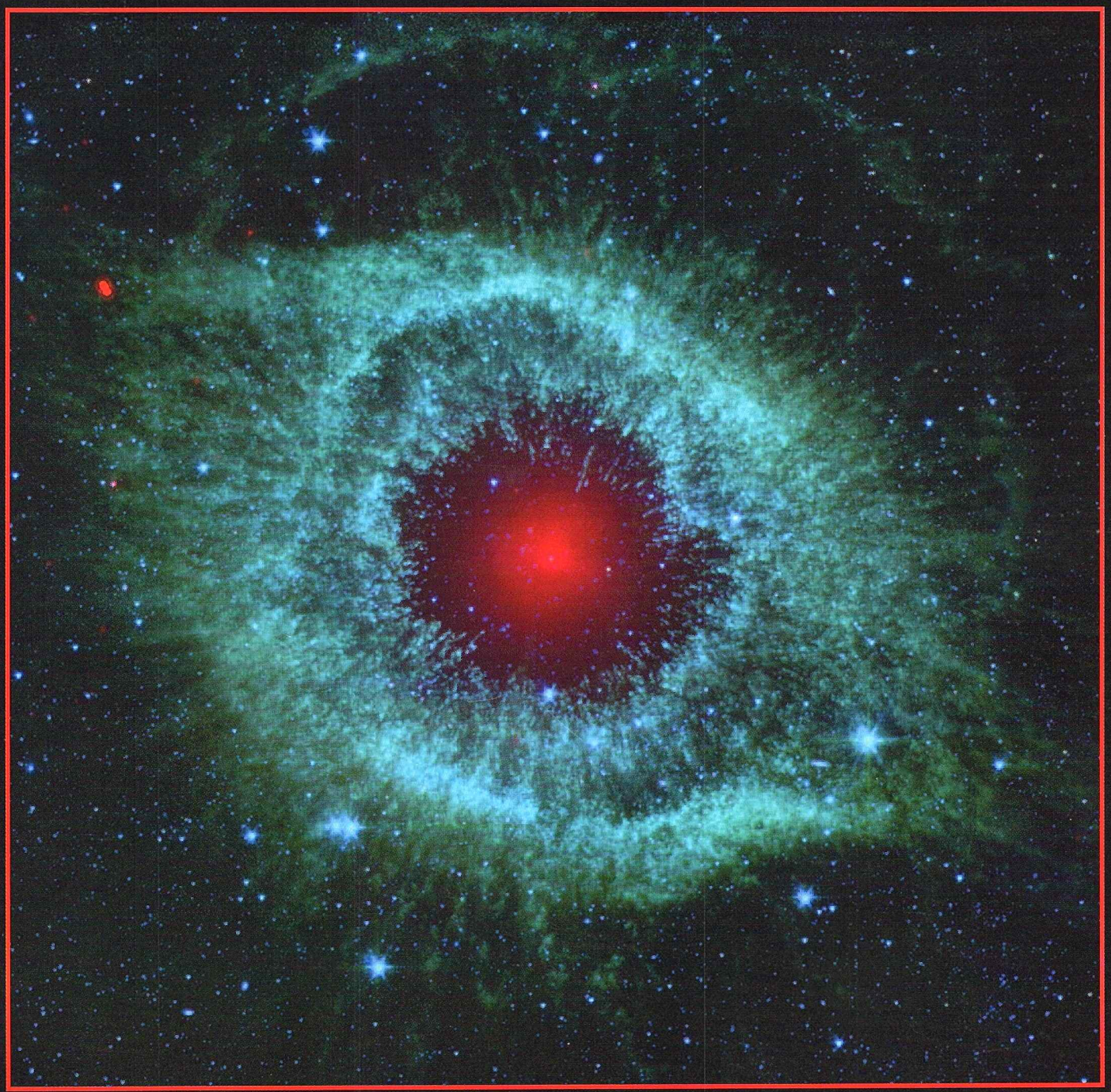
KOZMOS

2007
ROČNÍK XXXVIII.
Sk 45,–
2



- Unikátny záber Saturna
- Posolstvá z ríše tmavej hmoty
- Čo ak teória strún neplatí?
- 2003 EL61: najbizarnejšie teleso Kuiperovho pása

Tento bezmenný impaktný kráter leží na dne známeho, oveľa väčšieho krátera Newton na južnej pologuli Marsu. Má priemer 7 kilometrov, hĺbku asi 700 metrov. Vďaka neobyčajne vysokému rozlíšeniu (154 cm na pixel) vidieť na stenách kráteru početné vývery, niektoré z nich celkom unikátne.

(Pozri materiál na strane 22.)

KOZMOS

Populárno-vedecký astronomický časopis

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum.
Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87.
Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Ing. Teodor Pintér.
Redakcia: Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, 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 45,– Sk/Kč. Pre abonentov ročne 240,– Sk/Kč vrátane poštovného.
Objednávky na predplatné prijíma každá pošta a doručovateľ Slovenskej pošty. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk.
Predplatitelia: V Česku 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 14. 3. 2007

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

6 **Co přinese LHC pro kosmologii? aneb co lze vyhlížet v roce spuštění současného největšího urychlovače na světě (2)** / *Vladimír Wagner*

11 **Posolstvá z ríše tmavej hmoty; „Dôkaz" existencie tmavej hmoty** (12. s.)

15 **Nobelova cena 2006 za fyziku udelená za objavy v kozmológii** / *Drahomír Chochol*

17 **Čo ak teória strún neplatí?** / / *Sten Odenwald*

28 **Medzinárodný heliofyzikálny rok 2007** / / *Milan Rybanský*

28 **Kyslík, ktorý robí problémy** (3. časť) (Diery v ozónosfére; Prízemný ozón) / *Anna Pribullová*

Rubriky

ALBUM POZOROVATEĽA

25 **Úplné zatmenie medzi mrakmi** / *Pavol Rapavý*

26 **Zákryt Saturna Mesiacom** / *Pavol Rapavý*

POZORUJTE S NAMI

35 **Obloha v kalendári** / / *Pavol Rapavý* **Kalendár úkazov a výročí** (s. 38)

PODUJATIA

39 **ASTRONET – vízia európskej astronómie do 20 rokov** / *Milan Zboril*

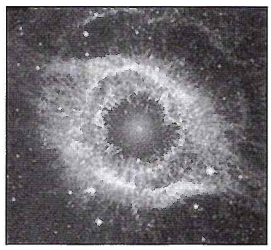
40 **Slnečná aktivita** (december 2006 – január 2007) / *Milan Rybanský*)

Rôzne

34 **Ľudia v astronómii** / *Dana Rapavá*

40 **RNDr. Miloslav Kopecký, DrSc., astrofyzik (1928 – 2006)** / *Július Sýkora*

Obálka



Planetárna hmlovina Helix. Biely trpaslík, pozostatok po skolabovanej hviezde, vo venci komét na periférii bývalej slnečnej sústavy.

(Pozri aktualitu na 2. strane)

Aktuality

2. ob. **Mars: kráter Newton**

3. ob. **Tethys: dva veľké impakty; Duny a impaktný kráter; Nekonečné polia dún**

2 **Malebná záhada v planetárnej hmlovine Helix** + titulná strana časopisu; **2003 EL: najbizarnejšie teleso Kuiperovho pása**

4 **Prvý protoplanetárny disk v susedstve umierajúcej hviezdy; HST: vedci študovali atmosféru na exoplanéte**

5 **Disk okolo mladej hviezdy; Tajomstvo Keplerovej supernovy**

8 **Exoplanéty bez vody**

9 **Vzdialené kvazary hniezdia v masívnych halách tmavej hmoty; Objav trojitého kvazaru**

10 **Fyzici chcú zviditeľniť extradimenzie**

12 **Masívna čierna diera v trpasličej galaxii**

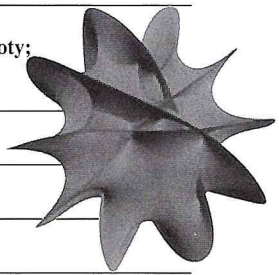
16 **Gravitačná kakofónia superstrún**

19 **Gigantický oblak nad severným pólom Titanu; Jazerá na Titane; Ganesa macula; Titan: impaktný kráter?**

20 **Saturn: nové prstence (nové mesiačiky?)**

22 **Na Marse môžu žiť baktérie; Nová éra výskumu marťanského povrchu**

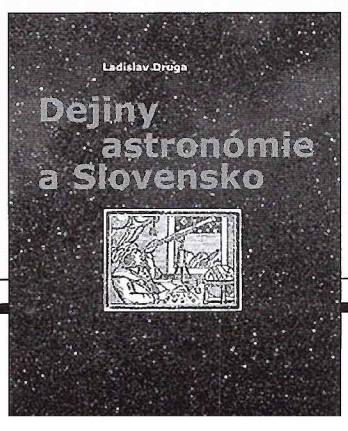
23 **V podzemí Marsu tiekli rieky**



Územie Slovenska je už od najstarších historických dôb jedným z pomerne rušných dejísk astronomickej kultúry ľudstva. Vývoj astronomických ideí a predstáv o vesmíre na tomto neveľkom kúsku Zeme, kde sa výplody ľudského ducha vždy aktívne prijímali aj rodili a svetu odovzdávali, priam ako reprezentatívna vzorka vypovedá o všetkom, k čomu ako celok dospievalo ľudské pokolenie, snažiace sa pochopiť prepojenie diania na oblohe so zmenami okolo seba.

Dokumentovať na takom malom, hoci kultúrne zmiešanom segmente sveta celý ten zložitý, kľukatý, zvratov a rozporov plný proces, akým je vývoj svetového astronomického poznania, je nesmierne náročná úloha, vyžadujúca si odkrývať viaceré zložité zákutia dejín. Nielen dejín spoločnosti a dejín astronómie, no i ďalších historických oblastí, najmä dejín filozofie, náboženstva, fyziky, pozorovateľskej techniky, matematiky, geometrie, kartografie a prírodovedného poznania. Kladie to vysoké nároky na vypátranie hraničnovedných vzťahov, interdisciplinárnych súvislostí, na orientáciu v komplikovanej spleti výstupov vo forme astronomických poznatkov – podstatných aj sprievodných, dobovo prevratných i dobovo poplatných, pôvodných i odvodených, ako aj na potrebu rozlíšiť v historických interpretáciách dôležité od pseudodôležitého, originálne od kompilatívneho, progresívne od prekonaného a eliminovať všetko skreslené.

Dlhoročným hĺbkovým a komparatívnym historickým výskumom, spojeným s kritickým zhodnocovaním odhaľovaných historických súvislostí (a v snahe uchrániť sa pred rizikom navonok ľúbivých záverov), vzniklo toto kompendium, poskytujúce pomerne detailný obraz vývoja astronómie na slovenskom území. Vedie čitateľa k tomu, aby vnímal vývoj našej astronómie v kontexte dejín celosvetovej astronómie a aby v jednotlivých historických reprezentantoch domácej vedy nachádzal raz stúpencov tých či oných ideí príznačných pre svetové astronomické myslenie konkrétnej epochy, raz zasa zástancov ideí dožívajúcich, inokedy anticipátorov nového.



Ako vhodná forma knihy sa ukázala kombinácia tematicko-chronologickej historickej rozpravy s mozaikou fragmentov pramenného materiálu, vrátane zahraničného a inojazyčného.

Autorom knihy je pracovník SÚH v Hurbanove Ladislav Druga, ktorý sa tejto problematike venuje dlhodobo a ako sám vraví, na knihe pracoval sedem rokov. Je vo formáte A4 na 444 stranách v graficky výpravnom 4-farebnom prevedení a vydala ju Slovenská ústredná hvezdáreň Hurbanovo.

Jej cena je 890 korún.

Malebná záhada v planetárnej hmlovine Helix

(K obrázku na obálke časopisu)

Spitzerov ďalekohľad exponoval planetárnu hmlovinu Helix. Materská hviezda, bledá plôška uprostred, vyzerá na infračervenej snímke po kolapse ako oko nejakého netvora. Planetárna hmlovina Helix, vzdialená 700 svetelných rokov v súhvezdí Vodnára sa sformovala, keď Slnku podobná hviezda skolabovala, pričom odmrštila od seba obálku. Žiarenie z horúceho jadra mŕtvej hviezdy, bieleho trpaslíka, zohriala rozpínajúci sa materiál a spôsobila jeho fluorescenciu v živých farbách.

Tento kozmický šperk začne po 10 000 rokoch blednúť, farebné oblaky postupne vyhasnú. Okolo bieleho trpaslíka ostane iba zhluk komét a telies podobných tým, čo sú v našom Kuiperovom páse, ktorý katastrofa v centre hmloviny poriadne zdeformovala.

Astronómov tento chaotický, poprehýbaný, do centra hmloviny, smerom k hviezde sa premiestňujúci zhluk komét nadchol. Objav veľkého množstva prachu okolo bieleho trpaslíka v jej centre ich však doslova šokoval. Na optických snímkach tejto malebnej, často fotografovanej planetárnej hmloviny sa totiž prach v centre nedal rozlíšiť. Zviditeľnili ho až infračervené snímky z ďalekohľadu Spitzer.

Vedci sa pokúsili procesy po kolapse hviezdy rekonštruovať. Zistili, že bieleho trpaslíka obieha vo vzdialenosti 39 až 150 AJ masívny prachový disk. To bol šok: odkiaľ sa pri takej starej hviezde vzalo toľko prachu? Veď prachové disky sa vytvárajú z nespotrebovaného materiálu najmä okolo mladých hviezd. V disku sa za istých podmienok sformujú planéty. V starých slnečných sústavách je prachu tak málo, že ho vo vzdialenosti niekoľkých stoviek svetelných rokov nedokážu detegovať ani najcitlivejšie infračervené detektory.

Vedci usúdili, že jedným z možných zdrojov prachu by mohli byť kométy, ktoré búrlivú smrť hviezdy na vzdialených obežných dráhach prežili. Po kolapse hviezdy a následných poruchách gravitačne vyváženej sústavy sa pomery dramaticky zmenili. Vnútorné planéty počas kataklizmy zanikli, tie, čo prežili, sa premiestnili na vzdialenejšie dráhy alebo zo sústavy unikli. Rovnaký osud postihol aj planétky, asteroidy a kométy, čo prežili. V planetárnej hmlovine Helix sa rozpútal neopísateľný chaos. Množstvo zrážok a kolízii deštruovalo najmä menšie telesá, ktoré sa rozpadli na úlomky a prach.

Podobný osud postihne po 5 miliardách rokov aj naše Slnko. Aj ono sa premení na bieleho trpaslíka, okolo ktorého budú obiehať trosky bývalej sústavy.

Spitzer nedávno objavil trosky planetárneho systému aj pri inej mŕtvej hviezde. Vlani v januári získal snímky bieleho trpaslíka, okolo ktorého obiehal prachový disk. Ten však obiehal hviezdu iba vo vzdialenosti 0,005 až 0,3 AJ. „Ten prvý objav nás prekvapil," vraví George Rieke z Arizonskej univerzity. „Tento druhý nás však zmiatol."

Najnovšie údaje možno pomôžu poodhaliť záhadu okolo bieleho trpaslíka v hmlovine Helix. Údaje z röntgenových satelitov, nemeckého Röntgensatelitt a z americkej Chandry prezradili, že biely trpaslík silne žiari v röntgenovej oblasti. Bieli trpaslíci sú síce horúce hviezdy (až 100 000 kelvinov), nie sú však také horúce, aby žiarili v röntgenovej oblasti. Astronómovia usúdili, že biely trpaslík v hmlovine Helix odčerpáva hmotu z neviditeľného hviezdneho súputnika.

Po analýze údajov zo Spitzera sa vynorilo aj iné vysvetlenie. Zdrojom röntgenového žiarenia by mohol byť aj materiál z čerstvého masívneho prachového disku, ktorý po špirále padá na bieleho trpaslíka.

Teoretici vysvetlenie odobrili. Pozorovatelia ho zatiaľ nepotvrdili. Všetkých však malebný chaos v planetárnej hmlovine Helix nadchýna.

Spitzer Press Release

2003 EL61: najbizarnejšie teleso Kuiperovho pása

2003 EL61, najbizarnejšie teleso Kuiperovho pásu. Jeho dlhšia os má priemer Pluta.

2003 EL61 je naozaj exotické teleso: priemer má ako Pluto, ale pripomína skôr šišatú loptu, s ktorou sa hrá rugby. Alebo ešte presnejšie: šišatú loptu, z ktorej vypustili vzduch. Okolo osi sa otočí raz za štyri hodiny. Zdá sa, že toto teleso tvoria skaly, pokryté na povrchu ľadovou glazúrou. Navyše cigaru obiehajú dva mesiačiky.

2003 El61 je telesom Kuiperovho pásu, kde sa pohybuje aj Pluto a ďalšie veľké planetoidy: Quaoar, Orcus, 2005 FY9 či planétka 2003 UB313 a ďalšie už objavené i neobjavené telesá. 2003 EL61 je predbežne tretím najsvietivejším objektom v tejto oblasti, po Plute a 2005 FY9. Poľahky ho môžete pozorovať aj lepším amatérskym ďalekohľadom, vyzbrojeným CCD kamerou.

2003 EL61 patrí navyše medzi takzvané „scattered" (rozptýlené) objekty, čo znamená, že prinajmenšom raz sa museli ocitnúť blízko Neptúna, ktorý svojou gravitáciou posunul teleso na excentrickú dráhu. *(Kvôli predstave porovnajte excentricitu troch nedávno objavených telies Kuiperovho pásu na obrázku dole.)*

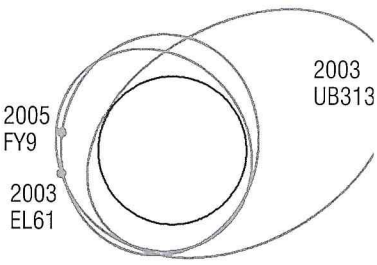
Pri objektoch Kuiperovho pásu sa veľkosť a jasnosť ťažko odhadujú. Jasnosť závisí od toho, koľko slnečného svetla odráža, pričom hodnotu jasnosti ovplyvňuje tak veľkosť telesa, ako aj jeho albedo. Biele zaľadnené teleso, pripomínajúce veľkú snehovú guľu, odráža oveľa viac svetla ako tmavšie telesá. Objavitelia 2003 EL61 však mali šťastie, pretože už krátko po jeho objave rozlíšili na snímkach aj jeden z jeho mesiačikov. Po šesťmesačnom pozorovaní dráhy mesiačika dokázali presne vypočítať nielen hmotnosť 2001 EL61 (32 % hmotnosti Pluta), ale aj hmotnosť tohto mesiačika. Z hmotnosti na však nedá priamo odvodiť veľkosť telesa. Teleso s hmotnosťou X môže byť malé, ak ho tvoria prevažne horniny s veľkou hustotou, ale aj veľké, ak ho tvoria ľahké, porézne materiály, ľady alebo ich zmes.

Astronómom veľmi pomohol fakt, že určili rýchlosť rotácie tohto telesa. Ak teleso rotuje rýchle, jeho hmota sa rozloží do bokov, stane sa plochším. Hustejší objekt nie je taký poddajný, dokáže si udržať viac-menej guľatý tvar. Rýchlosť rotácie 2003 EL61 (jedna otočka za 4 hodiny) prezradila, že objekt tvoria mimoriadne pevné horniny, inakšie by bol pri danej rotácii ešte cigarovitejší, ako je!

Po určení hmotnosti a zloženia 2003 EL61 vedci vypočítali, že je veľký ako Pluto. Presnejšie: jeho najdlhšia os má priemer Pluta. V celej Slnečnej sústave nepoznáme zatiaľ také veľké, také pretiahnuté a tak rýchle rotujúce teleso.

2003 EL61 a jeho mesiačiky

Prvý mesiačik 2003 EL61 objavili na Keckovom observató-



2003 UB313, 2005 FY9 i 2003 EL61 obiehajú Slnko po excentrických dráhach. 2003 EL61 a 2005 FY9 majú podobné dráhy so sklonom 30° voči rovine ekliptiky. Najexcentrickejšiu dráhu má 2003 UB313 so sklonom až 45°.

riu koncom januára 2005. Objav umožnilo nové zariadenie, ktoré využíva laser eliminujúci turbulencie v atmosfére. Systém umožňuje aj pozemským astronómom exponovať porovnateľne ostré snímky ako Hubblov vesmírny ďalekohľad.

Mesiačik sa podarilo objaviť už počas prvého pozorovania 2003 EL61. Parametre jeho dráhy upresnilo päť ďalších pozorovaní v priebehu nasledujúceho pol roka. Na snímke vidíte mesiačik, malý čierny krúžok pod 2003 EL61, veľkým čiernym krúžkom v strede. Nad 2003 EL61 môžete rozoznať aj ďalší mesiačik, ktorý sa podarilo sledovať počas troch pozorovaní.

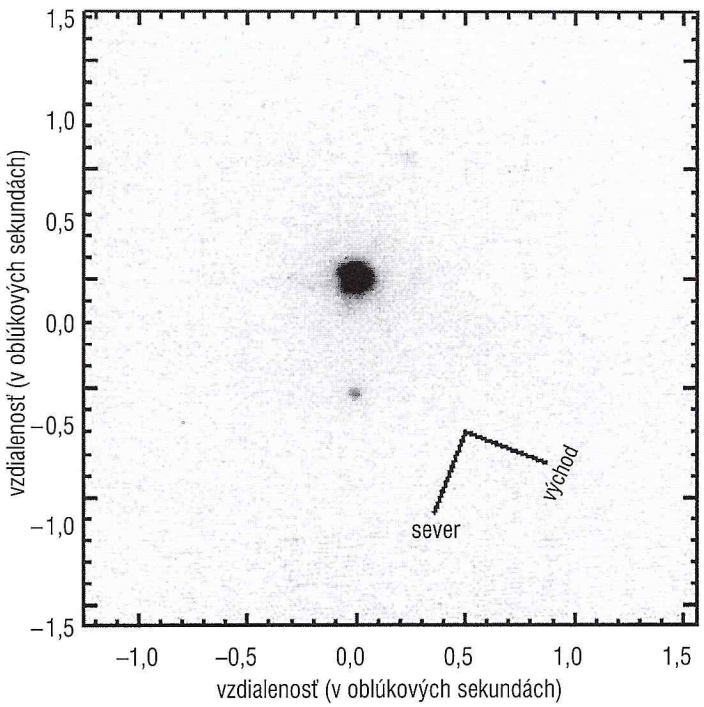
Vyše 10 % objektov v Kuiperovom páse má mesiačik. 2003 EL61 je však prvým telesom Kuiperovho pásu, ktorý má dva mesiačiky. (Okrem Pluta, pri ktorom vlani objavili tiež dva malé mesiačiky.) Je pravdepodobné, že niektoré z najväčších objektov v tejto oblasti budú mať aj viac mesiačikov.

Astronómovia najprv vypočítali dráhu jasnejšieho z oboch mesiačikov. Na nákrese *(obr. vpravo hore)* je to pretiahnutejšia z oboch elíps. Dráhu spoľahlivo definuje päť pozorovaní označených krúžkami. Dráhu druhého mesiačika vypočítali iba na základe troch pozorovaní (označených trojuholníkmi); spresnenie parametrov si vyžiada ešte ďalšie pozorovania. Dráhy na obrázku sú iba zdanlivo elipsovité; skreslenie vyplýva z polohy pozorovateľov vzhľadom na ich skutočné, v podstate kruhové dráhy.

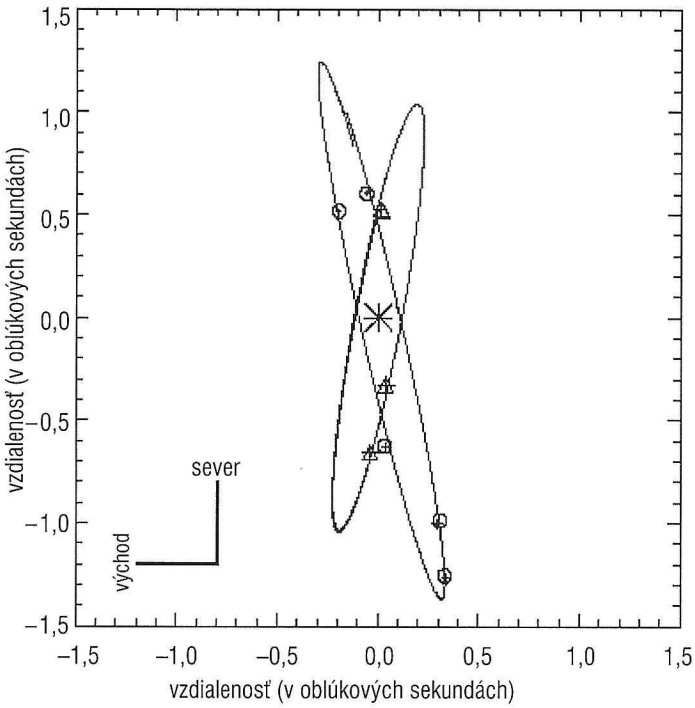
Mesiačiky prezradili astronómom niekoľko dôležitých faktov o celom systéme 2003 EL61. Predovšetkým, oba mesiačiky sú veľmi malé. Väčší má 1 %, menší iba 0,2 % hmotnosti materského telesa. Väčší mesiačik sa pohybuje po vzdialenej dráhe s periódou 49 dní. (Cháron obehne Pluto raz za 6 dní.) Je to dôsledok väčšej vzdialenosti od materského telesa, ale i menšej hmotnosti 2003 EL61 voči Plutu. Obežná dráha je bezmála kruhová.

Menej jasný mesiačik obehne 2003 EL61 raz za 34 dní, pričom ďalšie pozorovania môžu tento údaj ešte spresniť. Vzdialenosť 1,5 oblúkovej sekundy od materského telesa umožňuje pozemským pozorovateľom študovať väčší mesiačik bez laserovej adaptívnej optiky. (Menší mesiačik krúži okolo 2003 EL61 vo vzdialenosti 1 oblúkovej sekundy, takže konvenčnými prístrojmi bez špeciálnej techniky sa jeho parametre nebudú dať v dohľadnom čase upresniť.)

Najväčším vedeckým prínosom väčšieho mesiačika je to, že umožňuje vypočítať hmotnosť celého systému. Ak poznáme jeho vzdialenosť do materského telesa i čas, za ktorý ho obehne, poľahky vypočítame aj hmotnosť a veľkosť.



2003 EL61 je najväčšia čierna škvrna na fotografii. Objekt pod planetoidom je jasnejší z jeho mesiačikov. Slabá sivastá škvrnka nad 2003 EL61 je druhý z jeho mesiačikov.



Dráhy oboch mesiačikov objektu 2003 EL61. Predĺženejšia elipsa znázorňuje dráhu jasnejšieho mesiačika a považuje sa spoľahlivú. Dráhu menšieho mesiačika upresnia ďalšie pozorovania. Kolieska a trojuholníky označujú počet pozorovaní. *(Poznámka: dráhy oboch mesiačikov sú v skutočnosti takmer kruhové. Elipsovité skreslenie vyplynulo z uhla, pod ktorým pozemskí pozorovatelia systém 2003 EL61 skúmali.)*

Prečo 2003 EL61 rotuje tak rýchlo?

Prečo má tvar cigary? Ako je možné, že ho tvoria pevné horniny pokryté ľadovou glazúrou? Kde nabral hneď dva mesiačiky?

Vedci vypracovali hypotézu, ktorú ďalšie pozorovania môžu potvrdiť alebo vyvrátiť: pred 4,5 miliardami rokov, keď sa formovala naša Slnečná sústava, teleso, ktoré dnes označujeme 2003 EL61, bolo jedným z objektov, gravitačne uhnietených zo zmesi ľadov a skál. Čo do veľkosti sa vyrovnal Plutu. Po istom čase sa zrazilo s iným veľkým telesom Kuiperovho pásu. Táto kolízia zohriala 2003 EL61 do takej miery, že všetok ľad sa vyparil, ostali iba skaly. Zrážka spôsobila aj rýchlejšiu rotáciu, kvôli čomu teleso nadobudlo postupom času predĺžený tvar. Zrážkou vymrštený materiál, zachytený gravitáciou, sa sformoval do dvoch mesiačikov. Mesiačiky sa pôvodne sformovali na bližších obežných dráhach, časom sa však premiestnili na dnešné, vzdialenejšie.

Tento scenár pripomína teóriu zrodu nášho Mesiaca: Protozem sa kedysi dávno zrazila s planétou, ktorá mala parametre Marsu. Z vymrštěného materiálu sa sformoval Mesiac. Podobne vznikol aj dvojsystém Pluto/Cháron.

Dôkazom platnosti tejto hypotézy by mohlo byť zloženie mesiačikov telesa 2003 EL61. Ak platí, potom by mali byť zložené najmä z ľadu. Mal by to byť takmer čistý ľad. Či je to tak, dozvieme sa až vtedy, keď sa astronómom podarí určiť hustotu oboch mesiačikov. To sa však v dohľadnom čase nepodarí. Môžeme však zistiť zloženie povrchu jasnejšieho mesiačika.

Vieme, že 2003 EL61 pokrýva glazúra čistého vodného ľadu. Ak je to tak, potom by podľa hypotézy mali byť oba mesiačiky na 100 % ľadové.

Ako pomenujú 2003 EL61?

Aj toto teleso dostane, podobne ako Sedna, Quaoar a Orcus, pomenovanie. Dovtedy bude v katalógoch objavených telies Kuiperovho pásu figurovať iba pod suchým označením 2003 EL61. Aké meno príslušná komisia IAU tomuto telesu prisúdi sa rozhodne až potom, keď sa preskúmajú zachované fotografie oblohy z druhej polovice 20. storočia. Menom toho, kto 2003 EL61 ako prvý fotografoval, hoci nepatrnú jasnú škvrnku neidentifikoval ako neznámy objekt našej Slnečnej sústavy, pokrstia aj toto najbizarnejšie teleso Kuiperovho pásu.

Keck Press Release

Prvý protoplanetárny disk v susedstve umierajúcej hviezdy

Na snímke rozoznáte prúd hmoty smerujúci od väčšej hviezdy Mira A k menšej hviezde dvojhviezdneho systému Mira B. Snímka vznikla kombináciou údajov Keckovho observatória na Havajských ostrovoch a ďalekohľadu Gemini v Chile.

Podľa teórie sa protoplanetárne disky formujú iba okolo mladých hviezd. Medzinárodný tím astronómov však objavil takýto disk aj v susedstve umierajúcej hviezdy.

Mira, hviezda vo vzdialenosti 350 svetelných rokov, zaujala astronómov už pred 400 rokmi, keď jej vzplanutie voľným okom zaznamenal protestantský kňaz Fabricius: celý mesiac sa dala pozorovať, ale potom jej svetlo postupne zoslablo, takže voľným okom ju nebolo možné rozlíšiť. Opäť sa objavila až po 11 mesiacoch. Mira sa stala po Slnku vari jednou z najčastejšie pozorovaných hviezd.

„Pri pozorovaní tejto vari najčastejšie študovanej hviezdy v našej Galaxii sme zrazu objavili čosi nezvyklé," vraví Michael Ireland z Caltechu. „Náš objav mení nielen poznatky o Mire, ale aj o všetkých ostatných hviezdach tohto typu, ktoré ešte len objavíme."

Mira bola kedysi podobnou hviezdou ako Slnko. Teraz sa však nachádza v poslednom štádiu evolúcie, stala sa červeným obrom, ktorý každých 7 rokov stráca materiál s hmotnosťou jednej Zeme. Keby bola Mira osamelou hviezdou, hmota by sa roztratila v okolitom priestore. Mira však má súputnika, hviezdu, ktorá okolo nej obehne raz za 1000 rokov. Mira B má gravitačné pole, v ktorom uviazne najmenej 1 percento materiálu, ktorý Mira A stráca.

Pomocou citlivých prístrojov na obrích ďalekohľadoch (10-metrový Keck I na Havajských ostrovoch a 8 metrový Gemini v Chile) vedci zistili, že infračervené žiarenie nevyžaruje iba Mira B, ale aj oblasť vzdialená od Miry B tak ako Saturn od našej Zeme.

Dvojhviezda Mira je jedným z najintenzívnejších zdrojov infračerveného žiarenia v našej Galaxii. Vedci sú presvedčení, že intenzívnym zdrojom infražiarenia neďaleko Miry B je prachoplynový disk, v ktorom sa môžu formovať nové planéty. Tak objavili úplne nový typ formovania sa planetárnej sústavy.

Žiarenie z Miry A je 5000-násobne jasnejšie ako žiarenia nášho Slnka a zohrieva vonkajší okraj disku, ktorý žiari v infračervenej oblasti. Vedci spoľahlivo zistili, že zdrojom žiarenia je disk, a nie prúd hmoty, unikajúci z Miry A do gravitačného poľa Miry B. Z počítačového modelu vzápätí vyplynulo, že Mira B je normálna hviezda slnečného typu, ale iba s polovičnou hmotnosťou.

Čo sa stane, keď Mira A ukončí agóniu a premení sa o milión rokov na bieleho trpaslíka? Proces akrécie jej hmoty na disk okolo Miry B sa ukončí a začnú sa v ňom formovať nové planéty. Planetológovia považujú takýto objav za senzačný, pretože tento proces formovania sa protoplanetárneho disku v systéme dvojhviezdy určite nie je ojedinelý. Počet systémov, v ktorých sa môžu formovať planéty, sa tak zvýšil.

Podľa teórie sa po smrti hviezdy podobné Slnku v záverečnom štádiu premenia na červených obrov a po kolapse sa scvrknú na bielych trpaslíkov; zaniknú ich planéty, prinajmenšom tie na vnútorných obežných dráhach. Pri Mire bol objavený opačný proces. „Umierajúca hviezda dodáva materiál na kolísku, v ktorej sa môže sformovať nová generácia planét," vraví Ireland. „Pozorujeme grécku tragédiu v kozmickej škále."

Keď začnú pracovať ďalekohľady ďalšej generácie (napríklad Tridsaťmetrový teleskop), budú objavené aj ďalšie podobné systémy.

Caltech Press Release

HST: vedci študovali atmosféru na exoplanéte

Astronómovia po prvý raz študovali vrstvy atmosféry na exoplanéte! Planéta HD 209458b je celkom iná ako planéty v našej Slnečnej sústave. Materskú hviezdu obieha po takej blízkej dráhe, že plyny z horúcej atmosféry unikajú do okolitého priestoru a vytvárajú dlhý chvost, pripomínajúci kométu. Údaje z Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu pomohli vedcom rozlíšiť vo vrchnej atmosfére planéty niekoľko vrstiev. Horúci plyn uniká z atmosféry ako para z tlakového hrnca.

Vedci študovali planétu počas tranzitu pred materskou hviezdou, keď jej teplota výrazne stúpla.

Astronómovia (University of Arizona a Institute d'Astrophysique de Paris) na základe údajov z HST odhalili dôsledky intenzívneho ultrafialového žiarenia z hviezdy, ktoré nahrieva vrchné vrstvy atmosféry tak, že sa rozpína ako balón. Horúci plyn sa pohybuje tak rýchle, že uniká z atmosféry v množstve 10 000 ton za sekundu.

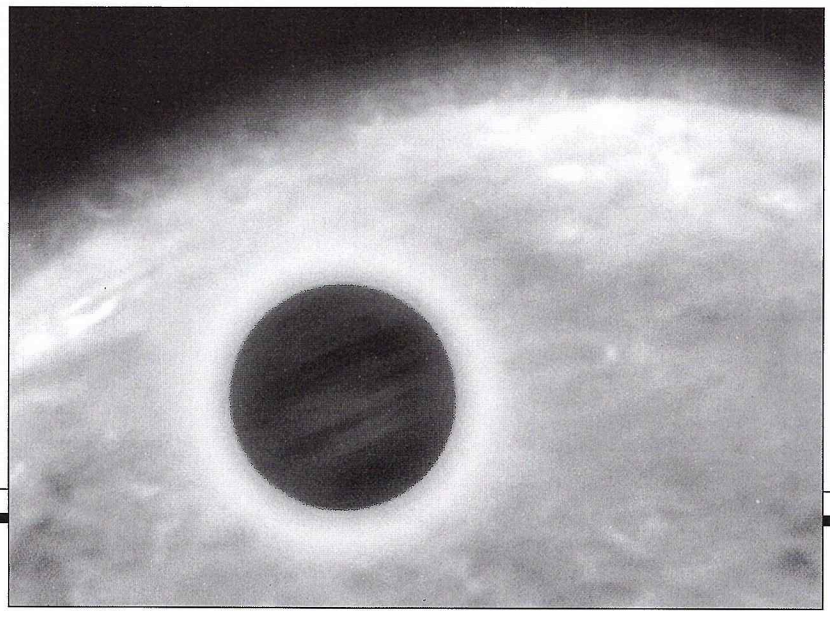
Vek planéty odhadli na 5 miliárd rokov. Ide o tzv. „horúci Jupiter", ktorého parametre pripomínajú našu najväčšiu planétu. Exoplanéta obehne materskú hviezdu za 3,5 dňa. Merkúr krúži okolo Slnka v desaťkrát väčšej vzdialenosti. Na rozdiel od HD 209458b je Merkúr terestrická planéta, v ktorej zložení dominuje železo.

