oboru N a od září přibyla v optickém spektru absorpce ZrO, YO, CrO, LaO a ScO. Hvězda se v mezidobí zjasnila i v optickém oboru asi o 0,5 mag. Poloměr světelné ozvěny se rozšířil na plných  $52''$ .

R. Duncan a S. White využili radiových měření mimořádně svítivé ( $6 \text{ ML}_\odot$ ) proměnné hvězdy **η Car**, obklopené rozsáhlou mlhovinou NGC 3372 a vzdálené od nás 2,1 kpc, k určení její původní hmotnosti cca  $100 \text{ M}_\odot$ . Při erupci v r. 1843 dosáhla hvězda  $-1$  mag a vyvrhla obrovské množství hmoty, z něhož vznikla současná obří mlhovina Homunculus s lineárním průměrem 45 kAU a hmotností alespoň  $12 \text{ M}_\odot$ . N. Smith aj. odhadli kinetickou energii mlhoviny na  $10^{43}$  J.

Všichni zmínění autoři souhlasí s názorem, podle něhož je **η Car** ve skutečnosti velmi hmotnou těsnou dvojhvězdou s oběžnou dobou složek  $5,53$  r a excentrickou drahou s posledním průchodem periastrem v r. 2003,5. Tyto průchody zvyšují interakci složek natolik, že při nich dochází k dramatickým úkazům a zvýšené ztrátě hmoty ze soustavy. To též potvrdila měření

z družice RXTE, která zaznamenala již od března 2003 šest rentgenových zjasnění v intervalech po 21 d a rekordní intenzitu  $6,5 \cdot 10^{27} \text{ W}$  tvrdého rentgenového záření hvězdy koncem května 2003. Poté se však vlastní rentgenový zdroj, patrně modrý veleobr s hmotností  $30 \text{ M}_\odot$  **Car**, ocitl v zákrytu a klesl na minimum v druhé polovině června 2003. Současně také zmizela spektrální čára [Ne III] a mikrovlnné radiové záření hvězdy kleslo na polovinu 23. června, zatímco infračervené minimum nastalo až 13. července 2003. Předešlý obdobný úkaz proběhl na přelomu let 1997/98. K. Ishibashi aj. využili snímků STIS HST k odhalení „malého homuncula“ uvnitř mlhoviny Homunculus. Jde o bipolární strukturu, pocházející z podružné erupce v r. 1890.

A. Lobel aj. soustavně sledovali žlutého (7 kK) veleobra **ρ Cas**, který vykazoval krátkodobá zjasnění o 0,2 mag na podzim r. 2000, aby se pak v dubnu 2001 uložil k „zimnímu spánku“, když proti klidovému stavu zeslábl o 2 mag. Podle jejich měření klesá po erupci efektivní teplota hvězdy až na 4 kK, protože se její atmosféra rozepne až na  $700 \text{ R}_\odot$ . Přitom se odvrhuje slupka o hmotnosti cca  $0,1 \text{ M}_\odot$ , takže tato zjasnění se nakonec podepsí na výbuchu veleobra jako supernovy už za 50 tis. roků. Jak uvedla A. Dupreeová, hvězda, která má v klidu 4,5 mag, zeslábla v r. 1946 na hranici viditelnosti očima a tehdy se ochladila dokonce na pouhé 3 kK. Nyní se dá očekávat nový výbuch této podivuhodné proměnné hvězdy.

Také v r. 2003 se další nestandardní proměnná **δ Sco** držela na vysoké noze kolem 1,6 mag, takže její zjasnění z klidového stavu 2,3 mag už trvá více než tři roky. Při pohledu očima na oblohu je to stále nejjasnější hvězda mezi Antarem a Spikou. Konečně H. Käufl aj. odhadli další vývoj neméně podivuhodné proměnné **V4334 Sgr** (Sakurai), jež prodělala pozdní héliový záblesk v r. 1995 a od té doby prodělala rychlý vývoj tím, že se po nápadném ochlazení obklopila prachovou slupkou o teplotě pouhých 600 K. Slupka se nyní rozpíná úhlovou rychlostí  $0,2''/\text{r}$  a podle názoru autorů bude postupně roztažena silným zářením hvězdy o svítivosti alespoň  $2 \text{ kL}_\odot$ . Jelikož teplota centrální hvězdy roste, obálka se během několika desetiletí rozplyne a hvězda se tak opticky výrazně zjasní. T. Lawlor a J. MacDonald řadí to téžé skupiny také další neobvyklé proměnné hvězdy **V605 Aql** a **FG Sge**. Tvrdí, že jde původně o hvězdy s hmotností  $1 \text{ M}_\odot$ , které prodělají velmi silný tepelný impuls po opuštění asymptotické větve obrů a zhroutí se nakonec na pomalu vychládající bílé trpaslíky. Tomu odpovídá infračervená fotometrie FG Sge, kterou v době vzniku prachové obálky kolem hvězdy v srpnu 1992 uskutečnili O. Taranovová a V. Šenavrin. Ukázali, že teplota prachu činila 750 K a že hvězda ztratila plyn a prach o hmotnosti  $2 \cdot 10^{-7} \text{ M}_\odot$ .

## 2.7. Planetární mlhoviny a bílé trpaslíci

Z bezpečnostních důvodů musel být HST v listopadu 2002 po dobu 14 h během očekávaného meteorického deště Leonid natočen směrem k antiradiantu roje, což shodou okolností odpovídá poloze proslulé blízké (200 pc) obří (průměr 1 pc) planetární mlhoviny **NGC 7293 „Hlemýžd“** (Helix). Šťastné shody okolností hbitě využili P. McCullough aj., kteří pořídili mozaiku barevných snímků celého objektu s rekordním rozlišením. Na snímku je vidět horký bílý trpaslík, obklopený složitou strukturou chladného plynu, která se jeví jako dlouhý válec, mřížíc svou osou souměrností přímo k pozorovateli. Planetární mlhoviny se ostatně díky kamere ACS HST stávají nejfotogeničtějšími vesmírnými objekty, jak o tom svědčí snímky mlhoviny **CRL 2688 „Vajíčko“ (2102+3642)** v Labuti nebo **NGC 6543 „Kočičí oko“** v Draku.

Naprostým překvapením v oboru se však v r. 2003 stal objev úhlově **největší planetární mlhoviny**, o nějž se postarali P. Hewett aj. zásluhou probíhající gigantické přehlídky oblohy SDSS. V souhvězdí Sextantu v galaktické šířce  $+48^{\circ}$  totiž našli planetární mlhovinu 1037-0018, ozářenou bílým trpaslíkem PG 1034+001, o neuvěřitelném úhlovém průměru  $2^{\circ}$ , vzdálenou od nás pouhých 160 pc a starou zhruba 100 tis. let. Zmíněné přehlídky SDSS využili H. Harris aj. k vyhledávání **bílých trpaslíků** na ploše 190 čtv. stupňů oblohy. Našli tak 269 nových bílých trpaslíků, což je plných 12% dosud známého počtu bílých trpaslíků na celé obloze. O jejich chemickém složení nás informují rozdílné barvy: namodralí bílí trpaslíci obsahují atomy C, kdežto načervenalí molekuly C<sub>2</sub>. Spektrální třídu DZ mají bílí trpaslíci s čarami Mg, Na a popř. Fe.

Současně přišla dobrá zpráva pro naše vzdálené potomky: bílý trpaslík **Sírius B** nikdy nevybuchne jako supernova Ia, jelikož je dostatečně daleko od Síria A ( $8 - 32$  AU), než aby získal přenosem plynu dostatek hmoty na překročení Chandrasekharovy meze pro stabilní bílé trpaslíky. P. Kervella aj. využili interferometru VLTI ESO k přesnému změření úhlového průměru **Síria A**  $6,04$  mas, což při vzdálenosti  $2,64$  pc vede k lineárnímu poloměru hvězdy A1 V  $1,71 R_{\odot}$  a její hmotnosti  $2,1 M_{\odot}$ . Hmotnost bílého trpaslíka pak vychází na  $1,03 M_{\odot}$  a jeho oběžná doba činí 50 r. Jeho původní hmotnost v době vzniku této nerovné dvojice před 225 mil. lety činila  $7 M_{\odot}$ , takže šlo o ranou hvězdu B5 V, která se za 40 mil. let vznikla na bílého trpaslíka, když předtím ztratila 85% původní hmotnosti.

### 3. Neutronové hvězdy a hvězdné černé díry

#### 3.1. Supernovy a jejich pozůstatky

Podle F. Stephenson a D. Greena bylo během uplynulého tisíciletí pozorováno v naší Galaxii právě **pět supernov** v r. 1006 (Lup – viditelná očima plně 3 roky!), 1054 (Tau), 1\*181 (Cas), 1572 (Cas) a 1604 (Oph). Každou chvíli by se tedy měla objevit další – ve skutečnosti už téměř jistě dálno vybuchla, ale s ohledem na časové zpoždění o tom dosud ještě nevíme...

P. Winkler aj. porovnávali vzhled vláken v pozůstatku **G327.6+14.6** supernovy z r. 1006, která dosáhla vůbec nejvyšší jasnosti z historických supernov  $-7,5$  mag, takže navzdory jižní deklinaci  $-38,5^{\circ}$  byla tehdy od 1. května 1006 pozorována nad jižním obzorem i v Evropě i na Blízkém, Středním a Dalekém východě. Z pozorování v letech 1987 – 1998 tak určili jejich vlastní pohyb  $0,28''/r$ , což v kombinaci s měřeními radiálních rychlostí vedlo ke spolehlivému odhadu vzdálenosti supernovy  $2,2$  kpc. Odtud jim vyšla absolutní hvězdné velikost  $-19,55$  mag, takže šlo určitě o supernovu třídy Ia. K. Long aj. zkoumali pozůstatek držící Chandra a objevili tak jaderné čáry O, Ne, Mg a Si a rázové jevy v rozpínající se mlhovině. Rentgenová měření z družice Chandra umožnila A. Bambovi aj. odhadnout indukci magnetického pole v mlhovině na  $1$  nT, avšak E. Berezhkovi aj. vyšlo asi  $10$  nT. V takovém poli lze urychlit elektrony Fermiho mechanismem až na energie  $100$  TeV jakož i nukleony či atomová jádra a tím vysvětlit původ galaktického kosmického záření.

J. Morgan aj. našli pomocí submilimetrové kamery SCUBA JCMT studený (17 K) i teplý (102 K) prach v pozůstatku po **Kepplerově supernově** z r. 1604. Při vzdálenosti supernovy  $5,5$  kpc to odpovídá asi  $1 M_{\odot}$  v podobě prachu, jenž se postupně rozptyluje do mezihvězdného prostoru. Supernovy jsou tak významnějším dodavatelem prachu než červení obři. Hmotnost předchůdce této supernovy odhadli na plných  $30 M_{\odot}$ .

T. DeLanez a L. Rudnick měřili změny polohy rentgenových vláken v pozůstatku po tajemné supernově **Cas A**, která vybuchla někdy kolem r. 1670, ale nebyla tehdy pozorována očima, ač její radiový pozůstatek je jedním z nejjasnějších objektů na radiové obloze. Na snímcích z družice Chandra je zřetelně vidět rozpínání vláken z centra výbuchu průměrným tempem  $0,21\%/r$ , což je trojnásobek tempa rozpínání vláken radiových. R. Chevalier a J. Oishi odhadli čas výbuchu na rok  $(1675 \pm 5)$  n.l. a spektrální třídu supernovy IIIn nebo IIf. Podle jejich názoru byl předchůdecem supernovy, vzdálené od nás  $3,4$  kpc, červený veleobr, který ztrácí hmotu hvězdným větrem tempem  $2 \cdot 10^{-5} M_{\odot}/r$ . Naproti tomu R. Willingale aj. se domnívají, že předchůdecem byla Wolfsova-Rayetova hvězda o hmotnosti  $20 M_{\odot}$ , která se nejprve obklopila hustou plynoucí obálkou a pak teprve vybuchla. Autoři využili družice Newton k odhadu její vzdálenosti  $3,4$  kpc od nás. Odtud jim pak vyšla hmotnost pozůstatku  $10 M_{\odot}$  a jeho tepelná energie  $7 \cdot 10^{43} J$ . Vyvržený plyn má kinetickou energii  $10^{44} J$  a rozpíná se počáteční rychlostí  $15$  tis. km/s. Výbuch supernovy byl usměrněn do dvou protilehlých výtrysků o vrcholových úhlech  $45^{\circ}$ .

S. Van Dyk aj. využili snímků galaxií v archivu HST k vyhledávání **předchůdců** nedávno objevených supernov. Mezi 16 supernovami tříd II a Ib/c našli tři předchůdce supernov Ib a Ic v podobě velmi svítivých veleobrů o absolutní hvězdné velikosti  $-7,5$  až  $-9$  mag; dále pak tři předchůdce supernov II v podobě červených veleobrů  $-6$  mag. Tím se téměř zdvojnásobil počet známých předchůdců supernov. U tří Ib/c mohou být předchůdci složkami velmi hmotných interagujících dvojhvězd, resp. hvězdami Wolfsovými-Rayetovými.

A. Riess aj. a J. Blakeseelee aj. porovnali snímků pole HDF-N HST se snímků kamerou ACS od května 2002 do dubna 2003, pořízený kamerou ACS a objevili tak **5 velmi vzdálených supernov** do  $27$  mag jakož i dvě supernovy ve středních vzdálenostech ( $z = 0,5$  a  $1,0$ ). Tím se podařilo ověřit tvrzení o tom, že v druhé polovině své existence se vesmír rozpíná zrychleně. Také přehlídka SDSS umožňuje nalézat supernovy, které se prozradí svými spektry. Během let 2000 – 01 tak přibylo celkem 18 supernov třídy Ia, jejichž červené posuvy z spadají do intervalu  $0,05 - 0,14$ .

E. Baron si však povšiml, že některé supernovy třídy Ia mají ve svém spektru vodíkové čáry, ačkoliv podle klasické teorie by tam vodík být vůbec neměl. Nejnovějším příkladem porušení této zásady se stala podle M. Hamuyho aj. **supernova 2002ic**, objevená v listopadu 2002 s kosmologickým posuvem  $z = 0,067$ , tj. ve vzdálenosti  $29$  Mpc. Odtud vychází absolutní hvězdná velikost v maximu  $-20,3$  mag, což jednoznačně svědčí o klasifikaci Ia. Možným vysvětlením výskytu vodíku ve spektru této supernovy je přežití jejího průvodce v podobě červeného veleobraha o hmotnosti kolem  $5 M_{\odot}$ , který ztrácí hodně plynu hvězdným větrem, ale ve své atmosféře má dosud vodík.

Mimořádnou úctu však budí výkon australského astronoma-amatéra R. Evanse (\*1937), který 12. 6. 2003 objevil vizuálně pomocí  $0,3$  m reflektoru **supernovu 2003gd** v galaxii M74 (NGC 628) jako objekt  $13,2$  mag. Spektrum, pořízené dalekohledem WHT,

ukázalo, že jde o třídu II asi 2 měsíce po výbuchu, kdy se plynné obaly rozpínaly rychlostí 8000 km/s. Archivní snímky HST a Gemini-N prokázaly, že předchůdcem byl červený veleobr 26 mag o hmotnosti  $9 M_{\odot}$ , čemuž odpovídá absolutní hvězdná velikost  $-3,5$  mag. Shodou okolností byla v téže galaxii předtím objevena supernova 2002ap s maximem jasnosti počátkem února 2002, jež podle L. Wanga aj. patřila ke třídě Ic a jež je součástí dvojhvězdy, což se projevilo výraznou asymetrií výbuchu. Její absolutní hvězdná velikost dosáhla  $-19$  mag.

Neúnavný R. Evans opět bodoval 29. 7. 2003, když v galaxii NGC 936 objevil supernovu 2003gs 14,0 mag, která byla klasifikována jako třída Ia týden po maximu a své pozorovatelské žně dovršil koncem srpna, kdy objevil supernovu 2003hn 14 mag v galaxii NGC 1448, klasifikovanou jako třídu II týden po maximu. Od r. 1980, kdy se soustavným hledáním supernov začal, jich tak našel celkem 39!

J. Ulvestad a S. Neffová objevili pomocí radiových pozorování VLBA doslova továrnu na supernovy v interagující galaxii **Arp 299**, vzdálené od nás 43 Mpc. Splývající galaxie jsou tak zaprášené, že k hledání supernov se hodí jedině jejich radiové záření. Při splývání galaxií vzniká totiž velké množství mimořádně hmotných hvězd v kompaktních velekupách o průměru pouze 5 pc a svítivosti řádu  $1 M_{\odot}$ , které jsou předurčeny k výbuchu jako supernovy, což se zde učebnicově potvrzuje. V jediné velekupě uvnitř galaxie se totiž nalézá řádově milion hvězd s hmotnostmi  $10 - 30 M_{\odot}$ , takže tam každý rok vybuchuje alespoň jedna supernova – za poslední dekádu se jich podařilo pozorovat.

## 3.2. Radiové pulsary

Rozsáhlé hledání nových pulsarů pomocí 64 m radioteleskopu v australském Parkesu přineslo mimořádný úlovek v podobě prvního binárního pulsaru **J0737-3039** (Pup), jenž se skládá ze dvou neutronových hvězd. Jak uvedla M. Burgayová aj., jejich souhrnná hmotnost dosahuje  $2,6 M_{\odot}$  a kolem společného těžiště obíhají v krátké periodě 2,4 h po dráze o minimální poloosě 430 tis. km při výstřednosti 0,09 průměrnou rychlostí 300 km/s. Soustava, vzdálená od nás pouhých 550 pc, je stará 160 mil. let a k výbuchu supernovy v ní došlo před 100 mil. let. Dosazením do Einsteinova vztahu pro relativistické stáčení periastra oběžné dráhy dostaváme rekordní hodnotu  $17^{\circ}\text{r}$ , tj. čtyřikrát větší než u proslulého binárního pulsaru B1913+16, kde R. Hulse a J. Taylor dokázali existenci gravitačního záření. Toto relativistické stáčení bylo již z prvních měření nově objeveného pulsaru prokázáno v předpokládané velikosti; bohužel se zjistilo, že vinou precese s periodou pouhých 75 let se za několik let vyzařovací kužel pulsaru posune tak, že bude míjet Zemi a v následujících desetiletích pak pulsar přestane být viditelný.

Je však zřejmé, že se předtím podaří odhalit s vysokou přesností i další relativistické efekty, které provázejí oběh dvou těžkých hmot po tak těsné výstředné dráze, takže jde o jedinečný dárek pro relativistickou fyziku. Jak spočítal E. van den Heuvel, neutronové hvězdy nově objeveného pulsaru se slijí díky gravitačnímu vyzařování za 85 milionů let a asi minutu před splynutím vyšlou silný impuls gravitačního záření na frekvencích 30 – 1000 Hz, který by snadno zachytily i současné detektory gravitačního záření. Objev tak blízkého objektu totiž zároveň naznačuje, že k takovému splývání páru neutronových hvězd dochází v dosahu pozemních detektorů v průměru každé 2 roky, a to je velmi dobrá zpráva pro konstruktéry detektorů gravitačních vln.

Dalším cenným úlovkem přehlídky z Parkesu je dle B. Jacobyho aj. objev binárního milisekundového pulsaru **J1909-3744** (Sgr) s impulsní periodou 2,95 μs a oběžnou periodou 1,53 dne. Průvodcem neutronové hvězdy ve vzdálenosti minimálně 600 tis. km je starý bílý trpaslík o povrchové teplotě 8,5 kK. Hlavní předností pulsaru je nepatrná šířka impulsu jen 43 μs, takže jde o relativistické hodiny s velmi kvalitní „ručičkou“. Při již zmíněné přehlídce pomocí radioteleskopu v Parkesu bylo do konce r. 2003 objeveno na 700 nových pulsarů, mezi nimi také pulsar **PKS J1847-0130** (Aql) s nejdelší známou impulsní periodou 6,7 s a současně rekordně silným magnetickým polem 9,4 GT.

C. Bassa aj. zobrazili u binárního milisekundového pulsaru **1911-59A** na periférii kulové hvězdokupy NGC 6752 (Dra) průvodce  $V = 22$  mag, kterým je bílý trpaslík mladší než 2 mld. let. Trpaslík o hmotnosti přes  $0,2 M_{\odot}$  obíhá kolem neutronové hvězdy v periodě 20 h. Podobně P. Edmonds aj. objevili při hledání přechodů exoplanet v **kulové hvězdokupě 47 Tuc** pomocí HST průvodce milisekundového binárního pulsaru s impulsní periodou 2,35 ms. Jasnost průvodce dosahuje 22 mag; jde zřejmě o hvězdu hlavní posloupnosti, která obíhá kolem pulsaru v oběžné době 3,2 h. Dlouhá série snímků ukázala, že jasnost průvodce periodicky kolísá, jelikož hvězda rotuje synchronně s oběžnou dobou, takže její polokoule přivrácená k pulsaru je teplejší než polokoule odvrácená. Ohřev je tak silný, že hvězda se pozvolna vypařuje a skončí jako tzv. černá vdova, takže se nakonec rozplyne. E. Ergma a M. Sarma sledovali zákrytový binární milisekundový (3,65 μs) pulsar **PSR J1740-5430** v kulové hvězdokupě NGC 6397 v souhvězdí Oltáře, jehož průvodcem je heliový bílý trpaslík o hmotnosti  $0,3 M_{\odot}$  téměř vyplňující Rocheův lalok o poloměru  $1,4 R_{\odot}$ , obíhající kolem neutronové hvězdy v periodě 1,35 d. Průvodce přitom zakrývá neutronovou hvězdu se slabým magnetickým polem o indukci jen 80 kT po plných 40% oběžné periody a časem skončí rovněž jako černá vdova. Stáří soustavy se odhaduje na pouhých 350 mil. let.

Klasickou „černou vdovu“ – pulsar **B1957+20** (Sge) s druhou nejkratší impulsní periodou 1,6 ms – zkoumali B. Stappers aj. pomocí rentgenové družice Chandra. Ukázali, že pulsar brázdí Galaxii rychlostí 280 km/s, takže před sebou vytváří obloukovou rázovou vlnu, která je viditelná i opticky. Další rázovou vlnu však vidí právě Chandra, podobně jako kokon vysoce energetických častic a antičástic, jenž obkloupuje pulsar, což obojí je unikát. Jde vlastně o důkaz, že rotační energie pulsaru se postupně snižuje pomocí relativistického „pulsarového větru“. Stáří pulsaru činí asi 1 mld. let, jak vyplývá mj. z nízké indukce magnetického pole neutronové hvězdy. Od své vzniku byl pulsar roztáčen na vyšší obrátky průvodcem, jenž však byl postupně podle principu černé vdovy pulsarem rozpuštěn. Podobnou rentgenově viditelnou obloukovou rázovou vlnu objevili P. Caraveová aj. pomocí družice Newton u známého blízkého pulsaru **Geminga**.

A. King aj. zjistili, že černé vdovy se vyskytují daleko častěji v kulových hvězdokupách než v galaktickém poli. Autoři se domnívají, že za to mohou silné slapy a těsná setkání dvojhvězd uvnitř hustých kulových hvězdokup, které způsobí, že kompaktní průvodci pulsaru (bílí trpaslíci) jsou vyměněni za hmotnější hvězdy větších rozměrů a tito noví průvodci neutronových hvězd přetečou rychle přes Rocheův lalok, čímž urychlí vlastní vypaření. Je dokonce možné, že i polní černé vdovy byly původně součástí některé kulové hvězdokupy, kterou však díky vysoké prostorové rychlosti opustily.

Z profilů tzv. obřích impulsů pulsaru **0531+22** v Krabí mlhovině na frekvencích 5,5 a 8,6 GHz podle T. Hankinse aj. vyplývá, že zdroj impulsů obsahuje struktury menší než 1 m, protože signál obsahuje nanosekundové špičky. Čtvrtý pulsar, vykazující obří impulsy, objevili A. Jeršov a A. Kuzmin ve Velké medvědici (**PSR B1112+50**). Obří impulsy jsou 30× intenzivnější než standardní, takže dosahují na frekvenci 111 MHz maximálního toku až 180 Jy, což je 80× větší energie než ve standardním impulsu, jelikož obří impulsy mají užší profily. Opakují se zhruba po 150 standardních impulsech. První obří impulsy u pulsaru v cizí galaxii odhalili S. Johnston a R. Romani u pulsaru **B0540-69** ve Velkém Magellanově mračnu. Na frekvenci 1,4 GHz převyšuje energie v obřím impulsu pětisíckrát impulsy standardní!

R. Dodson aj. měřili pomocí interkontinentálního radiového interferometru VLBI na frekvencích 2,3 a 8,4 GHz po téměř 7 let vlastní pohyb a paralaxu známého pulsaru **0833-45\*** (Vel), který je vůbec nejjasnějším radiovým pulsarem na obloze a vyznačuje se občasnými skoky (náhlým zkrácením) impulsní periody. Zjistili, že vlastní pohyb pulsaru dosahuje  $0,045''/r$  v pozici úhlu  $301^\circ$ , což nesouhlasí se směrem osy souměrnosti pozůstanku po supernově. Pulsar je od nás nyní vzdálen ( $287 \pm 16$ ) pc. W. Brisken aj. využili systému VLBA ke změření astrometrické paralaxy pulsaru **B0656+14** (Mon/Gem) a obdrželi tak vzdálenost ( $288 \pm 30$ ) pc. Odtud vyplývá poloměr neutronové hvězdy 8 – 16 km a teplota jejího povrchu 1 MK. Pulsar je podle S. Thorsetta aj. starý 86 tis. let a díky vysokému vlastnímu pohybu  $0,044''/r$  urazil od okamžiku výbuchu supernovy po obloze již více než  $1^\circ$ . Jelikož pozůstatek supernovy může být zdrojem kosmického záření o energiích až 10 PeV, může být tento relativně velmi blízký objekt příčinou pozorovaného zvýšení toku kosmického záření o této energii (tzv. „koleno“ energetického spektra galaktického kosmického záření).

C. Wanek uvedl, že typická **rychlosť rotace** nově vzniklé neutronové hvězdy po výbuchu supernovy činí 30 Hz. Pokud má hvězda průvodce, který ji předává hmotu ve směru rotace, pak se postupně rychlosť zvyšuje mechanismem černé vdovy až na frekvence přes 500 Hz, což znamená, že povrch neutronové hvězdy má na rovníku postupnou rychlosť až  $0,2c$ . Pokud by frekvence dosáhly 1 kHz, rozpadne se neutronová hvězda odstředivou silou, ale zdá se, že tato hranice je pro neutronové hvězdy zakletá a nyní už víme, proč. L. Bildsten totiž ukázal, že příliš rychle rotující neutronová hvězda se začne díky odstředivé síle deformovat a deformovaná neutronová hvězda vyzařuje při své rotaci silné gravitační vlny, které odnášejí energii rotace a hvězda se zpomalí. U rentgenového pulsaru **\*SAX J1808-3658\*** (Sgr) pozorovali D. Chakrabarty aj. rychlé mihotání rentgenové jasnosti s frekvencí 619 Hz, které je shodné s rotační periodou. Tento pulsar by měl tudíž vyzařovat gravitační vlny rovněž na této frekvenci, což by usnadnilo jejich detekci pomocí aparatury LIGO.

### 3.3. Rentgenové dvojhvězdy a proměnné

I. Mirabel a I. Rodrigues využili měření rentgenové dvojhvězdy **Sco X-1** pomocí VLBI z r. 1999 a optické spektroskopie z r. 2002 k popisu jejího pohybu v Galaxii. Rentgenová dvojhvězda o nízké hmotnosti složek (LMXB;  $1,4 + 0,4 M_{\odot}$ ), jež kolem sebe obíhají v periodě 19 h, vznikla před více než 30 mil. lety patrně při blízkém setkání hvězd v některé kulové hvězdokupě, protože její galaktocentrická dráha nápadně připomíná dráhy kulových hvězdokup. V současné době je vzdálena  $23^\circ$  od galaktické roviny a ve vzdálenosti 2,8 kpc od jejího centra. Protože má velmi výstřednou dráhu ( $e = 0,87$ ), kolísala její vzdálenost od středu Galaxie v rozmezí 0,5 – 7,4 kpc a od roviny Galaxie se vzdálila maximálně na 4,2 kpc, takže patří do vnitřního galaktického hala.

