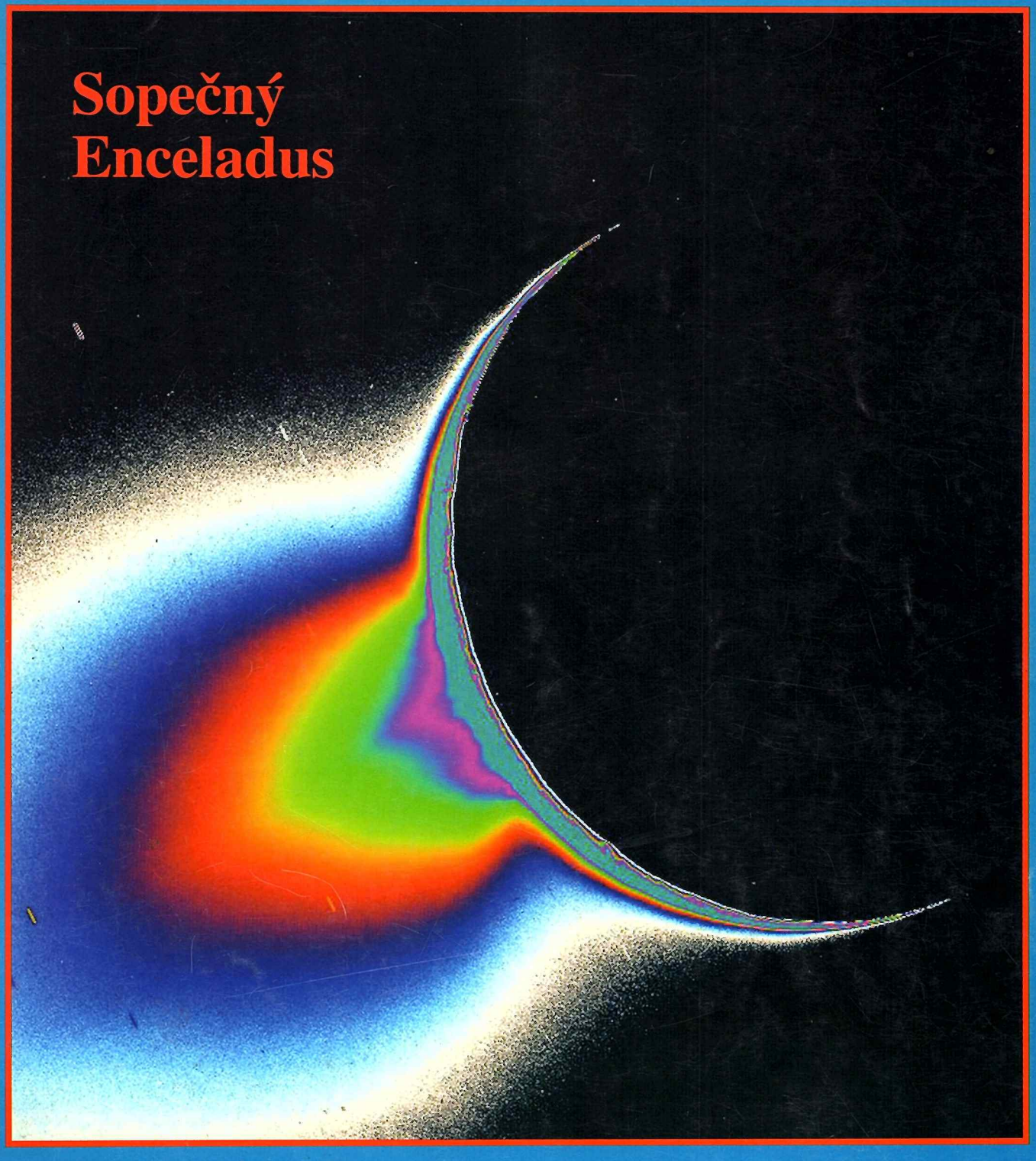
KOZMOS

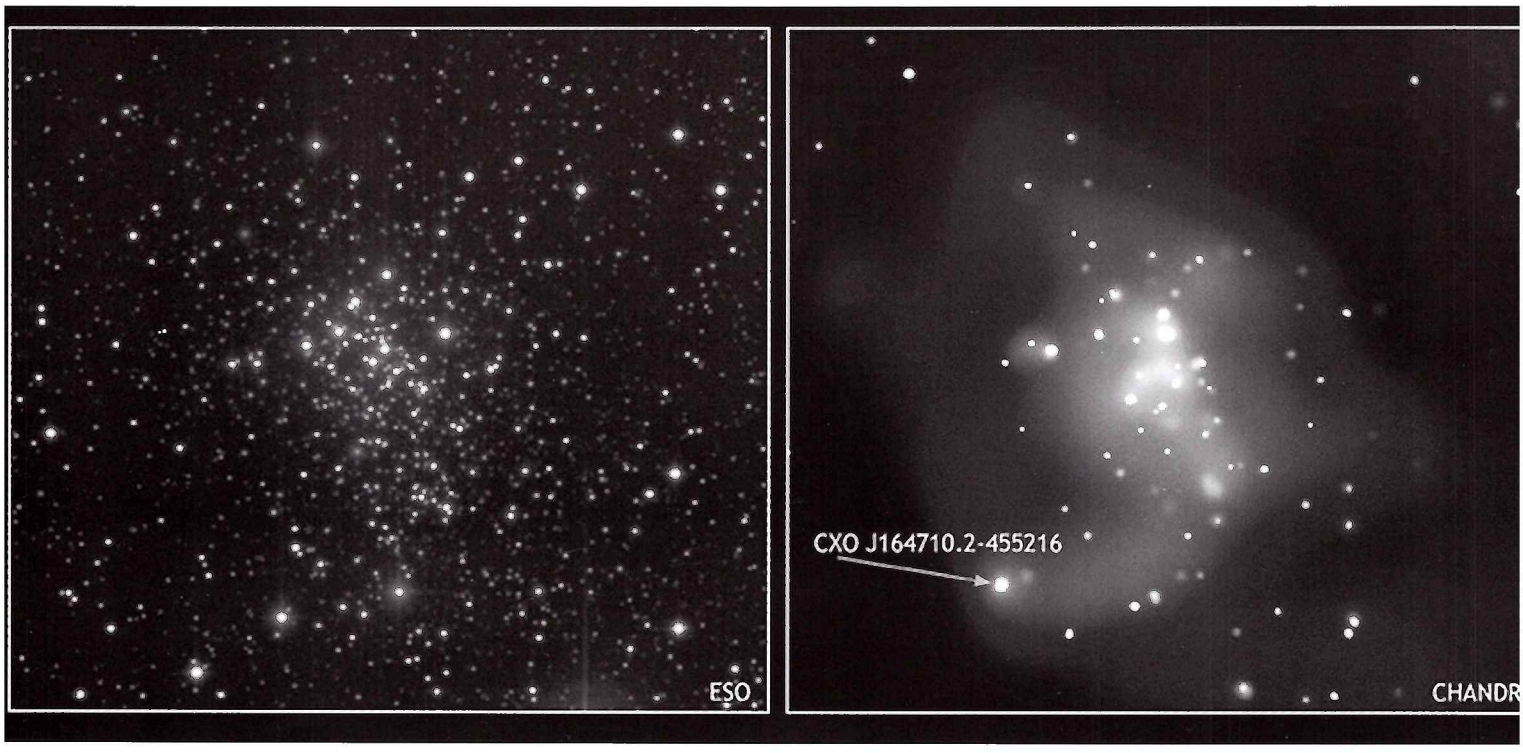
2006
ROČNÍK XXXVII.
Sk 45,–
1

Sopečný Enceladus



- Aktuality z Cassini
- Hudba sfér
- Expresne k Venuši
- Hayabusa: Nádeje a sklamanie
- Klimatická zmena, alebo veľa kriku pre nič?

Neutrónová hviezda, ktorá podľa teórie mala byť čiernou dierou



Zložený zaber hviezdokopy Westerlund 1 (vľavo), zhotovený 2,2 m MPG/ESO WFI ďalekohľadom. Snímka zobrazuje plochu 5×5 oblúkových minút, ktorý zachytáva niekoľko hviezd s hmotnosťou okolo 40 M_O, čo znamená, že svoj život skončia ako neutrónové hviezdy alebo čierne diery v horizonte niekoľkých miliónov rokov. Prehliadka hviezdokopy družicou Chandra (vpravo) v röntgenovej oblasti spektra nenašla dôkaz o existencii čiernej diery. Nakoľko sa extrémne hmotné hviezdy vyvíjajú oveľa rýchlejšie ako menej hmotné hviezdy, predchodca neutrónovej hviezdy už explodoval ako supernova, takže jeho hmotnosť musela byť vyššia ako 40 M_O. Tento objav môže spresniť limity hmotnosti hviezd, ktoré skončia ako čierne diery.

Skutočnosť podkopala teóriu: istá, veľmi hmotná hviezda na sklonku svojho života skolabovala na neutrónovú hviezdu a nie na čiernu dieru. Tento objav röntgenového satelitu Chandra naznačuje, že vznik čiernej diery je v podstate zložitejší, ako sme donedávna predpokladali.

Vedci objavili neutrónovú hviezdu CXO J164710.2-455216 v extrémne mladej, na hviezdy bohatej hviezdokope Westerlund 1, ktorá sa nachádza v súhvezdí Stolová hora (Ara) vo vzdialenosti približne 16 000 svetelných rokov . Na základe pozorovaní hviezd v hviezdokope bola hmotnosť predchodcu odhadnutá minimálne na 40 M_O.

Ak sa z masívnej hviezdy namiesto čiernej diery vytvorí neutrónová hviezda, tak to má väčší vplyv na chemické zloženie nasledujúcich generácii hviezd. Keď hviezda skolabuje na neutrónovú hviezdu, viac ako 95 % jej hmotnosti, väčšina materiálu bohatého na ťažšie prvky, sa s odvrhnutou obálkou rozptýli do okolitého vesmíru a môže sa podieľať na vzniku hviezd novej generácie a ich planét.

Zatiaľ nie je presne stanovené, akú hmotnosť musí mať hviezda, aby sa po kolapse premenila na čiernu dieru či neutrónovú hviezdu. Najspoľahlivejšou metódou je odhadnutie hmotnosti pôvodnej hviezdy, po ktorej zostala neutrónová hviezda alebo čierna diera. Ak hviezda patrila do hviezdokopy (kde majú všetky hviezdy rovnaký vek) alebo keď sú okolité hviezdy približne rovnako staré, odhad je spoľahlivejší.

Nakoľko sa hmotnejšie hviezdy vyvíjajú rýchlejšie, hmotnosť hviezdy môže byť odhadnutá zo štádia vývoja, v ktorom sa práve nachádza. Ak sú neutrónové hviezdy a čierne diery koncovými štádiami vývoja, potom pôvodné hviezdy museli patriť vo hviezdokope medzi najhmotnejšie.

Tím astronómov, ktorý vedie Michael Muno objavil pulzujúcu neutrónovú hviezdu vo hviezdokope Westerlund 1. Táto hviezdokopa obsahuje viac ako 100 000 hviezd v oblasti s priemerom len 30 svetelných rokov, čo potvrdzuje, že všetky vznikli zhruba v rovnakom čase, počas jedného procesu hviezdotvorby. Vedci na základe optických pozorovaní jasnosti a farby týchto objektov zistili, že viaceré z hviezd vo hviezdokope majú hmotnosť prevyšujúcu 40 M_O. Vzhľadom na to, že progenitor neutrónovej hviezdu už explodoval, musela byť hmotnosť tejto hviezdy vyššia ako 40 M_O. Podľa teórie z nej mala vzniknúť čierna diera, nie neutrónová hviezda.

Teória totiž hovorí, že hviezdy hmotnejšie ako 25 M_O musia skončiť ako čierne diery. Tento predpoklad však zatiaľ nebol potvrdený pozorovaním. Niektoré teórie vývoja hmotných hviezd však pripúšťajú alternatívu, keď sa hviezda osudu čiernej diery vyhne. Teoretické výpočty tímu Alexandra Hegera z Univerzity v Chicagu naznačujú, že extrémne silný medzihviezdny vietor môže masívnu hviezdu počas evolúcie pripraviť o veľkú časť jej hmotnosti, takže v záverečnom štádiu, po výbuchu supernovy, môže skončiť ako neutrónová hviezda. Ak sa ukáže, že neutrónová hviezda v hviezdokope Westerlund 1 túto teóriu potvrdzuje, potom teoretici budú musieť vysvetliť, ako vznikli mnohé čierne diery v Mliečnej ceste a v ďalších galaxiách.

To, či masívna hviezda skončí ako neutrónová hviezda alebo čierna diera môžu ovplyvniť aj ďalšie faktory, napríklad chemické zloženie, rýchlosť rotácie, intenzita magnetického poľa. Teórie platné pre hviezdy s normálnym chemickým zložením a hmotnosťou vyššou ako 25 M_O, ale o niečo nižšou ako 40 M_O, kde konečným štádiom vývoja je čierna diera, platia podľa všekého iba pre osamelé hviezdy, ktoré nie sú vystavené silným hviezdnym vetrom zo susedných mladých hviezd. Identifikácia ďalších neutrónových hviezd alebo objav čiernej diery v mladých hviezdokopách, môže ďalej upresniť hmotnosť a ďalšie vlastnosti hviezd – progenitorov, ktorých evolúcia končí po finálnej explózii premenou na neutrónovú hviezdu alebo čiernu dieru.

Chandra Press Release

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy
KNIHOVNA HVĚZDÁRNY NA PETŘÍNĚ
118 46 Praha 1, Petřín 205

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 Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail **kozmos@nextra.sk**

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

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

Vychádza: 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. 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: zahranicna.tlac@slposta.sk.

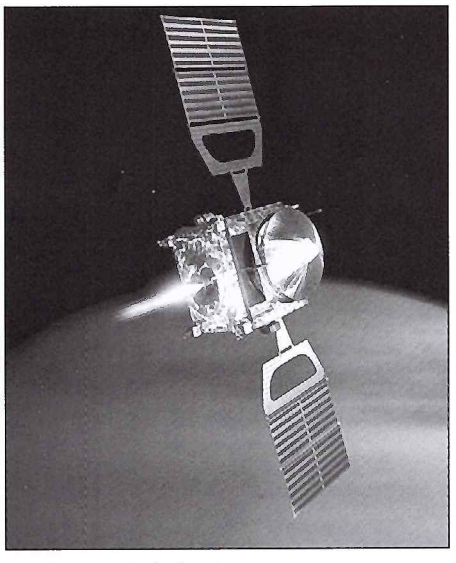
Predplatitelia: V Čechách A.L.L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechách rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v Čechách bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998. Zadané do tlače 22. 1. 2006

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

CASSINI
3 **Atmosféra Titanu vedcov prekvapila**
4 **Čo produkuje oblaky na Titane?**
Čierna planina: miesto kde pristál Huygens
Povrch Titanu
5 **Terén na mesiaci Dione;**
Mimas s kráterom Herschel

10 **Cassiniho medzera**
Pandora zblízka
11 **Enceladus: gigantické gejzíry**
12 **Krátery na Japete**
6 **Hudba sfér**
20 **Expresně také k Venuši** / *Tomáš Přibyl*

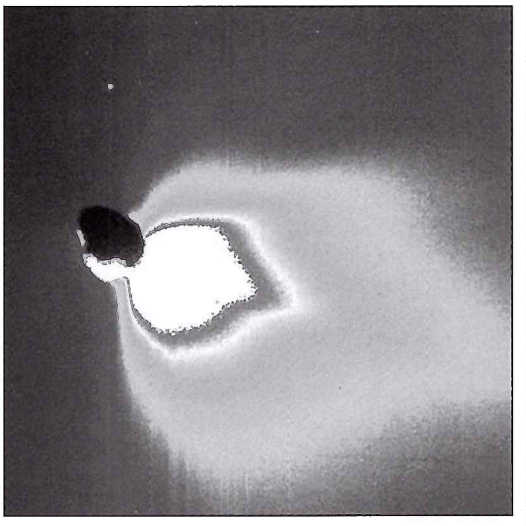


20 **Horúca a suchá planéta**
22 **Hayabusa: naděje a zklamání** / *Tomáš Přibyl*
24 **Nový typ složených elementárních částic – pentakvarky – konečně prokázán?** / *Vladimír Wagner*
28 **Klimatická zmena, alebo veľa kriku pre nič?** / *Anna Pribullová*

Rôzne

27 **Rozprávkový čas** / *Danka Rapavá*
40 **Mohol vidieť Mário Krajč disk z Nebry?** / *Miroslav Znášik*

Obálka



Na snímke Encelada vidno gejzíry, tryskajúce z oblasti okolo jeho južného pólu. Vedci zistili, že tieto výtrysky stúpajú z početných horúcich trhlín, ktoré dostali meno „tigrie pásy".

Viac na 11. strane v článku Enceladus: gigantické gejzíry

Rubriky

POZORUJTE S NAMI
34 **Obloha v kalendári (február – marec)** / *Pavol Rapavý*
37 **Kalendár úkazov a výročí** / *Pavol Rapavý*
37 **Úplné zatmenie Slnka 29. marca** / *Pavol Rapavý*
39 **Slnečná aktivita (október – november 2005)** / *Milan Rybanský*
ALBUM POZOROVATEĽA
39 **Náš asteroid po rokoch potešil znova...** / *Adrián Galád*

Aktuality

2. ob. **Neutrónová hviezda, ktorá podľa teórie mala byť čiernou dierou**
3. ob. **Na obzore alternatívna kozmológia?**
2 **Nová trieda dvojhviezd?**
12 **Vetry na Jupiteri**
13 **Spirit: 730 dní na Marse; Opportunity: na prahu druhého marťanského roka**
14 **Kam sa stratili marťanské uhľovodíky?; Jedno je isté: voda na Marse bola!**
15 **Mars pred 3,5 miliardami rokov; Pochovaný kráter**
16 **Urán: ďalšie prstence a mesiace**
17 **Stĺpy stvorenia v podaní ďalekohľadu Spitzer; Hviezda na úteku**
18 **AMBER: prístroj, ktorý kombinuje výkon troch ďalekohľadov; HUDF-JD2: galaxia, ktorá otriasla klasickou teóriou**
26 **Deviata zákrytová exoplanéta**

Podujatia

19 **KOLOS 05 – vznik novej tradície** / *Ladislav Hric*

Vážení čitatelia,

Kozmos vstupuje už do 37. ročníka svojej existencie. Sme hrdí, že sa nám aj v zložitých podmienkach darí vydávať populárno-vedecký astronomický časopis pre náročných čitateľov, astronómov amatérov i fanúšikov astronómie a kozmonautiky. Uvedomujeme si však, že za to vďačíme najmä vám, našim čitateľom. Tešíme sa, že je vás z roka na rok viac: aj tých, čo si Kozmos predplácajú, aj tých, čo ho kupujú v novinových stánkoch. Zvláštne poďakovanie by som chcel vysloviť vám, ktorí sa na utváraní nášho časopisu z čísla na číslo aktívne podieľate, či už vecnými pripomienkami, pochvalou i kritikou, alebo ako aktívni spolupracovníci, ktorí z vlastnej iniciatívy alebo na požiadanie do Kozmosu prispievate.

Rozsah Kozmosu ostane v roku 2006 nezmenený, pribudnú však štyri farebné strany. Moderná astronómia je z roka na rok farebnejšia, väčšina nádherných farebných fotografií z najrozličnejších zdrojov stráca v čiernobielom prevedení nielen estetický účinok, ale aj časť vecnej výpovede o objektoch a procesoch v nami pozorovateľnom vesmíre.

V nasledujúcom roku chceme časopis obohatiť aj o odborné články s príbuzných prírodných vied, najmä geofyziky a meteorológie.

Z listov, mejlov, telefonátov, ale aj počas náhodných stretnutí sa dozvedáme, že máme veľa potenciálnych čitateľov, ktorí ešte donedávna o existencii časopisu nevedeli, ale potom, ako sa im dostalo do ruky prvé číslo, hneď si Kozmos objednali. Noví čitatelia nás upozorňujú na to, že by sme pre propagáciu Kozmosu mali urobiť viac. Ako viete, najúčinnejšou nepriamou propagáciou je inzercia v najsledovanejších elektronických médiách, ale na tú žiaľ, nemáme dosť prostriedkov. Uvažujeme preto, že v tomto roku sa pokúsime Kozmos propagovať v regionálnych a lokálnych, elektronických i printových médiách. Privítame preto všetky rozumné ponuky a tipy, ktoré by nám, či už v podobe reklamy, alebo krátkou, sporadickou, či pravidelnou reláciou vstup do týchto médií sprostredkovali.

Zo skúsenosti vieme, že najúčinnejšiu propagáciu Kozmosu robíte vy, naši čitatelia. Obraciam sa preto na vás s prosbou, aby ste pouvažovali o podnetoch, ktoré by nám pomohli vypracovať podmienky súťaže, v ktorej by boli tí, ktorí získali najviac nových predplatiteľov odmenení vecnými cenami.

Záverom dovoľte, aby som vám, čo astronómiu aktívne pestujete, zaželal na prahu nového roku veľa nezabudnuteľných dobrodružstiev pod čistou hviezdnatou oblohou, s ktorými sa podelíte so všetkými, čo náš Kozmos čítajú a ostatným čitateľom čo najhlbšie zážitky zoznamovaní sa so všetkým, čo astronómovia aj v tomto roku objavia, pochopia, prehodnotia či dočasne, alebo natrvalo zavrhnú.

TEODOR PINTÉR

Nová trieda dvojhviezd?

Integral, röntgenový satelit ESA, objavil novú triedu röntgenovych dvojhviezd: dvojhviezdy z rýchlym, ale krátkym vzplanutím röntgenového žiarenia. Ide o systém, v ktorom dominuje hviezdny superobor gravitačne zviazaný buď s čiernou dierou, alebo s neutrónovou hviezdou. Prejavuje sa energetickými vzplanutiami röntgenového žiarenia, ktoré náhle dosiahnu maximum a po krátkom čase rýchle pohasnú.

Pred vypustením sondy Integral bolo známych iba dvanásť takýchto röntgenových dvojhviezd. Nikto sa tomu nečudoval: masívne hviezdy majú krátku životnosť, vedci sa preto nazdávali, že takýchto systémov nie je veľa. Analýza posledných údajov z Integralu (ale aj ďalších röntgenových satelitov) však naznačuje, že takýchto systémov je v našej Galaxii neúrekom.

Pre takéto dvojhviezdy sú typické rýchle, ale krátkotrvajúce vzplanutia röntgenového žiarenia, ktoré kulminujú už po niekoľkých desiatkach minút. Vzplanutia normálnych röntgenových dvojhviezd možno detegovať niekoľko týždňov až mesiacov.

Dlhé vzplanutia generujú plynulé interakcie hmoty nadobra, (nasávanej čiernou dierou či neutrónovou hviezdou z normálnej hviezdy), nabaľujúcej sa na akrečný disk, krúžiaci okolo kompaktnej zložky partnera v systéme. Krátke vzplanutia majú iný mechanizmus. V tomto prípade výmena hmoty medzi zložkami dvojhviezdy prebieha inakšie.

Hviezdy nadobor má vysokú svietivosť. Z jeho povrchu sa na všetky strany šíria silné vetry, ktoré čiernu dieru či neutrónovú hviezdu (krúžiacu spolu s obrom okolo spoločného ťažiska) zásobuje hmotou. Prečo však vzplanutia v takomto systéme trvajú tak krátko?

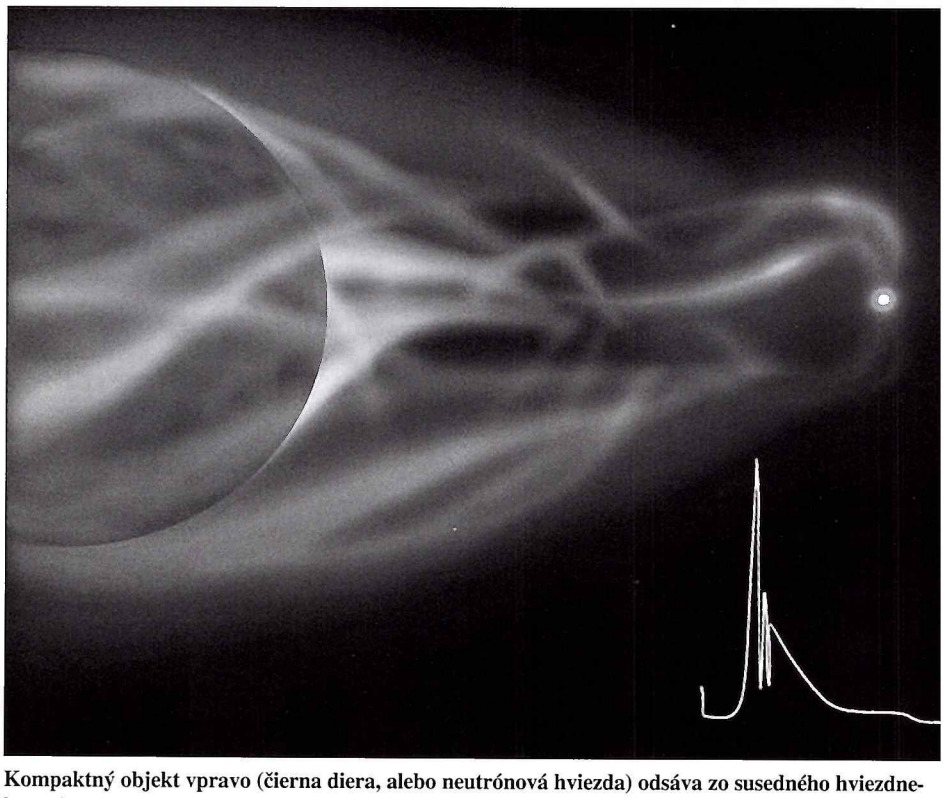
Vedci sa nazdávajú, že tok hmoty z nadobra na kompaktnú zložku neprebieha rovnomerne a nepretržite, pretože tieto hviezdne vetry sú premenlivé. Obdobie relatívneho pokoja striedajú prudké víchrice.

Existuje aj iné vysvetlenie: tok materiálu prenášaného hviezdnym vetrom je z dôvodov, ktoré ešte celkom nechápeme, taký turbulentný a nepravidelný, že interakcie s akrečným diskom prebiehajú zakaždým inakšie. Veľký balík hmoty generuje silné, rýchle a krátkotrvajúce vzplanutie; dôsledky interakcií gravitačného nasávania menších balíkov sa prejavujú menej búrlivo, takže ich nedokážeme detegovať.

Jedno je isté: kompaktný objekt nemá na charakter vzplanutia významnejší vplyv, pretože rovnaké vzplanutia boli zaznamenané tak pri čiernych dierach ako aj pri pomalých i rýchlych röntgenových pulzaroch.

Nadobri s krátkym vzplanutím sa stali objektmi, ktorým budú hvezdári venovať zvýšenú pozornosť. Ich štúdiom sa nepochybne rozšíria naše znalosti akrečných procesov okolo kompaktných stelárnych objektov. Navyše: pozorovanie týchto bizarných hviezdnych párov pomôže astronómom pochopiť evolúciu hviezd, ktorá vedie k sformovaniu obrích röntgenových dvojhviezd.

ESA Portal



Kompaktný objekt vpravo (čierna diera, alebo neutrónová hviezda) odsáva zo susedného hviezdneho nadobra v dvojhviezdnom systéme hmotu. Chaotické premiestňovanie hmoty spôsobuje výkyvy nabaľovania, akrécie do disku okolo čiernej diery či neutrónovej hviezdy, čo generuje krátke, silné vzplanutia v röntgenovej oblasti.

Atmosféra Titanu vedcov prekvapila

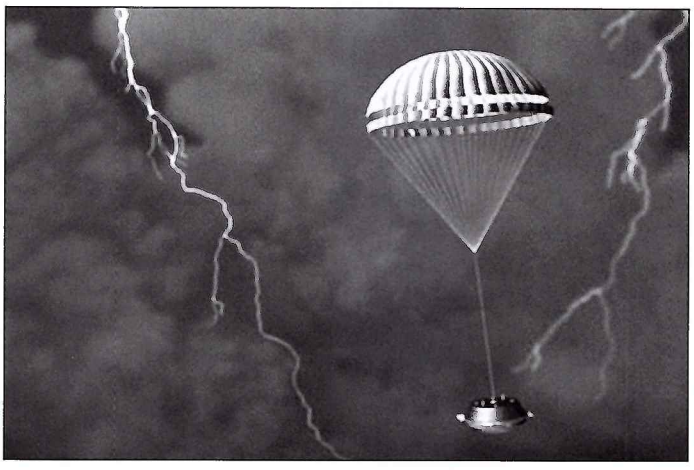
Prvý z údajov, ktoré získala sonda Huygens počas zostupu na povrch najväčšieho mesiaca našej Slnečnej sústavy, vedcov prekvapil: záznam silných turbulencií v najvrchnejšej vrstve Titanu, ktorých mechanizmus je nejasný. Ukázalo sa, že táto vrstva je hrubšia a hustejšia, ako sa očakávalo. Tvorí ju sendvič niekoľkých tenších vrstiev, pričom každú z nich tvorí sadzovitý čierny smog s rozdielnou veľkosťou čiastočiek. Sonda aj v tejto vrstve zaznamenala niekoľko silných bleskov.

Vlastnosti atmosféry skúmal HASI (Huygens Atmospheric Structure Instrument), ktorý získaval údaje od výšky 1400 kilometrov až po povrch Titanu. Meral teploty a hustoty jednotlivých profilov, ich elektrickú vodivosť a na záver misie aj štruktúru povrchu z atmosféry i po pristátí.

Štruktúru vysokej atmosféry Titanu zmerali v infračervenej oblasti už sondy Voyager. O stredných a spodných vrstvách sme však mali iba nejasné predstavy. Predpokladalo sa však, že atmosféra Titanu má komplexnú vertikálnu štruktúru.

O povrchu Titanu sme pred misiou vedeli ešte menej. Z nejasných snímok v infračervenej oblasti vedci usúdili, že toto teleso pokrýva hlboký oceán uhľovodíkov v tekutom skupenstve, najmä metánu. Až po získaní prvých radarových snímok sa zistilo, že z oceánu vyčnievajú aj veľké kontinenty.

Pred misiou sme si mysleli, že tlak na povrchu Titanu je podobný ako na Zemi, pričom vedci predpokladali, že na mesiaci sa vyskytuje metán v pevnom, kvapalnom i plynnom skupenstve a existuje tam aj čosi ako „metánový kolobeh", teda vyparovanie metánu, metánové oblaky i metánové dažde. Počítalo sa aj s elektrickými výbojmi v atmosfére a ich podstatným vplyvom na jej chemické zloženie.



Sonda počas zostupu vrstvami najvrchnejšej atmosféry Titanu.

HASI však zistil, že najvrchnejšia vrstva atmosféry Titanu bola nielen hustejšia, ale aj teplejšia ako sa očakávalo. Ukázalo sa, že pri priemernej teplote 170 kelvinov sa objavujú teplotné výkyvy v rozmedzí 10 až 20 kelvinov. Aj tieto údaje, popri iných, nasvedčujú, že atmosféra tmavého mesiaca je zložená z mnohých fyzikálne odlišných vrstiev.

Modely ionosféry Titanu predpovedali hrubú ionosféru, generovanú kozmickým žiarením, pričom maximálna koncentrácia elektrónov sa očakávala vo výškach 70 až 90 kilometrov. To sa potvrdilo. Vedcov však šokovalo, že prístroj objavil aj druhú, nižšie položenú ionosféru, obaľujúcu Titan vo výške 140 až 40 kilometrov, pričom vrstva maximálnej vodivosti leží vo výške 60 kilometrov!

HASI počas zostupu zaznamenal impulzy elektrického poľa, ktoré podľa všetkého generujú blesky. Najmohutnejšie výboje boli zaznamenané vo sfére medzi povrchom a spodným okrajom nižšie položenej ionosféry.

Údaje o teplote a tlaku na povrchu 93,65 kelvinov a 1467 pascalov sa iba málo líšia od údajov, ktoré namerala sonda Voyager: 95 kelvinov a 1400 pascalov.

Keď sa sonda Huygens zniesla na povrch Titanu, zdalo sa, že dopadla tvrdo, ale vzápätí sa akoby posunula či skĺzla bokom do mäkšieho podložia. Vedci z ESA usúdili, že povrch má konzistenciu mäkkej hliny, mierne stlačeného snehu, alebo mokrého/suchého? piesku. Po dopade sa sonda do tohto materiálu zaborila do hĺbky 10 milimetrov a vzápätí sa mierne naklonila. Vedci vyslovili názor, že mohlo ísť o pláž na brehu uhľovodíkového oceánu krátko po odlive.

Údaje z prístroja SSP, vybavené 9 nezávislými senzormi, schopnými rozlíšiť vlastnosti terénu od blatistej močiariny až po tvrdý ľad, namerali rozporuplné údaje: niektoré signalizovali tvrdé, iné mäkké a mokré podložie.

Z analýzy penetrometrie a akcelerometrie vyplynulo, že povrch bol skôr tvrdý (možno tvrdý ľad), neveľmi pružný (ako vrstva uložených aerosolov). Prvý, tvrdý kontakt spôsobil asi náraz na jeden z ľadových balvanov (metánu?), ktoré sme videli aj na snímkach okolia. Balvany však očividne ležia na mäkšom podloží.

Akustický prieskum terénu na mieste pristátia (prístroj fungoval počas posledných 90 metrov zostupu) signalizoval, že ide o relatívne mäkký, ale nie celkom plochý terén. Rýchlosť zostupu tesne pred pristátím dosahovala 4,6 metra za sekundu, pričom miesto prvého kontaktu ležalo o meter vyššie ako 1000 metrov štvorcových okolitého terénu.

Viaceré senzory (refraktometer i merače hustoty a priepustnosti) zaznamenali v záverečnom štádiu zostupu vlastnosti tekutín. Tieto údaje sa ešte vždy analyzujú, pričom sa prihliada aj na fakt, že prístroj GCMS zaznamenal krátko po pristátí pary metánu.

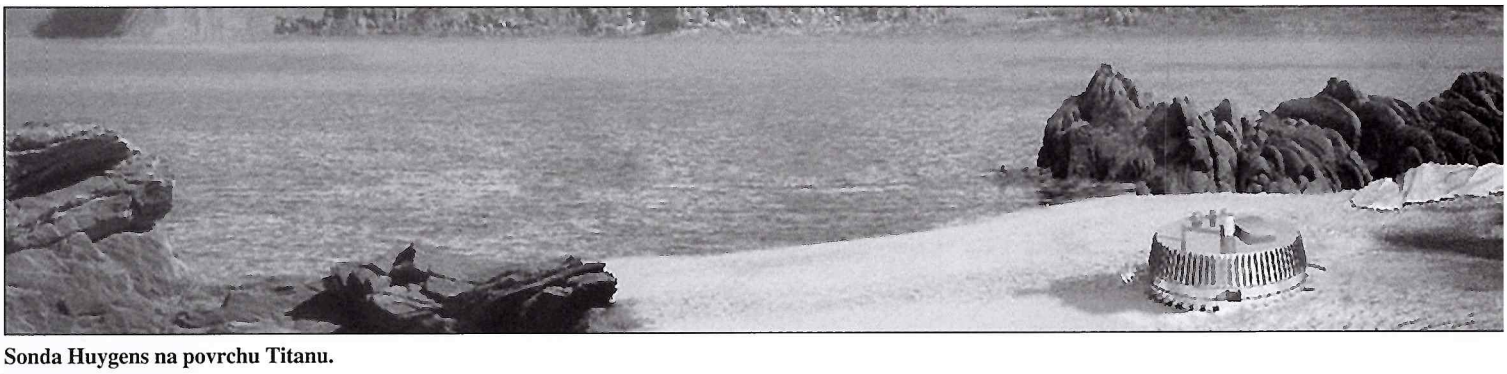
Všetky tieto údaje, spolu so spektrálnymi snímkami (optickými, infračervenými i radarovými) či snímkami s prístroja DIRT naznačujú, že povrch Titanu modifikuje niekoľko procesov.

Na mieste, kde sonda pristála, majú rozhodujúci vplyv morský príliv a odliv a pravidelné či sporadické prúdy kvapalného metánu stekajúce z okolitého, vyvýšeného terénu, pričom sa nevylučuje ani istý vplyv vetra. Vlastnosti povrchu pripúšťajú dve možnosti: buď ide o pevný zrnitý materiál s nepatrnou až nulovou stlačiteľnosťou, alebo o hustú, prímesami zakalenú tekutinu.

V prvom prípade by to mohol byť piesok (produkt riečnej erózie či drviny z neďalekého impaktu), premiešaný s ľadom a zvlhčený tekutým metánom. V druhom prípade by to mohla byť zmes, produkt fotochemických procesov, teda uhľovodíková tekutina zahustená jemnými zrniečkami ľadu, ktorá má vlastnosti lepkavého asfaltu.

Neistota vedcov vyplýva z exotických vlastností materiálu v podmienkach extrémne nízkej teploty: mínus 180 stupňov Celzia.

ESA Portal



Sonda Huygens na povrchu Titanu.

Čo produkuje oblaky na Titane?

Plynný metán uniká do atmosféry Titanu z tektonických trhlín alebo zo studených vulkánov. K tomuto záveru dospeli vedci z Caltechu, ktorí spolu s kolegami na Gemini Observatory (Havajské ostrovy) skúmali vznik, evolúciu a zánik sporadickej oblačnosti nad južnou pologuľou Titanu.

Výskyt metánovej oblačnosti je jednou zo záhad tohto mesiaca. Odkiaľ sa plynný metán v atmosfére berie, keď vieme, že ultrafialové žiarenie zo Slnka ho v procese (nazývanom fotolýza) priebežne rozkladá? Produktom fotolýzy sú sadze, ktoré vytvárajú v optickom svetle nepriehľadnú obálku Titana.

Vedci zaznamenali na povrchu čosi, čo by mohlo byť prvým dôkazom vulkanickej aktivity. Pomocou 10-metrového ďalekohľadu Keck (Mauna Kea) a susedného 8-metrového teleskopu na hvezdárni Gemini celé dva roky pozorovali Titan. Prístroje vybavené adaptívnou optikou, schopnou eliminovať vplyv turbulentnej, nepriehľadnej atmosféry, exponovali celý rad snímok, ktorých ostrosť sa vyrovná fotografiám z vesmírnych ďalekohľadov.

Počas dvoch rokov, každú noc, keď boli vhodné podmienky na pozorovanie (bolo ich 82), 30 minút exponovali Titanu. Počas 15 nocí sa biele oblaky objavili vo všetkých stredných vrstvách atmosféry nad južnou pologuľou. Vo všetkých prípadoch sa však oblaky v priebehu jedného až dvoch dní „vyparili". Najväčšie oblaky (priemer: 2000 km) pokrývali až 40 percent povrchu Titanu, ktorý má priemer 5 550 kilometrov. Taký oblak by pokryl priestor medzi Arténami a Bratislavou. Výška, v ktorej sa oblaky formujú, sa nedá presne určiť, no predpokladá sa, že je to vo sfére medzi 10 a 35 kilometrami nad povrchom, teda v Titanovej troposfére. Mimochodom: aj nad Zemou sa najväčšia aktivita oblakov prejavuje v troposfére.

Čo je významné: všetky oblaky sa objavovali v pomerne úzkom páse okolo 40 stupňa južnej šírky a do väčších celkov sa spájali na priesečníku tejto rovnobežky s poludníkom na 350 stupni západnej dĺžky. Sporadický výskyt oblakov a ich geografická poloha priviedli vedcov k názoru, že oblaky nevznikajú v konvektívnej vrstve atmosféry (tak ako nad južnou polárnou oblasťou), ale sú produktom neznámeho zdroja metánu na povrchu.

Keby to nebolo tak, oblaky by sa neťahali iba pozdĺž jedinej rovnobežky.

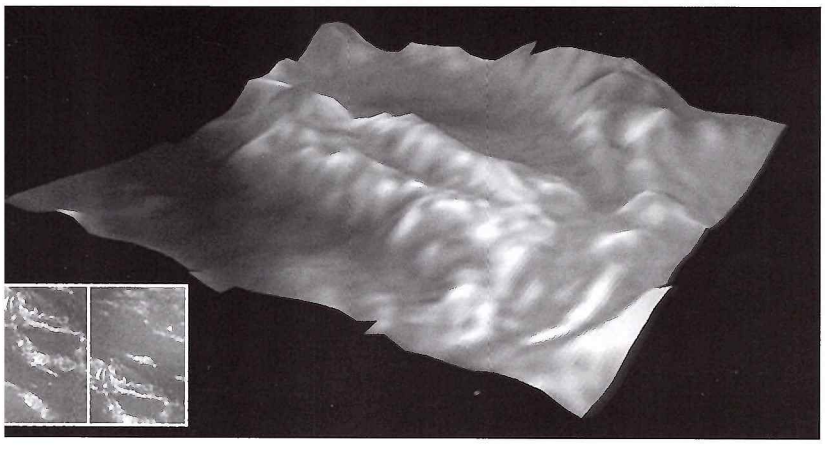
Existuje aj iné vysvetlenie: formovanie oblakov môže ovplyvňovať premenlivé albedo povrchu Titana. Tmavšie oblasti absorbujú viac slnečného svetla ako svetlejšie. Zohrievajúci sa metán stúpa do atmosféry a tam sa z neho, podobne ako v pozemskom tornáde, formujú konvektívne oblaky.

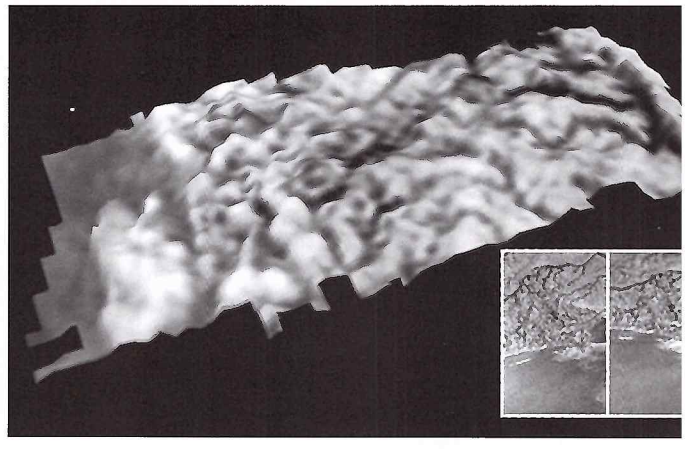
Vedci zistili, že pod 40. rovnobežkou južnej šírky sa naozaj takáto tmavá oblasť nachádza. Oblaky sa, pravdaže, môžu formovať aj nad pohoriami, ale v takom prípade by sa jednotlivé ostrovy oblačnosti vždy objavovali nad tými istými miestami, nie pozdĺž rovnobežky.

Najpravdepodobnejším mechanizmom, ktorý pumpuje vlhký metán do horných poschodí atmosféry, je vulkanizmus. Metánové sopky, ani hlboké tektonické trhliny, ktorými by metán mohol vystupovať z prehriateho vnútra, však zatiaľ na Titane neobjavili. Ani adaptívna optika na najväčších ďalekohľadoch predbežne takéto rozlíšenie neumožňuje.

Jedno je isté: pod poludníkom (385 stupeň západnej dĺžky) je veľký útvar, ktorý vytvára zlepence oblakov v atmosfére, čo zvlhčujú aj pás suchého metánu pozdĺž 40. rovnobežky, kde sa preto tvoria oblaky. Vidíme čosi, čo pripomína prelínanie sa dvoch frontov počasia na Zemi. So zásadným rozdielom: tento proces nemá nič spoločné s vodou, ale s metánom.

Čierna planina: miesto kde pristál Huygens





Na stereosnímke s rozlíšením 14 metrov na pixel vidíte topografiu terénu okolo miesta, kde pristála sonda Huygens. Snímka zviditeľňuje povrch 2,5×2,5 kilometra. Tri hrebene nad prímorskou planinou dosahujú výšku 50 metrov.

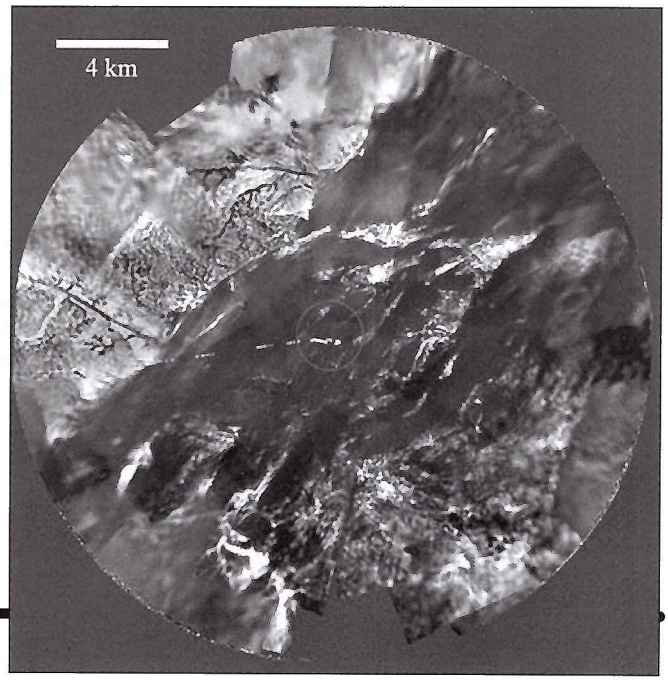
Pár stereosnímok, z ktorých vyhotovili trojdimenzionálnu fotografiu, získal počas zostupu spektrálny rádiometer. Snímka vľavo bola exponovaná z výšky 12,2 km, snímka vpravo z výšky 6,9 kilometra nad povrchom.

Morfológia terénu jasne svedčí o erozívnom pôsobení tekutiny, najskôr metánu. Najvyššie miesta sú najsvetlejšie, najnižšie sú najtmavšie.

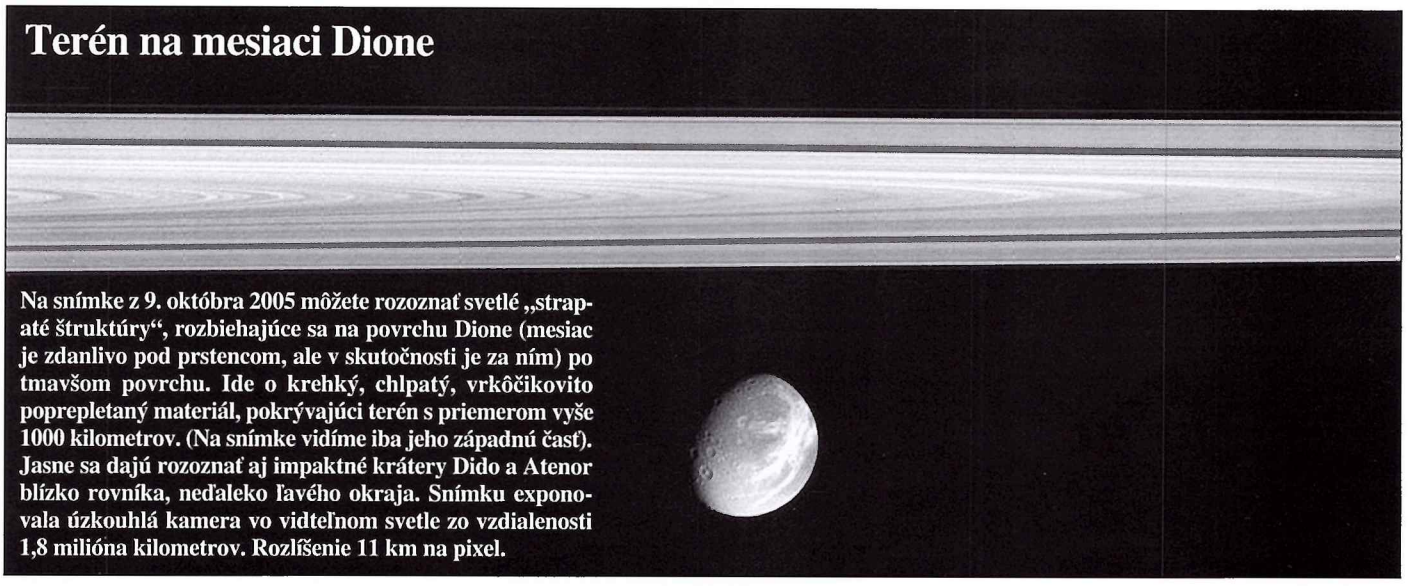
Na ďalšej stereosnímke vidíte Svetlú vysočinu nad Tmavou planinou. Štruktúru vysočiny sformoval zjavne erozívny vplyv tekutiny/metánu? Plastická mapa vznikla spracovaním dvoch stereosnímok exponovaných z výšky 14,8 (vľavo), a 6,7 km počas zostupu sondy s rozlíšením 15 metrov na pixel. Mapa zobrazuje terén 1×3 kilometre. Najvyššie vrcholky dosahujú výšku 150 metrov.

Povrch Titanu

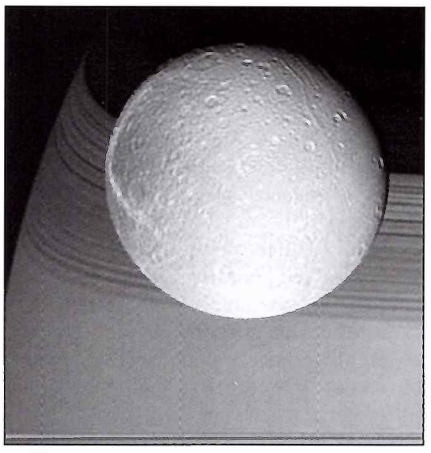
Neúplnú mapu povrchu Titanu okolo miesta pristátia sondy Huygens poskladali zo snímok spektrálneho rádiometra počas zostupu sondy Huygens na povrch z výšok 17 až 8 kilometrov nad povrchom. Sonda pristála v kruhu uprostred. Terén pretínajú tmavé kanály zarezané do svetlejšieho povrchu. Vytvorili a dotvárajú ich prúdy tekutého metánu po metánových dažďoch, pričom vylúčiť sa nedajú ani metánové vývery.



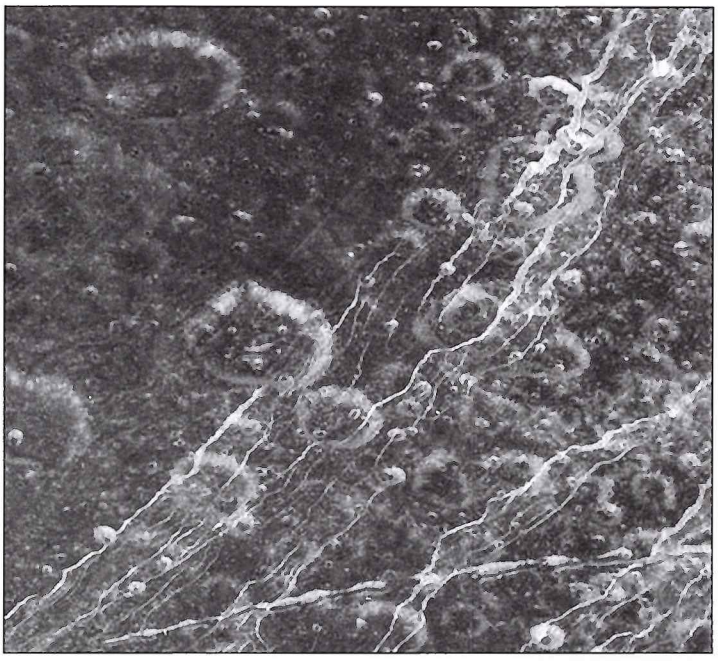
Terén na mesiaci Dione



Na snímke z 9. októbra 2005 môžete rozoznať svetlé „strapaté štruktúry“, rozbiehajúce sa na povrchu Dione (mesiac je zdanlivo pod prstencom, ale v skutočnosti je za ním) po tmavšom povrchu. Ide o krehký, chlpatý, vrkôčikovito poprepletaný materiál, pokrývajúci terén s priemerom vyše 1000 kilometrov. (Na snímke vidíme iba jeho západnú časť). Jasne sa dajú rozoznať aj impaktné krátery Dido a Atenor blízko rovníka, neďaleko ľavého okraja. Snímku exponovala úzkouhlá kamera vo viditeľnom svetle zo vzdialenosti 1,8 milióna kilometrov. Rozlíšenie 11 km na pixel.

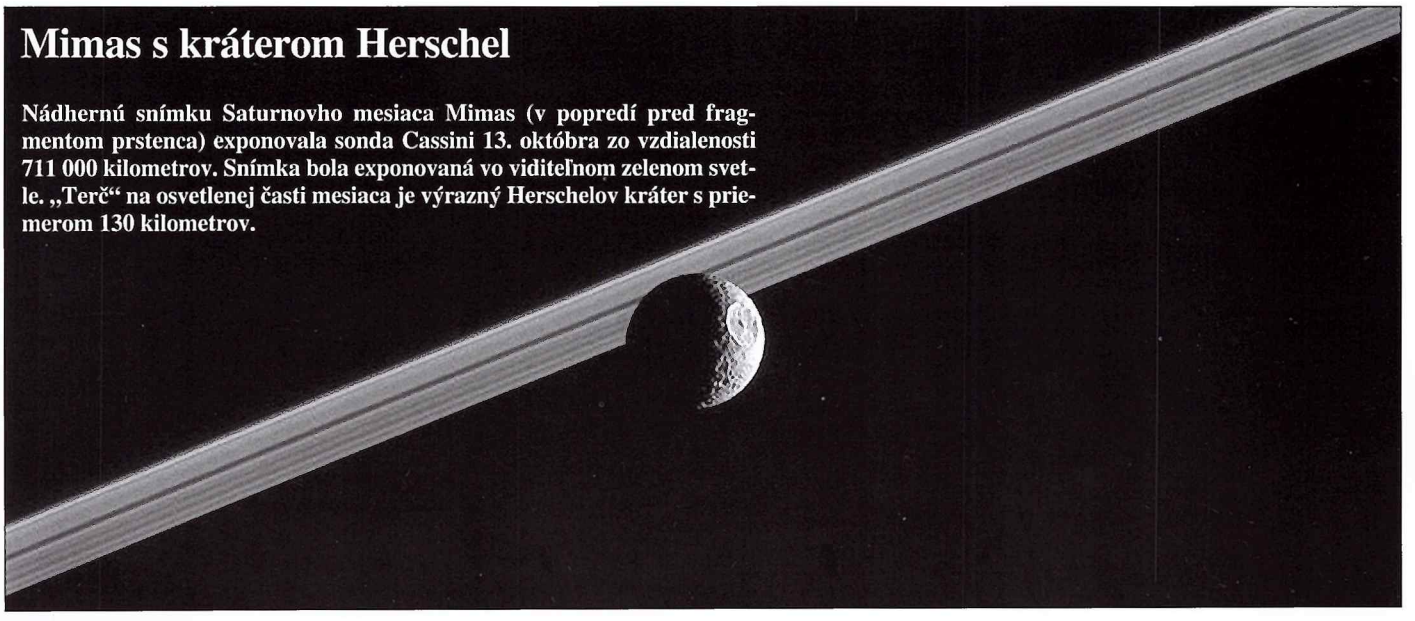


Krátermi posiata ľadová guľa mesiaca Dione na tmavom, prúžkovanom pozadí Saturna. Vidíme, že Dione je oveľa tmavšia na západnej strane. Jasne viditeľné sú oblúky jasných kaňonov, ktoré vznikli iba nedávno. Snímka bola exponovaná vo viditeľnom svetle počas posledného blízkeho obletu Dione 11. októbra 2005 zo vzdialenosti 24 500 kilomterov.



Z toho istého dňa je aj detail ľadom pokrytého povrchu, exponovaný zo vzdialenosti 19,600 kilometrov. Vidíme terén husto posiaty starými impaktnými krátermi so svetlými stenami, pričom ich dná pokrýva koberec tmavého prachu. Kľukatiace sa aj rovné, väčšinou už zacelené trhliny sú oveľa mladšie. Zobrazený terén v oblasti Carthaga Linea leží na severnej pologuli. Rozlíšenie: 230 m na pixel.

Mimas s kráterom Herschel



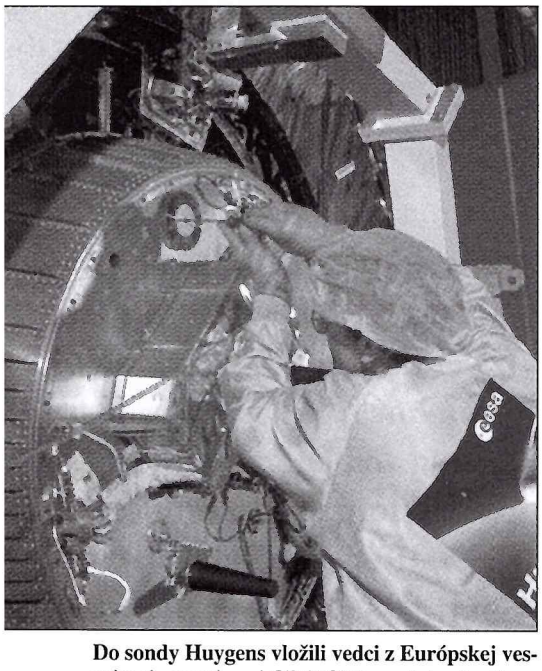
Nádhernú snímku Saturnovho mesiaca Mimas (v popredí pred fragmentom prstenca) exponovala sonda Cassini 13. októbra zo vzdialenosti 711 000 kilometrov. Snímka bola exponovaná vo viditeľnom zelenom svetle. „Terč“ na osvetlenej časti mesiaca je výrazný Herschelov kráter s priemerom 130 kilometrov.

Hudba sfér

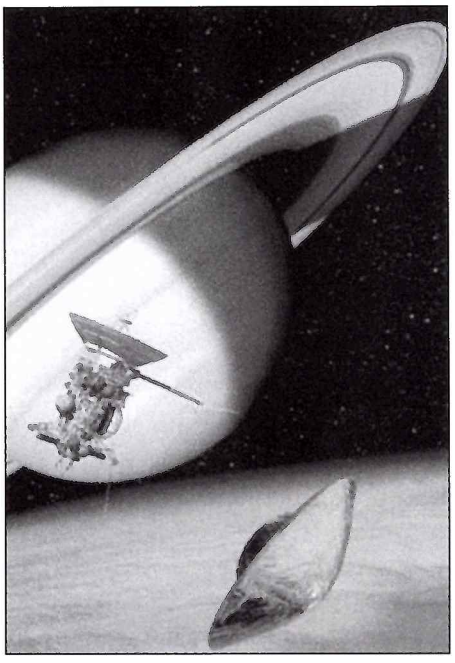
Blíži sa búrka. Prístrojmi lomcuje vietor. Ozve sa vzdialené burácanie hromu. Na kovové telo sondy dopadnú prvé kvapky dažďa. Nie je to však jarná spŕška na Zemi. Kvapky dopadli na sondu Huygens, ktorá skúma búrlivé končiny okolo južného pólu Saturnovho mesiaca Titan, 1,2 miliardy kilometrov od našej planéty. A z oblohy neprší vodaa ale je to chladný, tekutý metán.

Nielen Titan, ale každá planéta s atmosférou nám umožňuje aj sluchové vnemy. Napriek tomu, že zrak a sluch dominujú pri prieskume nášho okolia, vedcom trvalo dlho, kým na prvú vesmírnu sondu namontovali aj mikrofón. Ďalekohľady a kamery ešte vždy dominujú, ale astronómia nie je iba vizuálne dobrodružstvo. Zvuky kozmu, táto hudba sfér, majú neraz rovnakú vedeckú hodnotu ako fotografie získané na najrozličnejších vlnových dĺžkach.

Zvuk vzniká tam, kde sa tlaková vlna dáva do pohybu. Zvukové vlny sa nešíria iba v atmosférach Zeme, Venuše či Marsu, ale aj vo vnútri nášho Slnka, či v horúcich špirálach plynu okolo čiernych dier. Iné kozmické „zvuky" sa objavia vtedy, keď elektricky nabitý plyn, napríklad ten, čo vytvára polárnu žiaru či slnečné vzplanutia, interaguje s magnetickým poľom planéty. Efekt: rádiové vlny, ktoré vedci dokážu transformovať na zvuky počuteľné ľudským uchom.



Do sondy Huygens vložili vedci z Európskej vesmírnej agentúry aj CD-ROM s podpismi, odkazmi a kresbami viac ako 80 000 ľudí. Do puzdra vložili aj štyri pop-pesničky, ktoré skomponovali francúzski hudobníci Julien Civange a Luis Haéri ako súčasť projektu Music2Titan.



Sonda Huygensova zabezpečila 14. januára 2005 najvzdialenejšie audiovysielanie, keď zachytila zvuk svojho zostupu cez atmosféru Titana.