Medzi 240 doteraz objavenými exoplanétami je horúcich Jupiterov najmenej tridsať. Posledná poľovačka HST na exoplanéty objavila v centrálnej časti našej Galaxie 16 horúcich Jupiterov, takže v našom hviezdnom ostrove ich budú miliardy.

HD 209458b jej jednou z najintenzívnejšie študovanou exoplanétou, pretože patrí medzi tých niekoľko objektov tohto typu, čo sa prezradili tranzitom, počas ktorého jasnosť materskej hviezdy mierne pohasne. Systém sa nachádza vo vzdialenosti 150 svetelných rokov od Zeme v súhvezdí Pagasa.

Tranzit planéty umožňuje astronómom študovať štruktúru i chemické zloženie plynu v gigantickej atmosfére. Tvorí ju najmä vodík s prímesami kyslíka, uhlíka a sodíka. Ide o prvú analýzu atmosféry na extrasolárnej planéte.

HST Press Release



Na ilustrácii vidíte exoplanétu HD 209458b, veľkú ako náš Jupiter. Výtvarník zvýraznil v reálnej mierke vrstvy teplom sa rozpínajúcej atmosféry.

Disk okolo mladej hviezdy

Na snímke vidíte disk vytvorený prachom a zlepencami prachu ľadu, ktorý krúži okolo mladej hviezdy AU Mi. Hubblov vesmírny ďalekohľad exponoval snímku vďaka koronografu, ktorý prekryl väčšinu svetla hviezdy. Masívny disk sa rozprestiera až do vzdialenosti 8 miliárd kilometrov od hviezdy, do trojnásobne väčšej vzdialenosti, než v akej obieha Neptún okolo nášho Slnka.

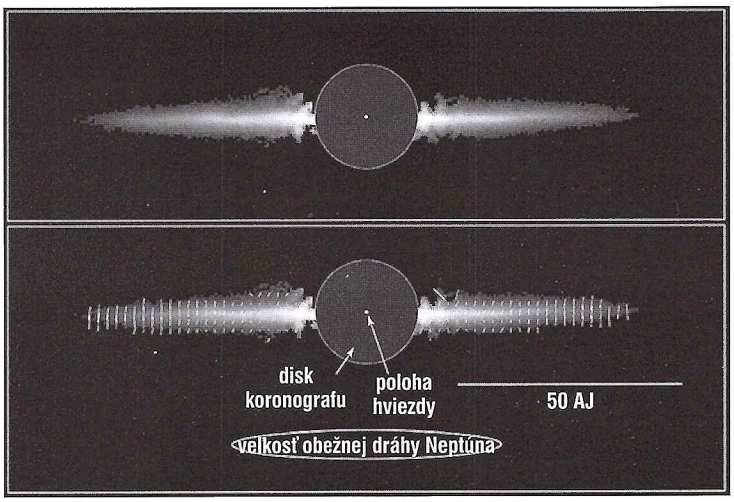
Jediné svetlo na fotografii je to, ktoré sa odráža od povrchu disku. Pomocou polarizačných filtrov sa vedci pokúsili analyzovať prach v disku. Polarizačný filter prepúšťa svetlo kmitajúce jedným smerom, zatiaľ čo svetlo kmitajúce inými smermi blokuje. Biele čiaročky na strednej snímke zvýrazňujú smery, ktorým svetelné vlny oscilujú.

Analýzou polarizovaného svetla hviezdy AU Mi získali vedci informácie o veľkosti, tvare a ďalších fyzikálnych vlastnostiach prachu. Zistili, že zrnká prachu v disku 10-krát väčšie ako zrnká prachu v medzihviezdnom priestore, ktoré veľkosťou pripomínajú čiastočky v cigaretovom dyme.

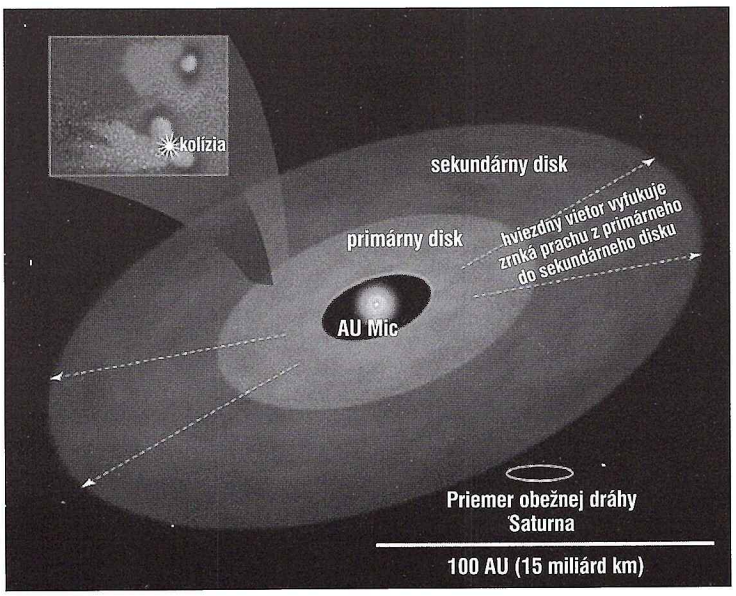
Tieto vločky sú dôkazom, že v disku prebiehajú procesy gravitačného zliepania prvotných zrniek na čoraz väčšie zlepence, presne podľa platnej teórie formovania sa planét v protoplanetárnych diskoch.

Hviezda 9. veľkosti AU Mi je červený trpaslík, ktorý má asi 12 miliónov rokov. Nájdeme ju v súhvezdí Microscop, vo vzdialenosti 32 svetelných rokov. Pozorovať ju môžeme aj divadelným ďalekohľadom.

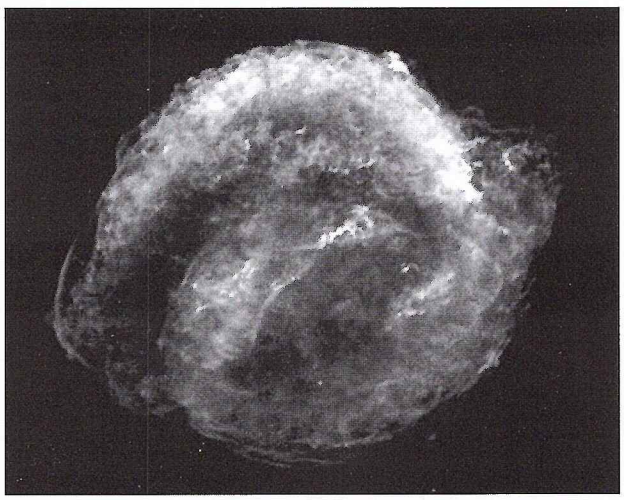
HST Press Release



Protoplanetárny disk hviezdy AU Mi.



Ilustrácia disku, ktorý krúži mladej okolo hviezdy AU Mi. V zárodočnom, vnútornom disku neustále kolidujú drobné porézne zrnká. Ľahšie zrnká vynáša tlak hviezdnych vetrov do vonkajšieho disku.



Rozpínajúce sa zvyšky po výbuchu „Keplerovej supernovy" na snímke, ktorá vznikla kombináciou röntgenovej a optickej fotografie.

Tajomstvo Keplerovej supernovy

Pred štyristo rokmi vybuchla v našej Galaxii predbežne posledná supernova. Na oblohe sa zjavil objekt, ktorý bol niekoľko dní jasný ako Jupiter. Kepler i tucet ďalších astronómov ju pozorovali voľným okom. Bola to jedna z najjasnejších supernov z tých, čo vybuchli v Mliečnej ceste.

Na röntgenových snímkach zo satelitu Chandra vidíme, ako zvyšky po výbuchu Keplerovej supernovy (vzdialené 13 000 svetelných rokov) vyzerajú dnes. Po deviatich dňoch pozorovania zostavili vedci röntgenovú snímku plnú doteraz neznámych detailov.

Explóziou vyvrhnutá hmota mala teplotu niekoľko miliónov stupňov Celzia a generovala častice s vysokou energiou. Zvyšok po Keplerovej supernove, podobne ako iné zvyšky po výbuchu supernov, začal žiariť v röntgenovom svetle.

Počas posledných tridsiatich rokov študovali vedci tento objekt pomocou optických a röntgenových ďalekohľadov, ale aj rádioteleskopov. Z údajov príliš nezmúdreli: veľké množstvo železa a absencia neutrónovej hviezdy v centre Keplera naznačovala, že by mohlo ísť o supernovu typu Ia. Tie vybuchnú vtedy, keď biely trpaslík nasaje zo súputníka v dvojhviezdnom systéme toľko hmoty, že sa stane nestabilným a zanikne v termojadrovej explózii.

Zo snímok v optickom svetle však vedci vyčítali, že zvyšok po Keplerovej supenove koliduje s hustým, na dusík bohatým materiálom. Potom by však bol Kepler pozostatkom po výbuchu supernovy typu II. Tá vybuchuje po kolapse jednoduchej masívnej hviezdy, ktorá sa ešte pred výbuchom zbavuje obálky. Rozpínajúce sa prstence postupne odvrhovanej obálky sa od materskej hviezdy vzďaľujú pomalšie, takže materiál vypudený výbuchom ich časom dohoní a koliduje s ním.

Pomocou snímok z Chandry vedci záhadu rozlúštili. Porovnaním relatívneho množstva atómov kyslíka a železa v zvyšku zistili, že tento objekt je zvyškom po výbuchu supernovy typu Ia.

A odkiaľ sa vo zvyšku po supernove Ia vzal hustý materiál? Podľa vedcov ide o zriedkavý prípad náhleho výbuchu supernovy typu Ia. V takomto prípade vybuchne masívna hviezda – progenitor už 100 miliónov rokov (teda nie niekoľko miliárd rokov) po tom, ako sa sformovala. V tomto prípade štúdium zvyšku pu Keplerovej supernove pomohlo vedcom lepšie spoznať dva typy supernov.

Objav pomohol astronómom preveriť spoľahlivosť supernov Ia v úlohe „štandardných sviec", užitočných kozmických majákov pri odhade vzdialeností, ale aj pri kozmologických štúdiách tmavej energie. Prínosom je i pochopenie úlohy týchto supernov ako významných zdrojov väčšiny železa vo vesmíre.

Chandra Press Release

Co přinese LHC pro kosmologii?

aneb co lze vyhlížet v roce spuštění současného největšího urychlovače na světě

(Dokončení)

Cesta za standardní model

Dnes je však jasné, že standardní model nestačí na popis hmoty v extrémnějších situacích. Už jsem se zmínil o nutnosti vysvětlení přebytku hmoty nad antihmotou. Neznáme původ temné hmoty a temné energie. A je řada dalších faktů, se kterými se standardní model nedokáže vypořádat. Standardní model nesjednocuje popis silné a elektroslabé interakce a nezahrnuje gravitaci. Obsahuje 19 volných parametrů plus další, spojené s vlastnostmi neutrin (hmotnosti a parametry míchání), které musíme zjistit z experimentu. Obsahuje řadu symetrií a hierarchií, které nemohou být náhodné a je třeba je vysvětlit. Ovšem tyto symetrie se na druhé straně stávají vodítkem při hledání teorie, která by byla obecnější a dokázala by sjednotit teorie popisující elektroslabou a silnou interakci (teorie velkého sjednocení) nebo dokonce dosáhnout jednotného popisu všech čtyř známých interakcí.

Teorie velkého sjednocení vycházejí ze symetrií pozorovaných mezi rodinami kvarků a leptonů. Umožňují přeměnu kvarku na lepton a opačně prostřednictvím nově zavedených částic (označují se jako **leptokvarky** nebo jako částice X a Y). Ovšem jejich předpovídaná hmotnost je v řádu 10^{15} GeV a tedy daleko z dosahu urychlovače LHC.

Z hlediska výzkumů plánovaných na LHC jsou mnohem zajímavější **supersymetrické teorie**, které zavádějí symetrii (neměnnost fyzikálních zákonů) pro záměnu bosonů na fermiony a opačně. Předpovídají, že každá známá částice standardního modelu má svého supersymetrického partnera, který se liší spinem. Fermion má supersymetrického partnera boson (jeho název se utvoří pomocí s-, například s-kvark, s-elektron ...) a boson pak fermion (název se vytvoří příponou ino: fotino, gluino, ...). V našem současném světě je tato symetrie narušená a díky tomu mají supersymetričtí partneři známých částic velmi vysoké hmotnosti. Ty by měly být pro nejjednodušší varianty supersymetrických teorií v oblasti 100 GeV – 1000 GeV, tedy v dosahu urychlovače LHC. Situace je komplikovaná tím, že kvantová fyzika kromě „čistých" stavů částic umožňuje i jejich „směs". Takže například nejlehčím pozorovaným neutrálním supersymetrickým fermionem nemusí být ani fotino, ani gluino či jiný čistý stav, ale směs, která se pak označuje jako neutralino. S tímto objektem se pak můžete setkat jako s nejžhavějším kandidátem na částici tvořící temnou hmotu. Nemůže se totiž rozpadat na jiné supersymetrické částice, které jsou všechny těžší, a jeho rozpad na částice „normální" je velmi silně zbrzděn. Hledání supersymetrických částic je jedním z nejdůležitějších úkolů, které LHC má.

Pokud nebude nalezen Higgsův boson, bude třeba najít jinou příčinu narušení elektroslabé symetrie (vysokých hmotností W^+, W^- a Z^0 bosonů). Jednou z možností, která by nahradila i supersymetrické teorie, jsou **teorie technicoloru**. Pro naše povídání je podstatné, že i v tomto případě je předpovídána řada nových částic, které jsou v energetickém dosahu urychlovače LHC.

Daleko menší šance má LHC přispět k hledání **axionů**. Axiony zavádějí některé teorie, které se snaží popsat zmiňované narušení CP symetrie. Axiony jsou také uváděny jako možní kandidáti na původce temné hmoty. Většinou se předpokládá, že jejich hmotnost bude velmi malá a urychlovač LHC tak nepředstavuje výhodu při jejich hledání. Zato hmotnost magnetických monopolů, které předpovídají některé teorie velkého sjednocení, by mohla být v nově zpřístupněné oblasti energií.

Není pochopitelně vyloučeno, že stejně jako jsou hadrony složené z kvarků, mohou být kvarky také složeny ještě z elementárnějších částic. To by vedlo k existenci excitovaných stavů kvarků, které by se mohly pomocí urychlovače LHC produkovat.

V současnosti jsou nejžhavějším kandidátem na „finální" teorii tzv. **strunové teorie**. Tyto teorie zahrnují standardní model i supersymetrii. Jejich hlavním znakem je, že popis částic jako bodového objektu nahrazují strunou s extrémně malým rozměrem (v řádu 10^{-35} m). Různé vibrační módy takových strun by byly pozorovatelné jako známé částice. Základní výhodou této představy je, že se zbavujeme nefyzikálních nekonečných hodnot (například hustoty), které dostaneme v případě bodových objektů. Strunové teorie vedou k nutnosti zavedení dalších až sedmi rozměrů kromě známých tří prostorových a jednoho časového. Ty by měly být ve většině případů svinuty do velmi malých rozměrů (srovnatelných s rozměrem struny) a tedy by se v našich normálních podmínkách neprojevovaly. Je vidět, že rozměr strun je velmi hluboko pod rozlišovací schopnost urychlovače LHC. Ovšem některé varianty strunových teorií předpokládají, že některé extra rozměry by mohly být částečně nebo úplně rozvinuté. V tom případě by se mohly projevit i při experimentech na LHC a jejich příznaky zde budou intenzivně hledány. Pro kosmologii je toto hledání velice atraktivní, neboť strunové teorie zavádějící nové rozměry jsou základem bránových, ekpyrotických kosmologických hypotéz [3]. Podobného charakteru je i hledání různých projevů kvantové gravitace. Takové výzkumy se také prováděly na menších urychlovačích a budou pokračovat i na urychlovači LHC.

V oblasti kvantové gravitace má pro kosmologii význam i hledání **mikroskopických černých děr**. Jedná se o hypotetické černé díry s hmotností v řádu Planckovy hmotnosti 10^{19} GeV/c^2 (10^{-8} kg) a méně. Jejich Schwarzschildův poloměr by byl natolik malý, že by nebylo možné brát kvantové vlastnosti gravitace jak opravy ke klasické teorii, ale byly by pro vlastnosti takového objektu určující. Chování mikroskopické černé díry by bylo dáno pouze hodnotou hmotnosti, náboje, a spinu, podobně jako je tomu u částic. Význam pro kosmologii tkví hlavně v tom, že pokud vznikaly v ranných stádiích našeho vesmíru primordiální mini černé díry, pak by mohly díky svému vypařování Hawkingovým zářením končit jako mikroskopické černé díry.

Jak zjistit vznik nové částice?

Jak je vidět, jedná se ve velké řadě případů o hledání nových částic. Shrňme si experimentální možnosti, které pro jejich zachycení máme. Jsou dány tím, že většina detektorů pracuje na základě přeměny energie, kterou ztrácí nabitá částice při průchodu v materiálu tím, že ionizuje nebo excituje atomy tohoto materiálu.

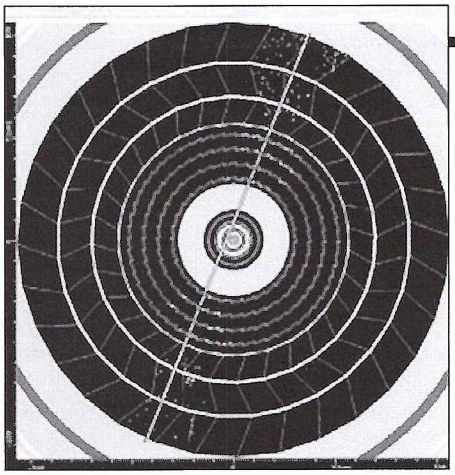
Pokud má částice elektrický náboj a existuje dostatečně dlouhou dobu, je její detekce poměrně jednoduchá. Částice interaguje a ztrácí energii prostřednictvím elektromagnetické interakce. V takovém případě můžeme určit náboj, energii i hybnost částice a určit i její klidovou hmotnost. Menším problémem je, když existuje velmi krátce a rozpadá se na nabité částice. V takovém případě zachytíme všechny částice vzniklé v rozpadu. Sečteme jejich náboje, energie a hybnosti, určíme tak náboj, energii a hybnost původní částice a tedy stejně jako v minulém případě její klidovou hmotnost. Stejným způsobem můžeme určit vlastnosti neutrální částice, která se rozpadá na nabité částice. Větší problém je s detekcí neutrálních částic, které nejdříve musíme převést na nabité částice. To není problém v případě, že je částice hadronem a interaguje silnou interakcí. Neutrální hadrony tak můžeme zachytit a určit jejich energii a hybnost.

A chvála chybějící energie a hybnosti

Řada částic, které chceme hledat, se však rozpadá na částice, které s normální hmotou interagují velmi slabě. Pokud jsou navíc neutrální, nelze je normálně detekovat. V takovém případě lze využít chybějící energie, která je s nimi spojená a nemůže být našimi detektory zachycena. Zachytíme ostatní vzniklé částice a určíme jejich energie a hybnosti. Využitím zákona zachování energie a hybnosti určíme hodnoty energie a hybnosti, které neznámá částice odnáší a pomocí nich můžeme stejně jako v předchozích případech spočítat hodnotu klidové hmotnosti této částice.

Nejrannější vesmír

Podívejme se blíže, do jakého období vývoje našeho vesmíru nám umožní urychlovač LHC nahlédnout. Celé naše vyprávění bude zaměřeno na období, které je vzdáleno od počátku rozpínání daleko méně než jednu sekundu. Ještě přesněji do okamžiku vzdálenému od počátku rozpínání 10 mikrosekund a méně. V tomto okamžiku klesla teplota vesmíru na hodnotu 10^{12}



První testy instalovaných detektorů v době, kdy ještě nepracuje urychlovač, se provádějí pomocí kosmického záření. Průlet kosmického záření některými detektory experimentu ATLAS.

stupňů a došlo k uvěznění kvarků a gluonů z kvark-gluonového plazmatu do hadronů. Je zřejmé, že pro pochopení velmi horkého hadronového plynu s teplotou blízkou fázovému přechodu může urychlovač značně přispět. Jedná se o zkoumání horké a husté jaderné hmoty pomocí experimentu ALICE a další experimenty budou zkoumat vlastnosti velmi těžkých hadronů, které se v takto horké jaderné hmotě vyskytují.

Urychlovač LHC nám umožní pohled hluboko pod těch deset mikrosekund a měl by nám nechat nahlédnout, jak se postupně po rozdělení silné a elektroslabé interakce a vzniku kvarků a antikvarků v době zhruba 10^{-33} s po začátku rozpínání měnilo kvark gluonově-plazma. Měnilo se od slabě interagujícího podobné plynu, které vyhlížejí teoretici, na silně interagující blízké ideální kapalině, které pozorujeme v blízkosti fázového přechodu v hadronový plyn. Během této doby také mělo dojít k vydělení elektromagnetické a slabé interakce v čase přibližně 1 ps (teplota zhruba 10^{15} stupňů). Dnes se spíše nepředpokládá, že by s tímto vydělením byla spojena inflační fáze vývoje vesmíru. Ta se klade do dřívějšího období mezi časem 10^{-35} až 10^{-37} sekundy. Je však vidět, že plné pochopení elektroslabé a silné interakce nám může umožnit si alespoň „zespodu na tuto inflaci trochu sáhnout".

V předchozích částech jsme si ukázali, že v dosahu urychlovače LHC by mohla být řada nových dosud neznámých částic. Pokud opravdu existují, budou se v námi popsané počáteční fázi vývoje vesmíru intenzivně vyskytovat a jejich počet a vlastnosti silně ovlivní chování hmoty v daném čase. A to i chování vakua při velmi vysokých hustotách energie. Kromě reálných se totiž budou vyskytovat virtuální formy těchto částic. Urychlovač LHC by tak mohl přispět k hlubšímu pochopení vakua, kvantových fluktuací a dalších jevů, které jsou rozhodující pro popis vývoje vesmíru před dobou 10^{-33}s.

Dosažená energie sice neumožní nastolit podmínky panující příliš hluboko před zlomky mikrosekund, ale umožní nám pochopit fyziku daleko dřívějšího období. Můžeme směle říci, že urychlovač LHC je stroj na zkoumání vývoje vesmíru v období od 10^{-33} s do okamžiku 10^{-5} s. Není vyloučeno, že nám pomůže nahlédnout i hlouběji. Pokud se na zkoumaný úsek podíváme v lineární škále, může nás napadnout, proč se zabývat nicotnými několika mikrosekundami oproti 14 miliardám let dalšího vývoje našeho vesmíru. Pokud se však na ně podíváme ve škále logaritmické, zjistíme, že je toto období dokonce delší a je vidět že zde probíhal velice zajímavý a bouřlivý vývoj. Je důležitým úkolem jaderných a částicových fyziků a astrofyziků zjistit, které z jeho kapitol byly pro současný stav vesmíru podstatné a které následné procesy smazaly a překryly. K tomu by jim měl pomoci právě i LHC.

Závěry

Na závěr bych se pokusil o shrnutí toho, co můžeme od urychlovače LHC očekávat. Především by měla být potvrzena existence jednoho nebo více Higgsových bosonů. Studium jejich vlastností je velice důležité pro poznání chování teorie elektroslabých interakcí při velmi vysokých energiích. Stejný význam by mělo i jejich nenalezení. To by znamenalo, že se musí najít náhrada Higgsova mechanismu. Pochopení elektroslabých interakcí, tedy i oddělení elektromagnetické a slabé síly, by mohlo mít pro kosmologii klíčový význam, neboť je tento proces jedním z možných kandidátů na původce inflační fáze vývoje vesmíru.

V dosahu urychlovače by měly být i lehčí ze supersymetrických částic. To je také kosmologicky velmi významné, protože nejlehčí ze supersymetrických částic by mohla být zodpovědná za temnou hmotu ve vesmíru. Pravě v této době, kdy byl nedávno nalezen konečný přímý důkaz existence temné hmoty při pozorování srážky kup galaxií [8], je důležité zjistit jejího původce.

Experiment ALICE by měl podrobně prostudovat nový stav jaderné hmoty za velmi vysoké teploty a hustoty, který byl objeven v předchozích experimentech na urychlovačích SPS a RHIC. Jedná se o systém složený z volných kvarků a gluonů – kvark-gluonové plazma a ve vesmíru se vyskytoval v době před uplynutím 10 μs. Pozorované vlastnosti této hmoty jsou velmi odlišné od teoretických předpovědí. Ukázalo se, že kvark-gluonové plazma interaguje velmi silně a podobá se více ideální kapalině než jen slabě interagujícímu plynu. Je důležité dokonale poznat vlastnosti kvark-gluonového plazmatu při teplotě blízké teplotě jeho přechodu v jadernou hmotu složenou z hadronů a charakter tohoto přechodu. Tyto znalosti jsou podstatné, protože průběh fázového přechodu mohl ovlivnit průběh fluktuací hustoty baryonové hmoty v tomto období a tvorbu lehkých chemických prvků v prvotním vesmíru.

Důležitým úkolem bude přesné určení hmotností a dalších vlastností těžkých kvarků a částic, které vytvářejí. Stejně tak přesné určení vlastností silné interakce a jejich změn s růstem energie, narušení a znovunastolení různých typů symetrií. Jedná se o velmi důležitou součást pochopení vzniku asymetrie mezi hmotou a antihmotou v prvotním vesmíru.

Dosud zmíněné jevy patří k těm, které jsou očekávány s velmi vysokou pravděpodobností a urychlovač LHC u nich určitě rozhodujícím způsobem doplní nebo dokonce změní naše znalosti. Je tak velká naděje, že, ať už najdeme Higgsovy bosony, supersymetrické částice nebo projevy technicoloru, urychlovač LHC nám umožní plné pochopení vzniku narušení symetrie mezi elektromagnetickou a slabou interakcí. Ač pracuje s energiemi v řádu pouze 10^4 GeV, mohl by nám umožnit popsat vesmír až po Planckovu energii 10^{19} GeV a možná si tak třeba i sáhnout na jeho inflační období, které by mohlo probíhat u energií zhruba o tři řády menších.

O dalších hypotetických částicích a jevech, které se budou hledat, už toto říci nelze. Nalezení projevů dalších rozměrů plynoucích ze strunových teorií, mikroskopických černých děr, podivnůstek, magnetických monopolů je daleko méně pravděpodobné. Zvláště v případě jevů vyplývajících ze strunových teorií jsme s energií ještě pořád strašlivě nízko. Jestli díky urychlovači LHC udělají experimentátoři radost strunovým teoretikům, je tak spíše jen ve hvězdách. Ovšem nejvíce se fyzikové těší na objevy, které se vůbec nečekají a v tomto článku tedy zmíněny nejsou. Spuštění urychlovače LHC koncem tohoto roku se netrpělivě očekává a v roce 2008 bychom mohli očekávat první řadu objevů. Může nás těšit, že se na nich budou podílet i čeští a slovenští fyzikové zapojení do několika LHC experimentů.

Na závěr ještě jednu poznámku s výhledem do ještě vzdálenější budoucnosti. Postupem času, jak se dokončuje urychlovač LHC a jednotlivé detektorové systémy, předávají je jejich projektanti a stavitelé fyzikům a sami se už zaměřují na přípravu nového, ještě výkonnějšího stroje. Mělo by jít o zařízení srážející elektrony a pozitrony (CLIC – Compact LInear Collider). Využilo by se toho, že elektron ani pozitron nemají na rozdíl od protonu na dostupné rozměrové škále strukturu. Celá jejich energie při srážce by tak mohla jít do produkce jedné částice (nebo jednoho páru částice a antičástice). Navíc neinteragují silnou interakcí. Urychlovač musí být lineární, protože lehké elektrony ztrácejí při změnách směru energii vyzařováním brzdného záření. Při velmi vysokých energiích urychlovaných elektronů se energetická ztráta na kruhovém urychlovači vyrovná s hodnotou energie, kterou jsme schopni pro urychlování dodat. Diskuze a vývojové práce na novém urychlovači i detektorech jsou v plném proudu, takže následovník LHC už se také připravuje.

Odkazy:

[1] Vladimír Wagner: *Podivné hvězdy,* Kozmos, roč. XXX,1999, č. 3, str. 11

[2] Vladimír Wagner: *Proč je ve vesmíru více hmoty než antihmoty?*, Kozmos, roč. XXXI, 2000, č. 6, str. 14

[3] Vladimír Wagner: *Je kosmologie mytologií aneb úvaha experimentálního fyzika o kosmologických hypotézách a modelech*, Kozmos, roč. XXXIV, 2003, č. 1

[4] Vladimír Wagner: *Kdo polapí Higgse? aneb hon na poslední chybějící částici standardního modelu*, roč.XXXV, 2004, č.2

[5] Vladimír Wagner: *Vakuum ve skutečnosti prázdnota není aneb kouzla kvantové fyziky*, Kozmos, roč. XXXVI, 2005, č. 1

[6] Vladimír Wagner: *Co to je a jaké jsou vlastnosti kvark-gluonového plazmatu? aneb co jsme zjistili díky urychlovači RHIC o nové fázi jaderné hmoty*, roč.XXXVI, 2005, č. 4 a 5

[7] Vladimír Wagner: *Nový typ složených částic – pentakvarky – konečně prokázán?*, roč. XXXVI, 2005, č. 6 a roč. XXXVII, 2006, 1

[8] Vladimír Wagner: *Temná hmota in flagranti*, Vesmír, 2006, č.12

VLADIMÍR WAGNER
ÚJF AVČR Řež

Exoplanéty bez vody

Extrasolárnu planétu HD 189733b objavil už dávnejšie David Charboneau z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (HSCA). Obieha hviezdu, ktorá je chladnejšia i menej masívna ako Slnko. Hviezda sa nachádza vo vzdialenosti 60 svetelných rokov v súhvezdí Líška. Je to najbližšia hviezda z tuctu tých, pri ktorých objavili exoplanéty vďaka pravidelným tranzitom, prejavujúcich sa nepatrným poklesom svetla materskej hviezdy.

HD 189733b je horúci Jupiter. Materskú hviezdu obehne raz za 2,2 dní. Jej veľkosť a hmotnosť sú iba nepatrne väčšie ako pri našom Jupiterovi. Povrch exoplanéty, obiehajúcej svoje Slnko vo vzdialenosti 4,8 miliónov kilometrov, má teplotu 926,6 °C.

Exoplanéta HD 189733b vzbudila pozornosť astronómov preto, lebo vďaka jej pravidelnému obehu materskej hviezdy dokážu zmerať nielen údaje získané počas prvotného zákrytu (keď sa planéta ocitne pred hviezdou), ale aj počas sekundárneho zákrytu, keď sa exoplanéta pohybuje za hviezdou. Počas sekundárneho zákrytu dokážu vedci rozlíšiť odrazené svetlo zakrytej planéty.

Astronómovia skúmali systém pomocou infračerveného spektroskopu na palube vesmírneho ďalekohľadu Spitzer. Tento prístroj dokáže detegovať infračervené svetlo aj na rozhraní, kde sa končí diapazón optického spektra. Spektrálne čiary molekúl v žiarení odrazenom od planéty nesú informácie o fyzikálnych parametroch exoplanéty.

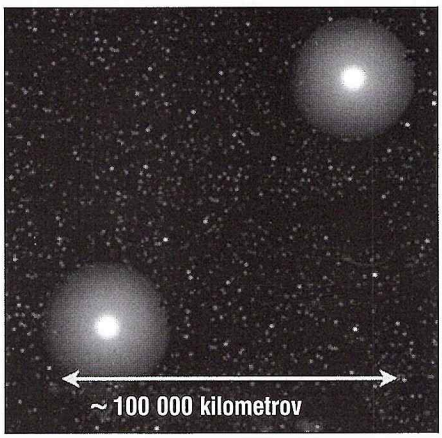
Tím vedcov zo Spitzer Science Centrum a HSCA získal takto po prvýkrát priame spektrum exoplanéty. Dva ďalšie tímy použili s úspechom ich metódu pri meraní spektier ďalších dvoch extrasolárnych planét. Po vzájomnej konzultácii a overení výsledkov sa ukázalo, že otvorili nové pole výskumu planét. Ich metóda im umožňuje priamu analýzu atmosfér extrasolárnych planét!!!

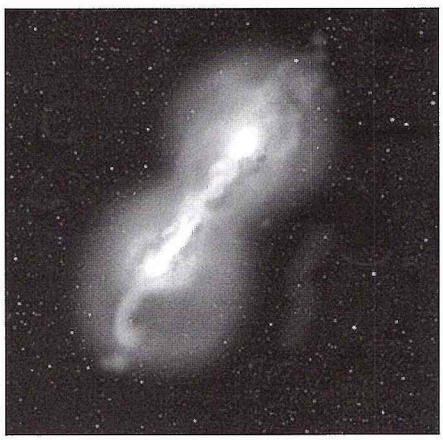
Výsledky vedcov prekvapili. Predpokladali, že v spektre exoplanét sa objavia čiary molekúl vody, metánu či oxidu uhličitého. Lenže také tam nenašli. Spektrá boli spojité, bez čiar, hoci teoretické výpočty predpovedali, že prinajmenšom čiary vodnej pary by sa mali objaviť. V spektrách nebolo po vode a metáne ani stopy.

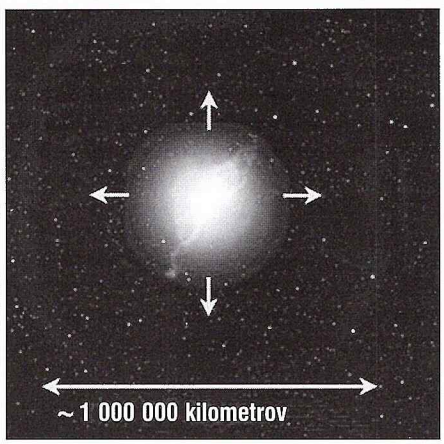
Vedci sa pokúsili záhadu rozlúštiť. Čo mohlo zabrániť molekulám vody prejaviť sa? Náznak riešenia im poskytla analýza spektra inej tranzitujúcej exoplanéty – HD 209458b, ktorá obieha inú materskú hviezdu. Tím z Goddard Space Center objavil v spektre tejto exoplanéty molekuly zložené z kremíka a kyslíka. Kremičitany tvoria väčšinu hornín na Zemi, ale v prípade troch horúcich Jupiterov ich detegovali ako jemné zrniečka kremíka v najhornejších vrstvách atmosféry. Obe exoplanéty obaľujú asi tmavé kremíkové oblaky.

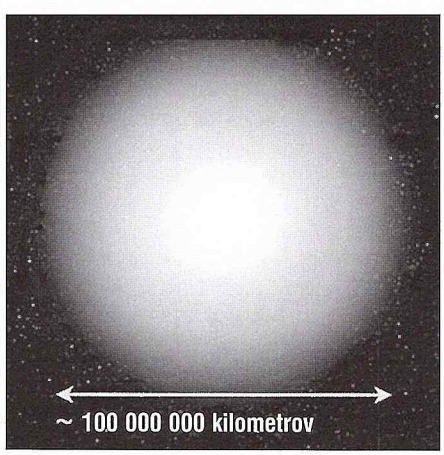
Záhadu rozriešia až štúdia ďalších horúcich Jupiterov i podrobnejšie údaje z troch exoplanét, ktorých atmosféry vedcov tak zaskočili.