Titíž autoři zkoumali pomocí snímků HST z let 1996 a 2001 dráhu mikrovassaru **GRO J1655-40** (Sco), který se pohybuje z místa výbuchu supernovy rychlostí 120 km/s a obsahuje černou díru o hmotnosti  $5,4 M_{\odot}$ , doprovázenou podobrem sp. třídy F, obíhajícím v periodě 2,6 d. Dráha soustavy v Galaxii je rovněž vysoce výstředná. Podobně A. Cowleyová aj. studovali vlastnosti LMXB **2A 1822-371** (V691 CrA), která se skládá z neutronové hvězdy o hmotnosti  $1,4 M_{\odot}$  a průvodce  $0,4 M_{\odot}$  s oběžnou dobou 5,6 h. Neutronová hvězda vykazuje rentgenové pulsace jasnosti v periodě 0,6 s a její rotace se měřitelně urychluje, takže tam zřejmě probíhá intenzivní přenos plynu z průvodce. I tato dvojice patří do galaktického hala.

J. Homan aj. objevili vysokofrekvenční kvaziperiodické oscilace (QPO) u přechodného rentgenového zdroje **XTE J1650-500** (Ara) s periodami střídavě 250 a 50 Hz. Jelikož jde opět o LMXB, kde primární složka je patrně černá díra s hmotností  $8 M_{\odot}$ , lze tyto oscilace vysvětlit jako harmonické násobky periody nejnižší stabilní oběžné dráhy kolem černé díry, která se nachází pouhých 30 km nad relativistickým obzorem událostí. Jde už o šestý případ QPO u kandidátek na černou díru.

I. Mirabel a I. Rodrigues dále studovali životní osudy prototypu hvězdných černých dér **Cyg X-1**, což je těsná dvojhvězda s vysokou hmotností složek (HMXB), která vznikla ve hvězdné asociaci Cyg OB3 před 5 mil. lety ve vzdálenosti 2 kpc od nás. Jelikož se vůči asociaci pohybuje relativní rychlosť pouze 9 km/s, vzniká otázka, zda v tom případě vůbec došlo k výbuchu supernovy před zhroucením na černou díru, která má hmotnost  $10 M_{\odot}$ , když předchůdce měl určitě více než  $40 M_{\odot}$ . *Intenzita výbuchu supernovy se totiž paradoxně zmenšuje s rostoucí hmotností hvězdy těsně před výbuchem.* Silné exploze se proto podle J. Birrielové odehrávají jen pro hvězdy s hmotnostmi v rozmezí  $8 - 20 M_{\odot}$ , kdežto v rozmezí  $20 - 45 M_{\odot}$  jsou výbuchy slabé. Při hmotnostech nad  $45 M_{\odot}$  se hvězdy hroutí zcela tiše na černé díry. Jelikož při vzniku Cyg X-1 se vyvrhla pouze  $1 M_{\odot}$ , musela se velká část původní hmoty hvězdy vyměst hvězdným větrem, což dokáží jedině velmi hmotné Wolfovy-Rayetovy hvězdy. Ostatně J. Lazendic aj. ukázali, že supernovy nemusejí vždy skončit jako neutronové hvězdy, ale též jako magnetary nebo anomální rentgenové pulsary (AXP). R. Wagoner uvádí, že takové modely lze ověřovat pomocí rozboru oscilací rentgenového toku, které souvisejí s rotací neutronové hvězdy, čili obdobou klasické asteroseismologie.

H. Quaintrell aj. objevili neradiální oscilace u zákrytové rentgenové dvojhvězdy typu HMXB **Vel X-1** (GP Vel = HD 77581). Pokud je kompaktní složka neutronovou hvězdou, musí mít minimální hmotnost  $1,74 M_{\odot}$ , což by byl pro známé neutronové hvězdy rekord. Průvodce je totiž viditelný v dalekohledu a odtud vyplývá jeho vysoká hmotnost  $28 M_{\odot}$ . P. Jonkert aj. dokázali pomocí VLT proměřit spektrum rentgenové dvojhvězdy **2A 1822-371** (CrA) typu LMXB a odtud určit hmotnost neutronové hvězdy v soustavě na  $(0,97 \pm 0,24) M_{\odot}$ , zatímco průvodce má jen  $(0,33 \pm 0,05) M_{\odot}$ . T. Strohmayer podal na základě pozorování družic ROSAT a Chandra důkaz o zatím nejkratší známé oběžné době pro těsnou dvojhvězdu. Jde o rentgenovou dvojhvězdu **RX J0806+1527** (Cnc), jejíž degenerované složky kolem sebe obíhají v periodě 5,4 min! Oběžná perioda se dle očekávání měřitelně zkracuje díky interakci gravitačního záření a elektromagnetického momentu soustavy.

A. Svidzinsky se zabýval výpočty vnitřní stavby typické neutronové hvězdy o poloměru 12 km. Ve vnitřním jádře hvězdy dosahuje hustota materiálu (hyperony, kvarky a piony) bezmála neuvěřitelné hodnoty  $4.10^{18}$  kg/m<sup>3</sup> a teploty téměř 10 GK. Nad ním se nachází vnější jádro, tvořené elektrony, protony a neutróny a ještě výše vnitřní kůra o tloušťce několika kilometrů, obsahující elektrony, atomová jádra a neutróny, které jsou v této oblasti supratekuté. Konečně na povrchu je neutronová hvězda zapouzdřena ve velmi tuhé vnější kůře o tloušťce stovek metrů a hustotě  $4.10^{14}$  kg/m<sup>3</sup>. Kůra se skládá z elektronů a atomových jader. Neutronová hvězda je pak obklopena tenkou (jen desítky milimetrů tlustou) atmosférou z "normálního" plynu.

Mezi přechodnými zdroji doslova zazářil objekt **V4743 Sgr** (nova Sgr 2002 č. 3), který podle měření družice Newton dosáhl v březnu 2003 rekordní rentgenové jasnosti. v pásmu 0,2 – 10 keV. Rentgenový tok kolísal o pětinu v základní periodě 46 min. Oběžná doba těsné dvojhvězdy však přesahuje 10 h. Podle měření družice Chandra probíhalo v té době pod povrchem bílého trpaslíka dosud termonukleární reakce a kolísání toku odpovídalo pulsacím atmosféry spíše než rotaci bílého trpaslíka. Koncem r. 2003 překročil počet známých rentgenových dvojhvězd hranici 300 objektů. V. Makarov sestavil katalog 100 nejsvítivějších ( $>10^{23}$  W) rentgenových zdrojů do vzdálenosti 50 pc od Slunce. Nejsvítivějším zdrojem vůbec je proměnná **II Peg** (těsná dvojhvězda třídy RS CVn), která dosahuje rentgenového výkonu  $1,8 \cdot 10^{24}$  W. Obecně se v katalogu nacházejí: hvězdy před vstupem na hlavní posloupnost; proměnné po fázi T Tau; dvojhvězdy třídy RS CVn; velmi mladé objekty na hlavní posloupnosti; proměnné typu BY Dra a objekty neznámé povahy. Nejsvítivější jsou dvojhvězdy třídy RS CVn a krátkoperiodické spektroskopické dvojhvězdy. Ve větších vzdálenostech od Slunce pak získávají převahu mladé hvězdy z asociací OB.

### 3.4. Zábleskové (GRB) i trvalé zdroje záření gama

Událostí roku se stal objev velmi jasného **GRB 030329** (11,37 h UT) v poloze 1044+2131 (Leo), který družice HETE-2 sledovala plných 50 s a který dokonce měřitelně zvýšil ionizaci zemské ionosféry, navzdory kosmologické vzdálenosti zdroje od nás. Jeho optický dosvit 12 mag byl objeven o 67 min později R. Satem v Japonsku (ten po poplachu z internetu pádlil na střechu svého domu, kde má 0,3 m reflektor s kamerou CCD) a o 88 min později D. Smithem aj. v Austrálii robotem ROTSE-III (uvedeným do chodu týden předtím!) a sledován pak od dalšího dne mj. 6,5 m dalekohledy Baade a MMT po několik dalších týdnů, podobně jako dosvit v měkkém rentgenovém oboru (A. Tiengo aj.).

Poměrně nízký červený posuv mateřské galaxie  $z = 0,17$  (vzdálenost 800 Mpc; jasnost slabší než 22 mag) dával podle S. Dada aj. naději, že bude možné pozorovat i spektrum hypernovy, což se vzápětí potvrdilo, když podle K. Stanka aj. a T. Mathesona aj. spektrum dosvitu z 8. 4. 2003 jevilo rozložení energie velmi podobné hypernově 1998bw asi týden před jejím maximem. Poslední spektra dosvitu pořídili K. Kawabatta aj. 8,4 m dalekohledem Subaru počátkem května 2003, kdy se ukázal typický modrý přebytek ve spojitém spektru jakož i emisní a široké absorpční čáry, podobně jako u hypernov 1997ef a 1998bw přibližně měsíc po explozi. Nová hypernova dostala označení 2003dh a klasifikaci Ic pec.

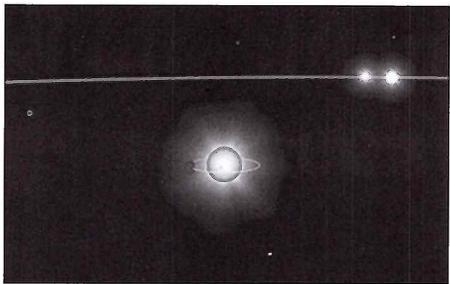
Podrobnější rozbor všech pozorování naznačoval, že v době záblesku GRB mohl být **optický protějšek** krátce viditelný očima (cca 5 mag), a jeho celkový zářivý výkon  $1 \text{ PL}_0$  na krátkou chvíli *přesáhl standardní zářivý výkon celého pozorovatelného vesmíru!* Dodatečně se však ukázalo, že K. Torii aj. pozorovali zmíněné pole shodou okolností nepřetržitě od 97 min. před explozí až po 83 min po explozi, a v té době se v zorném poli neobjevilo nic jasnějšího než mezní hvězdná velikost přehlídky 5 mag. Podle E. Bergera aj. byl tento výkon usměrněn do protilehlých výtrysků s vrcholovými úhly pouhých 5°, ale většina zářivé energie se nakonec rozprostřela do dosvitu se širším záběrem. Autoři odhadují, že celý úkaz uvolnil úhrnem  $10^{44}$  J zářivé energie, avšak jeho kinetická energie dosáhla dle P. Mazzalihho aj. dokonce  $4 \cdot 10^{45}$  J a absolutní hvězdná velikost hypernovy činila v maximu –19,8 mag.

**Relativistické výtrysky** jsou podle J. Greinera aj. zprvu silně polarizovány díky chaotickým magnetickým polím, což polarizační měření dosvitu potvrdila. Družice Chandra zaznamenala v rentgenovém dosvitu jaderné spektrální čáry těžkých prvků, což prokázalo, že šlo o hrucení a následnou explozi hmotné hvězdy. Pozorování tak dle P. Priceho aj. a J. Hjortha aj. odpovídá modelu **kolapsaru** S. Woosleyho z r. 1993. Ve shodě s modelem se nitro Wolfovy-Rayetovy hvězdy o původní hmotnosti  $25 M_\odot$  bleskově zhroutilo na černou díru o hmotnosti  $10 M_\odot$ , což však současně vyvolalo obří energetický výtrysk, jenž spolu s hvězdnou vichřicí rozbil vnější vrstvy hvězdy na čáry, které se rychlosťí 35 tis. km/s rozepnuly do okolního prostoru. Statistika říká, že tak mimořádně blízká vzplanutí GRB lze pozorovat v průměru jednou za desetiletí.

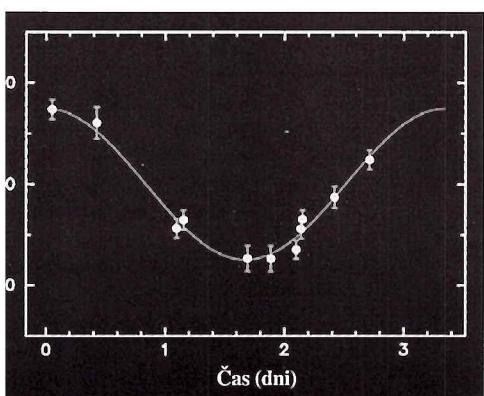
Naprostým unikátem se stalo dle P. Garnaviche aj. pozorování **supernovy 2001ke**, která vzplanula v polovině listopadu 2001 v poloze 1134-7601 (Cha), když její výbuch zaznamenal přehlídkový dalekohled OGLE, určený pro hledání gravitačních mikročoček. Pouhých 10 h po objevu pořídil Baadeův teleskop v Las Campanas její spektrum, které vykazovalo kosmologický červený posuv  $z = 0,36$ , což odpovídá vzdálenosti objektu 2,1 Gpc. O týden později se na téma místě objevil **GRB 011121**, zatímco supernova stále zvyšovala svou jasnost a dosáhla maxima 12 dnů po GRB. Tato souhra okolností výrazně posílila domněnku, že dlouhotrvající ( $>2$  s) GRB jsou důsledkem gravitačního zhroucení niter velmi hmotných hvězd při výbuchu supernov. Přitom dlouhotrvající vzplanutí představují asi 2/3 všech pozorovaných úkazů GRB. Podobně L. Rigon aj. zjistili, že na místě GRB 980910 v poloze 1317-1833 (Vir) vybuchla 15. ledna 1999 (zpozdění téměř 4 měsíce není asi reálné, protože předešlý snímek oblasti pochází z konce července 1998) hypernova 16 mag v anonymní galaxii s červeným posuvem  $z = 0,026$ , což odpovídá absolutní hvězdné velikosti jasnější než –19,5 mag.

Mimořádně dlouhé **GRB 011211** v poloze 1115-2156 (Hya) a trvání 270 s (!) umožnilo studovat pomocí družice Newton rentgenové spektrum zdroje, v němž J. Reeves aj. našli jaderné emise Mg, Si, S, Ar, Ca a Fe, posunuté díky rozpínání plynného obalu zdroje rychlosťí 30 tis. km/s. V první fázi po výbuchu byly vidět pouze čáry Si a S. Optické spektrum dosvitu, pořízené 11 h po vzplanutí, dalo červený posuv zdroje  $z = 2,14$ , odkud vyplývá izotropně vyzářená energie  $5 \cdot 10^{45}$  J.

T. Matheson aj. a D. Bersier aj. využili rychlé identifikace optického dosvitu **GRB 021004** k jedinečnému sledování spektrálních změn dosvitu během prvních tří dnů po vzplanutí. Objekt v poloze 0026+1855 (Psc) byl objeven družicí HETE-2 a rychlé rozšíření údajů o poloze umožnilo již po 49 s od exploze sledovat fotometricky příslušnou chybovou plošku. Do pozorování se postupně zapojilo 33 pozemních dalekohledů včetně obřích teleskopů o průměrech zrcadel 6,5 m (Baade a MMT).



Záhadou je aj formovanie planét – horúcich Jupiterov. Planétológovia predpokladajú, že obrie planéty, ktoré sa začínajú formovať v protoplanetárnych diskoch, mohli vzniknúť iba na jeho vonkajších, od hviezdy vzdialených častiach disku, až potom, postupne, po špirale, priblížiť sa k materskej hviezde. Objav trojice gravitáciou tesne previazaných hviezd túto teóriu spochybnil. V tomto systéme (pozri obrázok) sa obrie planéty vo vonkajších častiach disku sformovali nemohli.



Graf znázorňuje „záškľb“ hviezdy, spôsobený gravitáciou obrej planéty HD 188 753 Ab. Planétu objavili meraním radiálnej rýchlosť. Pohyb planéty zviditeľňuje zmenu rýchlosť (os y) oproti času (os x). V balíku svetla vyžarovaného tromi hviezdam bolo meranie uhlovej rýchlosť najväčšej z nich mimoriadne ľahké.

protoplanetárnom disku sa v priebehu 100 miliónov rokov vytvorí tak planéty s hmotnosťou Zeme, ako aj trojnásobne hmotnejšie terestrické telesá.

George Wetherhill z Carnegie Institution of Washington vypočítal, že v Kuiperovom páse by bez Jupitera a Saturna bolo oveľa viac komét, ako pozorujeme dnes. Z Wetherhillových výpočtov vyplýva, že na to, aby sme boli schopní vytvoriť Jupiter vo vzdialosti 5 AU z modelu jadra nabalujúceho hmotu protoplanetárneho disku, museli by sme hustotu disku zvýšiť až sedemnásobne.

Ak by sme pri výpočtoch zohľadnili takúto hustotu disku, potom by nám vyšlo, že vnútorné, terestrické planéty by mali hmotnosť v rozpäti od 3 až po 21 hmotnosť Zeme. Toto rozpätie hmotností je v dobrej zhode s telesami, ktoré planétológovia zaradili do kolónky „horúce Neptúny“.

Nuž naozaj: nový typ planéty je na obzore. Budú to skôr Superzemě ako ľadoví obri.

Podľa JPL NASA

# Polovica exoplanét má najmenej dve slnka

V filmovej ságe Star Wars mal klan Skywalkerov svoj domov na Tatooine, púšťou pokrytej planéte, ktorá obiehalo dve slnka. Teoretici sa rozhodli zistiť, či takýto systém môže existovať.

Viac ako polovica hviezd v našej Galaxii má prinajmenšom jedného súpútnika. Na druhej strane zvyše 160 doteraz objavených exoplanét iba 20 krúži okolo jednej hviezdy dvojhviezdneho systému. Onedlho podiel takýchto planét stúpne, pretože dvojhviezdnym systémom sa lovci exoplanét zámerne vyhýbali, nakoľko interakcie dvoch sesterských hviezd znemožňujú presnejšie meranie gravitačného vplyvu planét na ich pohyb.

Najnovšie simulácie na počítačoch ukazujú, že planéty (aj terestrické) sa môžu sformovať i v dvojhviezdom systéme.

Jack Lissauer z Ames Research Center (NASA) tvrdí: „Z našich modelov vyplynulo, že terestrická planéta môže obiehať okolo materskej hviezdy v tesnej i volnej dvojhviezdnej sústave.“ O voľnej hovoríme vtedy, ak hviezdy v sústave delí niekolko astronomických jednotiek (AU). V takomto prípade môžu mať vlastné planetárne sústavy obe hviezdy.

V tesnom binárnom systéme je situácia zložitejšia: ak hviezdy v dvojhviezde delí iba jedna astronomická jednotka (čo je vzdialenosť Slnko/Zem) alebo obiehajú spoločne ľahkisko ešte v menšej vzdialnosti, planéta alebo planéta môžu krúžiť okolo oboch. Rovnako ako Tatooine zo Star Wars. Tieto planéty sa však hľadajú oveľa ľahšie.

Lissauer a jeho tím skúmali, aké dvojhviezne sústavy sú pre planéty výhodné. Výsledky ich simulácií na počítači môžu byť na dobrej pomoci lovcom planét.

Najskôr použili model, ktorý štartoval so 14 veľkými planétarnými embryami a 140 planetesimálmi, obiehajúcimi jednu alebo obe hviezdy dvojhviezdneho systému. Evolúciu týchto balíkov hmoty podmieňujú vzájomné kolízie a gravitácia. Zo všetkých simulácií vyplynulo, že aj v takýchto podmienkach sa môžu sformovať terestrické planéty so stabilnými dráhami.

Vedcov zarazilo, že nie všetky modely priprustili formovanie planét vo vzdialosti 1 AU, v zelenom páse, kde sa na planéte môže vyvinúť život. V prípade voľných dvojhviezied sa Zemi podobné planéty sformovali iba vtedy, keď vzdialenosť hviezd neklesla pod hranicu 7AU. Podľa stelárnikov vyše polovice zo známych dvojhviezdz túto podmienku splňa.

Vedeči namodelovali aj trojhviezdný systém Alpha Centauri, kde je vzdialenosť dvoch najbližších hviezd 11 AU. Ukázalo sa, že sekundárna hvieza funguje v systéme podobne ako Jupiter v našej sústave – určuje,

kde sa planéty môžu formovať. Z výsledkov simulácie vyplýva, že okolo oboch hviezd (Alpha i Beta Centauri), by sa mohlo sformovať niekolko terestrických planét!!!

Obrie planéty sme zatiaľ v systéme Alpha Centauri neobjavili, ale prítomnosť malých nemožno vylúčiť.

V modeloch tesných dvojhviezied sa planéty sformovali iba pri jednej z hviezd. Keď vedeči vzdialenosť medzi hviezdami zväčšovali, obežné dráhy planét sa z kruhových premenili na elliptické, čo vznik a vývoj života na nich v dôsledku extrémnych výkyvov teploty takmer vylučuje. Navyše poruchy pohybov tesných dvojhviezied môžu periodicky spôsobiť výrony hmoty do medziplanetárneho priestoru s fatalnými dôsledkami pre biosféru terestrických planét.

Lovci planét začali teda študovať aj dvojhviezdy. Ibaže nepriama detekcia planét v dvojhviezdom systéme je oveľa ľahšia ako v prípade osamotenej hviezdy. Väčšina z doteraz objavených exoplanét bola detegovaná technikou merania radiálnej rýchlosť, pri ktorej prítomnosť telesa prezrádza dopplerovský posun v spektri materskej hviezdy. Efektívnosť tejto techniky pri dvoj- či viachviezdených sústavach klesá takmer na nulu.

Alternatívou metódou detegovania exoplanét sú periodické zákryty hviezdy obiehanou planétou, prezrádzajúce sa periodickým poklesom svietivosti. Lissauer nevylučuje, že touto metódou možno detegovať aj planétu v dvojhviezdenej sústave, ibaže v prípade tesných dvojhviezied „s tým budú ľahšosti“.

Tesná dvojhvieza vyžaruje svetlo ako jedno teleso, takže zákryty jednej, prípadne oboch hviezd sústavy planétou či planétami sa neobyčajne ľahko pozorujú. Meranie hodnôt periodického zjasnenia a pohasinania jednej z hviezd tesného systému si vyžaduje speciálny algoritmus.

Aj v takomto systéme však môže nastáť situácia, ktorá je pre lovcov exoplanét výhodná. Keď hviezdy tesnej dvojhviezdy (žiariaci ako jedno teleso) obiehajú v zornej líniu pozorovateľa, pŕistroje by mali zaznamenávať (ak nejde o dvojčičky s rovnakými parametrami) periodické zmeny fyzikálnych i chemických vlastností. Každá „zákryvajúca“ hvieza má totiž vlastný, nezameniteľný odtačok. Ak sa ukáže, že tieto „vzájomné zákryty“ nie sú periodické, poruchu môže spôsobať iba planéta či planéta.

Kto objaví prvú exoplanétu typu Tatooine? Súťaž ešte nemá víťaza, pretože exoplanéta, obiehajúca dvojhviezu v guľovej hviezdope M4 (pozri Kozmos 2005/2), ešte nebola definitívne potvrdená.

NASA Press Release

# O rotácií planét

Spoločnou vlastnosťou vesmírnych objektov v celej škále ich rozmerov sú dva ich prejavys – pohyb a rotácia. Podľa zákona zotrvačnosti každé teleso zotrívá v pokoji alebo v priamočiarom pohybe, pokiaľ ho vonkajšie sily nedonútia takýto stav zmeniť. Tento zákon platí aj pre rotačný pohyb telies. Rotácia je teda prirodzená vlastnosť objektov od elementárnych častíc až po galaxie. Ani telesá Slnečnej sústavy netvoria výnimku. Súčasná rotácia Slnka, planét, ich mesiacov a medziplanetárnej hmoty je vlastnosť, ktorú tieto telesá dostali do vienka už pri svojom vzniku. Mieru pohybu telies okolo centrálneho telesa, ako aj ich rotačného pohybu možno popísat momentom hybnosti. Veľkosť momentu hybnosti, napr. planéty obiehajúcej okolo Slnka, je daná súčinom jej dráhovej rýchlosťi, hmotnosti a vzdialenosťi, v ktorej obieha. Moment hybnosti sa v izolovanej sústave nemení. Vyjadruje to zákon o zachovaní momentu hybnosti. Priamym dôsledkom zachovania momentu hybnosti je nerovnomernosť pohybu telies po eliptickej dráhe, ktorú popisuje 2. KeplEROV zákon. Moment hybnosti je vektorová veličina, a preto je stála nielen jej veľkosť, ale aj jej smer. Vektor momentu hybnosti je vyjadrený ako vektorový súčin vektora vzdialenosťi od Slnka a vektora hybnosti (súčin hmotnosti a vektora rýchlosťi) a je preto kolmý na obidva z nich, a teda je aj kolmý na rovinu dráhy. Pria-mo z tohto vyplýva podmienka, že dráha planéty musí ležať v rovine.

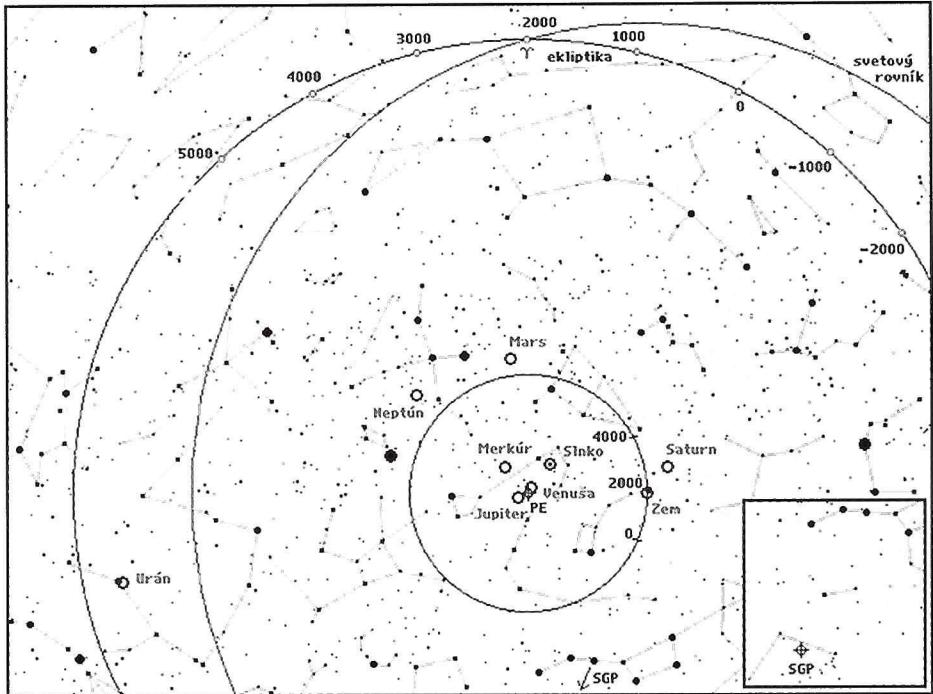
Celkový moment hybnosti získala Slnečná sústava z pôvodnej hmloviny, ktorej pohyb bol ovplyvnený diferenciálnou rotáciou časti Galaxie, z ktorej vznikla. Takmer celú časť tohto momentu pôvodne prevzalo Praslnko pri jeho kontrakcii. Neskôr odovzdalo Slnku takmer celý svoj moment hybnosti do okolitého protoplanetárneho disku, z ktorého sa neskôr vytvorili planéty a ostatné objekty, a tie si tento moment zachovali. Napriek tomu, že hmotnosť Slnka predstavuje takmer 99,9 percent hmotnosti celej Slnečnej sústavy, vo svojom pohybe skrýva len asi 0,5 percenta momentu hybnosti Slnečnej sústavy. Zvyšných 99,5 percenta je v obežnom a čiastočne aj v rotačnom pohybe planét, a to najmä v pohybe Jupitera a Saturna. Tak, ako sa zachová celkový moment hybnosti Slnečnej sústavy, zachováva sa aj pre každé teleso moment hybnosti vyplývajúci z jeho rotácie. Preto sa bez prípadných vonkajších sil nemení rýchlosť jeho rotácie, no ani orientácia jeho rotačnej osi.

Rotačný pohyb najlepšie opisujú dva základné parametre. Sú to smer rotačnej osi a periódna rotácie vystihujúca uhlovú rýchlosť libovoľnej časti telesa. Polohu osi väčšinou popisujeme sklonom rovníka rotujúceho telesa k ekliptike a dĺžkou výstupného uzla rovníka telesa. Vzhľadom na to, že dĺžku výstupného uzla meriame od jarného bodu, ktorý sa na oblohe posúva, musí byť údaj viazaný k epochi, na ktorú sa vzťahuje. Druhým spôsobom je poloha smeru napr. severnej osi na svetovej sfére. Periódna rotácia sa obyčajne udáva vzhľadom na hviezdné pozadie, a je teda siderická.