Huygensov tón

V tomto roku sme zachytili najvzdialenejšie zvukové posolstvo z iného sveta. 14. januára 2005 pristála sonda Huygens (jeden z prístrojov materskej sondy Cassini) na najväčšom mesiaci našej slnečnej sústavy, na Titane. Je to doteraz najvzdialenejší výsadok ľudskej civilizácie. Sonda klesala hustou atmosférou celé hodiny, prístroje skúmali plynový obal i povrch mesiaca, pričom citlivý mikrofón sprostredkoval z povrchu Titanu aj zvuky. Aj v tomto ohľade išlo o premiéru...

„Sonická výbava sondy zahŕňala prístroj, ktorý, podobne ako netopiere, vyhotovil napriek tme akúsi mapu terénu," vraví John Zarnecki, vedúci pristávacej misie Huygens. Zarnecki bol doslova bez seba, keď sa ukázalo, že akustické senzory prístroja detegovali metánové kvapôčky, ba dokonca aj šumenie dažďa v exotickej atmosfére.

Akustické technológie sú priam stvorené na prieskum takých telies ako Titan či Venuša, kde hustá atmosféra obmedzuje, alebo celkom znemožňuje vizuálne pozorovanie. Zvukové vlny sa v hustých atmosférach pohybujú rýchlejšie, čiže zvuk prenikne oveľa ďalej ako svetlo.

Vibrujúce Slnko

Naše Slnko je ozrutná guča vodíka a hélia; je teda zároveň aj médiom, ktoré dokáže prenášať zvukové vlny. V šesťdesiatych rokoch zaznamenali slniečkári v slnečnom spektre absorpčné čiary, ktorých poloha sa každých päť minút menila. Absorpčné čiary menia polohu preto, lebo slnečný plyn sa striedavo vzdúva a zmršťuje. Raz sa pohybuje smerom k nám, raz smerom od nás, čo vytvára dopplerovský posun. Roger Ulrich z Kalifornskej univerzity už v roku 1970 tvrdil, že povrch Slnka reaguje na zvukové vlny blúdiace vo vnútri Slnka.

Zvuky sa šíria ako tlakové vlny. V Slnku takéto vlny stúpajú k povrchu, odrazia sa od neho a putujú naspäť k jadru. Nakoľko vlny, ktorých je veľké množstvo, navzájom interagujú, Slnko vibruje na miliónoch rozličných frekvencií. Rovnako pestro sa vibrácie prejavujú aj na povrchu Slnka. Astronómovia predbežne zmapovali viac ako 100 000 módov oscilácií. Každú z nich si môžeme predstaviť ako jednoduchú hudobnú notu. Dominantnou frekvenciou Slnka je však hodnota 3 milihertze, čo znamená že daná zvuková vlna sa objavuje každých 5 minút.

„Čo by mohlo preniknúť pod povrch Slnka a preskúmať podmienky v jeho vnútri?" Túto otázku položil sebe i čitateľom Sir Arthur Eddington, slávny britský astronóm v knihe *Vnútorná stavba Slnka*, ktorá vyšla v roku 1926. Odpoveďou na jeho otázku bol až objav slnečných oscilácií. Každá oscilácia, v závislosti od frekvencie, prenikne do inej hĺbky. Takto si astronómovia prakticky mohli overiť teóriu: model slnečného vnútra, funkčnú prepojenosť jednotlivých častí ozrutného prírodného reaktora, mechanizmy prenosu energie z jadra na povrch pomocou technológie, ktorá pripomína finty seizmológov. Tí pomocou vibrácií, vyvolaných prírodnými (ale aj umelo vyvolanými) zemetraseniami, čítajú vnútro Zeme. Podobnou technikou, ktorú nazvali helioseizmológia, zaznamenávajú astronómovia aj vibrácie iných hviezd: Beta Hydri, Alpha Centauri A a B, Procyon či XI Hydrae. Z týchto štúdií sa dozvedáme nové informácie o veľkosti hviezd, o ich hustote, teplote, veku, štruktúre či zložení.

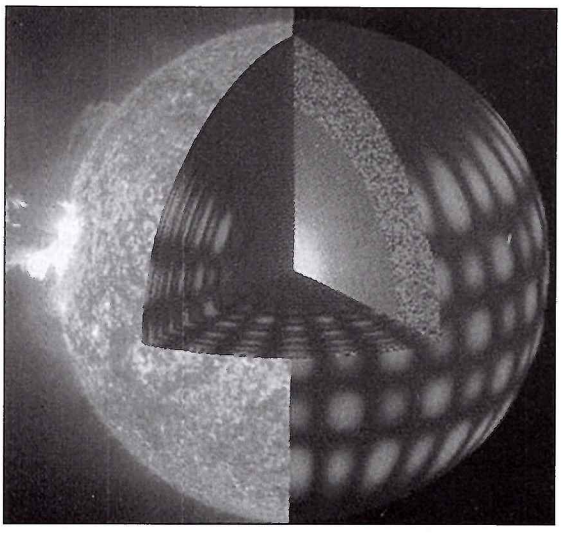
Zvukový povrch Slnka

V medziplanetárnom priestore nie je médium, v ktorom by sa mohli šíriť akustické vlny. Jednoducho: uši by nám tam boli nanič. Ibaže, podľa Don Gurnetta z University of Iowa (Space Plasma Wave Research Group), v medziplanetárnom priestore blúdia aj iné vlny. „Ľudia si nedokážu predstaviť, že kozmický priestor je všetko iné, len nie vákuum. Hocikde medzi planétami existuje nejaký tlak plynu," vraví Gurnett.

Tento plyn tvoria elektricky nabité ióny a elektróny; vedci takýto „elektrický" plyn nazývajú – plazma.

Gurnett do medziplanetárnej plazmy vyslal zvuky a zistil, že ani zďaleka nie je „hluchá". V plyne sa prejavili vlny, je ich tam udivujúce množstvo. Na Zemi dokážeme zachytiť iba svetelné a zvukové vlny, v plazme sa však vyskytujú aj exotické efekty, generované magnetickými poľami či rotujúcimi elektrónmi.

Gurnetov tím vyšetril plazmu veľmi lacno – pomocou rádiového príjmača. Plazmové vlny majú tlakové fluktuácie v rozmedzí frekvencií od 20 po 20 000 hertzov, čo je rovnaký rozsah ako má priemerné ucho človeka. Plazmové vlny pod hranicou počuteľnosti pre-



Zvukové vlny, uväznené pod povrchom Slnka generujú 10 miliónov rozličných vibrácií, ktoré sa prelínajú. Niektoré oblasti slnečného povrchu sa vzdúvajú, niektoré klesajú. Meraním frekvencií s rozličnými módmi a ich porovnávaním s teoretickými modelmi získavajú slniečkári veľa údajov o vnútornej štruktúre našej hviezdy.

Na detailnej snímke Slnka vieme rozlíšiť tmavé štice výtryskov (takzvaných spikulí) na jeho povrchu. Spikule sú produktom zvukových vĺn, ktoré sa šíria zo slnečného vnútra do oblasti pod povrchom, pričom ich energia vymršťuje nad povrch výrony plynu s rýchlosťou 48 000 kilomerov za hodinu. Švédsky, 1 metrový solárny ďalekohľad na ostrove La Palma, exponoval túto snímku 16. júna 2003.

viedli vedci do frekvencií, ktoré sluch človeka zachytí.

Zvuky, ktoré zaznamenali, nie sú z tohto sveta. Čímsi pripomínajú tiahle, dunivé stony, ktorými komunikujú niektoré druhy veľryb. Inokedy sa zvuky z vesmíru prejavili ako „elektronické tóny", pripomínajúce hudbu z kultových sci-fi filmov, napríklad *Zabudnutá planéta* z roku 1956.

Hlas plazmy

Takzvaný šepot objavili vedci počas prvej svetovej vojny. Prejavil sa počas rozhlasového vysielania ako sporadické klesajúce tóny na pozadí veľmi nízkych frekvencií (VLF). Neskoršie, v roku 1953, dokázal Owen Storey z Cambridgeskej univerzity (Anglicko), že tento šepot generujú rádiové vlny vyvolané bleskami. Vlny stúpajú do plazmy nad zemskou atmosférou. Plazmové vlny sa potom odrážajú, striedavo od severnej a južnej hemisféry, pozdĺž čiar magnetického poľa. Plazma s vysokou frekvenciou sa pohybuje rýchlejšie ako plazmy s frekvenciou nižšou, takže jednotlivé šepoty môžeme ľahko rozlíšiť. Gurnett: „Zo šepotu získavame informácie o hustote plazmy okolo Zeme."

V šepote sú ukryté informácie aj o blýskavici na iných planétach. Gurnettov tím spolupracuje s Radio and Plasma Wave Science, čo je experiment na palube sondy Cassini. Tento prístroj detegoval blýskavicu v astmosfére Saturnu zo vzdialenosti 161 miliónov kilometrov. Rovnaký prístroj však nedokázal zaznamenať blesky v atmosfére Zeme zo vzdialenosti 89 000 kilometrov. „Znamená to, že blýskavice na Saturne sú milionkrát silnejšie než pozemské," vysvetľuje Gurnett.

Polárne žiare sú tiež prejavom plazmy, preto aj oni „spievajú". Polárna žiara sa objaví vtedy, keď Zem zasiahne sprška energetických elektrónov. Gurnett dokázal, že spršky takýchto elektrónov generujú intenzívne rádioemisie v rozmedzí 100 až 500 kilohertzov. Podobné emisie sa objavujú aj na Jupiteri, Saturne, Uráne a Neptúne. Pre vedcov jasná správa o tom, že polárna žiara sa objavuje aj na týchto planétach.

Bubny pulzarov

Rotujúca neutrónová hviezda je pozostatkom normálnej hviezdy, progenitora, ktorá na sklonku života, podľa overeného scenára skolabovala a explodovala. Tieto telesá majú silné magnetické pole, preto emitujú zo svojich pólov lúče intenzívneho žiarenia. Ak je takýto lúč nasmerovaný k Zemi, astronómovia zaznamenávajú pravidelné pulzy svetla a rádiových vĺn. Tieto objekty, pulzary, sú najpresnejšími hodinami vo vesmíre.

Zvukový slovník

Akustika:

sa zaoberá štúdiom zvuku, jeho výrobou, prenosom a vyvolanými efektami.

Frekvencia:

počet úplných vĺn, ktoré prejdú daným bodom v danom čase. Obyčajne sa udáva v hertzoch (Hz); 1 Hz = 1 cyklus za sekundu.

Infrazvuk:

zvukové vlny s frekvenciami pod 20 Hz, čo je pre ľudské ucho spodná hranica počuteľnosti.

Oktáva:

rozsah frekvencií medzi dvomi hudobnými notami, označujúcich ten istý tón, (hlbší, alebo vyšší), ktorých hodnota v hertzoch je dvojnásobne vyššia alebo nižšia. Stredné A na klavíri má frekvenciu 440 Hz. Najbližšie vysoké A je o oktávu vyššie, s frekvenciou 880 Hz.

Vlnová dĺžka:

vzdialenosť, ktorú vlna šíriaca sa v čase prekoná v rámci jedného cyklu.

Obrovské rádioteleskopy, napríklad Lovellov v Jordell Bank Observatory v Anglicku, tikanie pulzarov zaznamenávajú. Presnejšie: načúvajú hlasu pulzarov, ba dokážu tieto hlasy aj rozlišovať. Napríklad pulzar Vela, pozostatok po výbuchu supernovy spred 10 000 rokov, tiká s periódou 11 sekúnd. Michael Kramer z Jordell Banku prirovnáva hlas Vely k bubnu bongo.

Čierna diera s hlbokým basom

V roku 2002 našiel röntgenový satelit Chandra čiernu dieru v kope galaxií Perseus, ktorá vyludzuje doteraz najhlbší tón vo vesmíre. Brumendo tejto čiernej diery sa príliš neodlišuje od ľudského hlasu.

Astronómovia však tento tón nepočujú, oni ho vidia. Kopa galaxií sa nachádza vo vzdialenosti 250 miliónov svetelných rokov. Satelit Chandra deteguje emisie horúceho plynu v oblasti rádiových vĺn. Tím Andy Fabiana z Cambridgeskej univerzity objavil v plyne záhyby, spôsobené zmenami tlaku. „Vyzerá to ako pokrčená deka. Ak neležíte na deke, vlny necítite, ale viete, že sú tam, pretože ich vidíte."

Fabian odhadol hmotnosť čiernej diery: je miliardkrát hmotnejšia ako Slnko. Úzke fontány horúcej, mimoriadne rýchle sa pohybujúcej plazmy tryskajúcej tesne sponad horizontu udalostí čiernej diery pozdĺž osi jej rotácie, vytvárajú v okolitom plyne dutiny. Záhyby okolo dutín sú usporiadané tak, že astronómovia dospeli k presvedčeniu, že čierna diera produkuje tlakové vlny pravidelne, raz za 10 miliónov rokov. Táto frekvencia korešponduje s hlbokým „béčkom", 57 oktáv pod stredným béčkom klavíra. Tento tón leží milión miliardkrát hlbšie ako hranica počuteľnosti ľudského ucha.

Objav Angličanov môže objasniť dávne kozmické mystérium. Súčasné teórie tvrdia, že

Mikrofóny pre Mars

Mars je jasným kandidátom pre využitie zvukovej planetológie. Má riedku atmosféru (iba 1 % hustoty pozemského ovzdušia), ktorú tvorí najmä oxid uhličitý. Napriek tomu v tejto atmosfére vejú nielen vetríky, ale aj víchrice, schopné presúvať okrem oblakov ale aj obrovské piesočné duny, zvinúť sa do podoby potulných „púštnych diablov", zosilnieť do podoby globálnej búrky, ktorá na dlhé mesiace zahalí Červenú planétu prachom.

„V marťanskej atmosfére je niekoľko procesov, ktoré generujú počuteľné zvuky," vraví John Zarnecki z Britain Open University. Je presvedčený, že planetárne zvuky majú bohatý vedecký potenciál. Napríklad pre meteorológov: akustický inštrument môže získavať hodnotné informácie o rýchlosti lokálnych vetrov. Sériou takýchto meraní možno otestovať teórie o globálnom počasí.

Experimenty nám ukázali, že zvuky na Marse môže detegovať celkom obyčajný mikrofón. Planetárna spoločnosť, nezisková organizácia pre výskum kozmu, spolu so Space Sciences Laboratory na Kalifornskej univerzite vyvinuli ľahký, lacný mikrofón pre sondu Mars Polar Lander. Sonda sa pri pristávaní stratila. Francúzska vesmírna agentúra CNES chcela tieto mikrofóny zabudovať aj do dvoch kamier sondy Netlander spacecraft, túto misiu však nedávno zrušili.

Zarneckého mikrofón čaká na využitie. Konštruktér ho medzičasom vylepšil, dnes dokáže monitorovať aj infrazvuky na dlhých vlnách s nízkou frekvenciou. Na Zemi sa v posledných rokoch kompletizuje globálna sieť infračervených zariadení, ktorých úlohou bude odhaľovať utajené pokusy s jadrovými zbraňami. Niektoré z týchto „načúvadiel" už zachytili zvuky, ktoré generujú veľké meteoroidy pri vniknutí do atmosféry. Podobná sieť na Marse by umožnila zmerať frekvenciu a intenzitu meteorických impaktov na Červenej planéte.

medzihviezdny plyn v priebehu rokov, potom, ako sa sformovali hviezdy, poriadne vychladol. Z nameraných teplotných údajov však vyplýva, že plyn je horúcejší, ako tvrdí teória. Jedným z mechanizmov, ktorý by mohol plyn zahrievať, sú zvukové vlny. Z výpočtov Fabianovho tímu vyplýva, že čierna diera musí generovať zvukové vlny pravidelne v priebehu posledných 2,5 miliardy rokov.

Chandra medzičasom zaznamenala aj zvukové vlny z čiernej diery v kope galaxií Virgo. Astronómovia aj v tomto prípade zaznamenali podobnú aktivitu.

Koncert big bangu

Mark Whittle z Virginskej univerzity sa podujal hľadať zvukové vlny ešte hlbšie v čase-priestore, na samom prvopočiatku vesmíru. Oplatilo sa: akustický odtlačok big bangu našli v jemnej tkanine mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia.

Počas prvých 380 000 rokov existencie bol vesmír príliš horúci. Atómy sa v ňom nemohli formovať a v rozpínajúcom sa priestore hmýrili iba voľné protóny a elektróny. Táto hmla subatomárnych častíc rozptyľovala svetlo, takže mladý vesmír bol tmavý. Svetlo sa mohlo uvoľniť až vtedy, keď teplota poklesla a častice sa mohli formovať do atómov. Prvý spektrálny odtlačok viditeľného vesmíru je mimoriadne „roztiahnutý", je to odtlačok svetla s extrémnym červeným posunom. Napriek tomu, že svetlo „odišlo", v tkanine mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia ostali po ňom stopy v podobe súostrovia viac alebo menej jasných škvŕnok, nehomogenít.

Tento odtlačok sa stal Rosettskou doskou kozmológov. Satelit WMAP, zdokonalený potomok slávnej družice COBE, dokázal súostrovie nehomogenít zmapovať a zviditeľniť s ešte vyšším rozlíšením. Tieto škvrnky zodpovedajú vrcholkom a údoliam tlakových fluktuácií, zvukovým vlnám, ktoré sa šírili mladým vesmírom. „Pozorujeme prapôvodné zvukové vlny, zamrznuté vo chvíli, keď sa vesmír stal viditeľným," vysvetľuje Whittle. Porovnáva to s leteckou snímkou hladiny oceánu, po ktorej sa preháňajú (zrážajú, splývajú, narastajú, zmenšujú) najrozličnejšie vlny.

Pomocou počítača sa Whittlovi podarilo tieto vlny analyzovať a vypočítať relatívnu hlasitosť ich vysokých a nízkych tónov. Horné oktávy akustického spektra mikrovlnného žiarenia pozadia sa prejavujú zväčša ako vibrujúce objekty: silný, základný tón s vlnovou dĺžkou 220 000 svetelných rokov doplňuje sekvencia vysokých harmonických tónov na kratších vlnových dĺžkach. Táto analýza sa stala východiskom, ktoré Whittlovi umožnilo rekonštruovať spev mladého vesmíru.

Takéto dlhočizné zvukové vlny majú o 50 oktáv nižší tón ako je hranica počuteľnosti ľudského ucha. Pre poslucháčov ich teda musel upraviť: „V tých nízkych tónoch sa skrýva enormná sila. Niektoré z nich rozvibrujú skôr váš žalúdok ako ušné bubienky, rovnako ako organ v katedrále," vraví Whittle. Tón mladého vesmíru však nie je iba hlboký, ale aj mimoriadne hlasný. Keď ho vedci očistili od tlmiacich účinkov kozmickej hmly, tlakové variácie dosiahli hodnotu 110 decibelov, čo je zvuk, ktorý vás zaplavuje, keď stojíte presne oproti pódiu, na ktorom hrá skupina Pink Floyd.

Whittle sa pokúsil pomocou počítača vytvoriť štruktúru vesmíru predtým, ako sa sformovalo súostrovie mikrovlného žiarenia pozadia. Využil na to aj akustické údaje. Aký bol hlas big bangu? Na začiatku, podľa Whittla, bolo ticho. Počiatočná expanzia bola taká čistá, že tlakové vlny neexistovali. Hmota sa však nerozptyľovala v rozpínajúcom sa priestore rovnomerne, ale v nerovnako veľkých zámotkoch/obláčikoch, pričom hustejšie oblasti gravitačne priťahovali horúci plyn. Plyn vytváral tlakové vlny, ktoré vygenerovali mocné oscilácie, preháňajúce plyn raz do vnútra, inokedy von z gravitačných údolí. „S postupom času rýchlosť plynu klesala, takže mu trvalo dlhšie, kým dopadol na dno čoraz hlbších údolí, generujúc čoraz väčšie zvukové vlny," vraví Whittle.

Pytagorejci

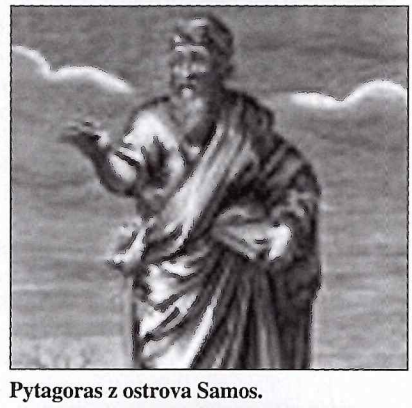
Pytagoras z ostrova Samos (560 – 480 pred Kristom), otec geometrie, bol zároveň aj významným filozofom. Zaoberal sa celými číslami, pretože sa mu zdalo, že predstavujú jeden zo základných kozmických prvkov. V južnom Taliansku založil školu, z jeho učenia sa však zachovali iba fragmenty roztrúsené v dielach jeho žiakov a nasledovníkov.

Pytagoras hral na lýru a pri cvičení si všimol, že struny vyludzujú najpríjemnejšie zvuky vtedy, keď sú delené celými číslami. Napríklad: struna, ktorú pritlačíme v strede, vyprodukuje zvuk, ktorý je presne o oktávu vyšší, ako tón, ktorý vydá celá, palcom nepritlačená struna.

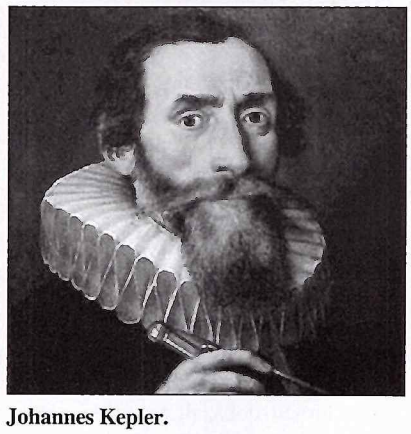
Tento skrytý poriadok v zvuku podnietil jeho zmysel pre kozmickú harmóniu vyjadrenú číslami a proporciami. Jeho žiaci rozvinuli túto ideu tvrdiac, že kryštálové sféry, v ktorých sa pohybujú Slnko, Mesiac a planéty, sú rozdelené podľa hudobných intervalov. Platónovi neskôr napadlo, že každá sféra by mala vyludzovať jednoduchý, pre ňu typický tón. Hudba sfér bola na svete.

O dvetisíc rokov neskoršie sa nad hudbou sfér zamyslel Johannes Kepler. V diele *Harmonice Munde* (1619) napísal: „So zvukom to nemá nič do činenia, môžem však potvrdiť, že pohyby planét sú modulované v rámci harmonických proporcií."

Toto tvrdenie sa Keplerovi nepodarilo dokázať. Vedľajším produktom jeho pozorovania, rozmýšľania a výpočtov sa stali jeho dva zákony o pohybe planét.



Pytagoras z ostrova Samos.



Johannes Kepler.

V rozpínajúcom sa vesmíre bol tón čoraz hlbší, čoraz hlasnejší. Počiatočný zvuk sa premenil na rev, ktorý utíchol až potom, keď vesmír zaplavilo svetlo. Až vtedy, keď kozmický tlak oslabol miliardkrát a horúci plyn sa usadil v gravitačných údoliach vytvorených tmavou hmotou. Keď sa zvukové vlny stratili, začali sa formovať galaxie. Začal sa tvoriť vesmír, ktorý poznáme.

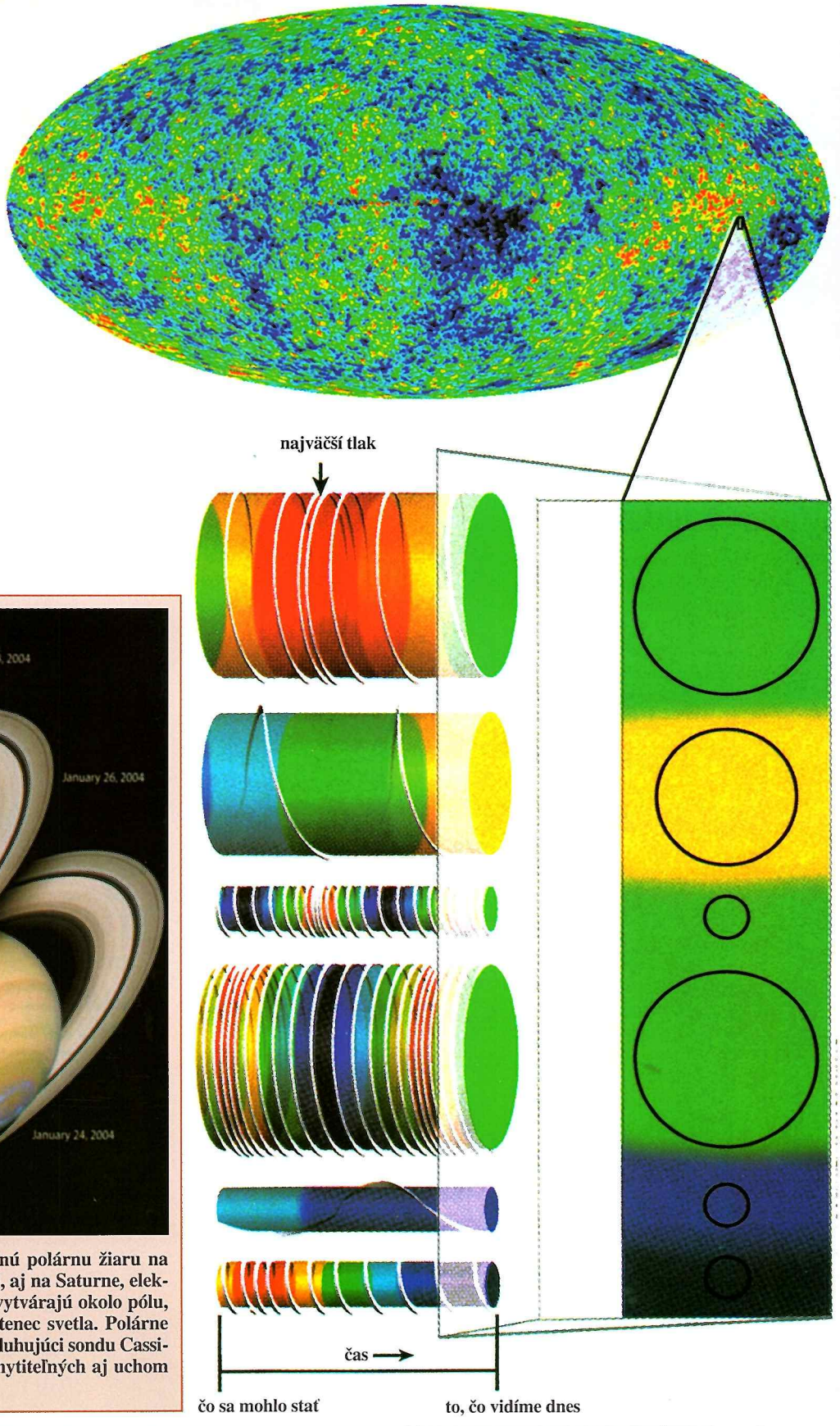
Whittle upozorňuje na to, že načúvanie hlasu big bangu neprináša senzačné vedecké informácie. Produkovanie týchto zvukov má však nesporne pozitívny pedagogický účinok. „Tieto zvuky vyvolávajú mimoriadne mocnú emocionálnu odozvu," vraví.

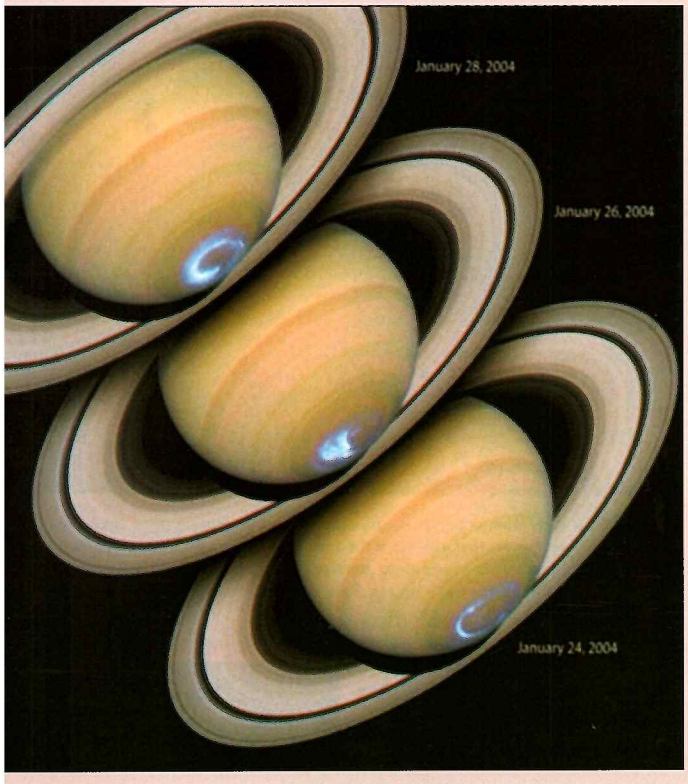
Kozmológov nadchýna dolovanie v čoraz menších detailoch kozmického žiarenia pozadia. Whittleho zvuky zasa dovoľujú obyčajným smrteľníkom pochopiť, čo vedcov tak vzrušuje.

Planetárni vedci, astronómovia i kozmológovia načúvaju „hlasom" vesmíru a získavajú tak nové impulzy na pochopenie toho, ako tento zázračný organizmus funguje. Všetci, koľko nás na matičke Zemi je, sme poslucháčmi monumentálneho koncertu. Kozmická symfónia trvá. Hoci zvuky vesmíru, ktoré počúvame, by bolo vhodnejšie nazvať hudbou sfér, aj keď starí grécki filozofi, pytagorejci, rozumeli pod hudbou sfér čosi iné.

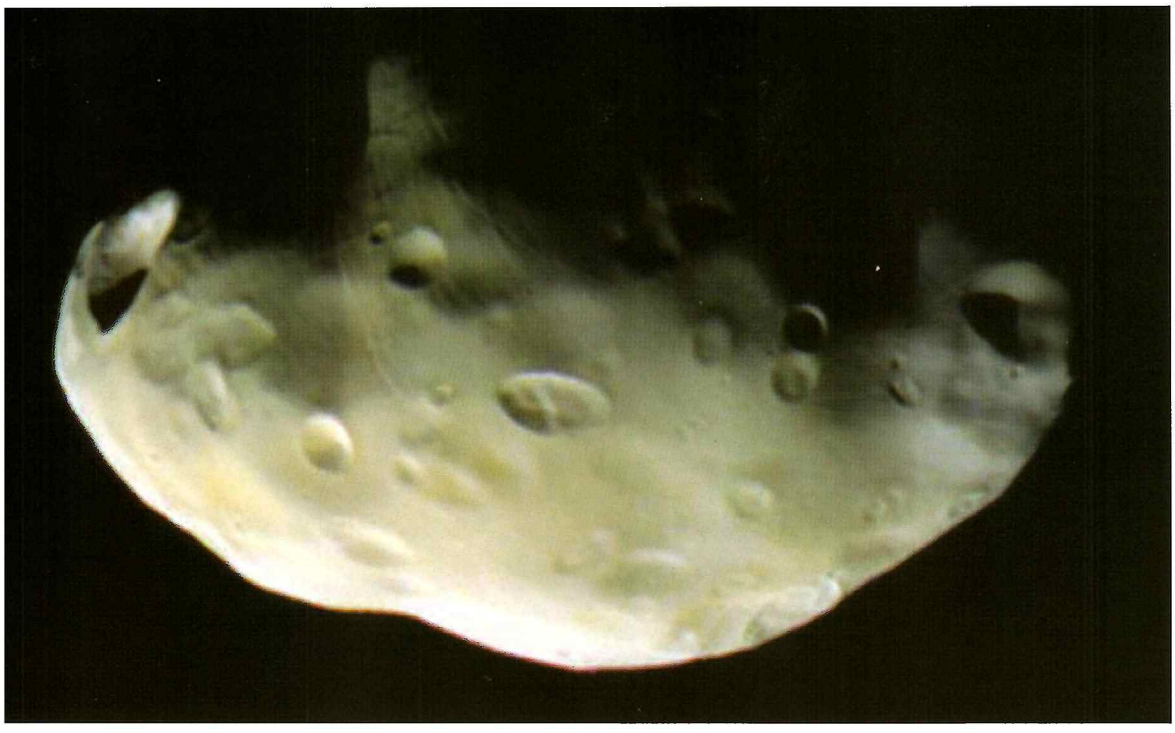
Astronomy, december 2005

Hlas big bangu: akustické oscilácie vznikajú aj vtedy, keď hmota kolabuje pod vplyvom gravitácie. V mladom, rozpínajúcom sa vesmíre, ktorý rýchle chladol, objavili sa oblasti s vyššou a nižšou teplotou. V týchto balíkoch hmoty sa pod vplyvom gravitácie menil tlak. (Súostrovie nehomogenít na snímke satelitu WMAP.) Vesmír sa stal viditeľným 380 000 rokov pred týmto stavom. Svetlo sa rozptyľovalo na okraji rozpínajúceho sa vesmíru, tak vznikla štruktúra mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia, ktorá sa zachovala. Odtlačok tohto stavu umožňuje astronómom rekonštruovať kozmické brumendo v danom momente.





Hubblov vesmírny ďalekohľad exponoval južnú polárnu žiaru na Saturne v januári 2004. Rovnako ako na Zemi, aj na Saturne, elektróny polapené magnetickým poľom planéty, vytvárajú okolo pólu, kde sú siločiary poľa ukotvené, tancujúci prstenec svetla. Polárne žiary produkujú rádiové emisie, ktoré vedci obsluhujúci sondu Cassini detegovali a premenili na sériu zvukov zachytiteľných aj uchom človeka.



Pandora zblízka

Toto je najlepšia zo všetkých fotografií pastierskeho mesiačika Pandora, ktorý „pasie", gravitačne ovplyvňuje Saturnov prstenec F. Pandora má priemer 84 kilometrov. Povrch mesiačika je relatívne hladký, čo naznačuje, že ho pokrýva hrubá vrstva prachu, ktorá zaceľuje trhliny, ryhy i ostré okraje impaktných kráterov. Zo spektrálnej analýzy vyplynulo, že „prach" tvoria najmä drobné kryštáliky ľadu.

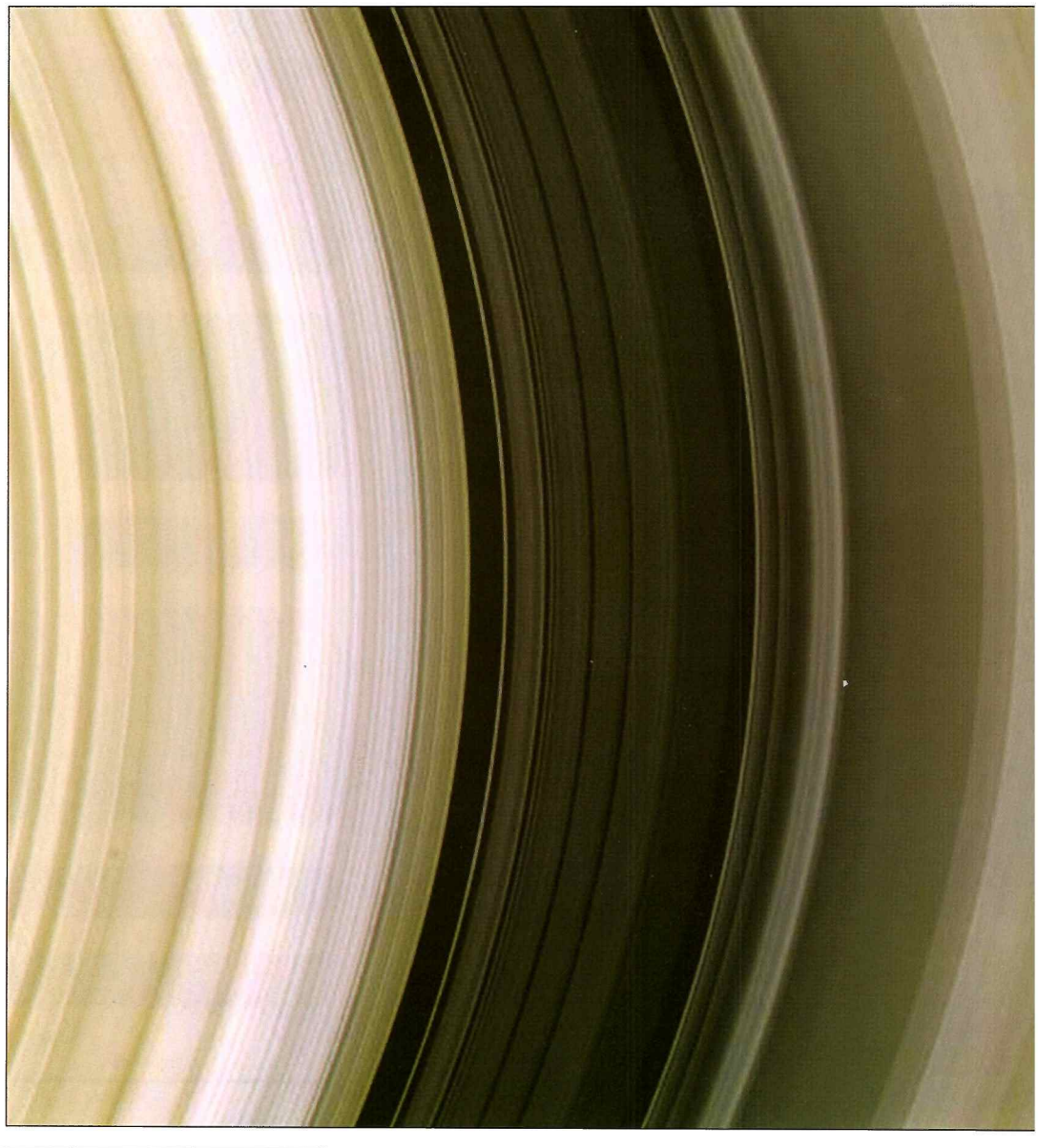
Snímku exponovala sonda Cassini začiatkom septembra 2005 zo vzdialenosti 52 000 kilometrov. Vznikla kombináciou infračervených a ultrafialových fotografií, pričom výsledný obrázok (dvojnásobne zväčšený), vidíte vo falošných farbách. Rozlíšenie 300 m na pixel.

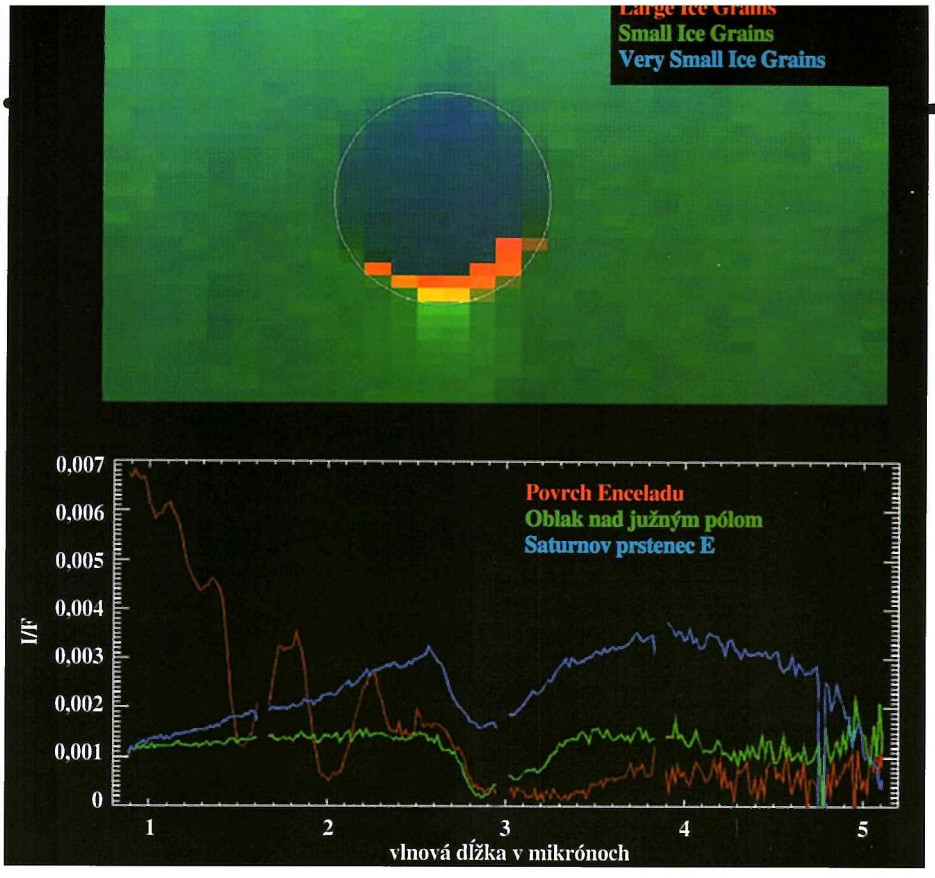
Casiniho medzera

Na tejto snímke Saturnovych prstencov jasne vidieť Cassiniho medzeru, oddeľujúcu dominatntné prstence A a B. Sonda Cassini ju nasnímala ešte v máji 2005 zo vzdialenosti 1,6 milióna kilometrov. Vľavo od medzery je časť masívneho prstenca B, ktorého okraj masíruje gravitácia mesiaca Mimas. Zo spektrálnej analýzy Cassiniho medzery vyplynulo, že v tomto, zdanlivo prázdnom priestore (podobne ako v prstenci C) je oveľa viac kontaminovaného ľadu ako v prstencoch A a B.

Sonda exponovala štvorec (o hrane 11 000 km) v oblasti, ktorá je od rovníkovej oblasti Saturna vzdialená 118 500 kilometrov, pričom priemer obrej planéty je 120 500 kilometrov.

Snímku exponovala úzkouhlá kamera. Červené, zelené a modré filtre sa kombinovali tak, aby fotografia bola čo najrozlíšiteľnejšia pre zrak človeka. Rozlíšenie 9 km na pixel.





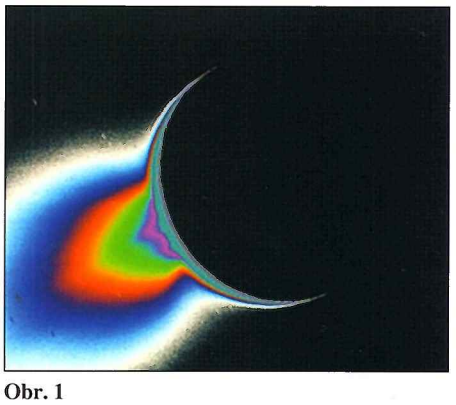
Na snímke, ktorú vyhotovili pomocou údajov infračerveného spektrometra, vidíte, že najvyššiu teplotu má povrch okolo južného pólu mesiaca Enceladus. Jednotlivé štvorčeky zviditeľňujú veľkosť ľadových čiastočiek rozptýlených v priestore okolo mesiaca i na jeho povrchu. Najsvetlejšie štvorčeky (od oranžovej po žltú) prezrádzajú najväčšie čiastočky, veľkosť ostatných je zviditeľnená, od väčších (bledozelená) k menším (tmavšia zelená). Najmenšie čiastočky zamrznutej vodnej pary (menšie ako 10 mikrónov) sa pod vplyvom magnetického poľa Saturna a tlaku slnečného žiarenia uvoľňujú z gravitácie Encelada a rozptyľujú v okolitom priestore. Najväčšie a najťažšie kryštáliky sa vracajú na povrch. Na snímke zreteľne vystupuje aj hmlistá štruktúra Saturnovho prstenca E.

Graf znázorňuje údaje získané optickým a infračerveným mapujúcim spektromerom z oblaku ľadovými gejzírmi vymrštených kryštálikov vodného ľadu nad južným pólom Encelada. Najjasnejší signál malých kryštálikov bol získaný zo silnej absorbčnej čiary 2,9 mikrónov. Najväčšie kryštáliky majú priemer 10 mikrónov. Najmenšie kryštáliky, vyskytujúce sa najmä v prstenci E, sú trikrát menšie. Kryštáliky na Slnkom osvetlenom povrchu mesiaca sú tiež z vodného ľadu, ale ich zrnká sú podstatne väčšie ako v oblaku nad gejzírmi.

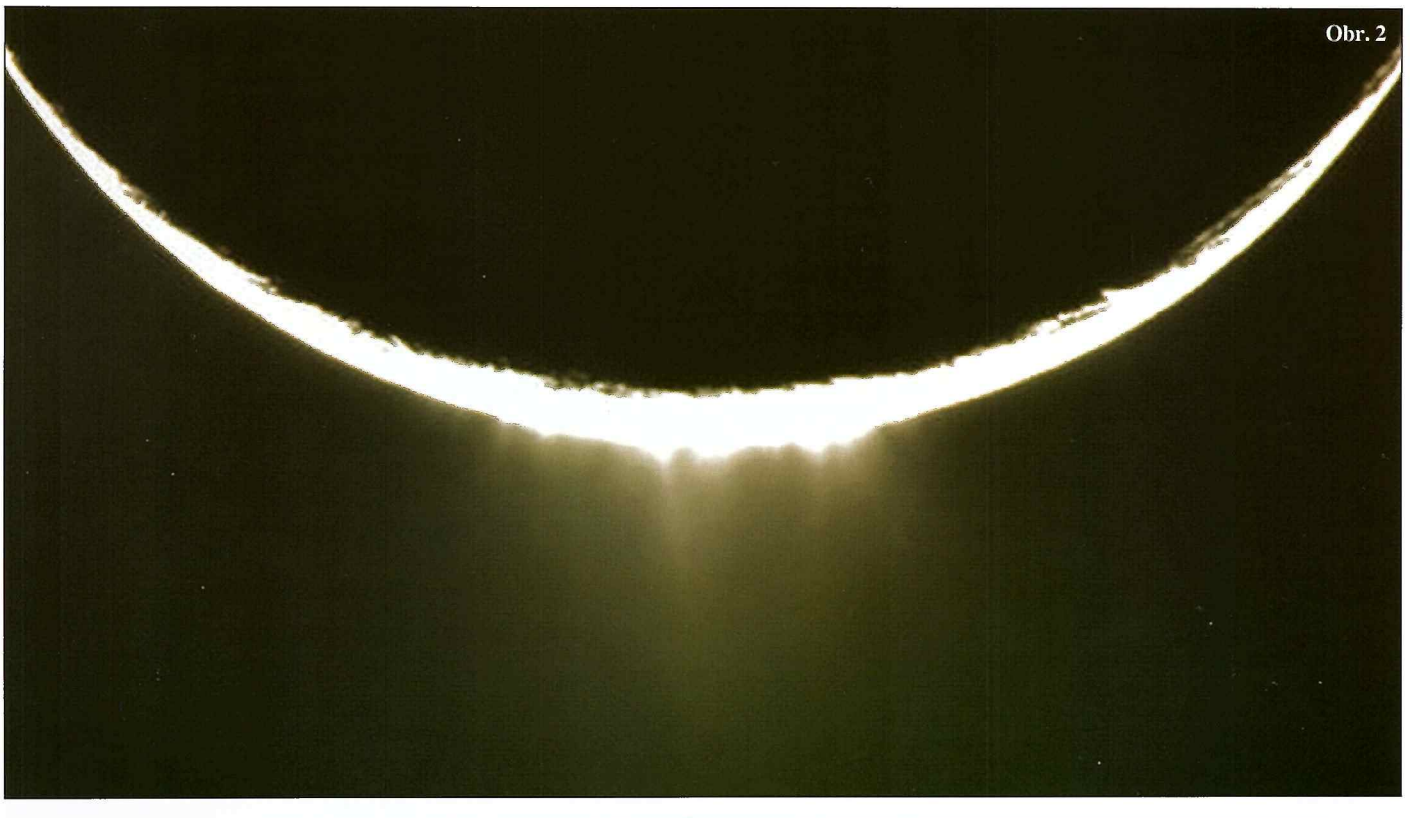
Enceladus: gigantické gejzíry

„Toto sú najvzrušujúcejšie snímky zo všetkých, čo sme doteraz spracovali," vyhlásila Carolyn Porco, šéfka tímu, ktorý vyhodnocuje fotografie z Cassini v Space Science Institute (Boulder). „Už je to isté: Enceladus je po Jupiterovom mesiaci Io a Neptúnovom mesiaci Tritón ďalším aktívnym vulkanickým mesiacom našej Slnečnej sústavy."

Na *snímke 1* vidíte niekoľko výtryskov, stúpajúcich z oblasti okolo južného pólu Saturnovho mesiaca. Vedci zistili, že tieto výtrysky stúpajú z početných horúcich trhlín, ktoré dostali meno „tigrie pásy". Nad Slnkom osvetleným okrajom Encelada *(obrázok 2)*, v protisvetle, sú viditeľné iba najhustejšie, spodné časti početných gejzírov. Jemnejšie, redšie časti gejzírom vyfúknutej pary a zamrznutých kvapôčok vody, zavinutých rotáciou planéty (podobne, ako pri otáčavej záhradnej



Obr. 1



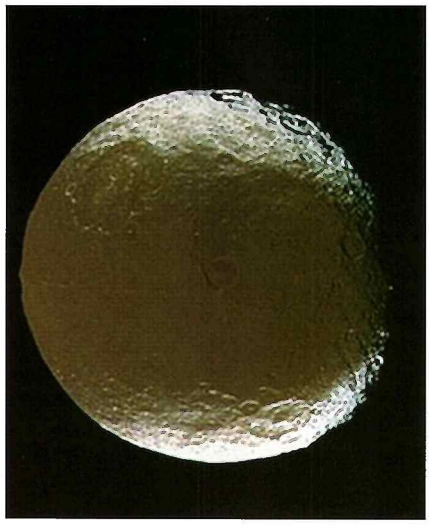
Obr. 2

fontáne) do žiarivej cibuľovitej kupoly zatiaľ nevidno.

Kupola dosahuje výšku bezmála 500 kilometrov nad povrchom Encelada. Jej priemer sa vyrovná priemeru mesiaca.

Najnovšie snímky vodný vulkanizmus na mesiaci Enceladus potvrdili. Zviditeľnili aj detaily výtryskov z početných fontán. Je zrejmé, že horúca vodná para uniká z prieduchov pod vysokým tlakom, pričom teplota výtryskov z polárnej oblasti na takom chladnom telese svedčí o tom, že para má prekvapujúco vysokú hustotu.

Aký mechanizmus generuje tento fascinujúci úkaz, to vedci predbežne netušia. Záhadou je aj skutočnosť, prečo sa „tigrie pásy" vyskytujú iba v južnej polárnej oblasti. Podaktorým Enceladus pripomína správanie gigantickej kométy. Kométa to však určite nie je. Aktivitu nevyvoláva slnečné žiarenie meniace zlepence exotických ľadov povrchu na prúdy unikajúceho plynu. Mechanizmus vyrábajúci horúce gejzíry na Encelade je skrytý hlboko vo vnútri zaľadneného mesiaca. Čo zohrieva s ľadom zmiešaný materiál? Nie je vylúčené, že ide o kombináciu vzájomného pôsobenia rádioaktivity a slapových síl.



Krátery na Japete

Túto snímku Saturnovho mesiaca Japetus (priemer 1468 km) exponovali kamery na sonde Cassini 12. novembra 2005 zo vzdialenosti 415 000 kilometrov. Sonda sa priblížila k Japetu zhora, nad severnú pologuľu, pričom sa jej podarilo nasnímať veľký impaktný kráter s priemerom 575 kilometrov na severovýchodnom okraji Cassini Regio, (vľavo hore) v záhadnej tmavej oblasti, ktorá odráža iba 5 percent svetla. Zvyšné dve tretiny povrchu Japeta, biele ako čerstvo napadnutý sneh, odrážajú až 50 percent svetla.

Dve tváre Japeta objavil taliansky hvezdár Giovanni Cassini ešte v roku 1671 a sú dodnes astronomickou hádankou. Má tmavý materiál tvoriaci (či pokrývajúci?) Cassiniho oblasť kozmický pôvod (zrážka s obrovským chondritom?), alebo ide o pozostatok dávnej vulkanickej činnosti?

Ďalším výraznými útvarmi sú impaktný kráter na severozápadnom okraji mesiaca (vpravo dole) s priemerom 380 kilometrov, na rozhraní tmavej a svetlej oblasti a už dávnejšie známy Rolandov kráter, vpravo hore, s výrazným centrálnym hrbolkom, ktorý má priemer 150 kilometrov. Kráter leží na Roncevaux Terra, vo svetlej oblasti Japeta.

Snímky exponovala úzkouhlá kamera pomocou ultrafialového, zeleného a infračerveného filtra. Vidíte ich vo falošných farbách, pričom červená, zelená a modrá sa príliš nelíšia od reálu. Rozlíšenie vo chvíli najväčšieho priblíženia bolo 3 km na pixel.

Vetry na Jupiteri

Medzinárodný tím planetológov (UCLA) prezentoval nový model počasia na Jupiteri. Obria planéta má neuveriteľný systém počasia, celkom iný ako Zem. Prudké vetry neprestajne krúžia okolo planéty, pričom v priebehu rokov, ba storočí sa menia iba nepatrne. Búrlivé vetry, ktoré smerom z východu na západ obtekajú rovníkovú oblasť, dosahujú rýchlosť 550 kilometrov za hodinu. Z modelu kalifornských vedcov vyplýva, že tieto vetry generuje neznámy mechanizmus vo vnútre planéty.

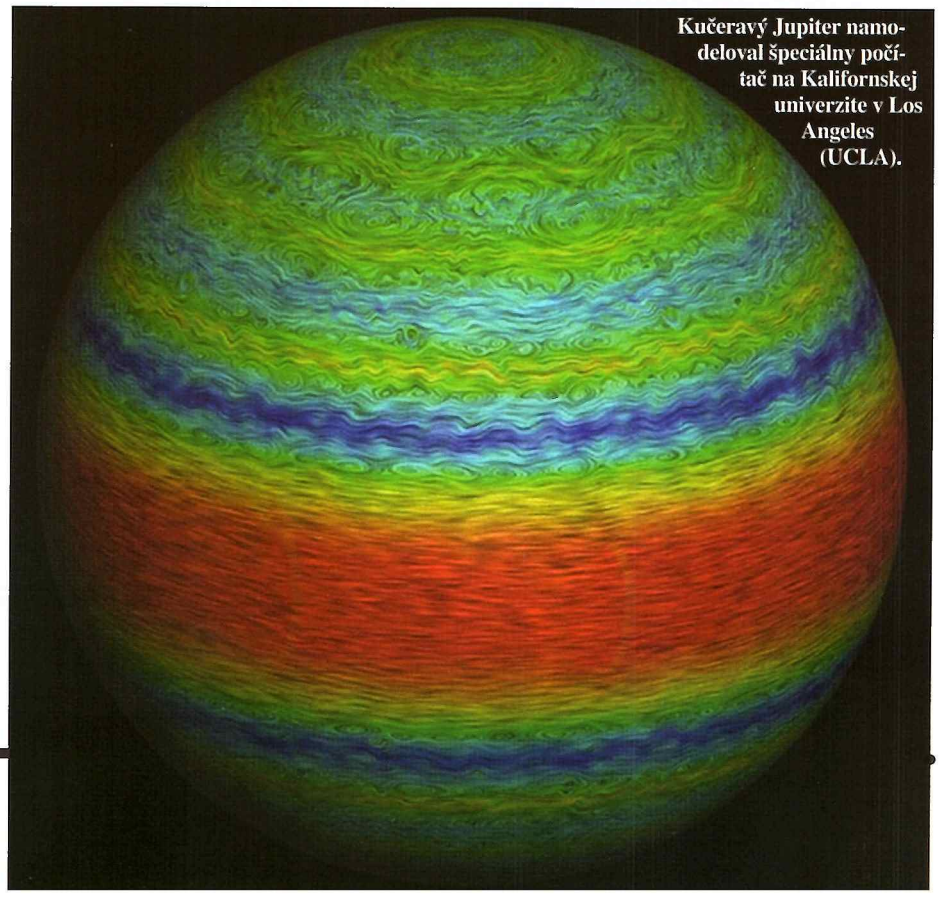
Joviánske vetry sú mimoriadne stabilné. Prinajmenšom počas posledných 300 rokov sa významne nezmenili. Rýchlosť stálych rovníkových vetrov je dvojnásobkom najsilnejších hurikánov na Zemi. Vo vyšších šírkach je rýchlosť vetrov nižšia, pričom v každom „veternom koridore" je iná.

Donedávna nikto netušil, čo joviánske vetry generuje a prečo sa ich rýchlosti nemenia. „Náš model vysvetľuje, že vetry na Jupiteri generujú horúce zdroje hlboko vo vnútri planéty," vysvetľuje Jonathan Aurnou, profesor planetárnej fyziky na UCLA. Na Zemi sa sila vetrov pravidelne, v závislosti od sezóny mení. Na Jupiteri sa preskupujú iba štruktúry oblakov v najvrchnejšej atmosfére, sila veľkoškálových vetrov sa však podstatne nemení."

Kalifornskí vedci vytvorili pomocou počítača trojdimenzionálny model, v ktorom sú prepojené veľké rovníkove víchry i pomalšie vetry vo vyšších šírkach. Generátorom vetrov je rotujúca guľa tekutiny na dne gigantickej atmosféry, vytvárajúca teplotou poháňanú konvekciu. Ide v podstate o rovnaký mechanizmus, aký preháňa vriacu vodu v hrnci.

V modeli sa podarilo prepojiť správnu geometriu, turbulentnú konvekciu s rýchlou rotáciou. Polomer Jupitera je 11-násobne dlhší ako polomer Zeme. Z vnútra planét stúpa k povrchu veľké množstvo tepla. Teplota, ktorú generuje Jupiter, sa rovná teplote, ktorú Zem príjma od Slnka. Vo vnútri Jupitera je najmä stlačený vodík a hélium a obrovské množstvo plazmy. Táto zmes sa správa ako tekutina. Horúce hniezda v hlbokej rotujúcej atmosfére ozrutnej planéty vytvárajú špirálujúce stĺpy, ktoré sa v hornej vrstve atmosféry rozvinú do vetrov. Tento mechanizmus je zázračne vyladený, pretože vetry „vyvierajúce" z vnútra kontinuálne vtekajú do „svojich koridorov", pričom tieto interakcie nemajú na kolobeh vetrov takmer nijaký vplyv. Je však pravdepodobné, že premenlivé štruktúry oblakov sa formujú práve tam, kde sa hlbinné vetry miešajú s povrchovými.

Vedci joviánsky model počasia spresnia pridaním ďalších fyzikálnych parametrov. Do dvoch rokov by mali byť na svete aj podobné modely Saturna, Urána a Neptúna. **UCLA News Release**



Kučeravý Jupiter namodeloval špeciálny počítač na Kalifornskej univerzite v Los Angeles (UCLA).

Spirit: 730 dní na Marse

Spirit na vrchole Husband Hill.

Marťanský robot Spirit pracuje na povrchu Marsu už druhý rok. Druhý marťanský rok, pretože 23. novembra 2005 uplynulo od jeho pristátia 669 dní. Mars sa v tento deň vrátil na obežnej dráhe na to isté miesto, kde bol, keď táto sonda pristála. Misia Spirit mala pôvodne trvať maximálne 90 dní. Vo chvíli, keď čítate toto číslo, Spirit pracuje na Marse už viac ako 730 dní. Tento mechanický geológ a fotograf odobral a analyzoval v tomto čase vyše 100 vzoriek, vyslal na Zem viac ako 70 000 snímok, veľkých celkov, polocelkov, detailov i fotografií vyhotovených špeciálnou mikrokamerou, a množstvo ďalších vedeckých údajov.

Spirit na svojej ceste prekonal vyše 5000 metrov. Stal sa aj horolezcom: jeho výstup na Husband Peak (vysoký ako Socha slobody), navyše v zimných mesiacoch, keď bol problém riadiť ho na svahu počas cikcakovitého výstupu tak, aby solárne antény mali proti nízkemu Slnku nad severným horizontom optimálny sklon, bol vzrušujúcim technologickým dobrodružstvom.

Horolezecký výstup Spiritu na Husband Peak nebol samoúčelný. Práve na tomto vrchole Columbia Hills objavil robot obnažené horniny, z ktorých je toto nízke pohorie zložené. Spirit zistil, že ide jednoznačne o horniny sformované za prítomnosti vody. Vedci tvrdia, že práve horniny na Husband Hill obsahujú najvyšší podiel síry, aký sa zatiaľ na Marse našiel! Ide o soli síranov, ktoré boli pôvodne rozpustené vo vode, ktorá sa neskôr vyparila.

Okrem toho objavil Spirit najmenej päť nových druhov hornín: roztavené hrudy po dopade impaktu, ktoré vzápätí stuhli; materiál rozptýlený búrlivou sopečnou činnosťou; i pozostatky po rozpadnutých tokoch lávy. Nálezy svedčia o pôsobení mohutných geologických síl, ktoré oblasť Columbia Hills v dávnej minulosti formovali.

Ešte väčšie očakávania spájajú vedci s budúcou etapou marťanskej anabázy robota Spirit, keď sa v nasledujúcich týždňoch začne pomaly spúšťať po južných svahoch Husband Hill.

Za predĺženie misie vďačia vedci marťanským vetrom, ktoré priebežne odfukovali zo solárnych panelov a prístrojov usadený jemný púder, pričom šťastnou zhodou okolností sa počas misie ani v letných mesiacoch nerozpútala globálna prachová búrka.