Astrophysical Journal Letters, Nature









Bieli trpaslíci v dvojhviezdnom systéme sa k sebe približujú, až napokon splynú. Vznikne nová, veľká hviezda, v ktorej sa zažnú jadrové reakcie. Ich produktom je najmä kyslík 18.

Hviezdy bez vodíka

Astronómovia pomocou prístroja Gemini Near – Infrared Spectrograph (GNIRS) na 8 – metrovom ďalekohľade Gemini (Chile) objavili nezvyklé množstvá kyslíka v dvoch veľmi zriedkavých typoch hviezd.

Prvým typom sú objekty HdC, druhým R Coronae Borealis RBC. Obe skupiny majú spoločného menovateľa: tvorí ich, na rozdiel od väčšiny hviezd iba nepatrné množstvo vodíka. Na druhej strane: obsahujú 1000-násobne viac izotopu kyslíka (O 18) ako hviezdy podobné Slnku!

Inšpirovaní objavom pokúsili sa vedci pomocou počítača nasimulovať jadrové reakcie, ktoré by prebehli po gravitačnom splynutí dvoch bielych trpaslíkov podľa teórie, ktorú uverejnil v roku 1984 Robin Webbink z University of Illinois. Podľa neho počas gravitačného splynutia takýchto objektov nemôže byť teplota ani privysoká, ani prinízka, ale presne taká, pri ktorej sa zákonite vyprodukuje veľké množstvo kyslíka 18.

Hviezdy RCB sú malou skupinou superobrov bohatých na uhlík, ktorých jasnosť periodicky kolíše. Stelárnici sú presvedčení, že kolísanie jasnosti spôsobujú zrnká uhlíka kondenzované v plyne, ktorý hviezda periodicky vyvrhuje. HdC hviezdy sa však takto neprejavujú.

Iní teoretici sú presvedčení, že hviezdy bohaté na kyslík 18 sa sformujú iba vtedy, keď sa normálna hviezda v záverečnom štádiu premení na superobra, pričom jej vonkajšia atmosféra ochladne.

Dve hviezdy, V605 Aquilae a Sakurai sa nachádzajú v takomto štádiu. Ich zloženie, povrchová teplota a jasnosť zodpovedajú parametrom hviezd zo skupiny RCB. Toto štádium je však extrémne krátke. O vzácnom výskyte tohto typu hviezd svedčí fakt, že v našej Galaxii bolo zatiaľ objavených iba 55 hviezd typu HdC a RCB.

Jedno je isté: objav pomohol astronómom vysvetliť záhadu, nad ktorou si lámali hlavy generácie ich predchodcov. Stelárnici sa presvedčili, že kombinácia dvoch degenerovaných hviezd môže vytvoriť úplne nový produkt, nezrovnateľný s progenitormi.

Dvaja biely trpaslíci, ak tvoria tesný dvojhviezdny systém, časom splynú. Po gravitačnom splynutí sa v jadre nového objektu opäť zažnú jadrové reakcie. Hviezda sa začne rozpínať a stane sa superobrom. Tisíckrát väčším, ako bieli trpaslíci, ktorí ho zrodili, ale s vlastnosťami, pri ktorých je hlavným produktom jadrových reakcií najmä izotop kyslíka 18.

Gemini Press Release

Vzdialené kvazary hniezdia v masívnych halách tmavej hmoty

Vedci zo Sloan Digital Sky Curvey (SDSS-II) analyzovali údaje z vyše 4000 vzdialených kvazarov, ktoré zmapovali a utriedili počas špeciálnej prehliadky oblohy. Zistili, že tieto majáky vesmíru sa zoskupujú do superkôp, akýchsi súostroví hmoty uprostred prázdnoty. Vedci usúdili, že kvazary sa zoskupujú v masívnych hniezdach tmavej hmoty.

Na starších mapách vyzerali bližšie kvazary ako normálne galaxie. Zhlukovanie vzdialených kvazarov sa jasne prejavilo iba na mapách SDSS-II.

Dnes vieme, že svetlo kvazarov generuje plyn rútiaci sa vysokou rýchlosťou do masívnych čiernych dier, ktoré sídlia v jadre väčšiny normálnych galaxií. Vďaka vysokej svietivosti sú kvazary pozorovateľné aj v mimoriadne veľkých vzdialenostiach. Nakoľko svetlo sa pohybuje konštantnou rýchlosťou, mapy kvazarov nám umožňujú pohľad do štruktúry vesmíru v čase, keď mal iba zlomok svojho terajšieho veku.

Kvazary sú v galaxiách, ktoré hniezdia v rozľahlých halach neviditeľnej tmavej hmoty. Pomer normálnej a tmavej hmoty v typickej galaxii vyjadruje pomer 1:10. Tmavé halá sa nedajú pozorovať priamo. Astronómovia však vedia vypočítať, ako sa zoskupujú. Presným meraním zoskupovania sa kvazarov do kôp dokážu odhadnúť hmotnosť hál tmavej hmoty, v ktorých hniezdia.

„Dokázali sme, že najjasnejšie kvazary generované najmasívnejšími čiernymi dierami hniezdia v najmasívnejších halách mladého vesmíru, ktoré sú niekoľkobiliónkrát hmotnejšie ako Slnko," vysvetľuje Yue Shen, vedúci tímu SDSS-II.

Svietivé, vzdialené kvazary, ktorých svetlo generujú čierne diery s miliardkrát vyššou hmotnosťou ako Slnko, sú veľmi zriedkavé. Delí ich (priemerná) vzdialenosť 200 miliónov svetelných rokov. Pred prehliadkou SDSS objavili za hranicou 11 miliárd svetelných rokov iba niekoľko stoviek kvazarov, čo je hranica, pod ktorou Shenov tím kvazary nehľadá.

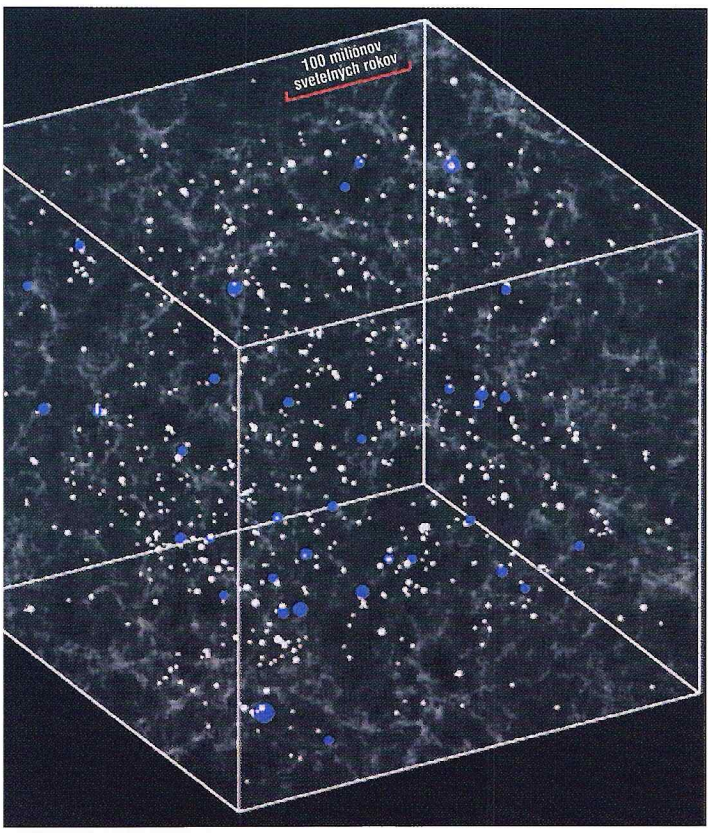
Prehliadka oblohy SDSS umožňuje hvezdárom prezrieť veľké oblasti oblohy do veľkej hĺbky a vytipovať kandidátov, ktorí boli medzi kvazary zaradené až po dôkladnej analýze. Kým vedci nezmapovali aspoň niekoľko tisíc kvazarov, nemohli robiť žiadne merania.

Tmavá hmota v priebehu času vytvára čoraz hustejšie štruktúry. Preto bolo gravitačné zahusťovanie tmavej hmoty v mladom vesmíre oveľa slabšie ako dnes. V katalógoch hvezdárov nájdeme milióny galaxií a asi 100 000 kvazarov, ale tých najjasnejších veľa nie je.

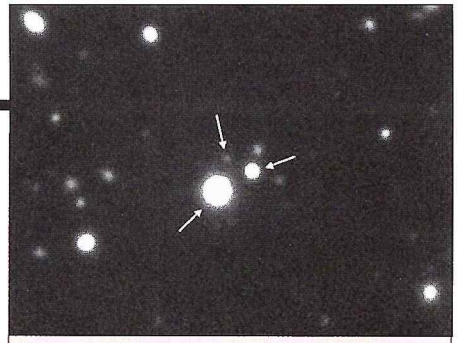
Najnovšie merania spresnili aj naše predstavy o vzniku a evolúcii masívnych čiernych dier už mladom vesmíre. Napriek tomu je existencia jasných kvazarov jedným z nevysvetlených mystérií kozmológie.

Ako sa mohli gigantické čierne diery, miliardkrát hmotnejšie ako Slnko, sformovať vo vesmíre, ktorý mal iba desatinu dnešného veku? Merania SDSS pomôžu nájsť odpoveď aj na túto otázku.

Astronomical Journal



Vzdialené kvazary hniezdia v masívnych halách tmavej hmoty. Na snímke vidíte distribúciu tmavej hmoty, masívnych halách a najjasnejších kvazarov v modeli vesmíru, keď mal iba 1,6 miliárd rokov. Svetlá pavučina prepájajúca zoskupenia kvazarov zviditeľňuje tmavú hmotu. Malé biele kolieska zviditeľňujú halo tmavej hmoty, 3-biliónkrát hmotnejšie ako Slnko. Modré krúžky označujú najmasívnejšie halo, 7 biliónkrát masívnejšie ako Slnko. Tím okolo Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy (SDSS) dokázal, že najsvietivejšie kvazary sa zoskupujú práve v týchto halách.



Snímka trojitého kvazaru z ďalekohľadu Keck. Šípky označujú polohy troch kvazarov v kompaktnej kope galaxií.

Objav trojitého kvazaru

Kavazary sú mohutnými zdrojmi elektromagnetickej energie, ktorá sa prejavuje v optickej oblasti i v oblasti rádiových vĺn. Teória hovorí, že energiu kvazarov generujú supermasívne čierne diery v jadrách galaxií.

Vedci v priebehu posledných dvoch desaťročí objavili vyše 100 000 kvazarov a niekoľko tuctov dvojitých kvazarov. Objav prvého trojitého kvazaru je však istou senzáciou.

Objav sa podaril vedcom z Caltechu (USA) a EPFL (Ecole Polytechnique Federal de Lausanne) vo Švajčiarsku.

Každý objav dvojitého či trojitého kvazaru je cenný, lebo pomáha vedcom ujasniť si, ako sa galaxie a supermasívne čierne diery v ich jadrách vyvíjali a menili. Pri objavoch takýchto systémov sú neoceniteľné dvojičky obrích ďalekohľadov, takých, akými sú Keckove ďalekohľady na Havajských ostrovoch.

Astrofyzici dospeli k názoru, že svetlo kvazarov generujú supermasívne prachové disky, ktoré sa vysokou rýchlosťou rútia do čiernych dier, pričom k tomuto procesu dochádza vtedy, keď dve galaxie kolidujú. Iba takto sa dá vysvetliť (vďaka čoraz dokonalejšej technike) narastajúci počet dvojitých kvazarov v posledných rokoch.

Svetlo kvazaru je jasnejšie ako svetlo stoviek miliárd hviezd v hostiteľskej galaxii, ale energia, ktorá ho generuje, vzniká v priestore, ktorý je nie je väčší ako naša Slnečná sústava.

V roku 1989 objavili anglickí astronómovia kvazar LBQS 1429-008. Krátko po objave našli blízko pri ňom ďalší, slabší kvazar. Ten druhý bol tak blízko pri prvom, že ho považovali za optický klam, za produkt gravitačnej šošovky. Až neskôr sa zistilo, že aj druhý kvazar je reálny. Na svete bol ďalší dvojitý kvazar. Tretí, ešte slabší kvazar v tej istej oblasti objavili na základe meraní získaných z dvojičiek Keck a údajov, ktoré poskytol 8,2 metrový ďalekohľad VTL na Európskom južnom observatóriu v Chile.

Počítačový model vylúčil možnosť, že trojitý kvazar by mohol byť produktom gravitačného šošovkovania. Zároveň zistili, že každý z troch blízkych kvazarov má iné fyzikálne vlastnosti, takže podozrenie, že ide o prvý trojitý kvazar, sa definitívne potvrdilo.

Caltech Press Release

Fyzici chcú zviditeľniť extradimenzie

Fyzici z University of Wisconsin/Madison zverejnili pokus, ktorý by mohol otvoriť trinástu komnatu a zazrieť obrysy šiestich človekom nevnímaných, ale matematikou predpovedaných extradimenzií vesmíru.

Štúdia uverejnená vo Physical Review Letter naznačuje, že tvary extradimenzií by sa mohli objaviť po pochopení ich vplyvu na kozmickú energiu, ktorá bola uvoľnená búrlivým zrodom vesmíru pred 13,7 miliardami rokov. Autori štúdie dokazujú, že fyzici môžu využiť experimentálne údaje na pochopenie podstaty týchto skrytých dimenzií, ktorých existencia je základným (doteraz nepotvrdeným) prvkom teórie strún, bez ktorej je Teória všetkého zatiaľ nemysliteľná.

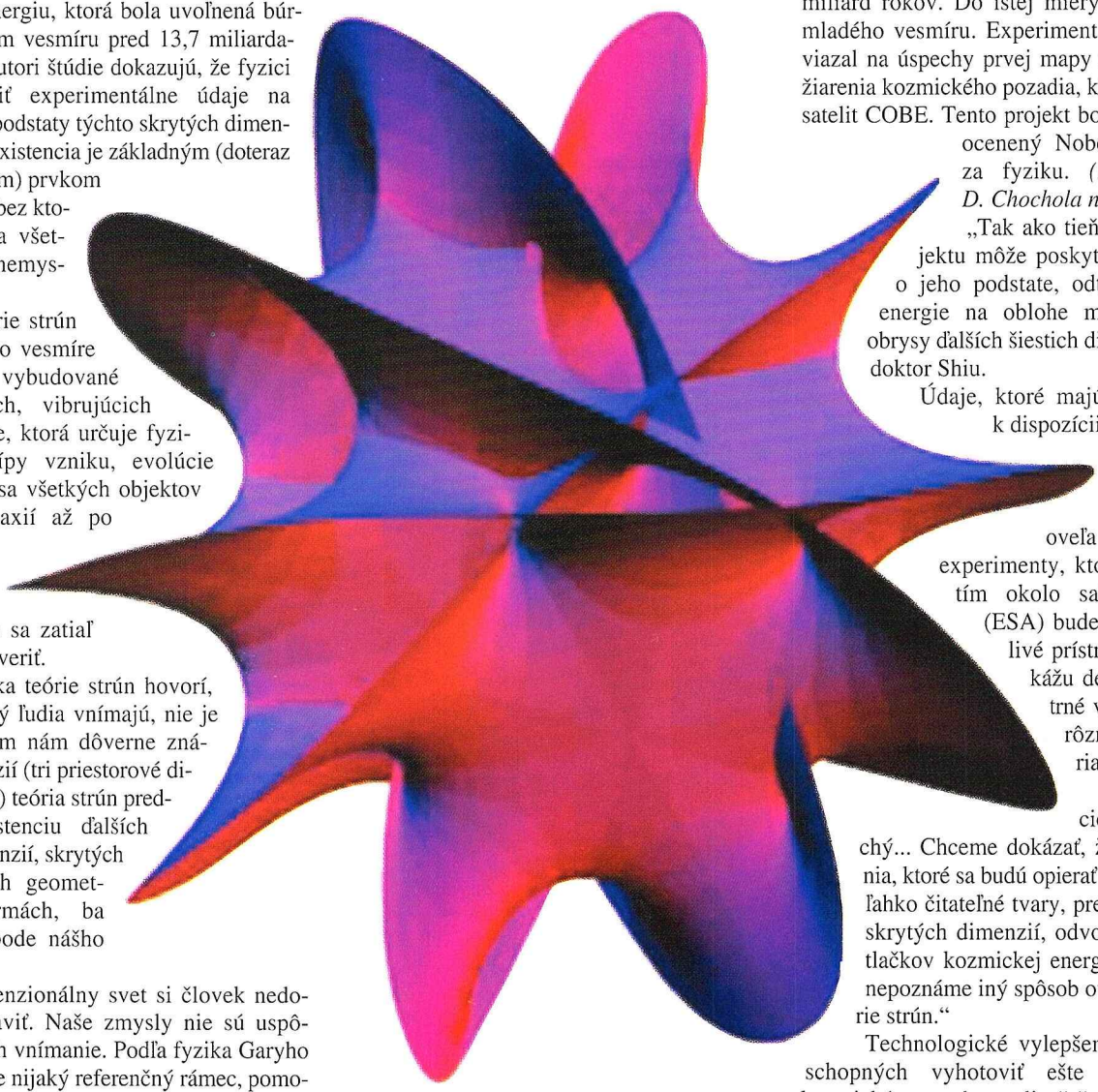
Podľa teórie strún všetko, čo vo vesmíre existuje, je vybudované z nepatrných, vibrujúcich strún energie, ktorá určuje fyzikálne princípy vzniku, evolúcie a správania sa všetkých objektov od supergalaxií až po najmenšie subatomárne častice. Teóriu strún sa zatiaľ nepodarilo overiť.

Matematika teórie strún hovorí, že svet, ktorý ľudia vnímajú, nie je úplný. Okrem nám dôverne známych dimenzií (tri priestorové dimenzie a čas) teória strún predpovedá existenciu ďalších šiestich dimenzií, skrytých v nepatrných geometrických formách, ba v každom bode nášho vesmíru.

Desaťdimenzionálny svet si človek nedokáže predstaviť. Naše zmysly nie sú uspôsobené na ich vnímanie. Podľa fyzika Garyho Shiu nemáme nijaký referenčný rámec, pomocou ktorého by sme šesť skrytých dimenzií dokázali vnímať. Preto vedci využili počítač, pomocou ktorého sa ich pokúsili zviditeľniť. Ich práca sa môže stať dlho očakávaným základom na meranie týchto donedávna nemerateľných aspektov strunovej teórie.

Podľa matematiky strunovej teórie, extradimenzie sa môžu prejaviť desiatkami tisíc možných tvarov, pričom každý z nich teoreticky vyhovuje vlastnému jedinečnému vesmíru so všetkými z toho vyplývajúcimi fyzikálnymi zákonmi.

Náš vesmír je iba jedným z mnohých vesmírov, ale my ho zatiaľ v jeho úplnosti nepoznáme. Multidimenzionálne tvary sú príliš malé na to, aby sme ich videli či skúmali tradičnými prostriedkami, čo je zatiaľ Achillovou pätou teórie strún. „Môžete teoretizovať koľko chcete, ale bez experimentálnych dôkazov vám nikto neuverí," vraví Shiu. „Naším problémom je, ako teóriu strún presvedčivo otestovať."



Takto stvárnil počítač možnú šesťdimenzionálnu geometriu, ktorá pripomína modely skúmané fyzikmi z University of Wisconsin.

Bret Underwood je doktorandom Garyho Shiu. Vyrukoval s myšlienkou, že šesť skrytých dimenzií malo na vesmír najväčší vplyv vtedy, keď bol iba nepatrným balíčkom nepredstaviteľne stlačenej hmoty a energie, keď sa nachádzal v instantnom stave, krátko po big bangu. „Pokúšame sa cestovať v čase a vidieť, čo sa vtedy dialo," vysvetľuje Shiu. „Samozrejme, reálne cestovanie v čase je nemožné."

Stroj na cestovanie v čase zatiaľ nevymysleli, takže fyzici siahli po inej pomôcke: zamysleli sa nad mapou kozmickej energie uvoľnenej big bangom. Táto energia, zviditeľnená škvrnkami s nerovnakou teplotou na mape, ktorú vyhotovil satelit WMAP, pretrvala virtuálne v nezmenenej podobe celých 13 miliárd rokov. Do istej miery je portrétom mladého vesmíru. Experiment WMAP nadviazal na úspechy prvej mapy mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia, ktorú vyhotovil satelit COBE. Tento projekt bol v roku 2006 ocenený Nobelovou cenou za fyziku. *(Pozri článok D. Chochola na strane 15.)*

„Tak ako tieň nejakého objektu môže poskytnúť predstavu o jeho podstate, odtlačky tmavej energie na oblohe môžu naznačiť obrysy ďalších šiestich dimenzií," tvrdí doktor Shiu.

Údaje, ktoré majú vedci zatiaľ k dispozícii, nie sú dostatočne presné... Vesmír za nimi je oveľa zložitejší. Až experimenty, ktoré pripravuje tím okolo satelitu Planck (ESA) bude mať také citlivé prístroje, ktoré dokážu detegovať nepatrné variácie medzi rôznymi geometriami.

Shiu: „Náš cieľ je jednoduchý... Chceme dokázať, že naše tvrdenia, ktoré sa budú opierať o jednoduché, ľahko čitateľné tvary, preveria koncept skrytých dimenzií, odvodených z odtlačkov kozmickej energie. Predbežne nepoznáme iný spôsob overovania teórie strún."

Technologické vylepšenia prístrojov, schopných vyhotoviť ešte podrobnejšie kozmické mapy by mali už čoskoro pomôcť vedcom vylúštiť aj kód ukrytý v kozmickej energii. Bol by to ďalší krok k pochopeniu energie, ktorá hýbe vesmírom.

Ak sa to podarí, bude to mať nepredstaviteľné dôsledky. Ak vedci dokážu zmerať tvar, budú mať istotu, že teória strún je správna.

University of Wisconsin Press Release; Physical Review Letters

Posolstvá z ríše tmavej hmoty

Žiarenie gama z vesmíru objavili astronómovia ešte v 60. rokoch. Dlho nevedeli, aký zdroj ho generuje. Dnes poznáme veľa jasných zdrojov žiarenia gama, napríklad zvyšky po výbuchu supernov. Slabé žiarenie gama však zaznamenávajú prístroje aj z difúznej, guľatej „machule svetla" s nízkou energiou uprostred našej Mliečnej cesty. Nikto nevie, čo je zdrojom tohto žiarenia.

To isté platí aj pre ešte menší zdroj vysokoenergetického žiarenia gama z nepatrnej škvrnky v strede našej Galaxie. A napokon: aj obloha v okne žiarenia gama so strednou energiou je nepatrne jasnejšia, ako by mala byť. Rozlúštiť tieto záhady okolo žiarenia gama je jedným z najprioritnejších cieľov modernej astronómie.

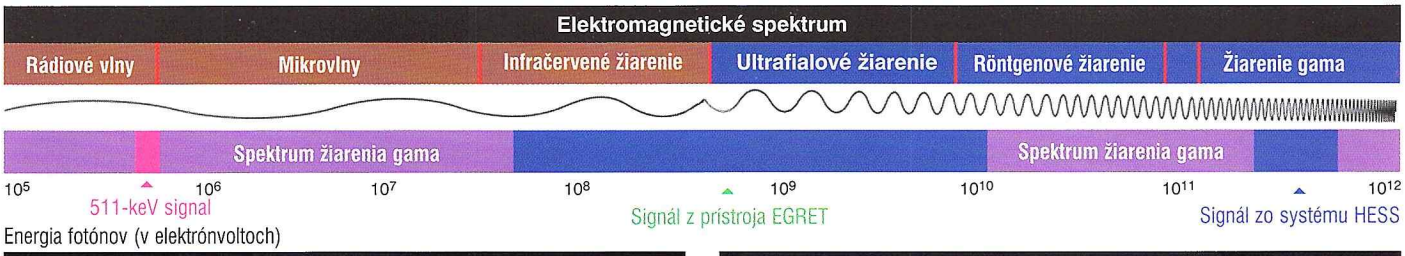
Vedci už dávnejšie zistili, že hodnoty rotácie špirálových galaxií i pohyby galaxií v kopách galaxií svedčia o tom, že prinajmenšom 85 percent hmoty vesmíru neprodukuje svetlo ani detegovateľné žiarenie, iba gravitáciu. Tento materiál nazvali tmavou hmotou.

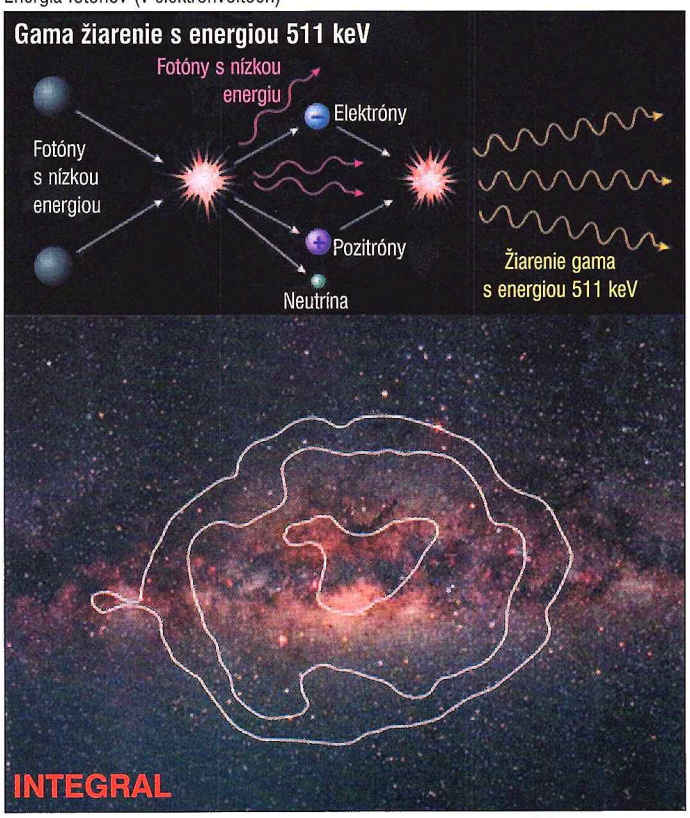
Z čoho sa skladá tmavá hmota?

Z doteraz neznámych častíc? Ako sa prejavujú tieto častice? Podaktorí fyzici sa nazdávajú, že sa prejavujú práve v podobe toho žiarenia gama, ktorého pôvod zatiaľ nedokážeme vysvetliť.

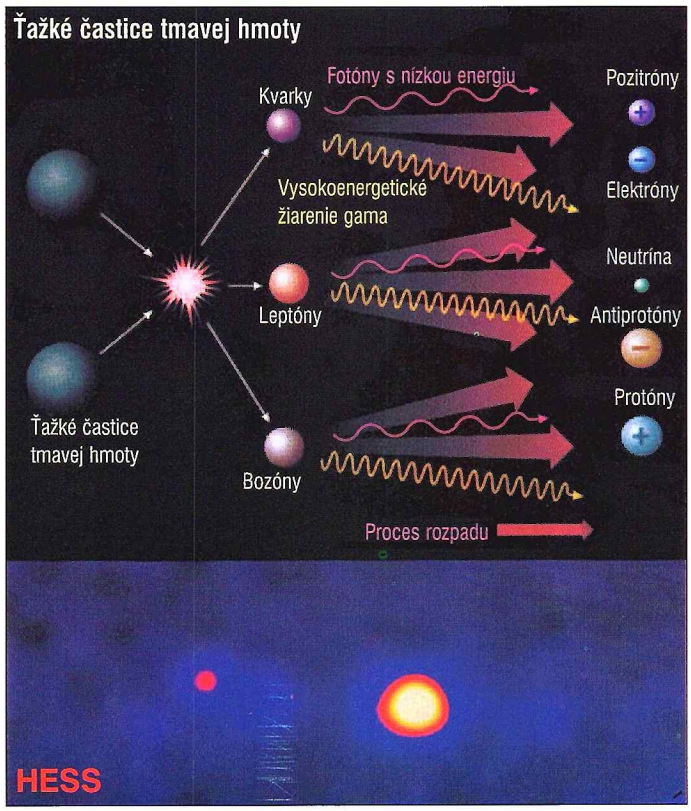
Pozemský život chráni pred smrtonosným žiarením gama atmosféra, ktorá absorbuje najenergetickejšie fotóny elektromagnetického spektra. Priamu detekciu žiarenia gama umožňujú iba prístroje na balónoch, ktoré vypúšťame do veľkých výšok, a prístroje na raketách či sondách.

Začiatkom 70. rokov objavili astronómovia žiarenie gama z centra našej Galaxie. Ukázalo

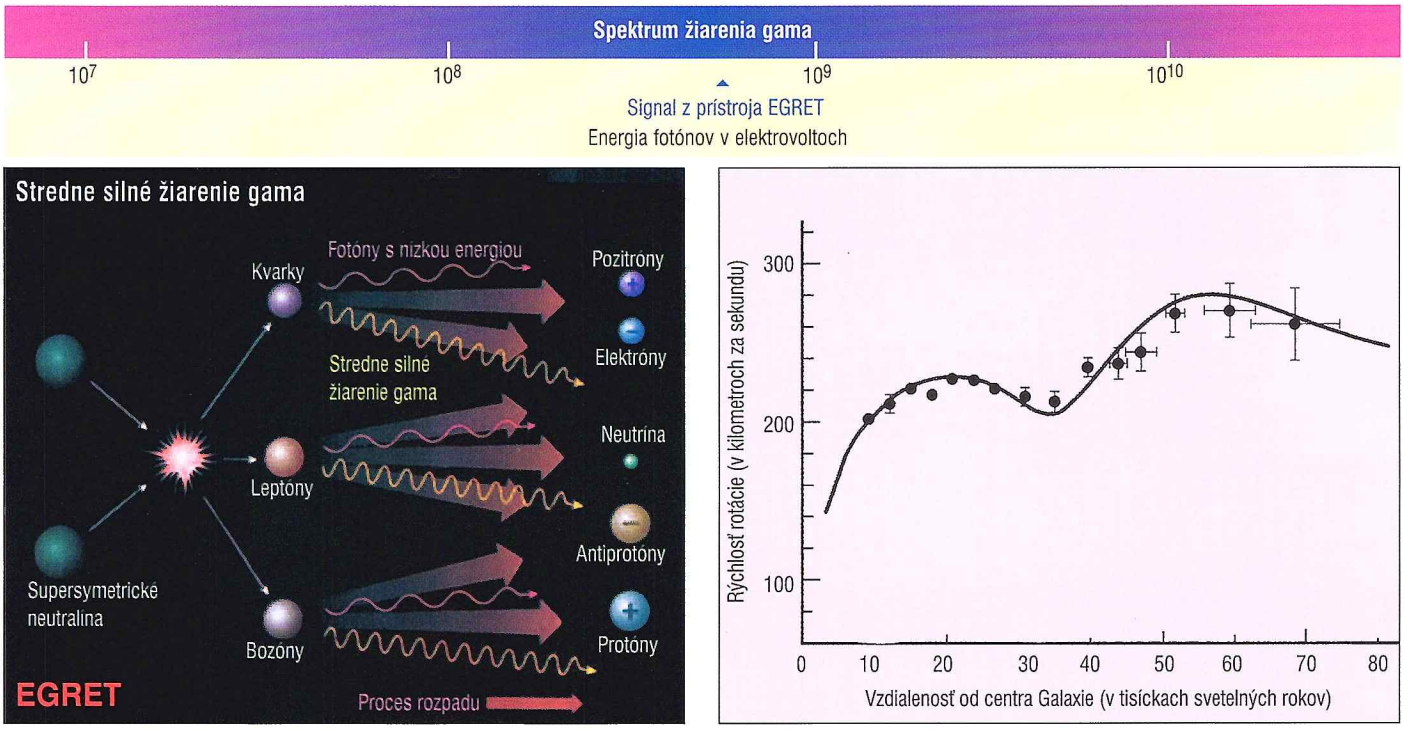




Podľa teórie vznikajú po zrážkach ťažkých častíc tmavej hmoty elektróny a ich náprotivky v antihmote – pozitróny. Elektróny a pozitróny sa vzápätí anihilujú, pričom vzniká žiarenie gama s energiou 511 kiloeletrónvoltov (keV). Satelit Integral (ESA) zmapoval oblohu v oblasti gama. Tak bola objavená v centre našej Galaxie okrúhla škvrna vyžarujúca veľmi silné emisie 511 keV. Škvrnu vidíme na obrázku vo viditeľnom svetle. Emisie sú pravdepodobne produktom anihilácie pozitrónov a elektrónov. Vedci však zatiaľ netušia, čo je zdrojom pozitrónov, pričom nevylučujú, že časť antihmoty vzniká anihiláciou tmavej hmoty. Zvažujú aj alternatívnu možnosť: antihmotu môžu produkovať búrlivé procesy, ktoré generuje supermasívna čierna diera v centre Galaxie.



Podľa teórie v prípade, že kolidujú častice tmavej hmoty s vyššou hmotnosťou, vznikajú spŕšky nestabilných častíc. HESS (High Energy Stereoscopic System), sústava antén v Namíbii získala túto snímku centrálnej časti Mliečnej cesty v oblasti vysokoenergetického žiarenia gama. Silný signál prichádza z miest, kde predpokladáme centrálnu čiernu dieru našej Galaxie. Podaktorí fyzici pripisujú neobyčajne intenzívne žiarenie z tejto oblasti anihilácii masívnych častíc tmavej hmoty. Slabší zdroj (vľavo) je pozostatok po supernove. Žiarenie gama neprenikne do atmosféry Zeme. HESS ho deteguje nepriamo, zaznamenávaním Čerenkovovho žiarenia, ktoré je produktom interakcií žiarenia gama v najvyšších vrstvách atmosféry.



Počas roku 1990 detegoval Egret, prístroj na satelite Compton Gamma Ray Observatory neočakávane silnú žiaru stredne silného žiarenia gama na celej oblohe. Takto by sa mala podľa teórie prejaviť anihilácia WIMP-ov, známych ako neutralína.

Graf jasne dokazuje, že predpovedaná rotačná krivka našej Galaxie (znázornená čiarou) je bezmála totožná s krivkou, ktorá vznikla na základe napozorovaných údajov (červené body).

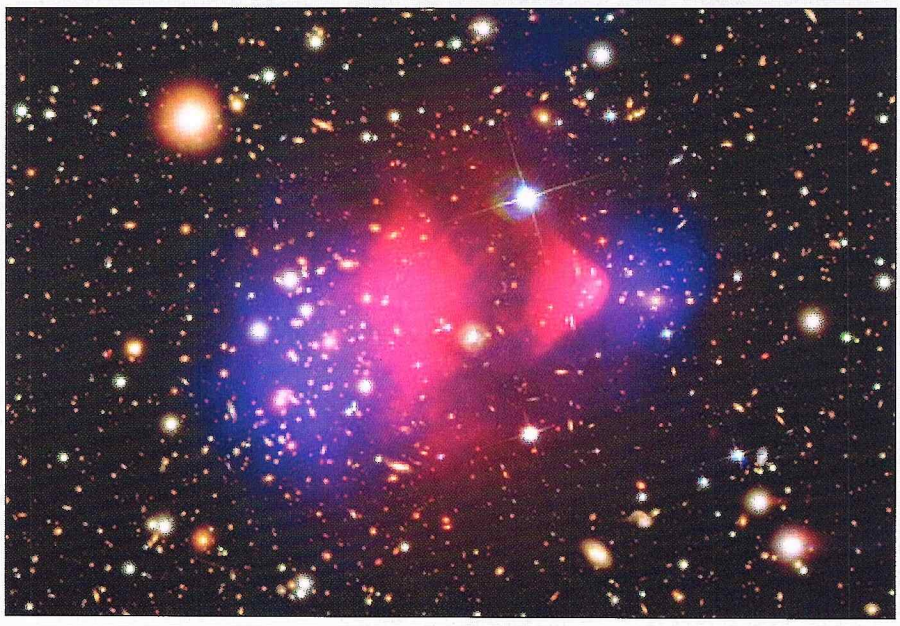
sa, že ide o špecifickú energiu (farbu žiarenia gama) s hodnotou 511 kiloelektrónvoltov (keV), čo je miliónтina kinetickej energie letiaceho komára. Zdá sa to byť málo, ale aj tak ide o niekoľko stotisíckrát väčšiu energiu, akú má fotón viditeľného svetla.