Ak je smer rotácie súhlasný so smerom obehu telesa okolo jeho centrálneho telesa, hovoríme o rotácii prográdnej, a ak je opačný, rotáciu nazývame retrográdnou. Ak perióda rotácie je v celočíselnom pomere s obežnou dobou, hovoríme o viazanej rotácii. Telesá nemajúce pevný povrch sa v dôsledku rôznych príčin neotáčajú ako kompaktné telesá. Ich rovníkové oblasti rotujú rýchlejšie ako polárne. Toto nazývame diferenciálna rotácia. Ak do rotačného pohybu zasahujú

teoretické úvahy o tom, kde a ako dlho trvá noc a deň. V súčasnej dobe letov kozmických sond k planétam však táto otázka prestáva byť teoretickou. Druhým pohľadom na rotáciu telies je pozemské pozorovanie rôznych úkazov, ktoré s nhou súvisia. Z obidvoch pohľadov sa pozrieme na jednotlivé planéty a začneme Zemou.

Pozorovateľovi žijúcemu na otáčajúcom sa telesu rotačný pohyb vytvára ilúziu obehu všetkých pozorovaných vesmírnych objektov okolo tohto telesa. Bez znalostí skutočnej vlastnosti pohybu objektov Slnečnej sústavy nie je jednoduché zdanlivé vymeniť za skutočné. Preto trvalo ľudstvu tolké tisícročia, kým pochopilo pravú príčinu pohybu vesmírnych telies na oblo-



Obr. 1. Priemet severných pôlov rotačných osí na svetovú sféru.

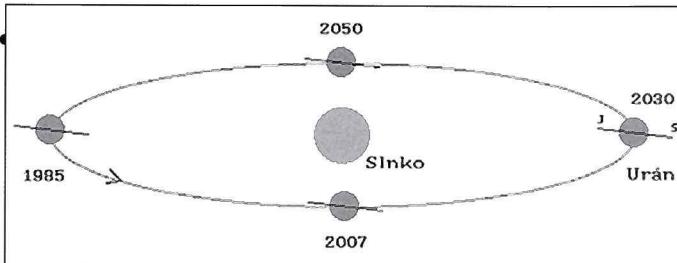
vonkajšie sily, nútia rotáciu spomaľovať alebo zrýchlovať, no zároveň sa snažia aj meniť sklon osi. Spôsobujú tak precesný pohyb rotačnej osi.

Rotácia telies v Slnečnej sústave významne ovplyvňuje tepelné pomery na nich. Otáčanie zabezpečuje pravidelné striedanie dňa a noci. Rovnomernosť distribúcie slnečného žiarenia po povrchu je podmienená sklonom rotačnej osi. Telesá s osou kolmou na rovinu obehu okolo Slnka majú veľké rozdiely medzi tokom žiarenia v rovníkových oblastiach a v polárnych. Aj keď slnečné žiarenie dopadá na obe oblasti rovnako dlho, na rovník dopadá kolmo a tok žiarenia na plochu je teda maximálny, kým na póloch je takmer nulový. Na telesách tak rovnomerne narastajúcou vzdialenosťou od rovníka dochádza k poklesu v ohrievaní povrchu a vznikajú akési klimatické oblasti. Telesá majúce rotačnú os odchýlenú od kolmice na rovinu ich obehu sa počas obehu okolo Slnka striedavo k Slnku prikláňajú svojím južným a severným pólom a nastávajú na nich sezónne zmeny podobné ročným obdobiam na Zemi.

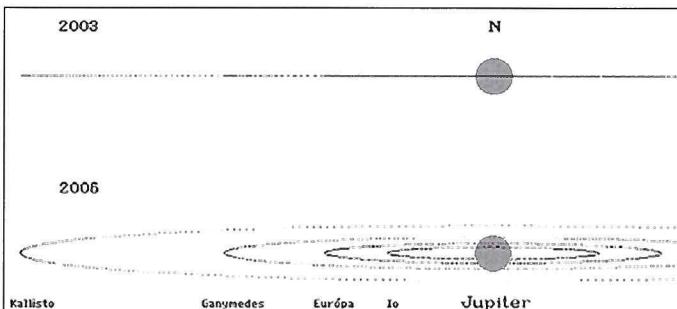
Pre ľudstvo má určite najväčší význam rotácia Zeme. Aj keď ju priamo nepocitujeme, o to viac vnímame jej dôsledky. Rotácie ostatných telies sa nás bezprostredne netýkajú a prinášajú skôr

he. Rotácia Zeme spôsobuje striedanie dňa a noci, a tak udáva rytmus celej živej a neživej prírode. Sklonená zemská os spôsobuje, že pri obehu Zeme okolo Slnka sa striedajú ročné obdobia. Čažko povedať, či tieto rytmusy sú pre život nutné, alebo živočíchy boli donútené zvyknúť si na ne.

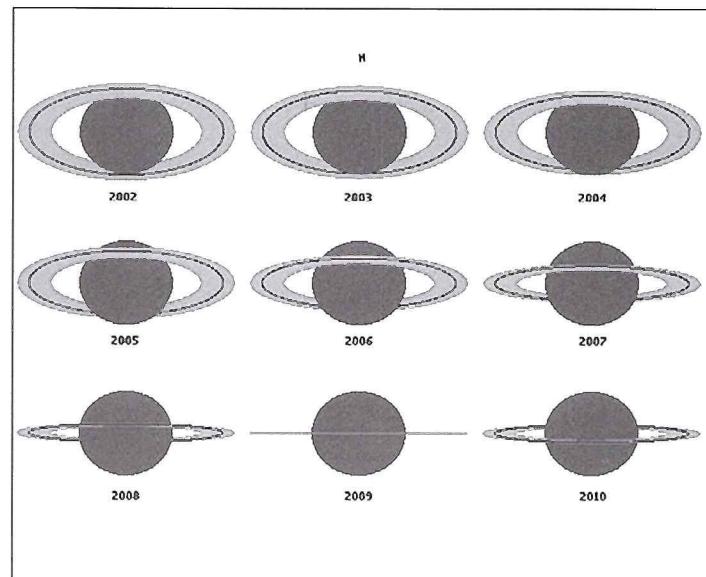
Zemská os svojím severným koncom v súčasnosti smeruje k Polárke. Jej južný koniec teraz smeruje do súhvezdia Oktant. Sklon osi, správnejšie odklon osi od kolmice na rovinu obehu Zeme, je v súčasnosti asi 23,44 stupňa, a táto hodnota postupne narastá. Poloha zemskej osi nie je stála, ale pomaly sa natáča okolo osi kolmej na ekliptiku tak, že asi za 25 800 rokov vykreslí v priestore kužeľovú plochu a jej severný koniec na oblohe opíše neuzatvorenú krvku podobnú kružnici so stredom v severnom póle ekliptiky. Tento pohyb nazývame precesia a je spôsobený spoločným gravitačným vplyvom Slnka a Mesiaca na malý prebytok hmoty Zeme v jej rovníkových oblastiach vyplývajúci z jej sploštenia. Hovoríme preto o tzv. lunisolárnej precessii. Malou mierou k precesnému pohybu Zeme prispievajú aj planéty. Celkove tak hovoríme o všeobecnej precessii. Natáčanie sa uzlovej priamky Mesiaca navyše spôsobuje periodické



Obr. 2. Orientácia osi Uránu.



Obr. 3. Pohyb Galilejho mesiacov pri pohľade zo Zeme.



Obr. 4. Časový vývoj sklonenia prstencov Saturna pri pozorovaní zo Zeme.

kývavé pohyby zemskej osi s periódou asi 18,6 roka a s amplitúdou len okolo  $9^\circ$ . Túto periodickú zmenu nazývame nutácia. Precesia a aj nutácia spôsobujú problémy pri popisovaní polohy telies na oblohe. Najčastejšie tieto polohy popisujeme rovníkovými súradnicami, ktorých základná rovina je rovina zemského rovníka, a tá sa v dôsledku precesie neustále mení. Prejavuje sa to posunom jarného bodu pozdĺž ekliptiky, ktorý celú prejde tiež asi za 26 tisíc rokov. Rovníkové súradnice vesmírnych objektov sa preto musia vzťahovať vždy na nejaký konkrétny dátum – ekyvinokcium. Obyčajne sa používa významný dátum, napr. 1. 1. 2000 o 12:00 UT, ktorý potom nazývame epocha.

Ako je to s rotáciami ostatných telies Slnečnej sústavy? Smery, do ktorých smerujú severné konce osí planét aj Slnka, sú zaznačené v obrázku 1. Nájdeme tu severný pól ekliptiky PE. Jej južný pól smeruje do súhviedzia Mečiar. Kružnica v strede obrázku popisuje zmenu smeru zemskej osi spôsobenú precesiou. Zobrazený je aj posun jarného bodu po ekliptike, ktorý je tiež dôsledkom precesie. Pre úplnosť je na obrázku vynesený aj severný pól Galaxie SGP, ktorý je z priestorových dôvodov zobrazený na prídavnej mapke. Južný galaktický pól leží v súhviedzí Sochár.

Opis rotačných vlastností telies začнемe Slnkom. Rotácia Slnka je dobrým príkladom diferenciálnej rotácie, pretože slnečné teleso sa na svojom rovníku otočí raz za 25 dní, kým na póloch asi raz za 35 dní. Rovníkové oblasti preto predbiehajú oblasti vyšších heliografických šírok. Slnečný rovník je k rovine ekliptiky, a teda približne aj k rovine obehu planét, sklonený asi o  $7^\circ 15'$ . Severný pól Slnka sa k Zemi najviac prikľaňa v septembri a južný v marci. Ako bolo spomenuté, z pôvodného momentu hybnosti si Slnko ponechalo naprieck svojej hmotnosti len veľmi malú časť, ktorá je ukrytá v pomerne pomalej rotácii a v jeho pomalom pohybe okolo fažiska Slnečnej sústavy. Fažisko Slnečnej sústavy sa väčšinu času nachádza mimo telesa Slnka. Spôsobuje to najmä pohyb Jupitera a Saturna. Zaviesť súradnice na diferen-

ciálne rotujúcim telesom je veľmi zložité. Pre Slnko sa preto ako východisková berie rotácia tzv. Carringtonovho poludníka a z nej sa odvádzá Carringtonova otočka. Jedna Carringtonova otočka trvá 27,2753 dňa.

Merkúr má veľmi zvláštne rotačné pomery. Obežná doba Merkúra je 87,969 dňa a jeho rotačná períoda je asi 58,646 dňa. Pomer týchto dôb je presne 3:2. Rotácia Merkúra je v rezonancii s obežnou dobou, a je teda viazaná. Tento stav vznikol dlhodobým slapovým pôsobením Slnka na Merkúr, a to hlavne preto, že planéta má veľmi výstrednú dráhu. Sklon osi je kolmý na rovinu jeho obehu, teda na Merkúre nenastávajú ročné obdobia. Pre pozorovateľa na jeho póle sa preto Slnko pohybuje po obzore. Pri zdánlivom pohybe Slnka pri pohľade z Merkúra dochádza k istej zvláštnosti. V dôsledku veľkej výstrednosti dráhy sa v okolí perihélia dráhová rýchlosť zvýši natoliko, že zdánlivý pohyb Slnka na oblohe vyplývajúci z obežného pohybu prevyši pohyb vyplývajúci z rotácie Merkúra a na oblohe tak vykoná akúsi slučku. Slnko sa zdánlivovo spomaluje, až sa zastaví a začne sa po dobu asi 10 našich dní pohybovať v opačnom smere, a potom znova pokračuje v priamom pohybe. Na oblohe sa posunie späť asi o 3 stupne. Tento úkaz nastáva každých 88 dní, no z daného miesta ho možno pozorovať len počas každého druhého prechodu perihéliom, keď je Slnko nad obzorom. V danom mieste povrchu planéty úkaz nastáva vždy v tom istom azimutede a výške nad obzorom. Na povrchu Merkúra sú tak dva poludníky, v blízkosti ktorých možno pozorovať, ako Slnko vyjde, po niekoľkých dňoch sa vráti späť pod obzor, a potom zas už definitívne vyjde, aby po 88 dňoch zapadol podobným spôsobom na západ.

Najpomalšiu rotáciu z planét Slnečnej sústavy má Venuša. Jedno jej otočenie okolo osi trvá až 243 dní, a je to dlhšie ako jej obeh okolo Slnka, ktorý je len asi 225 dní. Sklon rovníka k rovine obehu je  $178^\circ$  a znamená to, že rotuje retrográdne. V dôsledku opačnej rotácie sa Slnko na oblohe Venuše zdánlivu pohybuje opačne ako na Zemi. Deň na Venuši trvá asi 117 pozem-

ských dní. Rotačná os je takmer kolmá na rovinu obehu, a preto ani na Venuši nenastávajú ročné obdobia. Napriek tomu sú ale teploty na povrchu pomerne vyrovnané, to však súvisí s jej veľmi hustou atmosférou.

O rotácií Zeme sme povedali v úvode. Tu ale treba uviesť ešte zaujímavosť týkajúcu sa jej prirodenej obežnice – Mesiaca. Mesiac má viazanú rotáciu, ktorá je v rezonancii 1:1 s jeho obežnou dobou. Jeho rotačná períoda sa preto rovná siderickej obežnej dobe a je asi 27,3 dňa. Takto rotácia Mesiaca bola vynútená slapovými silami Zeme. Z tohto dôvodu je Mesiac vždy privrátený tou istou stranou k Zemi. Slapové sily spôsobujú, že Zem postupne odvzdáva malú časť svojho momentu hybnosti Mesiaci. Táto skutočnosť spôsobuje pomalé spomaľovanie rotácie Zeme (asi 2 milisekundy za storočie) a zvyšovanie dráhovej rýchlosťi Mesiaca a z toho vypĺvajúce jeho postupné vzdialovanie sa od Zeme o hodnotu asi 4 centimetre za rok. Aj keď je sklon roviny dráhy Mesiaca k ekliptike asi  $5,1^\circ$ , sklon osi má len asi  $1,3^\circ$ . Mesiac vykonáva zdánlivé kývavé pohyby, a preto z povrchu Zeme môžeme pozorovať až asi 60% mesačného povrchu. Tieto pohyby nazývame libracie. Najviac sa tu podielajú nerovnomernosti v pohybe Mesiaca po eliptickej dráhe a paralaktické posuny pri pozorovaní zo Zeme. No Mesiac vykonáva aj drobné kývavé pohyby, ktoré voláme fyzické libracie. Tieto sú dôsledkom pôsobenia gravitačných síl Zeme na nehomogenity vo vnútornnej stavbe Mesiaca.

Mars má rotačné podmienky veľmi podobné Zemi. Sklon jeho osi je  $24,8^\circ$  a rotačná períoda je 24 hod. a 37 minút. Teda podmienky na striedanie dňa a noci a zmien ročných období sú na Marse veľmi podobné ako na Zemi.

Nasleduje skupina obráhových planét, ktorých povrch nie je pevný, a preto úvaha o pozorovaní z nich je len teoretická. Jupiter z pôvodného momentu hybnosti prahmloviny získal najviac. Vďaka za to najmä svojej hmotnosti, dráhovej rýchlosťi a vzdialenosťi od Slnka, ale aj rýchnej rotácii, ktorá je 9 hodín 50 minút. Miesta na rovníku sa pohybujú obvodovou rýchlosťou asi

45 tisíc km/hod, čo je asi 12 km/s. Na slnečnom rovníku je to len asi 7 tisíc km/h, teda asi 2 km/s. V dôsledku veľkej odstredivej sily je teleso Jupitera výrazne sploštené. Rotačná os je od kolmice na rovinu obehu okolo Slnka odklonená len asi o  $3,1^\circ$ . Takmer presne v rovine rovníka planéty obiehajú aj jeho štyri najväčšie mesiace – Io, Európa, Ganymedes a Kallisto.

Rýchlu rotáciu sa vyznačuje aj Saturn. Rotačná perióda trvá len 10 hodín a 14 minút. Vzhľadom na nízku hustotu rýchla rotácia spôsobuje Saturnu ešte väčšie sploštenie, ako má Jupiter. Sklon roviny rovníka k rovine obehu je asi  $26,7^\circ$ . V rovine rovníka leží aj prstenec planéty. Veľkou zvláštnosťou v rotácii planét je Urán. Tiež rotuje rýchlo. Okolo svojej osi sa otočí za 17 hod. 18 min. Sklon roviny jeho rovníka je  $97,9^\circ$ , čo prezrádza jeho retrográdnu rotáciu. Rotačná os leží takmer v rovine jeho obežnej dráhy a je od nej odklonená len asi  $7,9^\circ$ . Pre myšlieného pozorovateľa na jednom z pôlov Uránu preto Slnko takmer polovicu obežnej doby, ktorá je asi 84 rokov nezapadne, lebo je cirkumpolárne, a druhú polovicu tohto obdobia nevyjde. Ak by sme boli na severnom pôle Uránu v čase, keď severný koniec osi smeruje k Slnku (napr. v 1985), Slnko by tam s pe-

riódou 17 hodín krúžilo okolo zenitu majúc zentrovú vzdialenosť asi  $8^\circ$ . Priemer kružnice, ktorú by zdanivo opisovalo, by pomaly narastal, až asi po 21 rokoch by sa dostalo k obzoru a v priebehu niekoľkých dní by pod obzorom zmizlo, aby začalo vychádzať zase až za 42 roky. Polárná noc či deň na Uráne trvajú asi 42 roky. Oblasti na rovníku majú Slnko nad obzorom asi 8,6 hodiny. V obdobiah, keď os smeruje k Slnku, je denný oblúk len malá polkružnica nad južným obzorom, ktorá sa plynulo zväčšuje, až Slnko prechádza zenitom a znova sa začne zmenšovať na malý oblúk nad severným obzorom.

Neptún má sklon osi asi  $28,8^\circ$  a otočí sa okolo nej raz za 18 hod. a 12 min.

Rotačné vlastnosti Pluta boli zistené len nedávno. Sklon rovníka k rovine obehu je asi  $135^\circ$ , a teda tiež rotuje retrográdne. Okolo osi sa otočí asi za 6 dní a 9,4 hod. Okolo neho obieha mesiac Cháron, ktorého obežná rovina má k rovníku sklon asi  $45^\circ$  a jeho obežná doba je asi 6,4 dňa. Rotácia Chárona zatiaľ nie je známa.

V popredí záujmu sú aj rotácie planétok a kométi. Rotačné periódy a sklonov osí je možné odhadovať zo zmien jasnosti planétok. Meranie u kométi je zložitejšie, no o rotácii sa dá usudzovať z príspevkov kometárneho materiálu do ktorého vo forme výtryskov hmoty.

Niekteré zvláštnosti v rotáciách planét nám

umožňujú pozorovať javy, ktoré sú veľmi zaujímavé. Konkrétnie je to napríklad zdanlivá poloha Galileiho mesiacov Jupitera alebo vzhľad prstencov Saturna. Bolo už uvedené, že všetky štyri jasné mesiace Jupitera obiehajú po dráhach majúcich sklon k rovníku Jupitera takmer nulový. Keďže sklon rovníka Jupitera k ekliptike je len okolo  $3^\circ$ , Zem leží takmer vždy v rovine dráh týchto mesiacov a pri pozorovaní sa ich obežný pohyb premetia do pohybu po úsečkách. Keďže ich obežné doby sú v rozmedzí asi od 2 do 18 dní a nie sú v celočíselných pomeroch, ich vzájomné postavenie je prakticky vždy celkom iné. Ich zdanlivý pohyb po priamkach je možné rovinnú v čase a získať tak známe skrutkovnicové diagramy, znázorňujúce ich polohu voči Jupiteru v ľubovoľnom čase. Zdanlivý pohyb mesiacov po úsečkách je však väčšinou len prvým priblížením

prikláňa k Zemi až o hodnotu sklonu jeho rovníka, teda asi  $26,7^\circ$ . Okraj prstence tak zakrýva celú polárnu oblasť planéty. Striedavo preto po dobu asi 15 rokov sledujeme prstence z ich severnej a potom zase z južnej strany. Počas celého cyklu Zem obehne okolo Slnka takmer 30-krát. Vzhľadom na to, že obieha v inej rovine ako Saturn (sklon dráhy Saturna k ekliptike je asi  $2,5^\circ$ ), mení sa aj z tohto dôvodu v malom rozmedzí uhol, pod ktorým sa na prstence pozeraeme. V dôsledku tejto zmeny môže počas jedného obehu Saturna okolo Slnka dôjsť až niekoľkokrát k stavu, keď sa Zem dostane do roviny prstence. Naposledy Zem prechádzala touto rovinou v roku 1995. Vtedy úkaz zmiznutia prstencov nastal trikrát. Bolo to okolo 20. mája, 9. augusta a ešte aj 10. februára 1996. Zmiznutie trvá niekoľko dní. Začiatkom roku 2003 nastalo

Obr. 5. Grafické zobrazenie zmeny pozorovaného naklonenia rovín rovníkov Jupitera a Saturna v čase.

skutočného pohybu. Aj malý sklon  $3^\circ$  spôsobuje, že ich pohyb pozorujeme ako pohyb po elipsách. Teoreticky len dvakrát za jednu siderickú obežnú dobu Jupitera, teda asi 11,86 roka, sa Zem dostáva do roviny obehu Galileiho mesiacov. Takýto stav nastal na prelome rokov 2002 a 2003. Skutočnosť možno využiť na to, že v tomto období dochádza k vzájomným úkazom mesiacov, a to ich vzájomným zatmeniam a zákrytom. Presné časové merania zmien jasnosti môžu prispieť napríklad k spresneniu popisu ich dráh. V marci 2006 dôjde k maximálemu odkloneniu roviny mesiacov od Zeme. Pomery sú na obrázku 3. Je vidieť, že v roku 2006 mesiace budú mať zdanlivý pohyb výrazne odlišný od pohybu po priamke. Kallisto v takýchto obdobiah dokonca míňa kotúčik Jupitera. Obrázky sú generované pohybom mesiacov v časovom kroku 1 hodina. Ďalší prechod Zeme rovinou Jupitera nastane až v roku 2009. Časovú zmenu priklonenia roviny mesiacov k Zemi nájdeme v obrázku 4.

Na planéte Saturn obdivujeme jeho prstence. Tieto ležia v rovine rovníka planéty a je známe, že ich hrúbka je natoliko malá, že ak sa Zem dostane do ich roviny, prestane byť prstenec, aspoň menšími ďalekohľadmi, na určité obdobie pozorovateľný. Obecne k takejto situácii, podobne ako u mesiacov Jupitera, dochádza dvakrát za jeho siderický obeh, teda za 29,5 roka. Medzi týmito obdobiami sa pól Saturna spolu s prstencami

Slnka počas občianskeho súmraku. No prvé dni v roku 2009 budeme mať možnosť pozorovať prstenec natoliko úzky, že sa v menších ďalekohľadoch bude javiť len ako čiarka. Na ďalšie pozorovanie zmiznutia prstence budeme musieť počkať až do roku 2025.

Vývoj zdanlivého naklonenia prstence a aj naklonenia roviny dráh Jupiterových mesiacov v čase je na obr. 5. Naklonenia sa približne menia funkciou sínus s periódami zodpovedajúcimi ich siderickým obežným dobám a s amplitúdami rovnými sklonom ich dráh k ekliptike. K obom krvikám sa pripočítava ešte sínusový priebeh s períodou jedného roka, vyplývajúci z pohybu Zeme okolo Slnka. Z obrázku je vidieť časový priebeh úkazov a aj príčinu viacerých zmiznutí prstencu Saturna, a tiež rôzne dlhotrvajúce obdobia mesiacov Jupitera na priamke.

Nielen rotácie planét, ale aj vlastnosti ich obežných dráh prinášajú mnoho zaujímavých, často neopakovateľných úkazov. Spomienme aspoň veľkú opozíciu Marsu v roku 2003, v ktorej sa táto planéta dostala na rekordne malú vzdialenosť od Zeme, prechody vnútorných planét cez slnečný disk alebo Pluto vo vnútri dráhy Neptúna. Širšia zmienka o týchto úkazoch by však prešahovala rámec tohto článku.

PETER ZIMNIKOVAL

# Astrofotografia cez fotoaparáty Canon EOS

Čoraz viac užívateľov zistuje, že novšie digitálne SLR fotoaparáty ako napr. Canon EOS 10D, 20D, 300D/350D (Digital Rebel/Digital Rebel XT) sú okrem bežnej fotografie vhodné i pre astronomickú prácu.

V tomto článku si v stručnosti preberieme niektoré nastavenia aparátu, dôležité pre fotografiu nočnej oblohy, samotnú prácu s fotoaparátom a niektoré užitočné a zaužité postupy (či už s Canon EOS 300D, 350D, 10D alebo 20D).

Fotoaparát Canon Digital Rebel/XT (300D/350D) sa môže použiť:

- v tzv. JPEG režime – zábery budú uložené do jpeg súborov. Na dlhšie expozície môžeme použiť expozičný kábel, inak budeme schopní exponovať iba do 30 sekúnd (za pomocí časovača). Na záberoch nad 5 sekúnd sa môžu objaviť tzv. horúce pixely, ktoré však jednoduchým zmenšením fotografií na 25 % ich pôvodnej veľkosti zmiznú,
- nasnímaním záberov a príslušných tmavých snímkov v tzv. RAW režime. Kvôli odstráneniu horúcich pixelov sa tmavé zábery potom odčítajú od fotografie objektu. Na túto prácu sa odporúča použiť Digital Photo Professional, DPP (predtým Canon File Viewer, CFV) a Photoshop Elements, programy dodávané s fotoaparátom,
- použíme špeciálny astronomický program, pripojíme aparát k počítaču a fotografüme napr. cez dalekohľad. V tomto prípade sa EOS aparát bude správať takmer ako astronomická CCD kamera.

## Canon EOS 300D/350D

### Výhody:

- nízka cena
- relatívne nízky šum počas dlhých expozícii
- jednoduché ovládanie (aj cez počítač)
- použiteľný i za mesačných nocí alebo mestského osvetlenia (podobne ako CCD kamery)
- pomocou vhodného adaptéra možno použiť i objektívy s M42 závitom (Pentax závit), Nikon a objektívy s T-nasadením
- svetelný senzor a auto-expozícia („Av“) pracuje s každým objektívom a typom dalekohľadu
- v prípade EOS 350D modelu sa zrkadlo môže pred expozíciou uzamknúť do otvorennej polohy a zabrániť rušivým rezonanciam

### Nevýhody:

- malý a nejasný hľadáčik (viewfinder)
- neposkytuje možnosť automatického odčítania tmavého záberu (napr. Canon 20D túto vymoženosť má)
- v prípade EOS 300D modelu sa zrkadlo nedá uzamknúť do otvorennej polohy (aj keď určité modifikácie – **na vlastné riziko!** – možno nájsť na <http://satinfo.narod.ru/en/download.html>)

## Užitočné nastavenia fotoaparátu

### Trvalé nastavenia

#### Parameters: Parameter 2

- znižuje vnútorné zaostrenie aparátu a kvalitu za-

farbenia, takže odčítanie tmavého záberu a ďalšie úpravy pomocou počítača prinesú lepšie výsledky. Možno použiť iba v P, Tv, Av, M a A-Dep režimoch (nie je však absolútou nutnosťou). To-to nastavenie ovplyvní prekonvertovanie RAW súborov do TIFF alebo JPEG formátov za pomocí CFV v.1.3 programu.

#### Auto rotate: Off (vypnutý)

- kvôli odčítaniu tmavého záberu je lepšie, aby sa obraz neotáčal. Toto nastavenie ovplyvní prekonvertovanie RAW súborov do TIFF alebo JPEG formátov za pomocí CFV v.1.3 programu.

## Dočasné nastavenia (pre astronomickú fotografiu)

#### Quality: Raw

- zábery sa potom môžu prekonvertovať pomocou DPP (CFV) alebo Adobe Photoshop programov.

*Poznámka. Raw po anglicky znamená surový (neuvarený) a presne to sa s týmto pojmom aj myslí (nespracované zábery).*

#### ISO: 200

- táto hodnota v skutočnosti predstavuje zisk (gain) alebo zosilnenie analógovo-digitálneho konverторa, ktorý načítava signál z CMOS senzoru.
- Canon uvádzá, že dlhé expozície za nízkych ISO hodnôt majú menší šum ako primerane kratšie expozície pri vysokých ISO hodnotách!
- British Journal of Photography magazín uvádzá, že dynamický rozsah EOS 20D aparátu je najväčší pri ISO 200.
- určitá skupina astrofotografov odporúča pre dlhé expozície slabých objektov používať ISO 800 (pravdepodobne v tomto prípade skúsenosť je najlepším radcom).