Na činnosť robota nemali významnejší vplyv ani „veterní derviši", potulné veterné víry. Práve naopak: ukázalo sa, že tieto miniatúrne tornáda, pohybujúce sa rýchlosťou 4 metre za sekundu, ktoré sa vytvárali v letnom období medzi 11. a 15. hodinou po oboch stranách trasy robota, počas kolízií vymetali z povrchu robota i jeho solárnych panelov usadený prachový púder. Životnosť panelov sa tak neočakávane predĺžila.

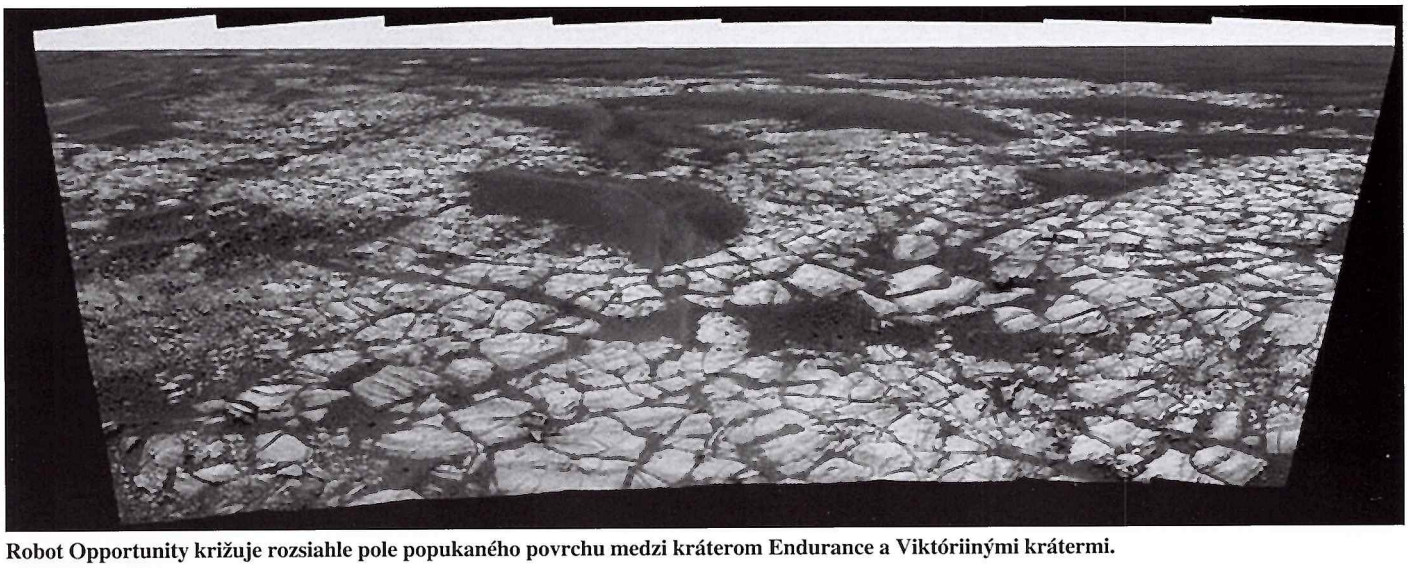
Vedci vytipovali pre robot novú oblasť, rozľahlé, rozpukané pláne na juh od Husbad Hill, ktoré nazvali – Zem zasľúbená.

Opportunity: na prahu druhého marťanského roka

Opportunity v posledných týždňoch skúma obnažený povrch na ceste od Krátera Endurance k Viktóriiným kráterom. Začiatkom decembra objavila horniny, ktoré sú podstatne mladšie ako vo vnútri Endurance. Zdá sa, že ide o skamenelé piesočné duny, v ktorých sú záznamy o dlhodobých, periodicky sa striedajúcich mokrých i suchých obdobiach v tejto oblasti.

Vedci v decembri pripravili Opportunity na prežitie ďalšej marťanskej zimy.

Opportunity na ceste ku kráterom Viktória objavila horniny, v ktorých sú, rovnako ako v horninách z Endurance, granuly bohaté na železo, ibaže sú oveľa menšie. Sformovali sa za prítomnosti vody, presakujúcej horninami.



Robot Opportunity križuje rozsiahle pole popukaného povrchu medzi kráterom Endurance a Viktóriinými krátermi.

Kam sa stratili marťanské uhľovodíky?

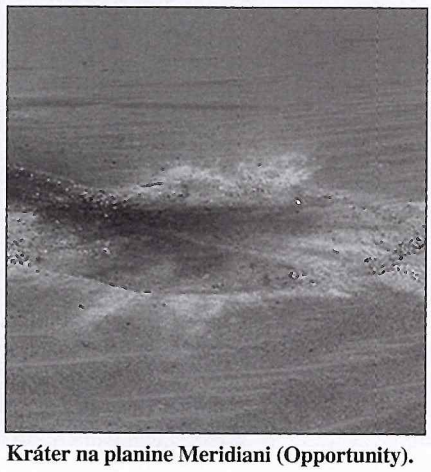
Mladý Mars bol horúcou, vlhkou planétou, ktorú obaľovala hustá atmosféra oxidu uhličitého. Na Zemi väčšinu atmosférického CO_2 vstrebali oceány, na dne ktorých sa usadili mocné vrstvy vápenca. Keby sa uhlík uväznený vo vápencoch Zeme uvoľnil, ocitli by sme sa v 62-krát masívnejšej atmosfére ako máme dnes v ovzduší, v ktorom by dominoval oxid uhličitý.

Planetológovia si kladú otázku: „Ak boli mladý Mars a mladá Zem také podobné telesá v mladom veku, prečo nemá starý Mars ani zďaleka toľko uhľovodíkov ako stará Zem?“ Sondy našli na povrchu Červenej planéty iba nepatrné stopy po uhľovodíkoch. Vedci sa nazdávajú, že marťanské vápence sa sformovať nestihli.

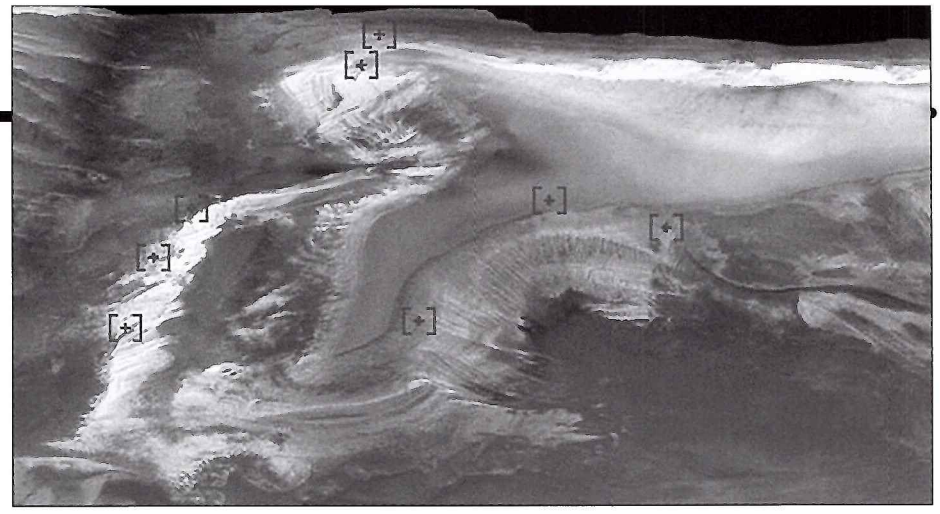
Mohutné sopky chrlili v prvom období do marťanskej atmosféry obrovské množstvo síry. Síra skombinovaná s kyslíkom a vodíkom vytvorila kyselinu sírovú, ktorá pršala na povrch. V takom prostredí sa uhľovodíky nemohli udržať. V kyseline sírovej sa vápence rozpúšťajú.

Ale poporiadku: kým pršala z marťanského neba kyselina sírová, vápence sa ukladať nemohli. Keď už v atmosfére červenej planéty ostali iba malé zvyšky síry, na formovanie vápencov bolo neskoro. Mars vychladol, oceány a vodné plochy navždy zamrzli. Uhľovodíky z atmosféry nemalo čo vstrebávať, na povrchu sa vrstvy vápencov nemohli dlho udržať. Uhľovodíky ukladajúce sa na vysychajúcom povrchu veterná erózia v priebehu miliárd rokov rozrušila a premiešala s inými horninami. Prístroje sond zaznamenávajú v marťanskej kôre iba ich nepatrné zvyšky v podobe uhľovodíkového prachu.

Tento scenár vyplynul z údajov, ktoré získali marťanské roboty Spirit a Opportunity. Horniny na planinách Meridiani (Opportunity), bohaté na soli síranov, sa mohli sformovať iba vo veľmi kyslom prostredí. Dno krátera Gusev, vzdialené od plání tisíce kilometrov, vypĺňajú tiež horniny bohaté na sírany. Vyzerá to tak, že Mars je planétou, na ktorej dominuje síra.



Kráter na planine Meridiani (Opportunity).



Candor Chasma: mapa rapsodickej krajiny, vyhotovená pomocou údajov sondy Mars Express.

Jedno je isté: voda na Marse bola!

Vedci z Európskej vesmírnej agentúry (ESA), ktorí analyzujú údaje zo sondy Mars Express obiehajúcej Mars, potvrdili výsledky analýzy kolegov, spracúvajúcich údaje z robotov Spirit a Opportunity. Európania vyhodnotili údaje z prístroja OMEGA, optického a infračerveného spektrometra, ktorý detegoval veľké množstvo minerálov na celom povrchu Červenej planéty. Tieto minerály sa mohli sformovať iba vo vode. Ide o hydráty (fylosilikáty a sírany), známe aj na Zemi, formujúce sa iba tam, kde pôvodné horniny boli vystavené chemickému vplyvu tečúcej vody.

Na povrchu Marsu existujú stovky geologických útvarov (bazénov, kaňonov, rozvetvených korýt i charakteristických náplavových kužeľov), ktoré pripomínajú pozemské útvary, vytvorené tečúcou vodou. Snímky týchto útvarov sú sugestívne, ale pre časť geológov a planetológov neboli dostatočným dôkazom existencie vody na Červenej planéte.

Údaje z OMEGA presvedčili aj najväčších skeptikov: prítomnosť rozsiahlych polí hydrátov na celom povrchu Marsu jednoznačne dokazujú dlhodobú prítomnosť veľkého množstva vody na tejto, dnes takej vyprahnutej planéte. Geológovia tieto minerály nazvali hydrátmi preto, lebo v ich kryštalickej štruktúre sa vyskytuje voda. Inými slovami: ukrývajú v sebe jasný „mineralogický záznam“ o procesoch, na ktoré voda vplývala.

OMEGA ohmatávala Mars vyše 18 mesiacov a stihla (s rozlíšením 1 až 5 km/pixel) zmapovať bezmála celý povrch Červenej planéty. Mapy z niektorých oblastí majú dokonca menšie rozlíšenie ako 1 km/pixel. Prístroj zaznamenal masový výskyt dvoch druhov hydrátov: fylosilikátov a hydrosíranov v rozsiahlych, hoci izolovaných oblastiach Marsu. Tieto minerály sú výsledkom chemického pôsobenia vody. Každý z nich sa však formoval pod vplyvom celkom odlišných procesov, závislých od odlišných podmienok. To znamená, že sa neformovali súčasne, ale v rozličných obdobiach histórie Marsu, čo zasa dokazuje, že sa voda na povrchu Marsu udržala pomerne dlho.

Fylosilikáty dostali meno podľa charakteristických, tenkých vrstvičiek (phylo = tenká vrstva), ktoré vznikali ako usadeniny zo zrniek vodou rozomieľanej magmy. Podmienkou formovania fylosilikátov je dlhodobé pôsobenie tečúcej vody. Typickým fylosilikátom je hlina.

OMEGA detegovala fylosilikáty na povrchu Arabia Terra, Terra Meridiani, Syrtis Major, Nili Fossae a Mawrth Vallis vo forme tmavých usadenín i erodovaných hornín.

Hydrosírany, na rozdiel od fylosilikátov, sa formujú ako usadeniny v nádržiach slanej vody. Väčšina takýchto síranov potrebuje navyše aj kyslé prostredie. OMEGA vodné sírany objavila v usadeninách na dne ozrutnej sústavy kaňonov Vallis Marineris, na obnaženom podloží Terra Meridiani, ale aj ako súčasť čiernych dún v severnej polárnej čiapočke.

Kedy sa marťanské hydráty sformovali? „Usadeniny fylosilikátov, ktoré sa sformovali zo zvetraného materiálu povrchu sa ukladali na mladom Marse,“ vraví Jean-Pierre Bibring, šéf tímu OMEGA. „Tento materiál bol dlho ukrytý pod kobercami lávy. Nachádzame ho iba tam, kde ho obnažili impakty, alebo mohutná vodná erózia.“

Odhadnúť dobu, kedy sa fylosilikáty formovali, bolo možné iba v rámci geologického kontextu širšieho okolia, najmä určovaním veku povrchových hornín pomocou veku blízkych impaktných kráterov. Vedci zistili, že fylosilikáty sa sformovali počas Noeho éry, počas najintenzívnejšieho bombardovania Marsu asteroidmi a meteoritmi. Toto obdobie trvalo od vzniku planéty (pred 4,5 mld. rokov) až po rozhranie 3,8 miliárd rokov. Noeho éra, jedna z troch, je najstarším geologickým obdobím na Červenej planéte.

Bez rozsiahleho a aktívneho hydrologického systému by sa na Marse nemohli vytvoriť také početné a mohutné súvrstvia fylosilikátov, najmä hlín, aké OMEGA detegovala. Dlhodobá prítomnosť tečúcej vody na Marse však bola možno iba v podmienkach teplej a dlhodobo stabilnej klímy. Vedci však pripúšťajú aj možnosť, že podobné procesy generované vodou mohli prebehnúť aj v teplej, tenkej kôre.

Z údajov OMEGA vyplynulo, že usadeniny síranov sa vyskytujú na iných miestach ako fylosilikáty a jednoznačne sa sformovali až po Noeho ére. Hydrosírany, na rozdiel od fylosilikátov, nepotrebujú na sformovanie dlhodobú prítomnosť tečúcej vody. Bez vody by sa však nevytvorili, navyše, tá voda musela byť kyslá. Z tohto faktu jednoznačne vyplýva, že marťanské sírany sa museli vytvoriť až v ďalšom geologickom období. Noeho éru od ďalšej éry oddeľovalo relatívne krátke obdobie – **marťanská globálna klimatická zmena.**

Vedci sa nazdávajú, že na vznik a vývoj udržateľného života bola vhodnejšia Noeho éra. Preto navrhujú, aby miesta pristátia pre biosondy boli vytipované tam, kde sa vyskytujú fylosilikáty. Vo vrstvách marťanskej hliny sa mohli zachovať stopy biochemického vývoja na Marse. Tam nájdeme aj marťanské fosílie, pravda, iba vtedy, ak živé bunky v Noeho ére vznikli.

Opportunity: Burns Cliff, rozpukaná oblasť na planine Meridiani.

Mars pred 3,5 miliardami rokov

Tím, ktorý analyzuje údaje z oboch marťanských robotov, vyhotovil zprávu, ktorá popisuje podmienky, panujúce na Marse pred 3,5 miliardami rokov. Okolie krátera Endurance vyzeralo v tom čase ako časti Nového Mexika a Arizony: soľné panvy obklopené piesočnými dunami, ktoré občas zaplavovala voda. Správa sa opiera najmä o údaje získané robotom Opportunity.

Správa, uverejnená v Earth and Planetary Science Report sa považuje za doteraz najvýznamnejší publikovaný dokument zhŕňajúci údaje o Marse.

Vedci majú v rukách nezvratné dôkazy o tom, že pláne Meridiani boli kyslé, vystavené pôsobeniu kyslíka a pravidelne zaplavované vodou, takže podmienky boli priaznivé na vznik života!

V článku sa píše: „Život vo vtedajších podmienkach na pláňach Meridiani mohol vzniknúť, ba sa aj uchytiť, ale tie chemické reakcie, ktoré (ako si myslíme) boli nevyhnutné pre jeho vývoj na Zemi, na Marse nemohli prebiehať."

Vedci analyzovali údaje zo 6 metrov hrubých vrstiev hornín, obnažených v kráteri Endurance. Na samom spodku ich tvorili suché, komprimované pieskové duny. V strede dominoval piesok naviaty vetrom. V oboch prípadoch sa vrstvy vytvorili po vyparení vody. Najvrchnejšiu vrstvu vytvárajú usadeniny naplavené tečúcou vodou, podobné tým, ktoré robot Opportunity objavil na svahoch menšieho krátera neďaleko Endurance.

Dôležité je zistenie, že materiál vo všetkých vrstvách bol mokrý predtým i potom, ako ho vetry a voda sformovali do vrstiev. Vedci analyzovali, ako kyslá voda presakovala vrstvami potom, čo sa pôvodné náveje premenili na horniny, ktoré obsahujú drobné ložiská (sferuly) bohaté na hematit.

V laboratóriách New York University vystavili „marťanské horniny" pôsobeniu kyslej vody, pričom sa ukázalo, že minerály, ktoré sa v nich vytvárali, sú na nerozoznanie od tých, ktoré robot objavil vo vzorkách z Meridiani. Vedci na základe tohto pokusu vyslovili názor, že horniny okolo krátera Endurance boli v rozmedzí od 4 po 3,5 miliardy rokov vystavené pôsobeniu premenlivej klímy. Okolie Bielych pieskov v Novom Mexiku či oblasť Rio Tinto v Španielsku. V oboch prípadoch ide o kyslé bazény v údolí vysychajúcich riek, ktoré majú zarážajúco podobnú chémiu i mineralógiu.

V oblasti Rio Tinto žije veľa druhov baktérií, takže vedci sa nazdávajú, že aj v horninách Meridiani by sa mohli nájsť ich fosílie. Treba však pripomenúť, že baktérie z Rio Tinto sú potomkami nespočetných generácií, ktoré sa vyvíjali v menej kyslom a menej nestabilnom prostredí. Nemožno však vylúčiť, že pôvodné populácie na Meridiani sa mohli prispôsobiť aj drsnejším podmienkam.

Vedci, napriek senzačným objavom, nechcú vyslovovať definitívne prognózy: „Zatiaľ sme preskúmali iba malé oblasti marťanského povrchu a v prípade Meridiani sme získali poznatky iba o veľmi krátkom období," uzaviera článok David Fernandez-Remolar zo Španielskeho centra pre astrobiológiu, ktorý je s Andrew Knollom (Harvard University) a Nicholasom Toscom (New York University) spoluautorom článku.

Pochovaný kráter

Sonda Mars Express (ESA) má o čidlo viac. Špeciálnemu tímu sa podarilo opraviť MARSIS, radar, ktorého výsledky prevyšujú všetky očakávania. Určite najvýznamnejším objavom radaru je potvrdenie rozsiahlych bazénov vody v tekutom skupenstve, hlboko pod povrchom planéty.

Donedávna bolo podzemie Marsu veľkou neznámou. O jeho vlastnostiach sme sa dozvedali iba z údajov popisujúcich vlastnosti hornín na stenách impaktných kráterov a hlbokých kaňonov, kde prístroje rozličných sond preskúmali obnažené geologické vrstvy.

V lete uplynulého roku začal pracovať MARSIS, špeciálny, pre marťanské podmienky vyvinutý radar na skúmanie vrstiev podložia marťanského povrchu i ionosféry. Výsledky iba niekoľko týždňov trvajúceho prieskumu sú ohromujúce.

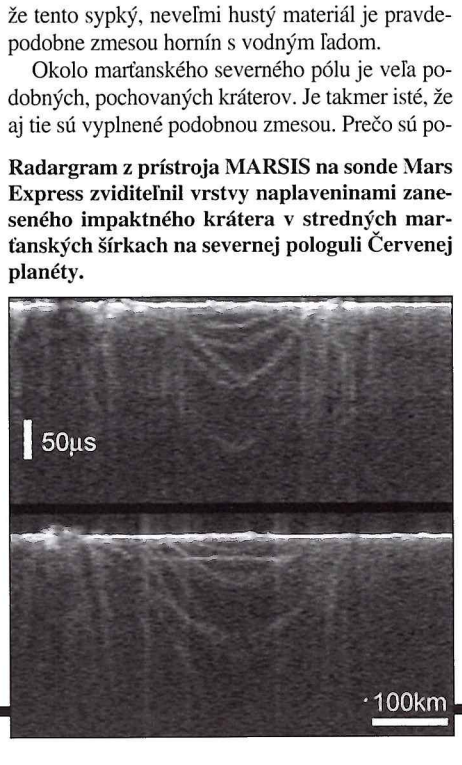
Prvé údaje poskytol MARSIS zo severnej pologule. Objavil tam okrúhlu štruktúru s priemerom 250 kilometrov. Ukázalo sa, že ide o pochovaný (zaviaty, zanesený) impaktný kráter, ležiaci na severnom okraji planiny Chryse v stredných marťanských šírkach. Vedci zistili, že kráter vypĺňajú hrubé vrstvy materiálu, ktorého hlavnou zložkou je vodný ľad!

Snímka tohto krátera sa určite dostane do učebníc planetológie. Pomocou radaru sa po prvýkrát podarilo ohmatať podpovrchové vrstvy inej planéty. Odrazy radarových ozvien z rozličných hĺbok vytvorili sendvič parabolických i rovných vrstiev naukladaných v pochovanom kráteri. Paraboly zviditeľňujú smerom nadol prehnuté vrstvy materiálu na úrovni okrajov jedného alebo viacerých impaktných bazénov. Celkom jasne sa zviditeľnili aj záhadné útvary, ktoré vedci interpretujú ako okraje impaktných bazénov alebo stredový pahorok mladšieho, menšieho impaktu.

Ploché, dvojrozmerné ozveny, načrtli rovné vrstvy, ktoré sú naukladané v hĺbkach od 1,5 až po 2,5 km medzi plochým dnom a materiálom v hornej časti pochovaného kráteru. Toto vnútro sendviča má celkom iné zloženie. Vedci sa nazdávajú, že tento sypký, neveľmi hustý materiál je pravdepodobne zmesou hornín s vodným ľadom.

Okolo marťanského severného pólu je veľa podobných, pochovaných kráterov. Je takmer isté, že aj tie sú vyplnené podobnou zmesou. Prečo sú pochované? Vedci pripúšťajú, že najrozumnejším vysvetlením pochovaných kráterov boli periodické zmeny klímy na Červenej planéte, keď prívaly vody z roztápajúcej sa čiapočky zaplavovali okolie, pričom strhávali miliardy ton materiálu a planírovali impaktmi posiatu planinu. K formovaniu štruktúr v súvrství vo vnútri krátera však môže prispievať aj tekutá voda v podloží, ktorá ich vymýva a nasýtená rozpustenými soľami a jemným múľom, putuje od pólu ďalej na juh.

Radargram z prístroja MARSIS na sonde Mars Express zviditeľnil vrstvy naplaveninami zaneseného impaktného krátera v stredných marťanských šírkach na severnej pologuli Červenej planéty.



Netreba pripomínať, že údaje z radaru MARSIS podstatne prispejú k objasneniu formovania a evolúcie povrchu a upresnia aj ich časovú následnosť.

MARSIS prehmatal aj okolie severného pólu medzi 10. a 40. stupňom marťanskej šírky. Povrch v tejto oblasti pokrývajú vrstvy naplavovaného materiálu. Vedci si o nich mohli vytvoriť predstavu iba pomocou snímok, topografických meraní a iných techník.

Radarová ozvena z krátera sa poskladala do sendviča s dvoma výraznými rozhraniami: prvé sa rysuje na spodku povrchovej vrstvy, druhé nad vrstvou v hlbokom podloží. Medzi nimi leží vrstva zložená z výrazne iného materiálu. Analýzou dvoch ozvien sa zistilo, že medzivrstvu tvorí doska mimoriadne čistého vodného ľadu, hrubá viac ako 1 kilometer!! Vrstvu nad ňou tvorí drvina, podložie kompaktnejší vulkanický materiál, najskôr čadič.

Hypotéza o hrubej, zaviatej, zanesenej vrstve vodného ľadu, pokrývajúcej väčšinu Marsu, získala silnú podporu.

Tím zoskupený okolo MARSIS nezískal doteraz ani jediný dôkaz o existencii tečúcej vody na povrchu. Radarový prieskum Červenej planéty sa však iba začína. **ESA Portal**

Urán: ďalšie prstence a mesiace

Hubblov vesmírny ďalekohľad opäť zabodoval. Na snímkach HST objavili vedci z Inštitútu SETI pár doteraz neznámych prstencov krúžiacich okolo Uránu. Väčší z nich má dvojnásobne väčší priemer ako už známe prstence. Objavitelia vzdialené prstence nazvali „druhým systémom prstencov".

HST zároveň potvrdil aj objav dvoch mesiačikov, nájdených na snímkach HST 25. 8. 2003. Jeden z nich sa pohybuje v jednom z „nových" prstencov. Ďalším významným objavom je zistenie, že v priebehu posledného desaťročia sa dráhy známych (vnútorných) Uránových mesiačikov významne zmenili. Posledné objavy svedčia o tom, že Uránov systém je neobyčajne pestrý, dynamický a nestabilný.

„Nikto ani len netušil, že prstence sa mohli vytvoriť a udržať v takej veľkej vzdialenosti od Uránu," vyhlásil Mark Showalter zo SETI. Vedci síce vedia, že prachoľadové prstence pomaly špirálujú smerom od planéty, ale udržia sa iba vtedy, keď sú priebežne dopĺňané čerstvým materiálom z nejakého zdroja. Showalter spolu s Jackom Lissauerom (Ames Research Center) sa nazdávajú, že týmto zdrojom by mohol byť mesiačik Mab, ktorý objavil HST v roku 2003.

Povrch tohto mesiačika priebežne zasahujú meteoroidy. Materiál vymrštený impaktom sa ukladá do prstenca. (Podobný mechanizmus funguje aj v systémoch iných planét: Jupiterova Amalthea, Saturnov Pan i Neptunova Galatea „pasú a dokrmujú" svoje prstence.) Keby prstence neboli materiálom po impaktoch dokrmované, časť prachu a kryštálikov ľadu by sa rozplynula do vonkajšieho priestoru, časť by gravitácia pastierskeho mesiačika stiahla na jeho povrch. Dramatické dôsledky kolízií aj s malými telesami názorne demonštrovala sonda Deep Impact, ktorá zasiahla jadro kométy Tempel 1. Po náraze sa nad kométu vzniesol oblak vymrštěného materiálu.

Showalter a Lissauer už od roku 1994 sledujú zmeny dráh Uránových mesiacov, pričom namerané hodnoty porovnávajú z dávnejšími údajmi HST a sondy Voyager 2. „Ide o chaotický proces, ktorý riadi chaotická výmena energie a momentu hybnosti medzi mesiacmi. Zmeny počas uplynulej dekády boli neveľké, ale v každom chaotickom systéme sa postupne zväčšujú a nestabilita narastá," vraví Lissauer.

Vedci predpokladajú, že sa mesiačiky v priebehu niekoľkých miliónov rokov zrazia. Najnestabilnejším telesom je mesiačik Cupid, ktorého obežná dráha ho približuje k mesiačiku Belinda až na 800 kilometrov.

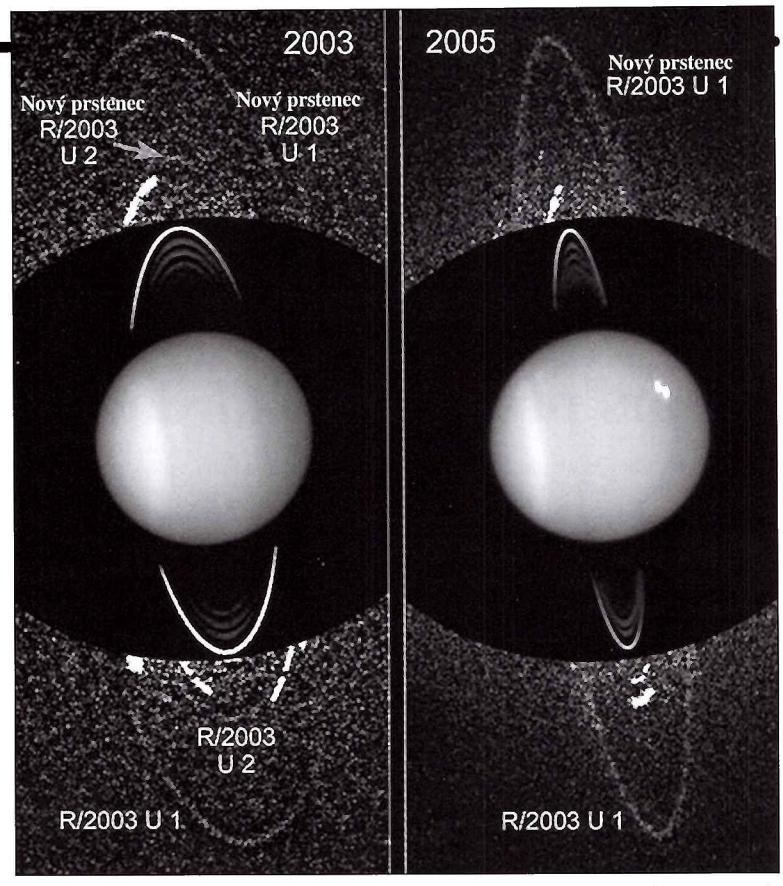
Dôkazom kolízneho vývoja systému je aj poloha bližšieho z novoobjavených prstencov (U2), ktorého obežná dráha prebieha uprostred dvanástich mesiačikov *(pozri obrázok 2)*. Hvezdári však zatiaľ nenašli teleso, ktoré doň dodáva materiál, pravdepodobne preto, že ide o veľmi malý objekt. Je viac než pravdepodobné, že prstenec dokrmuje niekoľko malých mesiačikov s priemerom menším ako 10 kilometrov. Pôjde asi o nepravidelné telesá, ktoré vznikli rozpadom väčšieho mesiaca po zrážke s iným mesiacom.

Nové prstence objavili na sérii 80 snímok so 4-minútovou expozíciou, ktoré HST získal ešte v auguste 2004. Overovacie snímky zo septembra minulého roku objav potvrdili.

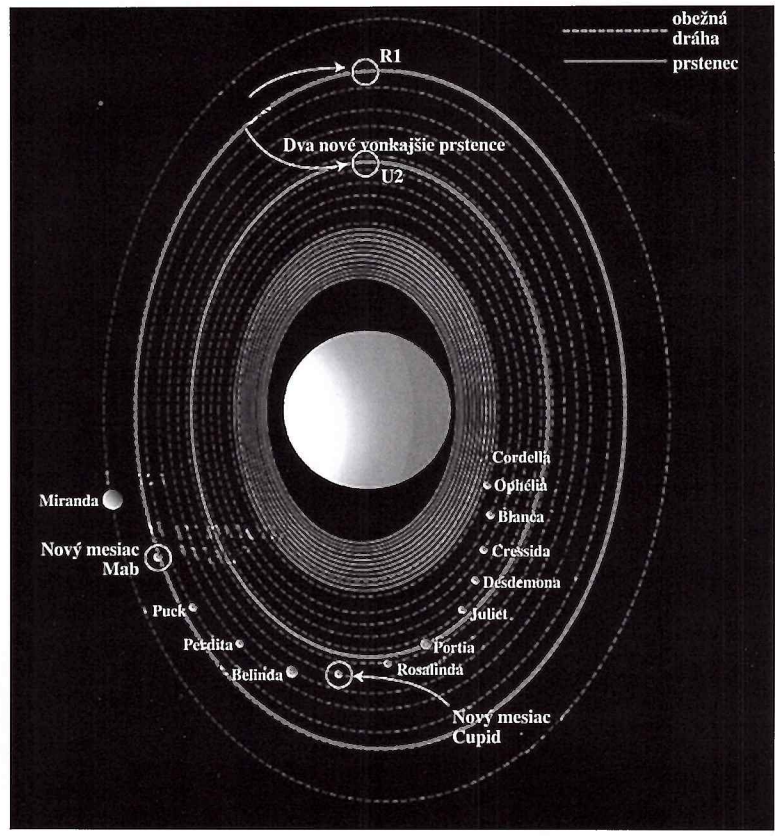
Showalter našiel oba prstence aj pri revízii archívnych snímok z Voyagera 2, ktorý obletel Urán v roku 1986. Prvých sedem prstencov Urána, vo vzdialenosti 42 000 až 51 000 km, objavili ešte v roku 1977 počas pozorovania zákrytu hviezdy atmosférou Uránu. Voyager 2 objavil ďalšie 2 prstence a 10 nových mesiačikov.

Vonkajší, teraz objavený prstenec R1, počas analýzy starších snímok neobjavili, pretože je extrémne riedky. Navyše nikto nepredpokladal, že sa prstenec môže sformovať v takej vzdialenosti od planéty. Objavil ho až Showalter po podrobnej analýze vyše 100 fotografií z Voyageru.

Nakoľko sú oba nové prstence takmer priehľadné, budú sa dať lepšie pozorovať, až keď budú viac naklonené. Ich jasnosť kulminuje počas rovnodennosti, keď Slnko svieti kolmo na Uránov rovník. Uránove prstence budú mať najväčší sklon v roku 2007. Vtedy sa dozvieme nové podrobnosti aj o nových dvoch prstencoch.



Na snímkach z HST vidíte dva novoobjavené prstence Uránu. Snímka vľavo je z roku 2003. Prstence sú extrémne riedke, zviditeľnila ich dlhá expozícia. Najvzdialenejší prstenec (R/2003U 1) prikrmuje materiálom mesiačik Mab, pohybujúci sa v prstenci. Na pravej snímke z roku 2005 sú prstence tmavšie. Svetlá škvrna na Uráne je búrka v najvrchnejšej vrstve atmosféry.



Uránov systém so zvýraznenými („novými") prstencami R1 a U2. „Nové" mesiačiky Cupid a Mab sú označené šípkami. Priemer tejto skupiny stredne veľkých mesiačikov sa odhaduje na 60 až 150 km. Na obrázku chýbajú štyri veľké mesiace Uránu: Ariel (1170 km), Umbriel (1190 km), Titania (1590 km) a Oberon (1550 km), ktorých obežné dráhy ležia až za dráhou Mirandy, s priemerom 480 km.

Oblasť W5 v súhvezdí Cassiopea na infrasnímke ďalekohľadu Spitzer.

Stĺpy stvorenia v podaní ďalekohľadu Spitzer

Za jednu z najsugestívnejších astronomických fotografií z dielne Hubblovho teleskopu sa považujú Stĺpy stvorenia v Orlej hmlovine. Spitzerov ďalekohľad exponoval nedávno podobnú oblasť (W5) v súhvezdí Cassiopea. V tejto oblasti dominujú masívne hviezdy generujúce silné hviezdne vetry, ktoré plyn a prach okolo hviezd formujú do bizarných stĺpov.

Na snímke zo Spitzera vidíme „hrebeň bizarného, rozoklaného pohoria" vytvoreného z nahusteného prachu. Toto „pohorie" sformovalo žiarenie a hviezdne vetry z okolitých horúcich hviezd.

Cassiopeu, v ktorej sa oblasť W5 nachádza, vidíme vo vzdialenosti 7000 svetelných rokov. V tejto oblasti dominuje masívna hviezda, jedináčik, ktorej polohu (mimo obrázku) prezrádzajú prsty pripomínajúce stĺpy. Tieto stĺpy stvorenia sú desaťnásobne väčšie ako preslávené stĺpy exponované kamerami HST.

Najväčší zo stĺpov „porodil" stovky doteraz nikým nerozlíšených, mladých hviezd. Ide o druhú najväčšiu maternicu zo všetkých doteraz objavených. „Sme presvedčení, že kopy hviezd presvitajúcich z vrcholov stĺpov sú iba vrcholcom ľadovca. Inými slovami: v krehkej maternici sa skrýva nielen oveľa viac masívnych hviezd a protohviezd, ale aj gravitačne sa zahusťujúcich zámotkov, z ktorých raz hviezdy budú," vraví doktorka Lori Allen, vedúca tímu. „Vetry a žiarenie z okolitých masívnych hviezd sú také silné, že v zahusťujúcich sa oblakoch vznikajú nové a nové hviezdy."

Spitzer dokázal rozlíšiť hviezdy formujúce sa v stĺpoch pomocou infračervených prístrojov. Vo viditeľnom svetle sa oblasť W5 javí ako trs tmavých veží zvýraznených svetlným halo. Hviezdy vo vnútri zahaľuje obálka prachu, z ktorej preniká do vonkajšieho priestoru iba infračervené svetlo.

Snímky zo Spitzera umožnili vedcom odhadnúť aj vek stĺpov stvorenia.

Oblasť W5, rovnako ako Orlia hmlovina, sú už dávnejšie známe ako najplodnejšie hviezdne maternice vo vesmíre. Obe sa sformovali ako mohutné, husté a búrlivé oblaky prachu a plynu, v ktorých sa rodia masívne hviezdy. Väčšina z nich je viac ako 10-krát hmotnejšia ako Slnko. Žiarenie a vietor z týchto hviezd rozptyľuje hviezdotvorbou nespotrebovanú hmotu do okolia. Tejto brutálnej erózii odolávajú iba najhustejšie oblaky. Tie pripomínajú stolové hory na púšti, ktoré odolávajú erózii, pretože sú z pevnejšieho materiálu.

Podľa platnej teórie sú tieto stĺpy dostatočne husté na to, aby sa v nich mohla sformovať aj druhá generácia hviezd. Vedci zatiaľ nevedia, či sa aj naše Slnko zrodilo v podobnej maternici, ale nazdávajú sa, že slabučké infrasvetielka, ktoré presvitajú zvnútra oblakov, môžu byť už treťou generáciou hviezd, zrodených, pomocou svojich hviezd – predkov z tej istej maternice.

NASA/JPL/Spitzer News Release

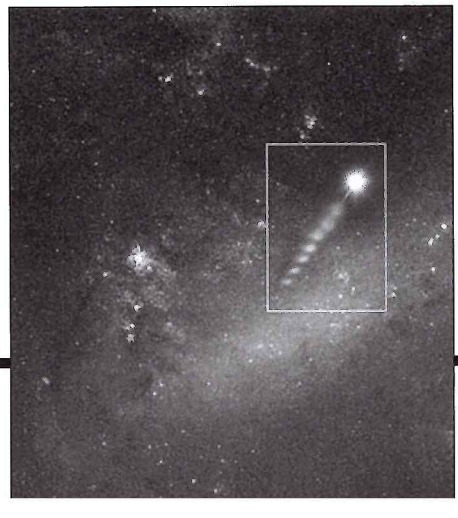
Hviezda na úteku

Vo vonkajšom hale našej Galaxie objavili hvezdári mimoriadne rýchle sa pohybujúcu hviezdu. Táto hviezda (HE 0437-5439), ktorú objavili v rámci prehliadky Hamburg/ESO, sa pohybuje rýchlosťou 723 kilometrov za sekundu (2,6 milióna km/hodinu). Katapultom, ktorý hviezdu takouto rýchlosťou vymrštil, bola podľa všetkého obria čierna diera v centre susednej galaxie Veľkého Magellanovho oblaku (LMC).

Rýchlu hviezdu objavil Kueyen, 8,2 m teleskop, jeden zo sústavy ESO/VLT ďalekohľadu. Ide o masívnu hviezdu s krátkou životnosťou. Objav je dôležitý preto, lebo je prvým nepriamym dôkazom existencie masívnej čiernej diery vo Veľkom Magellanovom oblaku.

Prehliadka Hamburg/ESO sa uskutočnila v rámci projektu, ktorého cieľom bolo objavovanie kvazarov, ale vedľajšou korisťou boli aj početné objavy slabých modrých hviezd. Jednou z nich bol aj objekt HE0437-5439, masívna, horúca hviezda hlavnej postupnosti na samej periférii hala.

Na ilustrácii vidíte putovanie hviezdy vymrštenej z Veľkého Magellanovho oblaku.



Astronómov objav prekvapil. Masívne hviezdy nemajú dlhý život: po uplynutí niekoľkých desiatok až stoviek miliónov rokov búrlivo zanikajú. Také mladé hviezdy sa v galaktickom hale vyskytujú iba veľmi zriedkavo. V hale Mliečnej cesty sa vyskytujú najmä najstaršie hviezdy, ktoré majú viac ako miliardu rokov. Masívne hviezdy nájdeme skôr v oblastiach, kde prebieha hviezdotvorba alebo blízko nich, napríklad v hmlovine Orion.

HE0437-5439 naozaj pripomína jednu z hviezd Orióna, ktorých svetlo túto plodnú hmlovinu zviditeľňuje.

Po analýze získaných spektier vedci zistili, že táto hviezda je 8-krát väčšia ako Slnko, má iba 30 miliónov rokov a jej chemické zloženie je iné, než má naša materská hviezda. Momentálne sa nachádza vo vzdialenosti 200 000 svetelných rokov. Jej rýchlosť (723 km/s) je taká veľká, že ani gravitácia našej Galaxie nemôže zabrániť tomu, aby neunikla do medzigalaktického priestoru.

Ak sa hviezda pohybuje tak rýchle, jej kolíska musí byť ďaleko od súčasnej polohy. Čo túto hviezdu katapultovalo takou rýchlosťou? Z výpočtov vyplynulo, že to mohla byť iba supermasívna čierna diera, miliónkrát masívnejšia ako Slnko. Ak sa k takejto ozrute priblíži dvojhviezda, jednu z hviezd čierna diera rozdrví a zhltne, druhú katapultuje opačným smerom.

V centre našej Galaxie hniezdi čierna diera s hmotnosťou 2,5 milióna Slnk. Bol to tento gravitačný prak, ktorý hviezdu HE0437-5439 vymrštil takou veľkou rýchlosťou?

Mohla to byť aj naša čierna diera, ibaže na prekonanie vzdialenosti z centra Galaxie na periférii jej hala by podozrivá hviezda potrebovala trikrát viac rokov ako je jej vek. Buď musí byť staršia, alebo ju katapultoval iný prak.

Kľúčom k tomuto rébusu sa ukázala byť poloha hviezdy. HE0437-5439 sa nachádza 16 stupňov od veľkého Magellanovho oblaku (LMC), jednej z najbližších veľkých galaxií. LMC je od nás vzdialený 156 000 svetelných rokov, pričom hviezda je oveľa bližšie k LMC ako k našej Galaxii. Ukázalo sa, že hviezda, napriek krátkej životnosti, mohla súčasnú polohu dosiahnuť, ak sa gravitačný katapult nachádza v centre LMC. Ak je to tak, potom máme v rukách dôkaz o existencii supermasívnej čiernej diery v tejto galaxii.

Existuje však aj iné vysvetlenie: hviezda HE0437-5439 môže byť produktom gravitačného splynutia dvoch hviezd z triedy takzvaných *„modrých oneskorencov"* (blue stragglers), ktorí sú starší ako etalón štandardného modelu hviezdnej evolúcie. V takom prípade by však jej životnosť nemohla prekonať životnosť hviezd s hmotnosťou 4 Slnk, ktorá je šesťkrát dlhšia ako životnosť hviezd s hmotnosťou 8 Slnk.

O tom, ktorá z dvoch hypotéz je správna, rozhodnú až ďalšie pozorovania. Vo hviezdach z Veľkého Magellanovho oblaku je pomerné zastúpenie istých prvkov o polovicu nižšie ako v prípade nášho Slnka. Iba z presnejších meraní možno určiť, či zastúpenie kovov zodpovedá rodokmeňu hviezd zrodených v LMC. Dôležité budú i astrometrické merania, pomocou ktorých hvezdári zistia, aký veľký úsek na oblohe rýchla hviezda v danom čase prekonala.

Astrophysical Journal Letters

AMBER: prístroj, ktorý kombinuje výkon troch ďalekohľadov

Zázračný prístroj, ktorý inštalovali na VLT inteferometri v Chile umožňuje skombinovať svetlo dvoch 8,2-metrových ďalekohľadov tak, aby vznikol virtuálny 40- až 90-metrový teleskop. Prvým objektom virtuálneho ďalekohľadu sa stala nedávno sformovaná hviezda MWC 297, okolo ktorej obieha tesne primknutý protoplanetárny disk. Druhým objektom bola stará hviezda, dožívajúca posledné roky svojho života. Veľké bolo prekvapenie vedcov, keď zistili, že aj okolo tejto hviezdy krúži plynoprachový disk!

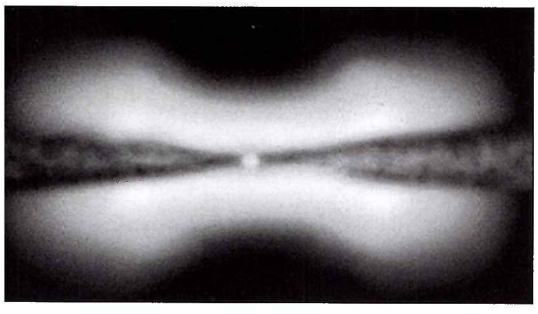
Prvá hviezda sa nachádza vo vzdialenosti 800 svetelných rokov. Virtuálny ďalekohľad dovoľuje stelárnikom aj v tejto vzdialenosti študovať vlastnosti masívneho protoplanetárneho disku, ktorý ju celkom zahaľuje. Vonkajší okraj disku dosahuje polovicu priemeru našej Slnečnej sústavy, jeho vnútorný okraj polovicu vzdialenosti Zem/Slnko. Hvezdári zistili, že z mladej hviezdy veje na všetky strany hviezdny vietor, ktorého rýchlosť dosahuje 70 km/s, pričom nad polárnymi oblasťami až 600 km/s.

Vedci chcú pomocou prístroja AMBER zapojiť do pozorovania aj tretí ďalekohľad a zmerať symetriu rozloženia materiálu v disku tejto hviezdy.

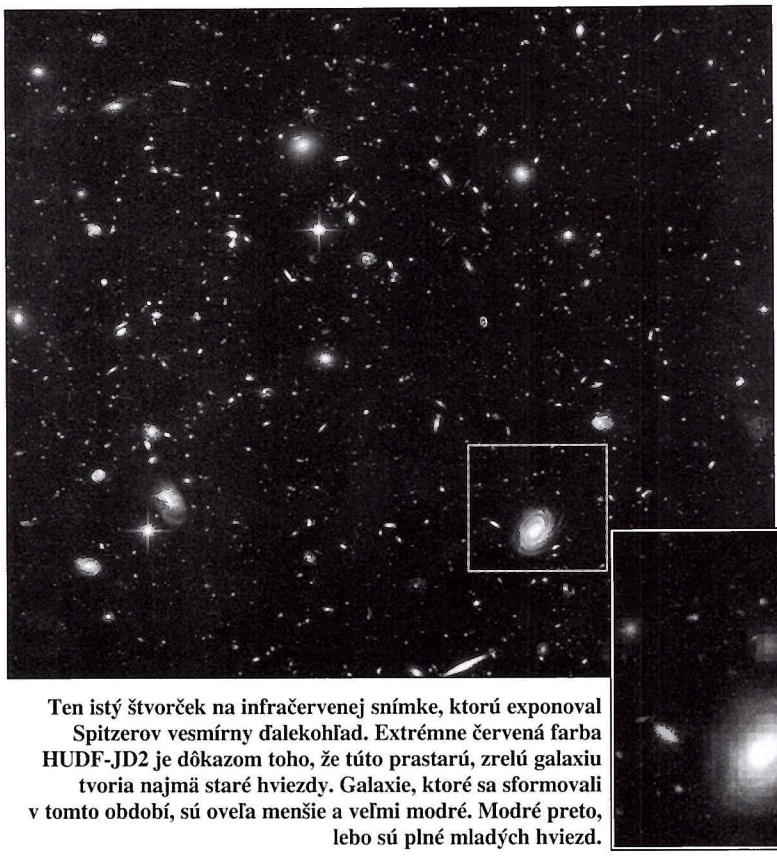
Tri ďalekohľady VLT, skombinované prístrojom AMBER, využil iný tím, čo študuje okolie nadobra typu B(e), ktorý je 10 000-násobne svietivejší ako Slnko. Táto hviezda je 10-krát vzdialenejšia ako MWC 297.

V tomto prípade astronómovia študujú pôvod, geometriu a fyzikálne vlastnosti obálky, obklopujúcej prestarnutú hviezdu. Unikátne vlastnosti virtuálneho teleskopu umožňujú rozlíšiť 1,8-tisícinu oblúkovej sekundy. To je výkon porovnateľný z rozlíšením reflektorov auta vo vzdialenosti 230 000 kilometrov od Zeme. Hvezdári sa spočiatku nazdávali, že nadobor v poslednom ťažení sa už začal rozpínať, tak ako to teória predvída, ale ukázalo sa, že v tomto prípade nepozorujú rozpínajúcu sa obálku, ale rovníkový, horúci plynoprachový disk! Navyše z polárnych oblastí obrej hviezdy veje silný vietor.

Nová technika, umožňujúca doteraz nevídané uhlové i spektrálne rozlíšenie, otvára nové možnosti stelárnej astronómie. **ESO News Release**



Bizarný sendvič pripomína masívny protoplanetárny disk obiehajúci okolo mladej hviezdy MWC 297.



Astronómovia objavili medzi 10 000 galaxiami zo samého dna vesmíru obrovskú, vyzretú galaxiu HUDF-JD2. Snímka je časťou ultrahlbokého poľa z dielne HST. Vo viditeľnom svetle sa táto galaxia (vo štvorčeku) sotva dá rozlíšiť.

Ten istý štvorček na infračervenej snímke, ktorú exponoval Spitzerov vesmírny ďalekohľad. Extrémne červená farba HUDF-JD2 je dôkazom toho, že túto prastarú, zrelú galaxiu tvoria najmä staré hviezdy. Galaxie, ktoré sa sformovali v tomto období, sú oveľa menšie a veľmi modré. Modré preto, lebo sú plné mladých hviezd.

HUDF-JD2: galaxia, ktorá otriasla klasickou teóriou

Astronómovia už aspoň desať rokov vedia, že pomerne veľké galaxie sa stihli sformovať už miliardu rokov po big bangu. Tieto objavy poriadne otriasli klasickou teóriou, podľa ktorej jadrom budúcich galaxií boli relatívne neveľké, pomaly sa zoskupujúce častice chladnej, tmavej hmoty, v gravitácií ktorých sa začali formovať hviezdy a plyn do prvých galaktických ostrovov.

20. decembra 2005 sa v časopise Astrophysical Journal objavil článok Bahrama Mobashera (Space Telescope Science Institute) a jeho 29 kolegov, kde ohlásili objav obrovskej vyzretej galaxie, ktorá sa stala jednou z astronomických senzácií uplynulého roka. Galaxiu rozlíšili na jednej zo snímok „ultrahlbokého poľa", ktoré exponoval Hubblov vesmírny ďalekohľad. Galaxia HUDF-JD2 bola sformovaná už 800 000 rokov po big bangu!!! Vedci upozorňujú, že už vtedy mala osemkrát viac hviezd, ako má Mliečna cesta dnes. Navyše: zdá sa, že v tomto čase už hviezdotvorba v tomto hviezdnom ostrove utíchla. Je očividné, že táto galaxia veľmi rýchle zostarla a spotrebovala hmotu na tvorenie nových hviezd.

Inventúra galaxie HUDF-JD2 priniesla šokujúce fakty: jej červená farba prezrádza, že obsahuje populáciu starých hviezd, ktoré sa začali formovať už 500 miliónov rokov po big bangu, takže dospela a zjalovela už o 300 miliónov rokov neskoršie, v čase, keď mal vesmír iba 6 percent terajšieho veku. Tento vek zodpovedá červenému posunu z = 6,5 .

Nameraná hodnota červeného posunu vedcov udivila. Veľká galaxia s takým červeným posunom je aj pre najzasvätenejších špecialistov záhadou. HUDF-JD2 svieti vzhľadom na vzdialenosť tak slabo, že ani najväčšie ďalekohľady nedokázali sústrediť toľko svetla, aby sa z neho dalo získať kvalitné spektrum. Inými slovami: astronómovia nedokážu zmerať červený posun galaxie priamo. Mobasherova skupina sa opiera o údaje dvoch vesmírnych ďalekohľadov (HST, Spitzer) a pozemského VLT v Chile, ktoré jasnosť galaxie zmerali na rozličných infračervených dĺžkach.

Galaxia je taká vzdialená, že sa nedá rozlíšiť vo viditeľnom svetle, lebo rozpínanie vesmíru posunulo jej optické svetlo do infračervenej oblasti spektra. Navyše, väčšinu viditeľného svetla absorbovali cestou k zemi oblaky neutrálneho vodíka.

Ak sa potvrdí, že červený posun galaxie HUDF-JD2 naozaj prevyšuje hodnotu z = 6, potom jej vyzretosť tak krátko po big bangu podkope všetky platné teórie formovania galaxií, a tým aj evolúcie kozmu.

HUDF-JD2 však nie je jedinou galaxiou, v ktorej sa hviezdy sformovali skôr ako teória pripúšťa. Anglický (University of Exeter) a americký tím (Arizonská univerzita) už dávnejšie objavili menšie, vyzreté galaxie s porovnateľným červeným posunom. Vo všetkých týchto objektoch sú hviezdy, ktoré sa museli sformovať už niekoľko sto miliónov rokov po big bangu. Pozoruhodný je aj objav francúzskych hvezdárov. Tím z Marseilles Astrophysics Laboratory objavil pomocou ďalekohľadu VTL/ESO chýbajúcu populáciu galaxií, ktoré sa sformovali 1,5 až 4,5 miliardy rokov po big bangu. Aj tie sú dôkazom, že už krátko po big bangu sa sformovali miliardy hviezd...!

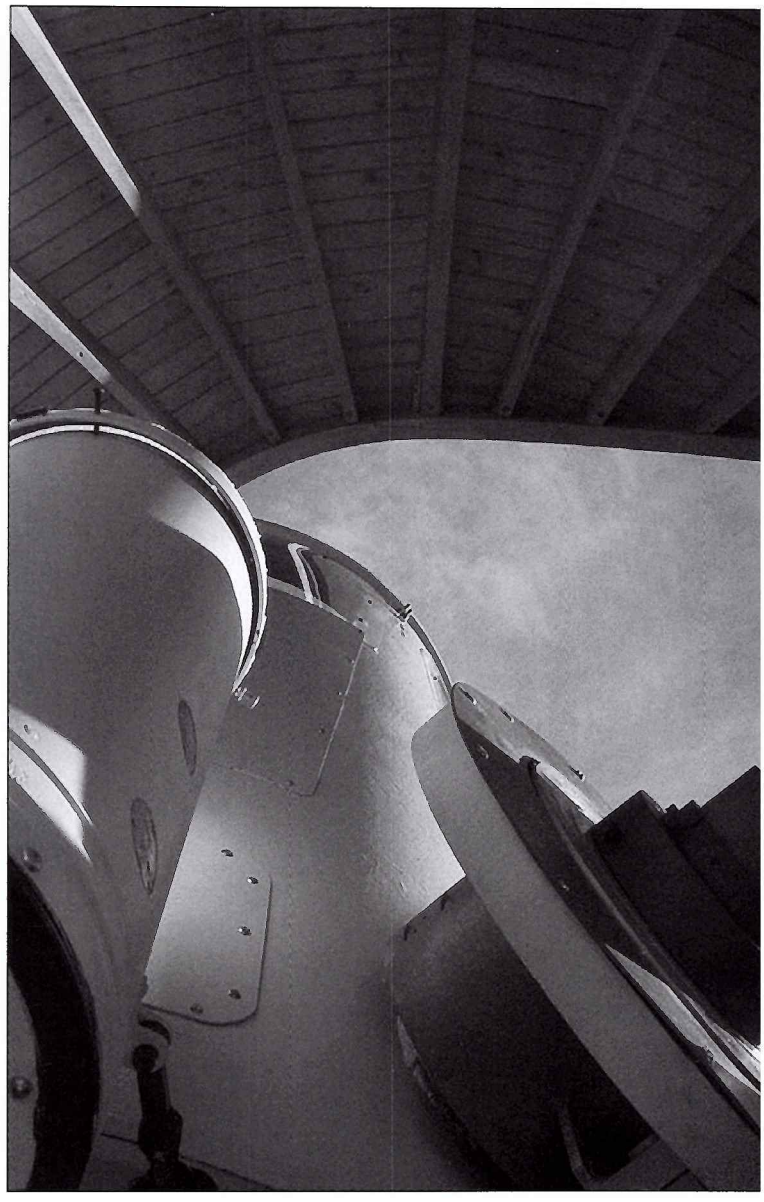
Space Telescope Science Institute

KOLOS 05 – vznik novej tradície

Realizácia veľkého ďalekohľadu je najmä v slovenských podmienkach cesta zdĺhavá a strastiplná. O tom by vedel najlepšie rozprávať RNDr. Igor Kudzej, CSc., riaditeľ Vihorlatskej hvezdárne v Humennom, ktorého zásluhou bolo vybudované observatórium na Kolonici s najväčším ďalekohľadom na Slovensku, s priemerom zrkadla 1 m. Aj keď ďalekohľad je už úplne funkčný, dá sa ovládať pomocou počítača (dokonca aj kupola sa otáča automaticky do smeru, kam mieri tubus ďalekohľadu), bolo potrebné vtisnúť mu dušu, aby mohol efektívne slúžiť na astronomické účely. Kvôli tomu bola vytvorená pracovná skupina z pracovníkov Astronomického ústavu SAV, Univerzity PJŠ v Košiciach, Astronomického observatória v Odese, Ústavu experimentálnej fyziky v Košiciach a z ďalších pracovísk, ktorej úlohou je vytvoriť postupnými krokmi z Kolonice vedecké observatórium.

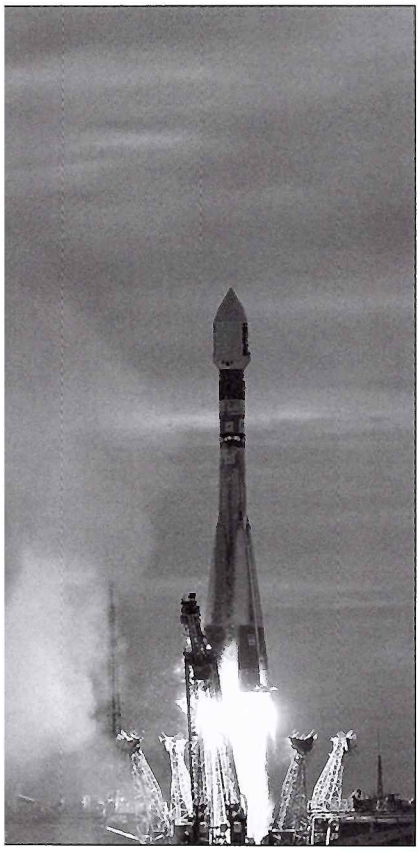
Vlani sa v dňoch 7. až 9. decembra zišli na Sninských rybníkoch zainteresované tímy na svojom prvom pracovnom seminári s názvom KOLOS 05, čo je skratka pre Kolonický seminár. Seminár podporili aj N. F. Teleskop zo Sniny a Stelárna sekcia Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV. Rokovacím jazykom počas troch dní bol ruský jazyk. Astronómovia z Tatier hovorili vo svojich vystúpeniach o potrebe presných fotoelektrických meraní jasnosti vybraných hviezd. Pri štúdiu chemicky pekuliárnych hviezd sa stretávame s veľmi malými amplitúdami zmien jasnosti, kde záleží na vysokom odstupe signálu od šumu. Podobne náročné je meranie flickeringu v prípade kataklizmatických premenných hviezd. Na tento účel by sa mal využívať dvojkanálový fotoelektrický fotometer, ktorý v laboratórnych podmienkach predstavil na seminári pracovný tím z Odesy. Fyzici z Košíc predstavili projekt, ktorý vytvorí z Kolonice observatórium zamerané aj na monitorovanie magnetosféry Zeme. Treba poznamenať, že už v súčasnosti pracuje na Kolonici aj citlivý seizmograf, zapojený do celosvetovej siete podobných observatórií. Ďalšou úlohou pracovných tímov bude príprava pozorovacích programov, zabezpečenie pozorovaní, spracovanie získaných dát a publikovanie zaujímavých výsledkov. Všetci účastníci seminára sa zhodli na tom, že bude nutné sa pravidelne stretávať na podobných pracovných seminároch, a tak KOLOS 05 založil tradíciu seminárov, ktoré sa budú každoročne konať pri najväčšom slovenskom ďalekohľade.

Dr. LADISLAV HRIC
Astronomický ústav SAV



V kupole 1-metrového ďalekohľadu na Kolonici.

Zahájenie seminára KOLOS 05.



Devátý listopad 2006, raketa Sojuz se sondou Venus Express startuje.

Expresně také k Venuši

Mars Express a Venus Express. Dvojice evropských sond, u nichž podoba jmen není čistě náhodná. Zatímco první z nich byla vypuštěná v červnu 2003 a k cíli dorazila na sklonku téhož roku, automat k Venuši je teprve na cestě. Odstartoval 9. listopadu 2005 na palubě ruské rakety Sojuz/Fregat a pokud se nestane nic mimořádného, dorazí k planetě v dubnu 2006.