Vedci v laboratóriách zistili, že emisie s energiou 511 keV sú signálom zrážky elektrónu a pozitrónu. Keď hmota s antihmotou koliduje, navzájom sa anihilujú. Ich hmota sa však podľa Einsteinovho vzorca $E = mc^2$ premení na žiarenie gama.

Astronómovia vypočítali, že každý rok sa v centre našej Galaxie anihiluje 10 na 50 pozitrónov. V priebehu 100 000 rokov tak zanikne antihmota rovnajúca sa hmotnosti Zeme. Kde sa berie toľko antihmoty?

Jadrové reakcie v supernovách a kolízie častíc kozmického žiarenia s medzihviezdnym prachom produkujú pozitróny. To vieme. Keby bolo aj žiarenie gama produktom týchto procesov, muselo by sa distribuovať podobne ako hviezdy a plyn. Táto predstava sa však náramne odlišuje od obrazu takmer okrúhlej škvrny, ktorú zmapoval v roku 2003 satelit Integral z Európskej vesmírnej agentúry *(pozri obrázok)*.

Presne takýto útvar (malú, koncentrovanú žiaru) predpovedali v roku 2003 Céline Boehm a Dan Hooper z Oxfordskej univerzity v prípade, že sa častice tmavej hmoty anihilujú, pričom produktom anihilácie sú pozitróny. Je logické, že sa to deje v centre našej Galaxie. Tmavá hmota, nech ju už tvoria akékoľvek častice, je totiž rovnako citlivá na gravitáciu ako viditeľná hmota, ktorá sa skladá z atómov. Malo by jej byť najviac v jadre Mliečnej cesty. Navyše teória hovorí, že častice tmavej hmoty sú zároveň aj vlastnými antičasticami, takže sa tiež počas zriedkavých zrážok anihilujú. Vedci vypočítali, že



„Dôkaz“ existencie tmavej hmoty

Na röntgenovej snímke zo satelitu Chandra vidíte obrovskú kopu galaxií 1E 0657-56. Ružová farba zviditeľňuje horúci vnútrogalaktický plyn, ktorý predstavuje väčšinu viditeľnej hmoty v kope. Hubblov vesmírny ďalekohľad a pozorovania technikou gravitačného šošovkovania (pomocou ďalekohľadu Magellan) pomáhajú vedcom zmapovať distribúciu hmotnosti v objekte. Väčšina hmoty sa nahromadila v modrých oblastiach. Nakoľko ružové a modré oblasti sú jasne separované, väčšinu hmotnosti v kope musí tvoriť tmavá hmota.

produktom týchto zrážok by mali byť popri elektrónoch a pozitrónoch aj fotóny a neutrína.

Elektróny a pozitróny sa však tiež zrážajú, čo generuje žiarenie s energiou 511 keV. Podľa anglických fyzikov by teda žiarenie gama v centre Galaxie (prejavujúce sa ako okrúhla žiara) malo byť nepriamym dôkazom existencie tmavej hmoty.

Tvorivé pochybnosti

Väčšina fyzikov si myslí, že tmavú hmotu tvoria slabo interagujúce častice, takzvané WIMPs.

Supersymetria, vari najsľubnejšia z teórií, ktoré by chceli rozšíriť úspešný štandardný model časticovej fyziky, predpokladá, že každá častica má svojho „supersymetrického partnera". WIMPs predstavujú triedu partnerov, ktorí sú niekoľko stotisíckrát, ba možno aj niekoľko stomiliónkrát hmotnejšie ako elektrón. WIMPs reagujú na gravitáciu, ale to je jediný spôsob interakcie s normálnou hmotou. Sú absolútne imúnne voči elektromagnetizmu, neemitujú, nereflektujú, neabsorbujú nijaké žiarenie.

Častice, ktoré predpovedajú Boehm a Hooper, však musia byť relatívne ľahké. Keby boli hmotnejšie, ich anihilácia by produkovala nestabilné častice hmoty a antihmoty. Čo je však najdôležitejšie: ich rozpad by generoval oveľa viac žiarenia gama, ako sa pozoruje. Podľa fyzikov Johna Beacona a Hasana Yüksela z University of Ohio, častice, ktoré predpovedajú anglickí fyzici, by nemali mať vyššiu hmotnosť ako 6 elektrónov. Navyše vypočítali, že anihiláciou tmavej hmoty by vznikalo žiarenie gama z vyššou energiou ako 511keV. Také však prístroje zatiaľ nezaznamenali. Z toho logicky vyplýva, že ak je signál 511 keV produktom interakcií tmavej hmoty, potom mysteriózne, hypotetické častice by mali byť veľmi ľahké.

Medzičasom Kyungjin Ahn a Eiichiro Komacu z Texaskej univerzity vypočítali intenzitu žiarenia gama extragalaktického pozadia. Prijali predpoklad, že halá tmavej hmoty, ktoré obaľujú vzdialené galaxie, produkujú žiarenie 511 keV tak ako to navrhujú Angličania. Vypočítali, že žiarenie pozadia by malo byť silnejšie, ako sa pozoruje, ak častice tmavej hmoty majú vyššiu hmotnosť ako 40-násobok hmotnosti elektróna. Ich argument je logický: menšia hmotnosť znamená väčší počet častíc pri rovnakom objeme kozmickej tmavej hmoty, teda tmavá hmota by musela produkovať viac elektrónov a pozitrónov, čo by sa prejavilo intenzívnejším žiarením.

Čosi tu nehrá. Častica nemôže mať zároveň hmotnosť 6-násobku i 40-násobku hmotnosti elektróna.

Hmotnosť častíc

Častica	Relatívna hmotnosť
Protón	1,000
Neutrón	1,001
Elektrón	0,0005
Ľahké častice tmavej hmoty	0,001 až 0,006
Supersymetrické neutralíno	50 až 1000
Ťažké častice tmavej hmoty	10 000 až 50 000

Záhada zo zariadenia HESS

HESS (High-Energy Stereoscopic System) je zariadenie v Namíbii, ktoré tvoria štyri 14-metrové lapače svetla, určené na detekciu extrémnych, vysokoenergetických fotónov gama (každý má energiu niekoľkých stoviek miliárd elektrónvoltov) z centra našej Galaxie. Mohlo by ísť o signály tmavej hmoty? Nie je to vylúčené, ale potom by toto vysvetlenie nebolo zlúčiteľné so súčasnou predstavou o WIMPs, ktoré sú predbežne najsilnejšími kandidátmi na častice tmavej hmoty.

HESS pravdaže nedokáže detegovať energetické fotóny priamo (nepreniknú cez atmosféru), môže však zaznamenávať slabé záblesky svetla, známe ako Čerenkovov efekt, ktorý vznikne po zániku gama fotónov v atmosfére. V roku 2004 tím vedcov pri HESS oznámil, že bol objavený silný zdroj energetického žiarenia gama, totožný s jadrom našej Galaxie.

Presný zdroj v jadre Galaxie je neznámy, ale vedci sa nazdávajú, že by mohlo ísť o sprievodný efekt anihilácie častíc tmavej hmoty. Tieto častice by museli byť veľmi masívne: 20 000-krát hmotnejšie ako protón, 40-miliónkrát masívnejšie ako elektrón. Niektoré častice, predpovedané prívržencami teórie supersymetrie takúto hmotnosť pripúšťajú, lenže potom by **neutralíno**, vari najpopulárnejšia častica tmavej hmoty z dielne supersymetrikov, mala problémy. Hmotnosť neutralína by mala byť nanajvýš 1000-násobkom hmotnosti protóna.

Tretí signál

Časticový fyzik Wim de Boer (University of Karlsruhe, Nemecko) sa nazdáva, že energetické gama fotóny z jadra Galaxie generujú supernovy, neutrónové hviezdy či čierne diery. Tie by mali byť podľa neho aj generátormi slabšieho signálu 511 keV.

Z jadra Mliečnej cesty sme však zachytili aj tretí signál. De Boer analyzoval dáta zo satelitu Compton Gamma Ray Observatory (CGRO). Potom ich porovnal s údajmi o mimoriadnych vzplanutiach žiarenia gama strednej intenzity, ktoré získal EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope) na satelite CGRO v roku 1990.

EGRET detegoval jemné pozadie žiarenia gama medzi 30 miliónmi až 10 miliardami elektrónvoltov, presne v medzere medzi mäkkým 511keV signálom a tvrdým signálom z HESS. Najpravdepodobnejším zdrojom tohto žiarenia sú zrážky častíc kozmického žiarenia s jadrami atómov v medzigalaktickom priestore. Signál z EGRET bol však silnejší, ako sa očakávalo.

Ak pochybujete o existencii tmavej hmoty, ktorá je vo vesmíre (podľa teoretikov) prinajmenšom šesťkrát hojnejšia ako normálna hmota, nie ste sami. Je to teória, ktorú ešte treba experimentálne overiť. Ale ako? Aj mnohí fyzici by sa najradšej bez tmavej hmoty zaobišli a vysvetlili pozorovateľmi získané údaje inakšie: hoci úpravou fyzikálnych zákonov. Napríklad izraelský fyzik Mordechaj Milgrom už v roku 1981 navrhol, že pohyb vzdialených galaxií, nevysvetliteľný bez gravitačného pôsobenia tmavej hmoty, by bolo možné vysvetliť zmenou gravitačnej konštanty vo veľkých škálach.

Milgrom má dnes iba hŕstku prívržencov, pretože existencia tmavej hmoty pomáha vysvetliť aj celý rad ďalších spoľahlivých astronomických pozorovaní. A nielen to: najnovšie teórie pomerne sugestívne obhájili existenciu častíc, ktoré by mali mať vlastnosti tmavej hmoty.

Nedávne pozorovania obrovskej kopy galaxií 1E 06557-56 v Carine poskytli silný dôkaz, že tmavá hmota naozaj existuje.

Astronómovia pomocou röntgenového satelitu Chandra zmapovali distribúciu horúceho plynu v 1E 0657-56, ktorá prebieha po gravitačnom splynutí dvoch kôp galaxií. Počas splynutia sa horúci plyn, ktorý tvorí 90% hmotnosti oboch kolidujúcich kôp, sa správa podľa zákonov gravitácie i elektromagnetizmu, takže niet pochýb, že spomaľovanie jeho pohybu a transformácie riadi neznáma sila. Nakoľko častice tmavej hmoty reagujú iba na gravitáciu, musia sa správať inakšie.

Vedci využili veľké pozemské ďalekohľady i techniku gravitačného šošovkovania a zmerali, ako sa hmota v kope rozptyľuje. Objavili slabo viditeľnú hmotu v oblasti, kde je gravitácia najsilnejšia, z čoho vyplýva, že tmavá hmota a horúci plyn medzi kopami sa rozptyľujú každý po svojom. Navyše tmavá hmota v kope galaxií prevláda. Zreteľný predel medzi oblasťou, v ktorej je najviac viditeľnej hmoty, a oblasťou, kde je najsilnejšia gravitácia, je doteraz najsilnejším dôkazom, že tmavá hmota existuje a musí tvoriť dominantnú zložku hmoty v našom vesmíre.

Zdalo sa, že objav tímov z Arizonskej univerzity a z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics Milgromovu teóriu nadobro vyvrátil. Milgrom však tvrdí, že to, čo sa v 1E 0657-56 pozoruje, je presne to, čo ich teória na základe pozorovania iných kôp galaxií predpovedala. Milgrom tvrdí, že nijaká tmavá hmota neexistuje, a to, čo tmavou hmotou nazývame, sú iba formy ešte neobjavenej viditeľnej hmoty.

Ďalšie experimenty spor v dohľadnej dobe rozhodnú. Niekoľko podzemných detektorov i urýchľovačov častíc v CERN môžu detegovať častice tmavej hmoty v laboratóriách ešte do konca tohto desaťročia.

De Boer tento exces vysvetľuje anihiláciou častíc tmavej hmoty s hmotnosťou 60-násobku protóna. Z celooblohovej mapy (vznikla na základe údajov z EGRET) odvodil distribúciu častíc tmavej hmoty, vypočítal ich gravitačný vplyv a navrhol tvar rotačnej krivky Mliečnej cesty. (Krivka zviditeľňuje vzťah medzi orbitálnou rýchlosťou hviezd a ich vzdialenosti k centru Galaxie.) A čo sa nestalo: v krivke sa objavil nevysvetliteľný hrb vo vzdialenosti 35 000 svetelných rokov od jadra Galaxie.

Thriller s prvkami horroru

Čo vypovedajú údaje z EGRET o tmavej hmote? Zatiaľ neveľa. Častica tmavej hmoty s hmotnosťou 60 protónov je pre teoretikov supersymetrie doslova darom z nebies. Hmotnosť predpovedaného neutralína má takmer totožnú hmotnosť.

To sa zdalo byť nádejné. Anihiláciou týchto častíc by totiž vznikali protóny i ich náprotivky z ríše antihmoty – antiprotóny. Husté spŕšky týchto protónov by však museli zaznamenať detektory kozmického žiarenia na balónoch v stratosfére. Zaznamenali ich, ale ani zďaleka v takom množstve, ako sa predpovedalo. Niektorí vedci však upozorňujú na to, že excesom, ktorý zaznamenal EGRET, by mohlo byť hľadané kozmické žiarenie, ak sa, pravda, počet jeho častíc aj ich vlastnosti počas letu Galaxiou menia.

V poslednom roku pribudlo skeptikov, ktorí neveria, že signály 511 keV či signály zachytené systémom HESS majú čokoľvek spoločné s tmavou hmotou. Medzi žiarením gama a tmavou hmotou nemusí byť nijaký vzťah. Predovšetkým, nevieme, či sa tmavá hmota naozaj anihiluje na nejaké častice.

Napríklad **gravitino,** častica, ktorá je jedným z kandidátov na tmavú hmotu, môže interagovať tak slabo, že by iba ťažko mohlo spôsobiť anihiláciu. *(Gravitino je supersymetrický partner/náprotivok gravitonu, ktorý prenáša pôsobenie gravitácie.)* Predstava, že tmavú hmotu by mohli tvoriť gravitína, je však pred astrofyzikov nočnou morou. Predovšetkým preto, že nemáme istotu, či sa podarí takúto časticu vôbec detegovať.

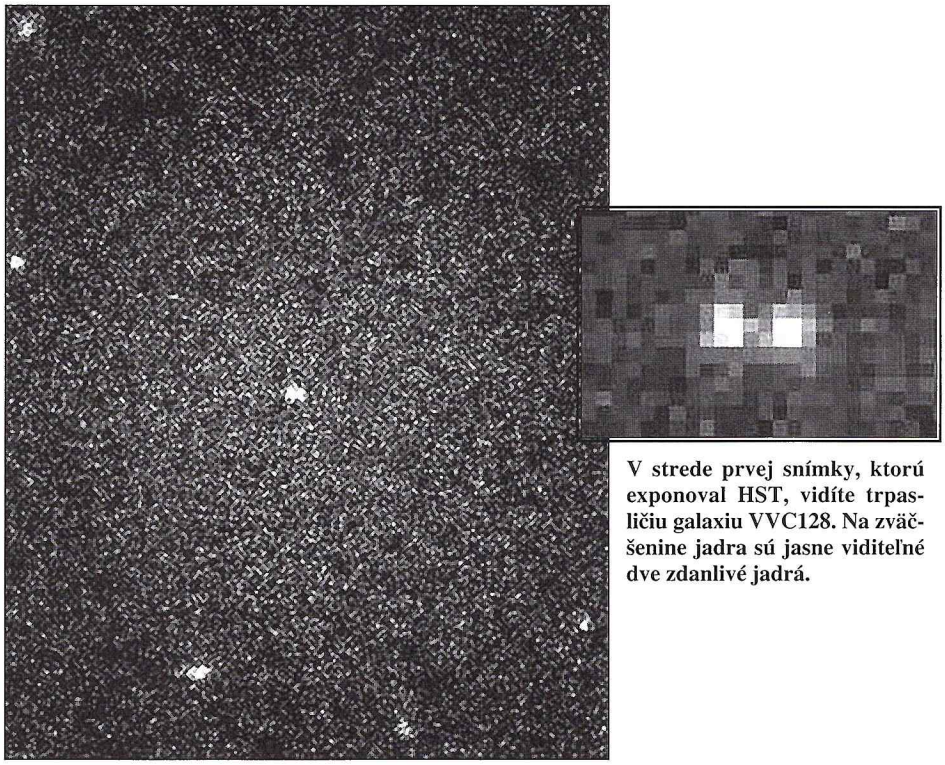
Záhady okolo žiarenia gama narastajú. Astrofyzici, špecialisti na vysoké energie, sa už tešia na údaje, ktoré im od budúceho roku bude dodávať Gamma-ray Large Area Space Telescope (GLAST). Prístroje na tomto vesmírnom ďalekohľade budú 50-násobne citlivejšie ako EGRET a pokryjú oveľa širší rozsah energie, až po hranicu niekoľkých stoviek miliárd elektrónvoltov.

K vyriešeniu záhad okolo tmavej hmoty môže prispieť aj urýchľovač Large Hadron Colider, ktorý čo nevidieť spustia v CERN vo Švajčiarsku. Toto zariadenie by mohlo priamo detegovať častice vypočítané teoretikmi supersymetrie.

Kto rozlúšti záhadu okolo tmavej hmoty, astrofyzici, či časticoví fyzici? Ktovie... Preteky už odštartovali a v každom zo súperiacich tímov pracujú najambicióznejší fyzici.

Podľa Sky and Telescope

Masívna čierna diera v trpasličej galaxii



V strede prvej snímky, ktorú exponoval HST, vidíte trpasličiu galaxiu VVC128. Na zväčšenine jadra sú jasne viditeľné dve zdanlivé jadrá.

Čierne diery hniezdia v jadrách mnohých (ale asi nie všetkých) galaxií. Sú to masívne objekty s hmotnosťou 100 000 až 10 miliárd Slnk. Objav masívnej čiernej diery v trpasličej eliptickej galaxii je však vzácnosťou. Trpasličia galaxia VCC128 v súhvezdí Panny, vzdialená 54 miliónov svetelných rokov, je zatiaľ najmenšou galaxiou, v ktorej hniezdi masívna čierna diera. Má iba stotinu hmotnosti našej Galaxie. Všetky hviezdy z tohto systému dokopy sú iba 500-miliónkrát hmotnejšie ako naše Slnko.

Je to iba druhý objav masívnej čiernej diery v trpasličej galaxii a tretí objav galaxie, ktorá mala (zdanlivo) dvojité jadro.

Vedci z Washingtonskej univerzity objavili čiernu dieru v jadre VCC128 pri prehliadke archivovaných snímok z Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu. Cieľom prehliadky bolo štúdium jadier trpasličích galaxií, o ktorých teória hovorí, že sa vyvíjajú z guľových hviezdokôp. Skúmali vlastnosti jadier a zistili, je jedna zo skúmaných galaxií má dvojité jadro. Presnejšie: na opačných koncoch prstenca, krúžiaceho okolo čiernej diery, objavili dva svetlé body, ktoré pôvodne pokladali za dve jadrá tej istej galaxie.

Po podrobnejšom preskúmaní pomocou Apache Point Observatory v Novom Mexiku zmerali vlastnosti svetla z „dvojitého jadra" a konštatovali, že dvojité jadro galaxie je zdanlivé. Prstenec hviezd starých najmenej miliardu rokov obieha čiernu dieru, pričom v dvoch protiľahlých bodoch prstenca vzniká pri pohľade zo Zeme optický klam, dva svetelné body, ktoré pri nízkom rozlíšení považovali za dvojité jadro. Hmotnosť centrálnej čiernej diery je prinajmenšom taká ako hmotnosť všetkých hviezd v prstenci.

Vedcov objav zaujal, pretože nevedia, či trpasličie galaxie s jasnými jadrami sú podobné systémy ako VVC128. Priamy objav takýchto systémov je zriedkavý, pretože prstence sú väčšinou dostupnou technikou nerozlíšiteľné.

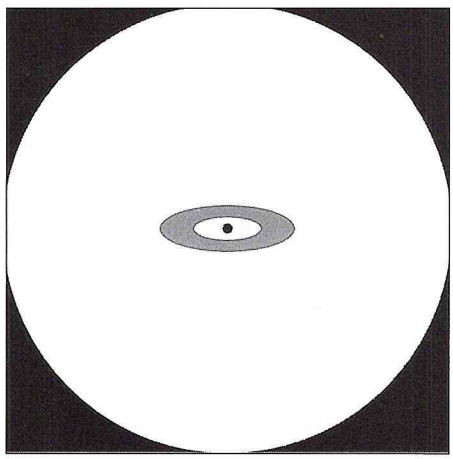
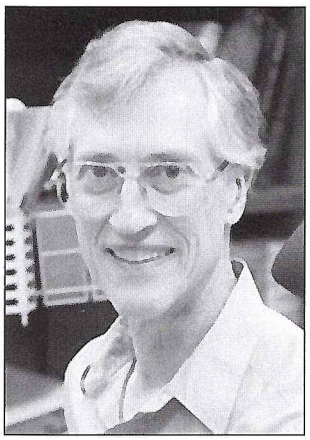


Schéma trpasličej galaxie VVC128: čierna diera je uprostred prstenca hviezd, ktoré ju obiehajú. Na dvoch opačných stranách prstenca sa pri pohľade zo Zeme hviezdy v prstenci nakopia, takže ich svetlo vytvára zdanie dvoch jadier.

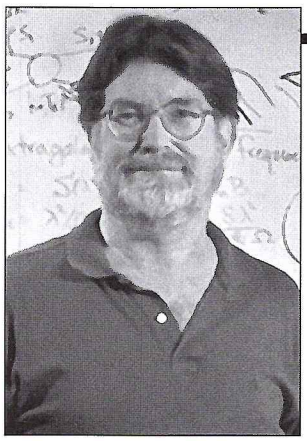
Objav pomôže astronómom pochopiť procesy evolúcie trpasličích galaxií počas ich putovania priestorom, pričom sa gravitačne spájajú a vytvárajú väčšie systémy. Ak k takémuto splynutiu dôjde, zväčší sa aj čierna diera v ich jadre.

VV128 je podľa všetkého galaxiou, ktorá sa ešte s inou trpasličou galaxiou nespojila. O to prekvapujúcejšia je existencia masívnej čiernej diery v jej jadre.

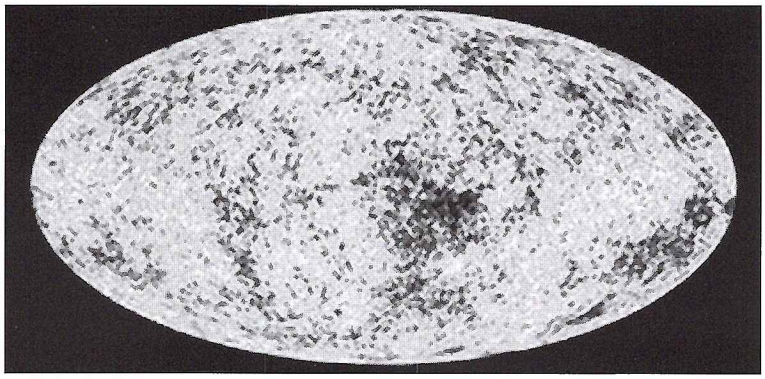
University of Washington Press Release



John C. Mather.



George F. Smoot.



Mapa rozloženia anizotropií získaná v r. 2003 družicou WMAP.

Nobelova cena 2006 za fyziku udelená za objavy v kozmológii

RNDr. Drahomír Chochol, DrSc.,
AsÚ SAV, Tatranská Lomnica

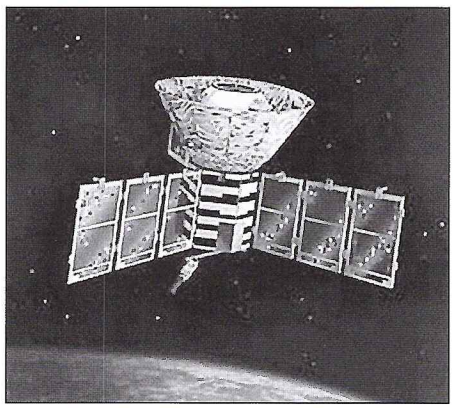
Nobelova cenu za fyziku v roku 2006 bola udelená dvom americkým astrofyzikom: J. C. Matherovi a G. F. Smootovi za objav základného tvaru mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia a jeho nepatrných rozdielov v rôznych smeroch. Detailné pozorovania, ktoré laureáti vykonali pomocou družice COBE, zohrali významnú úlohu pri zmene modernej kozmológie na exaktnú vedu.

John Cromwell Mather sa narodil v r. 1946 v Roanoke vo Virgínii. Po získaní titulu PhD na Kalifornskej univerzite v Berkeley v r. 1974 pracoval ako postgraduálny študent na Kolumbijskej univerzite v New Yorku, kde podal návrh na projekt družice COBE. Od r. 1976 pracuje v Goddardovom stredisku pre kozmické lety NASA v Marylande. Je profesorom fyziky na Marylandskej univerzite.

George Fitzgerald Smoot sa narodil v r. 1945 v Yukone na Floride. Po získaní titulu PhD a postgraduálnom štúdiu na Massechusettskom technickom inštitúte nastúpil v r. 1971 na Kalifornskú univerzitu v Berkeley, kde je v súčasnosti profesorom fyziky.

Mather a Smoot viedli kolektívy, ktoré pripravili dve kľúčové aparatúry na družici COBE (Cosmic Bacground Explorer), vypustenej 18. novembra 1989 s cieľom získať základné charakteristiky mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia. Toto tepelné žiarenie, ktorým je takmer izotropne vyplený celý vesmír, je pozostatkom (reliktom) ohnivého zrodu vesmíru – „Veľkého tresku". Podľa štandardnej teórie Veľkého tresku, vesmír vznikol pri gigantickej explózii pred 13,7 miliardami rokov. V tom čase bol vesmír veľmi homogénny, extrémne hustý a horúci a prudko expandoval. Približne 380 000 rokov po Veľkom tresku energia fotónov poklesla a nebola schopná ionizovať vodíkové atómy. Žiarenie sa oddelilo od hmoty a mohlo sa voľne pohybovať vo vesmíre. Vesmír naďalej expandoval a chladol. Znižovala sa aj teplota reliktového žiarenia, ktorá je v súčasnosti 2,725 K. Keďže reliktové žiarenie vypĺňuje celý vesmír a je ho možné detegovať v mikrovlnnej oblasti spektra, nazývame ho mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia. Spektrum reliktového žiarenia je najdokonalejšie spektrum absolútne čierneho telesa, ktoré existuje. Žiarenie absolútne čierneho telesa závisí iba od teploty.

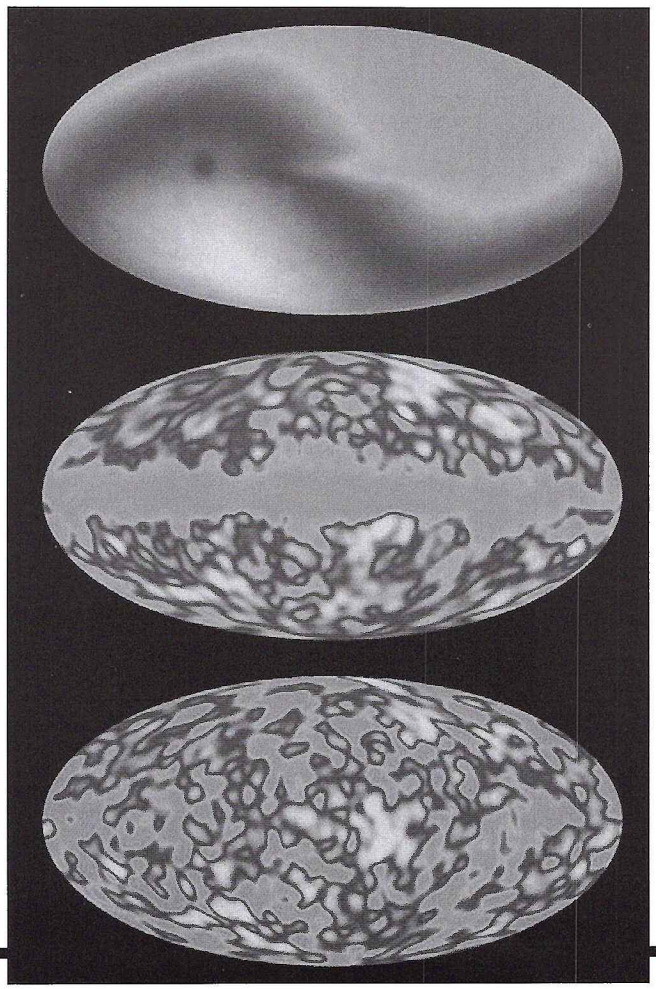
Prvé náznaky o možnej existencii mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia vyplynuli z pozorovania medzihviezdnej absorpcie CN molekuly McKellarom v r. 1940. Čiara môže vzniknúť len vtedy, keď su dolné hladiny energie molekúl CN zastúpené tak, akoby sa



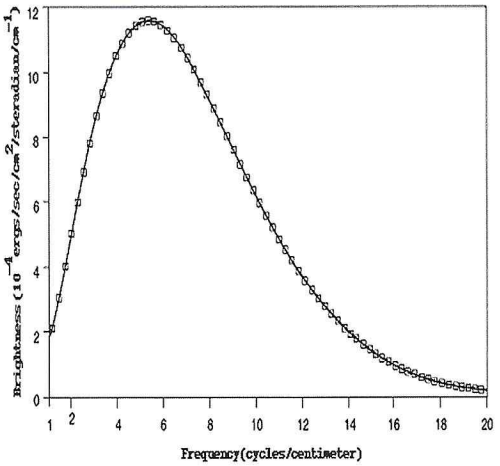
Družica COBE.

nachádzali v mori žiarenia o teplote 2,7 K. George Gamow rozpracoval v r. 1946 fyzikálne dôsledky hypotézy horúceho vesmíru a predpovedal existenciu reliktového žiarenia, ktoré vzniklo v raných štádiách vývoja vesmíru. Jeho žiaci Alpher a Hermann odhadli v r. 1949 teplotu tohto žiarenia na 5 K, takže by malo byť detegované v mikrovlnnej oblasti. Prvú detekciu mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia uskutočnil Arno Penzias a Robert Wilson v r. 1965, za čo získali Nobelovu cenu v roku 1978.

Vzhľadom na absorpciu mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia s vlnovými dĺžkami kratšími ako 1 mm v zemskej atmosfére bolo jasné, že celé spektrum tohto žiarenia možno získať iba využitím dru-



Výsledky experimentu DMR v galaktických súradniciach. Údaje na vlnovej dĺžke 5,7 mm ukazujú dipólovú anizotropiu, anizotropie po odstránení dipólovej anizotropie a anizotropie po odstránení galaktickej emisie.



Spektrum reliktového žiarenia získané prístrojom FIRAS (štvorčeky) a najlepší fit absolútne čiernym telesom o teplote 2,725 K.

žicovej techniky. História COBE sa začala písať v roku 1974, keď NASA vyhlásila prípravu malých experimentov v astronómii. Na realizácii tejto misie pracovalo vyše 1000 vedcov, inžinierov a administratívnych pracovníkov. Družica COBE mala na palube tri prístroje, ktoré pokrývali oblasť vlnových dĺžok od 1 μm do 1 cm s cieľom zmerať spektrum a anizotropie mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia a získať informácie o difúznom infračervenom žiarení pozadia využitím aparatúry DIRBE (Diffuse InfraRed Background Experiment). Aparatúra FIRAS (Far InfraRed Absolute Spectrophotometer) mala s mimoriadnou presnosťou overiť tepelnú podstatu reliktového žiarenia zmeraním jeho spektrálneho priebehu v rozmedzí vlnových dĺžok 0,1 – 10 mm. Aparatúra DMR (Differential Microwave Radiometer) mala pátrať po anizotropiách, drobných rozdieloch teploty tohto žiarenia v rôznych smeroch na oblohe a zostaviť ich mapu. Detektory pracovali na vlnových dĺžkach 3,3 mm, 5,7 mm a 9,5 mm s uhlovým rozlíšením 7°. Zodpovedným pracovníkom za celú misiu COBE bol J. Mather, ktorý mal na starosti aj experiment FIRAS. Experiment DMR mal na starosti G. Smoot a experiment DIRBE Mike Hauser.

Všetky experimenty sa vydarili. Merania FIRASu spresnilo teplotu reliktového žiarenia na 2,725±0.002 K. Merania DMR určilo dipólovú anizotropiu teploty reliktového žiarenia s amplitúdou 3,353±0.024 mK v smere súradníc $(\alpha, \delta)_{2000} = (11^h\,12{,}2^m \pm 0.8^m, -7{,}06^\circ \pm 0{,}16^\circ)$ v dôsledku pohybu Zeme voči poľu reliktového žiarenia rýchlosťou 371 ± 1 km/s a odhalilo anizotropie žiarenia na úrovni stotisícin kelvina. Mapy rozloženia anizotropií, získané družicami COBE a neskoršie WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, vypustenej v r. 2001), poskytli informácie o rozdieloch hustoty hmoty v ranom vesmíre, zodpovedných za vznik veľkoškálových štruktúr rozloženia hmoty vo vesmíre vo forme galaxií a kôp galaxií. Pozorovanie reliktového žiarenia poskytlo unikátne a detailné informácie o ranom vesmíre a zmenilo doteraz špekulatívnu kozmológiu na exaktnú vedu.

Gravitačná kakofónia superstrún

Einstein to tušil: pohybujúca sa hmota krčí tkaninu štvordimenzionálneho časopriestoru. Generuje gravitačné vlny. Zatiaľ nikto tento fenomén nezaznamenal. Vedci z Washingtonskej univerzity sú však presvedčení, že tieto vlny možno detegovať. Podľa nich ich generujú kozmické superstruny.

Fyzici tvrdia, že bez superstrún nie je možné zjednotiť základné sily prírody, gravitáciu, elektromagnetizmus, silné a slabé jadrové sily, vytvoriť elegantný vzorec Teórie všetkého. Mnohí túto teóriu odmietajú, pretože ju nemožno experimentálne overiť. V poslednom čase sa však vynorila matematicky podložená prognóza, podľa ktorej by vedecký test bol možný: Craig Hogan z Washingtonskej univerzity tvrdí, že formácie kozmických superstrún, týchto nepredstaviteľne úzkych túb energie, ktoré sa zachovali od prvopočiatkov vesmíru, sa v dôsledku rozpínania kozmu naťahujú, nadobúdajú enormnú dĺžku a táto exotická vlastnosť by sa mala prejaviť pozorovateľnými, teda merateľnými efektmi!!!

Ak sú teórie superstrún správne, potom existuje bezpočet kozmických superstrún, dlhých ako priemer veľkej galaxie. Superstruny tvoria ultratenké tuby obsahujúce zvyšky vákua z mladého vesmíru. Tieto struny sa môžu formovať do slučiek a kruhov, ktoré sa prehýbajú, chvejú a produkujú gravitačné vlny. Generátorom gravitačných vĺn by mal byť postupný rozpad, prípadne zánik strún.

„Superstruny sú také ľahké, že nijako nepôsobia na kozmickú štruktúru, ich rozpad však generuje gravitačné vlny," tvrdí Hogan.

Teória tvrdí, že všetko, čo sa pohybuje, vytvára gravitačné vlny. Kolidujúce čierne diery generujú miliónkrát viac energie ako všetky galaxie vo vesmíre. Nakoľko niektoré gravitačné vlny by sa mali prejaviť aj na frekvenciách, ktoré ľudské ucho dokáže vnímať, väčšina zdrojov sa však prejavuje na takých nízkych frekvenciách, že sú pod prahom počuteľnosti.