#### Mode: M

- samozrejme, manuálny režim.

#### Shutter speed: Bulb

- v tomto režime clona ostáva otvorená dovtedy, kým držíme spúšťiacu expozíciu. V tomto režime sa bez elektronického expozičného predĺžovača, ktorý sa môže zhotoviť podľa postupu uvádzaného nižšie (alebo si ho môžeme jednoducho kúpiť), nezaobídeme. Bez neho budeme schopní exponovať iba do 30 s (za pomocí časovača).

*Poznámka. B alebo Bulb má viac než storočnú história. Pochádza z čias, kedy sa clona držala otvorená pomocou gumenej žiarovky, ktorá sa položila na expozíčnú hadicu, a clona zostala otvorená vďaka tlaku vzdutia.*

## Niekolko užitočných rád

Turn off „Review“ – vypni LCD obrazovku. Zabráňime touto volbou automatickej aktivácií LCD obrazovky po každom zábere. Šetríme batériu a v neposlednom rade chránime naše oko pri vyknuté na tuu pred rušivým osvetlením (intenzita obrazovky sa však môže znížiť alebo zvýšiť vo volbe „menu“). Ak chceme skontrolovať záber, jednoducho stlačíme volbu „play“.

Vypni „Auto Power Off“ – čím zabráňime automatickému vypnutiu nečinného aparátu (skracujeme ale životnosť batérie!).

Počas fotografovania Perzeid som mal možnosť vyskúšať si životnosť plne nabitej batérie typu

Li-NH (-NL) na novom fotoaparáte Canon EOS 350D. Aparát som aktívne používal počas 5 – 6 hodín (1- až 5-minútové expozície bez prestávok) a zobrazovač stavu batérie na konci pozorovania zbehol na najnižšiu hladinu (v každom prípade je potrebné mať aspoň jednu náhradnú).

## Zaostrovanie

Canon EOS 300D/350D nie je schopný automatického zaostrovania na hviezdy (alebo bodové svetelné zdroje, a aj keby to dokázal, mnoho objektívov a dalekohľadov túto funkciu nepodporuje). Fokusácia sa preto musí robiť manuálne!

Ďalším problémom je hľadáčik, ktorý vytvára malý a relativne nejasný obraz, a kvôli tejto skutočnosti nie je najvhodnejšou pomôckou na manuálne zaostrovanie. Na jeho efektívne využitie:

- nastavme ostrosť samotného hľadáčika čo najlepšie (najlepšie za denného svetla),
- zaostrujme na najjasnejšiu možnú hviezdu v okolí fotografovaného objektu,
- urobme záber kratšej expozície (okolo 30 sekúnd) a zväčšme ju na LCD obrazovke na maximum. Ak treba, doostrime a zopakujme celý postup, až kým nedostaneme maximálne ostrý obraz,
- za mesačnej noci môžeme využiť Mesiac: pomocou automatického zaostrovania zaostrime na Mesiac, potom vypnime AF na objektíve a fotografujme zvolený objekt,
- a ak nemáme nič lepšie, môžeme skúsiť zaostriť i na veľmi vzdialých pozemských svetelných zdrojoch. Pozor! Pretože LCD monitor zväčšuje 10× (v porovnaní s 35 mm dia filmom cez lupu), hviezdy nikdy nebudú úplne bodové.

Ak fotoaparát je napojený na počítač pomocou DSLR Focus alebo ImagePlus programov, zaostrovanie je v podstate nepretržité a omnoho presnejšie.

### Niekolko užitočných rád o zaostroví:

1. Na zlepšenie ostrenia cez hľadáčik fotoaparátu si môžeme zakúpiť tzv. zväčšovák, ako napr. Canon Angle Finder (cena okolo 200 USD). Mnohé Pentax, Minolta a Olympus prídavné hľadáčiky sú taktiež použiteľné. Na ich nasadenie treba odstrániť gumený rámcu hľadáčika.
2. Pomôckou môže byť tzv. Hartmann maska (v podstate kryt objektívov s dvoma väčšími dierkami na prepustenie dostatočného množstva svetla), ktorá sa počas zaostrovania položí pred objektív. Neostré obrazy hviezd sa budú javiť ako dvojité.
3. Ak používame **Canon objektív so svetelnosťou vyššou ako f/6**, môžeme využiť schopnosť autofocusu na samozaostrenie. Nájdime najjasnejšiu hviezdu, ktorú nastavíme do centra okienka (do štvorčeka auto-zaostrovania). Stlačme expozičný gombík do polovice a zaostrime. Ak sa v zaostrovacom štvorčeku objaví červené kontrolné svetielko, dosiahnutá ostrosť by mala byť optimálna. Ak používame expozičný kábel, stlačme do polovičky príslušné tlačidlo. Ak ho tam nemáme (v prípade, že sme si predĺžovačku vyrobili sami), odpojme kábel a použime mono (nie stereo) koncovku 2,5 mm priemeru zo slúchadiel napr. mobilných telefónov. Jednoduchým zapojením tejto koncovky do expozičnej zásuvky sa fotoaparát bude správať, ako keby tlačidlo bolo stlačené iba do polovice.

## Fotografia objektu

### a dark frame (tmavá snímka)

Citatel môže nasledujúcu časť preskočiť, ak sa uspokojí s fotografovaním objektov v JPEG formáte, pretože po ich zmenšení na 25 % ich pôvodnej veľkosti by sa horúce pixely mali stratíť.

Každá hotová astronomická snímka urobená cez elektronické zariadenie sa skladá minimálne z dvoch časťí: z fotografie samotného objektu a z odčítaného tmavého záberu (dark frame), ktorý sa vyhotovi za rovnakých expozičných (i pozorovacích) podmienok ako snímka objektu (a najlepšie hned za samotným záberom objektu), len sa zakryje objektív. Tým dostaneme záber, na ktorom bude viditeľný iba „šum prístroja“, v našom prípade už spomínanej horúcej pixely.

Zachytávače fotónov (jednotlivé senzory), či už na CCD alebo CMOS čipoch, majú jednu nepríjemnú vlastnosť: z času na čas emitujú elektróny i bez dopadajúceho svetla. Tento problém sa zväčšuje s narastajúcim teplotou čipu (preto sa astronomické CCD kamery chladia na čo najnižšie možné teploty). Z astronomického hľadiska je EOS 300D/350D (alebo 20D) najúčinnejší za chladných zimných nocí (na nešťastie, životnosť batérie sa práve tedy napíde skracuje).

Pre lepšiu kvalitu tmavého záberu môžeme napr. zhotoviť 5 záberov, tie potom pomocou vhodného programu spriemerovať a takto získaný výsledný tmavý záber odčítať od vlastnej fotografie objektu.

V prípade EOS 20D alebo Nikon D70 sa tmavá snímka môže odčítať automaticky (priamo v aparáte), ale tento proces je časovo veľmi náročný, hlavne ak sa snažíme nasnímať čo najviac objektov v čo najkratšom čase.

*Pre zaujímavosť spomeniem, že už i v najneduchočších digitálnych fotoaparátach existuje tzv. white balance (korekcia na bielu farbu), čo je v podstate ďalšou úpravou kvality pôvodnej snímky. Pod white balance sa rozumie korekcia snímok voči fluorescencii alebo tepelnému žiareniu, ktoré sa u filmových záberov odstraňovala pomocou filtrov. Bez nich sa zábery robene napr. v miestnosti javili so žltym/oranžovým alebo modrým odtieňom. Tento jav je spôsobený vlastnosťou svetla nazývanou farebná teplota: nízka farebná teplota posúva svetlo smerom k červenému a vysoká farebná teplota smerom k modrému koncu. Oranžový alebo modrý filter je schopný toto žiarenie pohtiť, čím dosiahneme vhodnú korekciu farebnej nerovnováhy. Výsledným efektom je posun vo farebnej teplote.*

V digitálnej fotografii nepoužívame už spomínané filtre, ale definované white balance predvolby v závislosti od toho, kde a za akých podmienok práve fotografujeme (lepsié aparáty poskytujú možnosť ručného nastavenia bielej rovnováhy).

V prípade RAW file formátu, keď fotoaparát uloží záber objektu tak, ako ho „vidí“, sa žiadne úpravy neuskutočnia, teda ani white balance. Súbor sa dá pomocou programov pretransformovať do jpeg formátu a potom upraviť do konečnej verzie podľa vlastnej predstavy.

*Poznámka: CCD (Charge Coupled Device) sa skladá z mnohých stotisícov elementov, tzv. pixelov, ktoré reagujú na dopadajúce svetlo (fotóny) vytvorením elektrického náboja. Keď sa osvetlenie pixelov ukončí, nazhromaždené náboje sa presunú do ďalšej časti kamery, kde sa pretransformujú a premenia na zodpovedajúci obraz. Fotoaparáty, ako napr. Olympus EVOLT E-300, Nikon D70 alebo Fuji FinePix S3 Pro majú CCD čipy.*

*CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor) boli dlhý čas používané v lacných web-kamerách, protože boli slabšej kvality ako CCD čipy (napr. šum obrazu bol veľký). Nové technológie však CMOS detektory potlačili do popredia, a pretože pomocná elektronika je jednoduchšia než u CCD čipov, je i spotreba elektriny o mnoho nižšia. Z tohto dôvodu sa stávajú oblíbenou volbou pre prenosné elektronické zariadenia (fotoaparáty, kamery,*

a pod). Ich výroba a aplikácia je o mnoho jednoduchšia, preto sú i lacnejšie. Fotoaparáty ako Canon EOS 300/350D, Nikon D2X alebo Canon PowerShot EOS D60 majú CMOS senzory.

### Spracovanie záberov na počítači

Aby sa zabránilo strate informácií, RAW súbory by sa mali prekonvertovať pomocou Canon File Viewer programu do TIFF (16-bitového lineárneho), a nie do JPEG formátu. Lineárny formát zaručí, že hodnoty jasnosti sa pretransformujú v pôvodných stavoch, čo hrá dôležitú úlohu počas odčítania horúcich pixelov (ak pixel má následkom expozičie napr. hodnotu 10 a 100 následkom javu horúceho pixla, potom jeho celkový stav je 110. Ak zachováme linearitu počas pretransformovania súboru, budeme schopní po odčítaní hodnoty 100 dostať skutočný stav pixelu, čo je 10).

Program dodaný firmou Canon zachováva linearitu iba v prípade 16-bitových TIFF súborov (lineárna sa stráca v 8-bitových TIFF alebo JPEG súboroch).

Prekonvertujeme súbory z nasnímaných objektov a tmavých záberov za rovnakých podmienok. Pamäťajme si, že program nepoužíva kompresiu a súbory budú veľkých rozmerov (skôr verzia programu pred rokom 2003 konvertovali súbory do TIFF formátu s problémami, ktoré sa v nových verzích už odstránili. Nová verzia je dostupná na stránke: <http://consumer.usa.canon.com/ir/controller?act=SupportDetailAct&fcategoryid=226&modelid=9430>).

Canon File Viewer sa nahradzuje Canon Digital Photo Professional programom, ktorý sa skôr dodával iba k drahším EOS aparátom. Nachádza sa na tejto adrese: <http://software.canon-europe.com> (pod voľbou príslušného aparátu) ako Digital Photo Professional Updater

### Odčítanie tmavého záberu

Po získaní obidvoch snímkov, ich úspešnom prekonvertovaní do 16-bitového lineárneho TIFF formátu, nasleduje odčítanie tmavého záberu. Môžeme použiť voľný program BlackFrame NR (<http://www.mediachance.com/digicam/blackframe.htm>), ktorý pracuje s 8- a 16-bitovými TIFF súbormi (v 16-bitovom režime sa niekedy jeden z otvorených súborov nezobrazí, ale odčítanie sa urobí bez problémov). Okrem toho obsahuje aj algoritmus na zaplnenie pozadia, následkom čoho nám nezostanú na zábere čierne diery po odstránení horúcich pixelov.

Postup práce s rozšírenejším Photoshop alebo Photoshop Elements programom je nasledovný:

1. otvorime obidve snímky (Pozor! Photoshop Elements prekonverte súbory iba do 8-bitového lineárneho formátu)
2. aktivujeme okno s tmavým záberom (dark frame) kliknutím na snímku,

3. v ľavom okienku s možnosťami pre prácu s obrázom kliknime na volbu 

4. kliknime na samotný tmavý záber pravým tlačidlom myši a v otvorenom okienku zvoľme „Select All“,

5. zvoľme „Edit“ (hlavné menu) a „Copy“, 6. aktivujeme okno so záberom objektu kliknutím na snímku,

7. zvoľme „Edit“ (hlavné menu) a „Paste“ (fotografie sa môžu javiť tmavé, čo ale neovplyvní celkový výsledok),

8. zvoľme „Window“ (hlavné menu) a aktivujeme voľbu „Layers“, čím sa nám otvorí ďalšie okno s voľbami Layers, Channels a Paths,

9. nastavme Layer 1 (tmavý záber, ktorý sme práve pridal (príkazom „paste“) na volbu „Difference“ (namiesto „Normal“), čím zachováme 100 % opacitu,

10. tmavý záber sme úspešne odčítali od záberu objektu,

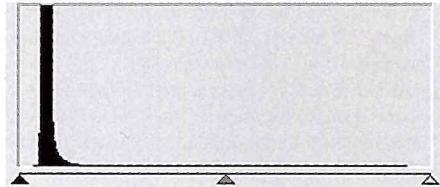
11. vyberme si „Layers“ (hlavné menu) a „Flatten Image“ a uložme výsledný obraz pod ľubovoľne zvoleným menom.

#### Poznámka o práci s JPEG súbormi:

Ak chceme urobiť odčítanie tmavého záberu súborov, ktoré boli fotoaparátom uložené do JPEG (.jpg) formátu, nastavme opacitu na hodnotu okolo 50 %. Výsledná snímka bude kvôli nonlinearite súboru nižšej kvality než zábery spracované v TIFF formáte.

### Nastavenie úrovni

Otvorme výsledný súbor vo Photoshop programe, zvoľme „Image“ (hlavné menu) a „Levels“ (Ctrl-L). Objaví sa histogram pravdepodobne podobný tomuto (obr. 1),



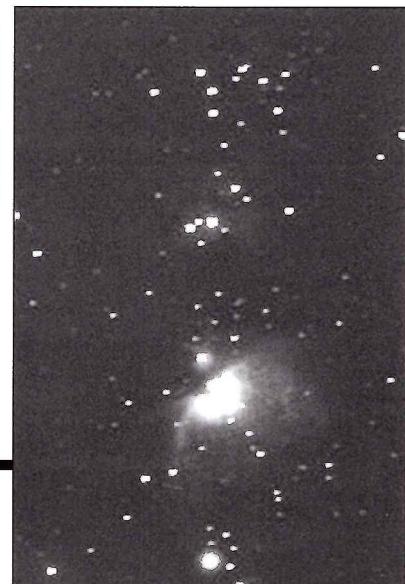
Obr. 1

z ktorého vidno, že jasnosť obrazu sa nerozkladá po celej možnej škále medzi čiernom a bielou. Posuňme ľavý a pravý trojuholníček smerom ku krivkovej čiare a potom pomocou šedého ukazováka nastavme medzitóny. Smerom došava sa stredové medzitóny presvetlujú, doprava stmatavujú. Výsledkom by mal byť záber podobný uvedenému nižšie (obr. 2):

Na záver ešte môžeme obraz zaostríť a upravit jeho veľkosť pomocou „Sharpen“ a „Image Size“ funkcií.

(Pokračovanie)

OTTO MEHES



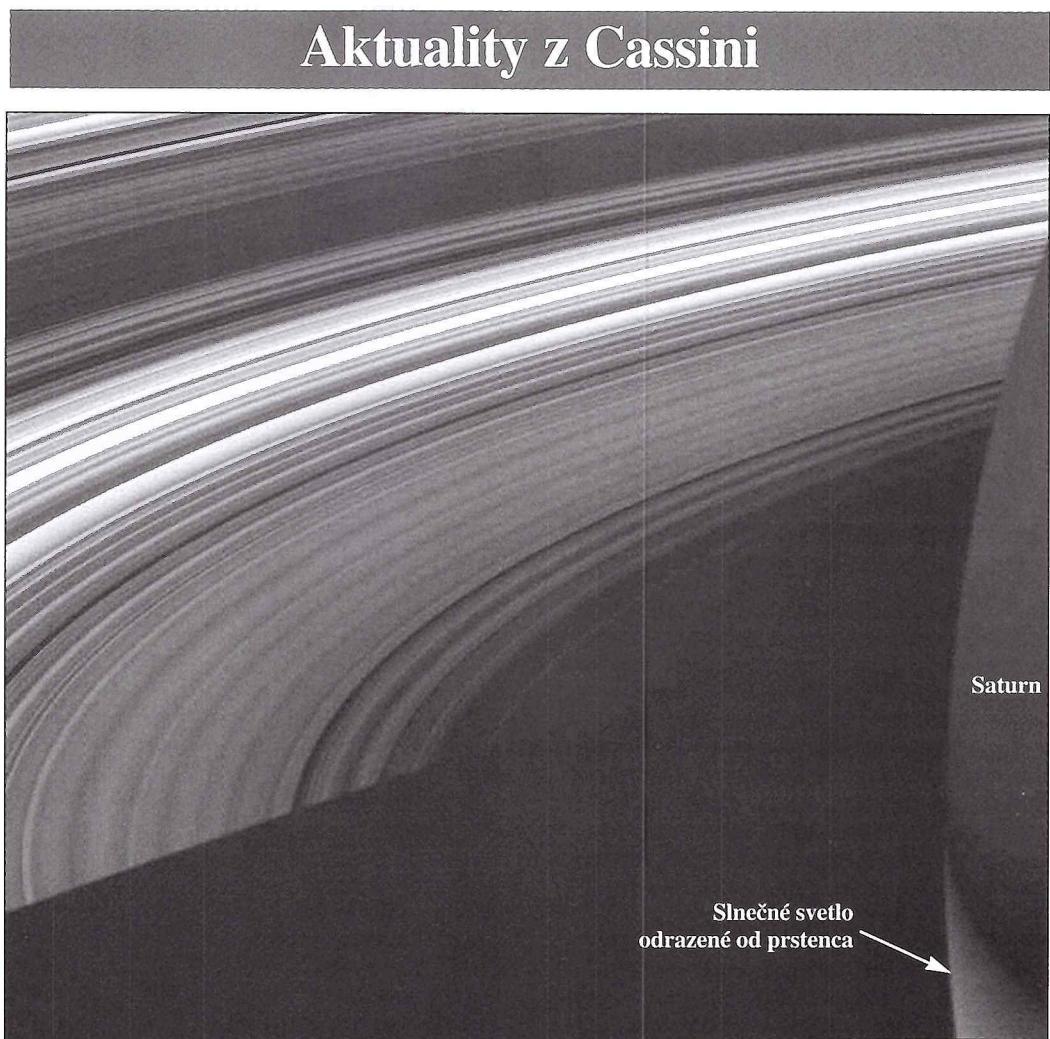
Obr. 2

V júli, auguste a začiatkom septembra fotografovala sonda Cassini okrem Saturnu aj niektoré jeho mesiace. Najzaujímavejšie boli snímky mesiaca Tethys (priemer 1071 km) z 10. júla, a 3. augusta, Encelada zo 14. júla, Empithea (116 km) a Rhey (1528 km) taktiež zo 14. júla, Pandory (priemer 84 km) zo 16. júla a Mimasa (priemer 398 km) z 18. júla, ale najmä 2. augusta. Tesné prelety mala okolo Titanu (22. augusta a 7. septembra).

## Čudné rádiové emisie zo Saturna

Sonda Cassini zachytila rádiové emisie zo severných a južných polárnich oblastí, ktorých zvuk vedcov udivil. Prejavujú sa na kilometrovej vlnovej dĺžke a ich zdrojom sú polárne žiary. Zdrojom zvláštnej premenlivých frekvenčí sú podľa všetkého slabé, pohyblivé zdroje rádiového žiarenia, blúdiace medzi siločiarami magnetického poľa.

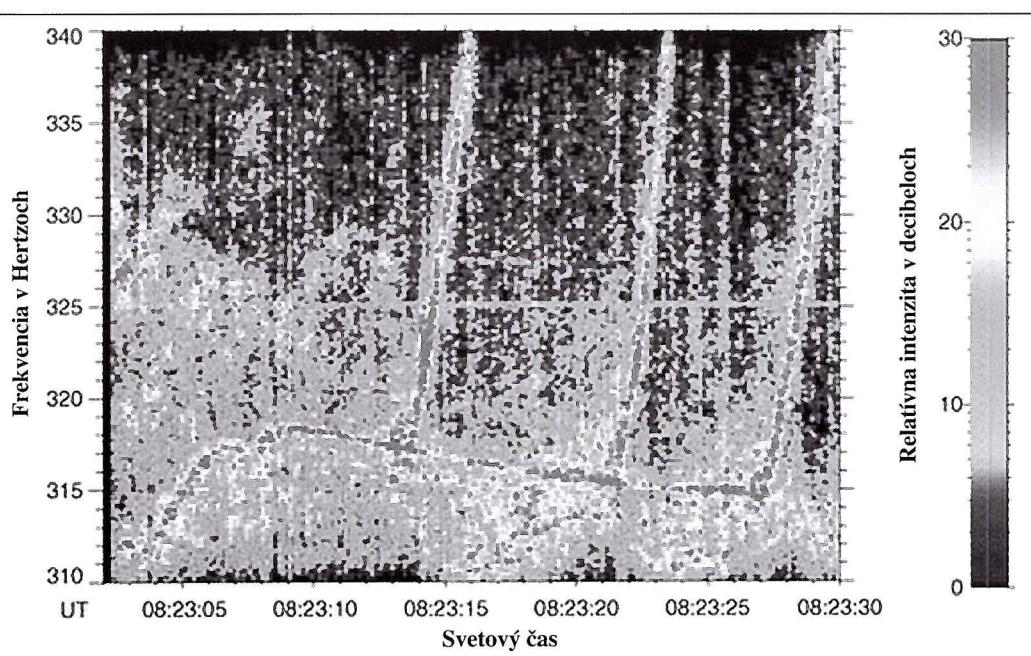
Na palube sondy Cassini je prístroj, detegujúci vlny rádiového žiarenia a plazmy. Zvláštne rádiové emisie zachytila už sonda Voyager, ale prístroj na Cassini je oveľa citlivejší. Poskytuje podrobnejšie informácie nielen o spektre, ale aj o premenlivosti zachytených emisí. Merania s vysokým rozlíšením dovolujú vedcom premeniť rádiové vlny na zvukový záznam.



Podobné rádiové emisie zo Zeme zachytil v roku 1979 satelit Sun/Earth Explorer, ale vedci dodnes nezistili, čo ich generuje. Podobnosť signálov ich však zaraďala. Záhadu budú môcť rozlúštiť

až v roku 2008, keď sa sonda Cassini priblíží k južným polárnym oblastiam Saturna, a ak všetko dobre pôjde, preletí aj nad niekolkými zdrojmi záhadných emisí.

**Geophysical Research Letters**



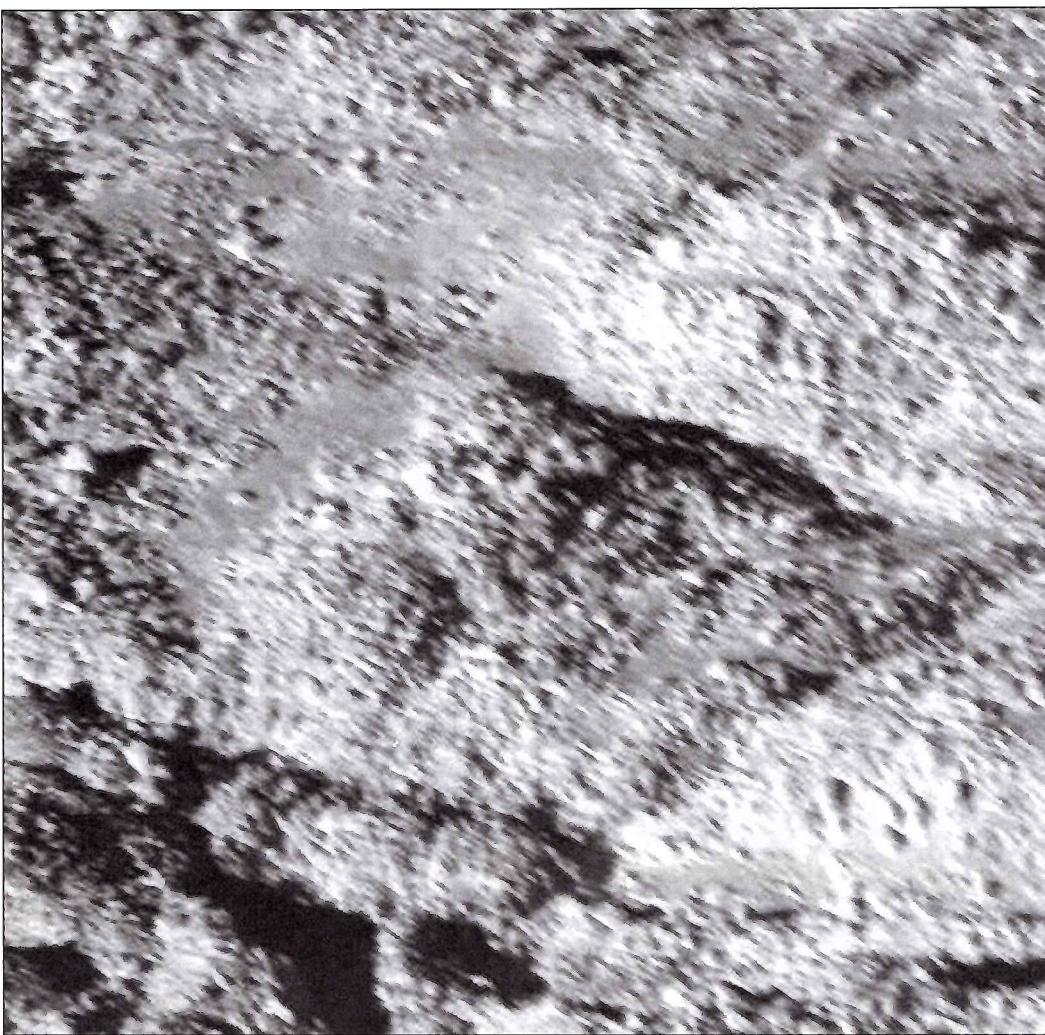
Graf znázorňuje rádiové emisie zo Saturna.

## Tmavá strana Saturna

Za jednu z najkrajších fotografií sondy Cassini zo Saturnovho „kráľovstva prsteňov“ sa považuje snímka, ktorú máte pred sebou. Na tmavom oblúku nočného Saturna vidíte odraz slnečného svetla (šípka) z prstenov osvetlených Slňkom. Ostré rozhranie na prstencoch je tieňom Saturna.

Snímku exponovala 18. júna 2005 vo viditeľnom svetle širokouhlá kamera na sonda Cassini. Sonda bola vo chvíli expozície vzdialenosť od Saturna 477 000 kilometrov. Rozlíšenie: 25 kilometrov/pixel.

**NASA Press Release**



Najvýraznejší kosoštvorec v južnej polárnej oblasti Saturnovho mesiaca Enceladus je plochou gigantickej kocky ľadu s hranou asi 100 metrov.

Môže to byť útvar pripomínajúci pozemské horúce škvurny.

Enceladus odráža najviac slnečného žiarenia zo všetkých telies Slnečnej sústavy. Už snímky z prvých obeľov ukázali, že povrch tohto mesiaca, na rozdiel od ostatných ľadových mesiacov Saturna, má najmenej impaktných kráterov, zato jeho planiny sú výrazne popraskané a zvrásnené. To všetko dokazuje mohutnú, dlhodobú, periodickú geologickú aktivitu. Okolie južného pólu, „vydláždené“ ozrutanými ľadovými kockami, sa považuje za dôkaz nedávnych tektonických procesov.