Označení „Express" v názvu obou sond napovídá, že byly připraveny extrémně rychle. Je to pravda: Mars Express obrazně řečeno „vstal z popela" trosek ruské sondy Mars-96 (aka Mars-8), na níž se významnou měrou podílela právě Evropská kosmická agentura (ESA). Její představitelé byli po ztrátě ruského automatu (slušně řečeno) rozčarováni, takže se rozhodli rychle připravit vlastní misi. A když se její realizace přiblížila, bylo rozhodnuto zkušeností a vědeckých týmů využít pro vytvoření sondy k další planetě. K Venuši.

Tak mj. došlo k paradoxní situaci, kdy si některé národní agentury nebo jednotlivé vlády členských zemí ESA financovaly let přístroje na Mars Expressu, ale o let na sondě Venus Express neměly zájem nebo nedokázaly tak rychle (od první myšlenky do startu uplynulo 36 měsíců!) uvolnit peníze. Takže některé národní experimenty nakonec ESA odkoupila s použitím vlastních prostředků, protože byly pro komplexnost mise podstatné. Na tyto nákupy padlo 15 mil. euro z celkových nákladů 220 mil. euro (zahrnujících vývoj, výrobu, vypuštění a řízení letu sondy). To je až neuvěřitelně málo a v podstatě se dá říci, že za cenu levné sondy z amerického programu Discovery („rychleji, lépe, levněji") se podařilo realizovat komplexní výpravu.

Ač jsou obě tělesa často vydávána za identická, není to tak docela pravda. Vycházejí sice ze stejné konstrukce, ale vzhledem k odlišným pracovním podmínkám a úkolům lze přece jen zásadní rozdíly nalézt. Vědci to charakterizovali slovy: „Zatímco u Marsu se musíme snažit, aby nám sonda nezmrzla, u Venuše musíme dát pozor, aby se nepřehřála." Sonda je chráněna pláštěm MLI (Multi-Layer Insultation), který tvoří 23 vrstev.

Sonda Venus Express se skládá z hlavního tělesa o rozměrech 1,5×1,8×1,4 metru. Nese sluneční baterie s plochou šest metrů čtverečních o rozpětí osm metrů (což je výrazně méně než u martovské sondy, protože Venuše se pohybuje výrazně blíže Slunci). Použité jsou články Ga-As, které se vyznačují vyšší odolností vůči vysokým teplotám (na rozdíl od křemíkových článků u Marsu). Příkon mají 800 W u Země a 1100 W u Venuše.

Jeden hlavní motor sondy má tah 400 N, dále jsou na automatu instalovány dva bloky po čtyřech stabilizačních motorech s tahem po 10 N. Komunikační vybavení tvoří dvě vysokoziskové antény HGA s parabolickými anténami o průmě-

Horúca a suchá planéta

Sonda Venus Express bude skúmať najmä venušiansku atmosféru. Vieme, že je hustá, (tlak na povrchu je 90-krát väčší ako na povrchu Zeme), že vytvára skleníkový efekt, v dôsledku ktorého je na povrchu priemerná teplota 465 stupňov Celzia. Je to teplota, pri ktorej sa topí olovo, ale i zinok a telúr.

Teplota na povrchu Venuše je rovnaká na rovníku i na póloch, noci sú rovnako teplé ako dni. Nestriedajú sa tam ročné obdobia. Horné vrstvy venušianskej atmosféry sa rýchle pohybujú; rovníkový prúd, obehne planétu raz za 4 dni. (Venuša sa však otočí okolo svojej osi raz za 243 pozemských dní.) V žltkastej atmosfére sú rozptýlené kvapôčky kyseliny sírovej.

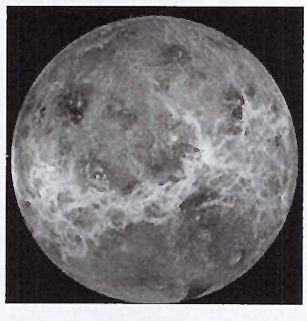
Venuša, napriek mohutnej atmosfére, je vari najsuchším telesom v našej slnečnej sústave. Je 100 000-krát suchšia ako Zem. Vedci predpokladajú, že oceány sa vyparili už v prvom období vývoja. Horniny na povrchu majú oceľovo modrú farbu. Je to farba zmesi ocele a bronzu, z ktorej sa kedysi odlievali hlavne diel. (V angličtine sa tomuto kovu hovorí gunmetal – kov na kanóny.) Hustá atmosféra však rozptyľuje ultrafialové žiarenie tak dokonale, že na povrchu panuje zlatistý súmrak. Venuša príjíma od Slnka dvojnásobne viac žiarenia ako Zem, ale jej atmosféra vyše 80% tejto energie odráža do okolitého priestoru.

Venuša nemá magnetické pole. Bez tohto štítu je Venuša vystavená účinkom slnečného vetra: elektricky nabité častice rozložili molekuly vody (v pare) na ióny kyslíka a vodíka. Slnečný vietor obteká Venušu ako voda kameň v rieke a strháva ióny von z atmosféry.

V atmosfére Venuše je 150-krát deutéria, ako v oceánoch Zeme, pretože ťažšie atómy tohto izotopu vodíka slnečný vietor oveľa ťažšie vymetá. To je zároveň dôkaz, že Venuša mala kedysi oveľa viac vody ako dnes.

Vysoká teplota povrchu uvoľňuje z hornín do atmosféry Venuše uhlík, ktorý vytvára skleníkový efekt. Uhlíka je v atmosfére približne toľko, koľko ho obsahujú vrstvy vápenca na Zemi. Morské organizmy v pozemských podmienkach stiahli z atmosféry uhlík (ukladal sa do mušlí). Vedľajším efektom tejto evolúcie, bola produkcia kyslíka, ktorý obohacoval zemskú atmosféru. Na Venuši podľa všetkého život nevznikol.

Venuša na snímke z americkej sondy Mariner 10 z roku 1973.



Povrch Venuše (98 %) s rozlíšením 100 metrov zmapoval až radar na sonde Magellan.

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy
KNIHOVNA HVĚZDÁRNY NA PETŘÍNĚ
119 65 Praha 1, Petřín 205

6. Kosmologie a fyzika

6.1. Obecné úvahy o stavbě i vývoji vesmíru

Díky přehlídce SDSS a výkonu kamery ACS na HST se neustále posouvají hranice dohlednosti ve vesmíru do epochy, která odpovídá závěru tzv. **šerověku vesmíru**. V šerověku se následkem rozpínání vesmíru rozmělnilo původně žhavé reliktní záření na chladné a jelikož ještě neexistovaly hvězdy, vesmír se ponořil do šera, z něhož opět vystoupil až ve chvíli, kdy začaly podle M. Dietricha aj. vznikat velmi hmotné hvězdy I. generace ve stáří nejpozději 500 mil. let po velkém třesku ($z = 8$). Ty začaly svým mocným ultrafialovým ionizovat neutrální mezihvězdný vodík, takže vesmír znovu prohlédl v tzv. **epoše osvícenství**. Tato epocha odpovídá červeným posuvům $z = 6$, jak vyplývá z objevu dalších tří kvasarů s posuvem až 6,4, který ohlásili X. Fan aj. V tuto chvíli je známo již šest kvasarů se $z > 6{,}0$. V tomto období nabírají podle X. Fana černé veledíry v kvasarech nejvíce hmoty a v jejich okolí probíhá překotná tvorba hvězd II. generace tempem až 900 M_0/r, jak ukázala mikrovlnná měření pomocí radioteleskopu JCMT a interferometru IRAM. Nejhmotnější černé veledíry tehdy dosahují hmotností řádu až 1 GM_0 a v halech příslušných galaxií se nachází až 10 TM_0 látky.

Tomu též odpovídá zjištění J. Wyitha a A. Loeba, že pro hodnoty $z > 6{,}0$ je ve vesmíru vidět hodně neutrálního mezihvězdného vodíku, který se však pro nižší z rychle ztrácí. Titíž autoři zjistili, že **hvězdy I. generace** s hmotnosti nad 100 M_0 vznikaly ve vesmíru již v čase 200 mil. let po velkém třesku (tj. $z = 20$) a při životnosti kolem 3 mil. roků prakticky okamžitě začaly do vesmíru dodávat těžší prvky („kovy").

Je pozoruhodné, jak se začátek tvorby I. generace velmi hmotných hvězd neustále posouvá k čím dál ranějšímu vesmíru, protože v polovině r. 2003 vyšly práce R. Cena a J. Miralda-Escudé, kteří tvrdí, že tyto hvězdy vznikaly již při $z = 30$ (100 mil. let po velkém třesku) a možná dokonce $z = 38$ (75 mil. let) a při $z = 17$ dokázaly poprvé reionizovat vesmír. Pak ale nastala přestávka v tvorbě hvězd; vesmír ještě jednou zešeřel a definitivně se v něm vyjasnilo až pro $z = 6$. R. Somervilleová a M. Livio ukázali, že v čase druhé reionizace je tvorba hvězd rovnoměrně rozdělena mezi hvězdy I. a II. generace (III. a II. populace) a obě složky přispívají k reionizaci vesmíru. B. Panter aj. zjistili z přehlídky SDSS, že asi třetina hvězd vznikla během prvních 5 mld. let věku vesmíru, a že před 6 mld. let začalo tempo tvorby hvězd ve vesmíru postupně klesat až na současnou 1/10 maximální produkce. Prvotní mezihvězdný plyn se shlukoval do zárodků galaxií již pouhých 100 mil. roků po velkém třesku. I. Iliev aj. ukázali, že strukturu vesmíru v době šerověku bude možné postupně odhalit pomocí radioastronomie v pásmu nízkých frekvencí (např. anténními soustavami LOFAR nebo SKA) kolem 2 MHz, což je optimální pro $z = 9$, zatímco pásmo kolem čáry H I (1,4 GHz) se hodí i pro $z = 1000$.

C. Conselice shrnul údaje o **galaxiích v raných fázích vývoje** vesmíru, jak vyplynuly zejména ze vzhledu galaxií na snímcích HDF, pořízených HST. Kondenzačními jádry pro vznik galaxií byly chomáče skryté látky, jež způsobily shlukování hvězd do prvních malých galaxií. Na snímcích HDF mají nepravidelný vzhled útržků či řetízků. Tyto zárodečné galaxie postupně splývají a vytvářejí jednak výdutě budoucích spirálních galaxií a jednak eliptické galaxie. Souhrnně je lze klasifikovat jako tzv. sferoidální galaxie. Hvězdy ve spirálních galaxiích vznikají překotně v jejich ramenech, které však v eliptických galaxiích chybějí a překotná tvorba hvězd tam neprobíhá vůbec. Nejvíce materiálu obsahují obří eliptické galaxie. Četnost splývání dosáhla maxima asi miliardu let po velkém třesku; od té doby je splývání čím dál tím vzácnější.

W. Colley a J. Gott využili údajů z družice WMAP k určení typu **topologie vesmíru** a dospěli k názoru, že tento typ je v souladu se standardní inflační domněnkou s přesností o dva řády vyšší než jak to bylo známo dříve. Nová data družice WMAP přiměla kosmology v říjnu 2003 ke svolání zvláštní porady do amerického Clevelandu, na které mj. vystoupily i takové celebrity jako nositel Nobelovy ceny S. Weinberg, proslulý britský astrofyzik S. Hawking a ruský fyzik A. Linde. Účastníci prestižního zasedání se shodli, že došlo *k výraznému pokroku v určení stáří, hustoty, geometrie, složení a vývoje vesmíru*. Oživili zájem o kontroverzní **antropický princip** v souvislosti s čím dál přesnějšími určeními hodnot fyzikálních konstant a jejich zřejmé neproměnnosti v čase. Otevřenými však zůstávají otázky topologie vesmíru, podstaty skryté energie, počtu geometrických rozměrů vesmíru a jeho zrychlujícího se rozpínání v druhé polovině jeho existence jakož i povahy singularity na jeho počátku.

O řešení problému topologie vesmíru se na základě údajů družice WMAP pokusili J.-P. Luminet aj., kteří se domnívají, že vesmír je prostorově konečný a má topologii čtyřrozměrného dvanáctistěnu (viz též Kozmos 2004, č. 6. str. 7), ale jejich práce byla vzápětí kritizována jednak N. Cornishem aj. – kteří z týchž dat odvodili, že topologie vesmíru je zcela konvenční a vesmír je prostorově nekonečný – a dále J. Barrowem a J. Levinovou, kteří Luminetův výsledek kritizovali proto, že je v rozporu s Koperníkovým principem rovnocennosti souřadných soustav. M. Tegmark aj. využili údajů o prostorovém rozložení 250 tis. galaxií z přehlídky SDSS k ověření **kosmologických parametrů vesmíru**, odvozených předtím z pozorování družice WMAP. V porovnání s výsledky družice jsou nové údaje asi dvakrát přesnější a dávají možnost odvodit celkem 13 parametrů, charakterizujících vlastnosti vesmíru. Mezi nimi je především stáří vesmíru (13,5 ±0,2) mld. let a dále zastoupení skryté látky (26% hmoty vesmíru) a skryté energie (70% hmoty vesmíru). Souhlas nových hodnot s výsledky WMAP je však velmi dobrý.

J. Gott aj. využili údajů z přehlídky SDSS k odhalení **obří Velké stěny**, vzdálené od nás 300 Mpc a dlouhé plných 400 Mpc, jež je od nás třikrát dál a téměř dvakrát delší než dosud rekordní Velká stěna, objevená v r. 1989 M. Gellerovou aj. To vyvolává otázku, zda vůbec a na jaké stupnici rozměrů je vesmír homogenní, jak předpokládají kosmologické modely.

R. Regazzoni aj. se pokusili prokázat **kvantovou strukturu prostoročasu** pozorováním nejvzdálenějších bodových zdrojů, jimiž jsou supernovy, které by díky této struktuře měly být na snímcích lehce rozmazané. Ani HST na snímcích HDF však nic takového neukázal, z čehož vyplývá, že horní meze kvantování jsou $1{,}6.10^{-35}$ m pro Planckovu délku a $5{,}4.10^{-44}$ s pro Planckův čas. V. Faraoni a F. Cooperstock přinesli nové důkazy pro Tryonovo tvrzení z r. 1973, že *celková energie vesmíru pro otevřený Fridmanův-Robertsonův-Walkerův vesmír je přesně rovná nule*, když se do ní započte energie jeho gravitačního pole.

6.2. Problém skryté hmoty

O problému **skryté látky** v Galaxii se poprvé zmínil již v r. 1922 proslulý holandský astronom J. Kapteyn, průkopník metod stelární statistiky. Prvním astronomem, který odhalil existenci skryté látky ve vesmíru, byl F. Zwicky, který již v r. 1933 zjistil, že v kupě gala-

xií v souhvězdí Vlasů Bereniky je přinejmenším 15krát více skryté látky než látky zářící. Její fyzikální podstata je ovšem dodnes neznámá. Naproti tomu A. Romanowsky aj. zjistili pomocí 4,2 m teleskopu WHT, že alespoň tři eliptické galaxie nejspíš žádnou skrytou látku neobsahují, protože jejich dynamická hmotnost, odvozená z pohybů periferních planetárních mlhovin, dobře souhlasí s hmotností zářivé složky týchž galaxií.

Jak uvedl C. Conselice, dosavadními astronomickými prostředky jsme schopni *pozorovat nanejvýš 1/5 baryonní složky hmoty vesmíru*, přičemž největší možnosti sledování poskytují baryony v raném vesmíru, takže ideálními osvětlovači jsou velmi vzdálené kvasary, jejichž světlo je po cestě k nám pohlcováno v čáře Ly-*alfa* intergalaktickým plynem o teplotě řádu MK. To prakticky znamená, že *nanejvýš 1% hmoty vesmíru lze v principu pozorovat prostředky současné astronomie* – zbytek jsou různé extrapolace.

K. Chae aj. využili rádiové přehlídky gravitačních čoček CLASS k odhadu množství skryté látky ve vesmíru, protože skrytá látka má tytéž gravitační účinky jako látka zářící. V uspokojivé shodě s ostatními metodami jim vyšlo, že *skrytá látka představuje 30% kritické hustoty vesmíru*. Podobně C. Afonso aj. hledali zastoupení skryté látky v halu naší Galaxie na základě pozorování gravitačních mikročoček v Malém Magellanově mračnu programem EROS. Podle těchto měření představuje skrytá látka nanejvýš čtvrtinu hmotnosti galaktického hala. Existenci **shluků skryté látky** v kupách galaxií potvrdilo podle J. Kneiba aj. porovnání snímků kup A2029 (Had; vzdálenost 300 Mpc) a CL 0024+1654 (Ryby; 1,4 Gpc), pořízených HST, s rentgenovými izofotami z družice Chandra. Jelikož rentgenové záření v kupách vzniká při akreci zářící látky na skrytou látku, lze právě tak mapovat výskyt skryté látky. Shoda obou zobrazení je důkazem, že právě ve svítících kupách galaxií úměrně tomu shlukuje i skrytá látka.

Zdá se, že původně téměř rovnoměrně rozložená *skrytá látka vesmíru se shlukovala do chomáčů* během již zmíněného šerověku vesmíru a velmi brzy umožnila vznik velmi hmotných hvězd I. generace. O prvotních chomáčích skryté látky se dozvídáme nepřímo prostřednictvím fluktuací reliktního záření. V tom případě hvězdy se $z = 6$ patří v naprosté většině již ke hvězdám II. generace. Dobrou metodou ke zjišťování současného prostorového rozložení skryté látky se stává pozorování slabého gravitačního čočkování vzhledu velmi vzdálených galaxií, tzv. **kosmického střihu** (angl. *cosmic shear*). Velikost střihu (vzhled tzv. kosmického gobelínu) je totiž přímo úměrná součtu zářící a skryté látky vesmíru, a jelikož množství zářící látky lze určit dosti přesně, lze odtud odhadnout i koncentraci skryté látky v daném směru na obloze. Nejlepší výsledky poskytují pozemní dalekohledy s průměrem hlavního zrcadla alespoň 4 m a velkým zorným polem. Podle J. Tysona aj. lze ze vzhledu střihu určovat i vzdálenost střižné látky a tak dospět k trojrozměrnému (tomografickému) obrazu rozložení skryté látky ve vesmíru s polohovou přesností na 20%. Touto kombinovanou metodou byly až dosud nalezeny asi dva tucty kup skryté látky na 28 čtv. stupních oblohy a v blízké budoucnosti lze očekávat podstatné rozšíření záběru této rafinované metody. Díky S. Casertanovi aj. se téže metody využilo také u kamery WFPC2 HST pro téměř 350 náhodně vybraných polí o celkové výměře 0,5 čtv. stupně. Kosmický střih pro tvary galaxií klesal z hodnoty 5,2 % pro úhlové rozměry 10" na 2,2% pro úhlové rozměry 130", což potvrzuje úlohu skryté látky při gravitačním čočkování tvaru galaxií.

F. Pravdovi aj. se dokonce podařilo určit profil hustoty skryté látky v obřích galaxiích pomocí přehlídky SDSS tak, že zkoumali relativní rychlosti satelitních galaxií v jejich okolí. Protože hustota skryté látky by měla klesat se 3. mocninou vzdálenosti od středu obří galaxie, mělo by se to projevit i poklesem oběžné rychlosti satelitních galaxií ve větších vzdálenostech od obří galaxie a výsledek měření tento předpoklad velmi dobře potvrdil. K. Freeman podobně z pohybu průvodců naší Galaxie odhadl, že **halo Galaxie** sahá až do vzdálenosti 90 kpc – mnohem dále, než kolik činí poloměr galaktického disku. Hmotnost skrytého hala představuje asi dvacetinásobek hmotnosti svítící látky Galaxie, tj. dosahuje řádu 1 TM_O. Hmotnost hal trpasličích galaxií však činí pouze 10 MM_O, kdežto hala obřích galaxií dosahují až 10 TM_O.

Mnohem obtížnější je však zkoumání povahy fyzikálně nejvýznamnější složky vesmíru – skryté energie, která představuje plných 70% kritické hmotnosti vesmíru. Termín **skrytá energie** (angl. *dark matter*) pochází od M. Turnera, ale historicky jako první o ní uvažoval A. Einstein, když vložil do svých proslulých rovnic gravitačního působení ve vesmíru kontroverzní kosmologickou konstantu *LAMBDA*. Legendu o tom, že Einstein považoval zavedení kosmologické konstanty za svůj největší omyl, rozšířil G. Gamow. Ve skutečnosti však Einstein v r. 1932 pouze konstatoval, že velikost konstanty zatím není známa; předpokládal však, že její hodnotu bude jednou možné lépe určit. Přímo prorocky prohlásil, že *kosmologická konstanta představuje sílu, která je patrně součástí struktury prostoročasu.*

V 60. letech minulého století J. Zeldovič předvídavě usoudil, že kosmologická konstanta představuje **energii vakua** a vyvozuje tudíž záporný tlak. Po objevu rozpínání vesmíru se sice zdálo, že je tato konstanta rovná nule, a tudíž nadbytečná, ale do kosmologie se vrátila oklikou počátkem 80. let minulého století společně s domněnkou o **kosmologické inflaci** – prudkém rozfouknutí vesmíru ve zlomku první sekundy po velkém třesku. Inflace totiž dokáže vysvětlit, proč je vesmír geometricky plochý, což je nejspíše důsledek existence skryté energie. Proto *při rozpínání vesmíru tlak vyvozený skrytou energií roste*– na rozdíl od běžného plynu, jehož tlak rozpínáním klesá. To je též důvod, proč v posledních cca 7 mld. let se vesmír díky skryté energii rozpíná opět zrychleně, jak vysvitlo nejprve z pozorování vzdálených supernov třídy Ia.

Jak uvedl R. Kirshner, supernovy třídy Ia slouží astronomům jako tzv. **standardní svíčky**, protože příčinou jevu je termonukleární výbuch bílých trpaslíků, které se nacházejí na Chandrasekharově mezi (cca 1,4 M_O), takže lze právem čekat, že v prvním přiblížení se při výbuchu každé supernovy Ia uvolní přibližně totéž množství zářivé energie. Porovnání s pozorovanou jasností supernovy pak dá vzdálenost supernovy od nás nezávisle na klasickém Hubblově vztahu mezi červeným posuvem supernovy a vzdálenosti. Pokud se rychlost rozpínání vesmíru nejprve brzdila a později začala opět zrychlovat, projeví se to tím, že supernovy s červeným posuvem z= 0,5 jsou asi o čtvrtinu slabší, než bychom čekali při platnosti klasického Hubblova vztahu, a naopak supernovy se $z > 1{,}0$ budou tím jasnější, čím budou dál, opět vůči klasickému Hubblovu vztahu. Přesně to se skutečně pozoruje už od r. 1998 a z průběhu odchylek v závislosti na vzdálenosti zejména pro zv rozsahu $0{,}3 \div 0{,}7$ lze určit i zmíněný čas obratu z brzdění na zrychlování vesmíru.

R. Scranton aj. nalezli v r. 2003 **nezávislý důkaz existence skryté energie** tím, že prozkoumali rozložení 25 milionů galaxií z přehlídky SDSS a porovnali je s rozložením fluktuací reliktního záření družicí WMAP. Když reliktní fotony vletí do kupy galaxií, tak se díky vyšší gravitaci ohřejí, ale při opuštění kupy by se měly opět ochladit na výchozí teplotu. Jelikož se však během pobytu v kupě prostor díky skryté energii zvětší, zmenší se tím pokles teploty fotonů vlivem tzv. Sachsova-Wolfeova efektu – a přesně to se také pozoruje. Je třeba zdůraznit, že odpudivá síla skryté energie se může projevit až ve velkých rozměrech kup galaxií. *V oblasti o velikosti sluneční soustavy činí skrytá energie ekvivalent zářivé energie Slunce, vyzářené během 3 hodin.*

Dosud však není vyloučena možnost, že se, obrazně řečeno, hodnota kosmologické konstanty mění s časem, což by dle R. Caldwella aj. vedlo k zániku kup galaxií již za několik miliard roků a následně k rozpadu jednotlivých galaxií za dalších několik set milionů let. Překotný rozpad struktur by vyvrcholil **Velkým roztrhem** (angl. *Big Rip*) atomů i částic. Nejnovější měření však naznačují – naštěstí pro potomky potomků našich potomků – že se kosmologická konstanta v čase nemění, a budoucnost vesmíru je proto podstatně delší než jeho minulost. Jak uvedli J. Ostriker a P. Steinhardt, společnou vlastností skryté látky i skryté energie je okolnost, že *žádná složka nevyzařuje ani nepohlcuje elektromagnetické záření, avšak skrytá látka okolní hmotu přitahuje, kdežto skrytá energie ji odpuzuje*. Zatímco skrytá látka se evidentně shlukuje do velkých i menších chomáčů a chuchvalců, *skrytá energie je ve vesmíru rozložena rovnoměrně*. Zářící látka představuje pouhé 4,1% úhrnné hmotnosti vesmíru, ale jen 0,4% úhrnné hmotnosti je látka dostatečně svítící, aby ji mohli astronomové pozorovat; zbylá 3,7% jsou tvořena velmi chladným plynem a prachem, neutriny a černými děrami.

6.3. Základní kosmologické parametry

L. Krauss a B. Chaboyer určili ze stáří kulových hvězdokup v Galaxii, že vesmír je určitě starší než 11,2 mld. let. Za to, že vesmír je ve skutečnosti o 2,3 mld. let starší, vděčíme právě skryté energii. C. Wanjek ukázal, jak údaje z družice WMAP mohou sloužit pro přesnější určení základních parametrů vesmíru. Z rozboru úhlových fluktuací reliktního záření lze odvodit, že vesmír má **plochou geometrii**, což lze nejlépe vysvětlit kosmologickou inflací; tomu výborně odpovídá rozteč maxim fluktuací pro úhly kolem 1°. Z dnešní teploty reliktního záření zase vychází původní teplota při oddělení látky od záření asi 3 kK a čas oddělení 380 tis. let po velkém třesku, který se odehrál před 13,5 mld. let. Jelikož rychlost zvuku je obecně mírou hustoty látky, lze z akustického spektra fluktuací reliktního záření odvodit i fluktuace hustoty látky v raném vesmíru. Velikost polarizace reliktního záření pak udává čas, kdy v raném vesmíru začaly vznikat první hvězdy.

J. Uzan aj. odvodili z prvního zpracování měření družice WMAP **střední hustotu hmoty vesmíru** na (1,05 ±0,02) kritické hustoty pro plochý vesmír. A. Benoit aj. využili mikrovlnného radiometru ARCHEOPS pro měření fluktuací reliktního záření ve frekvenčních pásmech 143 – 545 GHz na výškovém balónu k určení celkové hustoty hmoty vesmíru 1,00 a hustoty baryonní hmoty 0,022 (v jednotkách hustoty kritické). A. Melchiorri aj. zkombinovali měření z družice WMAP a z přehlídky SDSS a obdrželi pro hustotu skryté látky 0,26 hustoty kritické a pro H_0 = 66 km/s/Mpc. Nezávislým srovnáním údajů z obou přehlídek obdrželi W. Chiu aj. H_0 = 72 km/s/Mpc, což dává dobrou představu o středních chybách měření, které konečně poklesly pod magických 10%.

W. Saunders aj. dokončili v dubnu r. 2002 **přehlídku 2dF** pomocí australského 3,9 m teleskopu AAT, která pokryla 5% oblohy a získala údaje pro 221 tis. galaxií do vzdálenosti 300 Mpc od Slunce. Odtud vyšla hustota skryté a svítící látky 0,29, hustota skryté energie 0,70 a horní mez hustoty neutrin 0,13, což dává horní mez klidové hmotností neutrin 1,8 eV/c^2. **Hubblova konstanta** H_0 pak činí 72 km/s/Mpc. S. Mei aj. využili fluktuací plošné jasnosti v blízkých galaxiích NGC 564 (z = 0,019) a NGC 7619 (z = 0,012) k nezávislému určení H_0 = (70 ±5) km/s/Mpc.

6.4. Reliktní záření

V létě r. 2003 byly zveřejněny první výsledky měření fluktuací reliktního záření z družice *Wilkinson Microwave Anistropy Probe* (**WMAP**) v ceně 145 mil. dolarů, vypuštěné v létě 2001 do bodu L_2 soustavy Země-Slunce. Aparatura na družici docílila podle C. Bennetta aj. více než řádově lepších technických parametrů proti dosud nejlepším radiometrům na družici COBE. Konkrétně má 30krát lepší úhlové rozlišení a 45krát vyšší citlivost než COBE. L. Page aj. uvedli, že šířka svazku radiometru činí jen 0,23° a měření probíhá na pěti frekvencích v pásmu 20 – 100 GHz.

Mezitím však WMAP vyvstala i pozemní konkurence v podobě mikrovlnného radioteleskopu **DASI**, instalovaného v Antarktidě. Cílem měření je odhalit rozložení polarizace reliktního záření po obloze na základě teoretické předpovědi M. Reese z r. 1968. Když se totiž v raném vesmíru oddělilo reliktní záření od vesmírné látky, bylo polarizováno díky rozptylu záření na volných elektronech a informaci o poloze polarizační roviny při posledním rozptylu si uchovává, takže příslušným pozorováním může rekonstruovat podmínky v raném vesmíru v čase od zlomku první mikrosekundy až 380 tis. roků po velkém třesku. Jak uvedli E. Hivon a M. Kamionkowski, první měření **polarizace reliktního záření** aparaturou DASI potvrdilo jednak standardní kosmologický model velkého třesku a jednak výskyt inflační fáze ve velmi raném vesmíru na úrovni 5 *d*. Podle jejich názoru patří objev polarizace reliktního záření k největším úspěchům ve zkoumání vlastností reliktního záření, protože výhledově umožní mapovat rozložení hustoty látky vesmíru i v pozdějších vývojových fázích, zejména v době, kdy vznikala I. generace hvězd.

Dalším pozemním protějškem WMAP je **mikrovlnný interferometr VSA**, instalovaný na ostrově Tenerife ve výšce 2400 m n.m. Podle R. Watsona aj. se interferometr skládá ze 14 prvků s úhlovým rozlišením 2°, naladěných na řadu frekvencí v pásmu 26 – 36 GHz. Během půlročního provozu na přelomu let 2001 – 02 se podařilo prohlédnout 8 polí na obloze o úhrnné výměře 101 čtv. stupňů. Odtud dle A. Slosara aj. se podařilo odvodit hodnotu Hubblovy konstanty 72 km/s/Mpc a podíl skryté látky 0,18, kdežto baryony představují jen 0,03 kritické hustoty.

Třetím novým pozemním systémem je dle B. Masona aj. **interferometr CBI** v chilské poušti Atacama, instalovaný ve výšce 5080 m n.m. a sestávající ze 13 parabol o průměru 0,9 m, měřících v pásmu 26 – 36 GHz. Interferometr dokáže měřit multipólové anizotropie reliktního záření až do stupně l = 3500. Jak ukázali J. Sievers aj., multipólová anizotropie, odvozená z měření zatím nejvýkonnější aparaturou CBI i dalšími radiometry, odpovídá prvotním nahloučením skryté látky vesmíru až do hmotností $10^{14} – 10^{17}$ M_O, což jsou kondenzační jádra budoucích kup galaxií. Tato měření dále určila **stáří vesmíru** (13,7 ±0,2) Gr; H_0 = 69 km/s/Mpc; plochost vesmíru O= (1,00 ±0,11) a velikost skryté energie O_Λ = (0,70 ±0,05).

Zatímco dosud zmíněné přístroje jsou schopné změřit multipólovou anizotropii reliktního záření teprve od stupně l = 200, aparatura MAT/TOCO zbudovaná na Cerro Toco (5200 m n.m.) v Chile dokáže na frekvencích 30 a 40 GHz postihnout nižší stupně v rozsahu l 60 – 200. První výsledky všech těchto měření jsou ve velmi dobré shodě se standardním kosmologickým modelem velkého třesku.

6.5. Kosmické záření

H. Lesch a M. Hanasz ukázali, že v prvotních galaxií asi 500 mil. let po velkém třesku existuje **dynamická vazba** mezi silným magnetickým polem a produkcí kosmického záření během epochy překotné tvorby hvězd. Z měření Faradayovy rotace radiového záření galaxií se $z > 2$ totiž vyplývá, že tyto galaxie mají **silná magnetické pole** na délkových stupnicích řádu 10 kpc, a tam se mohou částice kosmického záření snadno urychlit na velmi vysoké energie. Přenosem částic kosmického záření v zapletených magnetických polích a jejich Fermiho urychlováním v relativistických rázových vlnách se zabývali M. Lemoine a G. Pelletier.

J. Arons se domnívá, že rychle rotující **magnetary** mohou v silném magnetickém poli vytvářet ultrarelativistické ionty s energiemi až 10 ZeV. Jelikož tyto objekty se určitě vyskytují v každé větší galaxii v našem okolí, měly by být částice kosmického záření o energiích alespoň 100 EeV pozorovatelné observatoří Pierra Augera (PAO) již v nejbližších letech. (Tato dosud rozestavěná observatoř je již od října 2003 největším a nejvýkonnějším zařízením pro detekci kosmického záření o ultravysokých energiích – viz též Kozmos 36/2005, č. 2, str. 2.)

Zatím největší soubor pozorování ultraenergetických částic poskytla japonská observatoř **AGASA** – celkem 57 úkazů s energií nad 40 EeV. Jak uvedli H. Yoshiguchi aj., není dosud jasné, zda existuje ve vzdálenosti do 100 Mpc nějaký bodový zdroj těchto částic, ale jakmile bude mít PAO statistiku alespoň 1000 takových částic, mělo by to případné bodové zdroje odhalit. Podobně bezvýsledně dopadlo podle D. Torrese aj. též hledání potenciálních bodových zdrojů extrémně energetického kosmického záření v pozorovacích údajích ze všech dosud proběhlých experimentů (AGASA, Jakutsk, Haverah Park a Volcano Ranch). Pokus identifikovat některý z 33 úkazů, pozorovaných těmito aparaturami za posledních 40 let buď s blízkými blazary, anebo se zdroji v 3. katalogu COMPTON/EGRET, nevedl k žádnému úspěchu. Stejně tak selhali C. Akerlof aj, kteří hledali souvislosti mezi směry příchodu částic extrémně energetického kosmického záření a zdroji TeV záření gama.

S. Thorsett aj. se pokusili vysvětlit existenci **kolena** (přebytku toku v energetickém spektru kosmického záření pro energie = 3 PeV) tím, že ve vzdálenosti 300 pc od nás se nachází na rozhraní souhvězdí Jednorožce a Blíženců pozůstatek po supernově **„MonoGem"**, obsahující pulsar B0656+14, který údajně produkuje kosmické záření o energii řádu PeV; tento jediný zdroj stačí na vysvětlení zmíněného přebytku. Jak uvedli A. Chilingarian aj., detektor MAKET-ANI na hoře Aragac skutečně odhalil během pozorování v letech 1997–2003 kosmické záření ze zdroje MonoGem s energiemi až 0,1 PeV. Naproti tomu L. Svěšnikovová se domnívá, že za přebytek v koleně mohou hypernovy. W. Bednarek přišel s obdobným nápadem pro vysvětlení přebytku toku kosmického záření pro energie kolem 1 EeV. Domnívá se, že za to může 2. asociace velmi hmotných hvězd sp.tříd OB v Labuti, v níž před desítkami tisíc let vybuchla řada supernov ve vzdálenosti asi 1,7 kpc od nás. V pozůstatcích supernov může docházet k urychlení částic kosmického záření na extrémní energie.

Potenciálním zdrojem extrémně energetického záření může však dle N. Hayashidy aj. být také **centrum naší Galaxie**, kde se vyskytuje velké množství hmotných hvězd, jež rovněž nutně vybuchují jako supernovy. E. Berezhko ukázal, že fyzikové jsou zde nejspíš na správné stopě, protože díky měřením z družice Chandra se podařilo prokázat, že v pozůstatku po supernově 1006 v souhvězdí Vlka se vyskytuje silné magnetické pole na úrovni 10 nT, které stačí k urychlování nabitých částic na energie řádu PeV – to na druhé straně znamená, že *částice s energiemi řádu EeV a vyšší přicházejí pravděpodobně z extragalaktického prostoru.* Podle I. Semeniuka mohou extrémně energetického částice v tomto případě vylétat z okolí černých veleděr v jádrech aktivních galaxií, nebo z dlouhých zábleskových zdrojů záření gama a případně též z rozsáhlých radiových laloků kolem interagujících galaxií. Není ovšem vyloučeno, že ve hře jsou i zcela exotické mechanismy urychlování, vyžadující „novou fyziku".

6.6. Jaderná, částicová a relativistická fyzika

R. Salvaterra a A. Ferrara zpochybnili učebnicovou poučku, že veškeré 4^He pochází z prvních tří minut po velkém třesku. Ukázali totiž, že tento nuklid může hojně vznikat v nitrech velmi hmotných hvězd I. generace a tak maskovat mnohem nižší produkci hélia v nejranějším vesmíru. Výsledné **zastoupení hélia** činí (23,4 ±0,3) %. K. Croswell upozornil na záhadu, kde se vlastně vzal ve vesmíru 9. prvek Mendělejevovy tabulky **fluór**. Je ho totiž relativně mnohem méně než prvků skupiny CNO s nižšími protonovými čísly, ale i než neonu, který má nejbližší vyšší protonové číslo. Teprve v r. 1992 se podařilo najít čáry fluóru v obřích hvězdách – *uhlíkové hvězdy obsahují 65krát více fluóru než Slunce.* J. Ahrens aj. uveřejnili výsledky pozorování neutrin o vysokých energiích pomocí aparatury **AMANDA** v Antarktidě za 130 dnů měření během antarktické zimy r. 1997. Při měřeních bylo 300 fotonásobičů zapuštěno do antarktického ledu do hloubek 800 – 1000 m na 10 kabelech spuštěných svisle uvnitř kruhu o průměru 120 m. Rozložení směrů mionových neutrin, přicházejících napříč Zemí ze severní polokoule se ukázalo naprosto náhodné, takže neobjevili žádný bodový zdroj těchto částic. J. Blümer shrnul údaje o určení **klidové hmotnosti elektronových neutrin** jak pomocí astronomických pozorování tak pomocí fyzikálních pokusů, z nichž vyplývá rozmezí 0,2 – 2 eV/c^2.

Ve Spojených státech se v r. 2003 rozhodli zaplavit zrušený zlatý důl **Homestake** v Jižní Dakotě, kde byl od r. 1967 do r. 1994 v hloubce 1500 m pod zemí v provozu historický experiment budoucího nositele Nobelovy ceny R. Davise, jenž vedl k první detekci slunečních neutrin. Tím byla ohrožena možnost vybudovat ve zrušeném dole trvalou podzemní neutrinovou observatoř nové generace. Odborníci z Fermilabu proto zaměřili svou pozornost na mělčí (700 m) opuštěný důl na železnou rudu v Soudanu ve státě Minnesota. O obtížnosti detekce neutrin svědčí i následující přirovnání: kdybychom chtěli zachytit konkrétní neutrino s pravděpodobností 2/3, potřebovali bychom k tomu *železnou desku o tloušťce 100 světelných let*! Tolik železa na Zemi nemáme, takže musíme spoléhat na silné neutrinové svazky, chrlící v daném směru biliony neutrin ročně. Urychlovač ve Fermilabu v Chicagu by měl produkovat mionová neutrina o energii 3 GeV, která budou nasměrována do obřího detektoru **MINOS** v Minnesotě, vzdáleného od Chicaga „podzemní čarou" o délce 735 km. MINOS bude umístěn v Soudanu v hloubce 700 m pod povrchem; jeho hmotnost dosáhne 5400 t a účinný průřez 28 000 m^2. Hlavním cílem experimentu bude zjistit předpokládané **oscilace neutrin** během dlouhého letu. Dalším cílem může však být i pozoruhodná praktická aplikace výzkumu, protože uvnitř Země vznikají čas od času díky rozličným interakcím **geoneutrina** v množství asi 30 neutrin ročně na tunu horniny, která pak snadno pronikají i žhavým jádrem Země a mohou se stát jedinečným

zdrojem informací o stavu zemských vrstev, jak už v 80. letech minulého století ukázali význační fyzikové A. de Rujúla, S. Glashow, R. Wilson a G. Charpak. Možná se už v tomto století dočkáme ponorky, vybavené přenosným detektorem neutrin, která bude postupně proplouvat všemi oceány a měřit tok slunečních neutrin a geoneutrin a tak tomografovat nepřístupné zemské nitro.

Zatím se buduje stacionární podmořský detektor **NESTOR**, vzdálený jen 14 km od pobřeží Peloponésu v hloubce 4 km ve Středozemním moři. Detektor bude mít sběrnou plochu 20 000 m^2 a bude schopen zaznamenávat neutrina o energiích 10 TeV. V březnu 2003 uvedli řečtí odborníci ve spolupráci s ústavy v SRN, Rusku, USA a Švýcarska do provozu první část experimentu. Konečně v listopadu 2003 byl spuštěn podmořský detektor **ANTARES** ve Středozemním moři poblíž francouzského Toulonu. Prototyp v hloubce 2400 m má sběrnou plochu 100 000 m^2, ale počítá se s jeho rozšířením do r. 2006 na objem 1 km^3. Na jeho výstavbě a provozu se podílí 14 vědeckých ústavů se 7 evropských zemí. ANTARES podobně jako NESTOR bude moci studovat neutrina, přicházející k Zemi z jižní polokoule, tj. především z centra Galaxie, resp. z Velkého a Magellanova mračna. (Detekují se pouze neutrina, přicházející ze „spodní" polokoule, čímž se potlačí šum, vznikající dopadem sekundárního kosmického záření a částic, vznikajících v zemské atmosféře, které přilétají z „horní" polokoule.)

Dosud nejpřesnější **test obecné teorie relativity** uveřejnili B. Bertotti aj, kteří k tomu využili kosmické sondy Cassini, když 21. června 2002 prošla při vzdálenosti 8,4 AU od Země v lineární vzdálenosti jen 1,6 R_o od středu Slunce; tj. 9 jižně od okraje slunečního disku. Protože vysílací frekvence na sondě byly přesně známy, bylo možné sledovat pomocí radioteleskopu DSN v Goldstone postupné snižování i opětné zvyšování frekvence signálu po průchodu gravitačním polem v okolí Slunce během pohybu sondy v měnící se úhlové vzdálenosti od Slunce s neobyčejně vysokou přesností. Souhlas naměřeného posuvu frekvence s předpovědí podle obecné teorie relativity dosáhl relativní přesnosti $2{,}3.10^{-5}$ (0,02 promile), což je *40krát přesnější výsledek, než u všech dosud publikovaných astronomických testů obecné relativity.*

Nepřímým testem obecné relativity je ovšem také znamenitá funkce družicového globálního poziční systému (**GPS**), protože při přesnosti cesiových hodin na palubách 24 družic 5.10^{-14} s/d je třeba podle P. Klepáče a J. Horského k dosažení vrcholné poziční i časové přesnosti počítat s opravami podle speciální i obecné teorie relativity. Podobně E. Fomalont a S. Kopeikin využili průchodu Jupiteru v úhlové vzdálenosti 3,7 od kvasaru J0842+1835 (Cnc) dne 8. září 2002 ke změření **Shapirova zpoždění** v gravitačním poli Jupiteru, jež dosáhlo v době největšího sblížení těles snadno měřitelných 1,2 ms. Odtud se podařilo ověřit předpověď obecné teorie relativity s chybou 19%, což je přirozeně dáno relativně slabou gravitací Jupiteru i velkou lineární vzdáleností průmětu kvasaru od planety, ale přesto má test velký metodický význam.

R. Lieu a H. Hillman využili pozorování jiného kvasaru PKS 1413+135 (Boo), vzdáleného od nás 1,2 Gpc, k pozorování difrakčních kroužků tohoto bodového zdroje pomocí HST. Existence kroužků u takto vzdáleného zdroje svědčí o **neproměnnosti rychlosti šíření světla** během posledních 4 mld. let s udivující relativní přesností 10^-32! (Jde o vůbec nejpřesnější údaj v celé fyzice.)

Pokud jde o **kvasary** obecně, dnes už nikdo nepochybuje o tom, že jejich *podstatou jsou černé veledíry o hmotnostech nad 100 MM_O*, které se živí akrecí okolní hvězdné i mezihvězdné hmoty, a proto svítí. Tento zářivý mechanismus navrhli již v r. 1964 nezávisle E. Salpeter a J. Zeldovič. M. Volonteri aj. zjistili, že velmi hmotné černé veledíry vznikají z tmavého hala kolem budoucích kup galaxií již ve velmi raném vesmíru pro $z = 20$ (200 mil. let po velkém třesku), a to převážně ve dvojicích. Zastoupení **párů černých veleděr** s rostoucím stářím vesmíru však klesá a dnes činí jen asi 10 % této bizarní populace. Podle T. di Matteové aj. procházejí velmi hmotné galaxie fází kvasarů, která však trvá okrouhle jen 20 mil. let. Největší akrece na černé veledíry odpovídá červenému posuvu z v intervalu 5 – 4. „Výstavba" černých veleděr končí pro $z = 3$ a od té chvíle platí *přímá úměrnost mezi hmotností černé veledíry v jádře galaxie a hmotností příslušné galaktické výdutě.*

M. Begelman shrnul astronomická pozorování, svědčící o **existenci černých děr** rozličných hmotností. V centrech většiny galaxií se nacházejí černé veledíry s hmotnostmi alespoň 1 MM_O, které ovlivňují dynamiku mezihvězdného plynu až do vzdálenosti 1 kpc od centra galaxie. Pokud černé veledíry přesahují hmotnost 100 M_O, projeví se to mimořádnou aktivitou jádra příslušné galaxie, buď v podobě kvasaru, anebo aktivního jádra (AGN). Do této skupiny však patří nanejvýš 1% galaxií ve vesmíru a tento *růst hmotnosti černých veleděr je vyvolán akrecí*, nikoliv splýváním černých děr. K tomu je ovšem potřebí, aby hvězdy před pohlcením černou veledírou ztratily přebytečný moment hybnosti a zdá se, že jediným efektivním mechanismem je zbrzdění hvězdy magnetickým polem. O přítomnosti silných magnetických polí svědčí usměrněné **protilehlé výtrysky látky** z mnoha kvasarů, resp. i hvězdných černých děr a uvolňování zářivé energie Blandfordovým-Znajekovým mechanismem.

D. De Paolis aj. se domnívají, že v okolí černé veledíry v centru naší Galaxie bychom mohli pozorovat **efekty gravitační retročočky**, předpovězené v r. 2002 D. Holzem a J. Wheelerem, tj. jasné oblouky a prsteny v okolí velmi hmotných hvězd, které obíhají v těsné blízkosti černé veledíry, kterou silně ozařují. M. Freitag soudí, že tyto hmotné hvězdy mohou při svém oběhu kolem černé veledíry po velmi výstředných drahách vysílat tak silné **gravitační vlny**, že by je mohly zaznamenat kosmické detektory typu LISA.

Současná nejvýkonnější pozemní aparatura **LIGO** v USA v ceně 365 mil. dolarů zatím nemá požadované parametry. Ačkoliv začala souvisle měřit v říjnu 2000 a do dubna 2003 zvýšila svou citlivost o 4 řády, stále ještě dosahuje pouhé desetiny plánované citlivosti. Navíc aparatura v Louisianě může měřit jen v noci, protože ve dne je rušena otřesy půdy, které vznikají těžbou dřeva v blízkém okolí. Naproti tomu G. Paturel a Y. Baryshev tvrdí, že se jim v letech 1998 a 2001 podařilo zaznamenat slabé signály gravitačního záření na frekvenci 1 kHz pomocí tří válcových detektorů systému **Nautilus-Explorer**. Směr příletu gravitačního záření zhruba odpovídá poloze jádra naší Galaxie. Pochopitelně je nutné tato choulostivá měření ověřit či naopak popřít nezávislým měřením jinými detektory. V městečku Cascina u italské Pisy byla v červenci 2003 uvedena do chodu italsko-francouzská aparatura **VIRGO** v ceně 75 mil. dolarů s rameny dlouhými 3 km, která je schopna zaznamenat frekvence gravitačního záření vyšší než 10 Hz (práh LIGO je 60 Hz) až do hodnoty 6 kHz.

Podle D. Gelina a T. Harrisona se v měkkém přechodném rentgenovém zdroji **GRO J0422+32** (Per) nalézá zatím nejméně hmotná černá díra, jejíž hmotnost je určitě nižší než 4,9 M_O a nejpravděpodobněji činí jen 4,0 M_O. M. Gierlinski poukázal na kritérium, které může odlišit neutronovou hvězdu od černé díry v soustavách rentgenových dvojhvězd. Jelikož na rozdíl od černých děr mají neutronové hvězdy tuhý povrch (tvrdou kůru), jejich **rentgenové spektrum** se rovněž liší, protože u černé díry spektrum vzniká převážně na hranici tzv. obzoru událostí.

Když v r. 1975 ukázal S. Hawking, že díky kvantovým efektům černé díry přece jen – byť nepatrně – září, vyšel z důkazu J. Bekensteina z r. 1973, že *entropie černých děr je úměrná jejich povrchu*, který představuje obzor událostí. Na to navázali další autoři, kteří se opírali o koncept **smyčkové kvantové gravitace**: v r. 1995 C. Rovelli a L. Smolin dokázali, že v této teorii je plocha kvantována, v roce 1997 spočítali A. Ashtekar aj. entropii nerotující černé díry a o rok později Rovelli ukázal, že černé díry mají diskrétní spektrum energetických hladin. Tak se nakonec dospělo k názoru, že musí existovat i **elementární kvantum plochy**, které se rovná přibližně 4,39násobku Planckovy elementární plochy (= 10^{-70} m^2). V r. 2003 dokázal L. Motl, že onen koeficient je přesně (4.ln 3), takže *z fyziky se stala čirá matematika...* Mimochodem, A. Barrau a G. Boudoul spočítali, že miniaturní prvotní černé díry vznikaly v nejranějším vesmíru v čase 10^{-35} s po velkém třesku – zatím však nikdo neprokázal jejich existenci. Pouze N. Afshordi aj. usoudili, že *prvotní černé díry by mohly tvořit podstatnou část skryté látky vesmíru*, pokud jejich původní hmotnosti spadaly do intervalu 30 – 10 000 M_O.

Podle F. Steckera ani první **astronomický test kvantové gravitace**, jež by měla spojit kvantovou mechaniku a obecnou relativitu, nedopadl pro kvantovou gravitaci dobře. Šlo o pozorování jader aktivních galaxií Mkn 421 a 501, vzdálených od nás 140 Mpc v pásmu vysoce energetického záření gama. Jelikož oba zdroje jeví prudký pokles toku u extrémně vysokých energií, jde o příznak neexistence tzv. **kvantové pěny** v extrémně miniaturních časoprostorových měřítkách. Totéž se podle T. Jacobsona zjistilo pro 100 MeV synchrotronové záření gama z Krabí mlhoviny (vzdálenost 1,9 kpc), neboť odtud plyne, že ani při energiích urychlovaných elektronů řádu 1,5 PeV nedochází k narušení Lorentzovy souměrnosti, vyplývající ze speciální teorie relativity, což je ovšem v rozporu s kvantovou gravitací.

Jak uvádí C. Hoyle, podobně dopadla i **strunová teorie**, která předvídá díky skrytým prostorovým rozměrům odchylky od klasického gravitačního zákona při vzájemné vzdálenosti zkušebních těles pod 1 mm. V r. 2003 však uskutečnili J. Long aj. experiment, v němž dokázali změřit s vysokou přesností gravitační sílu při vzájemné vzdálenosti těles v intervalu 10 – 100 μm, a v mezích přesnosti měření žádné odchylky od poklesu gravitace s přesně 2. mocninou vzdálenosti nenalezli.

Jiný pozoruhodný experiment ohlásili N. Seddon a T. Beapark. Demonstrovali pomocí materiálu s anomální dispersí **inverzní Dopplerův jev**, tj. růst frekvence signálu, odraženého od ubíhajícího rozhraní v takovém materiálu. Efekt je o 5 řádů větší než klasický Dopplerův jev pro zdroje, přibližující se definovanou kinematickou rychlostí, a dá se navíc ladit změnou anomální disperse. (Doppler by se určitě divil.)

Na závěr ještě trochu fyzikální sci-fi. Když se ukázalo, že z teorie černých děr vyplývá možnost existence jejich spojek do vzdálených oblastí prostoročasu, popř. rovnou do jiných vesmírů v podobě tzv. **červích děr**, začali fyzikové uvažovat o jejich využití jako zkratek pro dálkové cestování. Přitom však narazili na základní překážku – červí díry mají vlastní obzory událostí, které představují neprůchodnou zátku i pro světlo, natož pro hmotné částice. K radosti sci-fistů však K. Thorne vymyslel v r. 1988 metodu, jak se těchto zátek zbavit – stačí, když si u experimentálních fyziků nebo nebo někde ve vesmíru opatříte kousek exotické hmoty se zápornou energií – a zátka zmizí. To ovšem není příliš praktické řešení a tak od r. 2003 si díky M. Visserovi aj. si jednou budeme moci usnadnit mezihvězdné cestování díky jejich objevu, že *ve vysoce souměrných červích děrách dochází spontánně ke kvantovým fluktuacím*, takže stačí vyčíhat si příhodný okamžik – a jste za vodou; přesněji za červí dírou.

7. Život ve vesmíru

C. Lineweaver a T. Davisová se domnívají, že pokud se prokáže **vznik života na Zemi** do 200 mil. let po konci těžkého bombardování (před 3,8 mld. let) v rané fázi vývoje sluneční soustavy, znamená to, že život je ve vesmíru běžný. Naproti tomu komplexní (inteligentní) život je ve vesmíru vzácný, protože na Zemi to trvalo evidentně nesrovnatelně déle, než se objevil, a v tuto chvíli nejsou jeho vyhlídky už nijak závratné, protože nejpozději za miliardu let bude na Zemi příliš horko. Podle jejich názoru jsou tedy nejběžnějšími mimozemšťany **kolonie baktérií** (např. v podobě stromatolitů). L. Wells aj. ukázali, že pokud by na rané Zemi vznikl život a pak byl ohrožen drtivým impaktem během **těžkého bombardování**, mohl by paradoxně sám impakt přispět k dalšímu přežití života. Podle jejich výpočtů horniny, obsahující živé mikroorganismy a vymrštěné při impaktu do kosmu, se mohly na Zemi vracet během následujících tisíců let, kdy už ničivé následky impaktu dozněly a Země se stala opět obyvatelnou. Při zkáze raketoplánu Columbia přežily pokusní červi **Caenorhabiditis elegans** vysokou teplotu i přetížení až 100 kG, jak se ukázalo po nálezu zbytků kanystrů s hlísticemi po dopadu na zem, což znovu poukázalo na možnost přežívání drobných organismů při impaktech kosmických těles na Zemi a případných návratech organismů uvězněných uvnitř vymrštěných hornin. V současné době *sahá biosféra do hloubky až 4 km* pod zemský povrch, což patrně platilo i tehdy, takže kosmická úschovna v okolí Země měla dostatek biozavazadel, vymrštěných i z velké hloubky pod povrchem planety. Část z nich byla nakonec expedována i na Mars, který tak mohl být mnohokrát oplodněn Zemí...

V r. 2003 uplynulo půl století od klasického **pokusu S. Millera**, jenž podle nápadu nositele Nobelovy ceny H. Ureyeho vystavil směs metanu, čpavku, vody a vodíku elektrickým výbojům a získal tak směs aminokyselin. Miller tak napodobil podmínky, které patrně panovaly v rané atmosféře Země a ukázal, že tehdy mohla standardně vznikat „prebiotická polévka". Z. Peeters aj. posuzovali možnosti vzniku a přežití **bází nukleových kyselin** v mezihvězdném a meziplanetárním prostoru, když se prokázalo, že v některých uhlíkatých chondritech byly nalezeny báze mimozemského původu. Relativně nejodolnější je glycin, který byl objeven v hustých mezihvězdných mračnech v okolí centra Galaxie i ve známé mlhovině v Orionu. Plynný adenin a uracil by však zničilo ultrafialové záření v meziplanetárním prostoru v okolí Země během několika hodin, takže z toho se dá usoudit, že *báze nukleových kyselin, nevyhnutelně potřebné pro vznik života na Zemi, vznikaly přímo na naší planetě*. A. Schuerger aj. ukázali, že při simulaci fyzikálních a chemických podmínek na povrchu Marsu v laboratoři vyhynulo 99,9% endospor baktérie **Bacillus subtilis** během několika minut, takže *během jediného dne stráveného na povrchu Marsu nechráněné baktérie zkrátka nepřežijí.*

D. Braun aj. usoudili, že **raný život** na Zemi mohl vznikat v okolí vulkanických výronů na dnech oceánů, kde se horká voda promíchávala s chladnější. Organismy řádu Archea totiž přežívají v hloubce oceánu při teplotě až 121° C. Velkou záhadou vývoje života na Zemi je dlouhý časový interval více než 3 mld. roků, kdy život na Zemi měl mikroskopickou povahu a vývoj ke složitosti byl nepříliš patrný. Pak přichází počátek druhohor, kdy během geologicky nepatrného intervalu méně než milion roků v čase 542 mil. let před současností dochází k **překotnému rozrůznění života** do prakticky všech makroskopických forem, které známe na Zemi dnes. Lze zatím jen spekulovat, co takový překvapivý zvrat způsobilo.

M. Little uveřejnil revidované údaje o **dávkách radiace**, jimiž je vystaven průměrný člověk téměř určitě bez zdravotních následků. Roční průměrná dávka činí 2,4 mSv, z čehož asi polovinu představuje částice alfa z radioaktivního radonu, vyvěrajícího ze Země. Druhou polovinu roční dávky způsobuje kosmické záření a paprsky gama vycházející rovněž ze Země. Pokud člověk nalétá v dopravních letadlech cca 100 h ročně, tak se zmíněná průměrná dávka zvedá o 0,5 mSv a lékařská vyšetření rentgenem přidávají dalších asi 0,4 mSv/r. Radioaktivní spad z jaderných výbuchů v atmosféře dosahuje nyní jen 0,005 mSv/r a výbuch v Černobylu 0,002 mSv/r, což je o řád více než dávka ze souhrnu jaderných elektráren z celého světa. *Atomové výbuchy v Japonsku v r. 1945 přežili obyvatelé, kteří se nacházeli ve vzdálenostech 900 – 1700 m od epicentra a dostali jednorázové dávky 200 – 5000 mSv.*

M. Turnbullová a J. Tarterová uveřejnily **katalog HabCat** blízkých hvězd, které by mohly být obklopeny planetami vhodnými pro život. Katalog obsahuje 17 tisíc hvězd do vzdálenosti 140 pc od Slunce včetně 2200 dvoj– a trojhvězd. Katalog je přípravou pro program SETI pomocí budovaného Allenova radioteleskopu (ATA) na observatoři Hat Creek v Kalifornii.

P. Chapman-Rietschi připomněl začátky úsilí o **hledání mimozemšťanů** a jako průkopnickou práci označil článek E. Barnese o pátrání po technicky vyspělých mimozemských civilizacích z r. 1931, na který navázal podobným článkem v r. 1950 F. Hoyle. V témže roce diskutoval při obědě v Los Alamos E. Fermi s E. Tellerem, H. Yorkem a E. Konopinskim o mimozemšťanech a vyslovil svůj údiv nad tím, že nás dosud žádní zelení pidimužíci nenavštívili – tak se zrodil proslulý **Fermiho paradox**. Pak přišel přelomový rok 1959 kdy F. Drake zahájil projekt OZMA (hledání radiových signálů mimozemšťanů), G. Cocconi a P.Morrison uveřejnili v prestižním časopise Nature úvahu o přirozeném frekvenčním normálu pro mezihvězdnou komunikaci – vodíkové čáře na frekvenci 1 420 MHz – a S. Shu Huang napsal studii o možném výskytu života ve vesmíru. Od té doby se program **SETI** rozvinul do nebývalé šíře zejména díky nedávno dokončenému programu *SETI@home*pod vedením D. Werthimera. Od května 1999 pomáhalo přes 4 miliony dobrovolných spolupracovníků se svými osobními počítači analyzovat jednotným programem na výskyt případných umělých signálů, rozesílaným z kalifornské univerzity v Berkeley, 250 kB úseky šumu, zachycovaného 305 m radioteleskopem v Arecibu. Podle T. Laziho šlo o největší projekt **sdíleného počítání** na světě, který zabral 1,3 mil. roků strojového času. Nejzajímavějších 166 zdrojů signálu pozorovali autoři projektu v Arecibu v březnu 2003, ale nic přitom nenašli. Navzdory tomu byla u 43 m radioteleskopu v Green Banku v záp. Virginii zahájena koncem r. 2002 II. etapa projektu SETI@home pod označením Phoenix.