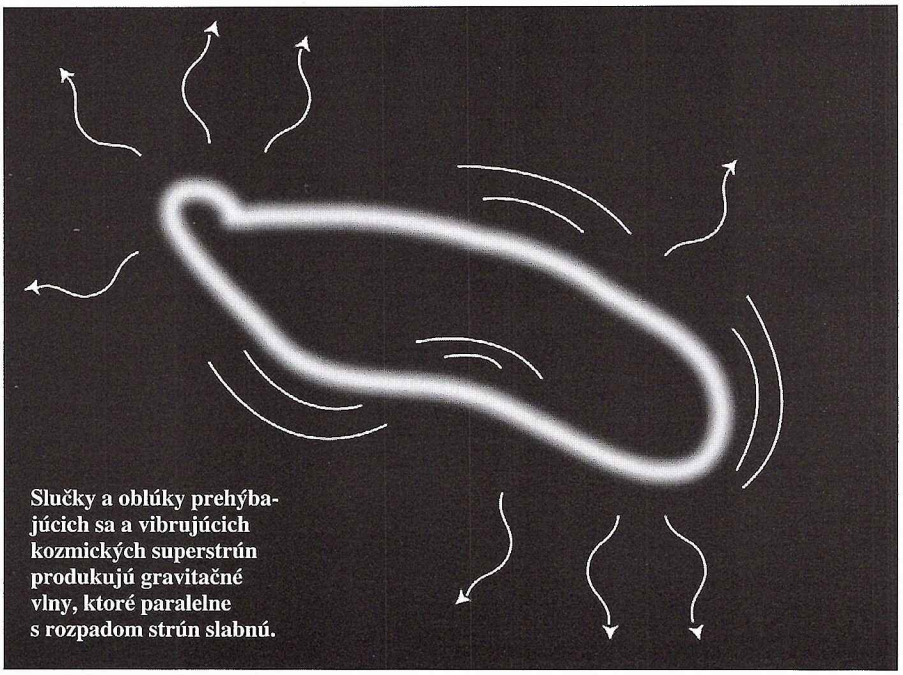
Veľké hmoty potrebujú na rozhýbanie oveľa viac času, takže vedci chcú preveriť najmä nízke frekvencie. „Ak by sme tieto vibrácie dokázali zachytiť, mohli by sme to, čo sme doteraz ‚iba videli', aj počuť. Astronómia by získala ďalší rozmer. Doteraz sme pozorovali iba nemý film, teraz sa pokúšame film ozvučiť", tvrdí Hogan.

Prvý prístroj, ktorý by mohol zmerať veľmi nízke frekvencie gravitačných vĺn, bude lietajúce observatórium – Laser Interferometer Space Antenna (LISA), ktorý vyvíja NASA. Okrem vĺn z predpokladaných zdrojov (dvojhviezdy, dvojité neutrónové hviezdy, kolidujúce čierne diery či ich kombinácie v binárnych systémoch) mali by prístroje na LISA zachytiť aj chvenie kozmických superstrún. Ak sa to podarí, budeme mať fyzikálny dôkaz toho, že struny existujú.

Výpočty gravitačných vĺn generovaných kozmickými superstrunami prezentovali Hogan a jeho doktorand Matt DePies začiatkom februára tohto roku na zasadaní Americkej astronomickej spoločnosti v Seattle.

Gravitačné vlny bude zaznamenávať aj LIGO (Laserový interferometer gravitačných vĺn), pozemské zariadenie, ktoré sa zameria na vyššie frekvencie ako Hogan. Vlny zo superstrún sa budú dať detegovať oveľa ťažšie, pretože šum pozadia bude ich identifikáciu sťažovať. Vedci však už pracujú na technológii, ktorá by šum pozadia eliminovala.

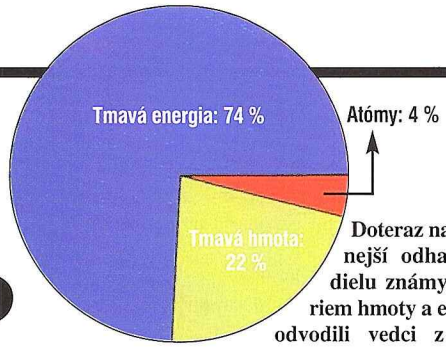
UW News



Slučky a oblúky prehýbajúcich sa a vibrujúcich kozmických superstrún produkujú gravitačné vlny, ktoré paralelne s rozpadom strún slabnú.

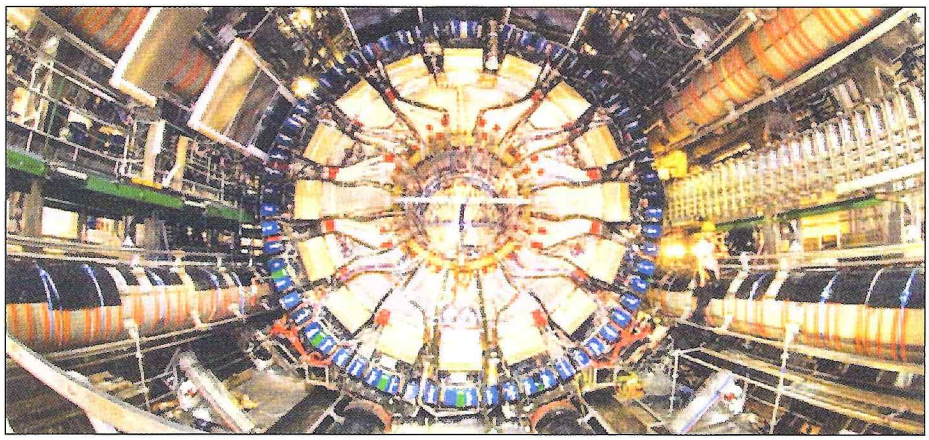
STEN ODENWALD /

Čo ak teória strún neplatí?



Doteraz najpresnejší odhad podielu známych foriem hmoty a energie odvodili vedci z údajov satelitu WMAP. Na normálnu hmotu pripadajú iba 4 percentá.

Ak by sa dokázalo, že teória strún je pochybná, tmavá hmota, tmavá energia i kozmická inflácia by sa dostali do ríše virtuálnej fyziky.



ATLAS, veľký detektor hadrónov, dokončia v tomto roku. V tomto veľkolepom zariadení sa budú realizovať zrážky zväzkov protónov, pohybujúcich sa vysokými rýchlosťami. Subatomické častice, produkty týchto kolízií, môžu objasniť niektoré nejasné procesy. ATLAS je jedným z najväčších projektov v dejinách fyziky. Podieľa sa na ňom 1800 fyzikov zo 150 inštitúcií v 35 krajinách.

Fyzici už vyše tri desaťročia túžia zjednotiť štyri základné fyzikálne sily do jedinej teórie, ktorá by veľké zjednotenie vyjadrila jednoduchým, elegantným vzorcom. Za najperspektívnejšiu teóriu považujú tisíce matematikov a fyzikov teóriu superstrún. Základnou zložkou tejto teórie sú jednodimenzionálne struny čistej energie, ktoré existujú v 10-dimenzionálnom vesmíre. Štyri z týchto dimenzií dôverne poznáme: tri priestorové dimenzie a čas. Vibrácie strún a ich pohyb vytvárajú tkanivo priestoru i ďalšie základné sily a elementárne častice.

Fyzikov v poslednom čase rozladili nepriaznivé správy: modely teórie superstrún sa zatiaľ nedajú aplikovať v reálnom fyzikálnom svete. Nedá sa hovoriť o kríze, ale stojí za to pouvažovať o tom, čo by sa stalo, keby sa pochybnosti o najsľubnejšej teórii naplnili.

Teória superstrún stojí a padá na troch kľúčových myšlienkach, ktoré sa v priebehu tridsiatich rokov nepodarilo presvedčivo dokázať:

na princípe supersymetrie; na dodatočných priestorových dimenziách; na gravitácii ako sile, ktorú definujeme ako výmenu kvantových častíc.

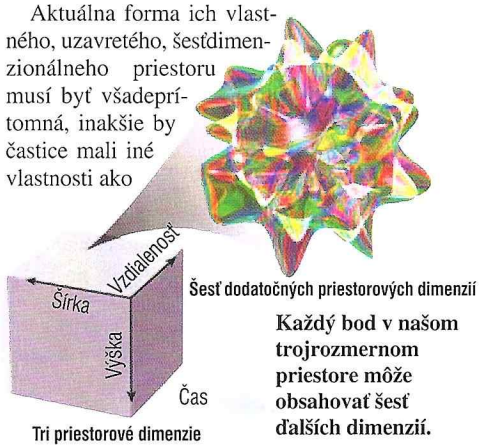
Supersymetria je fyzikálny princíp, ktorý umožňuje časticiam, ako sú fotóny a gluóny, transformovať sa z jednej na druhú. Dovoľuje aj zjednotenie sa gravitácie s inými silami, pretože jej častice (gravitóny?) sa môžu transformovať na niektorú z iných častíc. Hoci je táto myšlienka matematicky elegantná a zrovnoprávňuje gravitáciu s ostatnými silami, nikomu sa napríklad doteraz nepodarilo detegovať premenu fotóna na gluón. Našťastie, existujú aj iné možnosti, ako dokázať existenciu supersymetrie.

Ak supersymetria v prírode existuje, potom má každá častica svojho superpartnera: elektrón bude mať svoj „seletrón“, fotón svoje „fotino“, kvarky svoje „skvarky“, atď... Týchto partnerov sme doteraz neobjavili, ale najnovší urýchľovač Large Hadron Collider (LHC) bol postavený preto, aby ich objavil. Už koncom tohto roku počíta posádka LHC s objavom prvých superčastíc. Takýto úspech by bol úvodom k potvrdeniu najbizarnejšej fyzikálnej idey za posledných 80 rokov, existencie extradimenzií v priestore.

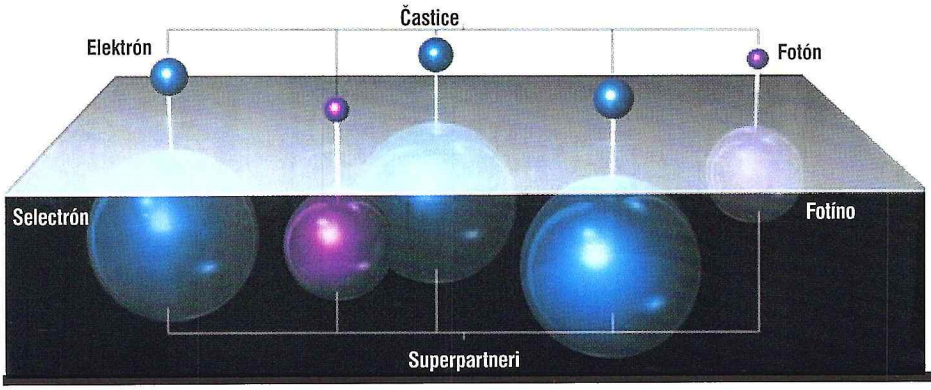
Časopriestor je iba počiatkom

Konvenčná teória superstrún požaduje okrem dimenzií, na ktoré sme si zvykli (hore/dole; vpravo/vľavo; blízko/ďaleko) aj ďalšie priestorové dimenzie. Tieto dodatočné dimenzie poskytnú fyzikom „materiál“, pomocou ktorého dokážu odvodiť nielen vylepšenú gravitačnú teóriu, ale aj vlastnosti známych častíc. Tieto extradimenzie sú oveľa menšie ako protón a možno si ich predstaviť ako šesť dodatočných koordinátov ku každému ľubovoľnému bodu v priestore.

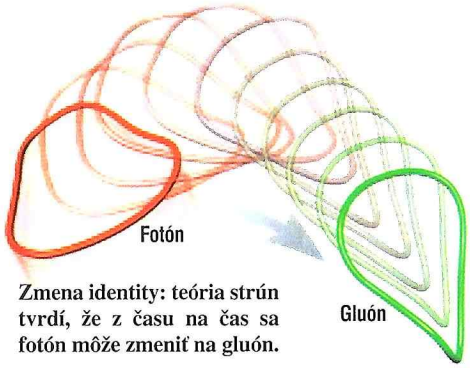
Aktuálna forma ich vlastného, uzavretého, šesťdimenzionálneho priestoru musí byť všadeprítomná, inakšie by častice mali iné vlastnosti ako



Každý bod v našom trojrozmernom priestore môže obsahovať šesť ďalších dimenzií.



Skrytá symetria: predstava „tieňového sveta“ supersymetrie, ktorá znázorňuje doteraz neobjavených, masívnach superpartnerov známych častíc.



Zmena identity: teória strún tvrdí, že z času na čas sa fotón môže zmeniť na gluón.

tie čo sa pohybujú v našom trojdimenzionálnom svete. Existujú bilióny možných šesťdimenzionálnych geometrií, pričom každá je schopná vytvoriť unikátny vesmír so špecifickými zákonmi fyziky, špecifickými časticami a silami. Ktorý z nich je ten náš?

Podaktorí fyzici sa domnievajú, že všetky geometrické možnosti existujú v multiverze. Multiverzum je kolekciou všetkých možných vesmírov so všetkými možnými fyzikálnymi zákonmi, aké logika teórie superstrún pripúšťa. V tom našom (Goldilockovom univerze) šesťdimenzionálna geometria pripúšťa existenciu života aký poznáme. Môže však existovať 10^{100} vesmírov, ktoré túto podmienku spĺňajú. Vylúčiť nemožno ani existenciu ďalších vesmírov, kde môžu prekvitať aj iné, pre nás nepredstaviteľné formy života.

Ak extradimenzie naozaj existujú, určite dokážu zmeniť správanie sa gravitácie v malých dimenziách. V roku 2003 tím z University of Colorado zverejnil mimoriadne presné merania gravitácie v škálach 0,1 milimetra. Vedci nezaznamenali nijakú odchýlku od gravitačného zákona, podľa ktorého by sa sila príťažlivosti mala zmenšovať so štvorcom vzdialenosti dvoch telies. Výskumníci teraz testujú ďalšie extradimenzionálne možnosti pod týmto prahom.

„Pripravili sme niekoľko experimentov, ktoré nám umožnia pracovať rovnako presne aj v menších dimenziách," vraví Joseph Lykken, fyzik z Fermi National Accelerator Laboratory v Batavii (Illinois).

Ak fyzici odobria teóriu superstrún, staneme sa svedkami prvého jednotného popisu fyzikálneho sveta. Tak by nás prestala mátať myšlienka na multiverzum, v ktorom môžu existovať bilióny iných možností, každá z vlastnými prírodnými zákonmi, silami, časticami.

Čo však, keď sa tieto teórie nepotvrdia? Teória superstrún zapadne do histórie vedy ako najspektakulárnejšia z nesprávnych vedeckých teórií všetkých čias. Zároveň by sa ukázalo, že to, čo je možné v matematike, v prírode neexistuje.

Máme zabudnúť na supersymetriu?

Ak neexistujú extradimenzie, nemôže existovať ani supersymetria. Bez týchto základných kameňov teórie superstrún museli by sa fyzici vrátiť k štandardnému modelu.

Štandardný model kombinuje elektroslabú teóriu EW (ide o kombináciu elektromagnetizmu so slabou jadrovou silou) s teóriou silnej jadrovej sily, nazývanej aj kvantová chromodynamika (QCD). Každá z nich sa však správa ako vlak pohybujúci sa po inej koľaji. Ibaže: tak ako elektrina a magnetizmus boli zjednotené v elektromagnetizme, štandardné modely EW a QCD sú také podobné, že aj oni by sa mali dať zjednotiť.

Veľká zjednocujúca teória (Teória všetkého) sa o to pokúša. Fyzici koncom 70. rokov preverili desiatky projektov, ale bez úspechu. Viacerí predpovedali, že sa protón, základný kameň atómových jadier, po takom zjednotení prinajmenšom „na papieri" rozpadne. Iné zaviedli hypotetický tachyón, časticu, ktorá sa pohybuje rýchlejšie ako svetlo.

Nie je to žiadna tragédia. Svet sa bez teórie superstrún sa nezrúti. Štandardný model a všeobecná teória relativity umožňujú všetkým astronómom popisovať presne všetko, čo študujú, od vývoja galaxií a výbuchov supernov až po extrémnu fyziku neutrónových hviezd a čiernych dier. Napokon, Richard Feynman už dávno na margo „teórie všetkého" napísal: „Fyzikom sa nedarí zjednotiť gravitáciu s ostatnými silami iba preto, že príroda nikdy nemala v úmysle sa zjednotiť."

Jazyk strún

VŠEOBECNÁ RELATIVITA
Einsteinova definícia gravitácie, ktorá ukazuje, že priestor a čas komunikujú silu gravitácie pomocou ich zakrivenia.

GLUÓN
Najmenšia častica silnej jadrovej sily, ktorá drží pohromade atómové jadrá.

KVANTOVÁ MECHANIKA
Zákony, ktoré riadia vesmír v škále atómov, kde sa neurčitosť a duálna povaha vĺn a častíc prejavuje.

ŠTANDARDNÝ MODEL
Teória o interakciách v prírode najznámejších častíc (elektrónov a kvarkov) vypracovaná koncom 60. a začiatkom 70. rokov. Jej neschopnosť vysvetliť gravitáciu naznačuje, že existujú aj iné základné teórie.

TEÓRIA STRÚN
Zjednotená teória vesmíru hovorí, že základnými prvkami prírody nie sú častice, ale jednodimenzionálne vlákna, nazývané struny. Teória strún zjednocuje kvantovú mechaniku so všeobecnou relativitou, ktoré sú ináč nekompatibilné. Teória strún je skráteným názvom teórie superstrún.

Kozmické trable

Astronómovia zistili, že vesmír obsahuje všeličo, čo zatiaľ nemôžeme vidieť. V štandardnom modeli niet miesta ani pre tmavú hmotu, ani pre tmavú energiu, ktoré predstavujú 96 % hmoty vesmíru. To však nie je všetko...

Fyzici vypočítali, že bez teórie superstrún by energia prázdneho priestoru bola taká gigantická, že vesmír by skolaboval. Iba ak pochopíme fyziku za štandardným modelom môžeme porozumieť, ako pôsobí vákuum na tmavú časť vesmíru. Zdá sa, že iba teória superstrún môže poslúžiť ako spoľahlivé matematické vodítko do väčšieho univerza.

Bez teórie superstrún by sa zrútili aj naše predstavy o väčších štruktúrach vesmíru, rovnako aj o veľkoškálovej rovnorodosti odvodenej zo štúdií mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia.

Problémy by nastali aj s infláciou. Ako vieme, inflácia, táto superrýchla fáza rozpínajúceho sa vesmíru v čase, keď mal iba bilióntinu bilióntiny svojho veku, bola potvrdená údajmi satelitu WMAP. Inflácia však neplatí pre vesmír malých štruktúr, ktorý sa vyvíjal smerom k formovaniu galaxií. Iba ak sa nám podarí nazrieť do obdobia pred infláciou (nazývame ho érou kvantovej gravitácie či Planckovou érou), dokážu kozmológovia vysvetliť, prečo dnešný vesmír vyzerá tak ako vyzerá aj v galaktickej škále.

Tento cieľ sa v rámci štandardného modelu a všeobecnej relativity nedosiahnuteľný. Iba väčšia, ucelenejšia teória nám môže ukázať cestu. „Nenájdete serióznejšiu štúdiu zaoberajúcu sa fenomenológiou častíc, ktorá by sa aspoň do istej miery neopierala o nástroje teórie superstrún," tvrdí fyzik Leonard Susskind zo Stanford University. „Navyše: všetci sme zajedno v tom, že pôvod elementárnych častíc možno skúmať najlepšie v Planckovej škále a nemôžeme ho dokonale pochopiť bez dobrej teórie kvantovej gravitácie."

V 80. rokoch, keď Allan Guth z Massachusetts Institute of Technology a Andrej Linde z Moskovskej univerzity vyrukovali s myšlienkou inflácie, zaobišli sa aj bez teórie strún, extradimenzí či supersymetrie. Odvtedy si však všetci autori nových inflačných scenárov požičiavali myšlienky aj z teórie superstrún.

Koniec hry

Bez teórie superstrún by sme prišli o vzrušujúcu filozofickú koncepciu multiverza s jeho nekonečnou schopnosťou vytvárať nové vesmíry. Nemali by sme ani matematiku, ktorá by dokázala preklenúť medzeru medzi fyzikou každodennosti a svetom vysokých energií, kde je pánom kvantová gravitácia. Tmavá hmota a tmavá energia by ostali pod rúškom nepreniknuteľného tajomstva. Nikdy by sme sa nedozvedeli, ako vznikli, akú úlohu zohrali počas evolúcie vesmíru. Astronómovia sa zaobídu aj bez znalostí kvantových vlastností gravitácie, ale nikdy sa nezmieria s tým, že o 96 percentách hmoty vesmíru vlastne nič nevedia.

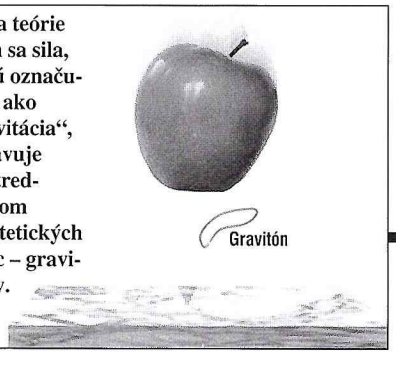
Fyzici by však mohli dopadnúť ešte horšie. Bez logickej kostry, v ktorej budú nastolené a presvedčivo zodpovedané základné otázky, by naše zásahy do fundamentálnej fyziky mohli skončiť v sémantických nezmysloch. Ba nebol by vylúčený ani návrat na teoretické východiská zo začiatku 70. rokov.

„Obrovské množstvo matematických vedomostí, ktoré sme nazbierali počas posledných rokov, sme nadobudli vďaka rozpracovávaniu teórie superstrún," vraví Susskind. „Pokrok v teoretickom chápaní teórie kvantového poľa, gravitácie a čiernych dier je nezvratný. Matematické nástroje, ktoré boli vyvinuté počas rozpracovávania teórie superstrún, sú použiteľné aj v jadrovej fyzike, pri zrážkach ťažkých iónov, ale aj vo fyzike pevných látok."

V dejinách vedy sa neraz rozpracúvali teórie, ktoré sa napokon nepotvrdili. Napríklad steady-state teóriu (ide o Haleho teóriu, podľa ktorej stabilitu v rozpínajúcom sa vesmíre zabezpečuje plynulá tvorba novej hmoty) akceptovali kozmológovia celých tridsať rokov. Až potom ju nové objavy vytlačili do histórie. Napriek tomu, že teóriu superstrún podopiera iba skromné množstvo experimentálne potvrdených čiastkových dôkazov, jej situácia nie je oveľa odlišnejšia od všeobecnej teórie relativity, najmä v prvých rokoch po jej uverejnení. Náročná matematika aj vtedy extrémne sťažovala dôkaz teoreticky predpovedaných javov.

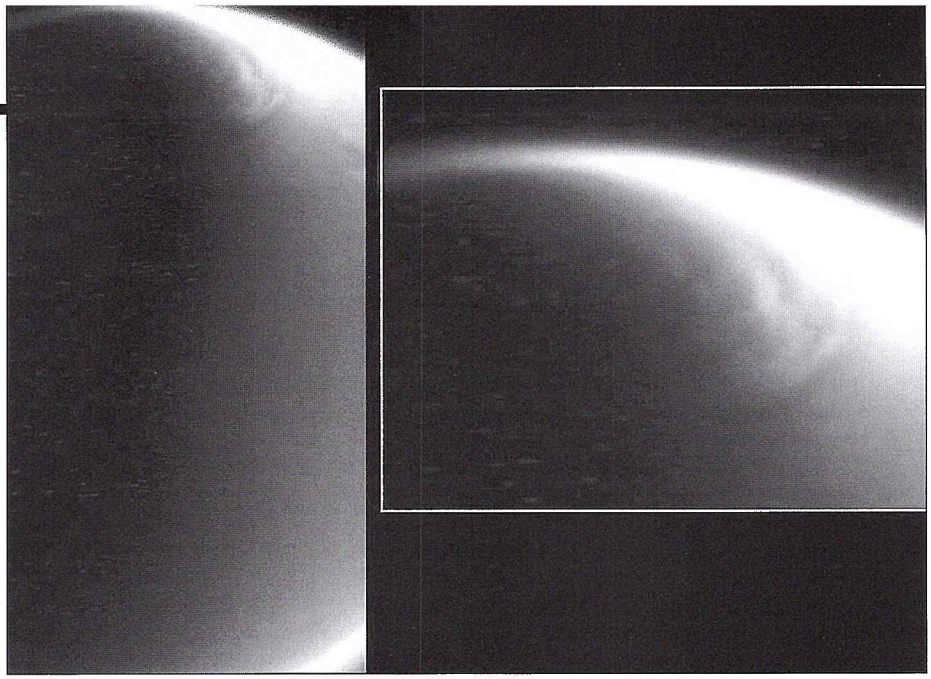
V roku 1980 Ed Witten z Princeton University označil za problém fyziky 21. storočia, ktorý sa scéne objavil predčasne, ako nedonosené dieťa. Verme, že výsledky, ku ktorým nás podnietila, budú súčasťou matematiky aj v 21. storočí.

STEN ODENWALD



Podľa teórie strún sa sila, ktorú označujeme ako „gravitácia", prejavuje prostredníctvom hypotetických častíc – gravitónov.

Gigantický oblak nad severným pólom Titanu



Ten oblak je veľký. Prekryl by polovicu územia Spojených štátov. Je pravdepodobné, že práve z tohto oblaku pršia uhľovodíky, hromadiace sa v jazerách, ktorých počet narastá vďaka radaru na sonde Cassini po každom oblete Titanu.

Na snímke (vznikla kombináciou údajov z optického a infračerveného spektrometra) vidíte severné polárne končiny Titanu v období, keď sa zima prelína do jari. Oblak má priemer 2 400 kilometrov a siaha až po 60° severnej šírky. Vedci predpokladali existenciu tohto oblaku už na základe predchádzajúcich údajov z Titanovej atmosféry (vyplynuli z počítačových modelov), ale až teraz sa ho podarilo zviditeľniť.

Vedcov zarazila nielen veľkosť, ale aj štruktúra tohto oblaku. Tento oblačný systém je podľa všetkého hlavným (globálnym) generátorom organických látok na Titane a ich interakcií s povrchom.

Tím, ktorý vyhodnocuje radarové snímky povrchu Titanu, oznámil, že jazerá okolo severného pólu obsahujú metán, etán a ďalšie organické látky, ktoré sa vytvárajú vo veľkom oblaku. Jazerá sú momentálne poloprázdne (úrovne vyšších hladín prezrádzajú štruktúry vrstevníc na ich brehoch), alebo celkom prázdne. V priebehu jednotlivých sezón sa striedavo vyparujú a tvoria oblaky a opäť napĺňajú, keď nastanú dažde a kvapalné uhľovodíky stečú korytami z okolitého terénu. Tento metánový cyklus pripomína hydrologický systém na Zemi.

Metánový cyklus je sezónny, pričom jedna sezóna na Titane trvá sedem pozemských rokov. Vedci vypočítali, že obdobie tvorenia sa oblakov trvá 25 pozemských rokov, potom na niekoľko rokov utíchne, aby sa dvadsaťpäťročný cyklus opäť zopakoval. Synchrónne s cyklami sa vyvíjajú, mohutnejú a vzápätí rozplývajú štruktúry oblačnosti.

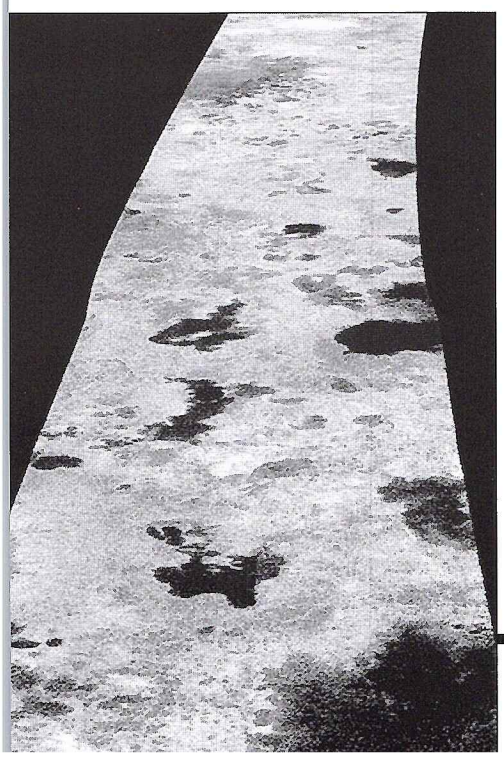
Gigantický oblak nad severným pólom existuje niekoľko rokov. Vedci predpokladajú, že postupom času sa oblačnosť i jazerá presunú zo severných do južných polárnych končín. V okolí južného pólu objavil radar zatiaľ iba jediné, obličku pripomínajúce jazero.

Počas tohto roku obletí Cassini Titan ešte 16-krát. Z údajov, ktoré získa, vytvoria vedci ucelenejšiu predstavu o vzniku a evolúcii oblačnosti v Titanovej atmosfére.

Jazerá na Titane

Povrch Titanu pripomína v niektorých oblastiach Fínsko. Radar na sonde Cassini zviditeľní počas každého obletu niekoľko nových nádrží. Väčšina z nich sa zmenšuje, vyparuje, iba v niektorých hladina stúpa v rytme cyklických zmien, ktoré súvisia so sezónami v priebehu roku na Titane.

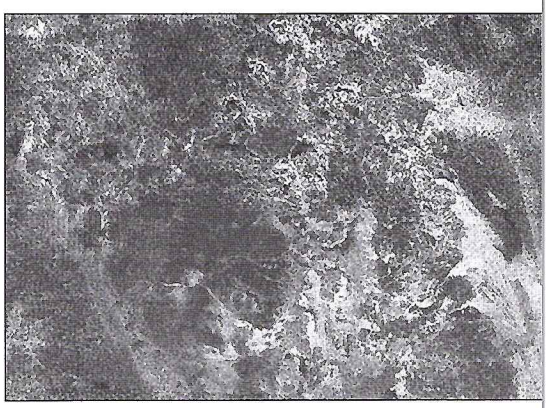
Zobrazený terén (šírka: 40 km) sa nachádza na priesečníku 80°severnej a 35° západnej dĺžky. Rozlíšenie 500 metrov na pixel.



Ganesa macula

Na radarovej snímke z Cassini vidíte kryovulkán Ganesa macula a jeho okolie. Kryovulkanizmus, studený vulkanizmus, je proces, ktorý významnou mierou utváral povrch Titanu a podľa všetkého funguje dodnes.

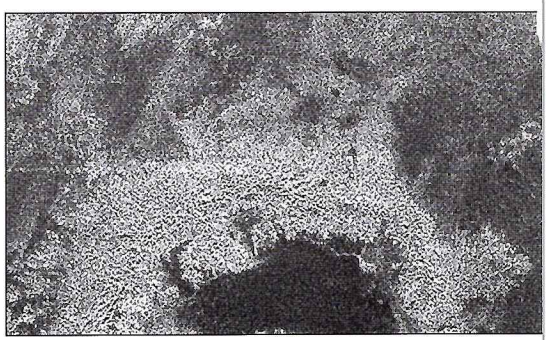
Vedci poskladali radarovú snímku z mozaiky snímok, ktoré radar na Cassini získal počas dvoch blízkych priblížení: 26. októbra 2006 a 13. januára 2007. Ganesa macula je tmavý, okrúhly útvar na ľavej strane snímky. Svetlé, okrúhlasté štruktúry v strednej časti od spodku až po horný okraj snímky označujú vedci za kryovulkanické toky. Snímka (570×390 km) na rozlíšenie 350m/na pixel.

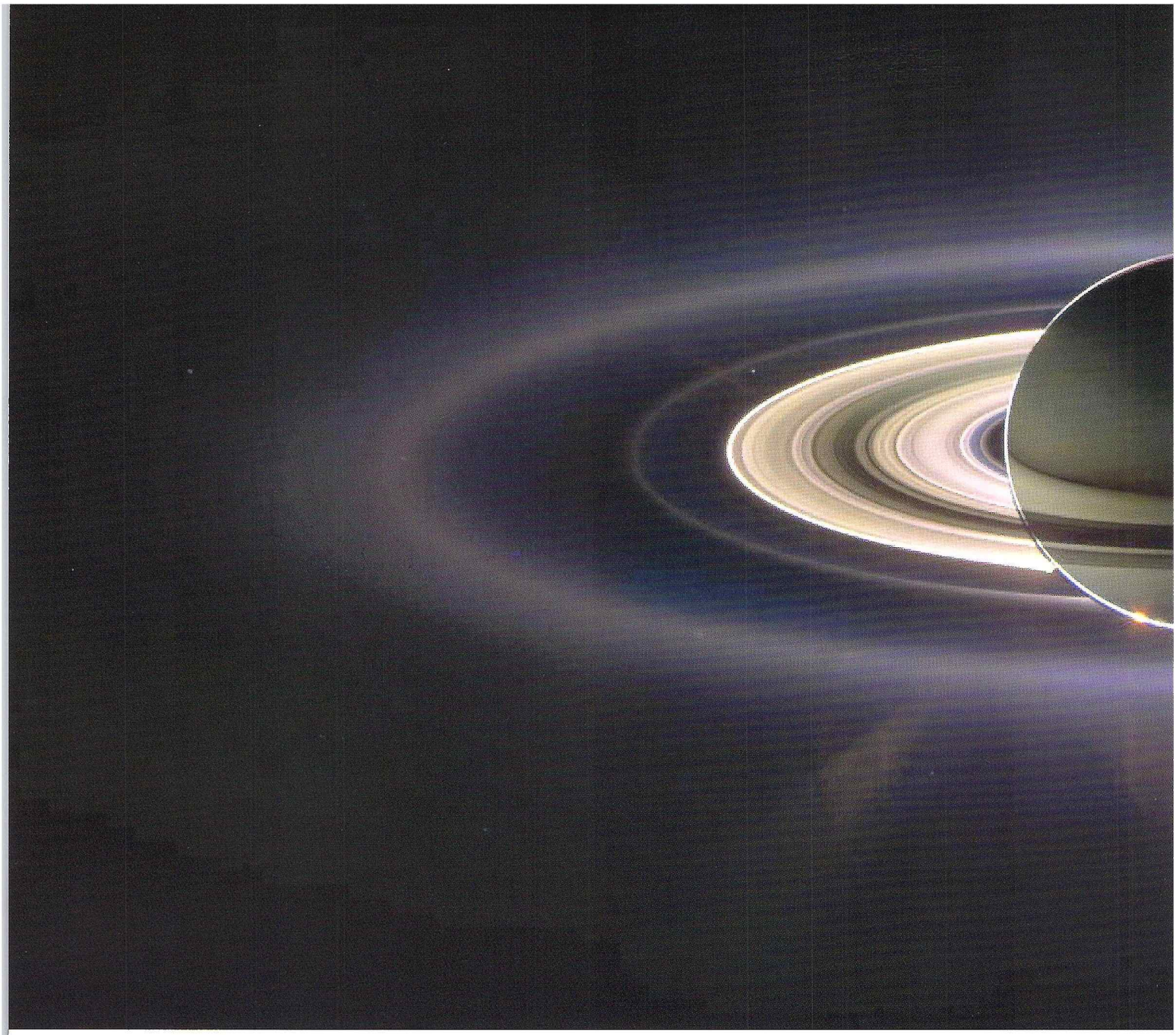


Titan: impaktný kráter?

Na Titane nie je veľa impaktných kráterov. Sondy zatiaľ objavili iba niekoľko, pričom iba v troch prípadoch sú vedci presvedčení, že ide naozaj o impaktný kráter. Svedčí to o tom, že povrch Titanu je veľmi mladý, neustále sa mení, pretvára. Premeny ovplyvňuje niekoľko neveľmi preskúmaných procesov, najmä metánový cyklus, podobný hydrologickému cyklu na Zemi, a kryovulkanizmus. Objav každého nového impaktného krátera uľahčuje vedcom odhadnúť vek povrchu.

Priemer krátera, z ktorého vidno iba polovicu, je 180 kilometrov. Golier svetlých hornín, vypínajúci sa niekoľko stoviek metrov nad okolitým terénom, považujú vedci za nárazom vymrštené horniny. Dno krátera je tmavé. Tvoria ho asi uhľovodíky, ktoré po dažďoch stiekli žľabmi na svahoch impaktu.





Saturn: nové prstence (nové mesiačiky?)