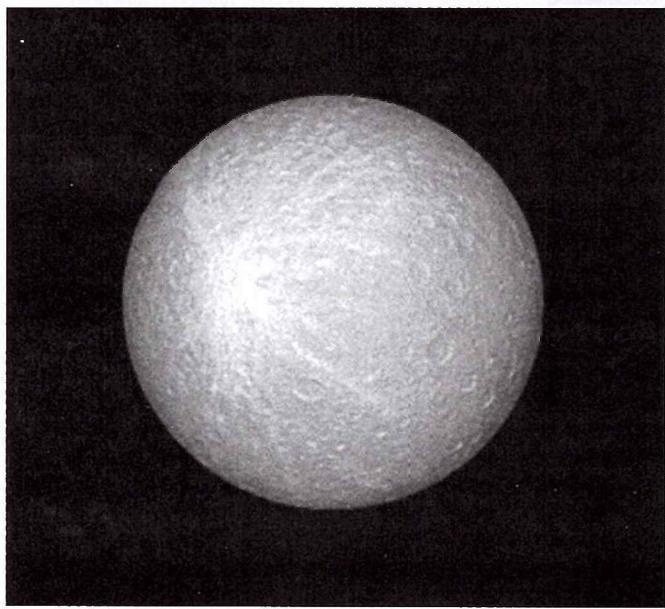
Analýza týchto snímkov naznačila, že hodnota Enceladovej rotácie sa mení. Ak sa ukáže, že táto diagnóza je správna, planétológovia budú vedieť vysvetliť, prečo je povrch mesiaca taký popraskaný, prečo ho pretínajú široké a hlboké, často sa križujúce trhliny, čo spôsobilo zvrásnenie terénu, i to, ako vznikli pomerne výrazné, chaoticky poskrúcané hrebene.

Ako vznikli mohutné ľadové balvany a bloky s priemerom 10 až 100 metrov, je prebežne záhadou. Tým viac, že južné polárne oblasti Enceladu nie sú pokryté hrubou, oslepujúcou bielou vrstvou jemne zrnitej osuhle, ktorá pokrýva zvyšok mesiaca. Práve tento fakt potvrdzuje podozrenie, že tektonické procesy, prebiehajúce pod hrubým ľadom južných polárnych končín, ešte neutichli.

Na jednej zo snímkov z tejto oblasti vidíte paralelné hlboké trhliny, vytvárajúce jeden z typických kosoštvorcov. Tvar a veľký počet týchto kosoštvorcov naznačujú, že hrubý ľadový príkrov reaguje na tektonické zmeny povrchu, ktorý pokrýva. Energia, ktorá tieto tektonické pohyby povrchu generuje, môže súvisieť so zmenami rýchlosťi rotácie mesiaca. Zmena rotácie generuje teplo, ktoré spôsobuje vyparovanie ľadu. Kryštáliky zamrznutej pary unikajú do riedkej atmosféry a z nej do okolitého priestoru, kde ich gravitácia pritiaha do prstenca. (Alternatívnu hypotézou je domnieka, že drobné kryštáliky ľadu a osuhle mohli do atmosféry vymrštiť aj dopady mikrometeoritov.)

## Rhea: biely pavúk

Na snímke z 25. júna 2005 vidíte relatívne mladý impaktný kráter pripomínajúci bieleho pavúka, na Saturnovom, starším krátermi husto posiatom mesiaci Rhea. Vedcov zaujali tenké, dlhé ejekcie impaktom vyvrhnutého materiálu. Najdlhšia je dlhá vyše 800 kilometrov. (Rhea má priemer 1528 km.) Snímka bola exponovaná zo vzdialenosťi 1,1 milióna kilometrov vo viditeľnom zelenom svetle pomocou úzkouhlnej kamery na sonda Cassini. Fotografiu poskladali z viacerých snímkov exponovaných z rozličných uhlov. Rozlíšenie: 7 km/pixel.

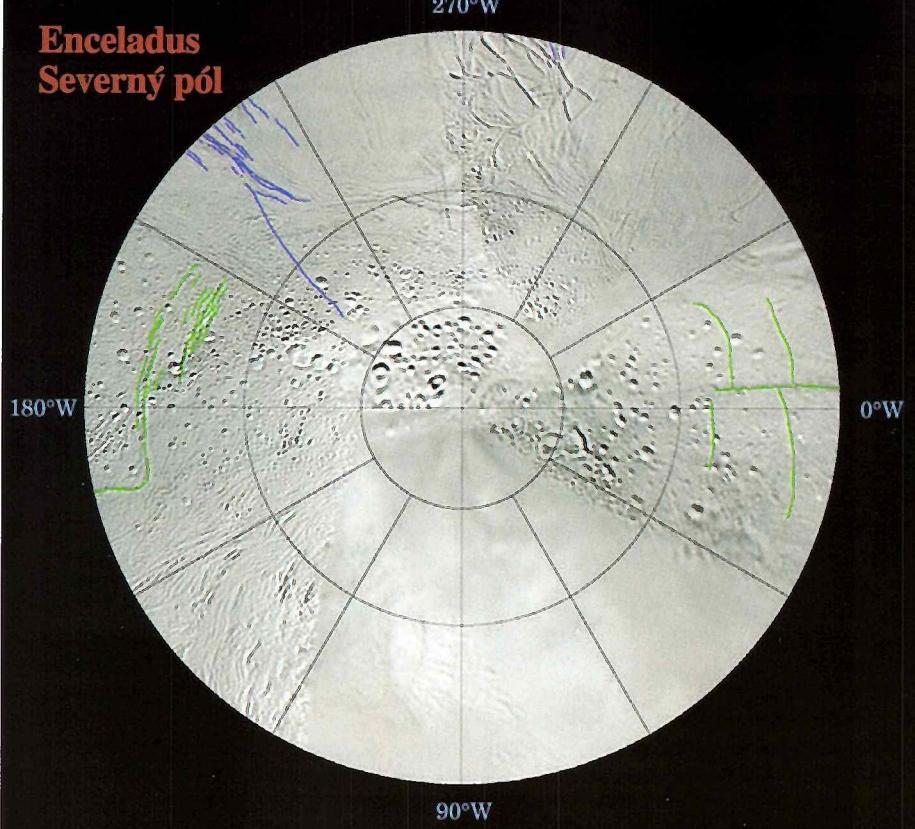


## Enceladus: čudné ľadové balvany, vulkanizmus, atmosféra

14. júla 2005 sonda Cassini preletela 175 kilometrov nad južným pólom mesiaca Enceladus. V tejto oblasti nie je ani jediný impaktný kráter, ale povrch „vydláždený“ ozrutanými ľadovými balvanmi, veľkými ako poschodo-vý dom. Čudné je to, že takéto útvary sa vyskytujú iba v južnej polárnej oblasti mesiaca.

Blízky oblet potvrdil aj existenciu rozsiahlej, dynamickej atmosféry, ktorej existenciu po prvý raz detegoval magnetometer ešte včas počas vzdialenejšieho obľuzu. 65 percent Enceladovej atmosféry tvorí vodná para, 20 percent molekuly vodíka, zvyšok oxid uhlíctý a molekuly dusíka a oxidu uhoľnatého. Existencia atmosféry nad telesom s takou malou gravitáciou svedčí o tom, že zdroj vodnej pary je aktívny a lokalizovaný.

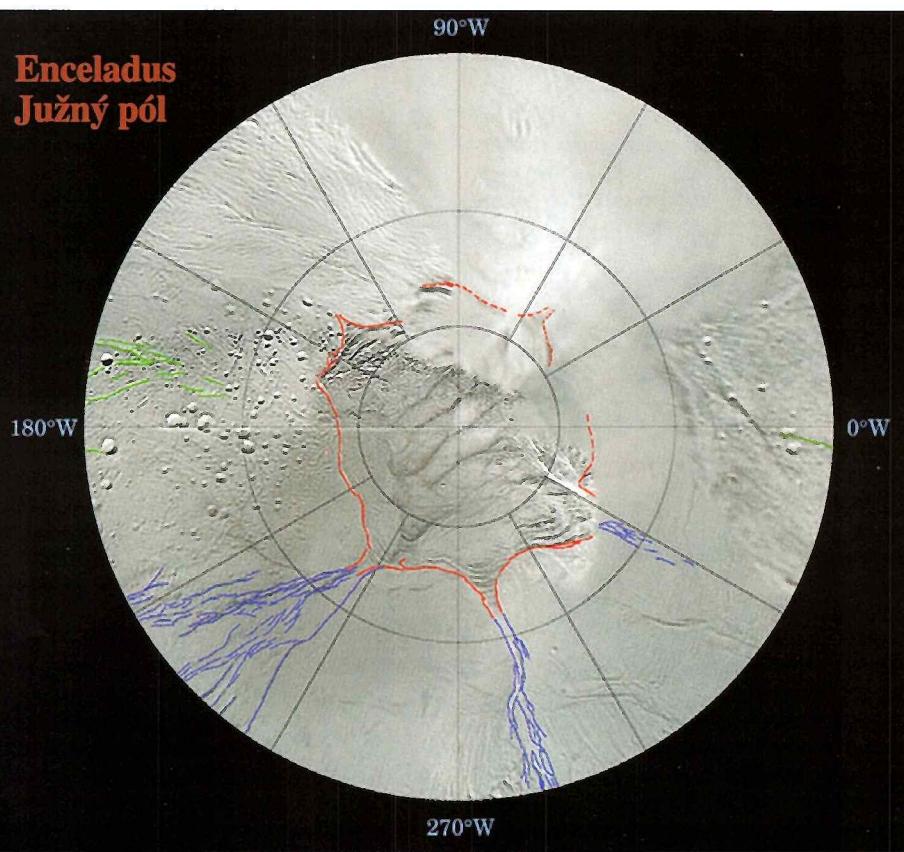
## Enceladus Severný pól



CASSINI

Porovnajte oblasti okolo severného a južného pólu Encelada: zatiaľ čo na severnej oblasti s najstarším povrhom na mesiaci, nájdeme krátery po mnohých impaktoch, okolie južného pólu s najmladším terénom na mesiaci je bez väčšieho krátera. Okolo južného pólu je aj oveľa viac tektonických trhlin prezrádzajúcich periodickú(?) tektonickú aktivitu na Encelade. Červené a modré trhliny vyvolávajú zmeny rotácie mesiaca, zelené trhliny sú dielom slapových sôl generovaných Saturnom. Snímky severnej a južnej pologule Encelada s pólmi uprostred ich zobrazujú až po rovník.

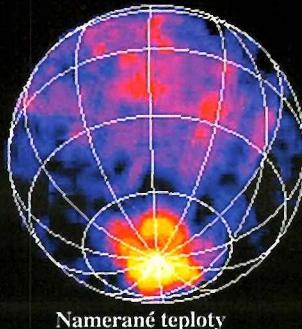
## Enceladus Južný pól



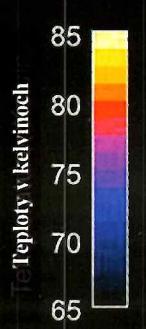
Teplotná mapa mesiaca Enceladus



Predpokladané teploty



Namerané teploty



Teploty v kelvinoch

Na teplotnej mape Encelada môžete porovnať predpokladané teploty jeho povrchu so skutočnými. Jednoznačne najteplejšou oblasťou je okolie južného pólu.

KOZMOS 5/2005

29

Ak by sa dokázalo, že slapové sily, podobne ako na Jupiterovom mesiaci Io, periodicky generujú vulkanizmus, Enceladus by sa stal najmenším telesom Slnečnej sústavy, kde sa takýto vulkanizmus objavuje.

Významným dôkazom existencie sopečnej činnosti v južnej polárnej oblasti je teplotná mapa mesiaca. Na rovníku bola nameraná teplota 80 Kelvinov ( $-193^{\circ}\text{C}$ ), teda taká, ako sa predpokladalo. Okolo južného pólu však prístroje namerali až 85 Kelvinov ( $-188^{\circ}\text{C}$ ), pričom v niektorých trhlinách až 110 Kelvinov ( $-163^{\circ}\text{C}$ )!!! Enceladov južný pól je teda teplejší ako rovník.

Hypótezu o mladosti terénu okolo južného pólu potvrzuje aj fakt, že sa v tejto oblasti nenašádza ani jeden väčší impaktný kráter. Vedci sa nazdávajú, že geologickej aktivite v tejto oblasti potvrzuje už dávnejšie vyslovené podozrenie, že práve z Encelada pochádza aj materiál Saturnovho riedkeho prstenca E, ktorý krúži okolo planéty rovnakou rýchlosťou ako mesiac.

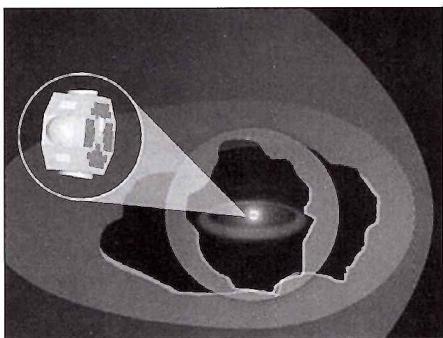
Špeciálny tím, ktorý analyzuje a spracúva údaje o teplote a zložení povrchu, ako aj o časticach v riedkej atmosféri a magnetickom poli mesiaca, vyslovené hypótezy už onedlho upresní.

NASA Press Release

Desať nasledujúcich rokov vo výskume Slnečnej sústavy a v kozmickej astronómii

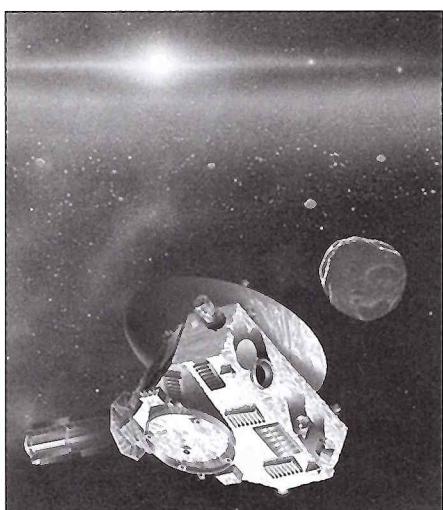
# Desaťročie objavov

## Interstellar Boundary Explorer (IBEX)



Krajina: USA  
Štart: jún 2008  
Misia: Štúdium okrajových oblastí Slnečnej sústavy  
Webová stránka:  
<http://ibex.swri.edu/index.html>

## New Horizons



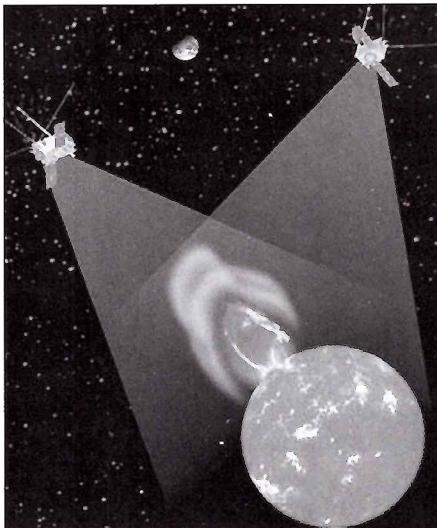
Krajina: USA  
Štart: 2006  
Misia: Pätnásťročné putovanie za štúdiom planéty Pluto a objektov Kuiperovho pásu  
Webová stránka: <http://pluto.jhuapl.edu/>

## Solar-B



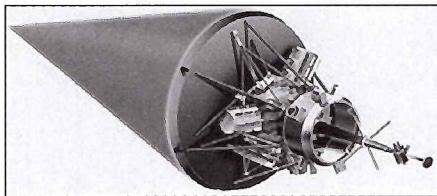
Krajina: Japonsko  
Štart: 2006  
Misia:  
Prieskum magnetického prostredia Slnka  
Webová stránka: <http://www.isas.ac.jp/e/enterp/missions/solar-b/index.shtml>

## Solar Terrestrial Relations Observatory (STEREO)



Krajina: USA  
Štart: 2006  
Misia: Trojdimenzionálne mapovanie štruktúry Slnka  
Webová stránka: <http://stereo.gsfc.nasa.gov/>

## Solar Probe



Krajina: USA  
Štart: 2012  
Misia: Prieskum vonkajších vrstiev atmosféry Slnka  
Webová stránka:  
<http://solarprobe.gsfc.nasa.gov/>

## Solar Orbiter



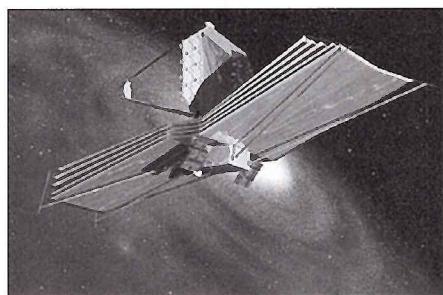
Krajina: Európa  
Štart: 2013  
Misia: Prvé blízke zábery za účelom štúdia Slnka  
Webová stránka:  
<http://www.esa.int/science/solarorbiter>

## Gaia



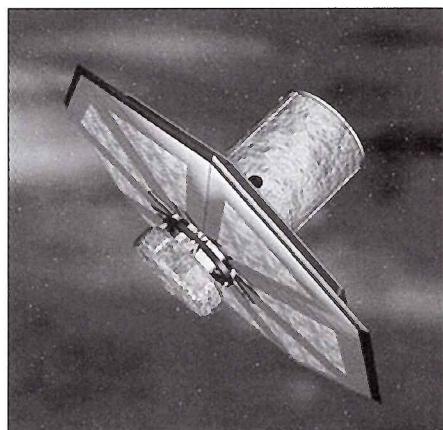
Krajina: Európa  
Štart: 2011  
Misia: Vytvorenie podrobnej mapy Mliečnej cesty  
Webová stránka:  
<http://www.esa.int/science/gaia>

## James Webb Space Telescope

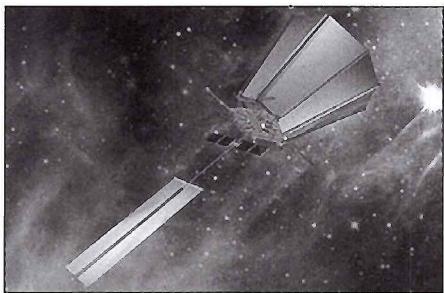


Krajina: USA, Európa  
Štart: 2012  
Misia: Pozorovanie zrodu prvých hviezd a galaxí vo vesmíre  
Webová stránka:  
<http://www.esa.int/science/jwst>

## Darwin



Krajina: Európa (možná spolupráca s USA)  
Štart: 2015  
Misia: Hľadanie života na planétach podobných Zemi  
Webová stránka:  
<http://www.esa.int/science/darwin>

**Terrestrial Planet Finder-Coronograph**

Krajina: USA

Štart: 2015

Misia: Hľadanie života na planétach podobných Zemi

Webová stránka:

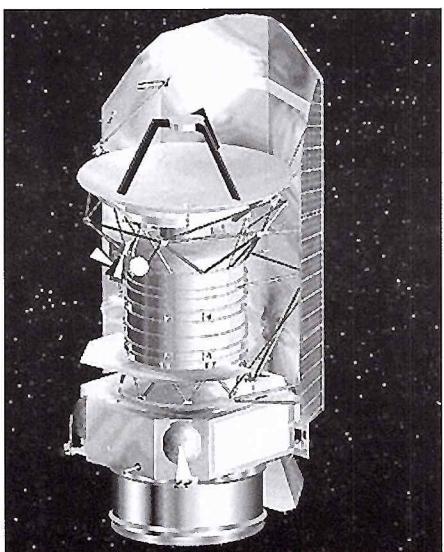
[http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/  
tpf\\_index.html](http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/tpf_index.html)

**Corot**

Krajina: Francúzsko, Európa

Štart: 2006

Misia: Prvé hľadanie Zeme podobných svetov okolo iných hviezd

Webová stránka: <http://smsc.cnes.fr/Corot/>**Herschel**

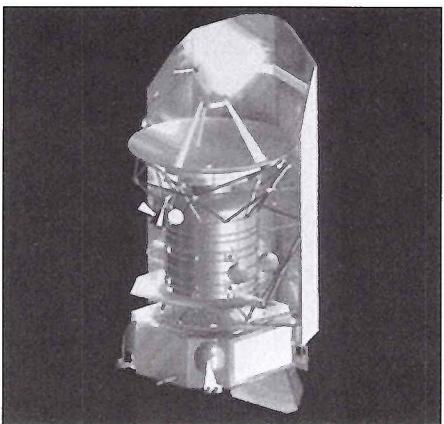
Krajina: Európa

Štart: 2007

Misia: Štúdium vesmíru v infračervených vlnových dĺžkach

Webová stránka:

<http://www.esa.int/science/herschel>

**Planck**

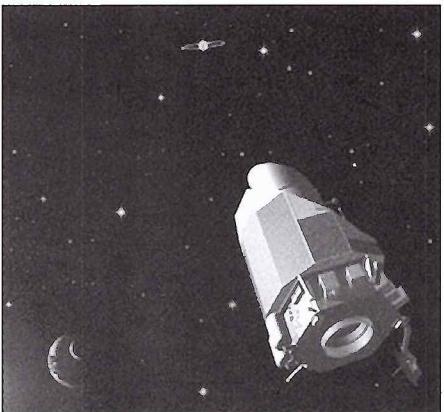
Krajina: Európa

Štart: 2007

Misia: Podrobne mapovanie energie reliktového žiarenia po big bangu

Webová stránka:

<http://www.esa.int/science/planck>

**Kepler**

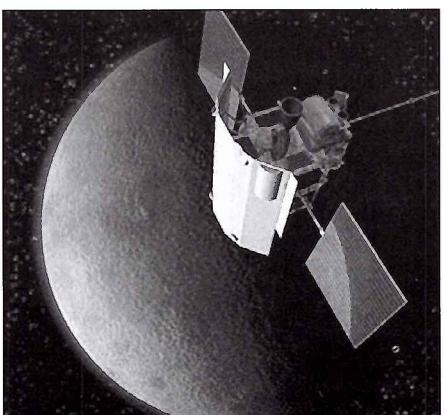
Krajina: USA

Štart: 2007/2008

Misia: Hľadanie malých kamenných planét okolo iných hviezd

Webová stránka:

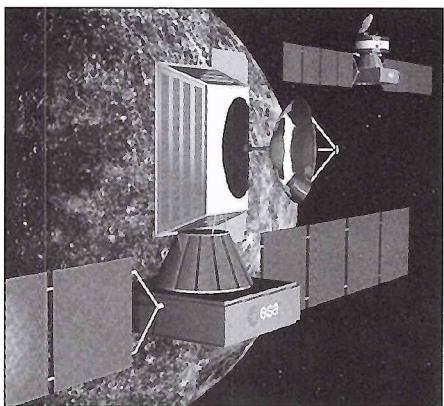
<http://www.kepler.arc.nasa.gov>

**Mercury MESSENGER**

Krajina: USA

Štart: 2004 – prílet 2011

Misia: Navodenie prvej kozmickej sondy na obežnú dráhu planéty Merkúr

Webová stránka: <http://messenger.jhuapl.edu/>**BepiColombo**

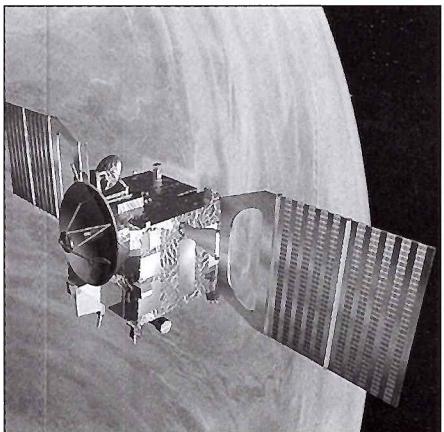
Krajina: Európa

Štart: 2012

Misia: Z obežnej dráhy Merkúra vyslať kozmickú sondu a pristáť na jeho povrchu

Webová stránka:

<http://www.esa.int/science/bepicolombo>

**Venus Express**

Krajina: Európa

Štart: 2005

Misia: Štúdium atmosféry Venuše a mapovanie teplôt na jej povrchu

Webová stránka:

<http://www.esa.int/science/venusexpress>

**Phoenix**

Krajina: USA

Štart: august 2007

Misia: Pristátie v severnej polárnej oblasti Marsu a pátranie na jej povrchu

Webová stránka:

<http://phoenix.lpl.arizona.edu/>

Mars Science Laboratory



Krajina: USA

Štart: december 2009 – prílet október 2010

Misia: Prejst širokú oblast Marsu, analyzovať pôdu a kamenné vzorky

Webová stránka:

<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/missions/future/msl.html>

ExoMars (Mars)



Krajina: Európa

Štart: 2011

Misia: Hľadanie stôp po organických molekulách na povrchu Marsu

Webová stránka:

<http://www.esa.int/esaMI/Aurora>

Hayabusa (Muses-C)



Krajina: Japonsko

Štart: 2003 – návrat jún 2007

Misia: Priniesť na Zem vzorky asteroidu 25143 Itokawa

Webová stránka:

<http://www.muses-c.isas.ac.jp/>

Dawn



Krajina: USA

Štart: 27. 5. 2006

Misia: Výskum dvoch najväčších asteroidov:

Ceres (od júla 2010)

a Vesta (od augusta 2014)

Webová stránka: <http://www.ssc.igpp.ucla.edu/dawn/>

Mars Reconnaissance Orbiter



Krajina: USA

Štart: august 2005 – prílet marec 2006

Misia: Výskum na dôkaz toho, že niekedy na Marse tiekla voda

Webová stránka:

<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/mro/>

Rosetta



Krajina: Európa

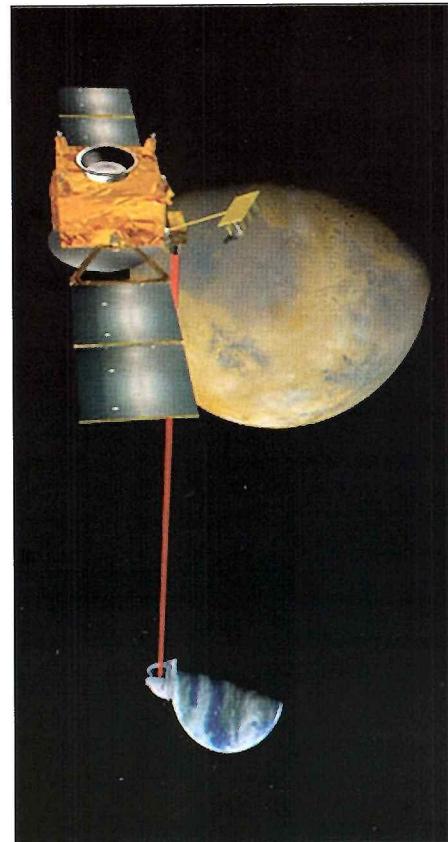
Štart: 2004 – prílet 2014

Misia: Obiehať a pristáť na kométe Čurjumov-Gerasimenko

Webová stránka:

<http://www.esa.int/SPECIALS/Rosetta/>

Mars Telecommunications Orbiter



Krajina: USA

Štart: 2009

Misia: Telekomunikácia zo sondy z Marsu na Zem

Webová stránka:

<http://www.mars.jpl.nasa.gov/missions/future/mto.html>

Mars Sample Return Orbiter



Krajina: Európa, USA

Štart: 2015

Misia: Priniesť vzorky Marsu na štúdium na Zem

Webová stránka:

<http://www.esa.int/esaMI/Aurora>

Foto: CNES, ESA, ISAS a NASA  
**LADISLAV DRUGA**

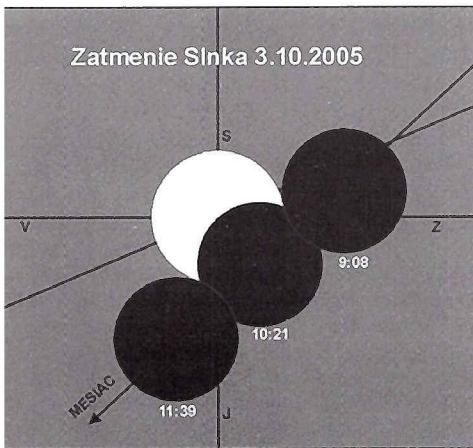
# Prstencové zatmenie Slnka 3. 10. 2005

Zatmenie ako čiastočné bude pozorovateľné z Európy, takmer celej Afriky, Madagaskaru, časti Grónska, Predného východu, Stredozemného mora, severných oblastí Atlantického oceánu a západnej polovice Indického oceánu a juhozápadnej časti Ázie. Prstencové zatmenie bude viditeľné od Azorských ostrovov, Španielska, Stredozemného mora, Alžírska a afrických štátov po Somálsko a končí sa v Indickom oceáne, západne od Kokosových ostrovov. Priebeh zatmenia je na obrázku.