8. Astronomické přístroje

8.1. Optická astronomie

Začátek roku přinesl tragédii australské **observatoři na Mt. Stromlo**, kde ničivému požáru buše po úderu blesku padlo v černou sobotu 18. ledna 2003 za oběť mimo jiné šest dalekohledů včetně 1,3 m reflektoru (vyrobeného r. 1856 a známého z nedávného programu MACHO) a největšího 1,9 m teleskopu jakož i téměř dokončený infračervený spektrograf pro 8 m dalekohled Gemini N v ceně 2,5 mil. dolarů, kamera s adaptivní optikou pro dalekohled Gemini S za 3,7 mil. dolarů a nesmírně cenná knihovna. Zachránila se jen budova s počítači a digitálními databázemi. Úhrnná škoda se vyšplhala na více než 20 mil. dolarů; naštěstí se katastrofa obešla bez ztrát na životech, ačkoliv astronomové měli na evakuaci pouhých 20 minut. Tři týdny po katastrofě však astronomové obnovili výzkumnou a vývojovou práci na observatoři. V červnu 2003 měla z podobného důvodu namále i známá **Stewardova observatoř** v Arizoně, ale hasiči po 10denním zápase s lesním požárem observatoř uchránili.

Švédové uvedli na ostrově La Palma v r. 2002 do chodu zatím nejvýkonnější **sluneční vakuový teleskop** SST s adaptivní optikou a zrcadlem o průměru 1 m, které od té doby pořizují snímky slunečního povrchu s rekordním rozlišením 0,1", tj. lineárním rozlišením asi 1 km. V srpnu 2003 zahájil na témže ostrově činnost největší **robotický dalekohled** na světě Liverpool Telescope o průměru hlavního zrcadla 2 m. Plánovaná sériová výroba těchto dalekohledů má zlevnit jejich cenu natolik, aby se daly rozmístit po celém světě v místech s dobrým astronomickým počasím a sledovaly tak oblohu do 26 mag prakticky nepřetržitě. C. Akerlof aj. dokončili v r. 2003 stavbu čtyř rychlých robotických dalekohledů III. generace **ROTSE-III**, které budou pracovat v Austrálii, Namíbii, Turecku a Texasu a dokáží se automaticky nastavit na vybraný úsek oblohy během nejvýše 4 s. Teleskopy mají průměr zrcadel 0,45 m; zorné pole 1,9° a kamery CCD (4 Mpix) pokrývají spektrální pásmo 400 – 900 nm.

C. Veillet aj. oznámili dokončení největší astronomické digitální kamery na světě **MegaPrime** pro CFHT. Kameru tvoří mozaika 40 čipů CCD o celkové ploše 25 cm^2 a s 324 Mpix. Kamera přišla na 100 mil. dolarů (!) a společně s optickým korektorem zorného pole dosahuje hmotnosti 11 t (!). Umožňuje naráz zobrazit zorné pole o průměru 0,9°. Rovněž proslulá Oschinova Schmidtova komora na Mt. Palomaru dostala konečně adekvátní kameru CCD **QUEST**, tvořenou mozaikou 112 (!) čipů o výsledné ploše 200×200 mm^2, což odpovídá zornému poli o hraně 4,5°! Když se v listopadu 1947 dopravovalo z Pasadeny na Mt. Palomar hlavní zrcadlo budoucího Haleova 5 m reflektoru na vzdálenost 260 km trajlerem cestovní rychlostí 15 km/h, sledovaly převoz celé Spojené státy a příslušné silnice byly po 2 dny uzavírány. V říjnu 2003 se však ještě větší 8,4 m zrcadlo pro budoucí binární **dalekohled LBT** na Mt. Grahamu v Arizoně vezlo uložené našikmo z Tucsonu nákladním autem po silnici délce téměř 200 km rychlostí 70 km/h za doprovodu policejní eskorty. Před horským stoupáním na Mt. Graham (3190 m n.m.) však byl vzácný náklad přeložen na speciální trajler se 48 páry pneumatik, jenž musel překonat výškový rozdíl 2 400 m po klikaté štěrkové horské silnici rychlostí 1,6 km/h. Vše dopadlo výborně, takže stejným způsobem se na Mt. Graham dopraví i druhé zrcadlo.

K významnému zlepšení došlo u **Keckova teleskopu II** na Mauna Kea, jenž dostal v r. 2003 adaptivní optiku s umělou laserovou hvězdou. Laser o výkonu 15 W lze totiž zaměřit těsně vedle zkoumaného objektu, což je mnohem výhodnější, než když jsme odkázáni na adaptaci optiky pomocí dostatečně jasných hvězd, které se v blízkém okolí mnoha zajímavých objektů vůbec nevyskytují. Jak uvedl D. Simons, využívají dalekohledy na Mauna Kea nové služby speciálních lokálních meteorologických **předpovědí astronomického počasí** pro vrchol této astronomické velehory. Počasí se předvídá s vysokou přesností pomocí speciálního superpočítače na 42 h dopředu a předpověď se každých 6 h obnovuje. To významně zvyšuje efektivitu všech instalovaných dalekohledů na Mauna Kea, protože zhruba platí, že *1 s pozorovacího času u jednotlivých dalekohledů stojí 1 dolar*. Roční cena předpovědí, kterou platí konzorcium vrcholových observatoří, činí 165 tis. dolarů.

Jistým překvapením jsou výsledky měření neklidu obrazu (angl. *seeing*) na mexické **observatoři San Pedro Martír**, nacházející se na poloostrově Baja California v nadmořské výšce 2800 m, které uveřejnil R. Michel aj. Během dvou let měření jen 6 nocí mělo seeing horší než 1" a medián byl pouhých 0,57". Nejlepší seeing 0,37" trval nepřetržitě plných 9 h. Observatoř je vzdálena vzdušnou čarou 60 km od Pacifiku na západě a od Kalifornského zálivu na východě a těší se i vysokému počtu hodin slunečního svitu, takže není vyloučeno, že jde o vůbec *nejlepší pozorovací stanoviště pro optickou astronomii na světě*.

Také na jižní polokouli došlo u obřích dalekohledů VLT ESO k významným zlepšením. Jak uvedl A. Morwood, byl tam instalován infračervený ešeletový **spektrograf CRIRES** s vysokým rozlišením a adaptivní optikou pro pásmo 1 – 5 μm s dosahy J = 17 a M = 11 mag za hodinu expozice. M. Mayor aj. zkonstruovali **spektrometr HARPS** pro přesná měření radiálních rychlostí pozdních hvězd s přesností až 0,5 m/s! Mezní hvězdná velikost přístroje je 16,6 mag. HARPS by tedy měl být schopen objevovat exoplanety o hmotnosti o něco málo vyšší než Země. Tvůrce moderních **teleskopů s rtuťovými zrcadly** E. Borra se přimlouvá za instalaci 4 m rtuťových nepohyblivých zenitteleskopů, které budou sledovat objekty během driftu v zorném poli. Ukazuje, že takové systémy jsou mimořádně efektivní pro soustavné přehlídky, prosté různých výběrových efektů. Při driftovém skenování dalekohledem o světelnosti f/2 lze daný objekt v dané noci sledovat pomocí kamery CCD po dobu 120 s, což při dnešní citlivosti takových zařízení naprosto stačí a výhodou je i velká láce: takový dalekohled se dá postavit za pouhých 600 tis. dolarů a jeho roční provoz stojí jen 50 tis. dolarů.

8.2. Optické dalekohledy v kosmu

Po několika odkladech byl 25. srpna 2003 vypuštěn pomocí rakety infračervený kosmický teleskop **SIRTF** – poslední z plánovaných čtyř „velkých observatoří" NASA. Je určen pro sledování kosmických objektů v pásmech 3 – 180 μm. Jak uvedl P. Warner, začátky projektu SIRTF spadají do r. 1977. Konstrukce dalekohledu typu Ritchey-Chrétien o hmotnosti pouze 920 kg s 50 kg beryliovým zrcadlem o průměru 0,85 m, chlazeným v kosmu na teplotu 5,5 K, přišla na 670 mil. dolarů a vlastní vypuštění a provoz bude stát americké daňové poplatníky dalších 500 mil. dolarů. Dalekohled bude na své heliocentrické dráze pozvolna driftovat směrem od Země tempem 0,1 AU/rok, což postupně zvyšuje nároky na přenos dat z čím dál větší vzdálenosti, ale zato ušetří palivo pro raketové motory. V optimálním případě bude v provozu až 5 let, kdy se vyčerpá zásoba 360 l kapalného helia, nutného k chlazení detektorů i zrcadla. Dalekohled byl po dokončení úspěšného zkušebního provozu na oběžné dráze koncem r. 2003 přejmenován na **SST**, na počest význačného amerického astronoma minulého století Lymana Spitzera (1914-1997), jenž přišel s koncepcí kosmického teleskopu již v r. 1946. SST může denně pozorovat v zorném poli o průměru 5 až 55 různých cílů, takže za rok pořídí asi 20 tis. snímků resp. spekter.

G. Meylan aj. shrnuli úspěšnou vědeckou využitelnost **HST** sledováním publikací, založených na pozorování kosmickým teleskopem v pěti předních světových astronomických časopisech. Zatímco v r. 1991 uveřejnili astronomové 41 takových prací, v r. 2002 to užbylo 499 prací; celkem od vypuštění HST již téměř 3 600 prací. Každá tato práce byla dosud v průměru citována 30krát; pouze 2% prací nebyly dosud citovány ani jednou, zatímco obecný průměr necitovaných prací v astronomii je plná 1/3 ! Také F. Ringwald aj. potvrdili, že *HST je vůbec nejúspěšnějším astronomickým přístrojem všech dob*, jak na základě počtu prací tak i citací. Další pořadí se pak liší podle zvoleného kritéria: podle počtu prací následují radioteleskop VLA v Socorru, družice ROSAT a optická observatoř CTIO v Chile. Pokud se vezmou počty citací, je ROSAT druhá a VLA třetí. Není divu, že zájem o pozorování pomocí Hubblova teleskopu *převyšuje časové možnosti HST stále zhruba šestkrát*. Poněkud kuriózně se významným přístrojem na palubě HST stal inovovaný **hledáček FGS1r**, který dokáže měřit paralaxy či vlastní pohyby hvězd na 0,2 obl. milivteřiny – pětkrát přesněji než družice HIPPARCOS, takže je pro vědu využíván 2,5 krát více než populární širokoúhlá kamera WFPC2.

Budoucnost HST je ovšem po zkáze raketoplánu Columbia 1. února 2003 nejasná, protože v dubnu 2003 selhal druhý navigační gyroskop ze šesti nových, instalovaných v r. 1999. K přesné a rychlé navigaci jsou potřebné 3 gyroskopy a životnost těchto mimořádně namáhaných součástek nepřesahuje 5 ÷ 6 let. NASA mezitím ustavila šestičlenný vědecký panel pro posouzení budoucnosti HST, vedený předním americkým astrofyzikem Johnem Bahcallem, jenž vydal v srpnu 2003 doporučení, aby se životnost HST prodloužila pomocí dvou letů raketoplánu v r. 2005/2006 a 2010; to však vedení NASA z bezpečnostních důvodů nakonec odmítlo. Když uvážíme, že plánovaný nástupce HST, dalekohled JWST, bude zřejmě dokončen později než v původně plánovaném r. 2011, jeho zrcadlo se s úsporných důvodů znovu smrsklo na pouhých 6 m, a finanční náklady začínají nebezpečně eskalovat, *vypadá budoucnost optické kosmické astronomie najednou docela chmurně*. V průběhu roku 2003 se totiž **NASA** ocitla ve vážné krizi, když Gehmanova vyšetřovací komise ukázala, že hlavním důvodem zkázy Columbie bylo nerespektování doporučení obdobné komise po katastrofě raketoplánu Challenger ke zvýšení bezpečnosti tohoto neobvyklého dopravního prostředku. K tomu sílila kritika projektu Mezinárodní kosmické stanice **ISS**, která od havárie Columbie může mít jen dvoučlenné posádky, což prakticky znemožnilo další vědecký výzkum na stanici, jenž ani při tříčlenných posádkách nepřinášel výsledky úměrné investicím na úrovni 25 mld. dolarů. Schválení projektu administrativou prezidenta Reagana se nyní považuje za chybu, která váže prostředky NASA, které by se jinak mohly využít mnohem účelněji.

Odborníci též zjistili, že pro některé ambiciózní projekty příštích let neexistují dostatečně silné rakety, takže NASA opatrně sonduje možnost návratu k **projektu Prometheus**, tj. použít pro příští generaci silných raket nukleární pohon. NASA již zamýšlela postavit experimentální nukleární reaktor SAFE s výkonem 400 kW, ale program byl zrušen v r. 1993. Dostatečně výkonné rakety jsou totiž nezbytné především pro případný ***pilotovaný let na Mars***. Let by měl vědecký význam, pokud by na jeho palubě byli geologové; jinak půjde jen o sportovní výkon. Nejbližší možné startovní okno v době minima sluneční činnosti se otevře v r. 2018, ale to je už asi nereálně brzo. Další okno přijde až kolem r. 2032, což by se snad mohlo zdařit, pokud se do té doby podaří postavit a testovat jaderný reaktor s výkonem alespoň 10 MW. Příslušný meziplanetární koráb by musel mít hmotnost aspoň 600 t, takže se nebude moci celý vypustit se Země, ale bude potřebí sestavit ho po částech na oběžné dráze. V tomto směru by zkušenost se stavbou ISS přinesla nakonec užitek. Nemalým problémem je i cena projektu. Optimisté uvádějí cifru 100 mld. dolarů, ale to je skoro určitě pouhá dolní mez.

8.3. Radiová astronomie

V únoru 2001 byla na heliosynchronní dráhu ve výši 600 km nad Zemí vypuštěna švédská radioastronomická družice **ODIN**, nesoucí parabolu o průměru 1,1 m, pracující v pásmu mikrovln na frekvencích 119 a 486 – 581 GHz (vlnové délky 0,5 a 2,5 mm). V r. 2003

uveřejnili H. Nordh aj. první vědecké výsledky měření, které se týkají jednak výskytu čar vody a kyslíku v mezihvězdném prostoru a jednak molekul ozónu a NO_x ve vysoké atmosféře Země.

U dosud nejvýkonnějšího mikrovlnného 15 m radioteleskopu JCMT na Mauna Kea, který pokrývá pásmo vlnových délek 0,35 – 20 mm, byl citlivý **bolometr SCUBA** podle J. Greavese aj. doplněn o polarimetr, což umožňuje proměřovat polarizaci synchrotronového záření v mezihvězdných mračnech. Radioteleskop má být na základě dohody mezi ústavy z Velké Británie, USA a Holandska v blízké budoucnosti podstatně vylepšen nákladem přes 12 mil. dolarů tak, aby se zvětšilo jeho zorné pole i citlivost. USA a Tajvan se dohodly na vybudování **mikrovlnné anténní soustavy SMA**, skládající se z 8 parabol rovněž na Mauna Kea za cenu 92 mil. dolarů.

ESO a americká NSF se dohodly na společném projektu **ALMA** za 650 mil. dolarů, v jehož rámci bude do r. 2011 v poušti Atacama v Chile v nadmořské výšce 5000 m na plošině u Cerro Chajnantor vybudována soustava 64 pojízdných radioteleskopů s průměrem parabolických antén 12 m pro mikrovlnné pásmo 0,33 – 10 mm. V největším rozevření bude rozlišovací schopnost soustavy odpovídat radioteleskopu o průměru 14 km. Jde o nejdražší a také nejambicióznější projekt v historii pozemní astronomie, do něhož se postupně zapojí i řada dalších zemí, např. Kanada a Japonsko. V listopadu 2003 byla v nadmořské výšce 2900 m n. m. mezi městečky Toconao a San Pedro v Chile zahájena výstavba řídícího a konstrukčního centra observatoře. Zde se budou kompletovat radioteleskopy a soustřeďovat pozorovací údaje v centrálním superpočítači. Radioteleskopy pak speciální tahače dopraví na místo určení, resp. je budou převážet při změnách konfigurace anténní soustavy. Na opačném, nízkofrekvenčním okraji radiového spektra došlo v r. 2003 rovněž k významnému pokroku, když holandská vláda schválila investici ve výši 52 mil. euro na výstavbu rozsáhlé anténní soustavy **LOFAR** pro dekametrové a metrové pásmo 10 – 240 MHz (1,2 ÷ 30 m). Soustava 1500 velmi levných pevných antén (dipólů ve tvaru obráceného V) bude rozmístěna ve shlucích antén na ploše o průměru až 100 km do r. 2006 a odtud získávané údaje budou zpracovávány ve výkonném superpočítači IBM Blue Gene v Groningen. Očekává se, že získané údaje rozšíří naše vědomosti jako o raném vesmíru ($z = 10$) tak o kosmickém záření extrémních energií, ale též o struktuře naší Galaxie, rozložení plazmatu v meziplanetárním prostoru a o zemské ionosféře. O. Věrchodanov aj. zveřejnili katalog radiových zdrojů na základě pozorování dekametrovým (10 – 25 MHz) radioteleskopem **UTR** poblíž Charkova v letech 1978 – 1994. Celkem tak bylo objeveno přes 1800 zdrojů na 30% oblohy. Z toho 7% se dosud vůbec nepodařilo identifikovat a 81% zdrojů postrádá identifikaci v optickém oboru spektra.

8.4. Astronomické umělé družice

Italsko-holandská družice **BeppoSAX**, která se zejména zasloužila o identifikaci rentgenových a optických dosvitů záblesků zdrojů záření gama, byla vypnuta povelem se Země koncem dubna 2002 a zanikla v Pacifiku koncem dubna 2003. Patří k historicky nejúspěšnějším družicím, neboť na základě jejích údajů bylo uveřejněno na 1500 prací.

G. Bignami shrnul údaje o prvních měsících provozu evropské družice **INTEGRAL**, vypuštěné na protáhlou dráhu v říjnu 2002, která začala již po měsíci testování vědecká měření. Družice sleduje záblesk ové zdroje záření gama, pozůstatky po supernovách, okolí černých děr a neutronových hvězd, jádro Galaxie i vzdálené kvasary v pásmu měkkého záření gama (15 keV – 10 MeV) s dobrou citlivostí a vysokým úhlovým rozlišením. Už v r. 2003 se ukázalo, že jde o jeden z nejúspěšnějších evropských astronomických kosmických projektů, na němž se podílejí také čeští astronomové. Pomocí družice INTEGRAL se totiž podařilo prokázat výskyt antihmoty v centru Galaxie a za jediný rok zmapovat celou oblohu. Důležité údaje, získané prostřednictvím studia jaderných spektrálních čar, se týkají nukleogeneze a radioaktivity prvků v pozůstatcích supernov.

Počátkem r. 2003 odstartovala levná (13 mil. dolarů) a lehounká (60 kg) americká družice **CHIPS**, určená pro měření nejteplejších (= 1 MK) oblastí mezihvězdného prostoru v extrémní ultrafialové oblasti 9 – 26 nm (EUV). Družice obíhá po kruhové dráze ve výšce 590 km nad Zemí. NASA vzápětí vypustila i další astronomickou družici **SORCE** o hmotnosti 290 kg pro měření sluneční konstanty v optickém a infračerveném pásmu s přesností na 0,01 % a vlivu jejího kolísání na množství ozónu, cirkulaci v zemské atmosféře, mraky a oceány a celkově na pozemské klima. V dubnu 2003 přešla na operační geosynchronní dráhu sluneční družice **GEOS 012**, sledující nepřetržitě Slunce v rentgenovém oboru spektra. Koncem dubna pak odstartovala na nízkou rovníkovou dráhu další družice NASA o hmotnosti 280 kg, označená **GALEX**, se zrcadlem o průměru 0,5 m, jejímž úkolem je zmapovat během 28 měsíců vesmír v dalekém ultrafialovém a blízkém infračerveném spektrálním pásmu.

8.5. Kosmické sondy

V lednu 2003 se podařilo sledovací síti DSN NASA naposledy zachytit radiové signály vysloužilé (1972-1997) kosmické sondy **Pioneer 10** ze vzdálenosti 82 AU (zpoždění 11,3 h), která za 2 mil. roků proletí v blízkosti Aldebaranu (20 pc). Nejvzdálenějším umělým tělesem, s nímž máme dosud spojení, je proto kosmická sonda **Voyager 1**, která byla koncem r. 2003 vzdálena od Země již 90 AU.

Koncem září 2003 zanikla cíleným dopadem do atmosféry Jupiteru slavná kosmická sonda **Galileo**, jejíž aparatura byla vypnuta koncem února 2003, která se nesmírně zasloužila o výzkum Jupiteru i jeho Galileových družic, ale též o pozorování unikátního dopadu komety Shoemaker-Levy 9 na Jupiter a snímkování planetek Gaspra a Ida zblízka. Japonská sonda **Nozomi** v ceně 850 mil. dolarů, směřující k Marsu, byla postižena mohutnou sluneční erupcí v dubnu 2002, kdy následkem přerušení dodávky elektřiny zmrzlo hydrazinové palivo v nádrži raketového motoru, ale to se podařilo v červnu 2003 nakonec alespoň zčásti rozmrazit. Sonda mezitím získala rychlost metodou gravitačního praku při těsných průletech u Země v prosinci 2002 a červnu 2003, takže měla doletět k Marsu v prosinci 2003. Tam se však nepodařilo včas nastartovat korekční motor, takže sonda byla nakonec převedena na sluneční dráhu, aby se náhodou nezřítila na Mars, prolétla v polovině prosince 2003 v minimální vzdálenosti 1000 km od povrchu Marsu a zmizela v kosmickém prostoru. P. Bond uveřejnil souhrnnou **statistiku** o letech na Mars během posledních 40 let. Sovětský svaz/Rusko uskutečnil 18 letů, z nichž 15 zcela selhalo a jen 3 byly alespoň částečně úspěšné. Spojené státy měly z 16 letů 10 úspěšných, 2 dosud probíhají a 4 selhání. Celkem k Marsu směřovalo 36 sond, z nichž 10 bylo úspěšných, 4 dosud probíhají, 3 byly částečně úspěšné a 19 letů zcela selhalo.

Z japonské základny v Kagošimě byla počátkem května 2003 vypuštěna půltunová kosmická sonda Muses C v ceně 108 mil. dolarů, přejmenovaná po startu na **Hayabusa** (Sokol). Pomocí iontového motoru se má po 22 měsících letu setkat s planetkou (25143)

Itokawa a po letmém přistání na povrchu jádra komety automaticky odebrat cca 1 g vzorků materiálu jádra, které má v r. 2007 přivézt zpět k Zemi.

Z ruské základny v Bajkonuru v Kazachstanu byla počátkem června 2003 vypuštěna první evropská kosmická sonda **Mars Express**, nesoucí britský přistávací modul Beagle 2. Ten se však po oddělení od sondy koncem prosince 2003 odmlčel a dosud se nepodařilo určit příčinu jeho selhání. Naproti tomu sonda Mars Express se podle plánu usadila 30. prosince 2003 na parkovací dráze u Marsu.

Červnového startovního okna k Marsu využila také NASA, která vzápětí vypustila rakety, nesoucí na palubě vozítka pro výzkum Marsu, přejmenovaná po úspěšném přistání v lednu 2004 na **Spirit** a **Opportunity**. Koncem října 2003 další velká sluneční erupce zasáhla americkou kosmickou sondu Mars Odyssey a zničila tak aparaturu **MARIE**, určenou k monitorování sluneční radiační zátěže... Předtím však stačila zjistit, že klidová úroveň sluneční radiace na Marsu ohrožuje potenciální astronauty méně, než se čekalo. Koncem září 2003 pak ESA vypustila minidružici **SMART 1** v ceně 120 mil. dolarů o hmotnosti aparatury jen 15 kg, vybavenou rovněž iontovým motorem, která má před koncem r. 2004 doletět k Měsíci po stále se rozvírající spirálové dráze. Jejím hlavním úkolem je vyzkoušet nové techniky navigace a laserové komunikace spíše než vědecký výzkum. Se zcela netradiční metodou dopravy materiálu na Měsíc přišel docela vážně A. Bolonkin, který navrhuje spojit Zemi s Měsícem kabelem, po němž by jezdila 3 t kabina **měsíční lanovky** rychlostí 6 km/s a dopravovala na Měsíc (popř. i zpět) až 1000 t materiálu ročně.

8.6. Netradiční přístrojové metody

Podle M. Amenomoriho aj. je od podzimu 2002 rozšířen obří detektor atmosférických sprškek, vyvolávaných TeV fotony záření gama, na náhorní plošině Yangbajing v Tibetu v nadmořské výšce 4300 m. Celková plocha detektoru **Tibet IV**, pokrytá scintilačními čítači v roztečích 7,5 – 30 m, dosáhla bezmála 37 tis. m^2 a zařízení nyní může zaznamenat záření gama, přicházející z kteréhokoliv místa na obloze. V říjnu 2003 byl na observatoři Roque de los Muchachos na ostrově La Palma spuštěn plně pohyblivý zrcadlový teleskop **MAGIC**, složený z 934 zrcadel o výsledném průměru 17 m (sběrná plocha 236 m^2), který umožňuje záznam záblesků Čerenkovova záření, jež vzniká v zemské atmosféře průletem paprsků gama, počínaje energiemi od 30 GeV výše. Tak bude možné podrobně prozkoumat spektrum záření gama pro energie vyšší, než to umožnila aparatura EGRET na družici Compton, jež pokrývala rozsah 30 MeV – 30 GeV.

Japonský obří podzemní detektor neutrin **Superkamiokande**, kde došlo v listopadu 2001 při údržbě k havárii, při níž implodovaly více než tři pětiny z celkového počtu přes 11 tis. fotonásobičů, byl počátkem r. 2003 uveden do částečného chodu tím, že zbylých 4200 fotonásobičů bylo rovnoměrně rozmístěno na povrchu nádoby s destilovanou vodou, takže je možné opět sledovat průlety neutrin nádobou, byť s nižší četností. Podobně se v červnu 2003 podařilo obnovit měření detektoru **BOREXINO** pro podzemní detekci neutrin pod horou Gran Sasso v Itálii, které bylo kvůli úniku 50 l nebezpečné chemikálie uzavřeno od října 2002.

8.7. Astronomické přehlídky, katalogy a virtuální observatoře

V r. 2002 byla dle W. Saunderse aj. dokončena velká **přehlídka 2dF** galaxií pomocí australského 3,9 m reflektoru AAT v Siding Spring, opatřeného vícevláknovým spektrometrem, která započala v říjnu 1997. Celkem prohlédli 5% oblohy a získali spektra 221 tis. galaxií se $z < 0{,}3$. Odtud pak lze zkoumat trojrozměrnou strukturu vesmíru až do vzdálenosti 300 Mpc od Slunce. Na přehlídku naváže v dalších letech ještě rozsáhlejší přehlídka 6dF. Jak uvedl M. Steinmetz, známe dosud jen asi 20 tis. radiálních rychlostí hvězd, kdežto více než 100 tis. měření kosmologických červených posuvů pro galaxie. Tento deficit chce odstranit v projektu **RAVE**, kdy pomocí Schmidtovy komory UKST v Austrálii změří v letech 2006 – 10 radiální rychlosti 50 mil. hvězd do I = 15 mag.

Velmi zevrubný přehled o rozvoji **hvězdné fotometrie** od časů Hipparcha až po rozsáhlé soudobé přehlídky zveřejnil V. Straižys. Od počátku XX. stol. vévodila fotografická fotometrie s rozličnými typy emulzí a filtry. Její přesnost však dosahovala stěží 0,2 mag, takže byla někdy horší než u vizuálních odhadů jasnosti hvězd. Pokrok přinesly až první fotonásobiče ve 40. letech XX. stol., postupně doplněné filtry pro systémy *UBV*(Johnson a Morgan, 1953) a *ubvy*Strömgren, 1963). Katalog Tycho z měření družice HIPPARCOS z konce 90. let minulého století obsahuje fotometrii 1 mil. hvězd do 12 mag a digitalizovaný Palomarský fotografický atlas dokonce jasnosti 2 mld. hvězd ve třech barvách do cca 20 mag s přesností lepší než 0,1 mag.

S. Monet aj. popsali nový katalog americké Námořní observatoře **USNO-B**, jenž obsahuje polohy, vlastní pohyby a vícebarevnou fotometrii pro 1,04 mld. hvězd, zobrazených na 7435 snímcích ze čtyř Schmidtových komor (Flagstaff, Palomar, ESO a UKST) v průběhu posledního půlstoletí. Mezní hvězdné velikost katalogu je V = 21; přesnost poloh je lepší než 0,2" a přesnost fotometrie 0,3 mag.

J. Frieman a M. Subbarao aj. popsali průběh gigantické optické přehlídky **SDSS** specializovaným 2,5 m reflektorem na Apache Point Observatory v Novém Mexiku. Dalekohled se zorným polem 3° má místo kopule pouze odsuvnou střechu a jeho detektorem je mozaika 30 čipů CCD se 120 Mpix. Při pozorování se dalekohled nepohybuje, takže hvězdy a galaxie driftují přes mozaiku během 55 s, což usnadňuje čtení a odstraňuje ztrátové časy při přejíždění z jednoho směru do jiného. Jeden měřený pruh má úhlovou šířku 2,5° a délku 100° a je možné ho celý zobrazit během pouhých dvou pozorovacích nocí. Nároky na kvalitu noci jsou dosti vysoké, takže jen každá pátá noc je vhodná pro měření, přičemž 80% času zabere spektroskopie. Na druhé straně se v takovém módu daří získat až 6000 spekter v pásmu 380 – 920 nm během jediné noci. Cílem projektu je získat základní údaje o 100 mil. galaxií na 1/6 plochy oblohy a spektra pro 600 tis. galaxií a 60 tis. kvasarů. Program pro řízení a zpracování dat obsahuje asi milion řádků příkazů a na celém projektu se podílí na 100 odborníků z USA, Japonska i Evropy. Jak uvádějí K. Abazajian aj., v r. 2003 byla dokončena první pětina přehlídky na 1360 čtv. stupních oblohy, kde bylo získáno více než 186 tis. spekter hvězd, galaxií a kvasarů do R = 22,6 mag. Polohy objektů jsou přesné na 0,1" a jejich jasnosti se určují v pěti barevných filtrech.

J. White shrnul současný stav v podpoře národních **virtuálních observatoří**, které jsou čím dál tím naléhavější prioritou kvůli nesmírným objemům dat z rozličných současných aparatur. Jen sám HST dodává ročně 3,5 TB dat a přehlídka SDSS shromáždila 15 TB za 5 let. Americká NSF uvolnila pro národní virtuální observatoř USA částku 10 mil. dolarů, a další observatoře vznikají ve Velké Británii (Astrogrid), státech EU (AVO), v Indii (VOI), Japonsku (JVO) a Austrálii (AVO). V další etapě se pochopitelně počítá s jejich

vzájemným propojením, takže konečným cílem je všestranná přístupnost veškerých pozorovacích dat pro všechny dosud zkoumané astronomické objekty z kteréhokoliv počítače na světě nejpozději v r. 2007. Sjednocené evropské virtuální observatoře mají webovou adresu: *www.euro-vo.org*a světová aliance virtuálních observatoří adresu: *www.ivoa.net.*

9. Astronomie a společnost

9.1. Úmrtí a výročí

V roce 2003 zemřeli **Z. Corn** (*1921; hvězdárna Ďáblice), **J. Doleček** (*1912) a **V. Letfus** (*1923); dále pak **L. Aller** (*1913; hvězdná astrofyzika); **H. Babcock** (*1912; magnetická pole, přístroje); **W. Buscombe** (*1918; hvězdná astrofyzika); **H. Elsasser** (*1929; sluneční fyzika), **G. Hawkins** (*1928; historie); **S. von Hoerner** (1919; radioastronomie), **V. L. Chochlová** (*1927; Slunce, hvězdy Ap); **T. Jacobsen** (*1901; cefeidy); **E. Teller** (*1908; astrofyzika) a **A. Underhillová** (*1920; žhavé hvězdy).

Britský popularizátor astronomie **Sir Patrick Moore**, F.R.S. se 4. 3. 2003 dožil osmdesátky. Při té příležitosti napsal vlastní životopis. Jeho astronomický televizní měsíčník „Sky at Night" vysílá BBC bez přerušení od dubna 1957, což je bezkonkurenční rekord televizního one-man-show-byznysu – do konce r. 2002 měl 600 dílů! Sir Patrick se rozhodl věnovat astronomii ve věku 6 let a do 11 let si ušetřil na svůj první dalekohled. Během půlstoletí vydal 62 knih, ale kromě toho stihl doprovázet A. Einsteina na klavír, seznámil se s leteckými průkopníky bratry Wrightovými a skládat hudbu, mj. napsal několik skladeb pro xylofon, na který rovněž sám hraje. Proslulý britský fyzik **S. Hawking** se dožil v březnu r. 2002 kulaté šedesátky a jeho žena mu koupila k životnímu jubileu hodinový let balonem.

9.2. Ceny a vyznamenání

Astronomickou celebritou roku se stal nepochybně americký astrofyzik **J. Bahcall**, který postupně obdržel cenu Davidovy nadace v částce 1 mil. dolarů za výzkum slunečních neutrin), dále pak Zlatou medaili britské Královské astronomické společnosti a konečně (společně s **R. Davisem Jr.**) Fermiho cenu od amerického prezidenta. Národní vědeckou cenu USA získal kolektiv vědců a techniků **JPL** v Pasadeně, kteří zkonstruovali během tří let kosmickou sondu nové generace Deep Space. Členy americké Akademie věd (NAS) byli zvoleni astronomové **G. Akerlof, W. Freedmanová, S. Kulkarni, H. Melosh** a **S. Teukolsky**. Jr. Další významná ocenění obdrželi **D. Bogard** (Leonardova medaile; Měsíc, meteority z Marsu); **V. Ginzburg** (Nobelova cena za fyziku; supravodivost, astrofyzika); **R. Genzel** (Balzanova cena; objev černé veledíry v centru Galaxie); **W. Haxton** (Betheova cena; neutrinová astrofyzika); **F. Hoenig, T. Kudo, S. Fujikawa, C. Juels** a **P. Holvorcem** (cena E. Wilsona za amatérské objevy komet); **A. Lange** a **S. Perlmutter** (cena státu Kalifornie; akcelerace vesmíru z pozorování supernov); **A. McDonald** (Herzbergova medaile; oscilace neutrin ze Slunce); **E. Parker** (cena Kyoto; sluneční vítr); **V. Rubinová** (cena Bruceové ASP; galaxie); **R. Sunjajev** (Gruberova cena; kosmologie) a **J. Vondrák** (Descartesova cena EU; rotace Země).

Na domácí půdě obdržel **J. Vondrák** medaili E. Macha (AV ČR); **F. Wilczek** (MIT, USA) medaili MFF UK (teoretická fyzika a astrofyzika); **J. Kleczek** Nušlovu cenu ČAS a **J. Grygar** cenu Littera astronomica ČAS za seriál Žeň objevů.

U. Marvinová připomněla osobnost amerického geologa a planetologa **Ralpha B. Baldwina**, který již v r. 1942 správně usoudil, že krátery na Měsíci vznikly dopady meteoritů či planetek a o 7 let později usoudil, že krátery stejného původu musely vznikat i na Zemi. Jeho práci však prestižní astronomické časopisy Astrophys. Journal i Astronom. Journal odmítly, takže nakonec vyšla v časopise Popular Astronomy. Baldwinova jasnozřivost byla nakonec s velkým časovým odstupem dvakrát odměněna Meteoritickou společností – Leonardovou medailí za r. 1986 a Barringerovou medailí v r. 2000. Mimochodem, i tak renomovaný časopis, jakým je britský vědecký týdeník **Nature**, nepřijal vinou recenzentů k publikaci řadu prací, které se posléze staly klasickými – celkem 20 prací, za něž byly Nobelovy ceny, byly takto v průběhu XX. stol. odmítnuty, mezi nimi např. práce o původu Čerenkovova záření nebo o Yukawově objevu mezonu. Podobně dopadl i S. Hawking, když chtěl ukázat, že černé díry vydávají záření, které dnes nese jeho jméno. Naproti tomu stěžejní Einsteinovy práce z r. 1905 byly přijaty do časopisu **Annalen der Physik** bez jakékoliv recenze, prostě proto, že se za ně zaručili svou autoritou renomovaní fyzikové M. Planck a W. Wien; přitom Einsteinovi bylo v té době teprve 26 let a pracoval zcela osamocen.

9.3. Astronomické konference, instituce a společnosti

V červenci 2003 se konalo v Sydney jubilejní **25. valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie** (IAU), kterého se účastnilo více než 2000 odborníků z celého světa. Novým prezidentem IAU se stal australský astronom holandského původu Ron Ekers a budoucí prezidentkou se stane v r. 2006 poprvé v historii IAU žena – francouzská astronomka a ředitelka ESO Catherine Cesarská. **26. kongres IAU** se uskuteční po 39leté přestávce v srpnu 2006 v Praze. Na kongresu v Sydney byla předsedkyní komise pro nomenklaturu malých těles sluneční soustavy zvolena česká astronomka a ředitelka observatoře na Kleti **J. Tichá**. Celkový počet členů IAU se koncem r. 2002 přiblížil 9 tis. osob. V Tatranské Lomnici proběhly oslavy půlstoletí od vzniku **Astronomického ústavu SAV** a 60 let od vybudování slavné observatoře na Skalnatém Plese.

H. Abt se zabýval faktory, které ovlivňují **produktivitu** astronomického výzkumu. Srovnal růst počtu stránek v hlavních astronomických časopisech během let 1970 – 2000 a zjistil, že průměrný nárůst jejich rozsahu dosáhl v tomto období 333% (!). (*Pro Žně objevů ve stejném období dosáhl nárůst 600% !!.*) V průměru publikuje astronom 0,85 práce ročně a toto číslo se během třiceti let prakticky nezměnilo. Autor odtud vyvozuje, že pokrok techniky je rychlejší než adekvátní růst počtu astronomů, takže se současná technika plně nedá využít. Pozoruhodný je nárůst **zastoupení žen** mezi nejmladší generací amerických astronomů – poprvé v historii převažují nad muži v poměru 57:43.

9.4. Letem (nejen) astronomickým světem

F. Stephenson ukázal, že díky zprávám o zatměních Slunce i Měsíce lze docela slušně přesně určovat změny v rychlosti **zemské rotace*** přibližně již od roku 700 př. n.l. V současné době se změny zemské rotace zohledňují vkládáním **přestupných sekund** do občanského počítání času v případě, že rozdíl mezi časem UTC a časem atomovým vzroste na ± 0,9 s. Tento princip se uplatňuje od r. 1972 a dosud všechny vkládané přestupné sekundy v počtu 32 měly kladné znaménko, tj. v mezidobí se rychlost zemské rotace snižovala. Problém však přesto vzniká, protože časový standard, zavedený od r. 1980 pro družice systému GPS s přestupnými sekundami nepočítá a v současné době už začíná být pro určování polohy letadel nebezpečně chybný. Z toho důvodu Mezinárodní telekomunikační unie uvažuje o zrušení přestupných sekund, což ovšem mohou astronomové stěží přijmout, takže kolem celé na první pohled nevinné záležitosti se vbrzku stihne slušná mela.

S. Diddams aj. v Národním úřadu pro standardy NBS v Boulderu vyvíjejí nový časový a frekvenční laserový normál, které budou až o tři řády přesnější než atomové (cesiové) hodiny, dosahující relativní přesnosti 10^-15. Principem zařízení **MIST** je excitace iontů rtuti laserem s frekvencí 1 PHz. Takové hodiny se rozejdou s ideálním rovnoměrně plynoucím fyzikálním časem o jednu sekundu teprve za 100 mld. roků! To mj. umožní zvýšit přesnost určování poloh v systému GPS na pouhé decimetry a bude se dobře hodit pro měření změn v periodách milisekundových pulsarů. R. Sampson aj. pozorovali 244 východů a 135 západů Slunce v kanadském Edmontonu s cílem pozorovat vzácné případy anomálně velké refrakce, které se někdy říká **efekt Novaja Zemlja**, protože tam byl pozorován poprvé. Jelikož anomální refrakce netrvá dlouho, při efektu Novaja Zemlja Slunce vyjde nad obzor, ale znovu se zanoří, a pak vyjde definitivně ještě jednou. Vzácný úkaz se častěji pozoruje při východu než při západu Slunce a spíše v zimě než v létě a nejsnáze za polárním kruhem. Zatímco střední refrakce Slunce u obzoru dosahuje 0,6 ÷ 0,7°, anomální refrakce přesahuje hodnotu 1°. Autoři pozorovali největší refrakci při východu Slunce 2,1° (!), kdežto při západu Slunce nanejvýš 1,1°.

B. Schaefer poukázal na problémy s **archivací** astronomických pozorování. V intervalu let 1890 – 1990 bylo na celém světě pořízeno okrouhle 2 mil. astronomických fotografií a 1 mil. astronomických spekter. Z toho 0,5 mil. snímků vlastní Harvardova hvězdárna, která pořizovala přehlídkové širokoúhlé snímky s mezní hvězdnou velikostí 15 – 18 mag od r. 1885 do r. 1989 (s přestávkou let 1953 – 1968). Každá část nebe byla takto zobrazena alespoň dvoutisíckrát. Na druhém místě je archiv fotografických desek hvězdárny v Sonnebergu v Německu (275 tis. desek) a na třetím bolidové snímky z Ondřejova (110 tis. snímků). Je naléhavě nutné, aby tyto snímky byly digitalizovány, protože jinak se časem poztrácejí nebo znehodnotí. Varováním může být osud snímků, pořízených kamerami CCD před r. 1990. *Tyto digitální snímky se zaznamenávaly na magnetické pásky a ty už dnes nikdo nepřečte!* H. Abt a C. Boonyarak shrnuli vědecký přínos slavné ultrafialové družice **IUE** s poměrně skrovným zrcadlem o průměru jen 0,45 m, která fungovala na protáhlé oběžné dráze kolem Země v letech 1978-1996. Během té doby byly její údaje přímo využity v 3435 pracích, přičemž každá práce byla v průměru citována alespoň 2,7krát ročně, což je znamenitý výsledek v porovnání s nejlepšími astronomickými časopisy, které dosahují 1,8 citace na práci za rok.

T. Ferris poukázal na nové možnosti odborné práce **amatérů** v astronomii díky novým technologiím, zejména pak dostupnosti digitálních čipů CCD – amatéři mohou pomoci především při objevech nov a hledání planetek křižujících zemskou dráhu. Jedním z nejvýkonnějších astronomů-amatérů na světě je bezpochyby australský duchovní **R. Evans**, který se naučil nazpaměť vzhled okolí tisícovky nejjasnějších galaxií, což mu umožňuje objevovat supernovy doslova na běžícím pásu. Od r. 1981, kdy je začal hledat, našel do r. 2003 již 37 supernov dalekohledem o průměru zrcadla 0,3 m. Kanadský astronom amatér **A. Whitman** pozoroval v červenci 2003 pouhým okem Mars (–1,8 mag) ještě 6 min. po východu Slunce a předtím i Síria (–1,4 mag).

M. Casolino aj. posuzovali zprávy kosmonautů na oběžných drahách u Země, ale též při letech Apollo na Měsíc, že viděli **světelné záblesky** i při zavřených očích. Usoudili, že jde o projevy interakce kosmických paprsků uvnitř oka, za což jsou odpovědné jednak protony a jednak těžká atomová jádra vysokých energií, přilétající z kosmu.

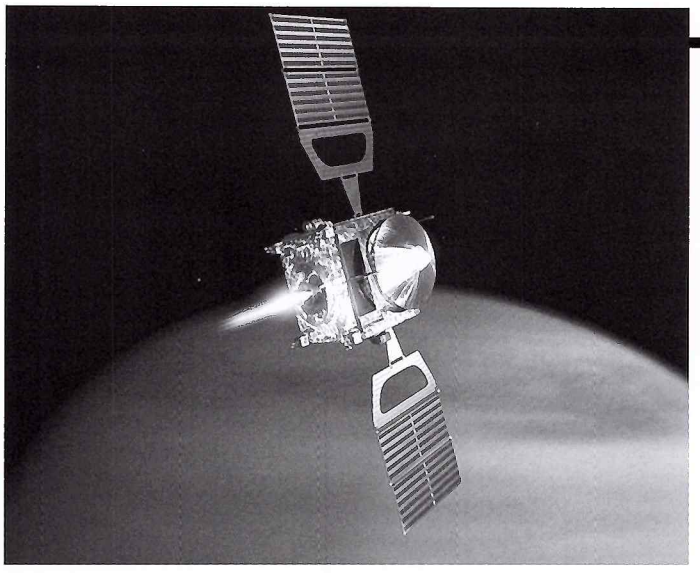
Časopis Mercury přinesl zprávu, že objevitel první planetky Ceres **G. Piazzi** zveřejnil svůj objev z 1. 1. 1801 až o 23 dnů později a ještě úmyslně udal chybnou polohu tělesa, aby si zachoval prioritu. Tím si pohněval tehdejší významné astronomy, kteří hledali „chybějící planetu" po vzájemné dohodě o sledování jednotlivých úseků oblohy, především iniciátora projektu barona Franze von Zacha, ale i W. Herschela aj. Na oplátku Piazziho nazvali *„mužem, který byl objeven planetkou Ceres"*.

V Japonsku byl uveden do provozu nejvýkonnější počítač na světě **NEC Earth Simulator**, který má výkon až 36 Tflops, což je pětkrát více než mají superpočítače HP ASCI Q v Los Alamos a IBM ASCI White v Livermorově laboratoři v USA. J. Makino aj. však koncem roku referovali o novém japonsko-americkém jednoúčelovém astronomickém superpočítači **GRAPE 6** s 2048 procesory, který dosahuje výkonu 64 Tflops. Superpočítače však nyní neobyčejně zlevní – díky konzolám pro počítačové hry **PlayStatio**. Když se využijí čipy z pouhých 70 konzol, které stojí v maloobchodě pouhých 50 tis. dolarů, tak dostanete superpočítač, který umožní řešit i velmi obtížné úlohy z kvantové mechaniky. Rostou také možnosti rychlého **přenosu dat** na velké vzdálenosti – rekordem r. 2003 byl přenos 1 TB dat na vzdálenost 7 tis. km za necelou půlhodinu (to odpovídá rychlosti přenosu celovečerního filmu na DVD za 7 s). Podle I. Fostera a C. Kesselmana bude potřebí do r. 2007 zvýšit kapacitu paměťových médií na 10 PB kvůli stále rozsáhlejším datovým skladům. (Kdybychom chtěli uložit 10 PB na DVD, budeme jich potřebovat 2,75 milionů!) Ti, kdo spoléhají, že všechno nakonec najdou na internetu, budou nejspíš překvapeni zjištěním, že *během půlroku na přelomu let 2002/03 se z internetu vytratila pětina webových adres*. Přesto se však množství informace z celého světa za poslední tři roky zdvojnásobilo. *Jen během r. 2003 přibylo 5 EB informací, z čehož elektronická pošta představuje 400 PB*. Japonec Y. Kanada využil superpočítače k výpočtu **Ludolfova čísla** na bilion cifer, čímž trojnásobně překonal rekord z r. 2000. Ačkoliv se cifry Ludolfova čísla využívají pro generátory náhodných čísel, v bilionu číslic se nejčastěji vyskytuje číslice 8 a nejméně (o celý milion) číslice 0. Superpočítačů se dá využít i ke složitým důkazům matematických domněnek, jak ukázal T. Hales, když se svým doktorandem S. Fergusonem prokázali v r. 1998 pomocí superpočítače, že **Keplerova domněnka** z r. 1611 o tom, že nejúspornějším prostorovým uspořádáním koulí je pyramida, v níž koule vyplní 0,7405 objemu pyramidy, je správná. Důkaz je však tak složitý, že recenzenti práce kontrolu po pětiletém úsilí vzdali pro naprosté vyčerpání. Práce bude patrně uveřejněna v odborném časopise s tou výhradou, že to nikdo nezkontroloval – třeba i takové kontroly převezmou za nějaký čas ještě výkonnější superpočítače. Pozoruhodné je, že už dávno tak vrší trhovci pomeranče nebo jablka do pyramid a dělostřelci minulých století obdobně skladovali dělové koule, aniž by cokoliv počítali a dřeli se s něčím jiným než s těmi koulemi.

10. Závěr

Omlouvám se čtenářům i redakci, že se přehled o soudobých astronomických poznatcích tak opožďuje. Dochází k tomu kombinací několika nepříznivých faktorů, z nichž bych připomněl rostoucí objem pracovních povinností autora souběžně s jeho klesající pracovní výkonností a ovšem také nepřetržitý nárůst tempa přírůstku astronomických poznatků s čím dál tím většími přesahy do fyziky, chemie, geologie a dokonce i biologie, o informatice ani nemluvě. Přitom vyhlídky na zlepšení nejsou valné; řečeno slovy Sira Winstona Churchilla (během bojů ve II. světové válce *„Toto není konec. Není to ani začátek konce, ale možná je to konec začátku."*

(Konec Žně objevů 2003)



Takto by měl v dubnu 2006 vypadat přílet automatické sondy Venus Express k cílové planetě.

ru 1,3 a 0,3 metru. Sonda dále nese dvě antény všesměrové, které budou používané pro komunikaci při startu, v úvodní fázi letu a při případném výskytu nouzových režimů.

Celková startovací hmotnost Venus Express byla 1270 kilogramů včetně 570 kg pohonných látek. Z toho 93 kg připadalo na sedm přístrojů. Zajímavé je, že jen dva byly vyvinuté zcela nově pro průzkum Venuše, zbývající pětice představovala záložní exemplář z Mars Expressu nebo takřka identické kopie aparatur pro něj vyvinuté.

Hlavním cílem automatické stanice Venus Express se má stát zkoumání atmosféry cílové planety, přičemž sonda se primárně zaměří na následující oblasti zájmu:

- Studium skleníkového efektu na Venuši.
- Snaha najít odpověď na otázku, proč Venuše rotuje „proti směru" a tak pomalu (jedna otočka kolem osy za 243 dní).
- Sledování silných větrných proudů permanentně se vyskytujících v ovzduší (které celou planetu „obletí" za pouhé čtyři dny).
- Záhadné absorpce ultrafialového záření ve výšce kolem 80 km.
- Záhadné slabé magnetické pole planety.
- Interakce slunečních částic s horními vrstvami atmosféry.

Let sondy je rozdělený do čtyř fází: start, [meziplanetární] přelet, navedení na oběžnou dráhu [Venuše] a vědecké. V současné době probíhá meziplanetární přelet, přičemž v průběhu ledna 2006 (po uzávěrce tohoto Kozmosu) mělo dojít ke korekčnímu manévru TCM-2. Jen pro úplnost: manévr TCM-1 se uskutečnil dva dny po startu a 209 sekund hoření motoru znamenalo změnu rychlosti o 3,43 m/s.

Jedenáctého dubna 2006 se očekává přílet sondy k Venuši a manévr VOI (Venus Orbit Insertion), kdy bude na 53 minut zapojen hlavní motor. Tím se rychlost automatu sníží o 1,3 km/s, díky čemuž přejde na oběžnou dráhu kolem druhé planety sluneční soustavy. Pak bude následovat ještě pětidenní základní manévrování. Poté přijde na řadu „vyladění" oběžné dráhy tak, aby 7. května 2006 byla sonda usazena na dráze pracovní: tou bude velmi výstřední polární dráha s hodnotou pericentra 250 a apocentra 66000 km (oběžná doba 24 hodin). Čtvrtého června 2006 pak má být zahájena vědecká část mise, prozatím rozplánovaná a zafinancovaná do 24. srpna 2007. Pokud ale vše půjde podle plánu, na palubě sondy by měly být rezervy pohonných látek nejméně do konce roku 2008.

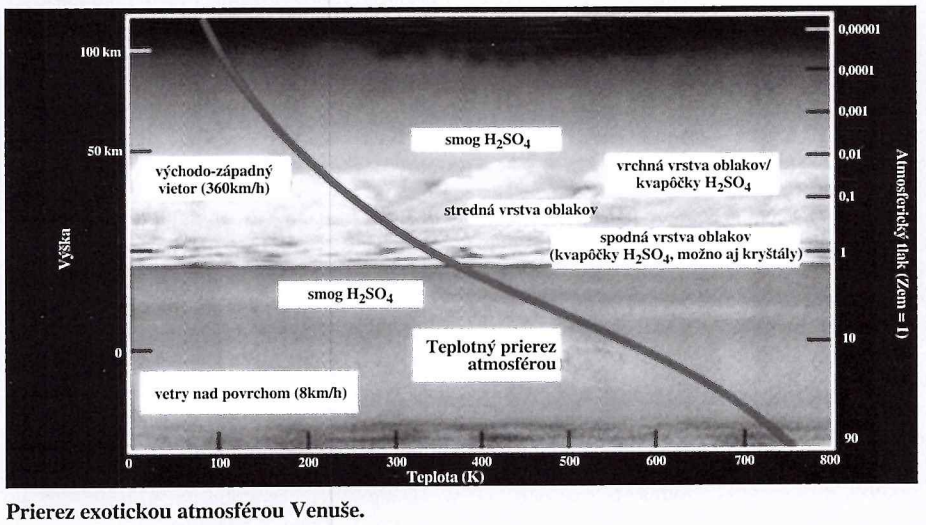
Díky probíhajícím misím Mars Express, Venus Express, několika vědeckým družicím u Země (např. Envisat) a chystané Bepi Colombo k Merkuru je ESA v současné době jedinou kosmickou agenturou na světě, která má programy zahrnující průzkum všech čtyř vnitřních planet sluneční soustavy…

TOMÁŠ PŘIBYL

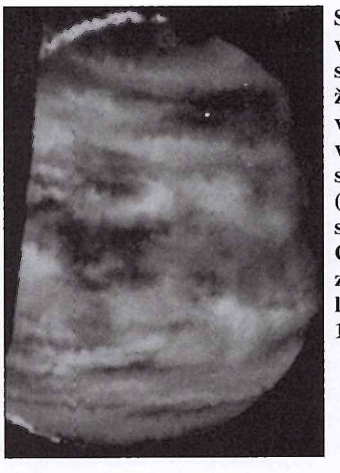
Foto: ESA

Kôra Venuše, na rozdiel od Zeme, je kompaktná: nie je rozlámaná na litosferické dosky, ktorých pohyb na Zemi vyvoláva zemetrasenia, vulkanizmus i vznik pohorí. Zemský geostroj je živý, subdukcia zabezpečuje neustálu chemickú recykláciu.

Z údajov radarovej sondy Magellan (zviditeľnených v mapách povrchu) však jednoznačne vyplýva, že povrch Venuše je relatívne mladý. Na povrchu dominujú dva typy krajiny: hladké vulkanické planiny pokrývajú 80 % povrchu, 8 % tvoria deformované vyvýšeniny – tesserae. Aj povrch Venuše, napriek hustej atmosfére, je pokrytý impaktnými krátermi. Magellan ich zmapoval vyše 1000, ale väčšinou ide o mladé impakty. Vedci preto predpokladajú, že povrch Venuše má nanajvýš 1 miliardu rokov a podľa všetkého sa periodicky obnovuje. Najstaršími útvarmi sú vráskavé, vyvýšené tesserae, pretože tie masívne výlevy čadiču (ide o neznámy druh globálneho vulkanizmu) nezaliali.



Prierez exotickou atmosférou Venuše.

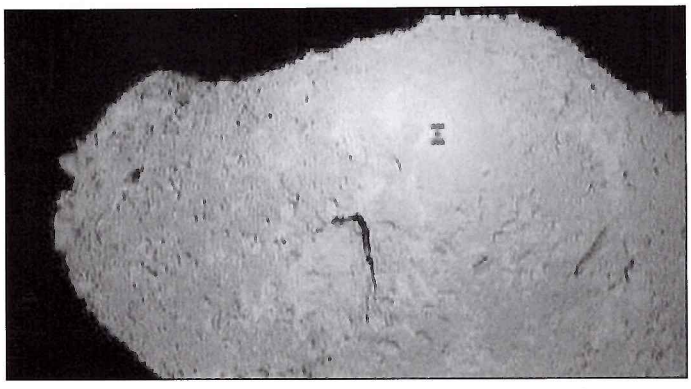


Spodná vrstva atmosféry Venuše žiari v noci v infračervenom svetle. (Foto: sonda Galileo zo vzdialenosti 100 000 km).

Prvú snímku z povrchu Venuše získala sovietska sonda Venera 13, ktorá pristala na povrchu 1. marca 1982.

Hayabusa: naděje a zklamání

V Kozmosu 6/2005 jsme přinesli článek „Sonda Hayabusa u cíle“, v němž jsme se s japonskou meziplanetární sondou Hayabusa rozloučili 1. listopadu 2005. Tedy v době, kdy už několik týdnů pracovala v bezprostřední blízkosti svého cíle – asteroidu Itokawa. A také v době, kdy před sebou měla několik nejdůležitějších manévrů celé mise. Jak tyto nakonec probíhaly?



Devátého listopadu 2005 se Hayabusa přiblížila k asteroidu Itokawa na sedmdesát metrů.

Jen si připomeňme několik důležitých informací, které sice byly zmíněné v předchozím příspěvku, ale které jsou pro pochopení dalšího sledu událostí důležité. Prvním problémem, s nímž se sonda setkala, byl zhruba o tři měsíce opožděný přílet k asteroidu. To pak způsobilo, že na některé události nebyl dostatek času – a ten opravdu citelně chyběl, jak je uvedeno níže. Druhou velmi podstatnou skutečností bylo, že v červenci a září 2005 postupně Hayabusa přišla o dva ze tří stabilizačních gyroskopů. Díky tomu musela stanice využívat ke své stabilizaci drahocenných pohonných látek – a i těchto se pak dramaticky nedostávalo.

Jak měl vypadat pobyt sondy u asteroidu poté, co jsme se s ní v minulém Kozmosu rozloučili? Dne 4. listopadu 2005 měla provést zkušební sestup k Itokawě a v případě jeho hladkého průběhu měly 12. a 25. listopadu následovat dvě přistání spojené s odběry vzorků hornin. Do 10. prosince 2005 (kdy se uzavíralo startovací okno) pak měla Hayabusa zapnout svůj iontový motor, který by ji vyslal na dráhu k Zemi. A desátého června 2007 mělo její návratové pouzdro s drahocennými vzorky hornin přistát v australské poušti Woomera.

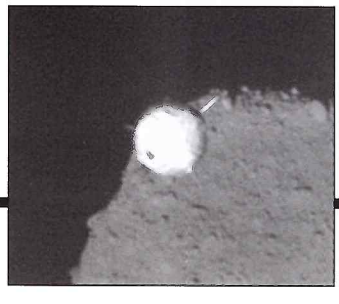
Jenomže člověk míní… Prvního listopadu 2005 se Hayabusa nacházela 4,4 kilometru od asteroidu a pomalu se k němu začala přibližovat. Na konci následujícího dne už obě tělesa dělilo je 3,5 km a třetího listopadu tato vzdálenost klesla na zhruba polovinu. Jenomže 4. listopadu bylo nutné ve výšce 700 metrů nad povrchem další přibližování přerušit, protože palubní počítač shledal odchylky od plánovaného průběhu.

Japonská kosmická agentura JAXA se poté rozhodla další časový plán mise upravit – zkušební přiblížení mělo být zopakováno o tři dny později a další pak 12. listopadu. S odběrem vzorků se počítalo až devatenáctého. To byla další komplikace (nicméně pro budoucí přistání bohužel nezbytná). Jednak se tím ještě více zhustil plán prací pro sondu a jednak už počátkem listopadu JAXA varovala, že na palubě Hayabusy je výrazně méně pohonných látek pro chemické motory než je potřeba pro bezpečný návrat k Zemi. Jedno přiblížení k asteroidu „nad plán“ tak znamenalo další spotřebu drahocenných látek. Jenomže japonští specialisté neměli na vybranou.

Sedmého listopadu 2005 se uskutečnil zkušební sestup do výšky sedmdesáti metrů k asteroidu, který proběhl prakticky bez potíží. Dokonce se při přiblížení podařilo odzkoušet jeden ze tří značkovacích terčů TM (Target Marker). To je malá lesklá koule, která je ve výšce cca sto metrů odhozena na povrch asteroidu. Hayabusa ji pak při přistávání osvětluje svým palubním laserovým reflektorem, takže tento pasivní cíl vede sondu k povrchu jako maják. Např. z úhlové velikosti koule je možné stanovovat průběžně přesnou vzdálenost sondy od asteroidu. Z jejích změn pak rychlost apod.

Jenomže když se JAXA pokusila o zopakování přiblížení 12. listopadu, potíže se vyskytly. Dle plány byl ve sto metrech nad povrchem odhozený přistávací modul MINERVA o hmotnosti 600 gramů s trojicí palubních kamer, který měl na povrch asteroidu dosednout. Nicméně díky problémům s orientací sondy došlo k uvolnění MINERVY pravděpodobně v okamžiku, kdy se Hayabusa od Itokawy vzdalovala – nikoliv, kdy se přibližovala, aby modul mohl setrvačností dosáhnout povrchu. MINERVA sice prokazatelně pracovala a vysílala (odeslala dokonce fotografie zachycující část panelů slunečních baterií Hayabusy), ale namísto přistání na asteroidu zamířila do hlubin vesmíru. Úniková rychlost u Itokawy je totiž pouhých 20 cm/s… Tento dílčí nezdar ovšem neměl přímý vliv na vlastní činnost sondy.