V októbri minulého roku sa sonda Cassini ocitla za Saturnom, ktorý z druhej strany, odspodu presvecovalo čiastočne prekryté Slnko. Tak vznikla mimoriadne pekná snímka, ktorá má zároveň aj veľkú vedeckú hodnotu. Vedcom sa vďaka nej podarilo potvrdiť existenciu dvoch dávnejšie objavených prstencov a objaviť dva nové prstence. Nové prstence sú podľa všetkého produktom rozpadu jedného (možno aj viacerých) pastierskych mesiačikov, ktoré zatiaľ neboli objavené. Ich objav je vraj iba otázkou času: planetológovia vedia, že tam, kde je prstenec, by mal byť aj jeho pastiersky mesiačik.

Priaznivá poloha sondy Cassini v čase expozície (sonda sa pohybovala v tieni Saturna vyše 12 hodín) umožnila, že slnečné svetlo zviditeľnilo aj nepatrné, mikroskopické častice na obežnej dráhe dvoch pastierskych mesiačikov Janusa a Epimethea. Častice sú sformované do jemného prstenca. Druhý prstenec objavili o týždeň neskoršie: prekrýva sa s obežnou dráhou mesiačika Pallene, ktorý sonda objavila ešte v roku 2004. Tretí a štvrtý prstenec objavili v Cassiniho medzere, najväčšej z medzier vo vnútornom prstenci. Tieto prstence sa na snímke sondy Voyager neobjavili.

Na infračervených snímkach zo sondy si vedci všimli, že jeden z prstencov v Cassiniho medzere má nezvyklé sfarbenie, pričom jeho jasnosť sa výrazne mení. Podobné vlastnosti má aj jemný prstenec F, či prstenec v Enckeho štrbine, ktorá sa nachádza vo vonkajšej časti prstenca A.

Malé Saturnove mesiačiky majú slabú gravitáciu, takže po častých kolíziách s inými telesami v prstenci i meteroidmi z medziplanetárneho priestoru, nedokážu udržať zrážkami uvoľnený materiál. Uvoľnený prach a kryštáliky ľadu sa formujú do riedkeho difúzneho prstenca, ktorý obieha po rovnakej dráhe ako pastiersky mesiačik. V prípade, že prstenec pasú dva mesiačiky, môže sa stať, že sa raz alebo niekoľkokrát zrazia, pričom po veľkej zrážke môžu oba zaniknúť. To bude asi prípad prstenca G, v ktorom sa nepodarilo nájsť nijaký pastiersky mesiačik, ale na rozdiel od jemných, difúznych prstencov ho okrem prachu a kryštálikov tvorí aj hrubá triešť z rozpadnutého mesiačika.

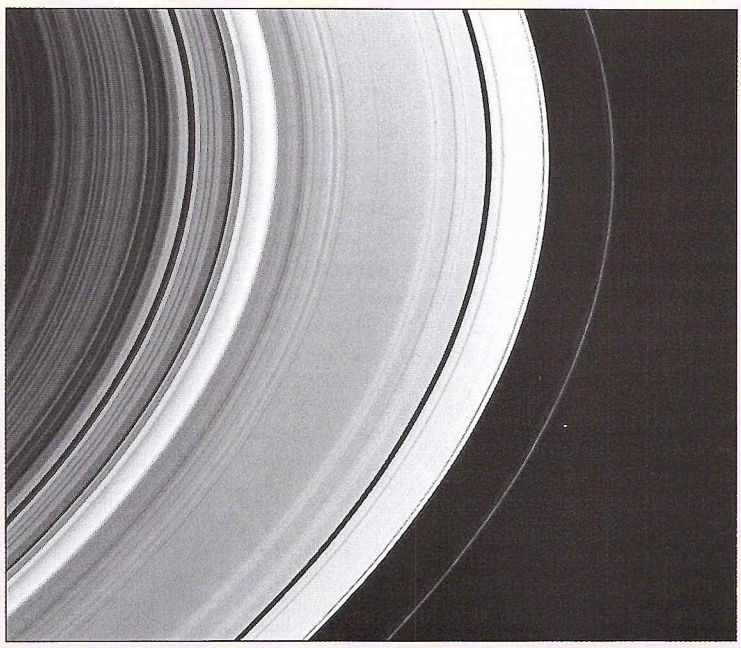
Snímka dokazuje neobyčajnú dynamiku a premenlivosť Saturnovych prstencov. Údaje z optického a infračerveného spektrometra na sonde zviditeľnili značné rozdiely vo sfarbení jednotlivých prstencov, čo svedčí nielen o rôznorodosti zloženia materiálu, ale aj o veľkosti mikroskopických častíc a triešte, ktoré ich tvoria. To platí nielen pre prstence v Cassiniho medzere, ale aj vo vonkajších prstencoch E

(ten vznikol z materiálu, ktorý vyvrhujú gejzíry okolo južného pólu mesiaca Enceladus) a G, či prstenca D, ktorý je najbližšie k Saturnu.

Planetológovia sú nadšení: „Vedeli sme, že nám Cassini dodá množstvo nových informácií, ale toto prekonalo všetky naše očakávania," vraví Phil Nicholson, člen tímu, ktorý vyhodnocuje údaje z oboch spektrometrov. „Najviac nás prekvapila rôznorodosť prstencov, pričom najväčším prekvapením je fakt, že v ani jednom prípade sme neidentifikovali typické odtlačky vodného ľadu. Je takmer isté, že v prstencoch prevládajú iné materiály."

Unikátna snímka vznikla kombináciou 165 záberov, ktoré sonda exponovala v priebehu troch hodín. Farebné rozdiely vznikli kombináciou ultrafialových, infračervených a optických, nefiltrovaných snímok. Tak sa podarilo vytvoriť snímku, ktorá má skutočnú, prirodzenú farbu.

Sonda exponovala zábery zo vzdialenosti 2,2 milióna kilometrov od Saturna, z uhla 15° nad rovinou prstenca.



Pastiersky mesiačik Pandora krúži okolo Saturna na vonkajšej strane tenkého a riedkeho sprstenca F. V prstenci rozoznáte niekoľko jemných zhustkov, spôsobených gravitáciou mesiačika. Pandora má v priemere 80 kilometrov. Cassini exponovala snímku zo vzdialenosti 680 000 km od Saturna.

Na Marse môžu žiť baktérie

Tvrdia to vedci zo Space Telescope Science Institute a University of Maryland Biotechnology Institute´s Center of Marin Technology (MBICMB), ktorí odolné baktérie, schopné prežiť na Marse, objavili na Zemi.

Ak sa ukáže, že na Marse vznikol, vyvíjal sa a udržal život, mohli by to byť iba mimoriadne odolné mikroorganizmy. Baktérie a sinice, prispôsobené drsným podmienkam: nízkej teplote, nízkemu tlaku a nedostatku vody.

International Journal of Astrobiology uverejnil správu, podľa ktorej zmiešaný tím astronómov a astrobiológov takéto baktérie objavil. Sú schopné rozmnožovať sa aj v teplotách pod bodom mrazu, vyvinuli si obranný mechanizmus, vďaka ktorým prežijú aj veľké výkyvy teploty.

Vedci skúmali limity teploty, v rámci ktorých je ešte život možný. V našej Slnečnej sústave i v našej Galaxii takýchto miest nie je veľa. Dospeli k záveru, že krajný limit pre udržanie a vývoj života predstavujú podmienky v podzemí dnešného Marsu. Podobné podmienky však existujú aj na ďalších telesách našej Slnečnej sústavy.

Vedci počas dvojročného výskumu otestovali limity najnižších teplôt pre dva typy baktérií: halofily a metanogény. Ide o baktérie, ktoré vedci zaraďujú do skupiny extremofilov, organizmov, ktoré dokážu prežiť v horúcich prameňoch, kyslých horninách, slaných jazerách i hlboko v ľadovcoch, tvoriacich polárne čiapočky.

Halofily, slanomilné baktérie žijúce v slaných jazerách (napríklad vo Veľkom slanom jazere v Utahu), majú taký obranný systém DNA, ktorý ich ochráni aj pred extrémne vysokými dávkami žiarenia. Metanogény sú schopné získavať energiu aj z takých jednoduchých zlúčenín ako oxidy vodíka a uhlíka, pričom vylučujú metán.

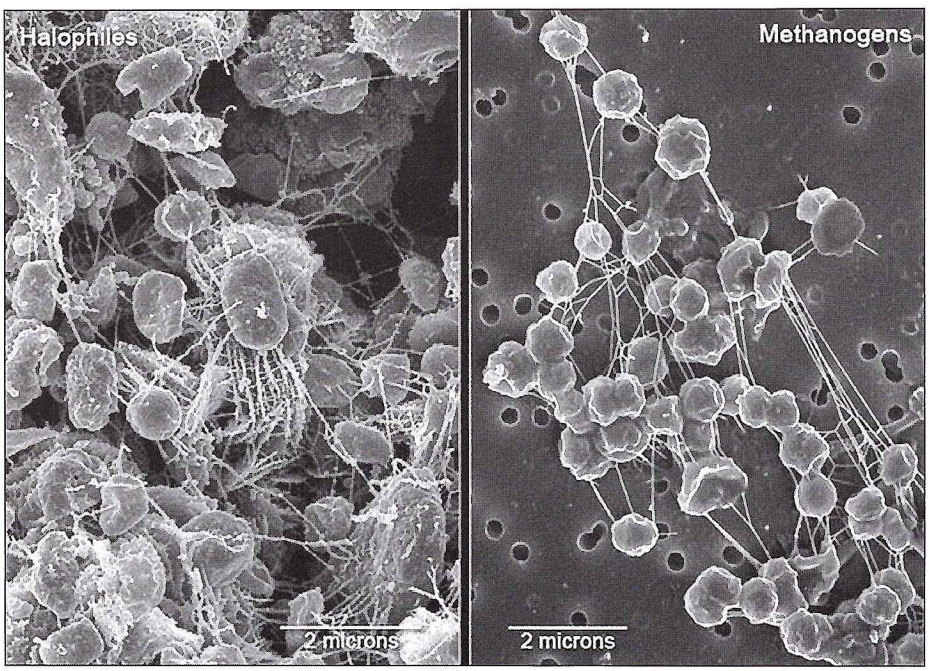
Vedci skúmali halofily a metanogény žijúce v jazerách Antarktídy. V laboratórnych podmienkach sa kultúry halofilov rozrastali aj pri teplote mínus 1 °C. Metanogény boli aktívne aj pri teplote o 1 °C nižšej. Biológovia počas pokusov v režimoch najrozličnejších teplôt získali dôkazy, že skúmané baktérie majú potenciál prispôsobiť sa ešte nižším teplotám. Ukázalo sa, že tieto baktérie dokážu operatívne meniť štruktúry svojich buniek podľa teploty okolia tak, aby nielen prežili, ale sa mohli aj rozmnožovať. Podobné vlastnosti majú aj baktérie z Arktídy.

Program výskumu odolnosti halofilov a metanogenov financuje NASA s prihliadnutím na budúce marťanské misie, ktoré sa zamerajú aj na hľadanie živých organizmov. Halofily dokážu prežiť v slaných horninách pod povrchom Marsu, kde sa zachovala voda aj pod hladinou bodu mrazu. Metanogény dokážu vegetovať aj prostredí bez kyslíka. Podľa mikrobiológov stopové množstvo metánu v astmosfére Marsu je produktom práve týchto baktérií.

Vedci chcú rozšíriť výskum aj na kmene ostatných baktérií zo skupiny extremofilov. Väčšina z týchto baktérií (Archea) sú evolučnými reliktami po prvých živých organizmoch na Zemi, ktoré vznikli pred 3,5 miliardami rokov. Tieto robustné, prispôsobivé a nesmierne odolné kmene sú schopné prežiť na mnohých telesách našej Slnečnej sústavy i na exoplanétach.

Marťanské podmienky, akokoľvek drsné, pripomínajú v mnohom najchladnejšie oblasti na Zemi. A práve kmene Archea sa ukázali byť najlepšími pozemskými etalónmi potenciálnych baktérií na iných telesách. Ich štúdium umožní planetológom a astrobiológom spresniť predstavy o parametroch „zelených zón" v iných svetoch, v oblastiach, kde mohol vyklíčiť a udržať sa život.

Maryland University Press Release



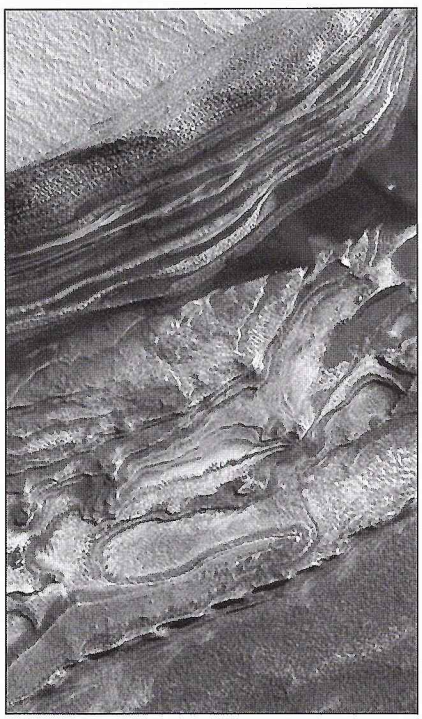
Kolónie odolných baktérií.

Nová éra výskumu marťanského povrchu

Sonda Mars Reconaissance Orbiter (MRO) otvorila novú éru marťanskej geografie a geológie. Svedčí o tom aj táto snímka bezmenného kráteru z druhej strany obálky. Vedcov zaujalo veľké množstvo výverov na stenách krátera. Najzaujímavejšie, doteraz nevídané sú najmä vývery s rovnými žľabmi bez vedľajších prítokov, pričom na upätí svahov pod nimi nie sú nijaké usadeniny vo forme kuželovitých morén či naplavenín. Väčšina žľabov nekončí ako obvykle dostratena, ale náhle, čím sa odlišujú od „normálnych" výverov v tomto kráteri, podobných tým, čo poznáme aj z iných lokalít. Pod normálnymi vývermi sú kľukaté žľaby s množstvom prítokov a pod nimi veľké ložiská usadenín.

Vedci sa domnievajú, že rôznorodé typy výverov formujú odlišné mechanizmy. Podľa doterajších teórií vznikajú presakovaním vody z rezervoárov na úrovni nepriepustných hornín, prípadne náhlym eruptívnym výverom, pričom teplá voda skôr ako sa vyparí a zamrzne, roztápa aj osuheľ a ľad, premiešaný z horninami na svahoch kaňonov a kráterov.

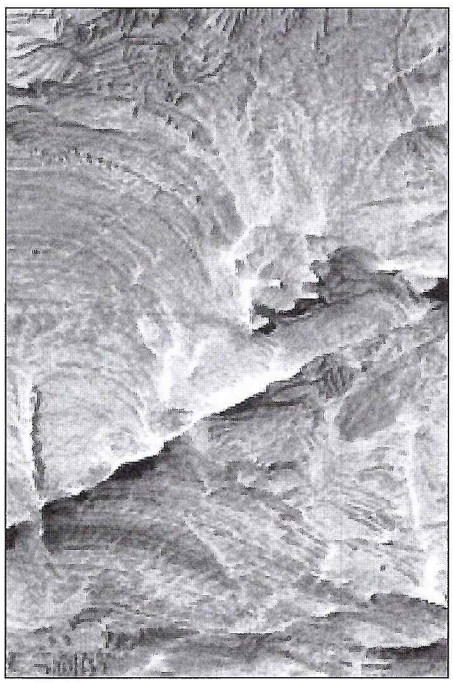
Kamera HIRISE na sonde MRO exponuje farebné stereosnímky marťanského povrchu z doteraz nebývalým rozlíšením.



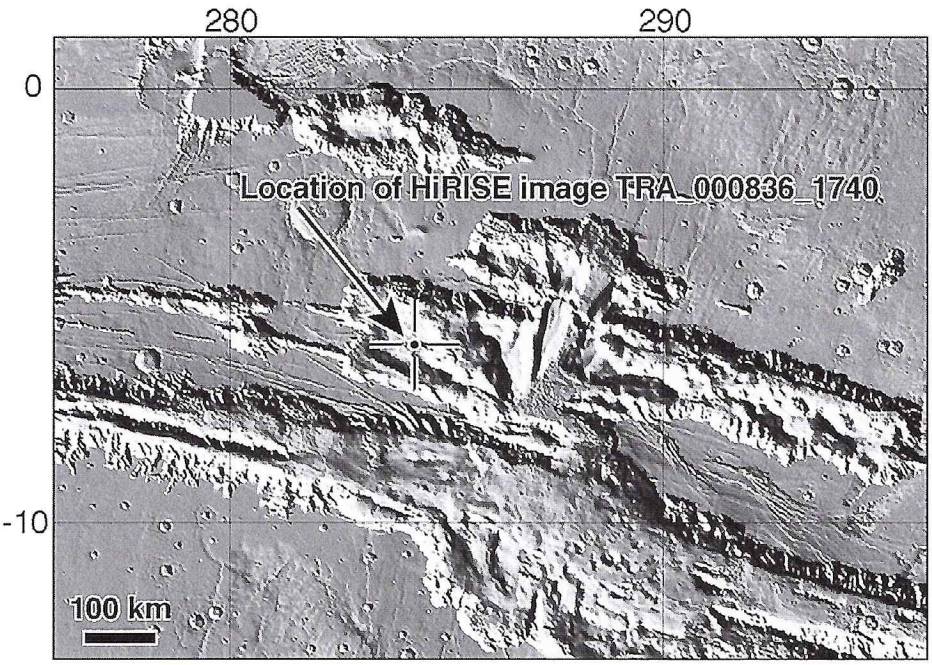
Svah kaňonu Chasma Boreale v oblasti marťanského severného pólu. Na snímke sú jasne rozlíšiteľné vrstvy ľadu s prímesami prachu (hore) od tmavších vrstiev pieskovca pod nimi. Miestami sa ľadové a pieskovcové vrstvy striedajú, čo umožní vedcom rekonštruovať zmeny klímy na Marse.

V podzemí Marsu tiekli rieky

Tvrdia to geológovia, ktorí analyzovali prvé snímky sondy Mars Reconaisance Orbiter (MRO). Na snímkach kamery, ktorá dokáže na povrchu rozlíšiť detaily s priemerom 1 metra, odhalili depozity minerálov, ktoré sa ukladali hlboko v podzemí, okolo hlboko zanorených trhlín i v jaskyniach, ktorými pretekala voda. Systém vytvorili vodné toky pretekajúce bludiskom tektonických trhlín. Do akej miery sa na vzniku podzemných systémov podieľali mechanické procesy (erózia stien skalami, ktoré unáša prúd) či chemické procesy (vo vode, najmä v kyslej, sa horniny rozpúšťajú), zatiaľ nevedno. Jedno je isté: podzemím Marsu pretekali rieky, ktoré vytvárali podzemné bludiská a systém zväčšujúcich sa tunelov, ktorých klenby sa na mnohých miestach zrútili. Po odplavení erodovaného materiálu sa obnažili ložiská minerálov.



Poloha zobraznej oblasti Condor Chasma.

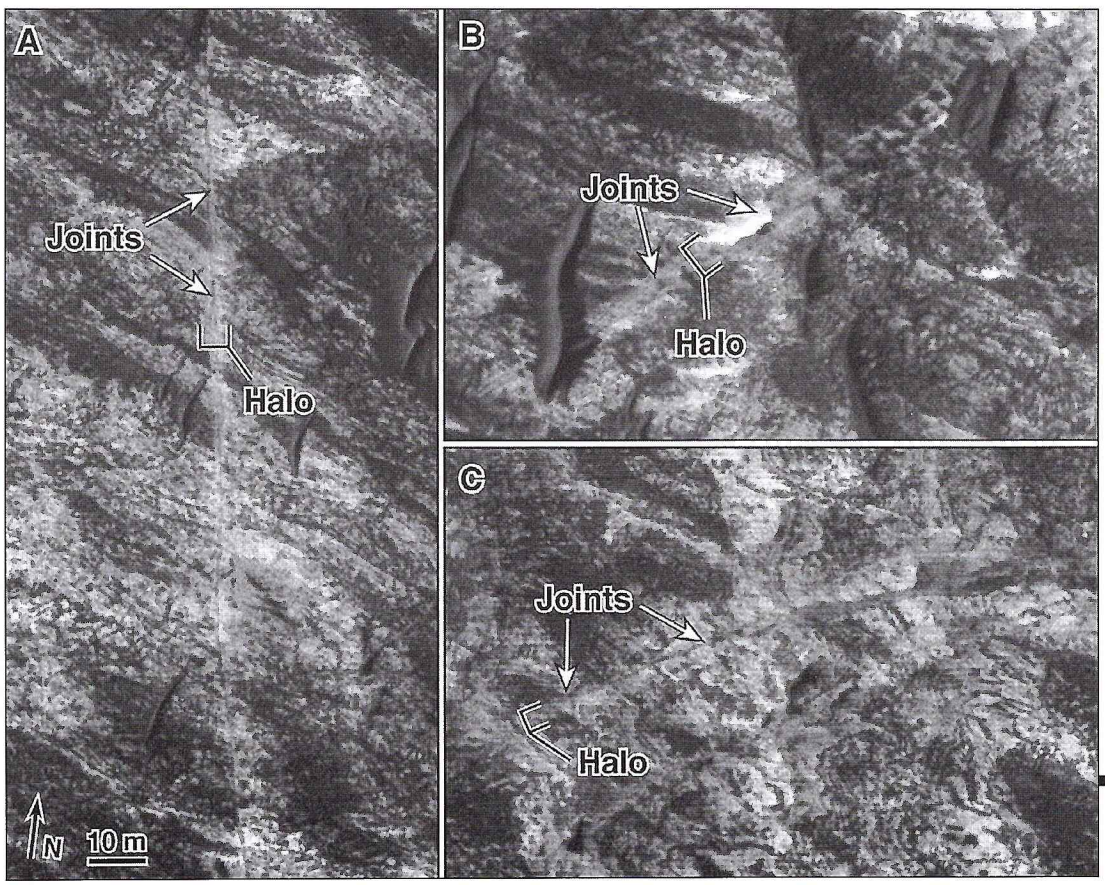


Šípka označuje lokalitu Condor Chasma v systéme kaňonov Vallis Marineris.

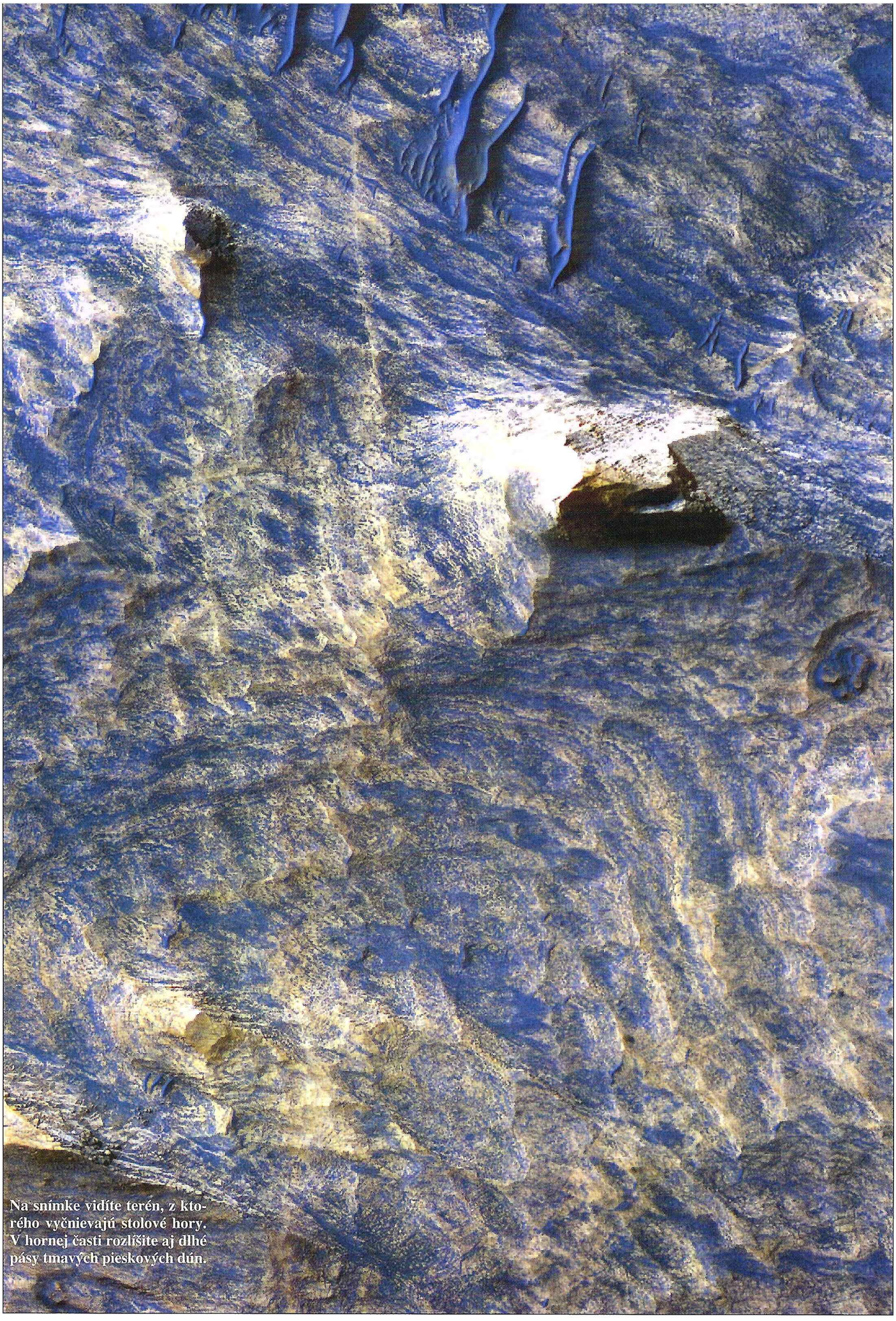
Geológov zaujalo, že trhliny a ich okolie na snímkach sú nápadne svetlé. Pripomenulo im to oblasti v Utahu, kde v mnohých tektonických trhlinách, ktoré rozkúskovali prarovinu, vytvorenú vrstvami tmavých pieskovcov, našli takéto svetlé zóny. Vedci veria, že podrobný prieskum podobných miest pomocou robotov objasní nielen chemické, ale možno aj biologické procesy v podzemí Marsu.

Vedci si všimli, že svetlé štruktúry sa zväčša vypínajú nad priľahlým terénom. Zdá sa, že minerály, ktoré sa v dávnych časoch ukladali, vytvorili tvrdšie horniny, ktoré následnej vodnej erózii, už po zrútení klenieb, odolávali. Minerály boli pôvodne rozpustené vo vode, ktorá podzemím pretekala, ale nevylučuje sa ani možnosť, že boli súčasťou zmesi najrozličnejších plynov s vodnou parou.

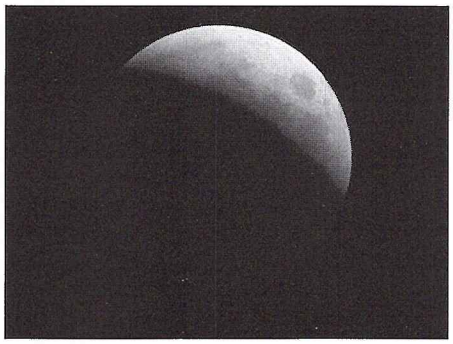
Už snímky z prvej zásielky sondy MRO sa budú vyhodnocovať celé mesiace. Mimoriadne rozlíšenie umožní vedcom rekonštruovať geologické procesy na Marse oveľa podrobnejšie.



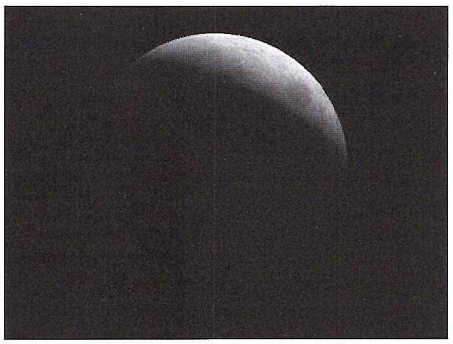
Na triptychu snímok vidíte, že terén križujú tmavé i svetlejšie línie. Tie tmavé sú tektonické trhliny (joints) rozšírené eróziou, tie svetlé vedci považujú za ložiská minerálov (halo), ktoré sa usadzovali na brehoch podzemných tokov v čase, keď pod prarovinou (z ktorej ostalo iba niekoľko svedeckých, stolových hôr) prúdili vodné toky.



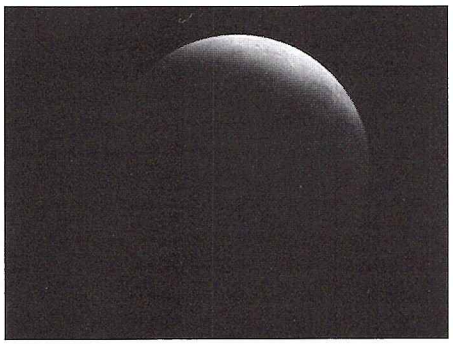
Na snímke vidíte terén, z ktorého vyčnievajú stolové hory. V hornej časti rozlíšite aj dlhé pásy tmavých pieskových dún.



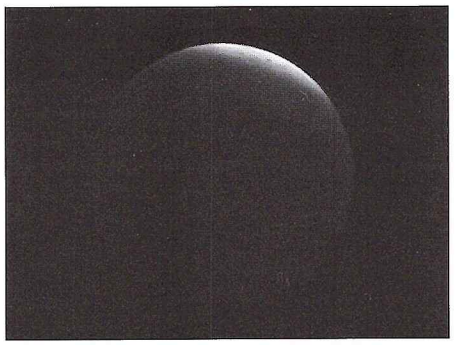
Expozícia 1/45 s.



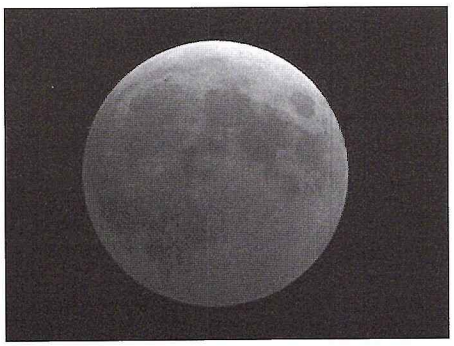
Expozícia 1/125 s.



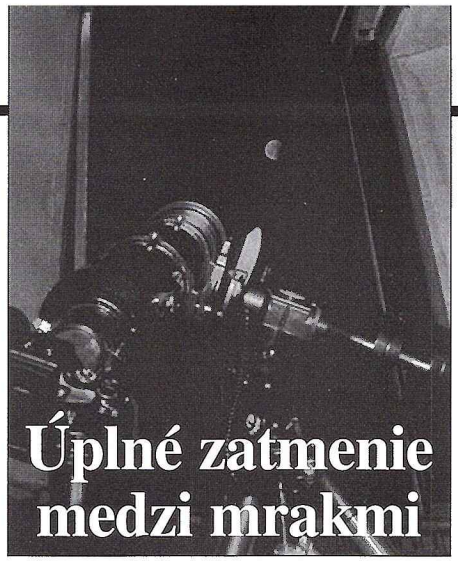
Expozícia 1/15 s.



Expozícia 1/30 s.



Expozícia 10 s.



Úplné zatmenie medzi mrakmi

LE+Celestron – Olympus 740UZ, 200 ASA, exp. 2 s. Foto: P. Rapavý, Celestron 150/1200, Olympus E500, 200 ASA

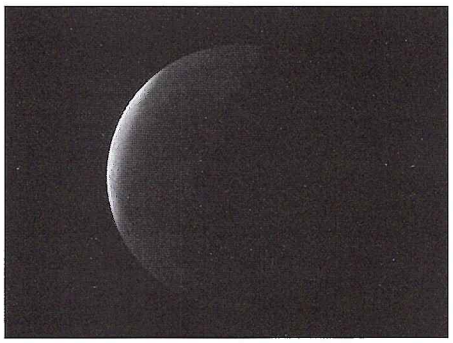
Predpoveď počasia na noc z 3. na 4. marca bola priam katastrofálna, no optimizmus velil neostať v teple domova...

Čiastočné zatmenie začalo a my sme podchvíľou smutne chodili pred rimavskosobotskú hvezdáreň a hľadeli na bezútešnú oblohu. Nízka oblačnosť však pomaly, ale isto, ustupovala a cez tú vysokú začal vykúkať dopoly zatmený Mesiac. Pozorovatelia sa bleskovo rozpŕchli k svojim prístrojom a verili v ďalšie zlepšovanie. Pripraveným optimistom šťastena teda priala. S pribúdajúcou fázou zatmenia bolo v dierach medzi mrakmi vidieť čoraz viac hviezd. Úplná fáza zatmenia bola dostatočne dlhá, nádherne farebná a tak veľmi premenlivé podmienky až tak veľmi neznervózňovali, bol dostatok času na skúšanie rôznych expozícií. Zoslabenie Mesiaca oblačnosťou počas výstupu z tieňa dokonca umožnilo urobiť niekoľko netradičných fotografií a tak sa potvrdilo, že aj to zlé je niekedy na niečo dobré...

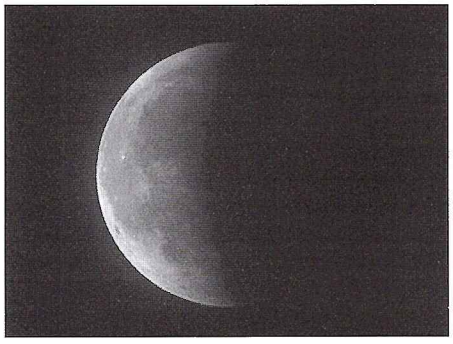
Pavol Rapavý

Foto: Peter Zbončák, Coudá refraktor 150/2250, Canon EOS 5D, 200 ASA

Expozícia 8 s.



Expozícia 1/2 s.



Expozícia 1/125 s.

Expozícia 1/30 s.

Expozícia 1/750 s.

Foto: P. Rapavý, Celestron 150/1200, Olympus E500, 200 ASA

Zákryt Saturna Mesiacom 2. marca 2007

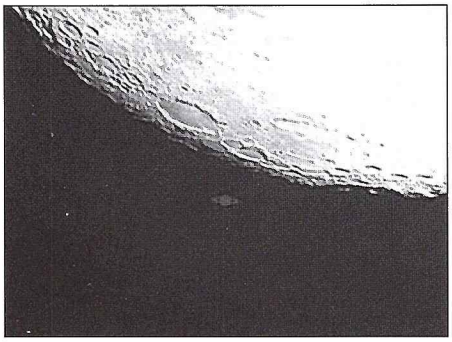
Napriek tomu, že zákryty planét Mesiacom nemajú z odborného hľadiska takmer žiadny význam, patria medzi úkazy, ktoré si nenechá ujsť žiadny astronóm amatér. Pohľad ďalekohľadom na pomaly miznúcu planétu je priam fascinujúci.

Ako to už býva, počasie sa s pozorovateľmi zahrávalo a takmer celý deň i večer pršalo. Do hvezdárne sa dá však ísť aj pod dáždnikom či v pršipláši...

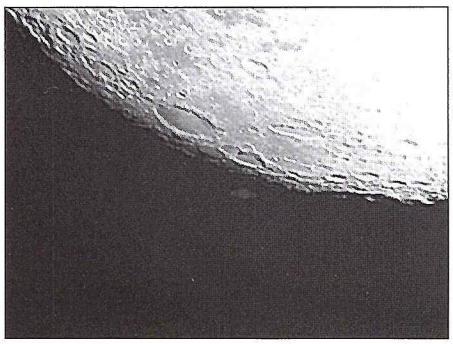
Necelú hodinku pred zákrytom však už bolo vidieť Mesiac, neskôr aj Saturn. V čase „T" síce prekážala premenlivá vysoká oblačnosť, no zákryt pozorovateľný bol. Ak by zákryt nastal o štvrťhodinku neskôr, bol by na perfektne vyčistenom kúsku oblohy. Výstup Saturna spoza osvetlenej časti Mesiaca už bol zase za hustnúcou oblačnosťou a tak na snímkach je len čosi ako jeho duch.

Snímky (UT) zo zákrytu sú exponované v ohnisku refraktora 160/2450 CCD kamerou SHT časom 0,04 s. Pozorovacie podmienky sa podpísali aj o pomerne drsný spôsob spracovania obrázkov...