Zatmenie je zo séria saros 134, je 43. zatmením zo 71 zatmení v danej sérii. Predchádzajúce zatmenie tejto sérii bolo 23. 9. 1987, ďalšie nastane 14. 10. 2023.

Od nás bude zatmenie pozorovateľné len ako čiastočné. Z vybraných miest na našom území bude najväčšia fáza pozorovateľná v Bratislave, najmenšia v Trebišove. Časy jednotlivých kontaktov vo vybraných miestach sú v tabuľke. Nakoľo toto zatmenie je posledným pred úplným zatmením 29. 3. 2006, na ktoré sa pripravujú amatéri i profesionáli je to vhodná príležitosť na odskúšanie si techniky. Niekoľko expedícii bude prstencové zatmenie pozorovať v Španielsku a okrem zaujímavých záberov iste získajú aj odbornejšie výsledky (presné určenie limitných hraníc).

Od nás môžeme získať sériu jednotlivých fáz a pri dobrej príprave aj postupku zatmenia exponovanú na jedno poličko filmu.

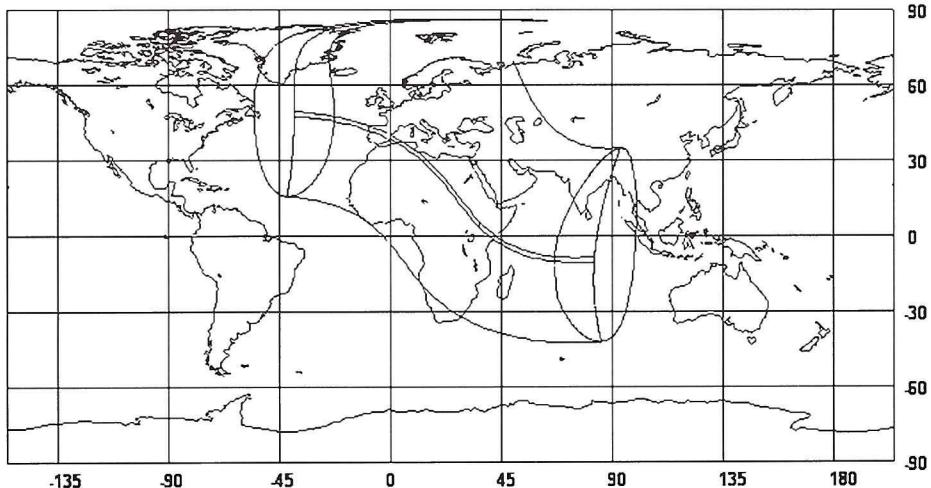


Priebeh čiastočného zatmenia na 48,4° severnej šírky a 20,0° východnej dĺžky.

	1.kontakt					max. fáza		4. kontakt			
	ZD ° ,	ZŠ ° ,	SEC h m s	PA °	h °	SEC h m s	h °	SEC h m s	PA °	h °	F
Bardejov	21 15	49 18	9 10 18	279	29	10 22 38	35	11 37 41	163	37	0,469
Bratislava	17 10	48 10	9 3 9	284	28	10 18 11	35	11 36 52	158	38	0,542
Dolný Kubín	19 19	49 13	9 7 13	281	28	10 20 21	35	11 36 34	161	37	0,495
Galanta	17 45	48 11	9 3 60	283	28	10 18 52	35	11 37 17	159	38	0,535
Hlohovec	17 50	48 27	9 4 21	283	28	10 18 52	35	11 36 52	159	38	0,528
Humenné	21 55	48 57	9 11 4	279	30	10 23 35	36	11 38 46	163	37	0,466
Hurbanovo	18 11	48 52	9 5 13	282	28	10 19 8	35	11 36 24	160	37	0,516
Košice	21 15	48 44	9 9 47	280	30	10 22 52	36	11 38 45	162	37	0,479
Kysucké N. Mesto	18 46	49 18	9 6 29	281	28	10 19 41	34	11 36 2	161	37	0,500
Levice	18 35	48 14	9 5 15	283	28	10 19 50	35	11 37 49	159	38	0,523
Lučenec	19 40	48 20	9 6 57	282	29	10 21 6	36	11 38 25	160	38	0,507
Malacky	17 0	48 27	9 3 10	284	27	10 17 54	35	11 36 15	158	38	0,539
Martin	18 55	49 5	9 6 30	281	28	10 19 56	35	11 36 32	160	37	0,503
Medzov	20 54	48 42	9 9 12	280	30	10 22 27	36	11 38 35	162	37	0,484
Michalovce	21 55	48 45	9 10 53	279	30	10 23 41	36	11 39 9	163	37	0,470
Nové Mesto n/V	17 50	48 47	9 4 39	282	28	10 18 45	35	11 36 17	159	37	0,522
Nitra	18 5	48 20	9 4 36	283	28	10 19 12	35	11 37 16	159	38	0,527
Partizánske	18 23	48 38	9 5 18	282	28	10 19 27	35	11 36 57	160	37	0,518
Prešov	21 10	49 0	9 9 54	280	30	10 22 39	35	11 38 12	162	37	0,475
Rimavská Sobota	20 0	48 22	9 7 30	282	29	10 21 29	36	11 38 35	161	38	0,502
Roztoky	21 29	49 23	9 10 46	279	29	10 22 53	35	11 37 41	163	37	0,464
Rožňava	20 30	48 40	9 8 32	281	29	10 21 58	35	11 38 23	162	37	0,490
Snina	22 10	49 0	9 11 32	279	30	10 23 52	36	11 38 50	163	37	0,462
Sobotište	17 25	48 44	9 4 0	283	27	10 18 17	34	11 36 4	159	37	0,528
Spišská Nová Ves	20 35	48 58	9 8 56	280	29	10 21 57	35	11 37 53	162	37	0,483
Stará Lesná	20 20	49 8	9 8 42	280	29	10 21 36	35	11 37 24	162	37	0,483
Trebišov	21 40	49 39	9 11 19	278	29	10 22 60	35	11 37 17	163	36	0,457
Ziar nad Hronom	18 52	49 35	9 6 54	280	28	10 19 42	34	11 35 36	161	36	0,494
Žilina	18 45	49 12	9 6 22	281	28	10 19 42	34	11 36 12	160	37	0,503

ZD, ZŠ – zemepisná dĺžka a šírka  
PA – pozicién uhol  
h – výška nad obzorom  
F – veľkosť maximálnej fázy

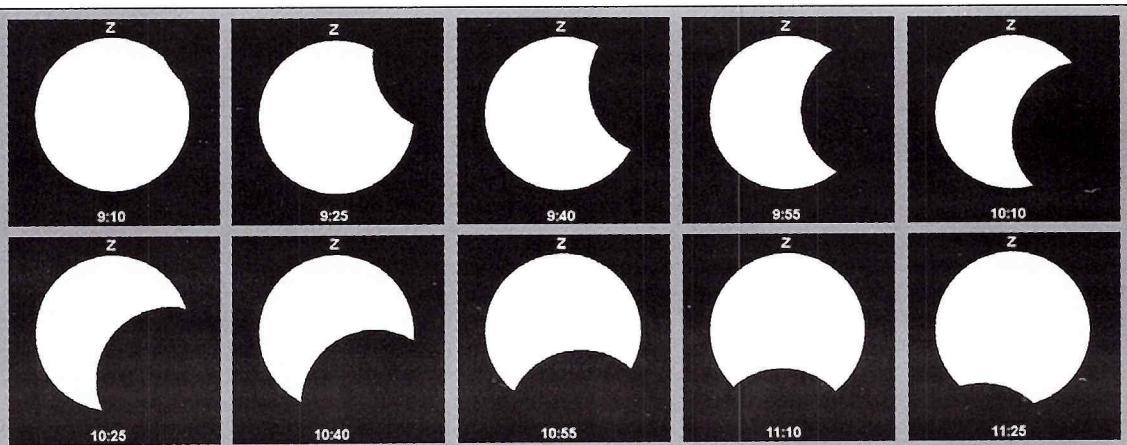
PR



Pozorovateľnosť zatmenia na zemskom povrchu.

Fázy zatmenia pri pozorovaní triédrom (dalekohľadom na azimutálnej montáži)

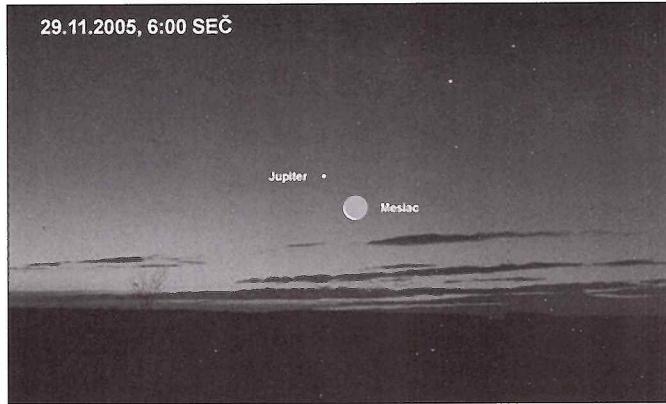
– zenit je hore



7.10.2005, 17:30 SEČ



29.11.2005, 6:00 SEČ



# Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

október  
– november

Jesenná obloha má vždy svoje čaro, noci sú dlhé a ešte relatívne teplé, aj keď pod oblohou sa často musíme vysporiať s rosením prístrojov. Z planét viditeľných voľným okom či menším dalekohľadom budú na oblohe všetky, no jednoznačne najviac bude pútať pozornosť astronómov i širokej verejnosti Mars v opozícii. Na rozdiel od predchádzajúcich mesiacov je tu možnosť vidieť niekoľko dôtyčnicových zákrytov a vcelku dobré podmienky budú mat aj meteorári.

## Planéty

**Merkúr** je začiatkom októbra prakticky nepozorovateľný, nakoľko jeho uhlová vzdialenosť od Slnka je len  $10^{\circ}$ . 4. 10. hneď po západe Slnka bude v jeho blízkosti tenučký Mesiak a Jupiter na veľmi presvetlenej oblohe. Podmienky jeho viditeľnosti sa zlepšujú len málo, napriek tomu, že 3. 11. bude v najväčšej východnej elongácii ( $23,5^{\circ}$ ), lebo aj vtedy zapadá len krátko po konci občianskeho súmraku. 14. 11. je v zastávke, začne sa pohybovať späťne a po polovici novembra sa definitívne strati vo večernom súmraku. 24. 11. je v dolnej konjunkcii so Slnkom (a zároveň najblížie k Zemi –  $0,678$  AU), no potom sa podmienky jeho rannej viditeľnosti rýchlo zlepšujú a koncom novembra už vychádza z nautického súmraku ako objekt 1,6 mag. V posledný novembrový deň bude pred východom Slnka  $8^{\circ}$  vľavo od tenkého kosáčika Mesiaca. Jeho viditeľnosť sa bude stále zlepšovať, nakoľko 12. 12. bude v najväčszej západnej elongácii, druhej najväčsnej v tomto roku.

**Venuša** ( $-4,1$  až  $-4,6$  mag) bude ozdobou vecernej oblohy napriek tomu, že bude mať len nevelkú výšku nad obzorom. 7. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom, no keďže maximálne priblíženie ( $1,7^{\circ}$ ) nastáva ráno, keď sú obe telesá ešte pod obzorom, pokocháme sa touto krásnou dvojicou 6. a 7. 10. večer po západe Slnka. Aj keď vzdialenosť oboch telies bude len  $6^{\circ}$ , určite by sme nemali nechať zaháľať našu fotografickú techniku. 17. 10. sa Venuša priblíží k Antaresovi a 3. 11. bude v najväčszej západnej elongácii ( $47,1^{\circ}$ ). 5. 11. bude vo veľmi peknej konjunkcii s Mesiacom a určite zaujme aj širšiu verejnosť, nakoľko bude mať jasnosť  $-4,4$  mag. Aj po maximálnej elongácii ostáva viditeľnosť Venuše veľmi dobrá.

18. 11. prejde Venuša len  $8'$  južne od  $\sigma$  Sgr ( $2,1$  mag), a tak si v dalekohľade môžeme dobre všimnúť jej vlastného pohyb.

**Mars** ( $-1,7$  až  $-2,3$  mag) bude skutočnou čer-

venkastou perlou na nočnej oblohe. Začiatkom októbra vychádza o 19. hodine, no jeho viditeľnosť sa predĺžuje, nakoľko sa blíži do opozície. 9. 10. sa presunie z Býka do Barana. 1. 10. je v zastávke a začne sa pohybovať späťne. 19. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom v splne, no krajšia bude až 15. 11., keď obe telesá uvidíme najblížie ráno pred západom Marsu, no aj v tomto prípade bude Mesiak v okolí splnu. Najblížie k Zemi sa Mars dostane 30. 10., keď nás od neho bude deliť len  $0,4641$  AU. 7. 11. bude v opozícii a o deň skôr dosiahne svoju najväčšiu jasnosť –  $-2,3$  mag. Tohoročná opozícia Marsu je veľmi výhodná pre pozorovateľov na severnej pologuli, nakoľko Mars pri kulminácii dosiahne výšku nad obzorom (58°). Aj keď vzdialenosť od Zeme nebude rekordná tak ako pri predchádzajúcej opozícii 28. 8. 2003, z hľadiska pozorovateľnosti je omnomo výhodnejšia práve pre jeho priaznivú výšku nad obzorom. Uhlový prie-

	r	Δ	mag	Φ
1. 10.	1,4198	0,5253	-1,7	17,8
6. 10.	1,4247	0,5077	-1,8	18,4
11. 10.	1,4298	0,4924	-1,9	19,0
16. 10.	1,4351	0,4801	-2,0	19,5
21. 10.	1,4406	0,471	-2,1	19,9
26. 10.	1,4463	0,4655	-2,2	20,1
31. 10.	1,4522	0,4641	-2,3	20,3
5. 11.	1,4581	0,4671	-2,3	20,0
10. 11.	1,4642	0,4746	-2,3	19,7
15. 11.	1,4704	0,4866	-2,1	19,2
20. 11.	1,4767	0,5029	-2,0	18,6
25. 11.	1,4831	0,5235	-1,8	17,9
30. 11.	1,4896	0,5479	-1,7	17,1
5. 12.	1,496	0,576	-1,5	16,3
10. 12.	1,5026	0,6074	-1,3	15,4
15. 12.	1,5091	0,6416	-1,2	14,6
20. 12.	1,5156	0,6783	-1,0	13,8
25. 12.	1,5222	0,7173	-0,8	13,1
30. 12.	1,5287	0,7583	-0,7	12,3

r – vzdialenosť od Slnka v AU, Δ – vzdialenosť od Zeme v AU, mag – jasnosť, Φ – uhlový priemer v sekundách

mer bude súčasťou proti roku 2003 menší o  $5''$ , no skutočnosť, že bude vysoko nad obzorom, je natolikovýznamná, že by sme mali získať viac kvalitných



Zmena uhlového priemera Marsu.

## Zákryty hviezd Mesiacom (október – november)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
12. 10.	21 26 51	D	29635	5,5	+18S	141	357	-529
13. 10.	17 38 36	D	30502	6,6	+84S	71	82	65
14. 10.	23 8 5	D	31432	4,9	+83N	56	47	-10
19. 10.	22 54 29	R	4683	6,6	+70S	232	61	111
20. 10.	3 31 32	D	4938	5,5	-52S	110	65	-132
20. 10.	4 30 36	R	4938	5,5	+61S	223	63	18
20. 10.	4 42 58	R	4951	6,6	+13N	329	-18	-387
22. 10.	0 2 48	R	7174	6,5	+8S	183	-80	533
22. 10.	23 8 21	R	9188	6,8	+50N	311	85	-5
23. 10.	0 41 5	D	9368	5,0	-75S	107	89	29
23. 10.	1 58 45	R	9368	5,0	+69S	251	97	88
23. 10.	4 19 17	R	9506	5,8	+29N	333	58	-252
23. 10.	20 37 31	R	10893	6,9	+81S	268	-22	76
24. 10.	23 55 21	R	12558	7,0	+48S	241	8	156
9. 11.	19 56 37	D	30310	6,4	+23S	136	328	-471
12. 11.	20 35 36	D	744	6,6	+82N	58	77	35
19. 11.	18 56 15	R	10087	7,0	+75S	256	-21	91
20. 11.	4 3 14	R	10670	6,4	+65N	298	64	-117
21. 11.	0 15 14	R	12050	5,9	+61N	308	91	-31
21. 11.	0 50 40	R	12076	6,2	+57S	246	97	135
27. 11.	2 51 40	R	18642	7,0	+77N	306	30	20

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

pozorovaní. Obdobie okolo opozície je najvhodnejšie na pozorovanie albedových útvarov i južnej polárnej čiapočky. Pri pozorovaní použijeme čo najväčšie užitočné zväčšenie a majiteľa upravených webovských kamier si iste prídu na svoje. Na rozdiel od predchádzajúcej opozície nebude tohtoročná sprevádzaná masívnom masmédiálnou kampaňou, ktorá napriek niektorým pozitívm spôsobila vo verejnosti veľa falosných ilúzií a mnohým pri pohľade do dalekohľadu aj sklamanie.

**Jupiter** (-1,7 mag) v Panne je začiatkom októbra viditeľný len krátko po západe Slnka, jeho viditeľnosť sa zhoršuje, nakoľko sa blíži do konjunkcie so Slnkom 22. 10. Na rannej oblohe ho nájdeme už v polovici prvej novembrovej dekády a jeho viditeľnosť sa bude rýchlo zlepšovať, koncom novembra už bude výrazným, neprehliadnuteľným objektom. 4. a 5. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom a Merkúrom, no uvidíme ich pravdepodobne len triédrom krátko po západe Slnka na svetlej oblohe. 1. 11. nastane ešte za občianskeho súmraku ráno omnoho krajšia konjunkcia s Mesiacom a podobná situácia sa zopakuje 29. 11.

**Saturn** (0,4 – 0,2 mag) v Rakovi vychádza začiatkom októbra po polnoci, no jeho viditeľnosť sa predĺžuje a koncom novembra je nad obzorom okrem večera už po celú noc. Na oblohe sa pohybuje v priamom smere až do 22. 11., keď bude v zastávke a začne sa pohybovať späťne. Necelé dva stupne od Saturna nájdeme aj jasné hviezdokopu Jasličky (M 44), od ktorých sa bude postupne vzdialovať východným smerom. Saturn s jeho mohutnými, široko roztvorenými prstencami pozorujeme z ich južnej strany. 25. 10. je v konjunkcii s Mesiacom po poslednej štvrti a obe telesá najlepšie uvidíme 26. ráno po ich východe. Podobná situácia sa zapakuje 22. 11., no Mesiac bude rušíť o niečo viac, nakolko bude pred poslednou štvrtou.

Urán (5,7 – 5,8 mag) vo Vodnárovi má dobré podmienky viditeľnosti, pretože 1. 9. bol v opozícii. Začiatkom októbra zapadá 3 hodiny po polnoci, koncom novembra už o polnoci. Za dobrých podmienok ho môžeme nájsť aj volným okom na hranici viditeľnosti, no jeho modrozelená krása vynikne až pri pozorovaní dalekohľadom. Nakolko jeho uhlový priemer je len 3,5°, ako kotúčik ho uvidíme len pri dostatočnom zväčšení. 14. 10. a 10. 11. bude v mälo výraznej konjunkcii s Meriacom.

**Neptún** (7,9 mag) v Kozorožcovi má podobné podmienky viditeľnosti ako Urán, no keďže je západnejšie, zapadá o dve hodiny skôr ako Urán. Triédrom alebo malým dalekohľadom ho nájdeme stupeň severovýchodne od hviezdy θ Cap (4,1 mag). Na oblohe sa pohybuje späťne až do 26. 10., keď je stacionárny. 9. 11. bude v nevýraznej konjunkcii (4,6°) s Mesiacom v prvej štvrti. Ak ste ešte Neptún nikdy nevideli, skúste no nájsť 8. 11. okolo 22:30, keď bude 5° severne od Mesiaca.

Pluto (13,9 – 14 mag) v Hadovi má podmienky podpriemerné a zhoršujúce sa, naokoľko jeho uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenší zo  $73^{\circ}$  na  $16^{\circ}$  a 16. 12. bude v konjunkcii so Slnkom. Výkonným ďaleko-hľadom ho môžeme nájsť začiatkom októbra  $2,5^{\circ}$  západne od  $\chi$  Ser (3,5 mag).

**Dotyčnicové zákryty** sú po tieto dva mesiace k pozorovateľom mimoriadne príaznivé a najjasnejšia zakrývaná hvieza má 5,5 mag. Zvlášť dobre sú na tom pozorovatelia na juhu stredného Slovenska, nakoľko všetky zákryty sa križujú v okolí Plešivca. 12. 10. bude pozorovateľný dotyčnicový zákryt od Rimavskej Soboty cez Prešov a ďalej na severovýchod. Hviezda je pomerne jasná (5,5 mag)



a k zákryt nastáva  $10^{\circ}$  na neosvetlenej strane Mesiaca. Ďalšie dva zákryty 9. 11. (ide o dvojhviezdu 7,1 a 7,2 mag) majú prakticky rovnaké pozorovateľské miesta ako októbrový zákryt. Aj keď sú hviezdy slabšie, pozorovať zákryt dvojhviezd bude iste nezabudnuteľné, stačí si len vhodne vybrať svoje stanovište. Posledný zákryt 24. 11. križuje Slovensko od severozápadu na juhovýchod. V tabuľke je prehľad zákrytov pre Rimavskú Sobotu. Pre iné miesta nájdete informácie na stránke [www.szaa.sk](http://www.szaa.sk) alebo kontaktujte najbližšiu hvezdáreň.

dátum	HIP	h	m	s	mag	%	d	h	PA	CA
		UT								
12. 10.	H105665	21	31	58	5,4	73+	15	10,8	149	10,1D
9. 11.	H108797	20	1	56	7,1	58+	16	16,2	146	12,8D
9. 11.	H108797	20	2	3	7,2	58+	14	16,2	146	12,8D
24. 11.	H51360	3	19	22	7,3	47-	26	48,2	213	11,8D

**HIP** – označenie hviezdy v katalógu Hipparchos, **mag** – jasnosť hviezdy, **%** – osvetlenie časti Mesiaca v percentoch, **d** – vzdialenosť od Rim. Soboty, **h** – výška nad obzorom, **PA** – pozičný uhol, **CA** – vzdialenosť od osvetlenej časti Mesiaca (**D** = na tmavej strane).

Planétky

(4) Vesta dosiahne koncom novembra 7,1 mag a bude najjasnejšou planétkou tohto obdobia. Do 11. mag budú v opozícii planétky: (51) Nemausa (5. 10., 10,5 mag), (675) Ludmilla (7. 10., 10,8 mag), (23) Thalia (9.10., 10,8 mag), (89) Julia (15. 10., 9,5 mag), (386) Siegena (21. 10., 10,7 mag), (43) Ariadne (23. 10., 10,5 mag), (92) Undina (2. 11., 10,9 mag), (19) Fortuna (4. 11., 8,9 mag), (67) Asia (5. 11. 11,0 mag), (57) Mnemosyne (8. 11., 10,9 mag), (55) Pandora (9. 11., 10,8 mag), (88) Thisbe (10. 11., 10,7 mag), (28) Bellona (28. 11., 10,6 mag), (712) Boliviana (29. 11., 10,5 mag).

Pre lovcov zaujímavých fotografií sme vybrali niektoré zaujímavé priblíženia planétek k objektom nočnej oblohy, a tak je len na nich, či sa ich pokúsia zaznamenať na svoje pamäťové médiá.

Podľa nominálnych predpovedí nastane počas októbra a novembra 5 zákrytov hviezd planétami, u ktorých je naše územie aspoň v rámci neurčitosti predpovede. Azda najlepšie vyhliadky sú pri planétku (1032) Pafuri 8. 11. Zakrývaná hviezdá je relatívne jasná (8,9 mag) a skúsenejší pozorovateľia by ju mali nájsť bez problémov v hlave Leva.

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
<b>(3) Juno</b>			
1. 10.	5 <sup>h</sup> 14,8 <sup>m</sup>	+ 7°5,0'	8,6
6. 10.	5 <sup>h</sup> 19,8 <sup>m</sup>	+ 6°9,5'	8,5
11. 10.	5 <sup>h</sup> 24,0 <sup>m</sup>	+ 5°1,7'	8,4
16. 10.	5 <sup>h</sup> 27,5 <sup>m</sup>	+ 4°1,9'	8,3
21. 10.	5 <sup>h</sup> 30,2 <sup>m</sup>	+ 4°0,9'	8,2
26. 10.	5 <sup>h</sup> 32,0 <sup>m</sup>	+ 3°9,4'	8,1
31. 10.	5 <sup>h</sup> 33,0 <sup>m</sup>	+ 2°8,2'	8,0
5. 11.	5 <sup>h</sup> 33,0 <sup>m</sup>	+ 1°8,5'	7,9
10. 11.	5 <sup>h</sup> 32,2 <sup>m</sup>	+ 0°1,4'	7,8
15. 11.	5 <sup>h</sup> 30,5 <sup>m</sup>	- 0°1,7'	7,8
20. 11.	5 <sup>h</sup> 28,1 <sup>m</sup>	- 0°9,9'	7,7
25. 11.	5 <sup>h</sup> 25,0 <sup>m</sup>	- 1°1,8'	7,6
30. 11.	5 <sup>h</sup> 21,4 <sup>m</sup>	- 1°6,3'	7,6

#### (4) Vesta

1. 10.	7h07,6m	+19°4,5'	8,1
6. 10.	7h13,0m	+19°9,5'	8,1
11. 10.	7h18,0m	+19°4,9'	8,0
16. 10.	7h22,5m	+19°0,8'	7,9
21. 10.	7h26,6m	+19°7,7'	7,9
26. 10.	7h30,2m	+19°5,7'	7,8
31. 10.	7h33,1m	+19°5,2'	7,7
5. 11.	7h35,5m	+19°6,3'	7,6
10. 11.	7h37,2m	+19°9,5'	7,5
15. 11.	7h38,3m	+19°5,0'	7,4
20. 11.	7h38,6m	+19°2,8'	7,4
25. 11.	7h38,2m	+20°3,1'	7,2
30. 11.	7h36,9m	+20°6,1'	7,1

**(43) Ariadne**

31. 10.	$1^{\text{h}}44,5^{\text{m}}$	$+15^{\circ}5,9'$	10,7
5. 11.	$1^{\text{h}}39,7^{\text{m}}$	$+15^{\circ}9,6'$	10,9
10. 11.	$1^{\text{h}}35,5^{\text{m}}$	$+14^{\circ}4,6'$	11,0
15. 11.	$1^{\text{h}}31,9^{\text{m}}$	$+14^{\circ}2,0'$	11,2
20. 11.	$1^{\text{h}}28,9^{\text{m}}$	$+13^{\circ}2,6'$	11,3

(92) Undina

11. 10.		2h47,9m	+ 1°5,4'	11,1
16. 10.		2h44,6m	+ 1°6,7'	11,0
21. 10.		2h41,0m	+ 1°9,3'	10,9
<u>26. 10.</u>		2h37,2m	+ 1°3,8'	10,9
31. 10.		2h33,2m	+ 0°0,6'	10,9

(712) Boliviana

26. 10.		$4^{\text{h}}46,2^{\text{m}}$	+20°0'9"	11,5
31. 10.		$4^{\text{h}}44,7^{\text{m}}$	+20°4'4"	11,3
5. 11.		$4^{\text{h}}42,5^{\text{m}}$	+19°4'7"	11,2
10. 11.		$4^{\text{h}}39,4^{\text{m}}$	+18°2'3"	11,0
15. 11.		$4^{\text{h}}35,7^{\text{m}}$	+17°7'9"	10,9
20. 11.		$4^{\text{h}}31,6^{\text{m}}$	+16°2'7"	10,7

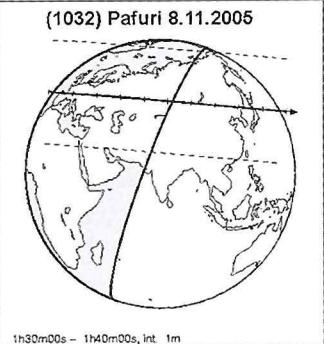
### Zákryty hviezd planétkami (október – november)

dátum	[UT]	planétka	trv	hviezda	m*	dm	h*	el	%
3.10.	3,2	598 Octavia	3,7	TYC1353 1233	10,6	3,6	54		
4.10.	1,7	210 Isabella	12,0	TYC 1850 1255	10,5	3,2	63		
11.10.	23,1	712 Boliviana	24,4	TYC 1831 1958	9,9	2,1	47		
8.11.	1,6	1032 Pafuri	3,1	HIP 48303	8,9	7,4	37		
30.11.	0,0	516 Amherstia	5,2	TYC 2913 379	10,9	2,3	81		
1.12.	22,0	328 Gudrun	11,1	UCAC2 47726302	10,7	2,2	75		
2.12.	0,2	405 Thia	19,9	FK6 2597	5,5	7,1	51		

Z predpovedí sú vylúčené hviezdy slabšie ako 11 mag. V tabuľke sú len úkazy, u ktorých je pokles jasnosti väčší ako 1 mag. Výber úkazov je pod podmienkou, že Slnko je pod obzorom viac ako 12 stupňov a hvieza minimálne 10 stupňov nad obzorom (pre polohu Rimavskej Soboty).