První značkovač TM je odhozený a snáší se k povrchu Itokawy (9. listopadu 2005).



Devatenáctého listopadu 2005 se po dvou testovacích sestupech vše zdálo připraveno k vlastnímu odběru vzorků hornin. Japonští vědci už raději přestali sledovat palivoměr sondy, protože bez vzorků hornin stejně návrat na Zemi neměl smysl. Takto byla alespoň šance získat cenné údaje z bezprostřední blízkosti asteroidu a shromáždit technické údaje pro budoucí meziplanetární mise (což ostatně byl jeden z hlavních úkolů letu, protože šlo o technologickou výpravu).

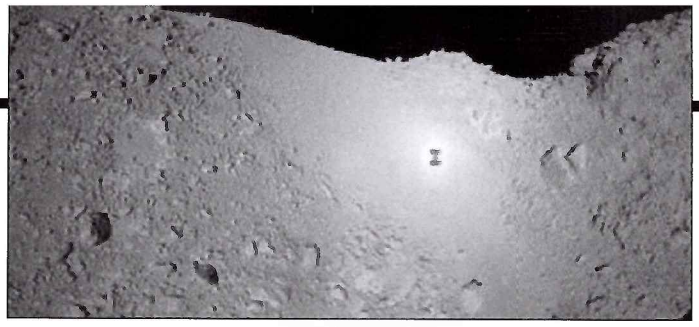
Ve výšce čtyřicet metrů nad povrchem byl svržený značkovač TM. Do cca osmnácti metrů sonda sestupovala využívaje vlastního navigačního programu, pak přešla na navigaci právě pomocí značkovače. V této chvíli neprobíhala komunikace mezi sondou a Zemí, a to ze dvou důvodů. Jednak byla Země k Itokawě natočena tak, že k asteroidu nesměřovala v dané chvíli žádná anténa sítě DSM (Deep Space Missions) a jednak pro sondu byla prioritou vlastní orientace vůči asteroidu, nikoliv orientace hlavní komunikační antény k Zemi. Ostatně, pozemní řídící středisko by stejně nemohlo kvůli značné vzdálenosti, kterou musel rádiový signál ze sondy překonávat, operativně reagovat.

Přesto se určité signály podařilo zachytit. Nicméně tyto byly nesmírně slabé a jejich interpretace nejasná. Podle nich sonda na povrchu nedokázala přistát – pohybovala se cca půl hodiny ve vzdálenosti plus minus deset metrů nad asteroidem, ale protože „uhnula“ stranou od značkovače, vydal palubní počítač příkaz k odletu.

Při něm se vyskytly anomálie v údajích o vzdálenosti a počítač raději přešel do bezpečného módu. Příkaz byl přitom v dané chvíli jasný: rychle pryč od asteroidu, aby nedošlo ke kolizi s fatálními následky. Díky tomu se Hayabusa expresním tempem během dvou a půl hodiny dostala až na 100 kilometrů od Itokawy. Její „normální“ místo přitom mělo ležet někde mezi čtyřmi a šesti kilometry od asteroidu. Že při tom spálila další cenné pohonné látky (a ne málo) asi netřeba zdůrazňovat.

Jen pro úplnost dodejme, že na základě následně získaných dat se podařilo potvrdit, že Hayabusa na Itokawě opravdu přistála (předtím se dvakrát povrchu dotkla, ale poskočila) a na povrchu strávila zhruba třicet minut. Odběr vzorků ale neprovedla, protože jeden ze senzorů našel nesrovnalost a operaci zablokoval. Nicméně i tak si japonská kosmonautika připsala prvenství – poprvé v historii výzkumu vesmíru se podařil start automatické sondy z asteroidu a de facto z jakéhokoliv jiného tělesa než ze Země či z Měsíce…

Vraťme se ale zpět k Hayabuse – pro ni začal hektický závod s časem. Především byla mimo kontrolu (palubní počítač stále v bezpečnostním režimu), dále velmi daleko od asteroidu, odběr vzorků se nezdařil, další termín se neúprosně blížil (25. listopadu) a stejně tak i definitivní datum pro odlet k Zemi (10. prosince). A to nemluvíme o faktu, že před druhým pokusem o odběr vzorků bylo potřeba získat



Snímek z průběhu prvního pokusu o odběr vzorků hornin 19. listopadu 2005 – všimněte si stínu sondy Hayabusa na povrchu asteroidu. Záběr pořízený z výšky 370 m.

ze sondy informace o prvním neúspěšném, aby bylo možné se poučit z „krizového vývoje". Mimochodem, termín odběru 25. listopadu nebylo možné změnit: vzhledem k velkému množství meziplanetárních sond ve všech možných koutech vesmíru je nyní komunikační síť DSN přetížena, takže je nutné si ji rezervovat s dostatečným předstihem. Jakákoliv změna je právě kvůli přesnému rozdělení vysílacích a přijímacích časů vyloučena, protože by působila potíže jiným sondám.

Během hektických 48mi hodin dokázali japonští specialisté dostat sondu jakž-takž pod kontrolu a „vyždímat" z ní maximum informací. Dne 22. listopadu 2005 byl zahájený návrat k asteroidu a vzdálenost činila 77 km. O den později už jen polovinu této hodnoty – a 24. listopadu klesla pod 20 km. Že byla tato rychlost přibližování za cenu velké spotřeby pohonných látek asi není potřeba připomínat. V tuto chvíli nicméně už nikdo nevěřil, že Hayabusa bude mít palivo na návrat na Zemi. Vždyť byly pochybnosti, zdali vůbec vystačí na druhý pokus o odběr hornin…

Dne 25. listopadu byl zahájený druhý a finální pokus o odběr vzorků hornin (nebyly pohonné látky, nebyla komunikační kapacita sítě DSN). JAXA se tentokráte rozhodla nevypouštět druhý značkovač TM (na palubě byly celkem tři), ale zamířit k prvnímu vysazenému už 19. listopadu – ten byl prokazatelně na povrchu asteroidu a jakožto pasivní těleso s ním neměl být problém. Taky nebyl – Hayabusa ho ve čtyřicetimetrové výšce skutečně zaregistrovala.

Oproti prvnímu pokusu o přistání bylo provedeno několik změn. Jednak došlo k výraznému omezení počtu nouzových situací, na které měla sonda reagovat – Japonci šli za hranici rizika, ale beztak neměli co ztratit… Hayabusa měla na povrchu asteroidu strávit jedinou sekundu, přičemž by vystřelila v rozestupu 0,2 sekundy dvojici jednogramových projektilů z tantalu, které měly zvířit horninu na povrchu, která by byla následně odebrána do návratového pouzdra.

Přerušení spojení se sondou při přistání se opakovalo. Ale výsledná situace tentokráte byla přesně opačná: zatímco při prvním pokusu se vědci domnívali, že povrchu dosaženo nebylo a následně se museli opravit, nyní oznámili přistání i úspěšný odběr horniny – a tuto zprávu pak museli dementovat. Vycházeli z informace, že palubní počítač vydal příkaz k vystřelení dvojice projektilů – k tomu mělo dojít na povrchu. Do dnešního dne se přitom odběr z 25. listopadu nepodařilo uspokojivě osvětlit. Důvodem se staly vážné potíže Hayabusy ve dnech příštích.

Většina indicií ovšem nasvědčuje tomu, že se odběr nezdařil. Pyrotechnické nálože projektilů totiž nebyly odpálené. Ale zároveň senzory nepředaly ani informaci, že by k odpálení nedošlo. V okamžiku předpokládaného výstřelu sice došlo k nárůstu teploty – ale ne k tak vysokému, jak se předpokládalo. Podle některých analýz k odběru přece jen mohlo dojít – a informace nemáme kvůli problémům s resetem ovládacích počítačů. Definitivní rozhřešení by mohl dát až návrat pouzdra se vzorky – viz níže.

Na sondě se při odletu od Itokawy začaly kupit problémy. Nejprve byl zaznamenaný únik paliva (jako by ho měla sonda na rozdávání…) v subsystému B (což je jeden ze dvou orientačních subsystémů na Hayabuse). Proto byl ze Země vyslaný příkaz k uzavření ventilů a vypojení subsystému B. Jenomže samotný subsystém A nestačil k přesné orientaci sondy k Zemi. Nejspíše obsahoval kusy zmrzlého paliva…

Ve stejné době (tedy v nejméně vhodném okamžiku, jak už to tak bývá) se vrátily potíže s dodávkou elektrické energie, které zapříčinily několikaměsíční odklad příletu k Itokawě. Díky tomu málem došlo k vyčerpání veškeré energie z palubních akumulátorů. Dne 28. listopadu 2005 se nepodařilo z Hayabusy zachytit vůbec žádný signál, o den později pak jen nesmírně málo. Sonda neplánovaně rotovala (impuls jí dal únik paliva ze subsystému B), a to rychlostí jedné otočky za šest sekund. Přitom vždy se podařilo zachytit asi sekundovou sekvenci – cca 8 bitů zprávy (tedy jeden znak).

Třicátého listopadu 2005 JAXA oficiálně zahájila záchranné operace – a ve stejný den přišla po dlouhé době pozitivní zpráva. Hayabusa zareagovala na povely ze Země (byť šlo jen o velmi jednoduché příkazy týkající se vypínání a zapínání radiomajáku, znamenaly, že sonda není definitivně „mrtvá"). Specialisté řídící její let to komentovali slovy: „Bylo to neobvyklé štěstí, že sonda dokázala obnovit svoji orientaci, energii a komunikaci."

Prvního prosince se nicméně potvrdila neschopnost automatu mířit sluneční baterie na Slunce. Ten byl odkázaný čím dále více na tenčící se zásoby energie v akumulátorech. Palubní počítač reagoval na tento stav postupným vypínáním jednotlivých přístrojů a zařízení, což ale prodlužovalo dobu potřebnou k zjištění stavu (odvysílání dat k vysvětlení anomálií). Druhého prosince začala JAXA používat svého iontového motoru ke stabilizaci – pohonných látek pro chemické motory už v nádržích zbývalo opravdu nepatrné množství, a toto byla jediná možnost, jak misi ještě udržet při životě (když už ne rovnou zachránit).

Třetího prosince 2005 svírala osa komunikační parabolické antény sondy úhel se Zemí úhel 20° až 30°. „Iontové" řešení stabilizace zabralo, protože o dva dny později to bylo už jen 10 až 20 stupňů. Šestého prosince byla konečně odeslána data týkající se odběru hornin z 25. listopadu – ale jejich analýza přinesla více otázek než odpovědí…

Optimisté se po několika drobných úspěších začali ozývat s tím, že pokud se nevyskytnou další potíže, dokáží se sondou odstartovat během několika dní k Zemi! Osmého prosince dokonce poklesla rychlost rotace sondy na jednu otáčku za šest minut. Nicméně ve světle posledních událostí byl stále návrat Hayabusy spíše zbožným přáním než konstatováním reálného stavu. Devátého prosince totiž byla se sondou ztracena veškerá komunikace – nejspíše došlo k odpaření zamrzlého paliva v subsystému A, což opět uvedlo automat do rotace. Pokusy obnovit stabilitu pomocí zbytků pohonných látek se nezdařily.

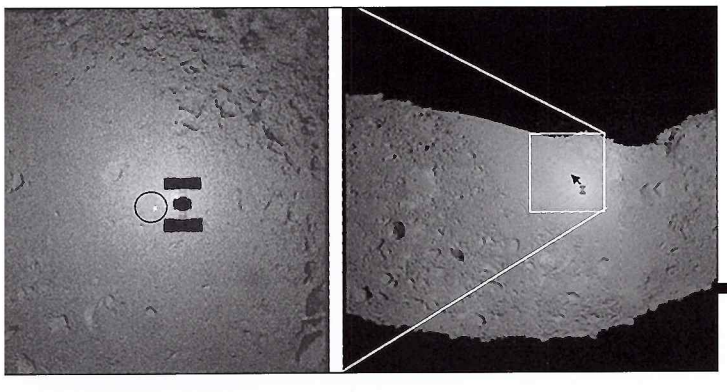
Navzdory tomu JAXA misi neprohlásila za ztracenou, nicméně pouze odložila návrat sondy o dva roky… Hayabusa teď bude několik měsíců „mrtvým" tělesem, než se její rotace samovolně ustálí – pak je podle japonských vědců šedesátiprocentní šance, že se komunikaci podaří obnovit. Mezitím bude čas „dobrousit" použití pouze iontového pohonu ke stabilizaci (s chemickým už se počítat nedá – pokud vůbec nějaké palivo zůstalo, tak je celý systém nejspíše v dezolátním stavu). Desátého února 2007 se pak otevírá další startovací okno pro návrat na Zemi. Pokud se stane zázrak, Hayabusu se podaří „umoudřit", iontová stabilizace bude fungovat a nevyskytnou se žádné další potíže, může návratové pouzdro přistát na Zemi desátého června 2010.

Nicméně i kdyby se toto nepovedlo, zůstane Hayabusa navždy zapsána v kronice kosmonautiky jako jedna z nejzajímavějších meziplanetárních misí. A přestože (nejspíše) nedosáhne na metu stoprocentního úspěchu, nešlo o zbytečnou výpravy. Přesně to charakterizoval vedoucí projektu Juičiro Kavaguči z JAXA: „Přiblížit se a přesně přistát na nepravidelně tvarovaném tělese vyžaduje sofistikovanou techniku – a tu teď máme ve svých rukách. A tak se nacházíme v situaci, kdy jsme začali připravovat návrh na další misi návratu vzorků hornin."

TOMÁŠ PŘIBYL

Foto: JAXA

Návrat na místo prvního pokusu o odběr se uskutečnil 25. listopadu 2005. Na snímku vpravo pohled na celkovou situaci, na snímku vlevo pak výřez detailu s patrným stínem sondy a viditelným značkovačem (bílá tečka v označeném kroužku) zanechaným na povrchu při předchozím pokusu o odběr.



Nový typ složených elementárních částic – pentakvarky – konečně prokázán?

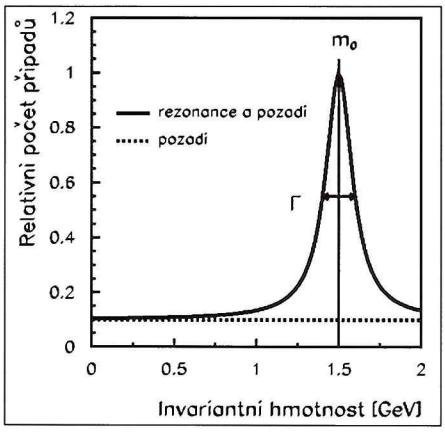
Pokračování

Experimentální hledání pentakvarků

Podívejme se, jak se pentakvarky hledají. Velká část dosud pozorovaných částic složených z kvarků má velmi krátkou dobu života. Nemůžeme je pozorovat přímo, ale pouze prostřednictvím jejich rozpadu. K hledání takových částic pak potřebujeme urychlovač, který urychlí částice (například protony) na velmi vysoké energie. Jejich celková energie[9] musí převyšovat klidovou energii částice, kterou chceme vytvořit. V našem případě to znamená rychlosti blízké rychlosti světla a nutnost použití speciální teorie relativity při popisu pozorovaných jevů. Při srážce takto urychlené částice se část její kinetické energie přeměňuje na klidovou energii nově vznikajících částic. Vzniklá částice existuje pouze velmi krátkou dobu a pak se rozpadá na nové částice, z nichž některé mohou být také nestabilní. Pokud se nám podaří všechny produkty rozpadu zachytit a určit jejich hybnost a energii, můžeme určit hodnotu klidové energie (hmotnosti) a další charakteristiky původní částice. Můžeme je určit díky zákonům zachování energie, hybnosti, momentu hybnosti, elektrického náboje, baryonového čísla nebo dalších fyzikálních veličin. Klidová hmotnost je stejná, neměnná – cizím slovem invariantní – ve všech souřadných soustavách, proto se často mluví o invariantní hmotnosti. Mezi celkovou energií E, hybností p a klidovou energií E_0 platí podle speciální teorie relativity vztah $E^2 = p^2c^2 + E_0^2$. Při experimentech tak spočítáme z hybností a energií zachycených částic invariantní hmotnost pro každý zachycený případ a všechny je vyneseme do spektra invariantních hmotností[10]. Jakým způsobem lze získat vztahy pro určení invariantní hmotnosti v případě rozpadu na dvě částice, je pro zájemce ukázáno v dodatku tohoto článku[11].

Rezonance

Pokud by v mikrosvětě platily zákonitosti klasické fyziky, měla by klidová hmotnost přesně definovanou hodnotu a chyba jejího určení by závisela pouze na přesnosti našich měřících přístrojů (jak přesně určují hybnosti a energie zachycených částic). V mikrosvětě však platí kvantové zákonitosti, a tedy i Heisenbergův princip neurčitosti. Ten také určuje souvislost mezi přesností definování klidové energie (hmotnosti) ΔE (Δm) a dobou života příslušné částice $\Delta\tau$. Platí $\Delta E \times \Delta\tau = \Delta mc^2 \times \Delta\tau \geq h$. Jestliže budeme určovat invariantní (klidovou) hmotnost z hybností a energií částic, které zachytíme v detektorech, dostaneme v případě, že existuje vázaný stav, který se na pozorované částice rozpadl, maximum případů u klidové hmotnosti příslušné částice *(viz obr. č. 5)*. Čím více je hodnota klidové hmotnosti rozmazaná (čím je širší pík ve spektru invariantních hmotností), tím je doba života částice kratší. Určení šířky $\Gamma = \Delta mc^2$ píku ve spektru invariantních hmotností nám tak umožňuje určit i dobu života τ příslušné částice. Částice, které mají velmi krátkou střední dobu života ($\tau \leq 10^{-20}$s), můžeme pozorovat pouze jako „rezonanční" píky ve spektrech invariantních hmotností a nazýváme je rezonancemi.

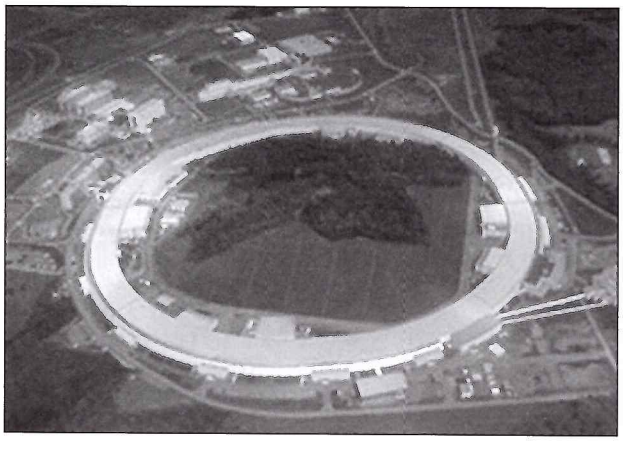


Obr. č. 5. **Příklad spektra invariantní hmotnosti s přítomnou rezonancí.**

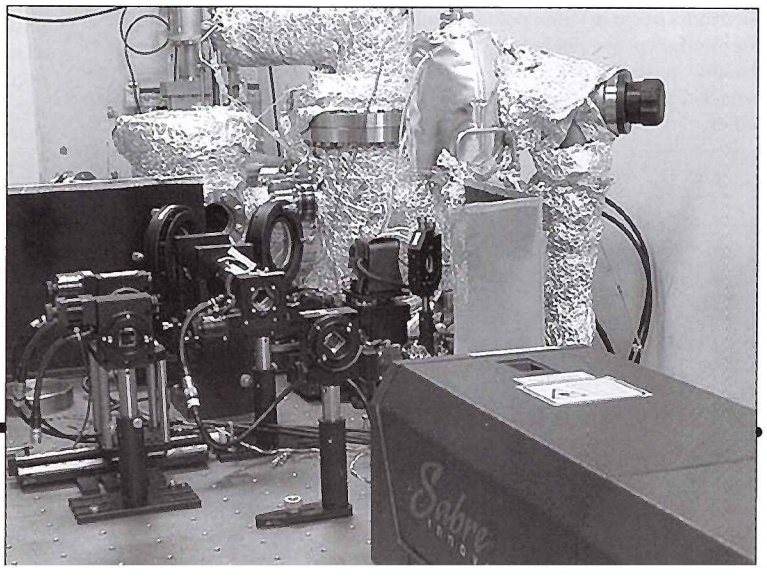
První pravděpodobný pentakvark – zařízení LEPS v Japonsku

První pravděpodobné pozorování pentakvarku θ^+ bylo učiněno v Japonsku na experimentálním zařízení LEPS (Laser Electron Photon at SPring-8) na urychlovači elektronů SPring-8 (Synchrotron Production ring – 8 GeV[12]). Podrobněji si popíšeme, jak takové zařízení vypadá a jak probíhal experiment, při kterém byl kandidát na pentakvark pozorován. Velmi podobně fungují totiž i další analogické experimenty. Zařízení Spring-8 je urychlovač elektronů a je jedním z největších pro produkci tzv. synchrotronového záření. Využívá se toho, že nabitá částice, která se pohybuje se zrychlením vyzařuje elektromagnetické záření. Tomuto záření se říká brzdné. Pro brzdné záření, které vzniká při pohybu nabité částice v magnetickém poli se ujalo už zmíněné označení synchrotronové záření (velice intenzivně se totiž projevuje právě na urychlovačích, které urychlují elektrony na velmi vysoké – relativistické – energie a nazývají se synchrotrony[13]). Urychlovače urychlující velmi intenzivní svazek elektronů na energie v oblasti řádově stovek MeV až GeV (v popisovaném případě 8 GeV – osmička v názvu zařízení) jsou tak zdroji velmi intenzivního rentgenovského záření. V případě hledání částic s energií v oblasti několika GeV (klidové energie pentakvarků) nám však rentgenovské záření nestačí. Potřebujeme fotony záření gama s energií v oblasti GeV. Takové fotony můžeme získat s využitím popsaného urychlovače pomocí jiného fyzikálního procesu. Jedná se o comptonovský rozptyl. V tomto případě se jedná o pružný rozptyl fotonu na volném elektronu.

Klasický příklad comptonovského rozptylu je jedním ze tří procesů, kterými interaguje záření gama s látkou (dalšími dvěma jsou fotoefekt a tvorba párů elektron a pozitron). V tomto případě má elektron velmi malou kinetickou energii, ta je vůči energii fotonu a klidové energii elektronu zanedbatelná. Foton předá část energie elektronu a po rozptylu má nižší energii. Maximální energii předá při čelní srážce (rozptyl do úhlu 180°). V našem případě se jedná o jiný typ comptonovského rozptylu, kterému se někdy říká inverzní comptonovský rozptyl. Při něm má elektron velmi vysokou energii a energie fotonu i klidová energie elektronu je vůči ní zanedbatelná. Elektron tak předá energii fotonu. Maximum energie získá foton v případě čelního nárazu. Její velikost závisí na energii fotonu, elektronu a je-



Obr. č. 6. **Urychlovač SPring-8 a laser zařízení LEPS.**



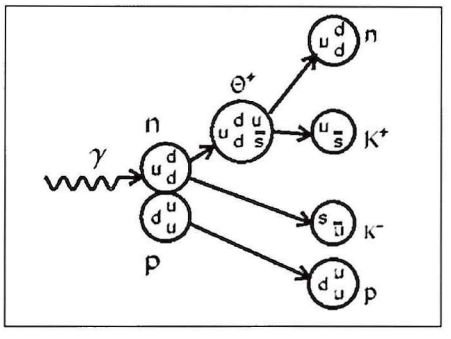
jich poměru ke klidové energii elektronu. Na zařízení LEPS se využívají fotony světla z argonového laseru, který pracuje v ultrafialové oblasti (jeho vlnová délka 351 nm odpovídá energii 3,5 eV)[14]. Laser je velmi intenzivní zdroj fotonů světla.

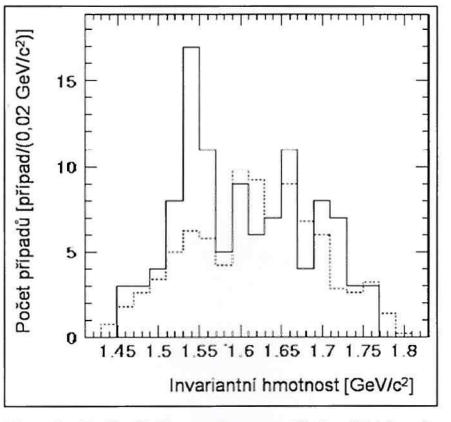
Pravděpodobnost comptonovského rozptylu není vysoká, a proto je nutné, aby i intenzita svazku elektronů byla vysoká. V případě urychlovače SPring-8 je proud v urychlovači 100 mA, což odpovídá počtu $0{,}6\times10^{18}$ elektronů za sekundu[15]. Pro energii fotonu 3,5 eV a energii elektronu 8 GeV je maximální energie fotonů pro rozptyl dozadu (úhel rozptylu $\vartheta = 180°$) a její hodnota je 2,4 GeV. Jakým způsobem lze hodnotu maximální možné energie fotonu spočítat, se můžete podívat do dodatku. Konkrétní energii fotonu pro každý jednotlivý případ můžeme určit velice přesně využitím metody značených fotonů. V tomto případě se změří přesná hodnota energie rozptýleného elektronu a tím známe díky zákonu zachování energie i přesnou energii fotonu. Z technických (prostorových důvodů) lze takto využívat fotony s energií v oblasti 1,5 GeV až 2,4 GeV. Typický tok těchto fotonů, který lze získat, je ~ 10^6 fotonů za sekundu, tedy o dvanáct řádů méně než je elektronů ve svazku urychlovače.

Svazek fotonů je využíván k hledání nových a studiu známých krátce žijících částic (rezonancí) vznikajících v reakcích fotonu gama s neutronem ($\gamma + n$) nebo fotonu gama s protonem ($\gamma + p$). Ve spektrech invariantních hmotností určených z energií a hybností částic zachycených detektory se hledají píky odpovídající příslušným částicím.

V našem případě se zkoumala reakce, při které v reakci $\gamma + n$ vzniká podivný mezon K^- a pentakvark θ^+. Pentakvark se pak následně rozpadá na podivný mezon K^+ a neutron: $\gamma + n \rightarrow K^- + \theta^+ \rightarrow K^- + K^+ + n$. Protože není možné připravit terč ze samotných neutronů, využíval se terč z plastikového scintilátoru, což je sloučenina uhlíku a vodíku. V terči tak byly obsaženy jak neutrony tak i protony. Bylo tedy třeba vyloučit reakce $\gamma + p \rightarrow K^- + K^+ + p$ a to bylo možné díky detekci a identifikaci protonu ve scintilátoru. Většina dvojic $K^- + K^+$ vzniká jako důsledek vzniku a rozpadu mezonu ϕ. Vyloučením případů, které ve spektru invariantní hmotnosti spadnou do píku, který odpovídá mezonu ϕ, lépe vyčistíme získaná data. Nakonec je třeba vyřešit ještě jeden problém. Neutron je neutrální částice a v daném případě s poměrně nízkou energií a nelze jej detekovat. Známe však energii a hybnost původního fotonu a vyletujícího mezonu K^-. Můžeme tak určit „chybějící" invariantní hmotnost, která patří mezonu K^+ a neutronu. A právě ve spektru této chybějící invariantní hmotnosti byl pozorován pík odpovídající možnému kandidátu na pentakvark *(obr. č. 7.)*. Určená klidová (invariantní) hmotnost tohoto kandidáta na pentakvark byla 1,54 GeV/c^2. Šířka je menší než změřená v experimentu, protože ta je hlavně dána přístrojovým rozlišením (přesností, s jakou se určují energie a hybnosti detekovaných částic). Velmi úzká šířka energetického rozmazání (< 25 MeV) však také znamená poměrně dlouhou dobu života těchto objektů. Pozorovaný pentakvark by měl existovat ~10^{-20}s, než se rozpadne na mezon a neutron.

Příslušná rezonance ve spektru invariantních hmotností s danými charakteristikami by se dala vysvětlit i vznikem „molekuly" složené z jednoho baryonu a jednoho mezonu. Jednalo by se o vázaný systém dvou částic, který má pochopitelně stejný celkový náboj i podivnost jako pentakvark. Relativně velmi dlouhá doba života objektu (rozmazání hodnoty invariantní hmotnosti) podporuje spíše interpretaci pentakvarkem. Konečné řešení by mohlo dát určení rozměru soustavy. Ten by měl být pro molekulu větší.



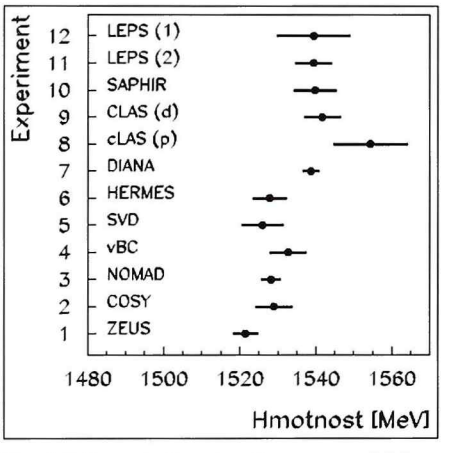


Obr. č. 7. **Průběh reakce s předpokládaným vznikem a rozpadem pentakvarku θ^+ při experimentu LEPS na urychlovači SPring-8. Spektrum invariantních hmotností z tohoto experimentu. Čárkovaně je vyznačeno předpokládané pozadí falešných případů.**

Další pozitivní i negativní pozorování

Do současné doby byly publikovány nebo prezentovány přes dvě desítky výsledků experimentů, které hledaly stejný objekt v dalších reakcích. Využívaly se nejen svazky fotonů (jako na LEPS), ale i mezonů K^+, elektronů, pozitronů i protonů). Část experimentů (okolo deseti) potvrzovala výsledky získané v Japonsku, část (okolo osmi) nepozorovala žádný náznak existence hledaného objektu. Na *obr. č. 8* je srovnání velikosti klidové hmotnosti pozorovaných kandidátů z pozitivních experimentů. Pokud jsou udávané chyby měření v pořádku, je rozptyl experimentálních dat dost velký. Pozorovaná šířka píku je dána přesností měření u osmi experimentů a skutečná šířka je menší než 20 MeV/c^2. U dvou je přesnost větší a byla v nich změřená šířka několik MeV/c^2. Ve všech zmíněných případech nešlo o experimenty specializované na hledání pentakvarku a jejich statistika byla poměrně malá. Přesto se však zdá, že nejde o pouhou hru statistiky – statistickou fluktuaci. I když je třeba zdůraznit, že negativní experimenty měly většinou statistiku vyšší. Další pochybnosti o pozitivních pozorováních přináší, že 20. června 2005 ohlásil experiment CLAS z Národní laboratoře Thomase Jeffersona v USA, že měření při daleko vyšší statistice jeho předchozí pozorování, které je uvedeno i na *obr. č. 8*, nepotvrzuje. V tomto případě se jednalo nejspíše o statistické fluktuace.

Jak by se dalo vysvětlit případné pozorování píku v jedněch experimentech a jeho nepozorování v jiných? Důležité je, že se ve většině případů jednalo o experimenty využívající rozdílné typy reakcí s rozdílnou energií a hybností vnášenou částicí svazku. Právě to může být důvodem, že v jedněch reakcích jsou pentakvarky vidět a v druhých ne. Pravděpodobnost jeho vzniku může být velmi citlivá na konkrétním mechanizmu reakce, kterou ho produkujeme.



Obr. č. 8. **Srovnání hmotností pozorovaných kandidátů na pentakvark θ^+ v různých experimentech.**

Je třeba se zmínit i o tom, že experiment NA49 pracující na urychlovači SPS v laboratoři CERN (Švýcarsko) ohlásil pozorování dalšího exotického pentakvarku Ξ^{--} v reakci protonu na protonu s dostupnou energií 17,2 GeV a experiment H1 na urychlovači HERA ohlásil objev částice θ_c (kvark s je nahrazen kvarkem c). V obou případech však několik dalších experimentů pracujících na stejném urychlovači i jinde tyto rezonance nepozorovalo, a tak jsou tyto výsledky velmi sporné.

A co dále?

Protože je vyřešení otázky existence pentakvarků v jaderné a částicové fyzice opravdovým hitem posledních let, chystá se v nejbližších letech několik experimentů, které by byly pastmi na tuto exotickou částici. Tyto experimenty nové generace jsou dokonalejší, připravovány speciálně pro lov pentakvarků. Měly by tedy potvrdit nebo vyvrátit předchozí pozorování a díky daleko větší získané statistice vyřešit i otázku interpretace případně pozorovaných objektů. Nejdůležitější je přesné určení šířky rezonance (doby života částice), spinu a parity zatím nejčastěji pozorovaného kandidáta na pentakvark θ^+ a nalezení dalších lehkých pentakvarků (s kvarkem s) i případných těžkých pentakvarků (obsahujících kvark c nebo b). Důležité by bylo také vyřešení otázky, zda

opravdu neexistují u pentakvarku θ^+ partneři θ^0 a θ^{++}, a tím buď potvrdit, nebo vyvrátit jeho zařazení do vrcholu dekupletu a rozhodnout tedy, který z možných multipletů se realizuje. Dá se očekávat, že se plánované experimenty uskuteční a otázku existence pozorované rezonance θ^+ vyřeší. Pokud se její vysvětlení prostřednictvím pentakvarku nepotvrdí, bude hledání multikvarků dále pokračovat. Fyzikové už několikrát zažili planý poplach v honbě za těmito exoty, takže není vyloučeno, že se zase jedná jen o jeden z dalších vrcholů sisyfovského úsilí a bude znovu následovat pád do údolí. I v tomto případě však bude úsilí v této oblasti pokračovat, až do objevení multikvarku nebo do objevení fyzikální zákonitost, která by existenci takových objektů zakazovala.

Závěr

Zatím nelze existenci pentakvarků považovat za prokázanou. I když se „nový kontinent" ve světě částic podaří experimentálně nezvratně potvrdit, bude potřeba vyřešit řadu dalších principiálních otázek. Jaká je struktura a dynamika těchto objektů? Co je důvodem jejich nízkých hmotností, malých šířek (dlouhých dob života)? Jaké existují další multikvarkové struktury 6q, 7q, 8q ... Nq? Existuje nějaká horní limita pro číslo N?

Studium pentakvarků nám přinese hlubší pochopení kvantové chromodynamiky při nízkých energiích, a tím i struktury hmoty, která nás obklopuje. Jak už jsem se zmínil, pokud pentakvarky existují, musely se tyto exotické částice vyskytovat ve vesmíru krátce po jeho vzniku běžně a mohly tak ovlivnit jeho vlastnosti. Pro pochopení stavby a vývoje našeho světa je tedy jejich zkoumání nezbytné. Jak je patrno, lov pentakvarků je náročným i velmi zajímavým úkolem. Jejich vznik a rozpad lze hledat a případně studovat i ve srážkách těžkých jader. Studiem takových srážek se zabývají i skupina v našem ústavu zapojená do mezinárodního experimentu STAR pracujícího na urychlovači RHIC v Brookhavenu (USA). Také naši studenti se snaží hledat otisk vzniku pentakvarku v datech získaných tímto zařízením.

VLADIMÍR WAGNER
ÚJF AVČR Řež

[9] Celková energie částice se skládá z klidové energie, která je Einsteinovým vztahem $E_0 = mc^2$ spojena s klidovou hmotností, kterou má částice v klidu, a kinetické energie.

[10] Spektrum invariantních hmotností je závislost počtu detekovaných případů na invariantní hmotnosti.

[11] Dodatek můžete nalézt v internetové verzi článku na adrese http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/pentakvark/pentakvark.pdf.

[12] V jaderné fyzice se používá jednotka energie eV = 1,602?10^{-19} J. Připomínám, že 1 GeV = 10^9 eV.

[13] Synchrotron je urychlovač, ve kterém je vliv zvyšování hmotnosti relativistických částic na pohyb částice kompenzován nárůstem intenzity magnetického pole tak, aby frekvence urychlovacího napětí mohla zůstat stejná.

[14] Vztah mezi energií fotonu E_γ, jeho frekvencí υ či vlnovou délkou λ je dán Planckovou konstantou $h = 6{,}626\times10^{-34}$ Js = $4{,}136\times10^{-15}$ eVs (vztah mezi energetickými jednotkami je eV = $1{,}602\times10^{-19}$ J) a rychlostí světla $c = 3\times10^{-8}$ m/s a můžeme ho vyjádřit ve tvaru $E_\gamma = h\times\upsilon = hc / \lambda$.

[15] Intenzita urychlovače se často udává v jednotkách proudu. Intenzitu určenou v jednotkách počtu částic za časovou jednotku pak dostaneme, jestliže proud dělíme nábojem urychlované částice. Elektron má náboj $1{,}602\times10^{-19}$ C. Intenzita 100 mA je tedy $0{,}6\times10^{18}$ elektronů za sekundu.

Deviata zákrytová exoplanéta

Európski lovci exoplanét pod vedením Michela Mayora (Ženevské observatórium) oznámili objav už deviatej extrasolárnej planéty, ktorá periodicky zakrýva materskú hviezdu. Exoplanéta obieha okolo HD 189733, hviezdu typu K s magnitúdou 7,7 v súhvezdí Vulpecula. Pre profesionálov je tento objav vzácnou koristou, pretože ide o planétu, pri ktorej možno počas zákrytov zmerať aj vlastnosti jej atmosféry. Hostiteľská hviezda sa nachádza 0,3 oblúkového stupňa od hmloviny M27.

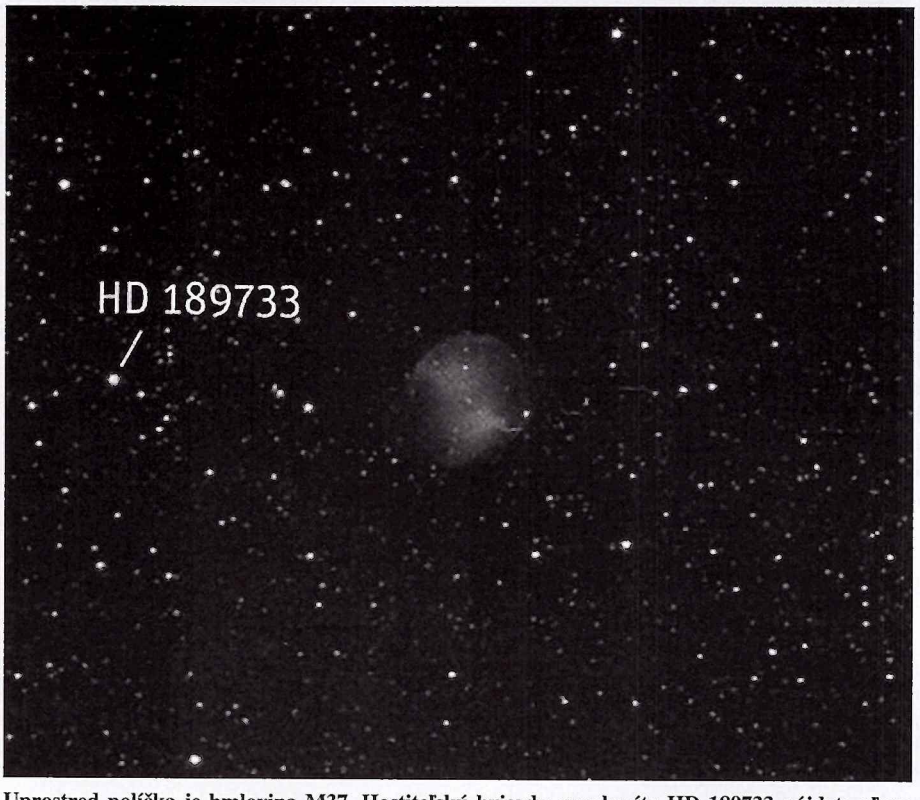
Exoplanétu objavili pomocou 1,9-metrového teleskopu na Haute-Provence Observatory vo Francúzsku. Prezradili ju periodické zmeny radiálnej rýchlosti materskej hviezdy, ktoré sú jasným dôkazom toho, že hviezda má najmenej jednu obežnicu. Objav v tomto prípade potvrdili aj optické pozorovania, pretože hvezdári zaznamenali počas zákrytov aj periodické oslabovanie svetla hostiteľskej hviezdy. Posádka 1,2-metrového ďalekohľadu na tom istom observatóriu zaznamenala pravidelný pokles jej svietivosti o 3 percentá (0,03 mag), trvajúci 2 hodiny. Ide o doteraz najvzdialenejší zákryt hviezdy exoplanétou.

Zo získaných údajov vedci vypočítali, že exoplanéta obehne svoju hviezdu za 2, 219 dňa vo vzdialenosti 0,031 vzdialenosti Zem/Slnko. Hmotnosť planéty (1,15 ± 0,04 Jupitera), priemer (1,26 ± 0,03 Jupitera) a hustota (0,75 ± 0,08 g/cm^3) prezradili, že ide o spuchnutého planetárneho obra (horúci Jupiter), ktorý stráca obrovské množstvo hmoty.

Objav planéty zaktivizoval aj hvezdárov, ktorí zaznamenávajú pomocou HST a Spitzera aj vlastnosti ostatných, doteraz objavených zákrytových exoplanét. Exoplanéta HD 189733b je vďačným objektom najmä preto, lebo jej obežná dráha je mimoriadne tesná a takmer ideálne kruhová. Vďaka tesnej dráhe a relatívnej veľkosti planéty sa ľahko merajú aj periodické poklesy svietivosti. Navyše: svietivosť hostiteľskej hviezdy a jej vzdialenosť (63 svetelných rokov) dovoľuje zachytávať jasné signály s minimom porúch.

Exoplanéta má aj ďalšiu prednosť: relatívne vysoká teplota jej povrchu umožňuje aj detekciu jej infračervených emisií, takže údaje, ktoré získal Spitzerov vesmírny teleskop zo zákrytových exoplanét HD 209458b a TrES-1, budú môcť vedci už čoskoro porovnať s parametrami HD 189733b.

Tešiť sa môžu aj amatéri a študenti, pretože aj s malými ďalekohľadni opatrenými CCD budú môcť 3-percentný pokles svietivosti zaznamenať. Prvým amatérom, ktorému sa to podarilo, sa stal Ron Bissinger z Kalifornie.



Uprostred políčka je hmlovina M37. Hostiteľskú hviezdu exoplanéty HD 189733 nájdete vľavo od nej.

Astronomy and Astrophysics

Rozprávkový čas

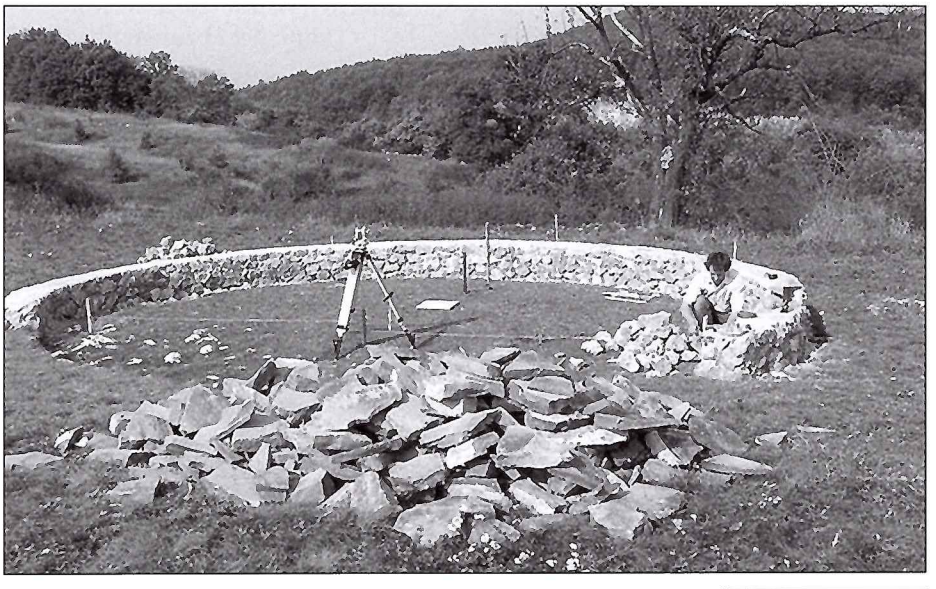
Cítite sa ako v rozprávke, keď sa tieň pomaly kĺže popri Zlatovláske, Černokňažníkovi, Jankovi a Marienke a ďalších postavičkách na slnečných hodinách v Drienčanoch. Vracajú vás do detstva a možno to bol aj ten prvý poetický zámer autorov a starostky p. Koniarovej, ktorí aj takto zviditeľnili tvorivé pôsobisko Pavla Dobšinského. On práve na tunajšej fare spísal túto malú bibliu detstva, príbehy, v ktorých vždy víťazilo dobro, a preto na jeho počesť k 120. výročiu úmrtia boli 22. 10. 2005 odhalené netradičné rozprávkové slnečné hodiny na náučnom chodníku v Drienčanoch.

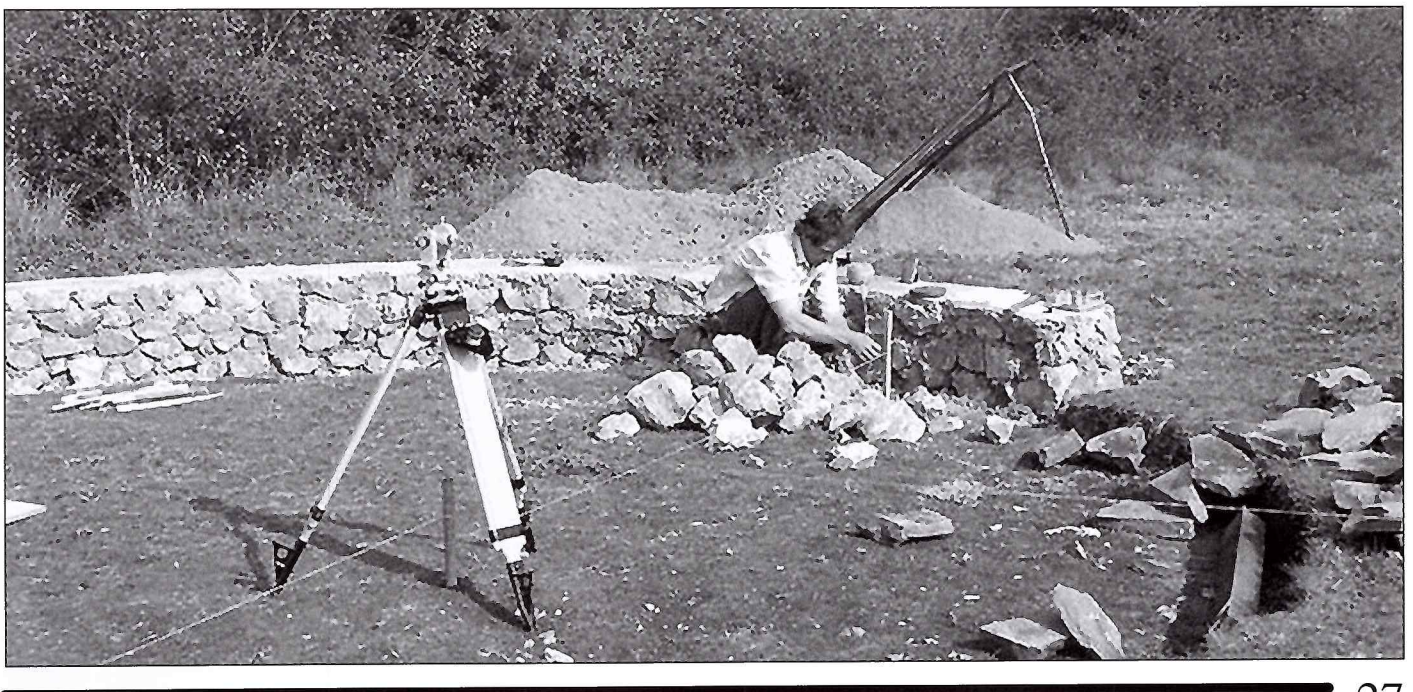
Zrodu týchto hodín predchádzala architektonická štúdia Ing. arch. Martina Santorisa, no od technického návrhu RNDr. Pavla Rapavého, vytýčenia pracovníkmi Hvezdárne v Rimavskej Sobote až po ich realizáciu nadšencami z Drienčan i ľudovým rezbárom Dušanom Šarkanom, uplynulo len čosi vyše dvoch mesiacov. V dobe, ktorá nepraje poézii ani astronómii, sa podarilo najmä vďaka iniciatíve starostky a projektu zrealizovať unikátne dielo, ktoré nás vracia nielen do detstva, ale i do začiatkov merania času. Obohatila sa tak zbierka slnečných hodín na Slovensku o hodiny, ktoré majú ďalší kultúrny rozmer a sú i novou turistickou atrakciou na náučnom chodníku Drienčanský kras. Ten, kto sa na potulkách Slovenskom dostane k vodnej nádrži Teplý Vrch, to má len na skok alebo čoby kameňom dohodil. Ak sa tu zastaví, môže zažiť ten archaický pocit plný inšpirácie a dotyk dávneho času.

DANKA RAPAVÁ

Foto: P. Rapavý

Celkový pohľad na slnečné hodiny.





Vymeriavanie slnečných hodín. Na obrázku J. Fabricius.

Klimatická zmena, alebo veľa kriku pre nič?

Kontroverzné aspekty teórie globálneho otepľovania

Klimatický systém je po človeku to najzložitejšie, čo poznám.... (A. Einstein)

Problematika klimatickej zmeny a jej možných dôsledkov je vo svete aj na Slovensku čoraz aktuálnejšia. Od začiatku roka 2005 sa toho v tejto oblasti veľa udialo. Najdôležitejším medzníkom bola ratifikácia Kjótskeho protokolu Ruskom a následný vstup tohto dokumentu do platnosti. Začiatkom roka tiež v Európe začali platiť nové pravidlá pre obchod s emisiami skleníkových plynov, ktoré vyvolali aj u slovenskej podnikateľskej vrstvy značnú nevôľu. V januári sa v britskom Exeteri konala konferencia o klimatických zmenách, ktorej výsledkom bol aj dokument vyzývajúci členov G8 k urýchlenému riešeniu tejto problematiky a varujúci pred možnými následkami, ktoré môžu nastať behom niekoľkých budúcich desaťročí. V júni sa do predsedníctva EU dostala Veľká Británia, ktorá si dáva za jeden z hlavných cieľov hľadanie východísk pri riešení problému klimatickej zmeny. Klimatická zmena sa mala stať diskusnou témou číslo 1 aj na stretnutí svetových ekonomických a politických lídrov G8 v škótskom Gleneagles. Očakávalo sa, že na tomto stretnutí by mohlo dôjsť ku konsenzu v riešení tejto problematiky aj zo strany USA – nestalo sa tak.

Všetky tieto udalosti boli sprevádzané nebývalým záujmom médií o problematiku globálneho otepľovania. Obľúbenou témou sú možné katastrofické scenáre vývoja klímy súvisiace s prudkým vzostupom hladiny oceánu či so zlyhaním termo-halinnej cirkulácie a možným prudkým ochladením v Európe. Druhým extrémom sú články bagatelizujúce informácie o globálnom otepľovaní a zavrhujúce akékoľvek pokusy o reguláciu emisií skleníkových plynov. Ak sa bežný občan prikloní k názorom zastávajúcim teóriu globálneho otepľovania a prejaví svoj súhlas s reguláciou skleníkových plynov, riskuje, že bude označený za fanatického ekologického aktivistu či za ľavicového intelektuála. Naopak, ak si vytvorí na celú vec názor prikláňajúci sa na stranu odporcov teórie globálneho otepľovania, môže byť označený za nezodpovedného nepriateľa prírody, chamtivého pravicového kapitalistu a člena petrochemickej lobby... Prečo je to tak? Prečo je v súvislosti s klimatickou zmenou toľko nejasností a protichodných informácií? Prečo sa táto téma dostáva čoraz viac do popredia politického záujmu?

Kontroverznosť teórie súčasnej klimatickej zmeny

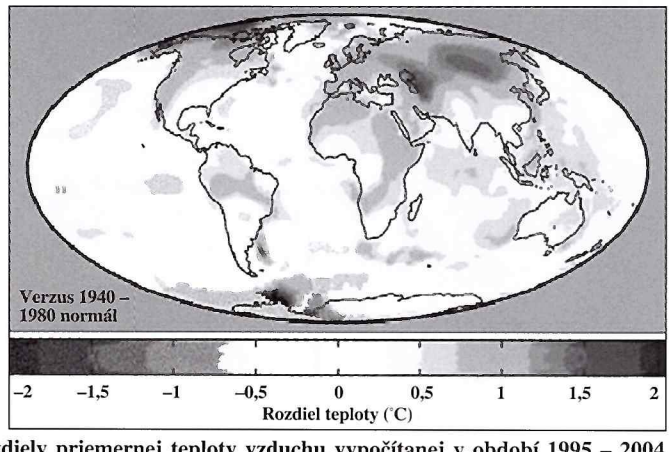
Prvým kontroverzným aspektom teórie globálneho otepľovania sú pochybnosti o tom, či globálne otepľovanie vôbec nastalo. Z meraní teploty vzduchu pri zemskom povrchu jednoznačne vyplýva globálny vzostup teploty vzduchu od 0,4 ÚC do 0,6 ÚC počas minulého storočia určený na hladine významnosti 95 % *(obr. 1a* a *1b)*. S takto určenými trendmi teploty korelujú aj úbytky ľadovcov a snehovej pokrývky a tiež vzostup hladiny oceána. Satelitné merania (dostupné od roku 1978) a aerologické merania[1] (dostupné od roku 1958) vykazujú rôzne, spravidla pomalšie rastúce trendy teploty vzduchu, ktoré sa líšia, ak sa použijú rôzne prístupy k spracovaniu týchto meraní *(obr. 2)*. Očakávali sa opačné výsledky – väčší vzostup teploty vzduchu v strednej troposfére, ktorá by sa mala ohrievať priamo pri absorbcii tepelného žiarenia Zeme skleníkovými plynmi. Problémom je malá dĺžka časových radov aerologických a satelitných meraní a ich nehomogenita (použitie rozdielnych meracích systémov v rôznych časových úsekoch meraní).

Ďalším problémom je možný vplyv tzv. ostrova tepla na rad pozemných meraní teploty vzduchu, ktoré sa obyčajne robia v blízkosti ľudských sídiel. Odporcovia teórie globálneho otepľovania argumentujú tým, že globálny vzostup teploty získaný z pozemných meraní je ovplyvnený práve dodatočným teplom z prehriatych mestských ulíc a dopravy. Túto teóriu potvrdzuje detegovaný väčší nárast nočných teplôt v porovnaní s dennými. Avšak štúdie, ktoré porovnali trendy nočných teplôt meraných pri podmienkach s bezvetrím a pri vetre, keď sa predpokladal pokles vplyvu dodatočného prehrievania vzduchu v urbanizovaných oblastiach, ukázali približne rovnaký vzostup sledovaných teplôt. Aj správa Medzivládneho panelu o klimatických zmenách pri OSN (IPCC) z roku 2001 berie do úvahy tento vplyv – osobitne sú počítané trendy teploty vzduchu v urbanizovaných a vidieckych oblastiach Zeme.

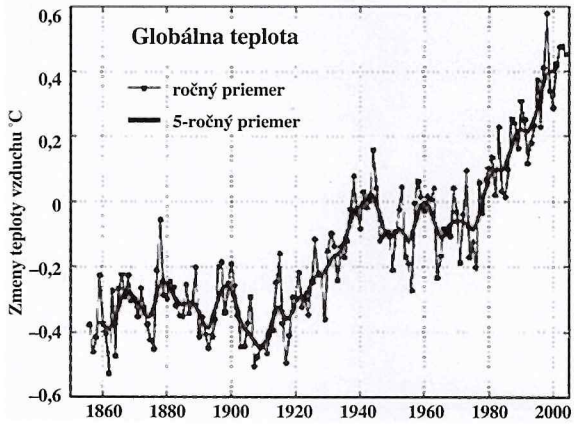
Niektorí odborníci tiež upozorňujú na to, že do úvahy by sa mali brať globálne trendy teploty vzduchu z tých oblastí Zeme, ktoré nie sú ovplyvnené periodickými vplyvmi atmosférických oscilácií, ako sú napr. ENSO (El Niño – Southern oscillation), NAO (North Atlantic oscillation) a AO (Arctic oscillation). Pri určení trendov teploty vzduchu, hlavne za kratšie časové obdobie, sa môže prejaviť vplyv prevládajúcej fázy atmosférickej oscilácie *(obr. 3)*. Teóriu globálneho otepľovania však podporujú prevládajúce tzv. teplé fázy týchto oscilácií pozorované v posledných desaťročiach. Výraznejšie vzostupné trendy teploty vzduchu pozorované na severnej pologuli, najmä v polárnych oblastiach *(obr. 4)* v porovnaní s južnou pologuľou môžu súvisieť s väčšou urbanizáciou a industrializáciou na severnej pologuli, ale aj s prevládajúcimi 'teplými' fázami atmosférických oscilácií AO a NAO, pozorovanými v poslednom období, teda so zmenou globálnych cirkulačných modelov.

Ďalšou nejednoznačnou otázkou je príspevok ľudskej činnosti ku globálnemu otepľovaniu. Merania potvrdzujú nárast obsahu oxidu uhličitého a iných skleníkových plynov v atmosfére v posledných desaťročiach *(obr. 5a)*. Kým niektoré skleníkové plyny sú jednoznačne produktom ľudskej činnosti, CO_2 sa dostáva do atmosféry aj bez prispenia ľudstva. Analýza vrs-

Priemerná teplota v rokoch 1995 až 2004

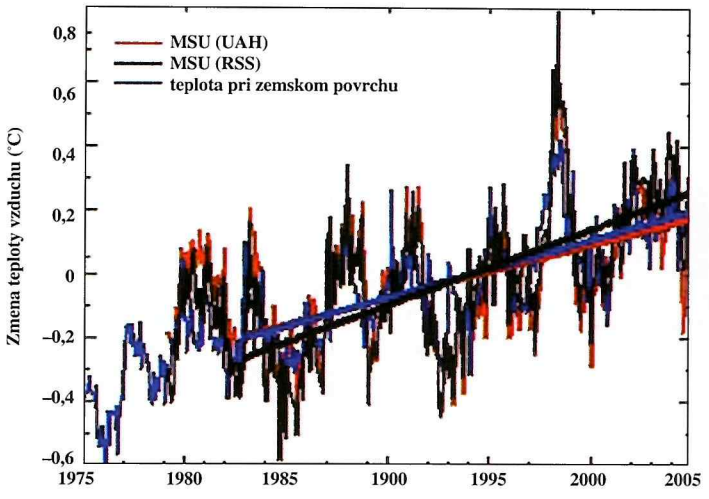


Obr. 1a: **Rozdiely priemernej teploty vzduchu vypočítanej v období 1995 – 2004 a 1940 – 1980. Údaje získané z NASA GISS meraní teploty vzduchu na pevnine a z meraní povrchovej teploty oceána. Priemerný globálny vzostup teploty v období 1995 – 2004, vzhľadom na klimatický normál 1940 – 1980 je 0,42 °C.**

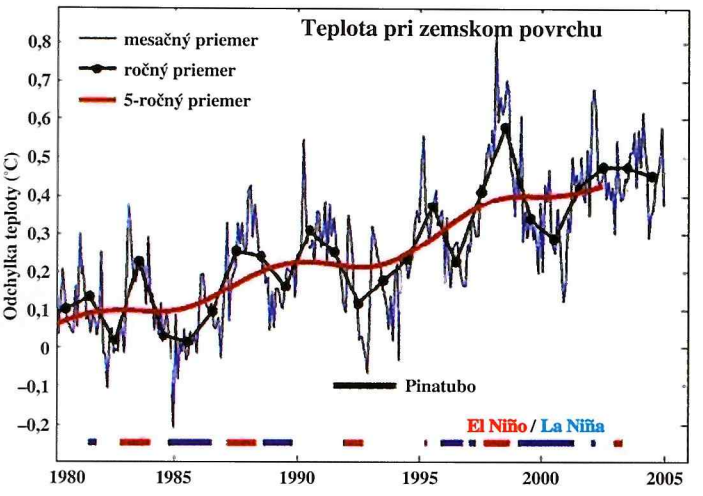


Obr. 1b: **Odchýlky od priemernej teploty vzduchu, vypočítanej v období 1961 – 1990, získané z pozemných meraní teploty vzduchu.**

Zdroj: East England University & Meteorological Office of the UK



Obr. 2: **Porovnanie pozemných a satelitných trendov teploty vzduchu – teploty sú normalizované vzhľadom na priemernú hodnotu vypočítanú za obdobie 1983 – 2004. MSU – microwave sounding system – meracie systémy umiestnené na družiciach NOAA. Meranie teploty vzduchu zo satelitov je založené na meraní intenzity spätného žiarenia v rôznych oblastiach vlnových dĺžok. Sú rôzne metodiky prepočtu meranej intenzity žiarenia na teplotu. Najčastejšie sa používajú RSS a UAH metodiky, pričom trendy teploty vypočítané týmito metódami sa v minulosti vzájomne líšili. V súčasnej dobe sa trendy teploty vypočítané metodikou UAH priblížili k hodnotám, získaným z pozemných meraní teploty. Trendy teploty v období 1983 – 2004 sú nasledovné:**
RSS – remote sensing systems: 0,237 °C /10 rokov
UAH – University of Huntsville and Alabama : 0,167 °C /10 rokov
Pozemné merania teploty: 0,182 °C /10 rokov.
Satelitné merania v období 1978 – 1982 vykazovali veľké rozdiely v porovnaní s pozemnými meraniami teploty, preto neboli brané do úvahy pri výpočte trendov.