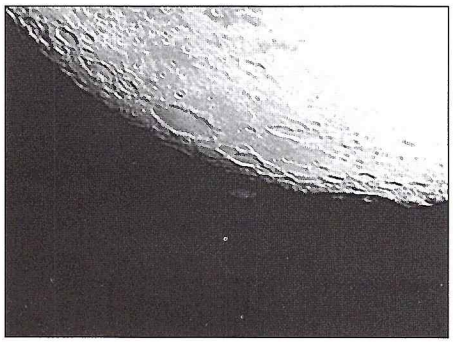
Pavol Rapavý



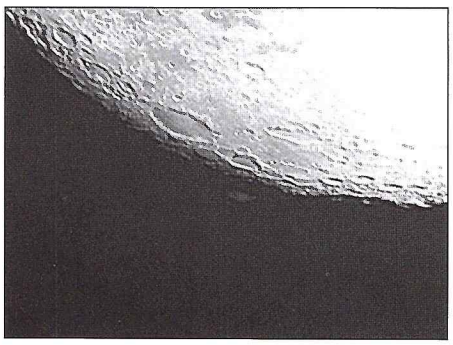
$02^h36^m11^s$



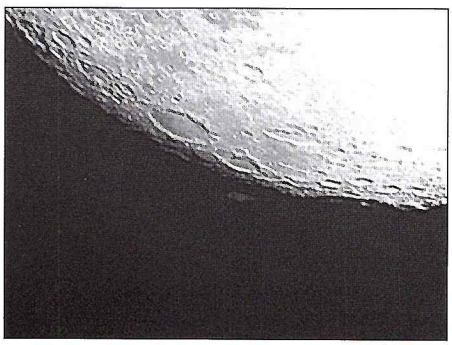
$02^h37^m30^s$



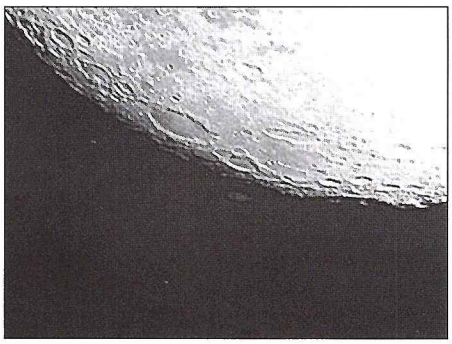
$02^h37^m36^s$



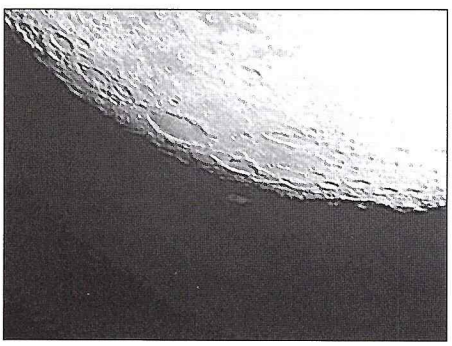
$02^h37^m40^s$



$02^h37^m42^s$

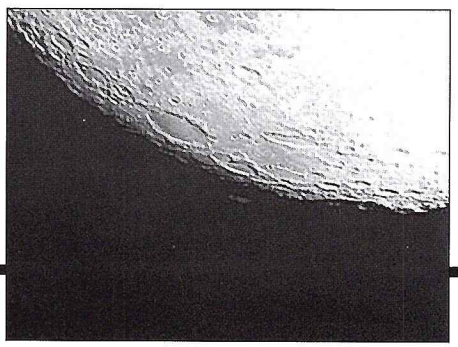


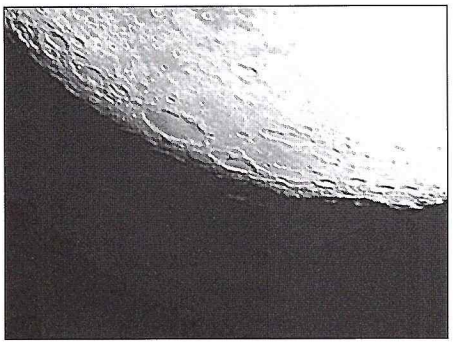
$02^h37^m44^s$



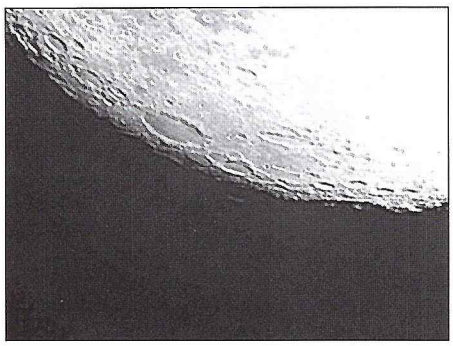
$02^h37^m47^s$

$02^h37^m53^s$

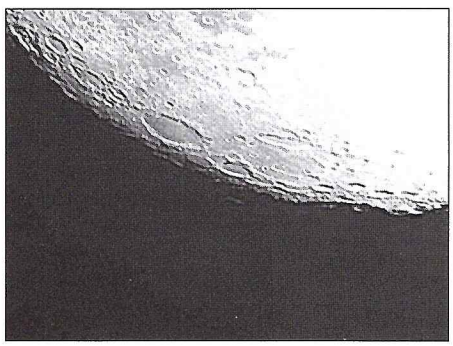




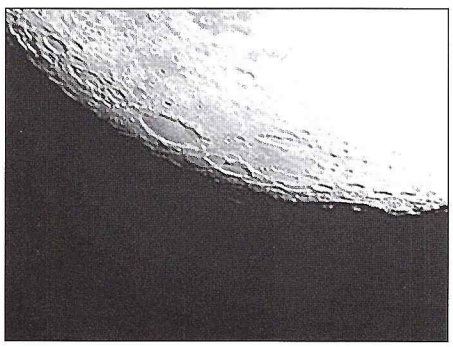
$02^h37^m56^s$



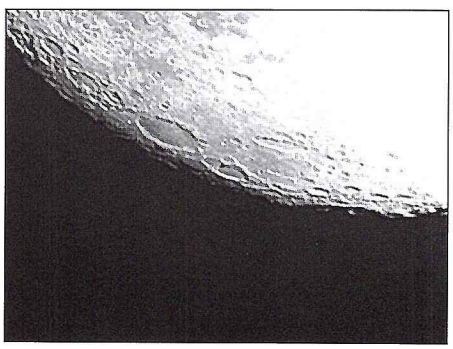
$02^h38^m02^s$



$02^h38^m04^s$



$02^h38^m06^s$



$02^h38^m10^s$

Medzinárodný heliofyzikálny rok 2007

Medzinárodný heliofyzikálny rok 2007 je medzinárodný program globálneho výskumu, ktorý smeruje k pochopeniu príčin zmien parametrov vesmírneho okolia a klímy, sledujúc tradíciu predchádzajúcich medzinárodných podujatí.

Medzinárodný výskum v roku 1957 bol organizovaný ako *Medzinárodný geofyzikálny rok* (IGY – International Geophysical Year) a bol zameraný na globálne procesy na Zemi a v okolitom kozmickom priestore. Na programe IGY sa zúčastnilo okolo 60 000 vedcov zo 66 krajín, ktorí pracovali na tisícoch staníc od pólu k pólu. Nič podobné sa predtým neuskutočnilo.

Na rok 2007 pripadá práve 50. výročie IGY a rovnakým spôsobom sa organizuje medzinárodný program spolupráce avšak so zameraním nielen na Zem, ale s rozšírením na celú héliosféru, včítane Slnka, aby tak boli podchytené aj pravdepodobné príčiny prebiehajúcich procesov a na tento účel bola využitá celá flotila kozmických sond a početné pozemské meracie stanice. Tento program má názov *Medzinárodný heliofyzikálny rok* (IHY – International Heliophysical Year).

IHY nasleduje tradičnú medzinárodnú spoluprácu vo vedeckom výskume, ktorá má svoj počiatok v 19. storočí, s podobnými vedeckými cieľmi a motiváciou. Po prvom *Medzinárodnom polárnom roku* (1882 – 83) zameranom na prieskum polárnych oblastí, bol druhý v rokoch 1932 – 33 zameraný aj na geofyziku a vedy o atmosfére. Nasledujúci IGY (1957 – 1958) mal nesmierny dosah na všetky spomínané vedné oblasti a z jeho dedičstva žijeme dodnes. Počas IGY sa formovali svetové centrá dát (WDC – A, Boulder, USA; – B, Moskva; – C, Tokio) a zrodil sa COSPAR (organizácia koordinovaného prieskumu kozmu). Aj keď spomenieme iba tieto dve veci ich dosah je nevyčísliteľný. Koordinovaná vedecká spolupráca a prístup k dátam.

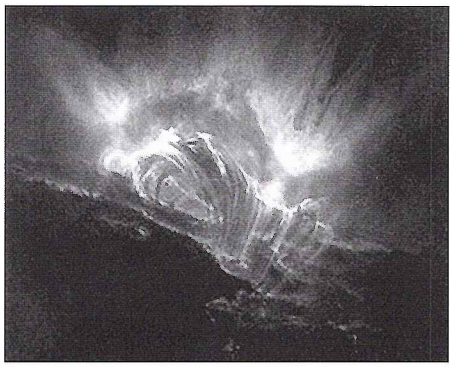
Z histórie organizovania medzinárodných pozorovacích kampaní

Prvý medzinárodný polárny rok (IPY) navrhol organizovať rakúsko-uhorský námorný poručík Carl Weyprecht. Ten sa práve vrátil z polárnej výpravy na jednej z námorných lodí a v januári 1875 predniesol vo viedenskej Akadémii vied návrh zorganizovať medzinárodnú spoluprácu na to, aby sa dali získať súčasné pozorovania v dostatočne dlhom období na celom dostupnom území Arktídy.

V nasledujúcich rokoch bola táto koncepcia rozpracovaná a v októbri 1879 sa uskutočnila prvá *Medzinárodná polárna konferencia* v Hamburgu. Na nej sa dohodlo, že je potrebné zriadiť najmenej 8 arktických pozorovacích staníc, ktoré budú pozorovať aspoň rok. Bola tam tiež zriadená *Polárna komisia,* v ktorej pracovali vedci z Rakúsko-Uhorska, Dánska, Francúzska, Nemecka, Holandska, Nórska, Ruska a Švédska. Neskôr aj z Taliánska a z USA.

Prvý *Medzinárodný polárny rok* začal 1. augusta 1882 a trval 13 mesiacov, do 1. septembra 1883. Vedecké výsledky a namerané údaje boli publikované v *Bulletin of the International Polar Commission.* V rokoch 1884 a 1891 boli usporiadané 4. a 5. *Polárna konferencia.* Weypert sa však už nedožil kulminácie svojho úspešného projektu. Zomrel 29. marca 1881.

V roku 1927 navrhol Dr. Georgi z *Námorného úradu* v Hamburgu usporiadať druhý IPY na 50. výročie prvého. Jeho program bol rozšírený o meteorológiu, zemský magnetizmus, atmosférickú elektrinu, polárne žiary a aerológiu. Trval od 1. augusta 1932 do 1. septembra 1933. Počas neho bola zavedená koncepcia *Svetových dní,* ktorá pretrváva do dnešných dní. Vo vybraných dňoch sa vykonávalo súčasne čo najviac pozorovaní. Počas tejto periódy bola úspešne využívaná rozvíjajúca sa rádiokomunikácia.



21. apríla 2002 exponovala sonda TRACE nad okrajom slnečného disku energetické vzplanutie s teplotami 1,5 až 10 miliónov stupňov Celzia. Svetlé pruhy fotosféry pripomínajúce požiar prérie i tmavé, pozakrúcané slučky a oblúky chladnúceho plynu padajúceho naspäť na chromosféru sú najviditeľnejšími prejavmi úkazu, ktorý sa do takýchto detailov podarí exponovať iba zriedkavo.

V roku 1950 bolo navrhnuté zmiešanou komisiou, sformovanou pri *Medzinárodnej rade vedeckých spoločností* (ICSU) usporiadať *Medzinárodný geofyzikálny rok* (IGY) na 25. výročie 2. IPY, v roku 1957. Počas neho boli okrem *Svetových dní* organizované aj špeciálne *Svetové intervaly,* vyhlásené v období mimoriadne aktívneho Slnka. V týchto obdobiach boli vypúšťané aj výškové rakety pre výskum horných vrstiev atmosféry a ionosféry. Namerané dáta boli zhromažďované v troch centrách a sú k dispozícii pre vedcov celého sveta. (Dnes prostredníctvom internetu).

Nakoniec treba ešte spomenúť, že v roku 1964 bol organizovaný *Medzinárodný rok pokojného Slnka* (IQSY), ktorý bol obmedzenejšieho rozsahu a týkal sa hlavne výskumu Slnka. Jeho základnou ídeou, ktorá platí dodnes je názor, že ľahšie sa dá rozlíšiť následnosť jednotlivých prejavov slnečnej aktivity počas obdobia minima cyklu.

Koncepcia a ciele IHY

Snaha po pokračovaní bola hlavným dôvodom, že sa v roku 2001 zrodila myšlienka organizovať IHY. Nemá to byť iba obyčajná oslava 50. výročia IGY, ale pokračovanie v činnosti, ktorá je užitočná pre vedeckú komunitu aj pre celé ľudstvo. Bude to aj ďalší logický krok v rozšírení výskumu. Okrem geofyziky bude tento zameraný na celú heliosféru, včítane Slnka v ktorom vidíme zdroj všetkých geofyzikálnych variácií. IHY treba chápať ako snahu po koordinovaných operáciách hlavne počas pozorovacích kampaní, ktoré aj v minulosti priniesli veľa nových poznatkov. Využijú sa pritom dáta zo vzdialených kozmických sond, z umelých družíc Zeme, ako aj z pozemských observatórií.

Za základné ciele IHY sa považuje:
- **pochopiť príčiny procesov, ktoré pôsobia na okolozemský priestor a pozemskú klímu;**
- **uskutočniť globálny prieskum heliosféry až po heliopauzu;**
- **naďalej zdokonaľovať medzinárodnú kooperáciu v kozmických vedách;**
- **prenášať výsledky IHY do verejnosti.**

Možno sa pýtať prečo organizovať tento program teraz, v roku 2007? Tak najprv si treba uvedomiť, že máme celú armádu buď existujúcich alebo plánovaných kozmických observatórií ktoré skúmajú alebo budú skúmať čo najkomplexnejšie vzťahy v slnečnej sústave. Sú to SOHO, HINODE, STEREO, TRACE, RHESI, CLUSTER, ACE, IMAGE a možno aj ULYSSES a POLAR. Takéto množstvo sond sme ešte nikdy nemali k dispozícii. A k tomu máme veľké množstvo pozemských meraní, ako sú napríklad radarová sieť EISCAT, ionosférické sondy, slnečné optické a rádiové observatóriá, ďalej sieť geomagnetických meraní. Pritom si treba uvedomiť, že koordinácia a výmená dát je pri súčasnej úrovni elektronických komunikácií rýchla a lacná. Navrhované programy pochádzajú z rôznych krajín a určite budú prínosom pre všetky spomínané vedy. Dá sa povedať, že dozrel čas pre organizovanie IHY.

Nepočíta sa s vypúšťaním nových družíc špeciálne pre IHY, ale bude sa presadzovať snaha pomocou koordinácie zvýšiť využitie existujúcich. Pritom sa využijú aj súčasné možnosti výpočtovej techniky a dostupnosti dát.

IHY je koordinovaný medzinárodným komitétom, ktorému predsedá J. Davila z NASA (Goddard Space Flight Center, USA). Komitét vo svojich aktivitách chce hlavne zdôrazniť, že IHY nie je žiadny zvláštny, preferovaný program, že sa nebudú organizovať nepotrebné panelové diskusie, výbory, pracovné skupiny a konferencie. Ide hlavne o mnohonárodné koordinované pozorovania a zľahčenie medzinárodnej spolupráce hlavne pri interdisciplinárnych programoch.

Koncepcia a aktivity IHY sú detailne opísané na webovej stránke http://ihy2007.org.

Oficiálna európska stránka má adresu *http://www.lesia.obspm.fr/IHY.*

Program IHY podporujú mnohé medzinárodné organizácie, ako COSPAR, AGU, IAU, NASA, IUGG a SCOSTEP. Má tiež podporu úradu OSN pre kozmické záležitosti *(pozri http://www.oosa.unvienna.org).*

Synoptický program IHY

Jeden z cieľov IHY je zaistiť koordinované synoptické pozorovania heliosféry od Slnka po heliopauzu. Výsledné dáta musia byť dostupné pre každého. Je veľa pozemských a kozmických systémov, ktoré pracujú v synoptickom režime, ako napr. koronografy alebo UV-zobrazovače na družiciach SOHO a STEREO. Tieto prístroje pracovali, a budú pracovať aj bez IHY. Avšak snahou organizátorov IHY je permanentne a bez prerušení zostavovať z týchto meraní Carringtonové mapy Slnka v širokom rozsahu (spektrálnych) teplôt a uverejňovať ich na jednej webovej adrese a tak zjednodušiť prístup k nameraným dátam.

Koordinátori oznamujú všetkým záujemcom:

Máme v úmysle:

- **umožniť prístup k prístrojom a/alebo k dátam;**
- **podporovať a koordinovať synoptické heliosférické projekty;**
- **usporiadať porady na podporu spolupráce;**
- **pôsobiť ako centrum pre šírenie informácií, operatívneho plánovania, publikovania, atď.**

Pre sprostredkovanie lepšieho prístupu k dátam z rôznych projektov sa možno obrátiť na týchto koordinátorov:

R. Harrison pre prístroje SOHO, Solar-B, STEREO;

J. Davies – Cluster, EISCAT;

B. Forsyth – Ulysses, Cluster, Cassini;

A. Breen - IPS (EISCAT/Jodrell), SOHO;

S rôznymi nápadmi možno kontaktovať autorov projektu na ich web stránkach:

Prof. Richard Harrison, Head of Space Science Division, Rutherford Appleton Laboratory;

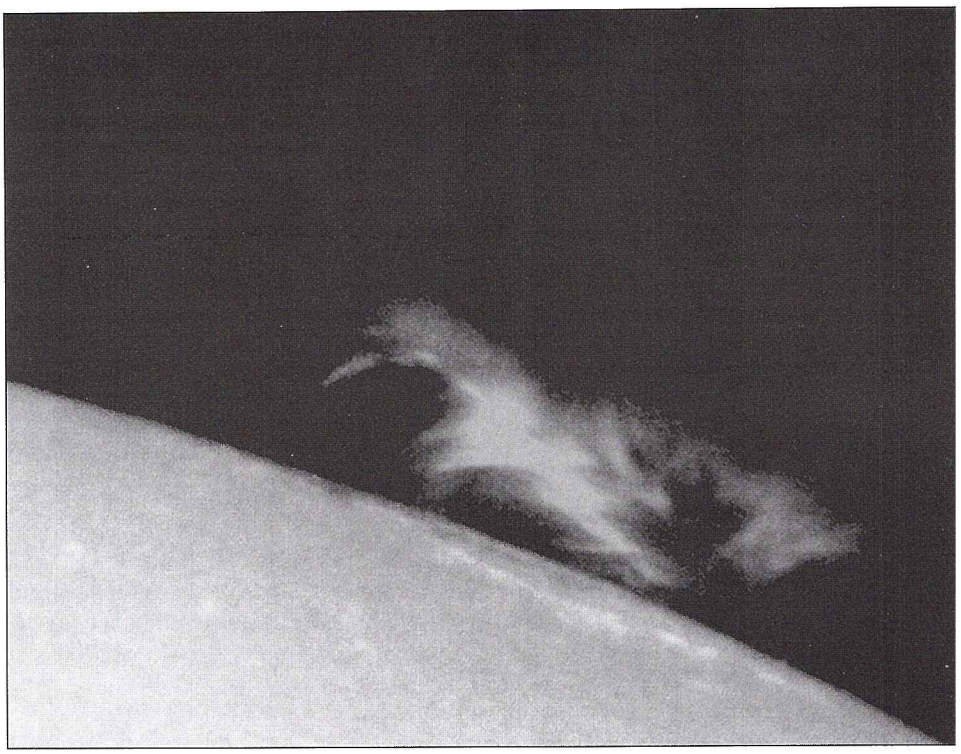
Dr. Andy Breen, Institute of Mathematical and Physical Sciences, University of Wales Aberystwyth;

Dr. Barbara Bromage, Centre for Astrophysics, University of Central Lancashire;

Dr. Joe Davila, IHY Chairman, NASA Goddard Space Flight Center, Maryland, USA

A čo u nás?

Na INTERNETE som našiel zprávu, že bol založený výbor a určité aktivity sľubuje iba Ústav experimentálnej fyziky. Je to presne v intenciách proti myšlienke IHY, ktorá je opísaná vyššie. Okrem dvoch sú vo výbore zastúpené osoby, ktorí sú zvyknutí pracovať zväčša iba „virtuálne". (Ako sa vlastne takýto výbor vytvorí?)



Najenergetickejšie röntgenové vzplanutie aké sa kedy na Slnku pozorovalo zaznamenala 28. októbra 2003 sonda TRACE. Takéto vzplanutia generujú v slnečnej astmosfére elektrické prúdy. Materiál nad limbom vyžarujúci ultrafialové žiarenie má teplotu 15 až 20 miliónov stupňov Celzia.

Okrem zakladania výborov, sa SAV nikdy vlastne nedokázala povzniesť nad myšlienku práce každého ústavu „na vlastnom piesočku". V minulosti (za tzv. totality) sme sa tento postoj pokúsili obísť založením „Komplexnej racionalizačnej brigády", v ktorej sme sa pokúsili robiť interdisciplinárny výskum v bývalom Československu, pričom účastníkami zo Slovenska boli pracovníci Astronomického a Geofyzikálneho ústavu SAV. Išlo hlavne o *Vzťahy Slnko – Zem.* (Medzi rokmi 1985 – 1989 sme vydali 3 diely príručky *„Faktor slnečnej a geomagnetickej aktivity v životnom prostredí"*, kde sú opísané výskumné problémy v tomto obore aj možné postupy pre ich riešenie). Pre byrokratické prekážky sa však tieto programy nikdy nedostali na oficiálnu úroveň výskumných plánov. Spoločné projekty rôznych ústavov by sa údajne komplikovane financovali a aj preto sa riaditelia neprajným okom pozerali na túto činnosť.

Za nestora medzinárodných výskumov u nás možno pokladať profesora Karlovej univerzity Františka Běhounka, ktorý sa zaoberal atmosferickou elektrinou a kozmickým žiarením a v dvadsiatych rokoch minulého storočia sa zúčastnil polárnych výprav Amundsena a Nobileho.

Počas IGY (1957 – 58) bola na Lomnickom štíte založena stanica merania netrónovej zložky kozmického žiarenia (prof. Dubinský, Dr. Chaloupka). Neskôr bol program rozšírený o meranie na mezónovom teleskope. Neutrónový monitor na Lomnickom štíte pracuje dodnes a merania sa neustále modernizujú, paralelne s rozvojom techniky.

V rámci príprav na IQSY (1964 – 65) bola na popud Dr. Gutha na Lomnickom štíte vybudovaná výskumná stanica SAV a Astronomický ústav tam zriadil koronálne observatórium, ktoré od tých čias štandartne pozoruje protuberancie a emisné čiary koróny a výsledky rôznou formou poskytuje medzinárodnej vedeckej komunite. Od svojho založenia bolo observatórium účastníkom mnohých medzinárodných kampaní. Pokračovanie v týchto aktivitách počas IHY by bolo určite dobrým príspevkom aj pre tento projekt.

Podľa môjho názoru najdôležitejšou otázkou súčasnosti je otázka klimatických zmien. Stále nie je jasné, čo je ich príčinou a či sú periodické alebo sekulárne. V tejto oblasti je veľký priestor na zapojenie sa do programu IHY. Nesmierne množstvo dát z rôznych oblastí očakáva v internetových archívoch na inventívnych výskumníkov, ktorí sa pokúsia interdisciplinárne problémy riešiť. Treba to „iba" vedieť mať čas, chuť a prostriedky na prácu.

Veľmi zaujímavé z tejto oblasti boli práce Dr. Buchu, ktorý sa zaoberal možnosťou vplyvu geomagnetických búrok na atmosferickú cirkuláciu. Dnes sa veľa hovorí o možnom vplyve variácií úrovne kozmického žiarenia na globálnu aj na lokálnu úroveň oblačnosti, čo môže mať vplyv na zmeny klímy. Treba však poznať dlhodobé trendy zmien slnečnej aktivity a v tom vidím najväčší problém. Moderných meraní (väčšinou z automatických meracích zariadení na družiciach) je obrovské množstvo, avšak pri dlhodobom prieskume zmien sa môžeme zväčša opierať iba o nepriame súvislosti. V tejto oblasti bude každý pokus veľmi vítaný.

Podľa zahraničných prameňov spracoval
Milan Rybanský

ANNA PRIBULLOVÁ

Kyslík, ktorý robí problémy

Diery v ozónosfére

3. časť

Úbytok ozónu v hornej stratosfére

Riziko narušenia stratosférickej ozónosféry produkciou niektorých chemických látok bolo diskutované asi 10 rokov predtým, než bolo skutočne pozorované. Výskum chemizmu ozónu v stratosfére sa dostal do popredia po tom, ako sa začiatkom 70-tych rokov uvažovalo s rozšírením nadzvukovej leteckej dopravy s trasami letov siahajúcimi do spodnej stratosféry. V roku 1970 P. Crutzen opísal katalytické reakcie medzi ozónom a niektorými zlúčeninami dusíka, ktoré by mohli viesť k rýchlemu poškodeniu ozónosféry.

Tzv. halogénové uhľovodíky (CFC – uhľovodíky, v ktorých je jeden alebo viac atómov vodíka nahradených atómom halového prvku, napr. chlórom, brómom, alebo fluórom) sa kvôli svojej stabilite, netoxicite, nehorľavosti a ďalším výhodným vlastnostiam stali populárnymi v mnohých priemyselných oblastiach už od 30-tych rokov. Veľmi často sa tieto látky používali ako chladiace médium, alebo pohon do sprayov. Do 70-tych rokov nebol známy žiadny negatívny účinok týchto látok na človeka alebo iné živé organizmy. V roku 1974 M. Molina a F. Rowland publikovali prácu, v ktorej označili práve CFC zlúčeniny za potencionálne nebezpečenstvo pre zemskú ozónosféru. Prečo sú pre stratosférický ozón nebezpečné práve tieto látky?

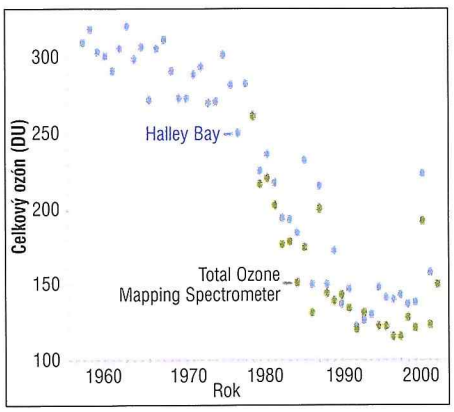
Hlavnou príčinou je ich už spomínaná stabilita. Kým anorganické zlúčeniny halových prvkov (napr. HCl) reagujú s inými súčasťami vzduchu už v troposfére, CFC[7] zlúčeniny v troposfére nereagujú so žiadnou zložkou vzduchu a neporušené sa v procesoch, ktoré už boli spomenuté, dostávajú do stratosféry. Tu na ne dopadá dostatok takého slnečného UV žiarenia, ktoré ich môže rozložiť na chemické látky (označované ako aktívne), ktoré môžu vstupovať do katalytických reakcií vedúcich k rozkladu molekúl ozónu. Treba zdôrazniť, že tieto katalytické reakcie prebiehajú v plynnom skupenstve. Už Molina a Rowland odhadli, že jedna molekula tzv. aktívneho chlóru môže „rozbiť" až stotisíc molekúl ozónu. Predmetom mnohých vedeckých diskusií sa stala otázka, aký je podiel prirodzených a ľudských zdrojov aktívnych zlúčenín halových prvkov podieľajúcich sa na rozklade ozónu. Chemické a cirkulačné modely jednoznačne ukázali, že podiel prirodzených zdrojov týchto látok je zanedbateľný v porovnaní so zdrojmi CFC zlúčenín pochádzajúcich z ľudskej činnosti. Aj analýza vzoriek vzduchu z ľadovcov ukázala, že v minulosti siahajúcej ďaleko do preindustriálneho obdobia sa vo vzduchu vo väčšom množstve nenachádzali prirodzené zdroje aktívneho chlóru, čo poukazuje na antropogénny pôvod CFC zlúčenín. P. Crutzen sa ako jeden z prvých pokúsil vytvoriť chemický model stratosférického ozónu, podľa ktorého mala byť maximálna koncentrácia tzv. aktívneho chlóru pozorovaná v hladine s výškou cca 40 km a v tejto hladine, teda v hornej stratosfére, Crutzen predpovedal aj najväčší úbytok stratosférického ozónu. Merania v nasledujúcich desaťročiach jeho predpoklady potvrdili. Medzi reakcie vedúce k úbytku ozónu sa v hornej stratosfére sa radia hlavne také chemické cykly, pri ktorých zaniká atómový kyslík, čo nepriamo spôsobuje pokles koncentrácie ozónu.

Začiatkom 80-tych rokov sa pomocou satelitných meraní (spresnením informácií o Brewerovsko-Dobsonovskej cirkulácii) usúdilo, že v trópoch by sa nemal pozorovať výrazný úbytok stratosférického ozónu a smerom k vyšším zemepisným šírkam by pôsobením aktívneho chlóru mal byť úbytok stratosférického ozónu väčší. Satelitné merania potvrdili predpokladaný úbytok ozónu v hornej stratosfére (v hladine s výškou okolo 40 km sa trend úbytku celkového ozónu koncom 90-tych rokov približoval hodnote –7,5 % za 10 rokov) aj jeho zmeny so zemepisnou šírkou, ktoré sa dali dobre vysvetliť chemickými reakciami medzi ozónom a aktívnymi zlúčeninami halových prvkov. Čo však tieto reakcie nedokázali vysvetliť, bola vysoká koncentrácia tzv. aktívneho chlóru v spodnej stratosfére Antarktídy a neskôr aj výskyt extrémnych úbytkov ozónu pozorovaných v tejto oblasti po skončení polárnej noci, ktoré sa najviac prejavovali nie v hornej, ale v spodnej stratosfére. P. Crutzen, M. Molina a F. Rowland dostali v roku 1995 Nobelovu cenu za chémiu.

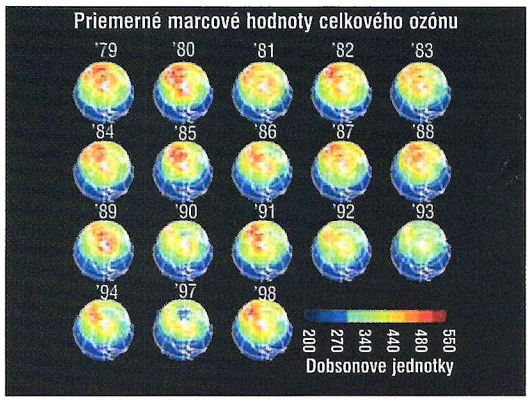
Úbytok ozónu v spodnej stratosfére

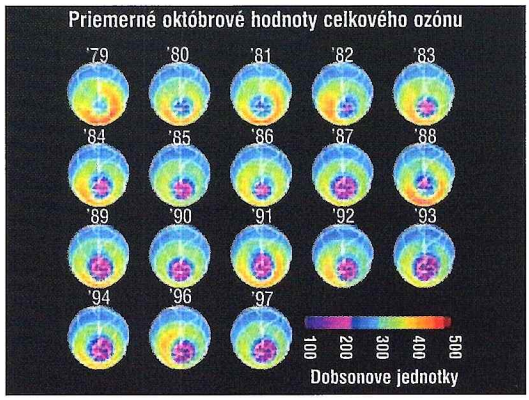
Za prvú zmienku o výskyte extrémne malých hodnôt celkového ozónu nad Antarktídou (zo stanice Halley Bay – *obr. 3-1*) v októbri sa považuje práca Farmana z roku 1985, hoci na jarné úbytky celkového ozónu v Antarktíde poukázal už v roku 1984 Japonec Chubasi (jeho práca však zostala bez povšimnutia vedeckou komunitou).

Koncom 80-tych rokov boli oblasti s extrémne malými hodnotami stratosférického ozónu zmapované aj pomocou satelitov. Ukázalo sa, že plocha oblastí s extrémnym úbytkom ozónu sa z roka na rok mení a niekedy predstavuje rozlohu



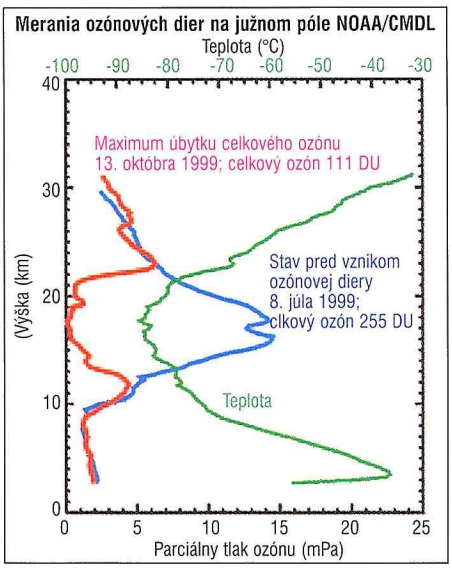
Obr. 3-1 **Priemerná ročná hodnota celkového ozónu na antarktickej polárnej stanici Halley Bay (75° J z. š., 26° Z z. d.) získaná z pozemných spektroskopických a satelitných (systém TOMS) meraní.**





Obr. 3-2 **Priemerné marcové hodnoty celkového ozónu na severnej pologuli a priemerné októbrové hodnoty celkového ozónu na južnej pologuli vypočítané zo satelitných meraní TOMS. Marec a október predstavujú na oboch pologuliach mesiace, keď sa končí polárna noc. Obrázky ukazujú menší úbytok celkového ozónu v polárnych oblastiach severnej pologule v porovnaní s južnou a väčšie rozdiely medzi hodnotami celkového ozónu meranými v jednotlivých rokoch (extrémne nízke hodnoty celkového ozónu v roku 1997, takmer žiaden úbytok celkového ozónu v polárnej oblasti severnej pologule v roku 1998 v porovnaní s hodnotami zo začiatku 80-tych rokov) na severnej pologuli, čo súvisí hlavne s variabilitou dynamických vlastností severného polárneho vortexu.**

celej Antarktídy. Preto fenomén jarného úbytku stratosférického ozónu v Antarktíde dostal pomenovanie antarktická ozónová diera. Zaujímavé bolo, že také výrazné jarné úbytky stratosférického ozónu sa nepozorovali nad Arktídou. Treba doplniť, že nejede o dieru v tom zmysle, že by sa v Antarktíde nepozoroval žiaden stratosférický ozón. Množstvo ozónu, ktoré sa pozorovalo v čase jeho najväčšieho úbytku, predstavovalo asi tretinu z hodnoty meranej pred objavením sa ozónových dier (cca 100 DU). V súčasnosti predstavuje úbytok ozónu v Antarktickej ozónovej diere asi 40 – 50% z hodnôt spred roku 1980, pričom v kratších obdobiach sa pozoruje úbytok stratosférického ozónu až o viac ako 70 % z hodnôt pred rokom 1980 *(obr. 3-2)*. Od začiatku 80.



Obr. 3-3 **Porovnanie vertikálneho profilu koncentrácie ozónu (vyjadrenej jeho čiastkovým tlakom) v období výskytu antarktickej „ozónovej diery" a pred ním, spolu s vertikálnym profilom teploty vzduchu vzťahujúcim sa k výskytu „ozónovej diery".**

rokov sa zväčšila plocha s výraznými úbytkami celkového ozónu *(obr. 3-5)* a prehĺbili sa aj hodnoty jarných úbytkov celkového ozónu v antarktickej oblasti *(obr. 3-6)*.

Vo vrstve medzi 15 a 20 km sa v jarnom období v Antarktíde nepozoruje takmer žiaden ozón *(obr. 3-3)*.