**trv** – trvanie zákrytu v sekundách, **m\*** – jasnosť hviezdy, **h\*** – výška hviezdy nad obzorom, **dm** – pokles jasnosti, **el** – uhlová vzdialenosť Mesiaca, **%** – percento osvetlenej časti Mesiaca, **+** dorastá, **-** ubúda

Zákryt  
hvězdy  
planétkou  
Parufi.



## Tabulky východov a západov (október – november)

### Slnko

		Súmrak						
		Astronomický		Nautický		Občiansky		
Vých.	Západ	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.	
1. 10.	5:39	17:19	3:50	19:08	4:27	18:31	5:03	17:55
8. 10.	5:49	17:05	4:01	18:54	4:37	18:17	5:13	17:41
15. 10.	6:06	16:51	4:11	18:40	4:47	18:04	5:23	17:28
22. 10.	6:10	16:38	4:21	18:27	4:57	17:51	5:33	17:15
29. 10.	6:21	16:26	4:30	18:16	5:07	17:40	5:43	17:03
5. 11.	6:32	16:15	4:40	18:07	5:16	17:30	5:53	16:53
12. 11.	6:43	16:05	4:49	17:59	5:26	17:22	6:03	16:44
19. 11.	6:53	15:57	4:58	17:52	5:35	17:15	6:13	16:37
26. 11.	7:04	15:51	5:06	17:48	5:44	17:11	6:22	16:32

### Mesiac

	Východ	Západ
1. 10.	3:13	16:49
8. 10.	11:48	19:16
15. 10.	16:08	3:01
22. 10.	19:23	12:07
29. 10.	2:07	15:09
5. 11.	10:49	18:05
12. 11.	14:29	2:04
19. 11.	18:09	10:48
26. 11.	0:58	13:28

### Merkúr

	Východ	Západ
1. 10.	6:35	17:39
8. 10.	7:11	17:29
15. 10.	7:44	17:20
22. 10.	8:14	17:12
29. 10.	8:39	17:06
5. 11.	8:54	17:00
12. 11.	8:47	16:49
19. 11.	8:03	16:24
26. 11.	6:40	15:43

### Venuša

	Východ	Západ
1. 10.	9:52	18:42
8. 10.	10:10	18:34
15. 10.	10:26	18:28
22. 10.	10:40	18:25
29. 10.	10:51	18:24
5. 11.	10:57	18:26
12. 11.	10:59	18:29
19. 11.	10:55	18:34
26. 11.	10:46	18:38

### Mars

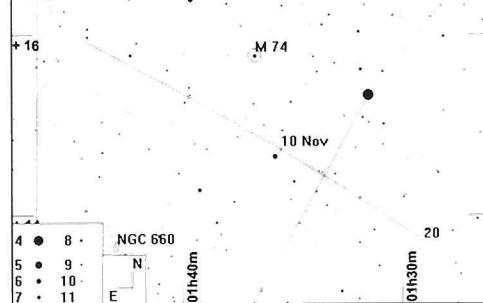
	Východ	Západ
1. 10.	19:02	9:47
8. 10.	18:32	9:19
15. 10.	18:00	8:47
22. 10.	17:26	8:12
29. 10.	16:51	7:34
5. 11.	16:14	6:55
12. 11.	15:39	6:15
19. 11.	15:04	5:37
26. 11.	14:30	5:02

### Jupiter

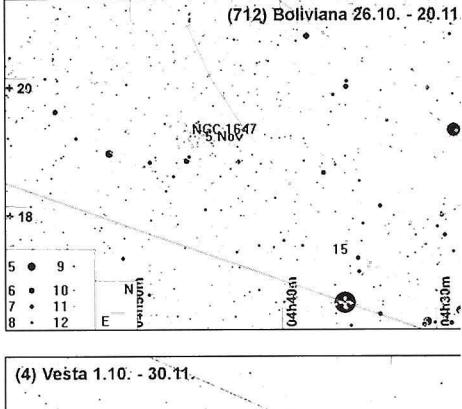
	Východ	Západ
1. 10.	7:08	17:55
8. 10.	6:49	17:31
15. 10.	6:29	17:07

POZORUJTE S NAMI

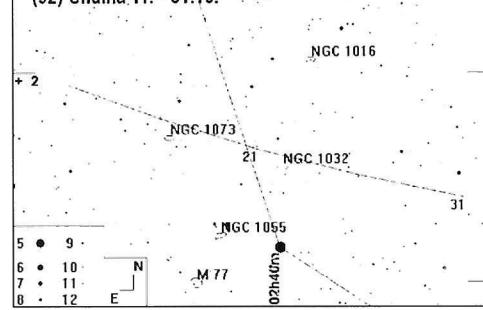
(43) Ariadne 31.10. - 20.11.



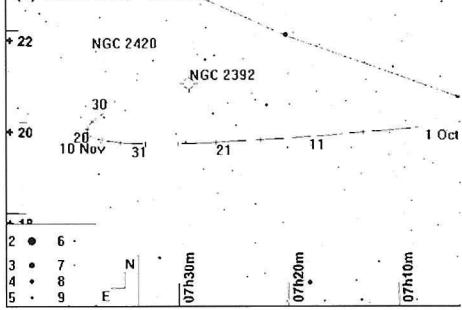
(712) Bolíviana 26.10. - 20.11.



(92) Undina 11. - 31.10.



(4) Vešta 1.10. - 30.11.



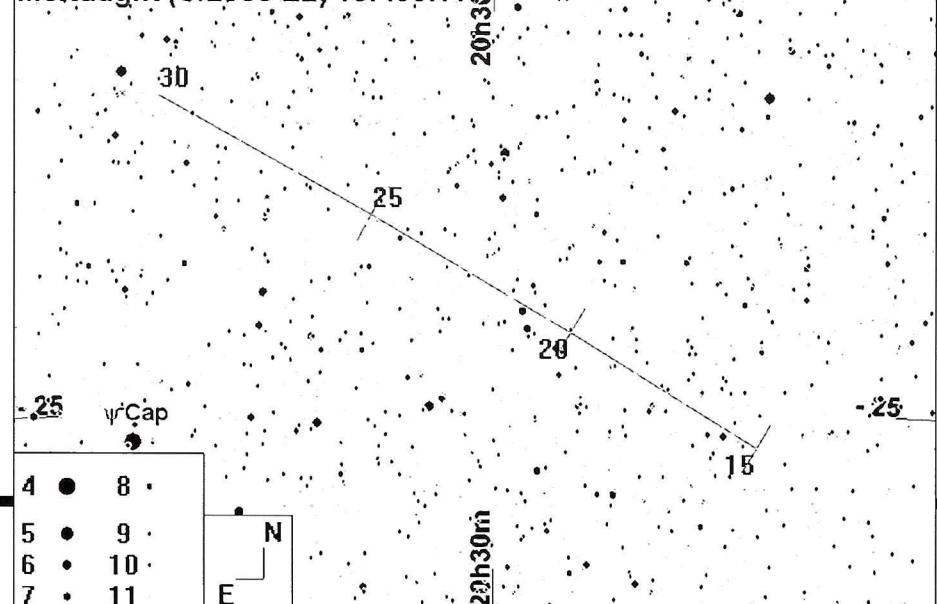
### Kométy

Jasné, či aspoň prijateľne jasnejšie kométy sa z oblohy vytratili, nastáva teda chudobnejšie obdobie. Najjasnejšou kométou bude McNaught (C/2005 E2), no aj tá, keďže má zápornú deklináciu, bude pozorovateľná len veľmi obťažne veľmi nízko nad obzorom. Koncom novembra, keď budú podmienky najpriaznivejšie, bude na konci nautickeho súmraku vo výške 18°. Ostatné kométy nedosiahnu

### Efemerida kométy McNaught (C/2005 E2)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
1. 10.	19h29,4m	-33°51,1'	11,0	100,8
6. 10.	19h32,1m	-33°01,6'	10,9	96,6
11. 10.	19h35,5m	-32°10,6'	10,8	92,6
16. 10.	19h39,7m	-31°17,9'	10,8	88,8
21. 10.	19h44,6m	-30°23,5'	10,7	85,1
26. 10.	19h50,1m	-29°27,3'	10,6	81,5
31. 10.	19h56,3m	-28°29,2'	10,5	78,0
5. 11.	20h03,1m	-27°28,8'	10,5	74,7
10. 11.	20h10,4m	-26°26,0'	10,4	71,5
15. 11.	20h18,3m	-25°20,5'	10,3	68,5
20. 11.	20h26,6m	-24°12,1'	10,2	65,5
25. 11.	20h35,4m	-23°00,5'	10,1	62,7
30. 11.	20h44,6m	-21°45,5'	10,0	60,0

McNaught (C/2005 E2) 15.-30.11.



## Meteorické roje (október – november)

ALBUM POZOROVATEĽA

Roj	Aktivita	Max.	Radiant		Pohyb rad. %/deň		V. km/s	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	D			
SPR	5. 9.–10. 10.	8. 9.	04:00	+47	1	+0,1	64	6	ALPO
DAU	5. 9.–10. 10.	8. 9.	04:00	+47	1,0	+0,1	64	6	IMO
OAR	1. 10.–31. 10.	8. 10.	02:08	+08	0,9	+0,3	28	5	ALPO
GIA	6. 10.–10. 10.	8. 10.	17:28	+54			20	VAR	IMO
EGE	14. 10.–27. 10.	18. 10.	06:48	+27	1	+0,1	71	2	IMO
ORI	2. 10.–7. 11.	21. 10.	06:20	+16	0,7	+0,1	66	20	IMO
LMI	21. 10.–23. 10.	22. 10.	10:48	+37	1	-0,4	62	2	DMS
STA	1. 11.–25. 11.	5. 11.	03:28	+13	0,8	+0,2	27	5	IMO
DER	6. 11.–29. 11.	10. 11.	03:52	-09	0,9	+0,2	31	2	DMS
NTA	1. 11.–25. 11.	12. 11.	03:52	+22	0,8	+0,1	29	5	IMO
LEO	14. 11.–21. 11.	17. 11.	10:12	+22	0,7	-0,4	71	VAR	IMO
AMO	15. 11.–25. 11.	21. 11.	07:20	+03	0,8	-0,2	65	VAR	IMO
XOR	26. 11.–31. 12.	2. 12.	05:28	+23	1,2	0,0	28	3	IMO
MON	27. 11.–17. 12.	8. 12.	06:40	+08	0,8	+0,2	42	3	IMO

SPR – septembrové Perzeidy, DAU – δ Aurigidy, OAR – októbrové Arietidy, GIA – Drakonidy, EGE – ε Geminidy, ORI – Orionidy, LMI – Leo Minoridy, STA – južné Tauridy, DER – δ Eridanidy, NTA – severné Tauridy, LEO – Leonidy, AMO – α Monocerotidy, XOR – χ Orionidy, MON – Monocerotidy

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

pomerne blízko radiantu. Ešte horšia je situácia s nevýraznými ε Geminidami, ktoré majú maximum o tri dni skôr.

Dobré podmienky na pozorovanie majú aj južné Tauridy, pri severných už bude rušíť Mesiac. Oba roje súvisia s kométou 2P/Encke a ich radianty sú veľké. V rojoch je relatívne veľa jasných meteorov (situácia sa však z roka na rok mení), čo dáva šancu na fotografické pozorovanie.

α Monocerotidy prekvapujú svojou neočakávanou zvýšenou aktivitou, ktorá má pravdepodobne 10-ročnú periu. Naposledy bola vysoká aktivita pozorovaná v roku 1995, a teda je šanca aj tohto roku. Meteory tohto roja sú rýchle, pomerne slabé a navyše pozorovanie bude rušíť Mesiac. Vzhľadom na očakávanú aktivitu je však vhodné pozorovať aj za takýchto podmienok.

V posledných rokoch populárne Leonidy sa dostávajú na svoju normálnu aktivitu, ktorej maximum by malo nastať 17. 11. popoludní. Nočné pozorovanie bude rušíť Mesiac krátko po splne.

PAVOL RAPAVÝ

## Kalendár úkazov a výročí (október – november)

1. 10.	10,8	Mars v zastávke (začína sa pohybovať späťne)	22. 10.	13,9	Jupiter v konjunkcii so Slnkom	9. 11.		planétka (55) Pandora v opozícii (10,8 mag)
1. 10.		480. výročie (1525) narodenia Tadeáša Hájka z Hájku	22. 10.		100. výročie narodenia (1905) A. W. Whitforda	10. 11.	1,3	Mesiac v prízemí (370 009 km)
3. 10.	10,4	prstencové zatmenie Slnka, od nás pozorovateľné ako čiastočné	22. 10.		100. výročie narodenia (1905) K. Jánskeho	10. 11.	12,5	35. výročie (1975) sondy Luna 17 konjunkcia Mesiaca s Uránom (Urán 3,2° severne)
3. 10.	11,5	Mesiac v nove	23. 10.		planétka (43) Ariadne v opozícii (10,5 mag)	10. 11.		planétka (88) Thisbe v opozícii (10,7 mag)
4. 10.	15,9	konjunkcia Mesiaca s Jupiterom (Jupiter 3° severne)	25. 10.	2,3	Mesiac v poslednej štvrti	11. 11.		130. výročie (1875) narodenia V. Sliphera
5. 10.		planétka (51) Nemusa v opozícii (10,5 mag)	26. 10.	10,6	Mesiac v odzemí (404 493 km)	12. 11.		maximum meteorického roja severné Tauridy (ZHR 5)
5. 10.	20,7	konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 1,3° južne)	25. 10.	19,1	Mesiac v konjunkcii Saturna s Mesiacom (Saturn 3,5° južne)	12. 11.		25. výročie (1980) Voyageru 1 (oblet Saturna)
6. 10.		15. výročie (1990) vypustenia sondy Ulysses	26. 10.		30. výročie (1975) sondy Venera 10	14. 11.	10,4	Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať späťne)
7. 10.	5,7	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1;7° severne)	30. 10.	2,0	Mesiac v koniec letného času	15. 11.	7,2	konjunkcia Mesiaca s Marsom (Mars 2° južne)
7. 10.		planétka (675) Ludmilla v opozícii (10,8 mag)	30. 10.	4,5	Mars najbližšie k Zemi (0,46407 AU)	16. 11.	1,9	Mesiac v splne
8. 10.	2,3	zákryt Antaresa Mesiacom (u nás pod obzorom)	1. 11.	8,3	konjunkcia Mesiaca s Jupiterom (Jupiter 3,2° severne)	16. 11.	8,3	Urán v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
8. 10.		maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)	2. 11.	2,4	Mesiac v nove	17. 11.		maximum meteorického roja Leonidy (ZHR var)
9. 10.		planétka (23) Thalia v opozícii (10,8 mag)	2. 11.		planétka (92) Undina v opozícii (10,9 mag)	19. 11.		60. výročie (1945) narodenia A. Reiskupovej
10. 10.		25. výročie (1980) Very Large Arrays	2. 11.		120. výročie (1885) narodenia H. Shapleya	21. 11.		maximum meteorického roja α Monocerotidy (ZHR var)
10. 10.	20,0	Mesiac v prvej štvrti	3. 11.	16,5	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (23,5°)	22. 11.	8,0	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,4° južne)
14. 10.	7,8	konjunkcia Mesiaca s Uránom (Urán 2,8° severne)	3. 11.	20,6	Venuša v najväčšej východnej elongácii (47,1°)	22. 11.	19,4	Saturn v zastávke (začína sa pohybovať späťne)
14. 10.	15,0	Mesiac v prízemí (365 452 km)	4. 11.	0,1	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,7° severne)	23. 11.	7,3	Mesiac v odzemí (404 370 km)
15. 10.		75. výročie (1930) narodenia P. B. Babadžanova	4. 11.	6,9	zákryt Antaresa Mesiacom (u nás pod obzorom)	23. 11.	23,2	Mesiac v poslednej štvrti
15. 10.		planétka (89) Julia v opozícii (9,5 mag)	4. 11.		planétka (19) Fortuna v opozícii (8,9 mag)	24. 11.	16,6	Merkúr v dolnej konjunkcii
16. 10.		30. výročie (1975) družice GOES 1	4. 11.		80. výročie (1925) narodenia V. Ivana	26. 11.		110. výročie (1895) narodenia B. Lindblada
17. 10.	2,6	konjunkcia Venuše s Antaresom (Antares 1,6° južne)	5. 11.		planétka (67) Asia v opozícii (11,0 mag)	26. 11.		40. výročie (1965) Asterixa 1 (1. franc. družica)
17. 10.	13,2	Mesiac v splne (čiastočné zatmenie Mesiaca, od nás nepozorovateľné)	5. 11.		maximum meteorického roja južné Tauridy (ZHR 5)	28. 11.		planétka (28) Bellona v opozícii (10,6 mag)
18. 10.		maximum meteorického roja ε Geminidy (ZHR 2)	5. 11.	21,5	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 2° severne)	28. 11.		305. výročie (1700) narodenia N. Blissa
19. 10.	12,4	konjunkcia Mesiaca s Marsom (Mars 3,9° južne)	5. 11.		100. výročie narodenia V. B. Nikonova	29. 11.	4,4	konjunkcia Mesiaca s Jupiterom (Jupiter 3,6° severne)
19. 10.		95. výročie (1910) narodenia S. Chandrasekhara	6. 11.	8,8	Mars v najväčšej jasnosti (-2,3 mag)	29. 11.		planétka (712) Boliviana v opozícii (10,5 mag)
21. 10.		planétka (386) Siegena v opozícii (10,7 mag)	7. 11.	8,8	Mars v opozícii	1. 12.	16,0	Mesiac v nove
21. 10.		maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 20)	7. 11.		90. výročie (1915) narodenia P. Morrisona	2. 12.		maximum meteorického roja χ Orionidy (ZHR 3)
20. 10.		300. výročie (1705) narodenia J. D. Perlitzho	8. 11.		planétka (57) Mnemosyne v opozícii (10,9 mag)	4. 12.	2,2	Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
20. 10.		35. výročie (1970) sondy Zond 8	9. 11.	1,5	konjunkcia Mesiaca s Neptúnom (Neptún 4,6° severne)	4. 12.	21,9	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 2,8° severne)
22. 10.		30. výročie (1975) sondy Venera 9	9. 11.	2,9	Mesiac v prvej štvrti			

## Slnečná aktívita

jún – júl 2005

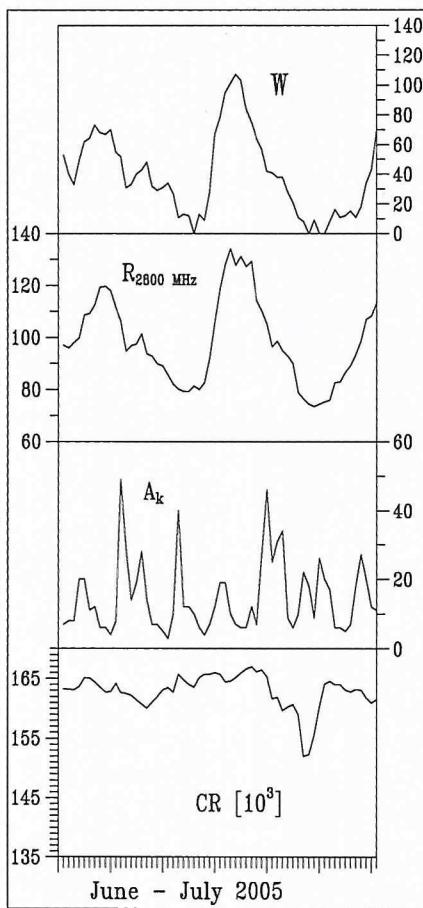
Slnečná aktívita je stále vo fáze poklesu jedenásťročného cyklu slnečnej aktivity. Minimum sa očakáva až v roku 2006.

Dnes si pripomieneme vesmírnu sondu ULYSSES, ktorá je na obežnej dráhe okolo Slnka už 14 rokov. Písali sme o nej už niekoľkokrát. Je to jediná medziplanetárna sonda, ktorá vystupuje vysoko nad ekliptiku.

Z posledných výsledkov je zaujímavá nedávna (začiatkom roka 2005) programová spolupráca SOHO – ULYSSES, keď sa ULYSSES nachádzal vo vzdialosti 4,3 AU a  $27^{\circ}$  severne nad západným okrajom Slnka a bolo možné po prvý raz identifikovať a študovať tú istú horúcu plazmu z družice SOHO na diaľku a prístrojmi sondy ULYSSES priamo na mieste. V priebehu niekoľkých dní pozorovali 4 veľké výrony hmoty (CME) všeobecne v smere na ULYSSES. Približne za 15 dní (to znamená, že priemernou rýchlosťou 500 km/s) sa čelo tejto štruktúry objavilo na sonda ako intenzívna nárazová vlna. Plazma tejto štruktúry obsahovala mimoriadne veľký podiel iónov železa až do stupňa FeXVII (neutrálny atóm sa označuje FeI, teda FeXVII je atóm železa, z ktorého je odtrhnutých 16 elektrónov). Prístroj UVCS na družici SOHO často indikuje takúto horúcu plazmu (6 – 10 miliónov K), ktorá zrejme vzniká vysoko (0,5 slnečného polomeru) nad povrchom Slnka. Najpravdepodobnejším zdrojom takej plazmy sú postupné výrony.

Sonda ULYSSES bude pracovať najmenej do roku 2008.

Milan Rybanský



## Smršť komét – jar / leto 2005

Vela jasných komét v období jar/leto 2005 určite potešilo srdce všetkých pozorovateľov. Kométy tentoraz „neposlúchali efemeridy“ a na radosť pozorovateľov vybavených menšími prístrojmi (zatial aj vrátene mňa), boli mnohokrát jasnejšie. V spomínanom období bolo možné pozorovať pomocou 15-cm Newtona alebo menších prístrojov až 8 komét.

**C/2004 Q2 Machholz:** Túto „starú známu“ som pozoroval až do 6. 4. triédrom  $7 \times 50$ , neskôr už bolo potrebné použiť Newton 152/903. V období pozorovania triédrom sa jej jasnosť menila pomerne málo (6,9 – 7,2 mag, koma okolo  $10'$  a kondenzácia 3 – 4,5). Až do polovice mája kométa pomaly slabla (8 – 8,6 mag), jej koma sa zmenšila na  $6'$  a kondenzácia na 3 – 4. Po preštávke vynútenej svitom Mesiaca sa mi ju podarilo pozorovať až večer 26. 5. a musím priznať, že pohľad do ďalekohľadu ma zarazil. Kométa zoslabla až na 9,6 mag, no veľkosť komy a jej kondenzácia sa vzhľadom na predchádzajúce pozorovanie nezmenili. V júni kométa slabla pomalšie (10,2 – 10,5 mag), ale bola čím ďalej tým viac difúznejšia (DC 2). V júli sa mi podarilo pozorovať kométu už len do polovice mesiaca, naposledy som ju videl 15. 7. večer, keď som jej jasnosť odhadol na 11,2 mag s kondenzáciou 3 a veľkosťou komy  $3'$ .

Celkovo som získal v období december 2004 až júl 2005 54 odhadov jasnosti. Bola to veľmi pekná kométa – zbohom o 124 618 rokov!

**9P/ Tempel:** Pokúšal som sa ju nájsť už v marci (jej jasnosť sa pohybovala medzi 13 – 12 mag.), no šťastie sa na mňa usmialo až 26. 4. večer. Kométa bola značne difúzna s jasnosťou 11,6 mag a veľkosťou komy  $1,6'$ . V máji jej jasnosť príjemne rástla od 11,3 do 10,3 mag, kondenzácia sa prakticky nemenila. Posledný pozorovací mesiac bol jún, kométa zjasnala až na 9,4 mag (28. 6.), v Newtone mala komu okolo  $3'$  no v refraktore 70/1000 až okolo  $6'$ . 4. 7. sa kométa zrazila s impaktorom sondy Deep Impact, no ja som ju ani vďaka značnému úsiliu s niektorými ďalšími účastníkmi LAT-u nenašiel v dierach medzi mrakmi...

V spomínanom období som získal 16 pozorovaní komény.

**21P/ Giacobini– Zinner:** Materskú kométu Drakoníd som pozoroval 29. a 30. 5. ráno v strednej časti Panny, bola veľmi nízko nad obzorom, no v Newtone 152/903 bol pohľad na ňu skutočným zážitkom napriek tomu, že mala jasnosť len okolo 10,6 mag s komou  $4'$  a kondenzáciou 3.

**161P/ Hartley – IRAS:** V poradí tretiu periodickú kométu som prvýkrát zazrel ráno 13. 6. nízko nad obzorom v súhvezdí Andromedy. Bo-

la pomerne slabá (11,3 mag) s komou  $2,5'$  a kondenzáciou 3 – 4.

Zjasňovala sa až do 7. 7., keď mala 10,7 mag. Do 30. 7. už len slabla až po 11,3 mag, no jej kondenzácia sa výraznejšie nemenila.

Celkovo som získal 11 pozorovaní.

**C/2005 K2 LINEAR:** Prvá pozorovaná jasná kométa z produkcie „kombajnu“ LINEAR v tomto roku. Naproti efemeride bola jasnejšia až o 3 mag, za čo môže rozpad jej jadra. Pozorovanie sťažovalo mesačný svit, opar nad južným obzorom i hladné túlavé psy, takže som ju pozoroval len 16. 6., keď mala v refraktore 70/1000 (50x) jasnosť 9,4 mag pri priemere komety  $2'$  a kondenzácii 3 – 4.

**29P/ Schwassmann-Wachmann:** Krátkopeviodická kométa s kruhovou dráhou známa svojimi vzplanutiami až na hranicu 11 mag. Jedno takéto vzplanutie sa mi podarilo pozorovať ráno 14. a 15. 7., keď jej jasnosť dosiahla 11,6 a 11,7 mag. Koma bola malá, okolo  $1'$ , no pomerne silná kondenzácia (DC = 6) z nej robila skutočne pekný objekt.

**C/2005 N1 Juels-Holvorcem:** Prvá kométa z produkcie amatérskych astronómov v tomto roku (aj keď objavená pomocou CCD čipu). Pozoroval som ju podobne ako predchádzajúcu kométu 14. a 15. 7. s jasnosťou okolo 11,6 a 11,7 mag, čiže bola oproti efemeride jasnejšia o 2 mag. Koma zaberala na oblohe  $2,5'$  pri kondenzácii 3, no aj napriek týmto skutočnostiam bola pre Newton 152/903 dost ľahkým objektom.

**C/2005 A1 LINEAR – druhá jasnejšia kométa** z produkcie LINEARU v tomto roku bola podobne ako jej predchodyňa oproti efemeride jasnejšia až o 3 mag. Pozoroval som ju vo veľmi úspešných nociach 14. a 15. 7., keď mala 11,2 mag (koma  $3'$ , kondenzácia okolo 3). V dosahu 20-cm ďalekohľadov by mohla byť pozorovateľná ešte aj v septembri.