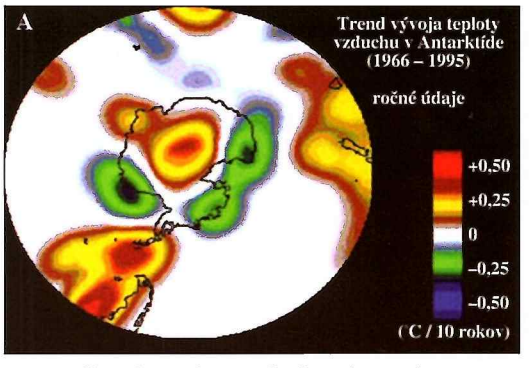
Obr. 3: **25-ročný rad globálnej teploty vzduchu získaný z pozemných meraní s vyznačenými periódami výskytu atmosférickej oscilácie ENSO (El Niño/La Niña) a sopečnej erupcie Mt. Pinatubo. Za periódu s výskytom ENSO je považované obdobie, keď 5-mesačný priemer indexu El Ninõ 3 prekročí 25-ročný priemer o viac ako 0,5 °C. Za obdobie ovplyvnené sopečnou erupciou Mt. Pinatubo je považovaný časový úsek, keď je satelitmi detegovaná prítomnosť sopečného prachu vo vyššej atmosfére. Uvoľnenie tepelnej energie z oceánu počas teplej fázy ENSO – El Niño – spôsobuje medziročný vzostup globálnej teploty Zeme. Sopečná erupcia spôsobila pokles globálnej teploty najmä kvôli sopečnému popolu a zlúčeninám síry, ktoré sa vo veľkom množstve uvoľnili do atmosféry.**

tiev ľadu polárnych ľadovcov ukázala, že výkyvy teploty na Zemi boli aj pred tisícročiami tesne zviazané s kolísaním hladiny CO_2 v atmosfére *(obr. 5b)*. Predpokladá sa, že pred začiatkom priemyselnej revolúcie bola koncentrácia CO_2 v atmosfére asi 288 ppm, v súčasnosti dosahuje hodnotu asi 368 ppm. Takýto prudký nárast koncentrácie CO_2 je aj v časovej škále 400 000 rokov neobvyklý *(obr. 5a)*.

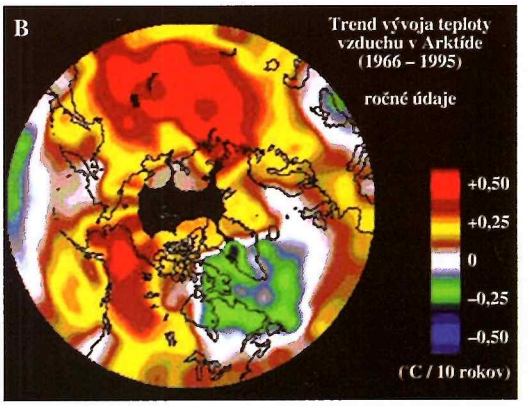
Nie je jasné, ako bude globálna teplota reagovať na ďalšie zvyšovanie koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére. Odporcovia teórie globálneho otepľovania rátajú s menším nárastom teploty vzduchu (o 1,4 – 2,8 °C) pri zdvojnásobení koncentrácie CO_2 v porovnaní s hodnotou pred priemyselnou revolúciou. Klimatické scenáre predpokladajú nárast teploty až o 2 – 11 °C. Takýto výrazný vzostup teploty vzduchu by sa dal vyjadriť exponenciálnym vzťahom medzi koncentráciou CO_2 a teplotou vzduchu *(obr. 6)*. Niektorí vedci sú presvedčení, že už súčasná koncentrácia CO_2 v atmosfére je taká, že tento plyn absorbuje vo svojich absorbčných pásoch všetko tepelné žiarenie emitované Zemou a že ďalšie zvyšovanie jeho koncentrácie už nemôže výrazne prispieť k ohrevu troposféry – t. j. že vzťah medzi CO_2 a teplotou Zeme je lineárny, alebo dokonca logaritmický *(obr. 6)*.

Často diskutovaná je aj kritická úroveň koncentrácie CO_2, ktorej prekročenie by viedlo k nezvratným zmenám v klimatickom systéme Zeme. Za takúto hodnotu médiá často uvádzajú koncentráciu CO_2 400 ppm, pri ktorej by mala teplota na Zemi stúpnuť o 2 °C v porovnaní s obdobím pred priemyselnou revolúciou. Či je to naozaj tá hodnota, po prekročení ktorej môžeme rátať s globálnou ekologickou katastrofou, nevieme na základe výsledkov klimatických modelov dokázať. Vo výzve, ktorú pred stretnutím členov G8 vydala skupina odborníkov blízkych IPCC – Recommendations of the International Climate change taskforce – sa hovorí o potrebe redukcie skleníkových plynov, aby sa dosiahol taký vzostup teploty, ktorý neprekročí 2 °C v porovnaní s obdobím pred priemyselnou revolúciou. Uvádza sa tu, že ak sa aj dodržia emisné limity stanovené Kjótskym protokolom, koncentrácia CO_2 bude stúpať počas nasledujúcich desaťročí k hodnote 400 ppb. Keďže sa predpokladá súčasný pokles obsahu aerosólov v atmosfére, ktoré teraz prispievajú k zmierneniu otepľovania, bude potrebné zabrániť prudkému vzostupu teploty, aspoň v prechodnom období, odstraňovaním CO_2 z atmosféry. Toto vyhlásenie vyzýva k dodržaniu Kjótskeho protokolu, k podpore rozvoja tzv. čistých technológií a k investíciám do rozvoja obnoviteľných zdrojov energie.

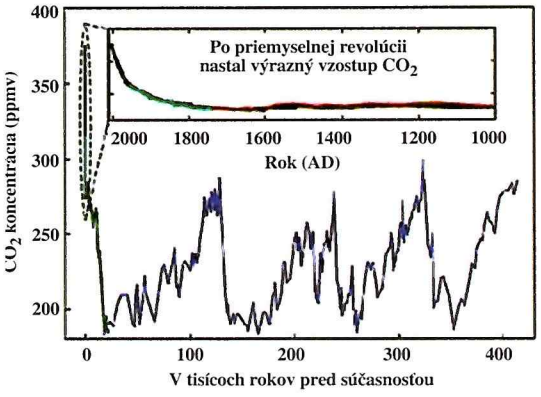
Dostávame sa k problematike modelovania globálnej klímy Zeme. Odporcovia teórie globálneho otepľovania vyčítajú súčasným klimatickým modelom veľkú mieru neurčitosti pri tvorbe klimatických scenárov v budúcnosti. V tohtoročnej publikácii (Radiation Forcing of Climate change: Expanding the concepts and Addressing the uncertainties) skupiny amerických odborníkov, združených v organizácii BASC (The Board on Atmospheric Science and Climate) sú zhrnuté problémy súčasného modelovania a kvantifikovania globálnej klímy, na ktoré by sa mal výskum v najbližšej dobe sústrediť *(obr. 7)*:



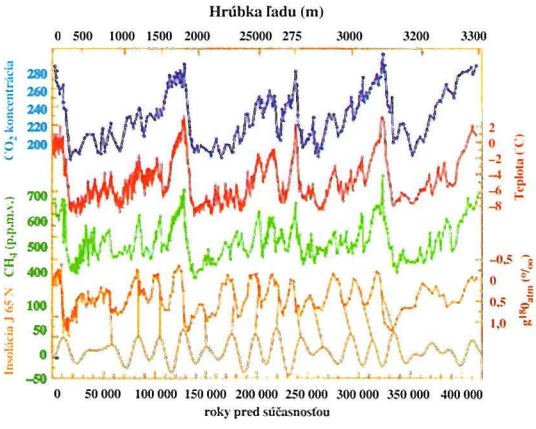
Obr. 4: **Trendy teploty vzduchu: A – v Antarktíde, B – v Arktíde.**
Zdroj http://arctic.atmos.uiuc.edu/



- objasnenie rozdielov **teplotných trendov pri povrchu Zeme a v strednej troposfére** – k tomu by malo prispieť ďalšie štúdium vplyvu rôznych druhov aerosólov na ohrev atmo-

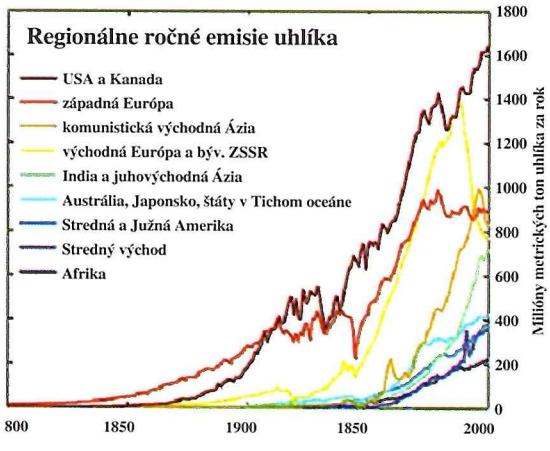


Obr. 5a: **Variácie koncentrácie oxidu uhličitého (CO_2) za posledných 420 000 tisíc rokov – dominanté sú zmeny súvisiace so striedaním ľadových a medziľadových dôb v súvislosti so zmenami Milankovićových astronomických parametrov. Nárast koncentrácie CO_2 po priemyselnej revolúcii nemá za posledných 420 000 tisíc rokov obdobu a môže súvisieť so spaľovaním fosílnych palív.**



Obr. 5b: **Údaje z analýzy 420 000 rokov starej vrstvy ľadovca na Antarktickej stanici Vostok => údaje odspodu obrázka:**
- **zmeny insolácie vypočítané podľa zmien Milankovićových astronomických parametrov**
- **zmeny podielu izotopov kyslíka O^{18} a O^{16} dO^{18} ako indikátora zmeny teploty na Zemi**
- **zmeny koncentrácie metánu (CH_4) vo vzduchu**
- **relatívna zmena teploty vzduchu získaná na základe analýzy podielu deutéria ^2H v ľade**
- **zmeny koncentrácie oxidu uhličitého (CO_2) vo vzduchu**

Na pomocnej x-ovej osi je škála vyjadrujúca hrúbku ľadovej vrstvy.



Obr. 5c: **Regionálne emisie uhlíka.**

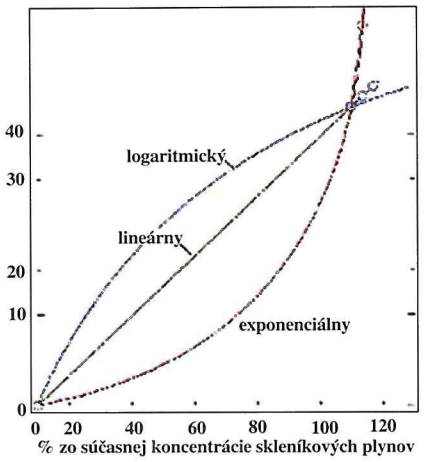
sféry – najmä tzv. čierneho aerosólu, intenzívne absorbujúceho tepelné žiarenie,

- sledovanie situácie v **stratosfére** (tzv. TOA – top of the atmosphere – koncept výskumu teplotných trendov v stratosfére a podielu ozónu, ale aj aerosólov, na zmenách stratosférickej teploty). Nevieme, aký je vplyv zmien celkového ozónu ako významného skleníkového plynu na zmeny klímy, keďže nevieme modelovať jeho množstvo v atmosfére ani za posledných 100 rokov. Modely by mali dospieť k tomu, aby boli schopné modelovať a predpovedať **vertikálne zmeny teploty vzduchu,**
- zistenie, ako radiačné faktory ovplyvňujú tvorbu zrážok, vertikálne premiešavanie, ako spolu súvisí **obsah aerosólu** a tvorba oblakov. Je potrebné presnejšie určiť, ako k ohrevu atmosféry prispievajú aerosóly zahrnutím ich priamych aj nepriamych vplyvov na ohrev a ochladzovanie vzduchu,
- presné určenie vplyvu **skleníkových plynov s krátkou dobou života** v atmosfére na globálne otepľovanie. Súčasné regulačné opatrenia v rámci Kjótskeho protokolu sa týkajú iba skleníkových plynov s relatívne veľkou dĺžkou zotrvania v atmosfére,
- pri modelovaní klímy zohľadnenie **vplyvu lokálnych faktorov** na zmenu klimatických pomienok, akými sú napr. lokálny charakter a zmeny obsahu aerosólu (napr. pokles obsahu SO_2 v Európe počas posledného desaťročia, osobitne sledovať oblasti s prirodzene vysokým obsahom aerosólu v ovzduší z horenia rozsiahlych plôch biomasy *(obr. 9)*, započítať vzostup koncentrácie sadzí v ovzduší v priemyselných oblastiach Ázie) a lokálny vplyv atmosférických oscilácií,
- separovanie dlhodobého vplyvu lokálnych, regionálnych a globálnych faktorov na zmenu klímy pri analýze časových radov meraní teploty vzduchu,
- určenie **vplyvu neradiačných faktorov na zmenu klímy**, ako je napr. zmena charakteru krajiny odlesnením alebo urbanizáciou.

Predpokladá sa, že započítanie všetkých týchto faktorov do výpočtu klimatických modelov by mohlo významne ovplyvniť trendy teploty vzduchu modelované v budúcnosti.

Na druhej strane, prívrženci teórie globálnej klimatickej zmeny argumentujú tým, že hoci je nepresnosť klimatických modelov veľká, súčasný globálny vzostup teploty sa nedarí modelovať bez započítania vplyvu ľudskej činnosti – hlavne bez uvažovania nárastu koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére, z čoho sa dá usúdiť, že ľudský faktor ovplyvňuje globálne oteplenie, a teda ho môže obmedzením produkcie skleníkových plynov aj redukovať.

Nevyjasnený stále zostáva vplyv slnečnej aktivity na globálnu klímu. Predpoklad, že Slnko priamo ovplyvňuje klímu Zeme, sa považuje za málo pravdepodobný. Otázne sú vplyvy variácie toku slnečného žiarenia v ultrafialovej oblasti spektra, ktoré dosahujú oveľa väčšie hodnoty ako zmeny celkového slnečného radiačného toku. Diskutujú sa tiež možné dôsledky kozmického žiarenia na klímu a na zmeny ob-

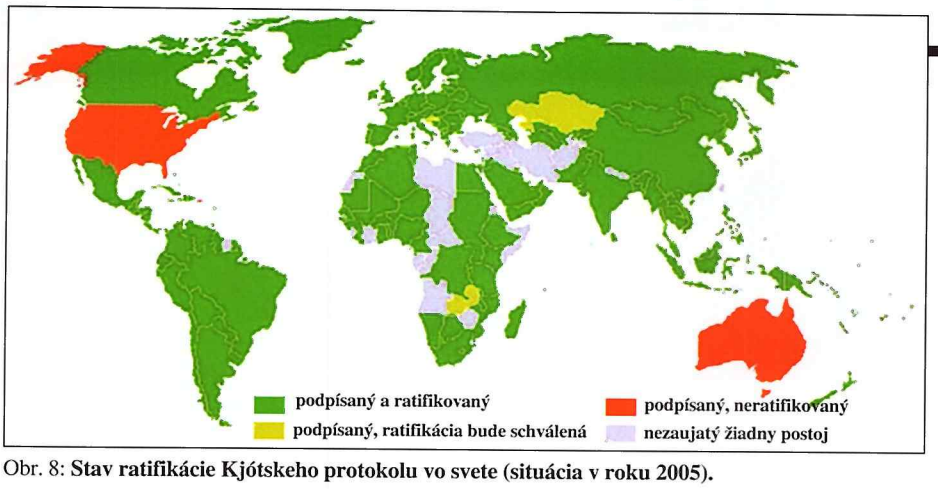


Obr. 6: **Odhad globálneho oteplenia následkom rastúcej koncentrácie skleníkových plynov, vyjadrenej v percentách zo súčasnej hodnoty (vzhľadom na situáciu bez akýchkoľvek skleníkových plynov v atmosfére). Vychádza sa z predpokladu, že bez prítomnosti skleníkových plynov by sa Zem neohrievala, pričom v súčasnosti skleníkové plyny spôsobujú globálny ohrev o 33 °C (priemerná teplota Zeme je cca 15 °C) – modrý krúžok pri 100 % koncentrácii skeníkových plynov. Čiernou farbou je vyznačené lineárne, modrou farbou logaritmické vyjadrenie vzťahu medzi koncentráciou skleníkových plynov a teplotou. Extrapolované sú teploty zodpovedajúce koncentrácii skleníkových plynov pri zdvojnásobení úrovne CO_2 v atmosfére. Červenou farbou je modelovaný exponenciálny vzťah medzi nárastom teploty a koncentráciou skleníkových plynov, ak vychádzame z prognóz klimatického modelu predpovedajúceho vzostup globálnej teploty o 9 °C pri zdvojnásobení súčasnej koncentrácie CO_2. Lineárna exrapolácia predpokladá globálny vzostup teploty o 1,4 – 2,7 °C pri zdvojnásobení koncentrácie CO_2. Nereálnosť odhadu nárastu teploty vplyvom zdvojnásobenia súčasnej koncentrácie CO_2 o 9 °C dokumentuje výpočet, že ak zdvojnásobenie koncentrácie CO_2 spôsobí nárast teploty o 9 °C, pri rovnakom radiačnom účinku by všetky skleníkové plyny museli spôsobiť ohrev atmosféry v súčasnosti o 107 °C (priemerná teplota Zeme v súčasnosti by musela byť 89 °C).**

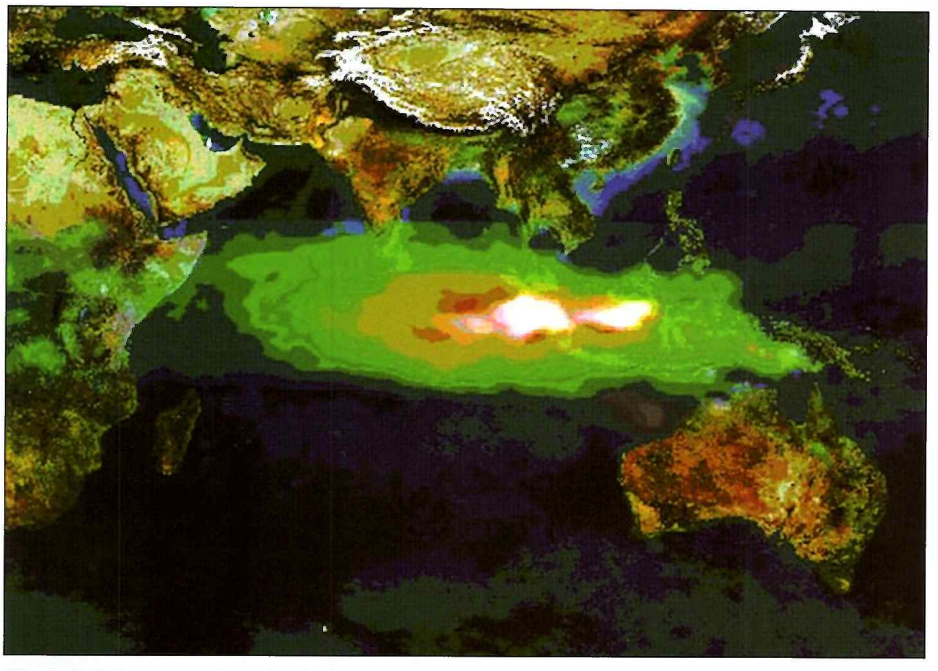
lačnosti na Zemi. Zatiaľ nie sú relevantné poznatky o mechanizmoch pôsobenia Slnka na zmeny klímy na Zemi, hoci boli detegované korelácie medzi kolísaním teploty na Zemi a zmenami slnečnej aktivity.

Neprajníci teórie globálneho otepľovania argumentujú aj tým, že jedna silná sopečná erupcia môže 'ochladiť' globálnu klímu rýchlejšie a výraznejšie ako pomalá redukcia emisií skleníkových plynov. Po výbuchu sopky Mt. Pinatubo v roku 1991 *(obr. 3)* síce nasledoval mierny pokles globálnych tepôt, ale už o niekoľko rokov sa stúpajúci trend teploty vzduchu dostal do pôvodných 'koľají'. Sopečné erupcie, pri ktorých sa do atmosféry dostane 'vhodný' aerosól, môžu zastaviť globálne otepľovanie len prechodne.

Ku kontroverzným aspektom globálneho otepľovania patria aj pohľady na následky globálneho otepľovania. Sú následky klimatickej



Obr. 8: **Stav ratifikácie Kjótskeho protokolu vo svete (situácia v roku 2005).**



Obr. 9: **Snímka zo satelitu TOMS zobrazuje oblasti horiacej biomasy v Indonézii – biela farba predstavuje oblasti blízko požiarov s vysokou koncentráciou aerosólu, zelenou, žltou a červenou farbou sú zobrazené oblasti s veľkou koncentráciou prízemného ozónu, ktorý vzniká sekundárne a šíri sa do veľkých vzdialeností od požiarov.**

zmeny natoľko nepriaznivé, aby sme museli s globálnym otepľovaním niečo robiť? Vieme predpovedať proces vývoja klímy s takou presnosťou, aby sme si dovolili s určitosťou povedať, že je potrebné zaviesť globálne regulačné opatrenia?

Kjótsky protokol

Kjótsky protokol je dodatkom k Rámcovej dohode o zmene klímy, ktorá bola v rámci OSN prednesená v Rio de Janero v roku 1992. Je to medzinárodná zmluva, ktorej cieľom je regulácia globálneho otepľovania. Krajiny, ktoré Kjótsky protokol ratifikovali, sa zaviazali zredukovať emisie CO_2 a ďalších 5 skleníkových plynov (NH_4, N_2O, SF_6, CFC a PFC), alebo v prípade, že budú ďalej zvyšovať emisie týchto plynov, zapojiť sa do obchodu s emisiami. Odhaduje sa, že v súčasnosti by kompletné dodržanie tohto protokolu viedlo k redukcii globálnej teploty o 0,02 – 0,20 °C do roku 2050 (podľa IPCC sa v období 1990 – 2100 predpokladá nárast globálnej teploty vzduchu o 1,4 – 5,8 °C). Aby tento protokol vstúpil do platnosti, bolo potrebné jeho ratifikovanie aspoň 55 krajinami reprezentujúcimi aspoň 55 % emisií uvedených skleníkových plynov. To sa stalo vo februári 2005, 90 dní po ratifikácii Kjótskeho protokolu Ruskom. Do augusta 2005 protokol podpísalo 153 krajín reprezentujúcich 61 % emisií skleníkových plynov *(obr. 8)*. Cieľom krajín, ktoré protokol podpísali, je do roku 2012 znížiť emisie skleníkových plynov o 5,2 %, v porovnaní s ich úrovňou pred rokom 1990. Na posúdenie splnenia tohto cieľa sa bude používať priemerná hodnota emisií za obdobie 2008 – 2012. Pre Európsku úniu (EÚ) (produkuje 21 % skleníkových plynov) to znamená redukciu emisií skleníkových plynov o 8 % (do roku 2008 sa predpokladá redukcia skleníkových plynov o 4,7 % v porovnaí so situáciou pred rokom 1990), pre USA o 7 %, pre Japonsko o 8 %. Rusko, vzhľadom na pokles priemyselnej produkcie po rozpade ZSSR, nemusí vyvíjať v súčasnosti snahu o redukciu týchto plynov. Austrália má dokonca povolený nárast emisií skleníkových plynov o 8 %. Kjótsky protokol nezaväzuje k redukcii skleníkových plynov rozvojové krajiny. V týchto krajinách sú spravidla emisie prepočítané na 1 obyvateľa oveľa menšie ako vo vyspelých priemyselných krajinách *(obr. 5c)*. Predpokladá sa spolupráca s týmito krajinami prostredníctvom tzv. CDM (Clean Development Mechanizm), pričom sa vyspelé krajiny zaväzujú financovať rozvoj tzv. čistých technológií, ktoré sa budú aj v rozvojových krajinách uprednostňovať.

Obchod s emisiami skleníkových plynov prebieha prostredníctvom emisných kreditov – ak štát produkuje menej skleníkových plynov, ako je limit pre neho určený, môže predať svoje prebytočné emisné kredity krajine, ktorá, naopak, emisné limity prekračuje. V súčasnosti takto profituje z Kjótskeho protokolu napr. Rusko, ale aj niektoré krajiny východnej Európy. Emisné kredity sa dajú získať nielen redukciou emisií skleníkových plynov, ale aj podporou tzv. čistých zdrojov energie, alebo vytváraním podmienok na 'odbúravanie' skleníkových plynov z atmosféry – napr. vysádzaním nových lesných porastov. Práve kvantifikácia týchto procesov na emisné kredity bola predmetom rozporov na stretnutiach signatárov Kjótskeho protokolu v Haagu a v Bone.

Kjótsky protokol doteraz neratifikovali najväčší producenti skleníkových plynov na jedného obyvateľa – USA a Austrália. V roku 1997 americký senát odmietol tento dokument s odôvodnením, že jeho prijatie by mohlo viesť k poškodeniu americkej ekonomiky. V súčasnosti predstavitelia USA zvýrazňujú kontroverzné aspekty klimatickej zmeny, poukazujú na zaradenie potenciálne najväčších emitorov skleníkových plynov Číny (40 % nárast produkcie skleníkových plynov v porovnaní s rokom 1990) a Indie medzi rozvojové krajiny. USA sa bez ratifikácie Kjótskeho protokolu zaviazali znížiť emisie skleníkových plynov o 18 %, hlavne podporovaním tzv. čistých technológií. Jednotlivé štáty a mestá USA vyvíjajú vlastné iniciatívy na redukciu skleníkových plynov. USA a Austrália sa zapojili do Iniciatívy Pacifických a Východoázijských krajín ASEAN (Association of Southeast Asian Nations), ktorá v rámci programu 'Asian and Pacific Partnership on Clean Development and Climate', dovoľuje svojim členom dať si vlastné ciele v redukcii skleníkových plynov.

S Kjótskym protokolom nesúhlasia všetci, ktorí pri zohľadnení kontroverzných aspektov teórie globálneho otepľovania nevidia potrebu regulovať vzostupný trend teploty na Zemi. K odporcom z radov vedcov USA patria napr. F. Singer a P. Michaels z Univerzity Virginia, R. Lindsen z MIT (Massachusetts's Institute of Technology), či F. Seitz z Oregonského Inštitútu pre vedu a medicínu. Práve títo vedci sa podieľali aj na tvorbe výziev proti relevantnosti teórie globálneho otepľovania a proti Kjótskemu protokolu, akými boli Heidelberská výzva (1992), Lipská deklarácia (1997, zástancom výzvy bol aj F. Singer riaditeľ organizácie SEPP – Science and Environmental Policy Project) a Oregonská petícia (1999 – 2001, podporovateľom bol F. Seitz – bývalý predseda Národnej Akadémie vied USA, iba 13 % podporovateľov výzvy bolo z radov odborníkov). Oveľa širšiu podporu, hlavne z radov odborníkov, má výzva na podporu riešenia globálneho otepľovania tzv. Call to Action. K ďalším odporcom Kjótskeho protokolu patrí

ASTRONOMICKÉ BINOKULÁRE

SkyMaster
15x70

Optiwiev 10x50
s LPR filtrami

SkyMaster
20x80

25x100

CELESTRON

POPIS PRODUKTOV

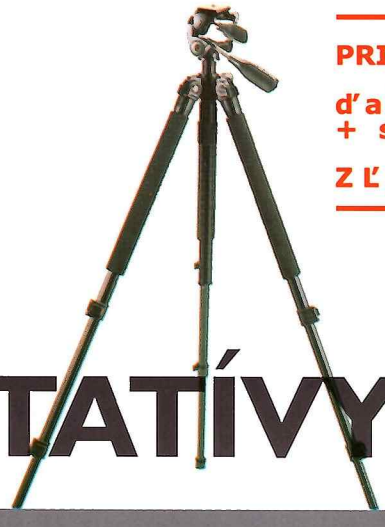
MODEL	ROZMER	HRANOLY	ZORNÉ POLE	VÝSTUPNÁ PUPILA	OČNÝ RELIÉF	HMOTNOSŤ
71007	12X60	BAK-4	5,7°	5 MM	18 MM	1250 G
71009	15X70	BAK-4	4,4°	4,7 MM	18 MM	1360 G
71018	20X80	BAK-4	3,2°	4 MM	17 MM	2660 G
71018	25X100	BAK-4	3°	4 MM	15 MM	3970 G
72102	10X50 LPR	BK-7	7°	5 MM	13 MM	850 G

Model Optiview 10x50 obsahuje LPR filter - filter redukujúci jas oblohy prežiarenej pouličným osvetlením. Binokuláre SkyMaster 20x80 a 25x100 majú v stredove konzole závit na uchytenie na statív. Všetky ďalekohľady majú v základnom vybavení puzdro a popruh.

Bushnell Advanced Titanium (784040)
Titánový statív, výška 160 cm, trojcestná hlava, rýchloupínacia plošinka

Bushnell Master (784010)
Masívny kovový statív, výška 152 cm, rýchloupínacia plošinka

Bushnell Advanced (784030)
Masívny kovovýstatív, výška 155 cm,

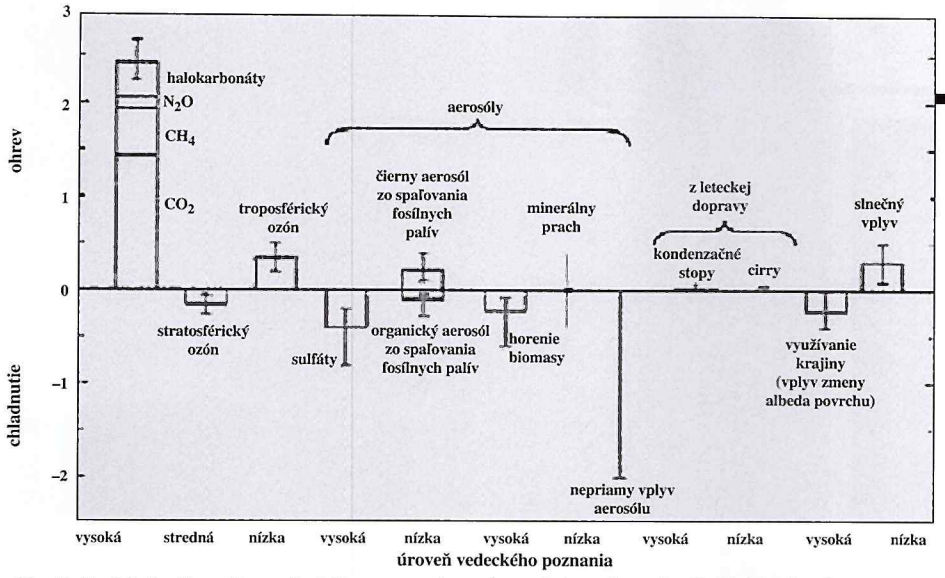


PRI KÚPE SETU
ďalekohľad + statív
ZĽAVA 5%

STATÍVY K BINOKULÁROM

TROMF

tromf, partizánska cesta 71, sk-97401 banská bystrica, infolinka: 00421-(0)903-517519, web: www.tromf.sk, e-mail: tromf@tromf.s



Obr. 7: **Prehľad súčasného vedeckého poznania o rôznych javoch ovplyvňujúcich globálnu teplotu Zeme.**

napr. Ruská akadémia vied a poradca prezidenta Putina pán Illarionov, ktorí boli proti podpísaniu Kjótskeho protokolu Ruskom pre nedostatok vedeckých dôkazov o klimatickej zmene. Ratifikáciu Kjótskeho protokolu Ruskom odôvodňujú čisto ekonomickými aspektmi.

Kým v 90-tych rokoch bol profit z implementácie Kjótskeho protokolu otázny v porovnaní s nákladmi, ktoré sa na jeho uplatnenie vynaložia, súčasné štúdie ho považujú za ekonomicky návratný.

Etický princíp, princíp väčšiny, zákony voľného trhu

Teória globálneho otepľovania má rôzne aspekty – vedecký, ekonomický, politický, pričom dominantným by mal byť princíp etický. Z vedeckého hľadiska je dôležité považovať za relevantný zdroj informácií o klimatickej zmene iba také práce, ktoré sú podložené serióznym matematickým a štatistickým aparátom, t. j. odlíšiť od serióznych vedeckých prác publikácie, ktoré robia fyzikálne závery bez dostatočne potvrdených poznatkov. Je tiež potrebné odlíšiť konštruktívnu kritiku záverov, týkajúcich sa globálneho otepľovania a jeho budúcich prognóz, ktorá berie ohľad na súčasný stav poznania tejto problematiky *(obr. 7)*, od demagogického zavrhnutia akejkoľvek zmienky o klimatickej zmene a potrebe regulácie globálneho otepľovania. Tí, ktorých vedecké argumenty nestačia na to, aby presvedčili svojich kolegov odborníkov, sa často odvolávajú na nedostatok vedeckej diskusie a tiež na to, že názor väčšiny nemusí byť správny (*argumentum ad populi*). Z tohto hľadiska predstavuje IPCC širokú vedeckú diskusnú platformu, ktorá sústreďuje poznatky klimatického výskumu a snaží sa na základe dostupných informácií poskytnúť odporúčania pre organizácie, ktoré majú politickú moc na uplatnenie regulačných opatrení. Pri vydávaní odporúčaní na takéto regulačné kroky je potrebné dosiahnuť konsenzus medzi všetkými účastníkmi IPCC. Túto snahu niektoré médiá zle chápu ako hru so slovíčkami a manipuláciu vedeckých poznatkov.

V boji za podporu teórie globálneho otepľovania sa zdiskreditovali mnohé environmentálne organizácie, ktoré ako seriózne prognózy vývoja klímy predkladali výsledky katastrofických hraničných klimatických scenárov. Touto cestou sa uberajú aj niektoré médiá, ktoré v honbe za senzáciami predkladajú verejnosti takéto scenáre vytrhnuté z kontextu ako reálne prognózy vývoja klímy na Zemi. Naopak, niektorí odporcovia teórie globálneho otepľovania aj z radov renomovaných odborníkov stratili svoj morálny kredit po tom, ako sa dokázala prepojenosť financovania ich výskumu na isté ekonomické záujmové skupiny (petrochemická lobby).

Podpora Kjótskeho protokolu zo strany EÚ má nielen environmentálne, ale aj ekonomické pozadie. Závislosť celej EÚ na dovoze fosílnych palív si vyžaduje obmedzenie ich spotreby a nutnosť orientácie na alternatívne zdroje energie. Teória klimatickej zmeny navodzuje v tomto smere vhodné vedecké pozadie a odôvodnenie takéhoto smerovania. Ani Rusko neratifikovalo Kjótsky protokol z čisto environmentálneho záujmu – tento krok podmienilo podporou EÚ v Svetovej obchodnej organizácii. Z ekonomického hľadiska sa USA, po prijatí regulačných opatrení Kjótskeho protokolu, boja straty konkurencieschopnosti svojej ekonomiky a svojej vedúcej pozície vo svete. Boja sa toho, že pri regulácii, ktorá sa v prípade skleníkových plynov týka celej priemyselnej výroby, sa narušia podmienky slobodného trhu. Obávajú sa poklesu cien fosílnych palív po zavedení regulácie ich spotreby vyspelými priemyselnými krajinami, čo môžu využiť niektoré rozvojové krajiny na 'dotiahnutie' svojich zaostávajúcich ekonomík na úroveň porovnateľnú so súčasnými ekonomickými špičkami. Preto sú zástancovia teórie globálneho otepľovania a Kjótskeho protokolu často označovaní za odporcov kapitalizmu a voľného trhu.

Úlohou médií je objektívne a komplexne informovať verejnosť o stave výskumu klimatickej zmeny. Tlač by nemala tento fenomén zneužívať na presadzovanie ekonomických a politických záujmov svojich sponzorov, ani na zvyšovanie svojej sledovanosti. Nie vždy je vedecky potvrdená súvislosť medzi jednotlivými konkrétnymi ekologickými a humanitárnymi katastrofami, akými sú lokálne povodne, dlhodobé suchá alebo ničivé účinky tropických cyklónov a globálnym otepľovaním, ako je to často v médiách prezentované.

Dôležité je, aby sa v politickom využívaní a zneužívaní fenoménu klimatická zmena nezabudlo na možné dôsledky javu samotného, hoci ich možno posúdiť až na časovom horizonte oveľa dlhšom, než je jedno volebné obdobie politika.

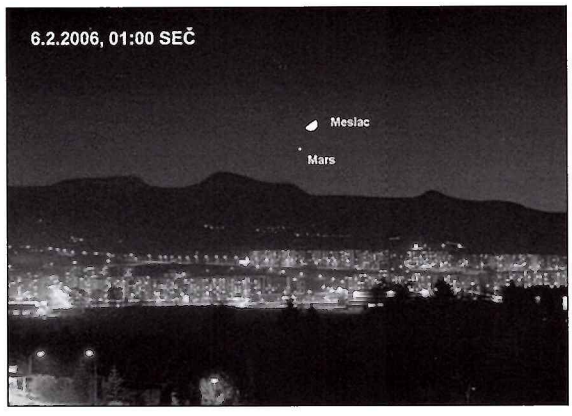
Už v minulom storočí bola snaha zaviesť do globálneho správania sa ľudstva tzv. etický, alebo preventívny princíp. Ten znamená, že v prípade, ak nie sú jasné dôsledky ľubovoľnej ľudskej akcie, alebo sú varovania o existencii jej globálnych negatívnych dopadov, akcia by sa mala zastaviť. Takouto akciou je v súčasnosti vypúšťanie skleníkových plynov do atmosféry a následná zmena jej termoregulačných vlastností. Odporcovia aj zástancovia teórie globálneho otepľovania sa zhodujú na tom, že zatiaľ nevieme presne modelovať zmeny, ktoré v zložení atmosféry nastali, a nevieme ani presne odhadnúť možné dopady týchto zmien na teplotu Zeme a na ďalšie fenomény s tým spojené. Na Zemi prebieha neriadený geofyzikálny experiment, ktorého dôsledky nevieme odhadnúť. Duchu etického princípu sa viac približujú formulácie odporúčaní IPCC, týkajúce sa regulácie emisií skleníkových plynov, než vyčkávanie na dôkladnejšie vedecké potvrdenie teórie globálneho otepľovania, s možným rizikom nástupu hraničných klimatických scenárov do reálneho života.

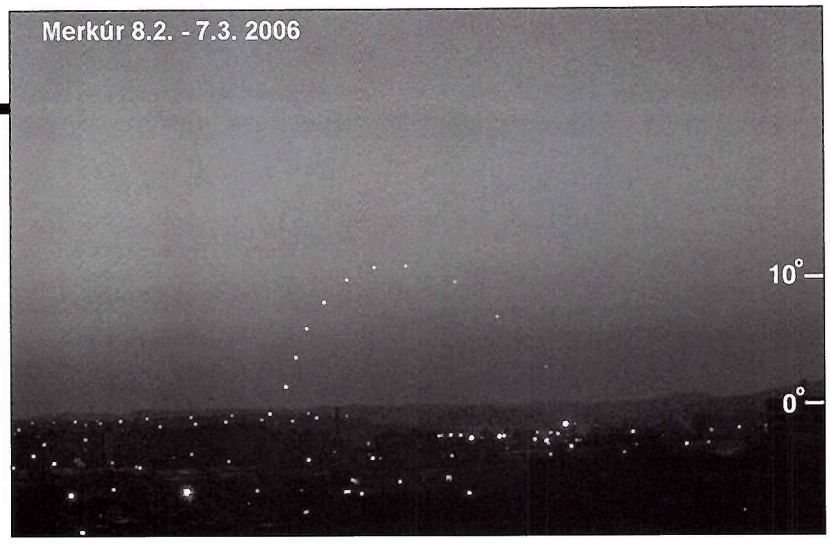
ANNA PRIBULLOVÁ,
apribull@ta3.sk

Tab. 1: **Kontroverzné aspekty teórie globálneho otepľovania (Global Warming / GW).**

Pre teóriu GW	Proti teórii GW
● východiskom sú pozemné merania	● východiskom sú paleoklimatologické záznamy, satelitné merania, aerologické merania
● neobyčajné oteplenie v porovnaní s posledným tisícročím	● v minulosti Zeme už bolo aj teplejšie aj chladnejšie ako teraz
● akcelerácia oteplenia za posl. 50 rokov je pravdepodobne spôsobená antropogénnym vplyvom	● oteplenie nie je výrazne väčšie, než sa prirodzene očakáva
● modely fitujú súčasné trendy teploty, len keď zakomponujú antropogénny vplyv na skleníkový efekt atmosféry	● klimatické modely v súčasnom stave rozvoja nie sú schopné robiť predpovedné scenáre – oblačnosť, aerosóly, slnečná aktivita
● modely predpokladajú ďalšie prudké oteplenie vplyvom neregulovaného skleníkového efektu	● klimatické modely nikdy nebudú vedieť predpovedať klímu – náhodné vplyvy sopečnej a čiastočne slnečnej činnosti
● relatívne prudký vzostup hladiny oceánu od r. 1900 1 – 2 mm/rok	● CO_2 nemá vplyv na globálnu klímu, aj keby sa zastavili emisie, bude sa ďalej otepľovať
● neriadený geofyzikálny experiment s nepredvídateľnými dôsledkami	● klimatológovia nevedia relevantne odpovedať na otázku, čo sa deje s klímou Zeme
	● ak oteplenie nezapríčinil človek, nemôžeme ho ďalej ovplyvniť

[1] Aerologické merania – merania vertikálnych profilov tlaku vzduchu, teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a smeru a rýchlosti vetra získané pomocou sond umiestnených na meteorologických balónoch





Obloha v kalendári

február – marec 2006

Pripravil PAVOL RAPAVÝ **Všetky časové údaje sú v SEČ**

Môžeme uvidieť všetky planéty viditeľné voľným okom, zvlášť dobré sú u Merkúra. Lovci tenučkého Mesiaca krátko po nove majú tiež svoje príležitosti, no rekord určite nepadne. Polotieňové zatmenie Mesiaca zaujme asi len málo, no určite udalosťou číslo 1 bude zatmenie Slnka, veľa našincov sa za úplnou fázou vyberie do Turecka či Afriky. Po dlhšom čase tu máme aj dve relatívne jasné kométy a zvlášť Schwassmann-Wachmann môže priniesť nejedno prekvapenie, určite bude jednou z najsledovanejších kométa najbližšieho obdobia.

Merkúr bol koncom januára v hornej konjunkcii a tak ho po západe Slnka nájdeme až pred koncom prvej februárovej dekády. Podmienky jeho viditeľnosti sa rýchlo zlepšujú a 24. 2. bude v najväčšej východnej elongácii (18°). Februárová elongácia je jednou z dvoch najlepších (spolu s novembrovou) v tomto roku. 10. 2. je na konci občianskeho súmraku len vo výške 3° ako objekt –1,2 mag, no pri elongácii 24. 2. by sme ho mali vidieť úplne bez problémov ako objekt –0,3 mag vo výške 11°. Koncom februára sa začne strácať vo večernom súmraku a pomerne rýchlo slabne (1. 3. 0,7 mag; 7. 3. 3,1 mag) čo súvisí so zmenšovaním jeho fázy, pretože 12. 3. je v dolnej konjunkcii so Slnkom a o tri dni neskôr bude najbližšie k Zemi (0,6123 AU). Ráno ho na oblohe budeme môcť uvidieť až na konci marca, no aj napriek dostatočnej uhlovej vzdialenosti od Slnka (26°) bude jeho výška nad obzorom len 2°, lebo jeho deklinácia je o 10° južnejšie. Vhodnejšie podmienky nastanú až v júni.

14. 2. nastane veľmi pekná konjunkcia Merkúra (–1,1 mag) s Uránom (5,9 mag) nakoľko obe planéty budú od seba len 1'. Pri pozorovaní ďalekohľadom si všimneme relatívne rýchly vlastný pohyb Merkúra už za niekoľko desiatok minút. ďalšie priblíženie týchto planét bude 27. 3., no v tomto prípade už na rannej oblohe, krátko pred východom Slnka a nízko nad obzorom. Vpravo od Merkúra bude aj úzky kosáčik ubúdajúceho Mesiaca. 1. 3. ráno nastane konjunkcia Merkúra s Mesiacom, no aj po západe Slnka budú obe telesá tvoriť fotogenickú dvojicu napriek tomu, že ich uhlová vzdialenosť bude niečo vyše 7°. *Na obrázkou hore* je poloha Merkúra nad juhozápadným obzorom na konci občianskeho súmraku a zmena jeho uhlového priemeru a fázy *(obr. dole)*.

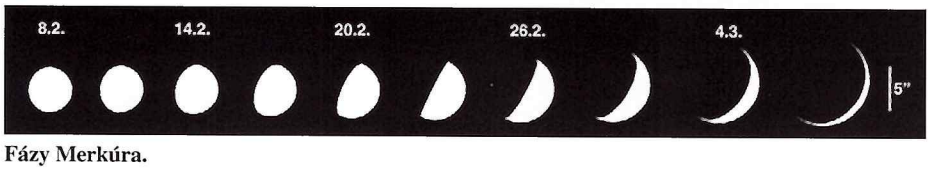
Venuša (–4,6 až –4,3 mag) je začiatkom februára ráno nad juhovýchodným obzorom ako jasný, neprehliadnuteľný, objekt. Podmienky jej viditeľnosti sa mierne zlepšujú až do polovice mesiaca (na konci nautického súmraku je vo výške 14°), no až do polovice marca zostávajú prakticky stabilné. Neskôr sa jej výška nad obzorom trošku zmenšuje a v posledný marcový deň je začiatkom občianskeho súmraku vo výške necelých 10°. Tieto podpriemerné podmienky viditeľnosť sú aj napriek tomu, že Venuša bude 25. 3. v maximálnej západnej elongácii (46,5°), no geometrické podmienky sú nevhodné (Venuša má deklináciu o 15° menšiu ako Slnko). Počas tohto roku sú vo všeobecnosti podmienky viditeľnosti Venuše podpriemerné, lepšie nastanú až o rok. 3. 2. je Venuša v zastávke a začne sa na oblohe pohybovať v priamom smere.

26. 3. bude v konjunkcii s Neptúnom a Mesiacom, no maximálne priblíženia nastávajú v čase, keď sú telesá ešte pod obzorom, no vcelku fotogenicky budú vyzerať ráno pred východom Slnka napriek tomu, že uhlová vzdialenosť bude vyše 6°.

Počas oboch mesiacov si v ďalekohľade všimnime zmenu jej fázy a uhlového priemeru. Začiatkom februára bude mať uhlový rozmer 53" a bude z nej osvetlených 11 %, koncom marca 23"/53 %. V polovici februára prejde 2° pod Plejádami, čo by mohlo zaujímať astrofotografov.

Mars (0,2 – 1,2 mag) je viditeľný v prvej polovici noci. Začiatkom februára zapadá dve hodiny po polnoci, koncom marca o hodinu skôr. Nájdeme ho ako červenkastý objekt v súhvezdí Barana, 8. 2. sa presunie do Býka. Jeho jasnosť klesá, pretože jeho vzdialenosť od Zeme sa zväčšuje (z 1,062 na 1,63 AU), uhlový priemer sa zmenší z 9 na 6".

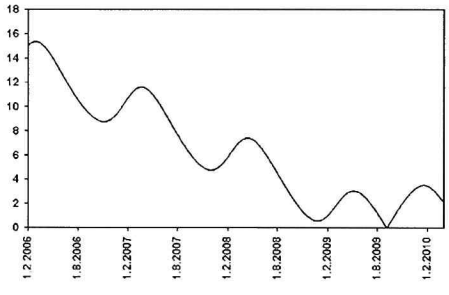
5. 2. nastane pekná konjunkcia s Mesiacom po prvej štvrti a podobná situácia sa zopakuje 6. 3., no v tomto prípade nastáva konjunkcia počas dňa a po zotmení už bude ich vzájomná vzdialenosť vyše 6°. O niečo väčšia vzdialenosť bude aj o deň skôr a Mesiac bude krátko len kúsok vľavo od Plejád.



Fázy Merkúra.

Jupiter (– 2,0 až –2,4 mag) je vo Váhach a pohybuje sa v priamom smere až do 5. 3. keď je v zastávke (tesne nad hviezdou υ Lib, 5,2 mag) a začne svoj retrográdny pohyb. Pozorovateľný je v druhej polovici noci, no jeho nočná viditeľnosť sa predlžuje a koncom marca už je okrem večerných hodín nad obzorom po celú noc. Na oblohe bude pre svoju jasnosť neprehliadnuteľný a z planét ho len ráno prekoná žiariaca Venuša. 20. 2. nastane jeho konjunkcia s Mesiacom pred prvou štvrťou, no obe telesá budú v úctivej vzdialenosti a pri konjunkcii 19. 3. sú podmienky ešte nepriaznivejšie, nakoľko k maximálnemu priblíženiu dochádza počas dňa.

Saturn (–0,2 až 0,1 mag) nájdeme v Rakovi, pohybuje sa retrográdne a koncom marca sa jeho vlastný pohyb spomaľuje, pretože 5. 4. bude stacionárny a začne sa pohybovať v priamom smere. Začiatkom februára je na pozadí jasnej otvorenej hviezdokopy Jasličky a tak je tu príležitosť na sériu pekných fotografií. Na oblohe je počas celej noci, pretože koncom januára bol v opozícii so Slnkom. Do konca marca sa jeho ranná viditeľnosť skráti a bude zapadať už na konci astronomickej noci. 11. 2. a 10. 3. je v konjunkcii s Mesiacom, no v oboch prípadoch uberá na kráse veľká fáza Mesiaca. Pri pohľade ďalekohľadom sa potešíme jeho nádhernými prstencami, ktoré vidíme z ich južnej strany. Už nie sú maximálne roztvorené, periodicky sa budú zmenšovať a 5. 9. 2009 bude Zem prechádzať ich rovinou. Zmena zdanlivého rozmeru malej osy v uhlových sekundách je *na obrázku*.



Urán (5,9 mag) sa pohybuje vo Vodnárovi priamym smerom, no je pozorovateľný len v prvej polovici februára, neskôr sa stratí vo večernom súmraku, nakoľko 1.3. je v konjunkcii so Slnkom. Deň po konjunkcii je od nás najďalej (21,07 AU). 14. 2. bude vo veľmi tesnej konjunkcii s Merkúrom, zaujímavé bude porovnanie rozdielneho sfarbenia oboch planét. Ďalšia konjunkcia s Merkúrom a Mesiacom nastane 27. 3. Zoskupenie však bude veľmi nízko nad obzorom, pretože telesá vychádzajú len na začiatku občianskeho súmraku.

Neptún (8,0 mag) v Kozorožcovi je prakticky nepozorovateľný, nakoľko 6. 2. je v konjunkcii so

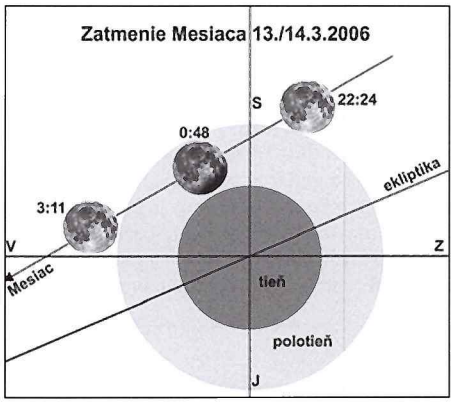
Slnkom. Po konjunkcii sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka zväčšuje a na oblohe by sme ho ráno mohli nájsť v polovici marca, keď na konci nautického súmraku bude vo výške 6°. 26. 3. bude v konjunkcii s Mesiacom i Venušou a tak pred východom Slnka ho nájdeme necelé 2° južne od Zornička.

Pluto (14,1 mag) v západnej časti súhvezdia Had má zlepšujúce sa podmienky pozorovateľnosti. Koncom marca je v zastávke, začne sa pohybovať na oblohe spätne, na konci nautického súmraku bude ráno vo výške 25°.

6. 2. prejde **Mesiac** po prvej štvrti tesne pod Plejádami, no u nás ešte bude pod obzorom. O niečo lepšia situácia nastane 5.3., Mesiac bude severnejšie, zakryje viac hviezd z Plejád, no všetky tieto úkazy nastávajú ešte počas dňa. Výkonnejším ďalekohľadom však niekoľko zákrytov pozorovať môžeme (napr. 14:25 Merope, 4,2 mag; 15:09 Alcyone, 2,8 mag; 15:54 Atlas 3,6 mag).

Mesiac krátko po nove sa môžeme pokúsiť nájsť v posledný februárový deň, keď v okamihu západu Slnka bude iba 15,9 hod. v uhlovej vzdialenosti necelých 9°(v azimute 5° vľavo, vo výške 6°). Na konci občianskeho súmraku bude Mesiac v rovnakom azimute ako zapadlo Slnko a vo výške 1,2° (jasnosť –4,6 mag, osvetlených 0,6 %). 1. marca by sme už mali uzučký kosáčik nájsť bez väčších problémov, na konci občianskeho súmraku už bude Mesiac 40 hodín po nove vo výške 14°. 29. 3. je pri západe Slnka Mesiac len 7 hodín po nove a tak lepšia príležitosť je až o deň neskôr. Mesiac 31 hodín po nove bude pri západe Slnka vo výške 15° (–5,2 mag, 2,2 %).

Polotieňové zatmenie Mesiaca 14./15.3. je od nás viditeľné v celom priebehu, no z pozorovateľského hľadiska je zaujímavé len málo. Veľkosť tohto zatmenia je 1,05, Mesiac sa teda celý ponorí do zemského polotieňa a natoľko sa priblíži k tieňu, že v okolí maximálnej fázy bude jeho južná časť (v pozičnom uhle 208°) zreteľnejšie tmavšia. Séria jednotlivých fáz zatmenia nám ukáže postupné tmavnutie mesačného kotúča tak, ako sa bude postupne ponárať do polotieňa.



Priebeh zatmenia (SEČ)

vstup do polotieňa	22:24	PA 159°
stred zatmenia (max. fáza)	0:48	
výstup z polotieňa	3:11	PA 259°

Úplné zatmenie Slnka 29. 3. bude od nás pozorovateľné len ako čiastočné. Viac informácií je v článku na 39. strane a v Kozmose 3/2005.

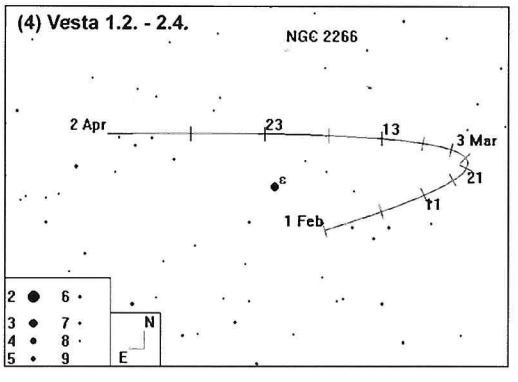
Planétky

Do 11. mag bude v opozícii 9 planétiek: (79) Eurynome (1.2., 10,7 mag), (324) Bamberga (5.2., 10,8 mag), (71) Niobe (18.2., 10,5 mag), (9) Metis (6.3., 9,1 mag), (40) Harmonia (11.3., 9,9 mag), (12) Victoria (13.3., 10,7 mag), (32) Pomona (13.3., 10,5 mag), (64) Angelina (26.3., 10,6 mag), (105) Artemis (30.3., 10,5 mag).

Najjasnejšou planétkou stále zostáva (4) Vesta, ktorá v strednej casti Blížencov opíše okolo ε Gem (3,0 mag) elegantnú slucku, nakolko 23.2. je v zastávke.

25.2. prejde (9) Metis tesne (2,6´) popod hviezdu θ Leo (3,3 mag) a 18.3. sa bude (40) Harmonia presúvat necelý stupen popod známe Messierovské galaxie M 65 a M 66 v Levovi.

Podľa nominálnych Goffinových predpovedí nastane do 11 mag 5 zákrytov hviezd planétkami, no všetky zasahujú naše územie len v rámci neurčitosti predpovede.



Zákryty hviezd Mesiacom (február – marec)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
1. 2.	17 28 16	D	31935	5,5	+78S	80	45	–64
3. 2.	18 4 12	D	2134	7,0	+60S	98	82	–104
4. 2.	17 36 28	D	3206	6,8	+64N	45	73	58
4. 2.	22 12 26	D	3386	6,2	+63N	44	18	–8
5. 2.	22 22 41	D	4410	6,9	+45S	121	–5	–159
6. 2.	23 44 20	D	5642	5,4	+79S	93	2	–89
7. 2.	19 2 45	D	6606	7,0	+87N	85	107	1
10. 2.	0 23 6	D	10614	5,8	+66S	127	18	–135
10. 2.	3 0 9	D	10798	6,4	+64N	78	0	–73
10. 2.	22 31 55	D	12076	6,3	+46N	67	137	31
14. 2.	20 0 20	D	16645	4,6	–49S	150	34	–42
14. 2.	21 4 35	R	16645	4,6	+75S	274	77	80
16. 2.	2 25 2	R	17782	6,3	+78N	306	74	–96
16. 2.	21 52 22	R	18519	6,9	+65N	319	32	–11
17. 2.	5 6 4	R	18658	6,7	+33S	238	99	–59
18. 2.	0 45 51	R	19260	6,9	+81S	285	95	17
19. 2.	2 35 26	R	19971	6,6	+80S	282	108	–6
20. 2.	4 46 22	R	20786	5,7	+63N	315	82	–67
21. 2.	4 27 46	D	21747	4,6	–6S	186	–41	–158
21. 2.	4 48 52	R	21747	4,6	+24S	216	213	103
5. 3.	19 43 46	D	5153	6,2	+49S	118	30	–155
6. 3.	22 12 40	D	6393	7,0	+74N	68	24	–55
7. 3.	23 32 3	D	8040	6,7	+81N	82	7	–76
9. 3.	20 27 34	D	11604	5,3	+51S	142	59	–158
17. 3.	2 55 40	R	19138	6,3	+22N	5	9	–158
19. 3.	2 39 45	R	20516	7,0	+36N	346	50	–96
20. 3.	3 24 2	R	21420	6,3	+75S	272	107	–33

Predpovede sú pre polohu $\lambda_0 = 20°$E a $\varphi_0 = 48{,}5°$N s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu λ, ϕ sa čas počíta zo vzťahu $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$, kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

Dotyčnicové zákryty

Po neúspešnom roku 2005 je tu opäť šanca v podobe dostatočne jasných zákrytov.

18. 2. nastane dotyčnicový zákryt hviezdy ZC 1914 (6,7 mag), ktorého hranica križuje Slovensko od Štrbského Plesa po Silicu. Výhodou zákrytu je, že nastáva 13° na neosvetlenej strane Mesiaca po splne. Očakávaný profil je dostatočne členitý.

O tri dni neskôr, 21. 2. prechádza západným Slovenskom hranica najjasnejšieho zákrytu (4,6 mag) na tmavej strane v tomto roku (jasnejší bude len 3. 11., hranica prechádza územím Moravy). Hranica je v okolí Sobotišťa, Piešťan a Nových Zámkov. Jedinou malou chybičkou je neveľká výška nad obzorom.

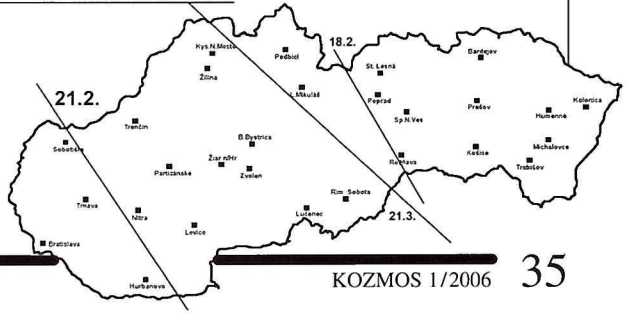
Posledným, z hľadiska pozorovacích podmienok najhorším je zákryt 21.3., ktorý bude pozorovateľný v okolí Kysuckého Nového Mesta, Žiliny, Ružomberka a Plešivca.

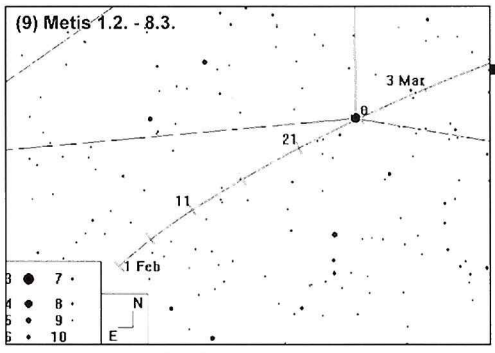
Podrobnejšie informácie o jednotlivých zákrytoch a ich profile sú na stránkach www.szaa.sk.

Prehľad zákrytov

Dátum	USNO	h m s	mag	%	D(km)	h	a	S	PA	CA
18. 2.	ZC 1914	2 52 3	6,7	80–	45	29,1	192,3	–28,6	217,1	13,4D
21. 2.	ZC 2263	4 36 30	4,6	51–	134	16,4	180,5	–11,9	201,8	9,4D
21. 3.	ZC 2370	3 48 2	6,9	67–	26	13,1	187,0	–9,7	194,1	3,3D

USNO – označenie hviezdy
h m s – čas zákrytu v UT
mag – jasnosť hviezdy
% – % osvetlenia Mesiaca (– ubúda)
D – najbližšia vzdialenosť hranice od R.Soboty
h – výška nad obzorom
a – azimut
S – hĺbka Slnka pod obzorom
PA – pozičný uhol centrálneho zákrytu
CA – uhol od rohu Mesiaca (D na tmavej strane)





Tabuľky východov a západov (február – marec)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 2.	7:09	16:38	6:35	17:12	5:58	17:50	5:22	18:26
6. 2.	7:02	16:47	6:29	17:20	5:52	17:57	5:16	18:33
11. 2.	6:54	16:55	6:21	17:28	5:45	18:04	5:09	18:40
16. 2.	6:46	17:03	6:14	17:35	5:38	18:12	5:01	18:48
21. 2.	6:37	17:11	6:05	17:43	5:29	18:19	4:53	18:55
26. 2.	6:28	17:19	5:56	17:51	5:20	18:26	4:44	19:03
3. 3.	6:18	17:27	5:47	17:58	5:11	18:34	4:34	19:11
8. 3.	6:08	17:35	5:37	18:05	5:01	18:42	4:24	19:19
13. 3.	5:58	17:42	5:27	18:13	4:51	18:49	4:13	19:27
18. 3.	5:48	17:50	5:17	18:20	4:40	18:57	4:03	19:35
23. 3.	5:38	17:57	5:06	18:28	4:29	19:05	3:51	19:44
28. 3.	5:27	18:04	4:56	18:35	4:18	19:13	3:39	19:53

Mesiac

	Východ	Západ
1. 2.	8:45	20:39
6. 2.	10:23	2:03
11. 2.	14:53	6:34
16. 2.	20:34	7:58
21. 2.	1:20	9:28
26. 2.	6:03	15:06
3. 3.	7:39	22:23
8. 3.	10:31	3:17
13. 3.	16:11	5:41
18. 3.	21:54	6:47
23. 3.	2:36	9:51
28. 3.	5:07	16:58

Merkúr

	Východ	Západ
1. 2.	7:33	16:52
6. 2.	7:32	17:24
11. 2.	7:29	17:55
16. 2.	7:22	18:25
21. 2.	7:10	18:49
26. 2.	6:53	18:59
3. 3.	6:30	18:48
8. 3.	6:03	18:17
13. 3.	5:36	17:32
18. 3.	5:13	16:47
23. 3.	4:55	16:12
28. 3.	4:43	15:51

Venuša

	Východ	Západ
1. 2.	5:10	14:51
6. 2.	4:52	14:31
11. 2.	4:37	14:15
16. 2.	4:26	14:02
21. 2.	4:18	13:53
26. 2.	4:12	13:46
3. 3.	4:07	13:42
8. 3.	4:03	13:40
13. 3.	3:59	13:41
18. 3.	3:56	13:43
23. 3.	3:51	13:47
28. 3.	3:47	13:53

Mars

	Východ	Západ
1. 2.	10:30	1:53
6. 2.	10:17	1:46
11. 2.	10:03	1:39
16. 2.	9:51	1:33
21. 2.	9:39	1:27
26. 2.	9:27	1:21
3. 3.	9:15	1:15
8. 3.	9:04	1:09
13. 3.	8:54	1:04
18. 3.	8:44	0:58
23. 3.	8:34	0:52
28. 3.	8:26	0:46

Jupiter

	Východ	Západ
1. 2.	1:08	10:44
6. 2.	0:50	10:25
11. 2.	0:32	10:07
16. 2.	0:14	9:48
21. 2.	23:52	9:29
26. 2.	23:33	9:10
3. 3.	23:14	8:50
8. 3.	22:54	8:31
13. 3.	22:33	8:11
18. 3.	22:13	7:51
23. 3.	21:52	7:31
28. 3.	21:30	7:10

Saturn

	Východ	Západ
1. 2.	15:58	7:11
6. 2.	15:36	6:50
11. 2.	15:14	6:29
16. 2.	14:53	6:08
21. 2.	14:31	5:48
26. 2.	14:09	5:28
3. 3.	13:48	5:07
8. 3.	13:27	4:47
13. 3.	13:06	4:26
18. 3.	12:45	4:06
23. 3.	12:25	3:46
28. 3.	12:05	3:27

Urán

	Východ	Západ
1. 2.	8:15	19:00
6. 2.	7:56	18:42
11. 2.	7:37	18:24
16. 2.	7:18	18:06
21. 2.	6:59	17:48
26. 2.	6:40	17:30
3. 3.	6:20	17:12
8. 3.	6:02	16:53
13. 3.	5:43	16:35
18. 3.	5:24	16:17
23. 3.	5:04	15:59
28. 3.	4:45	15:41

Neptún

	Východ	Západ
1. 2.	7:24	17:01
6. 2.	7:05	16:42
11. 2.	6:45	16:23
16. 2.	6:26	16:05
21. 2.	6:07	15:46
26. 2.	5:48	15:28
3. 3.	5:29	15:09
8. 3.	5:10	14:50
13. 3.	4:50	14:31
18. 3.	4:31	14:12
23. 3.	4:11	13:54
28. 3.	3:52	13:35

Pluto

	Východ	Západ
1. 2.	3:50	13:26
6. 2.	3:31	13:07
11. 2.	3:11	12:47
16. 2.	2:52	12:28
21. 2.	2:32	12:09
26. 2.	2:13	11:50
3. 3.	1:54	11:31
8. 3.	1:35	11:12
13. 3.	1:15	10:52
18. 3.	0:55	10:32
23. 3.	0:36	10:13
28. 3.	0:16	9:54

Dátum	UT	planétka	hviezda	mag	trv [s]
16. 2.	4:01	(71) Niobe	TYC 240 00025	10,5	6
22. 2.	20:37	(306) Unitas	TYC 1267 00187	10,7	4
28. 2.	17:59	(328) Gudrun	TYC 2899 01844	10,6	8
22. 3.	1:36	(325) Heidelberga	TYC 1403 01053	10,8	11
29.3.	22:04	(125) Liberatrix	TYC 1352 00734	10,3	4

Vážni záujemcovia o pozorovanie zákrytov hviezd planétkami nech sledujú upresnenie predpovedí na stránke http://mpocc.astro.cz/.

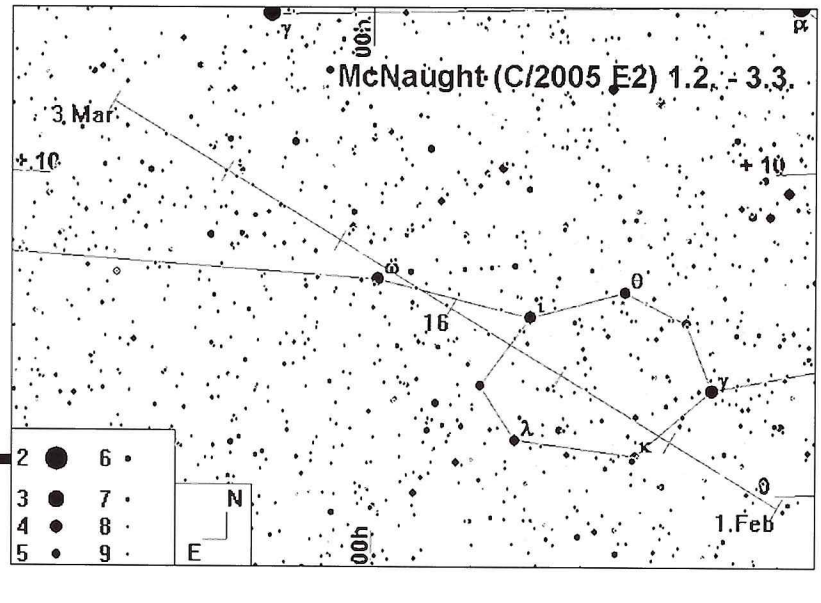
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (4) Vesta			
1. 2.	$6^h41{,}1^m$	+24°33,7'	6,9
6. 2.	$6^h37{,}9^m$	+24°48,0'	7,0
11. 2.	$6^h35{,}4^m$	+25°00,6	7,1
16. 2.	$6^h33{,}8^m$	+25°11,5'	7,2
21. 2.	$6^h33{,}0^m$	+25°20,9'	7,2
26. 2.	$6^h33{,}0^m$	+25°29,0'	7,3
3. 3.	$6^h33{,}8^m$	+25°35,7'	7,4
8. 3.	$6^h35{,}5^m$	+25°41,0'	7,5
13. 3.	$6^h37{,}8^m$	+25°45,2'	7,6
18. 3.	$6^h40{,}8^m$	+25°48,0'	7,7
23. 3.	$6^h44{,}5^m$	+25°49,5'	7,7
28. 3.	$6^h48{,}8^m$	+25°49,6'	7,8
2. 4.	$6^h53{,}6^m$	+25°48,3'	7,8
Efemerida planétky (9) Metis			
1. 2.	$11^h32{,}0^m$	+12°43,4'	9,7
6. 2.	$11^h29{,}6^m$	+13°13,3'	9,6
11. 2.	$11^h26{,}5^m$	+13°45,6'	9,5
16. 2.	$11^h22{,}8^m$	+14°19,2'	9,4
21. 2.	$11^h18{,}5^m$	+14°52,9'	9,3
26. 2.	$11^h13{,}8^m$	+15°25,6'	9,2
3. 3.	$11^h08{,}9^m$	+15°56,1'	9,1
8. 3.	$11^h04{,}0^m$	+16°23,1'	9,2
13. 3.	$10^h59{,}2^m$	+16°45,8'	9,3
18. 3.	$10^h54{,}6^m$	+17°03,6'	9,5
23. 3.	$10^h50{,}5^m$	+17°16,0'	9,6
28. 3.	$10^h46{,}9^m$	+17°22,8'	9,7
2. 4.	$10^h43{,}9^m$	+17°24,2'	9,9
Efemerida planétky (40) Harmonia			
3. 3.	$11^h32{,}9^m$	+10°28,7'	10,0
8. 3.	$11^h28{,}1^m$	+11°04,4'	9,9
13. 3.	$11^h23{,}2^m$	+11°38,0'	9,9
18. 3.	$11^h18{,}4^m$	+12°08,6'	10,0
23. 3.	$11^h13{,}8^m$	+12°35,2'	10,2
28. 3.	$11^h09{,}5^m$	+12°57,1'	10,3
2. 4.	$11^h05{,}7^m$	+13°13,8'	10,4

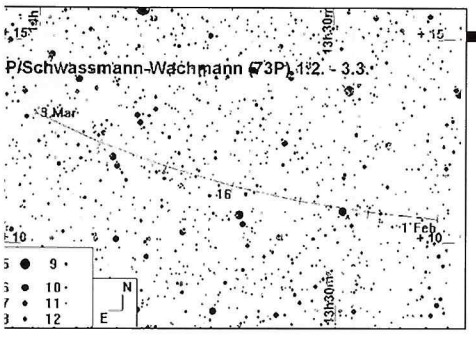
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
Efemerida kométy McNaught (C/2005 E2)				
1. 2.	$23^h09{,}2^m$	– 0°24,0'	9,1	36,5
6. 2.	$23^h22{,}6^m$	+ 1°41,2'	9,1	35,4
11. 2.	$23^h36{,}2^m$	+ 3°48,0'	9,1	34,5
16. 2.	$23^h50{,}0^m$	+ 5°55,8'	9,1	33,5
21. 2.	$0^h04{,}2^m$	+ 8°03,9'	9,1	32,7
26. 2.	$0^h18{,}6^m$	+10°11,5'	9,1	32,0
3.3.	$0^h33{,}2^m$	+12°17,8'	9,1	31,3
8.3.	$0^h48{,}2^m$	+14°22,0'	9,2	30,6
13.3.	$1^h03{,}3^m$	+16°23,1'	9,2	29,9
18.3.	$1^h18{,}8^m$	+18°20,4'	9,3	29,3
23.3.	$1^h34{,}4^m$	+20°13,1'	9,3	28,7
28.3.	$1^h50{,}3^m$	+22°00,5'	9,4	28,1
2.4.	$2^h06{,}4^m$	+23°41,9'	9,5	27,4
Efemerida kométy P/Schwassmann-Wachmann (C/2005 E2)				
1.2.	$13^h19{,}7^m$	+10°35,4'	11	6,3
6.2.	$13^h26{,}6^m$	+10°47,4'	11	9,4
11.2.	$13^h33{,}5^m$	+11°04,5'	12	2,5
16.2.	$13^h40{,}2^m$	+11°27,1'	12	5,5
21.2.	$13^h46{,}9^m$	+11°55,6'	12	8,5
26.2.	$13^h53{,}6^m$	+12°30,4'	13	1,3
3.3.	$14^h00{,}1^m$	+13°11,9'	13	3,9
8.3.	$14^h06{,}7^m$	+14°00,2'	13	6,3
13.3.	$14^h13{,}3^m$	+14°55,5'	13	8,4
18.3.	$14^h20{,}0^m$	+15°58,0'	14	0,1
23.3.	$14^h26{,}9^m$	+17°08,3'	14	1,3
28.3.	14h34,3m	+18°26,5'	14	2,0
2.4.	14h42,3m	+19°52,9'	14	1,9

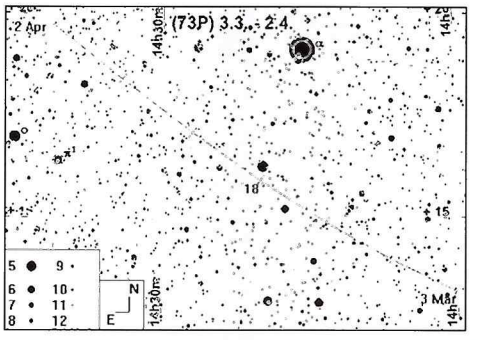
Kométy

Ešte z minulého obdobia máme na oblohe kométu McNaught, ktorá je v maxime svojej jasnosti a pomaly začne slabnúť až v prvej polovici marca. Silnejším binokulárom ju nájdeme v Rybách, koncom marca sa presunie do Barana. Aj keď jej elongácia od Slnka nie je veľká, geometrické podmienky z nej robia pekný objekt večernej oblohy.

Veľmi zaujímavá bude krátkoperiodická (5,36 roka) kométa P/Schwassmann-Wachmann (73P), ktorú objavili A. Schwassmann a A. Wachmann 3.5.1930 v Hamburgu-Berhedorfe ako objekt 9,5 mag (neskôr bol nájdený aj predobjavový snímok z 27.4.). Kométa sa 31.5.1930 priblížila k Zemi na 0,0062 AU a bola takmer na hranici viditeľnosti voľným okom (6 – 7 mag). Neskôr kométa, silne ovplyvnená Jupiterom bola stratená a znovuobjavená až v roku 1979. Odvtedy ju pozorujeme pri každom návrate. Zaujímavý bol návrat v roku 1995. Po konjunkcii so Slnkom jej jasnosť vzrástla z 9 na 8 mag a začiatkom októbra v priebehu







niekoľkých hodín zjasnela na 6 mag, čo bolo dôsledkom jej rozpadu, bolo pozorované dvojité jadro. Neskôr nastali ďalšie fragmentácie a boli pozorované 4 jadrá, označené A – D. Návrat v roku 2001 bol veľmi nepriaznivý a tak priaznivé pozorovacie podmienky v tomto roku sú mimoriadnou výzvou na pozorovanie fragmentov tejto kométy. Kométa sa pomaly na oblohe pohybuje východným a severovýchodným smerom z Panny do Povozníka, v druhej polovici marca prejde 3ş od Arktura a v prvej májovej dekáde bude len 0,074 Au od Zeme a tak sa už teraz môžeme tešiť. Pravdepodobný priebeh jasnosti jednotlivých zložiek podľa Yoshidu je na obrázku.

Meteory

Pre meteorárov je práve toto obdobie najchudobnejšie v roku. V pracovnom zozname IMO sú len dva roje, no aj tie majú slabú aktivitu. Od sporadického pozadia je len veľmi obtiažne odlíšiteľný roj ä Leoníd, nakoľko jeho prepočítaná frekvencia je len okolo 2 meteorov za hodinu. O niečo je aktívnejší roj Virginíd, ktorý má niekoľko maxím. Ako pomôcka na odlíšenie od sporadického pozadia môže slúžiť aj pomerne malá rýchlosť meteorov. Na pozorovanie vyšších aktivít si musíme počkať až do apríla, keď budú v činnosti Lyridy.

Meteorické roje (december – január 2006)

Roj	Aktivita	Max.	Radiant		Pohyb rad. °/deň		V. km/s	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	D			
AHY	5. 1.–14. 2.	19. 1.	08:52	–11	0,7	–0,3	44	2	DMS
FLE	1. 2.–28. 2.		11:00	+06	0,5	–0,3	30	5	ALPO
DLE	15. 2.–10. 3.	24. 2	11:12	+16	0,9	–0,3	28	2	IMO
VIR	25. 1.–15. 4.	24. 3.)	13:00	–04	0,5	–0,3	30	5	IMO

AHY – α Hydridy, FLE – februárové Leonidy, DLE - δ Leonidy, VIR – Virginidy

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

Kalendár úkazov a výročí (február – marec)

1. 2. 18,5 planétka (79) Eurynome v opozícii (10,7 mag)
3. 2. 40. výročie (1966) pristátia Luny 9 na Mesiaci
3. 2. 7,7 Venuša v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
3. 2. 200. výročie (1806) narodenia L. Henglera
3. 2. 21,2 minimum β Per (A = 2,1–3,4 mag, P = 2,867 d)
4. 2. 100. výročie (1906) narodenia C. Tombaugha
5. 2. 7,5 Mesiac v prvej štvrti
5. 2. 17,2 planétka (324) Bamberga v opozícii (10,8 mag)
5. 2. 23,6 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,7° južne)
6. 2. 6,7 Neptún v konjunkcii so Slnkom
6. 2. 15. výročie (1991) zhorenia Saľutu 7 v atmosfére
6. 2. 18,0 minimum β Per (A = 2,1–3,4 mag, P = 2,867 d)
6. 2. 22,1 Neptún v odzemí (31,04315 AU)
7. 2. 130. výročie (1876) narodenia J. A. Andersona
9. 2. 140. výročie (1866) B. Hacara
11. 2. 15,9 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,2° južne)
11. 2. 10. výročie (1996) prechodu Zeme rovinou Saturnových prstencov
12. 2. 5. výročie (2001) pristátia sondy NEAR na Erose
13. 2. 5,7 Mesiac v splne
14. 2. 0,8 Mesiac v odzemí (406 356 km)
14. 2. 10,0 Venuša v maxime jasnosti (–4,6 mag)
14. 2. 110. výročie (1896) narodenia E. A. Milnea
14. 2. 6,4 konjunkcia Merkúra s Uránom (Merkúr 1° severne)
16. 2. 170. výročie (1836) narodenia W. G. Adamsa
16. 2. 5,0 zákryt hviezdy TYC 240 25 (10,5 mag) planétkou (71) Niobe
17. 2. 10. výročie (1996) štartu sondy NEAR
18. 2. 23,1 planétka (71) Niobe v opozícii (10,5 mag)
18. 2. 200. výročie (1806) narodenia E. Heisa
20. 2. 2,5 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,6° severne)
20. 2. 20. výročie (1986) štartu orbitálnej stanice Mir
21. 2. 8,3 Mesiac v poslednej štvrti
22. 2. 21,6 zákryt hviezdy TYC 1267 187 (10,7 mag) planétkou (306) Unitas
23. 2. 0,7 Merkúr v prísľní (0,3075 AU)
24. 2. 5,8 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (18,1°)
24. 2. maximum meteorického roja δ Leonidy (ZHR 2)
26. 2. 17,9 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4° severne)
26. 2. 220. výročie (1786) narodenia F. D. J. Araga
26. 2. 19,7 minimum β Per (A = 2,1–3,4 mag, P = 2,867 d)
27. 2. 20,4 Mesiac v prízemí (356 884 km)
28. 2. 1,5 Mesiac v nove
28. 2. 19,0 zákryt hviezdy TYC 2899 1844 (10,6 mag) planétkou (328) Gudrun
1. 3. 4,5 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 4,2° severne)
1. 3. 40. výročie (1966) Venery 3 (dopad na Venušu)
1. 3. 11,8 Urán v konjunkcii so Slnkom
2. 3. 8,1 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať spätne)
2. 3. 14,7 Urán v odzemí (21,06802 AU)
3. 3. 70. výročie (1936) narodenia P. Paľuša
3. 3. 100. výročie (1906) narodenia J. L. Krinova
5. 3. 1,2 Jupiter v zastávke (začína sa pohybovať spätne)
6. 3. 4,5 planétka (9) Metis v opozícii (9,1 mag)
6. 3. 20. výročie (1986) sondy Vega 1 (kométa Halley)
6. 3. 6,4 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 2° južne)
6. 3. 21,3 Mesiac v prvej štvrti
8. 3. 20. výročie (1986) sondy, Susei (kométa Halley)
9. 3. 20. výročie (1986) sondy Vega 2 (kométa Halley)
9. 3. 45. výročie (1961) Sputnika 9 (pes Černuška)
10. 3. 20. výročie (1986) sondy Sakigake (kométa Halley)
10. 3. 22,6 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,4° južne)
11. 3. 3,7 planétka (40) Harmonia v opozícii (9,9 mag)
12. 3. 3,6 Merkúr v dolnej konjunkcii
13. 3. 1,7 Mesiac v odzemí (406 277 km)
13. 3. 19,0 planétka (12) Victoria v opozícii (10,7 mag)
13. 3. 20. výročie (1986) sondy Giotto (kométa Halley)
13. 3. 225. výročie (1781) objavu planéty Urán (W. Herschel)
13. 3. 22,7 planétka (32) Pomona v opozícii (10,5 mag)
15. 3. 0,8 polotieňové zatmenie Mesiaca
15. 3. 0,6 Mesiac v splne
15. 3. 7,1 Merkúr v prízemí (0,61228 AU)
16. 3. 40. výročie (1966) Gemini 8 (N. Armstrong a D. Scott)
19. 3. 12,7 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,6° severne)
20. 3. 100. výročie (1906) narodenia P.P. Parenaga
20. 3. Medzinárodný deň Zeme
21. 3. 19,4 jarná rovnodennosť, začiatok astronomickej jari
21. 3. 140. výročie (1866) narodenia A. C. Mauryho
22. 3. 2,6 zákryt hviezdy TYC 1403 1053 (10,8 mag) planétkou (325) Heidelberga
22. 3. 20,2 Mesiac v poslednej štvrti
23. 3. Svetový meteorologický deň
24. 3. 13,3 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
24. 3. maximum meteorického roja Virginidy (ZHR 5)
25. 3. 8,1 Venuša v najväčšej západnej elongácii (46,5°)
25. 3. 45. výročie (1961) Sputnika 10 (pes Zvezdočka)
26. 3. 10,7 planétka (64) Angelina v opozícii (10,6 mag)
26. 3. 2,6 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4,5° severne)
26. 3. 12,5 konjunkcia Venuše s Neptúnom (Venuša 1,8° severne)
26. 3. 2,1 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 6,4° severne)
27. 3. 22,0 konjunkcia Merkúra s Uránom (Merkúr 1,5° severne)
27. 3. 20,3 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2,5° severne)
27.3. 18,5 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,6° severne)
28. 3. 20. výročie (1986) sondy ICE (kométa Halley)
28. 3. 7,2 Mesiac v prízemí (359 171 km)
29. 3. 11,3 Mesiac v nove
29. 3. 11,9 úplné zatmenie Slnka, od nás pozorovateľné ako čiastočné
29. 3. 16,4 Pluto v zastávke (začína sa pohybovať spätne)
29. 3. 23,1 zákryt hviezdy TYC 1352 734 (10,3 mag) planétkou (125) Liberatrix
30.3. 2,4 planétka (105) Artemis v opozícii (10,5 mag)
31.3. 40. výročie (1966) Luny 10
31.3. 410. výročie (1596) narodenia R. Descartesa
3. 4. 22,4 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 3° južne)
5. 4. 13,1 Saturn v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
5. 4. 13,0 Mesiac v prvej štvrti
7. 4. 3,3 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3° južne)

Úplné zatmenie Slnka 29. marca

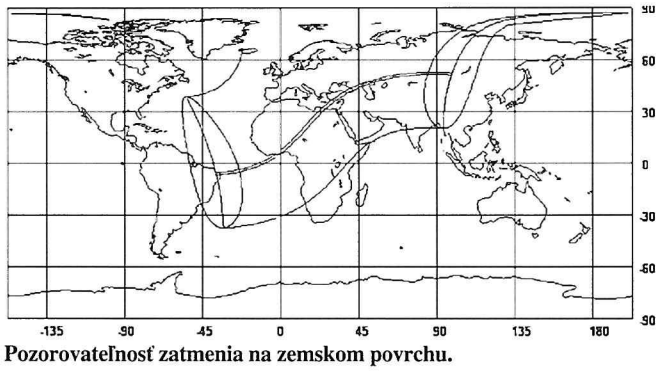
Toto zatmenie bude od nás pozorovateľné len ako čiastočné, no podmienky sú veľmi priaznivé, nakoľko celý priebeh bude vysoko nad obzorom.

Úplné zatmenie bude viditeľné z pásu totality (jeho maximálna šírka bude 184 km), ktorý začína na východe Brazílie, pokračuje východne a severovýchodne Atlantickým oceánom, križuje Afriku od Ghany až po Egypt, v Stredozemnom mori minie Krétu aj Cyprus, prechádza Tureckom, Čiernym morom, Ruskom, Kaspickým morom, Kazachstanom a končí na hraniciach Ruska a Mongolska. Priebeh zatmenia na zemskom povrchu je na obrázku.

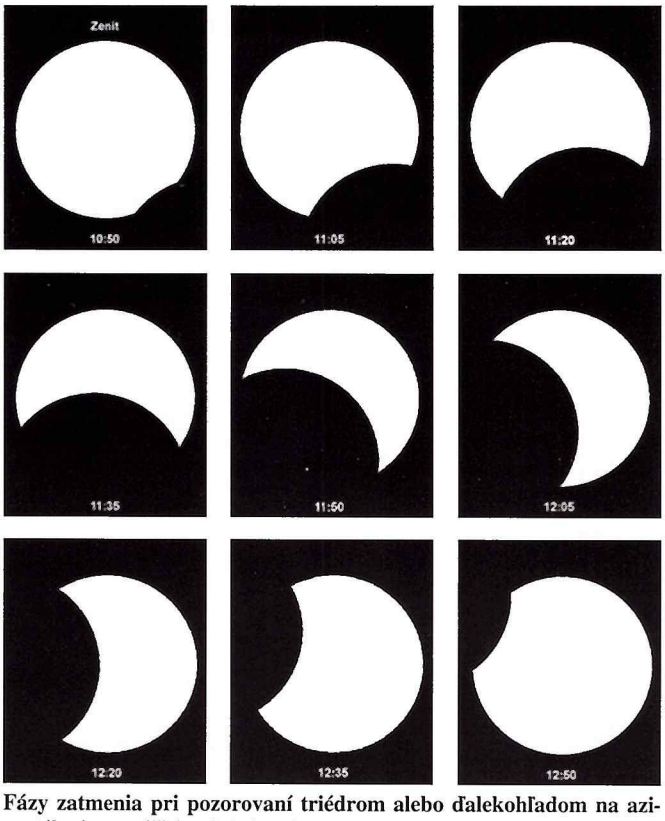
Veľkosť zatmenia v jednotkách slnečného priemeru je 1,052, jeho maximálna dĺžka $4^{m}07^{s}$. Zatmenie je zo série saros č. 139. Predchádzajúce zatmenie tejto série bolo 18. 3. 1988, nasledujúce bude 8. 4. 2024.

Vzhľadom k tomu, že na dlhé obdobie sa jedná o zatmenie, ktoré nastáva relatívne blízko nášho územia bude množstvo astronómov pozorovať jeho úplnú fázu predovšetkým z Afriky a hlavne z Turecka. Pre mnohých je to po zatmení Slnka 11. 8. 1999 ďalšia príležitosť vidieť slnečnú korónu, tentokrát hodne pretiahnutého tvaru typického pre minimum slnečnej činnosti.

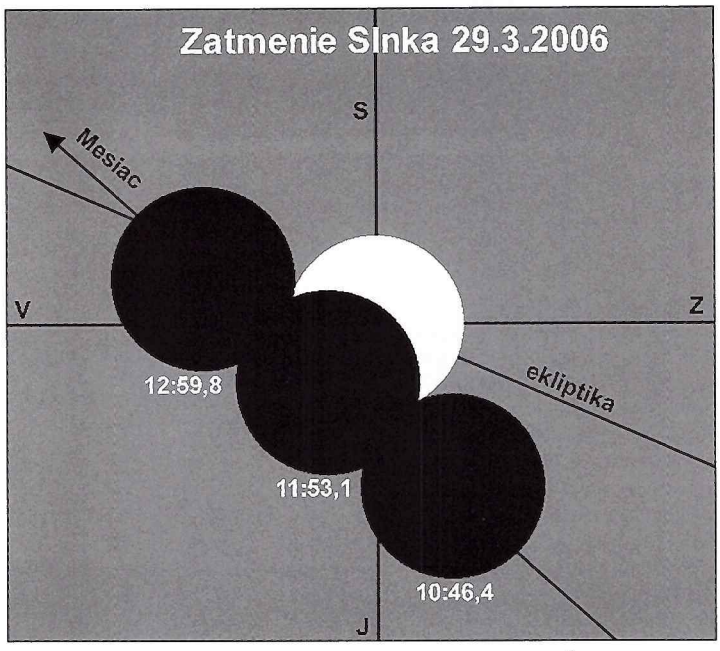
Pre tých, čo ostanú doma je tu možnosť získať sériu pekných fotografií jednotlivých fáz zatmenia použitím objektívov s dlhším ohniskom, prípadne sa trošku pohrať a urobiť postupku celého zatmenia. Najbližšie zatmenie Slnka s pomerne malou fázou (0,230) bude od nás pozorovateľné až 1. 8. 2008. **PR**



Pozorovateľnosť zatmenia na zemskom povrchu.



Fázy zatmenia pri pozorovaní triédrom alebo ďalekohľadom na azimutálnej montáži (zenit je hore).

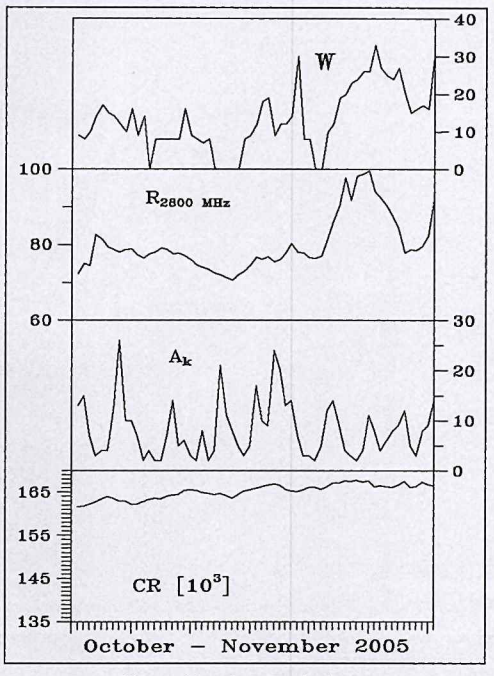


Priebeh zatmenia na 48,4° severnej šírky a 20,0° východnej dĺžky

Priebeh zatmenia vo vybraných miestach Slovenska

	ZD	ZŠ	1. kontakt SEČ	1. kontakt PA h	max. fáza SEČ	max. fáza h	4. kontakt SEČ	4. kontakt PA h	F
	o '	o '	h m s	o o	h m s	o	h m s	o o	
Banská Bystrica	19 10	48 44	10 46 34	204 43	11 52 28	45	12 58 24	76 42	0,576
Bardejov	21 15	49 18	10 49 2	205 43	11 55 27	44	13 1 37	76 41	0,594
Bratislava	17 10	48 10	10 44 10	203 43	11 49 31	45	12 55 8	77 44	0,557
Dolný Kubín	19 19	49 13	10 47 34	204 43	11 53 5	44	12 58 34	77 42	0,569
Galanta	17 45	48 11	10 44 34	203 43	11 50 15	45	12 56 7	77 43	0,565
Hlohovec	17 50	48 27	10 45 9	203 43	11 50 36	45	12 56 14	77 43	0,562
Humenné	21 55	48 57	10 48 53	206 43	11 55 57	44	13 2 43	75 41	0,610
Hurbanovo	18 11	48 52	10 46 11	203 42	11 51 25	45	12 56 46	77 43	0,559
Košice	21 15	48 44	10 48 0	206 43	11 54 59	45	13 1 43	75 42	0,605
Kysucké N. Mesto	18 46	49 18	10 47 23	203 42	11 52 30	44	12 57 40	78 42	0,560
Levice	18 35	48 14	10 45 13	204 43	11 51 19	45	12 57 30	76 43	0,577
Lomnický štít	20 12	49 11	10 48 6	205 43	11 54 6	44	12 59 59	76 42	0,582
Lučenec	19 40	48 20	10 46 9	205 43	11 52 43	45	12 59 16	75 43	0,590
Malacky	17 0	48 27	10 44 37	202 42	11 49 35	45	12 54 49	78 43	0,550
Martin	18 55	49 5	10 47 4	204 43	11 52 29	44	12 57 56	77 42	0,566
Medzev	20 54	48 42	10 47 41	206 43	11 54 32	45	13 1 11	75 42	0,601
Michalovce	21 55	48 45	10 48 31	206 44	11 55 48	45	13 2 45	74 41	0,614
Modra AGO	17 16	48 21	10 44 35	203 43	11 49 49	45	12 55 17	77 43	0,556
Nitra	18 5	48 20	10 45 5	204 43	11 50 48	45	12 56 40	77 43	0,568
Nové Mesto n/V	17 50	48 47	10 45 48	203 42	11 50 55	45	12 56 12	78 43	0,556
Partizánske	18 23	48 38	10 45 51	204 43	11 51 26	45	12 57 8	77 43	0,566
Prešov	21 10	49 0	10 48 26	206 43	11 55 6	44	13 1 33	75 41	0,599
Rimavská Sobota	20 0	48 22	10 46 26	205 43	11 53 9	45	12 59 48	75 42	0,594
Roztoky	21 29	49 23	10 49 21	206 43	11 55 47	44	13 1 57	76 41	0,596
Rožňava	20 30	48 40	10 47 21	205 43	11 54 1	45	13 0 33	75 42	0,596
Skalnaté Pleso	20 9	49 9	10 48 0	205 43	11 54 1	44	12 59 55	76 42	0,582
Snina	22 10	49 0	10 49 9	206 43	11 56 18	44	13 3 5	74 41	0,613
Sobotište	17 25	48 44	10 45 26	203 42	11 50 22	45	12 55 30	78 43	0,551
Spišská Nová Ves	20 35	48 58	10 47 58	205 43	11 54 23	44	13 0 38	76 42	0,591
Stará Lesná	20 20	49 8	10 48 6	205 43	11 54 13	44	13 0 13	76 42	0,585
Trebišov	21 40	49 39	10 49 58	205 43	11 56 13	44	13 2 11	76 41	0,593
Žiar nad Hronom	18 52	49 35	10 47 59	203 42	11 52 52	44	12 57 46	78 42	0,556
Žilina	18 45	49 12	10 47 11	203 42	11 52 23	44	12 57 39	77 42	0,561

ZD, ZŠ – zemepisná dĺžka a šírka
PA – pozičný uhol
h – výška nad obzorom
F – veľkosť maximálnej fázy v priemeroch sln. disku



Slnečná aktivita

október – november

Slnečná aktivita je v týchto dvoch mesiacoch už veľmi nízka. Hodnoty sú charakteristické pre minimum cyklu slnečnej aktivity.

2. decembra 2005 uplynulo 10 rokov od vypustenia najúspešnejšieho slnečného observatória všetkých čias, družice SOHO na obežnú dráhu. Hádam niet na svete slnečného fyzika, ktorý by pri svojej práci nevyužil dáta, získané prístrojmi tohto automatického observatória. Pri príležitosti výročia pripravil Dr. B. Fleck na internetových stránkach stručný odpočet činnosti observatória. Niektoré zaujímavé skutočnosti, vybraté z tohto odpočtu, uvádzam ďalej.

4 mesiace po štarte putovalo SOHO po špirále na svoje miesto, ktoré je vzdialené 1,5 milióna km smerom k Slnku, v tzv. Lagrangeovom bode L_1. Z tohto miesta môže pozorovať Slnko 24 hodín denne. Pôvodne plánovali jeho činnosť na dva roky. Pracuje však dodnes a predpokladá sa, že bude schopné činnosti prinajmenšom do roku 2007.

Činnosť observatória však nebola celkom bez problémov. V júni 1998 sa stratilo spojenie a zdalo sa, že sonda sa navždy stratila. Avšak po sústredenom úsilí operátorov sa to podarilo a od novembra 1998 observatórium obnovilo prenos údajov o pozorovaniach. Krátko potom prestal pracovať gyroskop. A v júni 2003 hlavná anténa. Obidve tieto poruchy sa podarilo inžinierom NASA a ESA odstrániť pomocou softwaru.

Sľúbené zaujímavosti z výsledkov observatória:

- Bolo publikovaných 944 vedeckých článkov s využitím pozorovaní observatória SOHO.
- 140 doktorandov získalo titul PhD pri spracovaní pozorovaní.
- Bolo usporiadaných 289 vedeckých konferencií.
- Pomocou prístroja LASCO objavili 1000 komét.
- Prístroj MDI urobil 50 miliónov expozícií. Dr. Fleck poznamenáva, že asi ide o „svetový rekord". Pravdepodobne žiadna uzávierka by nevydržala toľko expozícií.

A ešte web adresy, kde sú ďalšie podrobnosti:

- http://www.esa.int/esaSC/SEMKG5VLWFE_index_0.html
- http://www.nasa.gov/vision/universe/solarsystem/soho2005.html
- http://soho.nascom.nasa.gov/hotshot/

M. RYBANSKÝ

Náš asteroid po rokoch potešil znova...

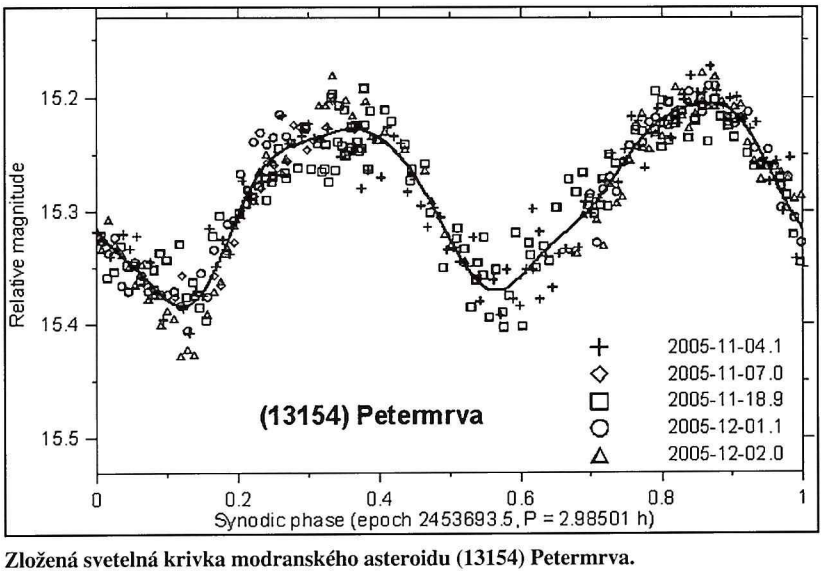
Bolo to už pred vyše desiatimi rokmi, keď som sa chcel krátkym článkom v časopise KOZMOS podeliť o radosť s prvými pozorovateľskými úspechmi mladého univerzitného observatória, ktorý vlastnil malú CCD-kameru a vyslúžilý ďalekohľad. Vtedy, koncom roka 1995, išlo o prvé objavené planétky, ktoré boli len vedľajším produktom astrometrických pozorovaní iných asteroidov a komét. Náš veterán nám aj naďalej slúži, a to už s treťou CCD-kamerou. Jeho pointácia je na dnešné pomery už hlboko podpriemerná, ale stále produkuje cenné dáta. Okrem astrometrie prináša v súčasnosti hlavne fotometrické výsledky.

Medzi novými objavmi bola v článku aj zmienka o asteroide 1995 RC, ktorý prekvapil svojou 16. magnitúdou. V tom čase sa už objavovali najmä telesá okolo 18. magnitúdy, a to ešte nepozorovali veľké výkonné prehliadkové ďalekohľady. Naše nadšenie nedovolilo, aby sa zvlášť taký jasný asteroid mohol stratiť, aj keď sme mali len malé zorné pole. Skôr hrozilo, že je to teleso známe z minulosti, len dočasne stratené. Rýchlo sa ukázalo, že šlo o veľmi priaznivú geometriu, keď bol v blízkosti opozície a perihélia svojej dráhy zároveň a dodatočne sa našla len jediná jeho predobjavová poloha – ešte z roku 1972, čo na objav nestačilo. Začiatkom roku 2000 bola jeho dráha po sústavných pozorovaniach natoľko presná, že dostal katalógové označenie (13154). Obieha okolo Slnka vo vnútornej časti hlavného pásu. Z jeho jasnosti sa dá odhadnúť veľkosť na 6 km, ak predpokladáme typickú odrazivosť povrchu ako iné telesá v danej vzdialenosti od Slnka. Podobnými zisteniami sa často znalosti o novoobjavených malých asteroidoch v hlavnom páse končia. Ale pre jasné asteroidy nemusia. A tak, keď sa v novembri 2005 zopakovala objavová výhodná geometria a asteroid znova dosiahol 16. magnitúdu, vrátilo sa moje nadšenie naspäť a využil som príležitosť. Veď taký objekt je už v dosahu nášho fotometrického výskumu.

Už na základe pozorovaní prvej noci som videl, že úspech je na dosah. Počas troch hodín sa veľmi zreteľne ukázala celá perióda s klasickými dvoma maximami a minimami na svetelnej krivke. Ďalšie pozorovania počas štyroch nerovnomerne rozložených nocí s rôznym trvaním (kvôli počasiu) výsledok potvrdili a spresnili. Perióda je 2,985 h a amplitúda svetelnej krivky 0,18 mag. Neprejavili sa na nej nijaké iné nepravidelnosti. (Niektoré podobne rýchlo rotujúce telesá sú totiž sprevádzané ich vlastným satelitom, čo sa môže prejaviť poklesmi na svetelnej krivke.)

A ešte sa vrátim k nadšeniu. Objektívne vzaté, ide len o bežný asteroid, ktorý má teraz zistenú rotáciu podobne ako ďalších okolo 2000 asteroidov. A to už je medzi nimi aj jeden modranský asteroid, na ktorého fotometrii som sa so svojimi kolegami podieľal v roku 2003, keď išlo o podobne vhodnú geometriu. Ale subjektívne ide o celú šnúru čohosi, čo inšpiruje, čo dáva dlhým nočným pozorovaniam „šťavu". Samotný prístroj má stále v dosahu celú záplavu vhodných objektov pre fotometrický výskum, takže mu je jedno, na ktorý sa zameria. Keď je medzi nimi asteroid, ktorý som aj objavil, a to spolu so svojím dobrým kamarátom a bývalým kolegom Alexandrom Pravdom, potom je voľba zrejmá. A povzbudenie bolo o to väčšie, že môj spoluobjaviteľ aj navrhol pre asteroid pomenovanie po jeho dobrom kamarátovi a bývalom kolegovi Petrovi Mrvovi, ktorý sa podieľal na budovaní modranského observatória. Navrhované meno bolo už v roku 2002 schválené Komisiou pre pomenovanie malých telies. Takto som mohol aspoň nepriamo vyjadriť poctu aj samotnému človeku, ktorého si váži môj kamarát.

ADRIÁN GALÁD



Zložená svetelná krivka modranského asteroidu (13154) Petermrva.

Mohol vidieť Mário Krajč disk z Nebry?

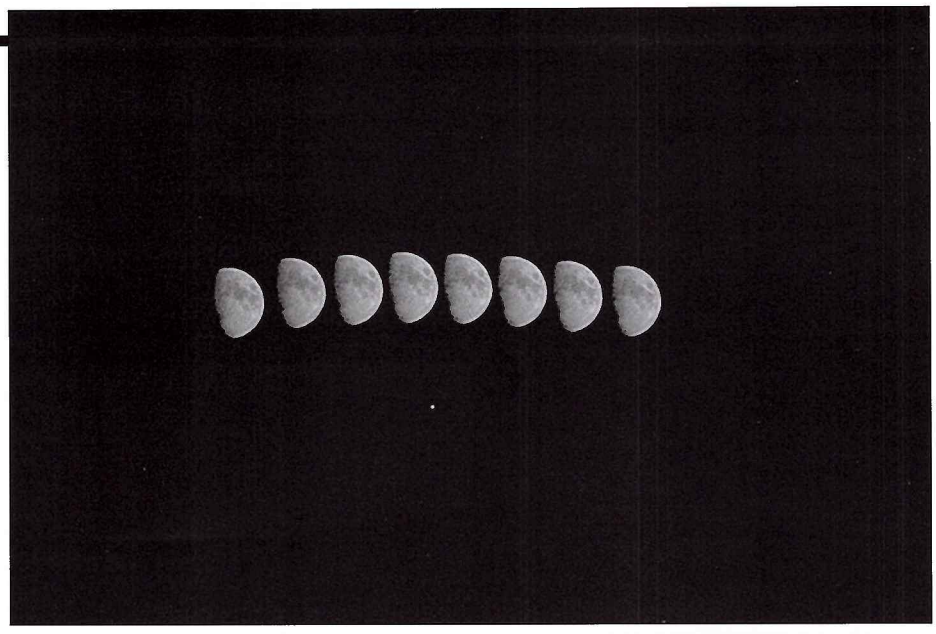
Mário Krajč je školák zo Žiliny, ktorý vlani ešte ako predškolák nakreslil do regionálneho kola súťaže „Vesmír očami detí“ peknú kresbu – bez názvu. Je na nej raketa (popísaná zhora nadol postupne hieroglyfmi a fantastickými obrazmi) na pozadí **disku z Nebry**. Slúži ku cti porote v celoslovenskom kole súťaže, že kresba uspela i tam.

Pretože sa do vyhodnocovania výtvarných príliš neangažujeme, zbadal som prvýkrát Máriovu prácu až na výstave postupujúcich prác na prízemi Makovického domu v Žiline. Pôsobila na mňa ako „déja-vu“: to som už niekde videl. Slnko a Mesiac na pozadí hviezd, chýbajú iba zvláštne oblúky po bokoch a tzv. „slnečný čln“. Slnko vľavo, Mesiac vpravo od neho v typicky detskej – večernej fáze; kto by deťom ráno ukazoval Mesiac? A kométa správne za Mesiacom práve letí do skupiny siedmich hviezd, tie sú tiež na slávnom disku! Možno to robí počasie – dva týždne sme tu na severe nevideli Slnko a je práve šedohnedý večer, ale je to akési divné. Divne podobné; môžeme porovnávať výtvarnú prácu abiturienta materskej školy s vrcholom astronomického poznania z vrcholnej doby bronzovej, spred 3600 rokov?

Interpretácii obrazov na disku je veľmi veľa. Všetky, hoci sa líšia v detailoch, vysvetľujú disk ako postupne upravovanú kombináciu navigačnej a kalendárovej pomôcky s kultovým predmetom. Útvary v strede sú (zľava) Slnko (resp. Mesiac v splne) a Mesiac vo fáze, oblúky po okrajoch, z ktorých sa zachoval iba pravý, vymedzujú interval azimutov východov a západov Slnka pre približne 51,2° severnej šírky, dole je slnečný čln, alternujúci s Mliečnou dráhou. Sedma hviezd býva vysvetlovaná obvykle ako Plejády, či okolie vtedajšieho severného svetového pólu. Keďže disk našli vykrádači hrobov spolu s dvoma mečmi a ďalšími bronzovými pokladmi, nemusí byť disku nepodobný ani Homérov popis Achilovej zbroje, (Hefaistovho daru) v 18. speve Ílias, možno štít s magickými, kozmickými účinkami. Obecne sa však nepochybuje o autenticite a astronomickom význame nálezu, ktorý s veľkou pravdepodobnosťou popisuje oblohu v deň (večer) jarnej rovnodennosti, začiatkom apríla (podľa jul. datovania) okolo roku 1600 pred n.l. Zrejme tiež slúžil dlhý čas, pretože bol postupne dopĺňaný a upravovaný a skončil ako rituálne uložený kultový predmet.

Mário Krajč disk z Nebry asi nevidel. Bolo by jednoduché opýtať sa ho na to, ale to by už nebolo ono. Takto si môžu aj ináč kritickí ľudia v smutnom príšerí dlhého zimného večera popustiť fantáziu na dlhý remeň a potichu snívať.

MIROSLAV ZNÁŠIK
Hvezdáreň v Žiline



Konjunkcia Mesiaca s Marsom 8. 1. 2006 exponovaná od 17. do 24. hod. fotoaparátom Olympus E 500 cloneným obejktívom s ekvivalentným ohniskom 300 mm z bežného fotografického statívu expozíciami 1/60 a 1 sekunda pri citlivosti 100 ASA. Foto: P. Rapavý

Podporte astronómiu!

Astronómia nemá u nás v súčasnosti „ustlané na ružiach“, no každý, kto má o ňu záujem alebo ju chce podporiť, môže tak urobiť venovaním 2 % svojej dane. Podporiť tak niečo ušľachtilé majú aj v tomto roku všetky fyzické i právnické osoby. Keďže čítate v Kozmose tieto riadky, veríme, že máte k astronómii blízko.

Jednou z mála organizácií, ktorá u nás združuje záujemcov o astronómiu a venuje sa popularizácii, pozorovaniam i odbornej činnosti je Slovenský zväz astronómov amatérov, ktorý je ako prijímateľ 2 % registrovaný v centrálnom notárskom registri NCRpo 1863/2005.

O našich aktivitách sa môžete dočítať na stránkach skvelého časopisu Kozmos alebo na www.szaa.sk. Tým, ktorí nás podporili v minulosti ďakujeme, aj ich pričinením sa uskutočnilo množstvo podujatí, pozorovaní a bola v Kozmose uverejnená nejedna vydarená fotografia.

Na vyplnenie tlačiva budete potrebovať len niekoľko minút, no pocit, že ste podporili dobrú vec vám ostane nadlho. Uchádzame sa teda o vašu podporu, za ktorú vopred ďakujeme.

Údaje
Meno: Slovenský zväz astronómov amatérov
Právna forma: občianske združenie
Sídlo: Tomášovská 63, 979 01 Rimavská Sobota
IČO: 00470503

SZAA

Predám zrkadlový ďalekohľad Newton 150/1330, na paralaktickej montáži, okulár K 20, K 12, delené kruhy, pohon. Cena: 14 500 Sk (možná dohoda). Váha 40 kg, 100-percentný stav. Ďalej predám zväčšovačku Opemus 5 s ostatným príslušenstvom. Cena 2000 Sk. Predám aj staršie astronomické ročenky, Kozmos od ročníka '87 po súčasnosť – dohodou. Tel.: 0904 348 302. Branislav Gálik, Novojelčanská 853, 925 23 Jelka.

Na obzore alternatívna kozmológia?

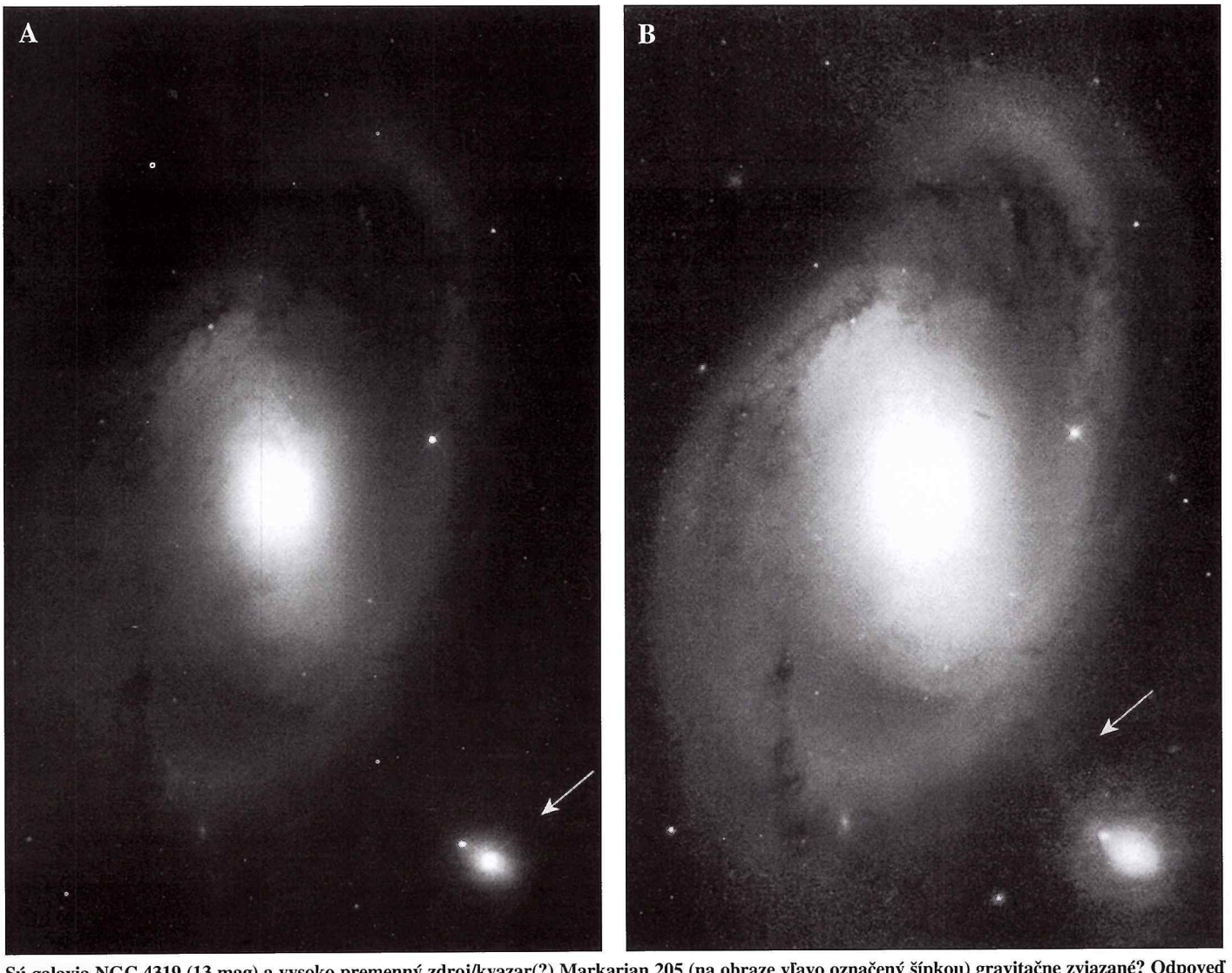
Od roku 1929, keď Edwin Hubble objavil rozpínanie sa vesmíru, astronómovia používali červený posun (ide o hodnotu *z* ktorá vyjadruje do akej miery sa svetlo vzďaľujúcej sa galaxie „natiahlo“ smerom k červenej oblasti spektra) ako pomôcku pri odhade vzdialenosti. V roku 1960 iba vďaka červenému posunu mohli astronómovia viditeľný vesmír významne „zväčšiť“, pretože objavili kvazary, kvázistelárne objekty, ktorých svetlo malo neuveriteľne vysoké hodnoty *z*. O kvazaroch (v najnovších katalógoch sú ich státisíce) dnes vieme, že sú to vlastne extrémne svietivé, tzv. aktívne jadrá galaxií, vzdialené miliardy svetelných rokov. (Mimochodom: to čo svieti, sú obrovské mračná plynu a prachu špirálujúce do masívnej čiernej diery v jadre galaxie čoraz vyššou rýchlosťou. Narastajúca rýchlosť extrémne zvyšuje ich teplotu, takže žiaria na takmer všetkých vlnových dĺžkach.)

Našli sa však pochybovači, (napríklad Halton C. Arp z Inštitútu Maxa Plancka v Nemecku), ktorí vyslovili hypotézu, že kvazary sú oveľa bližšie ako to (klamne) naznačuje ich červený posun. Medzičasom bolo totiž objavených niekoľko galaxií s aktívnymi jadrami, ktoré mali neveľký červený posun. Arp zistil, že každá z týchto galaxií je obklopená mimoriadne veľkým počtom kvazarov s vysokým červeným posunom. Vedci usúdili, že tieto galaxie akýmsi spôsobom plodia kvazary a vysokou rýchlosťou ich gravitačne vymršťujú, takže červený posun nemusí vôbec korešpondovať s ich vzdialenosťou. Túto hypotézu väčšina astronómov odmietla, pretože sa im zdalo, že štatistická argumentácia (zovšeobecnenie údajov z niekoľkých zvláštnych galaxií), novú hypotézu dostatočne nepodporuje.

Do hry zrazu vstúpili dvaja čínski astronómovia, ktorí preskúmali údaje so Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy (SDSS), ktorá štatistikom ponúka dostatočne reprezentatívnu bázu. Su Ming Tang a Shuan Nan Zhang z Pekingskej univerzity preskúmali okolie 72 426 aktívnych galaxií a zistili, že 2691 kvazarov s vysokým červeným posunom nemá tendenciu zoskupovať sa okolo týchto galaxií. Zhang v Astrophysical Journal napísal: „Kvazary nie sú projektilmi aktívnych galaxií.“

Číňania všetkých nepresvedčili. Arp trvá na svojej hypotéze: „Kolegovia sa zdráhajú interpretovať takýto vzťah (medzi galaxiami a kvazarmi) v pojmoch nekozmologických červených posunov.“ Skeptici upozorňujú na fakt, že ak je svetlo „podozrivých“ kvazarov, ktoré zachytávame na Zemi, do istej miery šošovkované galaxiami, potom sa tie galaxie nachádzajú oveľa bližšie k Zemi ako kvazary. Takže: šošovkované kvazary musia mať vyšší červený posun ako galaxie. Inými slovami: červené posuny kvazarov nie sú spôsobené rozpínaním sa vesmíru, čo je priam v dokonalej zhode s ešte vždy platným modelom big bangu, ktorý vyhovuje všetkým overeným astronomickým i kozmologickým údajom.

Pomocou Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu sa medzičasom podarilo získať snímku dvojice „podozrivých objektov“ (pozri snímky a sprievodný text). Premenný zdroj (kvazar?) je od galaxie v popredí vzdialený viac ako miliardu svetelných rokov. Napriek tomu sa zdá, že oba objekty spája slabučký „mostík“ svetla. Nad sporom o novú kozmológiu sa opäť objavil veľký otáznik...



Sú galaxia NGC 4319 (13 mag) a vysoko premenný zdroj/kvazar(?) Markarian 205 (na obraze vľavo označený šípkou) gravitačne zviazané? Odpoveď závisí od toho, či je extrémne riedky „mostík“ svetla (na zväčšenine Hubblovho ďalekohľadu vpravo označený šípkou), sotva viditeľný napriek náročnému dodatočnému spracovaniu, naozaj reálnou štruktúrou, ktorá oba objekty spája, alebo iba optickou ilúziou. Červené posuny oboch objektov (0,0045 a 0,071) naznačujú vzdialenosti 80 miliónov, resp. 1,1 miliardy svetelných rokov. Iba neveľa astronómov sa nazdáva, že „mostík“, aj v prípade, že by nebol iba zdanlivý, podkopáva teóriu big bangu. Z najnovších štúdií totiž vyplýva, že takáto vzájomná poloha, hoci veľmi vzácna, sa občas vyskytne.

CELESTRON

SUPRA
Praha, spol. s r.o.
... hvězdám blíž
Astronomik

Celestron CPC

Astrograph C20

WILLIAM OPTICS

Dalekohledy zasíláme i na Slovensko.

Sky-Watcher

ED refraktory
EQ6 SkyScan

Maksutovy
HEQ5 SkyScan

Vixen

baader planetarium

☎ +420 284 820 939 • Mochovská 23 • 198 00 • Praha
celestron@celestron.cz • www.celestron.c