Po tomto bohatom období pozorovania jasných komét nasleduje skúpe obdobie, keď podľa súčasných poznatkov nebude pozorovateľná ani jedna jasná kométa do 12 mag v rozumnej výške nad obzorom. Lutovať teda môžu všetci tí, ktorí túto skvelú príležitosť nevyužili, a tým nezvýšili počet pozorovaní v databáze SMPH a ICQ... Ale kvôli, možno to bude niektoč čitateľ-pozorovateľ môjho článku, ktorý objaví nejakú jasnú kométu a vďaka nej si užijeme veľa pekných zážitkov aj v jeseni aj pomocou menších prístrojov. Všetky pozorovania boli a budú publikované v spravodajcoch SMPH a ICQ, ako aj uvedené na stránkach <http://encke.jpl.nasa.gov>.

**LUBOMÍR URBANČOK,**  
Šíd, 3. 8. 2005

Prodám SOMET BINAR  $25 \times 100$  + dřevěný stativ (trínožka). Cena 20 000 Kč. Josef Pirk, Heranova 1213, Ústí nad Orlicí 562 06, 605 566 202 [jpirkl@centrum.cz](mailto:jpirkl@centrum.cz)

Predám achromatický objektív o priemere 200 mm s ohniskom 2500 mm. Cena 7000 Sk. Telefón: 02/62 80 22 05. Vojtech Dvonč, Mudroňova 78, 811 03 Bratislava.

## Letný astronomický a ekologický tábor 2005

Už po štvrtý raz usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach svoj letný astronomický tábor v priestoroch Školy v prírode v Rokytove pri Humennom. Tentoraz mal názov Letný astronomický a ekologický tábor a skratku LAET. Tábor sa konal v dňoch 1. – 7. 7. 2005. Tentoraz mali dvača sedem učasťníkov na starosti 21 detí z okresov Michalovce a Trebišov. Jedna časť boli začiatočníci a druhá časť pokročilí, ktorí už napríklad súťažili aj na celoštátnom kole súťaže „Čo viete o hviezdach“. Preto boli učasťníci rozdelení na niektoré aktivity na takéto dve skupiny. Dopoludnia mali obe skupiny prednášky. Začiatočníci na témy z ekológie o životnom prostredí i jednoduché prednášky z astronómie. Pokročilí mali so začiatočníkmi len jednu tému z ekológie spoločnú a potom už len témy z astronómie: pomocou notebooku a dataprojektora absolvovali teoreticky Messierov maratón, vypočuli si prednášku o možnostiach amatérskych astronomických pozorovaní, hovorili o využití počítačových programov a internetu v astronómii. Tu pomocou notebooku a dataprojektora mali predvedené ukážky z niektorých astronomických programov a internetových stránok. Nakoniec uzavreli svoj teoretický program prednáškou o vizuálnom pozorovaní meteorov podľa metodiky IMO. Popoludní bol k dispozícii miestny potok a kúpanie v ňom, čo však kvôli počasiu bolo len dvakrát, alebo prechádzka a nákup v obchode. V podvečer sa hral futbal, ale veľmi oblúbenými športami boli aj stolný tenis a basketbal. Hrala sa však aj hra králov – šach. Večer zasadali obe skupiny ku svojim súťažiam, ktoré sa hodnotili, a na záver sa stanovilo v oboch tímech poradie a rozdali ceny. V noci sa potom pozorovalo. To nám však tento rok nevyšlo úplne, ale len na 50 %. Zo 6 nocí sme mohli pozorovať 3. Začiatočníci sa učili sponzorovať súhvezdia a hviezdy a pozreli si objekty v dalekohľade. Pokročilí už aj sami vyhľadávali objekty. K dispozícii boli 3 dalekohľady. Keď nám počasie nepripravilo, tak sme si pozreli film premietaný projektorom z notebooku. V areáli školy v prírode potom ešte deti hľadali „stratený modul zo satelitu NASA“ plný lízaniek. Vďaka ochotnému personálu školy v prírode a výbornej strave a dífajme aj kvalitnému programu, sa každý v záverečnom hodnotení LAETu o to horočnom tábore pochválne vyjadroval. Uvidíme sa teda zasa o rok v Rokytove?

## Letné astronomické praktikum 2005

Letné astronomické praktikum (LAP 2005) sme tohto roku strávili po druhý raz vo Vysokej nad Uhom, kde nás prichytili v budove MŠ. Konalo sa v dňoch 8. – 13. 8. 2005. Bolo nás tam len 6: 5 členov ATM a pracovník hvezdárne – autor týchto riadkov. So skromnými podmienkami sme tu boli spokojní. Tento rok však nevyšlo počasie a z 5 nocí sme pozorovali len jednu celú noc a raz skúšobne hodinu za neštandardných podmienok sme trénovali dvoch našich začiatočníkov v pozorovaní meteorov. Obloha v tú jedinú jasnú noc však bola nádherná, limitná magnitúda dosahovala až 6,4. Mali sme so sebou dva dalekohľady (binár 10x80 a refraktor 100/1000 mm) na pozorovanie „Deep Sky objektov“. Pozorovali sme však meteory – Perzeidy. Máme 659 záznamov o prelete meteорov, z toho približne polovica bola počas poslednej hodiny pozorovania, kedy to nazaj „lietalo“, až bol problém stíhať všetko zapisovať. Vo volnom čase sme pozerali televíziu a pomocou notebooku a dataprojektora filmy, hrali sa karnty. Mali sme so sebou aj gitaru. Na praktiku vznikala práca SOČ o vzdialenosťach vo vesmíre. Toto praktikum nám, pokiaľ sa týka počasia, veľmi nevyšlo. Avšak našťastie sme neodíšli celkom naprázdno. Dúfajme, že o rok nás na pozorovanie meteorov vo Vysokej nad Uhom opäť prijímú na pári nocí na LAP 2006 a počasie bude oveľa priateľskejšie.

RNDr. ZDENĚK KOMÁREK  
Hvezdáreň v Michalovciach

## Jubilanti

Čas nemožno zastaviť. Plynne svojím tempom, ba s pribúdajúcim vekom človeka akoby zdanivo postupoval rýchlejšie a rýchlejšie. A roky života jeden po druhom pribúdajú. Môžeme robiť čo chceme, vždy sa nekompromisne priblíži určitý dátum, ktorý znamená, že sa stávame o rok starší.

Hovorí sa však, že človek má len toľko rokov, na kolko sa cíti. Že je to tak, potvrzuju aj manželia **Antónia a Ladislav Oravcovci** z Nitry, ktorí sa v žiadnom prípade necítia na osiemdesiatnikov, hoci obaja toto okruhé výročie v nedávnom období oslavili.

Možno práve dlhoročná spoločná záľuba – **amatérská astronómia** – ich udržuje stále sviežich a plných elánu. Ved ak sa človek vie orientovať v kozmických časových údajoch, s určitou dávkou nadsadenia a irónie si uvedomí, že osiemdesať rokov znamená skutočne veľmi málo a toto číslo vyjadruje len krátky časový úsek.



**Antónia Oravcová** (16. 9. 1925) – do činnosti v amatérskej astronómii sa zapája už od roku 1955, kedy ju zaujal program a náplň činnosti prvého astronómického kružku v Nitre. Je členkou Slovenskej astronomickej spoločnosti a Slovenského zväzu astronómov amatérov, kde dlhé roky vykonávala funkciu pokladničky miestnej organizácie v Nitre. Má vrodený organizačný talent a vyznačuje sa zmyslom pre zodpovednosť. Jej nezíštnú pomoc a spoluprácu v plnej mieri využívala i vtedajšia Krajská hvezdáreň v Hlohovci, Okresný astronómický kabinet v Nitre a v súčasnosti Nitrianska hvezdáreň pri SÚH Hurbanovo. Veľmi cenné sú jej služby pri organizačnom zabezpečení a realizácii podujatí, pri propagácii a popularizácii astronómie a kozmonautiky medzi ľudmi a svojím diplomatičkým jednaním zaznamenáva úspechy u potenciálnych sponzorov a podporovateľov astronomickej činnosti.

**Ladislav Oravec** (21. 8. 1925) – svoj volný čas venuje amatérskej astronómii už vyše päťdesať rokov. Prvé poznatky získaval v astronómickom kružku dospelých v Nitre. Neškôr vstúpil medzi členov Slovenskej astronomickej spoločnosti a Slovenského zväzu astronómov amatérov a svoje vedomosti si rozširoval v kurze Pomaturitného štúdia astronómie v SÚH Hurbanovo. Stal sa aktívnym spolupracovníkom hvezdárni v Hurbanove, v Hlohovci a v Nitre. Táto spolupráca trvá dodnes. Je technicky a tvorivo založený typ človeka, čo dávalo predpoklad na to, že si sám zhotovil niekoľko dalekohľadov – refraktory 50/840 mm, 100/1600 mm a Newton 140/1050 mm. Malo to význam hlavne v nedávnej minulosti, keď u nás neboli dostupné originálne hvezdárske prístroje. Venuje sa najmä našej najbližšej hviezde – Slnku a od roku 1975 patrí medzi aktívnych pozorovateľov slnečnej fotosféry.

Počas dlhoročnej dobrovoľnej a nezíšnej práce v amatérskej astronómii obdržali manželia Oravcovci rad ocenení a uznania od Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove, Hvezdárne a planetária v Hlohovci, od kompetentných orgánov v Nitre a v roku 2000 im boli odovzdané Ďakovné listy Ministerstva kultúry Slovenskej republiky.

K významným životným jubileám prajem oslavencom v mene svojom i v mene všetkých priateľov, kolegov a spolupracovníkov veľa pevného zdravia, ďalšie pracovné a osobné úspechy a v živote ešte mnoho pekných slnečných dní a jasných nocí.

Mgr. PETER POLIAK

## Projekt Mars štyri storočia po Keplerovi sa začína

Ako sme už písali v Kozmose č. 2, od septembra sa začala pozorovacia kampaň projektu Mars štyri storočia po Keplerovi, ktorú organizuje Hvezdáreň v Banskej Bystrici za finančnej podpory programu Hodina deťom. Cielom celého projektu je nadviazať na úspešné pozorovania prechodu Venuše popred slnečný disk z minulého roku a zapojiť do pozorovania čo najviac detí a mládeži. Vďaka jednoduchosti, minimálnym technickým požiadavkám (stačí triéder, prípadne i voľné oko) a dlhodobo, teda prakticky nezávisle od počasia, ho zvládne aj laik. Nájst Mars na oblohe bude v tomto období jednoduché, po celé obdobie je napravo od Plejád, ktoré si verejnosť často mylí s „Malym vozom“, vzdialenosť menej ako 15°. Zaznamenať postupne niekoľko (10 – 20) jeho polôh počas šiestich mesiacov do mapky, ktorú si možno stiahnuť z [www.khbb.sk](http://www.khbb.sk), by preto nemal

byť žiadny problém. Ja sám som zvedavý, ako dopadnú moje vlastné pozorovania v porovnaní s ostatnými pozorovateľmi i so skutočnosťou. Nezabudnime, že pred 400 rokmi ešte nepoznali dalekohľad, a napriek tomu Tycho de Brahe zaznamenal polohy Marsu dosť presne na to, aby z nich Kepler odvodil zákony obehu planét.

Ďalšie podrobnosti a informácie o celom projekte možno získať na každej hvezdárni a astronómickom kabinete, pre ktorých bol zorganizovaný seminár, ale predovšetkým na uvedenej internetovej stránke. Tam nájdete aj pracovný list s popisom, ako z napozorovaných polôh graficky určiť dráhu Marsu, podobne, ako to urobil svojho času Kepler.

Všetkým mladým astronómom želáme jasné nebo a tešíme sa na vaše výsledky.

J. Gerboš

# Planétka Partizánske na vlastné oči

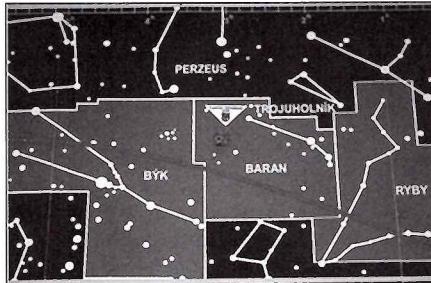
Nepreháňam. Planétku s poradovým číslom 25 384, ktorá v roku 2001 dostala meno podľa mesta Partizánske, môžete vidieť vo vstupnej hale hvezdárne. V prvom polroku minulého roka priestor vstupnej haly doplnilo „plasticke planetárium“, kde je vizualizovaná poloha denej hviezdy Slnka, ako i deväť planét v súhvezdiach zvieratníka. Okrem poloh planét vás „planetárium“ môže upozorniť na zaujímavé konjunkcie planét, ako i „priblíženie“ planét k jasným hviezdam. Plasticke je zobrazená i planéta Partizánske, ktorú vlastne voľným okom, ale i hlavným dalekohľadom hvezdárne nemôžeme priamo pozorovať. Na ploche viac ako desať metrov štvorcových sa vytvoril priestor, kde môžeme vizualizovať polohy nových komét, ako i ďalších zaujímavých úkazov.

**Planétku (25 384) Partizánske** objavil Mgr. Peter Kušnírak 65-cm dalekohľadom Astronomického ústavu Akadémie vied Českej republiky v Ondřejove v noci 17./18. októbra 1999 v severovýchodnej časti súhvezdia Blížencov (Gem), pri astrometrickom pozorovaní planétky (12054) 1997 TT 9.

Planéta obieha po takmer kruhovej a relativne dosť sklonenej dráhe ( $i = 11,7$  stupňa k rovine ekliptiky). Okolo Slnka obehne raz za 5,63 roka. Príslným svojej dráhy prešla naposlasy v máji 2001 vo vzdialosti 2,928 AU od Slnka. (AU – astronomická jednotka – stredná vzdialenosť Zeme od Slnka – 150 miliónov km.) Najbližšie sa planéta dostane do príslnia na Silvestra 2006.

Veľkosť planétky sa odhaduje z jej tzv. absoútnej jasnosti na základe známych vzťahov medzi pozorovanou jasnosťou planétky a vzdialenosťou. Veľkosť planétky (25 384) Partizánske je približne 8 kilometrov.

V novembri minulého roku hvezdárne obdržala oficiálny dokument, ktorý potvrdzuje, že mesto Partizánske má svoju planétu (25 384) v priestore medzi planétami Mars a Jupiter. Bol to nezvyčajný dar mestu, ktoré si v mesiaci október 2004 pripomenulo 65. výročie svojho vzniku. Zároveň to bola príležitosť pripomienuť si 5. výročie objavenia asteroidu (25 384) Partizánske, ktorý je trvalou pripomienkou a dôkazom formovania sa Slncejnej sústavy.



Detail, v súhvezdí Barana môžete vidieť asteroid s číslom 25 384, ktorý nesie pomenovanie podľa mesta Partizánske.

Samotné plasticke planetárium je zhotovené na kovovej konštrukcii, na ktorej je primitovaný pozinkovaný plech polepený fóliou, do ktorej sú vyrezané známe ekliptikálne súhvezdia. Ďalšie súhvezzia sú zobrazené do 40. stupňa severnej šírky nad rovníkom a 20 stupňov pod rovníkom. Pre lepšiu názornosť sú súhvezdia zobrazené klasickým spôsobom, t. j. jasné hviezdy sú pospájané čiarami, ktoré vyznačujú známe obrazy súhvezdií.

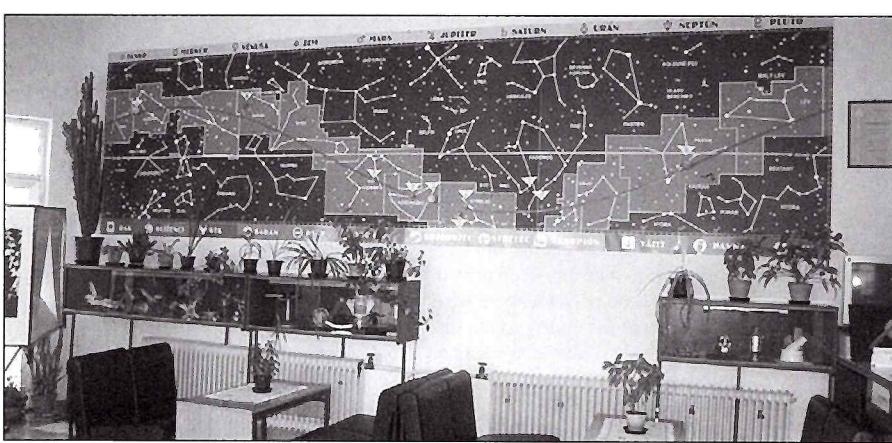
Ekliptika je zvýraznená červeným pásmom a rovník žltým. Modely planét sú zhotovené z loptičiek rôznych veľkostí, povrchovo upravené podľa známych portrétov jednotlivých planét. Pre manipuláciu na ploche „planetária“ sú opatrené magnetom, ktorý zabezpečuje nie len dobré príhlutie, ale i ľahký posun po ploche planetária.

Po obvode plochy plastickeho planetária sú vo vrchnej časti uvedené symboly planét. V spodnej časti sa návštěvník oboznámi zo znakmi jednotlivých zvieratníkových súhvezdií.

Vstupná hala hvezdárne sa obohatila o ďalšiu zaujímavú didaktickú pomôcku, ktorá svojim vzhľadom umožňuje vizualizovať nielen polohu planét, asteroidu Partizánske, ale i ďalších zaujímavých astronomických úkazov. Vďaka patrí predovšetkým firme FIL, konkrétnie Františkovi Vozárovi, za bezchybnú realizáciu ekliptikálnych súhvezdií a Rudolfovi Jakubskovi za realistické stvárnenie trojrozmerných modelov planét, ako i asteroidu (25 384) Partizánske.

**VLADIMÍR MEŠTER**

Hornonitrianska hvezdáreň, Partizánske



Plasticke „planetárium“, kde sú vizualizované polohy planét a Slnka.



## XXII. Ebicykel 2005 – Zlatá stredoslovenská cesta

16. – 24. júl 2005, trasa XXII. Ebicykla 2005: Spišská Nová Ves – Rožňava – Rimavská Sobota – Zvolenská Slatina – Žiar nad Hronom – Partizánske – Trenčín – Blatnice.

Júlový spin Mesiaca očakávali účastníci Ebicykla 2005 s veľkým napätiom, lebo neistý ráz počasia v strednej Európe vyzvolával obavy, čo zabalí prednosť – hubertus, a či iba plavky? „Zlatá stredoslovenská cesta“ startovala z centra Spiša najmä preto, lebo SNV je domovské mesto výnimočnej ženy, našej kamarátky Evky Krchovej. Putovanie astronómov-amatérov bolo trasované v prevažnej miere nádhernou krajinou stredného Slovenska. Ebity sa kľukali Slovenským rajom, Rudohorí, juhoslovenskými kotlinami, Pohroním i Štiavnickou vrchovinou. Ebicyklisti opúšťali SR na strednom Poavaží pod hradom Matúša Čaka a záverečný pokrik bol naplánovaný na sobotu 23. 7. vo výnnej pivnici J. Cába v Blatnici p. Sv. Antoníňom na Morave.

Astronomických zastávok bolo v tomto ročníku pomenej. Väčšinou to boli hvezdárne, ktoré nám poskytli strechu nad hlavou, a v niektorých sa uskutočnilo aj stretnutie s verejnosťou. Aj takouto formou sa chcem v mene všetkých ebicyklistov poďakovať našim hostiteľom, pracovníkom hvezdárne v Rožňave na čele s J. Kasperovou, F. Sejútovou a rodine Krchovcov zo SNV, manželom Rapavým z Rimavskej Soboty a ich kolegom. Tiež doc. V. Bahýlovi zo Zvolenskej Slatiny, kolektívom hvezdárni zo Žiaru n/ Hronom a v Partizánskom, Mgr. S. Kanianskemu, V. Mešterovi, Dr. Z. Baxovej z Trenčína, Ing. J. Veselému a Ing. Rajchlovi z Uherského Brodu a napokon J. Cábovi z Blatnice. Všetkým nechýbala trpezlivosť a pohostinnosť.

Na Ebicykel 2005 sa prihlásil rekordný počet účastníkov (63 starých a 7 nováčikov). Napokon, počet neklesol pod 57 jazdiacich ebicyklistov, maximálne ich išlo etapu 60, čím bol prekonaný rekord z roku 1992.

Itinerár slúboval priemernú dĺžku etáp 80 km, no až po jeho podrobnejšom preštudovaní sme pochopili zámer zostavovateľa trasy Zdenka Štoka. Prevažná väčšina etáp poskytovala cesty a necesty, vysokohorské sedlá s nadmorskou výškou 800 až 1000 m n. m., alebo výškové prevýšenia 500 až 800 m. Napokon sme navrhnuté trasy pochopili ako orientačné a uchýľovali sa k odbočkám. Možnosti a lákadel v podobe prírodných krás, jaskýň (Dobinská, Ochtinská, Aragonitová), kaštieľov a hradov, či vynovených námestí bolo neúrekom.

Ďalšie podrobnosti a fotografie o tohtoročnom Ebicykli sú na adrese: [www.ebicykl.cz](http://www.ebicykl.cz). Dovidenia v roku 2006 na Morave.

**Mgr. KATARÍNA ŽILINSKÁ**

# Nový pohľad na Mliečnu cestu

Spitzerov vesmírny dalekohľad umožnil astronómom vytvoriť podrobnejší model štruktúry našej Galaxie. Ukázalo sa, že tvar Galaxie je oveľa komplexnejší, ako sme sa nazdávali. Uprostred nášho hviezdneho ostrova je cigarovitá centrálna priečka s vydutinou, dlhá 27 000 svetelných rokov, ktorú z našej slnečnej sústavy vidíme pod 45-stupňovým uhlom.

Podrobné mapovanie urobil infračervený vesmírny teleskop, ktorý rozlíšil jemné detaily cigarovitej vydutiny, ktorou sa naša Galaxia odlišuje od väčšiny iných, mladších špirálov. Astronómovia zmonitorovali 30 miliónov hviezd v rovine našej Galaxie a vytvorili tak mimoriadne podrobný portrét vnútorných oblastí Mliečnej cesty. Ed Churchwell, vedúci tohto programu, prirovnał konštrukciu nového modelu Galaxie s mapovaním lesa, ktorý od

svojich okrajov hustne, a my, hoci dokážeme podrobne zratať stromy iba jeho vonkajších, redších častí, vytvárame mapu aj centrálneho, hustého pralesa.

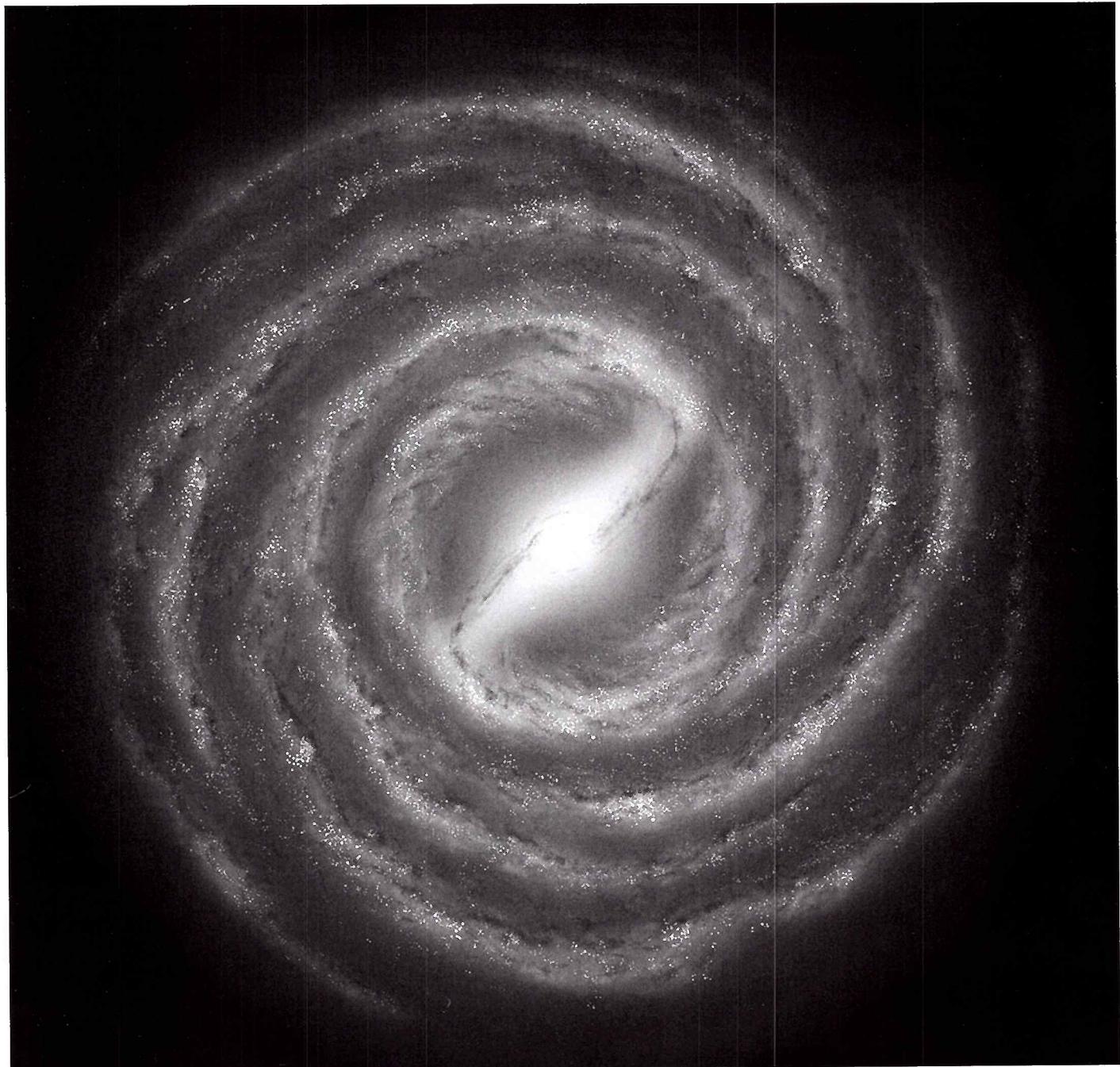
Výskum centrálnych oblastí našej Galaxie bol donedávna nemysliteľný. Rozlišovacia schopnosť Spitzerovho dalekohľadu, ktorý dokáže preniknúť clonou gigantických prachoplynových oblakov v centre Galaxie a zachytiť infračervené žiarenie desiatok miliónov hviezd skrytých za týmto závojom, dnes vytvorenie takéhoto modelu umožňuje. „Centrum Mliečnej cesty pozorujeme na vlnových dĺžkach, v ktorých je Galaxia najpriezračnejšia,“ vraví Robert Benjamin, vedúci programu.

Objav pozdĺžnej priečky v centre našej Galaxie nie je prekvapením. Porobné útvary vidíme aj v centre iných, vyzretých špirálo-

vých galaxií. Štúdia vedcov z NASA upresnila nielen tvar, ale aj orientáciu tohto zvláštneho útvaru. Pozdĺžna centrálna priečka je dlhá 27 000 svetelných rokov; je teda o 7000 svetelných rokov dlhšia, ako sa donedávna predpokladalo. Navyše sa ukázalo, že centrálna priečka je voči zornej línií Slnko/stred Galaxie sklonená pod uhlom 45 stupňov. Donedávna sa predpokladalo, že stred našej Galaxie tvorí okrúhly, mierne sploštený bochňik alebo elipsovité placka nahustená hviezdami.

Vedci sú presvedčení, že nový, spresnený model našej Galaxie umožní lepšie pochopiť nielen dynamiku procesov odohrávajúcich sa v centrálnej oblasti, ale aj gravitačný vplyv takto sformovanej galaktickej priečky na tvar jej špirálových ramien i na pohyby telies v nich.

NASA Press Release



Takto vyzerá Mliečna dráha po najnovšej rekonštrukcii z nášho periférneho pohľadu. Všimnite si pozdĺžnu, cigarovitú priečku v centre.



v krátkom čase nás nájdete na novej adrese:  
Partizánska cesta 80, Banská Bystrica

**TROMF**

$\phi 11''$

## ADVANCED SERIES

Schmidt - Cassegrain 11" s XLT úpravou

- nové revolučné vrstvy XLT
- SC 279/2790, f/10
- hľadáčik 9x50
- okulár Plossl 40 mm

### Paralaktická montáž CG-5 GoTo

- pevné duralové 2" nôžky
- plne elektronická montáž
- elektronické pohony oboch osí
- databáza 40.000 objektov
- pripojiteľná k PC
- s univerzálnym adaptérom

# PRÍďTE SA ZOZNÁMIŤ

**TROMF**