Hneď od začiatku výskytu antarktických polárnych ozónových dier sa tento jav dával do súvisu s rastúcou koncentráciou CFC zlúčenín v stratosfére. Avšak dovtedy používané chemické modely, ktoré brali do úvahy cykly chemických reakcií v plynnej fáze, neboli schopné modelovať taký obrovský úbytok stratosférického ozónu. Predpokladalo sa, že vo výške 40 km, kde nie je najväčšia koncentrácia stratosférického ozónu (v hornej stratosfére sa nachádza iba cca 15 % celkového ozónu), katalytické reakcie aktívnych zlúčenín halových prvkov s ozónom nespôsobia taký drastický pokles množstva ozónu. Modely tiež nepočítali, že taký výrazný úbytok ozónu sa prejaví už v 80. rokoch, ale až o približne 20 rokov neskôr. In situ merania koncentrácie celkového ozónu pomocou balónov navyše ukázali, že najväčší úbytok celkového ozónu je sústredený do spodnej stratosféry – do vrstvy medzi hladinami 12 km a 25 km. Satelitné merania v Antarktíde odhalili ešte jeden zaujímavý fakt – výskyt ozónovej diery bol sprevádzaný výskytom tzv. polárnych stratosférických oblakov (PSC – Polar Stratospheric Clouds).

Aké procesy viedli k rapídnemu úbytku ozónu v Antarktíde? Prečo sa ozónové diery rovnakého rozsahu nepozorovali aj v Arktíde? Zjednodušene možno povedať, že v Antarktíde nastala pre ozón nepriaznivá súhra viacerých faktorov – dynamických aj chemických:

1. prítomnosť chemických látok v stratosfére, ktoré priamo alebo nepriamo prispievajú k deštrukcii molekúl ozónu
2. vytvorenie studenej izolovanej vzduchovej hmoty v stabilnom južnom polárnom vortexe, kde sa počas polárnej noci hromadia chemické látky, podieľajúce sa na deštrukcii ozónu
3. dostatočne nízka teplota vzduchu (súvisí s vlastnosťami polárneho vortexu) pre tvorbu PSC

Úbytok stratosférického ozónu v Antarktíde má sezónny charakter – pozoruje sa vždy po skončení polárnej noci. Z toho sa dalo usúdiť, že na rozklade molekúl ozónu sa pravdepodobne budú podieľať fotochemické reakcie. Súvislosť medzi výskytom PSC a ozónových dier (sústredených do spodnej stratosféry) ukazovala, že na deštrukcii ozónu sa musia podieľať procesy, ktoré sa odohrávajú na čiastočkách PSC, pri teplotách oveľa nižších, ako sú teploty v hladine 40 km nad povrchom. Dnes je už jasné, že PSC a stratosférický aerosól hrajú úlohu v procesoch, ktoré priamo, alebo nepriamo vedú k rapídnemu jarnému úbytku ozónu.

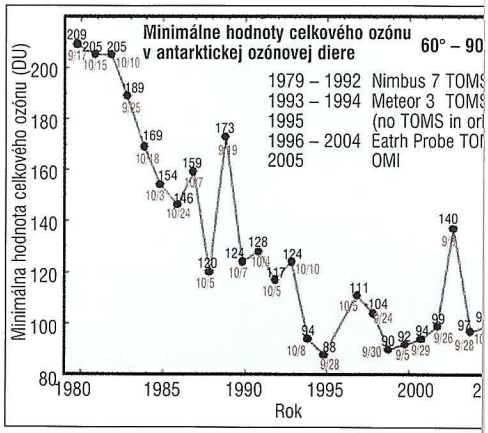
Obr. 3-4 **Polárne stratosférické oblaky.**

Počas polárnej noci je teplota v spodnej stratosfére polárneho vortexu taká nízka, že umožňuje vznik tzv. prechladenej kondenzovanej substancie vo forme PSC (pevné aj kvapalné častice). PSC boli už dávno pred objavením ozónu pozorované v polárnych oblastiach severnej aj južnej pologule v zimnom období, kedy je tropopauza relatívne nízko nad povrchom (v meteorológii dostali tieto oblaky prívlastky striebristé, alebo perleťové, vďaka rovnomernému rozptylu svetla, ktorý nastáva na ich čiastočkách s približne rovnakými rozmermi – *obr. 3-4*). PSC sú, okrem vody, tvorené aj zlúčeninami síry (najmä kyselinou sírovou) a zlúčeninami dusíka (najmä kyselinou dusičnou). Podľa teploty a zloženia rozlišujeme PSC prvého druhu (formujú sa pri teplotách cca –78 °C a sú tvorené prechladenými roztokmi kyseliny sírovej, dusičnej a vody) a druhého druhu (sú tvorené kryštálikmi ľadu a vznikajú pri teplote menšej ako –85 °C). PSC druhého druhu boli pozorované iba v Antarktíde a tvoria sa z PSC prvého druhu pri ďalšom poklese teploty vzduchu. Dôležitou vlastnosťou PSC je ich sedimentačná rýchlosť, ktorá pre PSC prvého druhu predstavuje asi 10m/deň a pre PSC druhého druhu až 1,5 km/deň. Chemické reakcie, ktoré sa na čiastočkách PSC odohrávajú, sú heterogénne (reaktanty a produkty reakcie nie sú v rovnakom skupenstve). Pri nízkej teplote vzduchu na čiastočkách PSC prebiehajú také chemické reakcie, ktorých výsledkom sú fotochemicky nestabilné zlúčeniny halových prvkov v plynnej fáze. Hovoríme, že na čiastočkách PSC nastáva aktivácia CFC látok, najmä zlúčenín chlóru. Po skončení polárnej noci slnečné žiarenie spôsobí rýchly rozpad fotochemicky nestabilných zlúčenín halových prvkov na reaktívne látky, ktoré vstupujú priamo do chemických reakcií s ozónom, pri ktorých molekula ozónu zaniká. Reakcie ozónu a uvedených zlúčenín halových prvkov už prebiehajú v plynnom skupenstve.

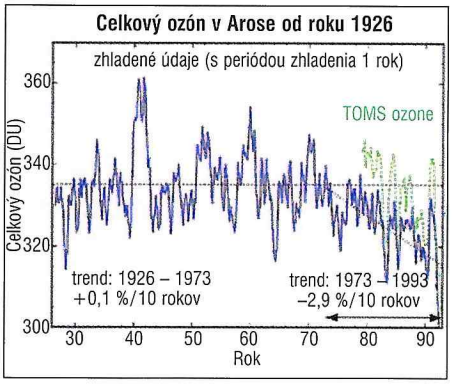
Stratosférický aerosól k úbytku ozónu prispieva aj nepriamo. Na čiastočkách PSC prebiehajú chemické reakcie, ktoré vedú k zániku zdrojov oxidov dusíka. Tento proces sa nazýva denoxifikácia. Nedostatok oxidov dusíka zas bráni priebehu chemických reakcií, pri ktorých sa tzv. aktívne, pre ozón nebezpečné, zlúčeniny chlóru transformujú na menej reaktívne, pre ozón bezpečné, formy. Ako vedľajší produkt heterogénnych chemických reakcií, pri ktorých sa aktivujú zlúčeniny halových prvkov, vzniká kyselina dusičná, alebo voda. Tieto látky sa v pevnom skupenstve hromadia na čiastočkách PSC, tie sa stávajú ťažšími (väčšia sedimentačná rýchlosť) a klesajú zo stratosféry do troposféry. Keďže kyselina dusičná je taktiež jeden zo zdrojov oxidov dusíka, jej odstraňovanie zo stratosféry opäť nepriamo prispieva k zvýšeniu koncentrácie aktívnych zlúčenín chlóru. Tento proces sa nazýva denitrifikácia. Denoxifikácia a denitrifikácia podporujú zotrvanie takmer všetkých zlúčenín chlóru v spodnej polárnej stratosfére v aktívnej forme.

Transformácia CFC zlúčenín na aktívne formy neprebieha len na čiastočkách PSC v polárnych oblastiach, ale aj na čiastočkách, hlavne kvapalného sulfátového aerosólu (zloženie podobné ako pri PSC prvého druhu), v spodnej stratosfére mierneho pásma. Predpokladá sa, že klesajúce trendy celkového ozónu v miernom pásme *(obr.*

Obr. 3-5 **Vývoj rozlohy antarktickej „ozónovej diery" podľa satelitných meraní TOMS.**



Obr. 3-6 **Minimálne množstvo celkového ozónu namerané v jednotlivých rokoch v oblasti Antarktídy spolu s dátumom, kedy boli tieto hodnoty získané satelitnými systémami TOMS.**



Obr. 4-1 **Celkový ozón v švajčiarskej Arose od roku 1926 do roku 1993 spolu s lineárnymi trendmi vyznačenými osobitne pre obdobie 1926 – 1973 a 1973 – 1993.**

4-1) spôsobujú chemické procesy, ktoré prebiehajú na sulfátových aerosóloch v spodnej stratosfére. Okrem týchto procesov však na koncentráciu ozónu v spodnej stratosfére mierneho pásma vplývajú aj dynamické procesy, ktoré pravdepodobne môžu ovplyvniť aj trendy stratosférického ozónu v tejto oblasti.

Významnú úlohu aerosólu pri deštrukcii ozónu dokumentujú záznamy extrémnych úbytkov stratosférického ozónu nasledujúcich po výbuchu sopky Mt. Pinatubo v roku 1991, a to nielen v polárnych oblastiach, ale aj v miernom pásme. Uvažuje sa aj o tom, že objavenie ozónovej diery nad Antarktídou začiatkom 80-tych rokov súvisí s výbuchom sopky Mt. El Chicon v roku 1982 a následným zvýraznením úbytku stratosférického ozónu v polárnych oblastiach vďaka sopečnému, prevažne sulfátovému aerosólu.

Keďže rozloženie koncentrácie chemických látok podieľajúcich sa na rozklade stratosférického ozónu je rovnomerné v celej stratosfére, je zjavné, že rozdiely v úbytku celkového ozónu v polárnych oblastiach severnej a južnej pologule spôsobujú rozdielne vlastnosti polárneho vortexu. Ukázalo sa, že na severnej pologuli pozorujeme výrazné úbytky celkového ozónu len po skončení extrémne studených polárnych zím, keď polárny vortex nie je narúšaný pôsobením planetárnych atmosférických vlnových pohybov (napr. v rokoch 1992 a 1993, keď bol úbytok ozónu ešte zvýraznený vďaka sopečnému aerosólu z výbuchu sopky Mt. Pinatubo, ale aj v rokoch 1996 a 1997, kedy už pôsobenie sopečného aerosólu nebolo výrazné) a naopak, takmer žiadny úbytok stratosférického ozónu nebol pozorovaný po skončení relatívne teplejších polárnych zím, keď bol severný polárny vortex slabo výrazný (napr. v roku 1998).

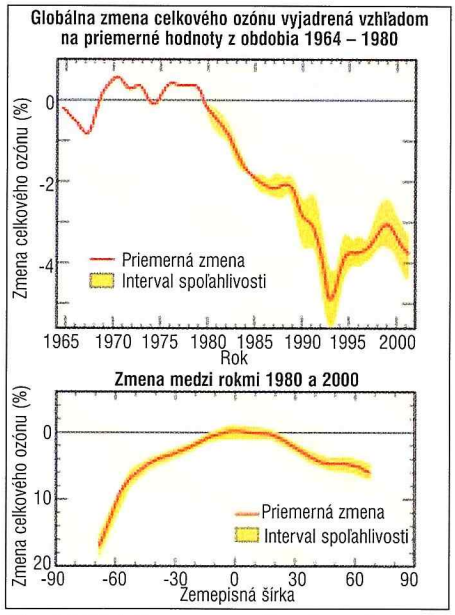
Sporadicky sa v oblasti mierneho pásma vyskytujú situácie regionálneho rozsahu s dĺžkou trvania niekoľko dní, keď sa merajú extrémne nízke hodnoty celkového ozónu (napríklad na stanici Mauna Loa boli v januári 1995 namerané hodnoty celkového ozónu o 14% menšie, ako je priemerná hodnota vypočítaná pre túto lokalitu od roku 1964 do roku 1981). Takéto situácie s výrazným poklesom celkového ozónu sa nazývajú ozónové minidiery (ELO3 – extremely low total ozone). Ozónové minidiery sú vyvolané dynamickými faktormi. Sprevádza ich spravidla výskyt anticyklón alebo hrebeňov vysokého tlaku vzduchu. Doteraz nie je objasnené, akou mierou sa na poklese množstva celkového ozónu pri ELO3 podieľa transport na ozón chudobných vzduchových hmôt v stratosfére a akú úlohu pri poklese množstva celkového ozónu hrá vzostup tropopauzy.

Sú ozónové diery minulosťou?

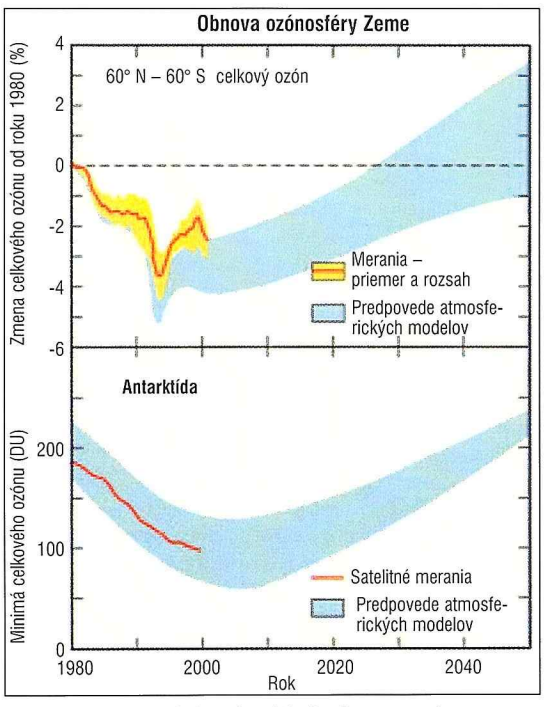
Dlhodobé zmeny celkového ozónu sa vyjadrujú pomocou trendov. V súčasnosti predpokladáme, že globálny pokles množstva ozónu je spôsobený antropogénnymi chemickými látkami, ktoré sa podieľajú na chemických reakciách spôsobujúcich rozklad molekúl ozónu. Nie je však vylúčené (vzhľadom na relatívne krátke rady meraní ozónu), že dlhodobé trendy celkového ozónu ovplyvňujú aj doposiaľ neobjasnené procesy s periódou výskytu presahujúcou dĺžku časových radov celkového ozónu. Od 80. rokov klesalo množstvo stratosférického ozónu na celej Zemi. Úbytok ozónu, ktorý v rokoch 1987 až 2001 dosiahol v priemere 3 %, je väčší, ako prirodzené kolísanie hodnôt ozónu. Trendy celkového ozónu sa mierne líšia pre hodnoty celkového ozónu získané rôznymi meracími technikami, iné hodnoty trendov boli zistené pre hornú stratosféru a dolnú stratosféru, pričom úbytok celkového ozónu závisí aj od zemepisnej šírky.

Úbytok ozónu má sezónny charakter. V období 1980 – 2001 pokleslo priemerné množstvo celkového ozónu o 3 % v miernych šírkach severnej pologule (35°S – 65°S) a o 6 % v miernych šírkach južnej pologule (35°J – 60°J). Výskyt najväčšieho úbytku ozónu na oboch pologuliach je rozdielny. Na severnej pologuli je väčší úbytok ozónu zaznamenaný v zime a na jar (4%), ako v lete a na jeseň (2 %). V miernom pásme južnej pologule je úbytok ozónu približne rovnaký počas celého roka (okolo 6 %).

Snaha o redukciu antoropogénnych látok, ktoré sa môžu podieľať na deštrukcii ozónovej



Obr. 4-2 **Globálna zmena celkového ozónu vyjadrená vzhľadom na priemerné hodnoty z obdobia 1964 – 1980 a porovnanie množstva celkového ozónu v roku 1980 a 2000 v jednotlivých zemepisných šírkach (záporné hodnoty sa vzťahujú k zemepisným šírkam južnej pologule).**



Obr. 4-3 **Predpokladaný priebeh obnovy ozónosféry Zeme pre mimopolárne oblasti (60° S z. š. – 60° J z. š.) a pre oblasť Antarktídy do roku 2050.**

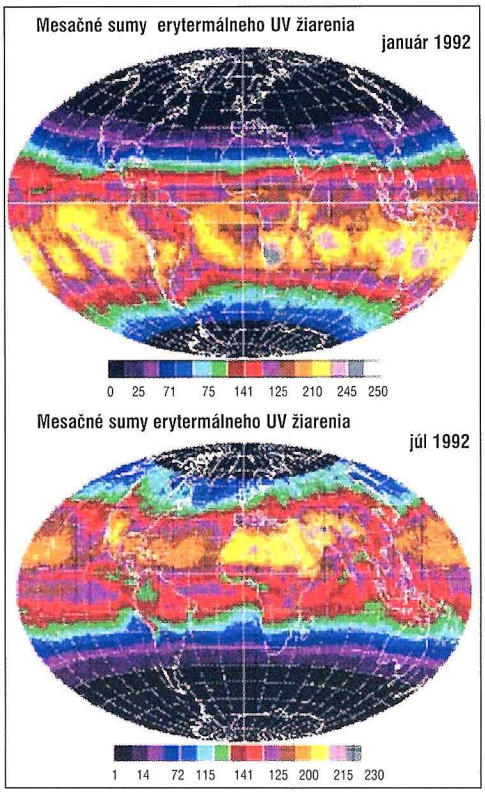
vrstvy, vyvrcholila podpísaním Montrealského protokolu (1987) k Viedenskej konvencii (1985) podpísanej 28 krajinami. Medzinárodný deň ochrany ozónovej vrstvy Zeme (16. september) pripomína podpísanie Montrealského protokolu. Londýnsky dodatok tohto protokolu (1990) počíta s úplným zákazom produkcie CFC zlúčenín do roku 2000, Copenhagenský dodatok (1992) zaväzuje k zákazu CFC zlúčenín už do roku 1995 a k redukcii ďalších látok podieľajúcich sa na rozklade ozónu. Zoznam „zakázaných" látok podieľajúcich sa na deštrukcii stratosférického ozónu bol ďalej upresňovaný Montrealským (1997) a Pekingským (1999) dodatkom Montrealského protokolu.

V súčasnosti začíname zberať plody opatrení na zabránenie deštrukcie ozónosféry Zeme. V rokoch 1997 – 1998 kulminovala v stratosfére koncentrácia zlúčenín, ktoré najviac prispievali k úbytku ozónu. Odvtedy koncentrácia pre ozón nebezpečných látok v stratosfére klesá. Na ozónovom sympóziu v roku 2004 sa konštatovalo, že globálny úbytok stratosférického ozónu sa zastavil. Neznamená to však, že ozónosféra Zeme sa z účinkov freónov spamätala. Prestali sme iba pozorovať ďalšie prehlbovanie stratosférického ozónového deficitu. Súčasné modely predpokladajú, že stratosférický ozón dosiahne hodnoty, pozorované bežne do začiatku 80. rokov až okolo roku 2050 *(obr. 4-3)*.

V roku 2006 sa prvý raz začínajú objavovať publikácie, ktoré používajú termín obnova ozónosféry. Analýza radov meraní celkového ozónu ukazuje, že stratosférický ozón začína vykazovať stúpajúcu tendenciu. Vzhľadom na to, že úbytok ozónu je menej ovplyvnený variabilitou dynamiky strato-

sféry v Antarktíde, očakáva sa, že obnova ozónosféry sa najskôr prejaví v tejto oblasti.

Neskoršia obnova ozónovej vrstvy mierneho pásma, s ktorou počítajú niektoré modely, súvisí s problematikou globálneho otepľovania. Zachytávanie tepelného žiarenia Zeme troposférou spôsobuje ochladenie v spodnej stratosfére, čo následne ovplyvní rýchlosť niektorých chemických reakcií v stratosfére. Ďalším problémom je predpokladaná narastajúca vlhkosť v stratosfére (voda sa v hornej stratosfére rozkladá na také zlúčeniny, ktoré prostredníctvom viacerých katalytických cyklov spôsobujú úbytok ozónu, zdrojom vody v stratosfére je hlavne narastajúca koncentrácia metánu). Ďalšie zmeny, s ktorými súčasné chemické modely predpovedajúce budúcu koncentráciu ozónu v stratosfére nepočítajú, súvisia s možnou zmenou atmosférických cirkulačných modelov, vyvolanou globálnym oteplením.



Obr. 4-4 **Globálne rozloženie mesačných súm erytemálneho UV žiarenia v januári a v júli.**

Slniečko horúce, nepáľ že ma, nepáľ...

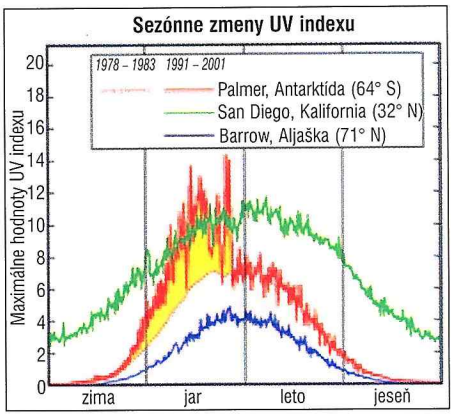
Nárast intenzity slnečného žiarenia v oblasti vlnových dĺžok s intenzívnou absorbciou ozónom bol očakávaný v súvislosti s globálnym úbytkom celkového ozónu. Akými účinkami môže biosféru Zeme ovplyvniť rastúca intenzita slnečného UV žiarenia pri zemskom povrchu? Je pravda, že intenzita slnečného UV žiarenia pri povrchu Zeme rastie?

Do UV oblasti slnečného spektra pri zemskom povrchu patrí žiarenie s najkratšími vlnovými dĺžkami, ktoré nie sú úplne absorbované atmosférou Zeme a dopadajú ešte na zemský povrch. Toto žiarenie sa neprejavuje tepelnými účinkami a nemôžeme ho postrehnúť zrakom. Množstvo energie, ktoré pripadá na slnečné UV žiarenie, predstavuje pri povrchu Zeme iba 5 %, pričom v prípade UV-B žiarenia, ktoré je najviac ovplyvnené ozónom, hovoríme o stotinách percenta z celkovej energie slnečného žiarenia. Nositeľmi tejto zdanlivo zanedbateľnej energie sú však fotóny, ktoré majú v porovnaní s viditeľnou alebo infračervenou oblasťou vlnových dĺžok žiarenia niekoľkonásobne väčšiu energiu. S tým súvisia aj výrazné biologické účinky, ktorými sa slnečné UV žiarenie prejavuje.

Najviac sú nadmernou expozíciou UV žiarením ohrozené jednoduché (často jednobunkové) mikroorganizmy, pre ktoré je UV žiarenie od určitej sumy smrteľné (baktériocídne účinky). Pôsobením UV žiarenia tiež dochádza k porušeniu deoxyribonukleovej kyseliny (DNA) týchto organizmov a ich genetickej mutácii. Týchto účinkov sa obávane v súvislosti s morskými ekosystémami vo vysokých zemepisných šírkach. Účinky UV žiarenia na ľudí možno rozdeliť na dve skupiny – krátkodobé vplyvy a účinky, ktoré sú následkom dlhotrvajúcej nadmernej expozície UV žiareniu. Medzi krátkodobé účinky UV žiarenia patrí napr. erytém – sčervenanie kože, zápal očných spojiviek. Dlhodobé nadmerné vystavovanie sa slnečnému UV žiareniu vedie k tzv. fotostarnutiu pokožky (poškodením niektorých kožných bielkovín), ale dáva sa do súvisu aj s výskytom najmä nezhubných (existuje však korelácia medzi výskytom zhubných nádorov kože „spálením" pokožky v mladšom veku života postihnutej osoby) nádorov kože a niektorými druhmi očného zákalu. Zníženie obranyschopnosti organizmu následkom prehnaného vystavovania sa UV žiareniu sa môže prejaviť okamžite po „spálení" Slnkom, ale aj na dlhšej časovej škále. Je dôležité si uvedomiť, že UV žiarením nemusíme byť postihnutí len opaľovaním sa na Slnku. Rovnako „účinne" sa môžeme spáliť aj v soláriách. Okrem negatívnych vplyvov má však slnečné UV žiarenie na nás aj pozitívne účinky – podieľa sa na tvorbe vitamínu D, pre náš život nepostrádateľného. Na získanie takej dávky slnečného žiarenia, ktorá zabezpečí dostatočnú tvorbu vitamínu D, však stačí bežný pohyb človeka vo vonkajšom prostredí v lete. Ak sa niekto naľakal negatívnych vplyvov UV žiarenia a pred Slnkom sa bude skrývať, hrozí mu, že bude trpieť nedostatkom vitamínu D (zabezpečenie prísunu tohto vitamínu iba prostredníctvom potravy je spravidla nedostatočné). Rovnako škodlivé je aj neuvážené prehnané vystavovanie sa slnečným lúčom.

Pri rôznych biologických procesoch hrá dominantnú úlohu žiarenie s inou vlnovou dĺžkou (napr. zhrnutie, alebo „opálenie" pokožky súvisí prevažne s UV-A žiarením, zápal kože prejavujúci sa jej sčervenaním spôsobuje hlavne žiarenie s vlnovou dĺžkou v UV-B oblasti spektra). Spektrálne merania slnečného UV žiarenia (hodnoty energie merané pre úzky interval vlnovej dĺžky žiarenia, napr. 1 nm v celom rozsahu vlnových dĺžok UV žiarenia alebo v jeho časti) sa preto násobia rôznymi relatívnymi váhovými funkciami zodpovedajúcimi jednotlivým biologickým fenoménom. Tak sa môžeme stretnúť s termínom erytemálne UV žiarenie (zodpovedá za sčervenanie ľudskej pokožky vystavenej UV žiareniu), UV žiarenie s letálnymi účinkami na fytoplanktón, UV žiarenie poškodzujúce deoxyribonukleovú kyselinu jednoduchých organizmov atď.

Veľmi malé toky energie UV žiarenia spôsobujú, že meranie žiarenia v UV oblasti spektra

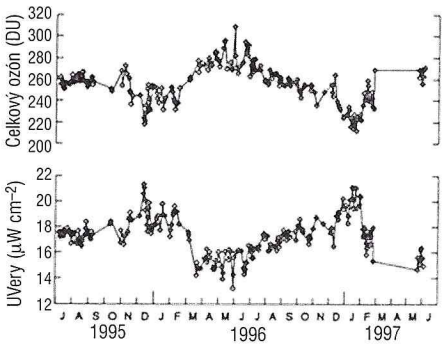


Obr. 4-5 Ročný chod maximálnych hodnôt slnečného UV-indexu vypočítaných z meraní v období 1991 – 2001 pre 3 meteorologické stanice z oblasti Antarktídy (Palmer), vysokých zemepisných šírok severnej pologule (Barrow) a zo subtropickej oblasti (San Diego). Vzostup jarných maxím slnečného UV-indexu na antarktickej stanici koreluje s výskytom antarktických ozónových dier na jar, najväčší vzostup UV žiarenia sa prejavuje asi s 1- až 2-mesačným oneskorením oproti výskytu minimálnych hodnôt celkového ozónu, keď je výška Slnka na oblohe relatívne väčšia ako bezprostredne po skončení polárnej noci.

je náročné na presné meracie systémy. Vysoké nároky na meracie systémy spôsobili, že dĺžka radov meraní slnečného UV žiarenia s požadovanou presnosťou je oveľa kratšia, v porovnaní s dĺžkami radov meraní celkového ozónu. To je zas dôvodom, prečo sa nevieme relevantne vyjadriť k dlhodobým zmenám slnečného UV žiarenia. Merania však ukázali, že pri bezoblačnej oblohe intenzita UV-B žiarenia s celkovým ozónom tesne antikoreluje *(obr. 4-5)*. Naopak, premenlivosť UV-A žiarenia (ozón v tejto oblasti vlnových dĺžok absorbuje menej žiarenia) s variabilitou celkového ozónu nesúvisí. Odhaduje sa, že 1 % úbytku celkového ozónu spôsobí až 1,5 – 2 % nárastu erytemálneho UV žiarenia. V radoch meraní UV žiarenia je detegovaný vzostup jeho intenzity po výbuchu sopky Mt. Pinatubo (v rokoch 1993 – 1994) v porovnaní s periódou pred a po tejto udalosti. Okrem variability celkového ozónu hodnoty slnečného UV žiarenia ovplyvňuje aj oblačnosť (priepustnosť UV žiarenia oblačnosťou je väčšia v porovnaní s viditeľným slnečným žiarením), obsah atmosférického aerosólu (zoslabenie UV žiarenia absorbciou a rozptylom na aerosóle je intenzívnejšie v porovnaní s viditeľným žiarením) a prípadné zmeny odrážacej schopnosti zemského povrchu. Determinujúcim faktorom okamžitej hodnoty UV žiarenia je výška Slnka na oblohe. Tá je v našej oblasti najväčšia na poludnie okolo letného slnovratu. Vzhľadom na to, že množstvo celkového ozónu u nás je niekoľko mesiacov po letnom slnovrate menšie než pred slnovratom, ročný chod UV žiarenia u nás je vzhľadom na letný slnovrat nesymetrický (väčšie hodnoty UV žiarenia merané v auguste ako v máji). S výškou Slnka na oblohe tiež súvisí vzostup intenzity UV žiarenia smerom k nižším zemepisným šírkam *(obr. 4-4)*. Predpokladalo sa, že najväčší nárast intenzity UV žiarenia bude pozorovaný v súlade s výskytom najväčšieho úbytku celkového ozónu. Spracovanie satelitných meraní UV žiarenia ukázalo jeho vzostup v zemepisných šírkach väčších ako 40° (najväčší v polárnych oblastiach južnej pologule), pričom signifikantný trend

oblačnosti nebol detegovaný. Na niektorých antarktických staniciach bola na jar meraná intenzita slnečného UV žiarenia zodpovedajúca hodnotám získaným z toho istého obdobia v Kalifornii *(obr. 4-5)*. V oblasti okolo 55° severnej zemepisnej šírky sa podľa satelitných meraní vzostup erytemálneho UV žiarenia odhaduje na 6,8 % za 10 rokov, v tej istej oblasti južnej zemepisnej šírky až na 9,9 % za 10 rokov. Niektoré modely predpovedajú, že v porovnaní s priemernými hodnotami za obdobie 1972 – 1992 bude v období 2010 – 2020 intenzita erytemálneho UV žiarenia oblasti 60° – 90° severnej pologule o 90 % a v rovnakom pásme južnej pologule až o 100 % vyššia. Najnovšia analýza meraní UV žiarenia na antarktickej stanici McMurdo ukázala, že štatisticky signifikantné stúpajúce trendy UV žiarenia pozorované vo februári a v marci súvisia s dlhodobými zmenami oblačnosti. Počas zvyšnej časti roka je tam variabilita UV žiarenia spôsobená premenlivosťou množstva celkového ozónu 2-krát väčšia ako variabilita vyvolaná zmenami oblačnosti.

Vzhľadom na množstvo faktorov životného prostredia, ktorému je človek za posledné desaťročia vystavený, je ťažké určiť, akou mierou prispieva UV žiarenie k zhoršeniu zdravotného stavu ľudí a iných organizmov. Situáciu komplikuje zmena životného štýlu veľkej časti populácie (bežné dovolenky v nízkych zemepisných šírkach, kde je výška Slnka a následne aj intenzita UV žiarenia oveľa vyššia ako v „rodisku" dovolenkujúcej populácie, dostupné lyžovačky vo veľkých nadmorských výškach, kde sneh pretrváva celý rok – intenzita UV žiarenia rastie s výškou rýchlejšie ako intenzita viditeľného žiarenia, UV žiarenie odrazené od snehového povrchu prispieva k ďalšiemu nárastu jeho intenzity). Napriek tomu Svetová zdravotnícka organizácia uvádza, že za enormný nárast výskytu niektorých kožných ochorení v Austrálii a na Novom Zélande môže nadmerná expozícia UV žiareniu. Vzhľadom na prevládajúce negatívne účinky UV žiarenia na človeka (nielen v súvislosti s úbytkom stratosférického ozónu) sa informácia o meranej a predpovedanej úrovni UV žiarenia stala v mnohých krajinách súčasťou informácie o počasí. Na jednoduché vyjadrenie úrovne slnečného UV žiarenia sa používa bezrozmerný parameter UV-index (UVI). Vzťahuje sa k poludňajšej intenzite erytemálneho UV žiarenia. Na Slovensku sa predpoveď UVI pre verejnosť vydáva od roku 2000, v súčasnosti sa plánuje zverejnenie údajov o meraných hodnotách UV žiarenia. Pri hodnotách UV indexu väčších ako 7 by sme svoj pobyt na Slnku okolo poludnia mali zvážiť a ak sme nútení na Slnku zotrvať, mali by sme si obnažené časti tela (najmä oči, pery a pokožku) pred UV žiarením chrániť. Ochranné prostriedky pred slnečným UV žiarením by sme mali prispôsobiť podľa toho, aký druh pokožky máme (pre európsku populáciu boli definované 4 fototypy – najhoršie na slnečné UV žiarenie reaguje svetlá pokožka blondavých a ryšavých, modro-zelenookých jedincov), aká je ročná doba (na slnečné UV žiarenie je pokožka najcitlivejšia po skončení zimného obdobia), v akej sme zemepisnej šírke (súvisí s tým výška Slnka na oblohe) a v akej nadmorskej výške sa pohybujeme. Hodnoty UVI väčšie ako 7 sa v našej oblasti vyskytujú pri bezoblačnej oblohe od mája do augusta.



Obr. 4-6 **Merania celkového ozónu a erytemálneho UV žiarenia na stanici Mauna Loa (19,5 S z.š., 155,6 Z z. d., 3 400 m n.m.), kde hodnoty UV žiarenia výrazne neovplyvňujú zmeny oblačnosti, albeda povrchu a obsahu aerosólu vo vzduchu. Obrázok dokumentuje veľkú mieru korelácie medzi erytemálnym UV žiarením a množstvom celkového ozónu.**

Zo zdravotného hľadiska je dôležitá aj suma energie slnečného UV žiarenia, ktorá na nás dopadne za zvolené časové obdobie (hodinu, deň). Merania na Slovensku ukazujú, že denné sumy erytemálneho UV žiarenia pri bezoblačnej oblohe v letnom období prekračujú 20-násobok minimálnej sumy tohto žiarenia, ktorá spôsobí pri najcitlivejšom európskom fototype pokožky jej sčervenanie. Pre spomínaný fototyp pokožky nastáva pri peknom počasí v lete okolo poludnia prekročenie minimálnej sumy erytemálneho UV žiarenia už po 20 – 15 minútach expozície.

To, ako sa menila intenzita a sumy slnečného UV žiarenia s rôznym biologickým účinkom v minulosti, nám merania nepovedia. Preto je v súčasnosti snahou modelovať hodnoty UV žiarenia v minulosti pomocou iných meteorologických a radiačných parametrov, ktorých rady meraní s dostatočnou dĺžkou a presnosťou existujú. Problémom pri takých modeloch je hlavne zohľadnenie vplyvu dlhodobých zmien aerosólu v atmosfére, pretože tak ako pri UV žiarení, ani pri atmosférickom aerosóle neexistujú dlhšie rady jeho meraní.

Prízemný ozón

Do začiatku 70. rokov sa predpokladalo, že zdrojom ozónu v troposfére je stratosféra. Nebolo známe, že prízemný ozón vstupuje do cyklov chemických reakcií v troposfére, ani to, že by v tejto vrstve vzduchu mohol ozón prostredníctvom chemických reakcií vznikať. Fotochemická teória vzniku ozónu v troposfére vznikla v 70-tych rokoch. Postupne sa zistilo, že fotochemická tvorba ozónu v troposfére je hlavným zdrojom tohto plynu pri zemskom povrchu. Aký je podiel prísunu ozónu do troposféry zo stratosféry a aká časť prízemného ozónu sa tvorí v troposfére, nie je zatiaľ jasné. Už v úvode bolo spomenuté, že od začiatkov meraní prízemného ozónu stúpla jeho koncentrácia na severnej pologuli asi dvakrát. Odhaduje sa, že najväčší vzostup koncentrácie prízemného ozónu začal v 50. rokoch. Najdlhšie rady súvislých meraní prízemného ozónu siahajú do 70. rokov. Štatisticky významný vzostup koncentrácie prízemného ozónu bol pozorovaný na všetkých staniciach so zemepisnou šírkou väčšou ako 20° N asi do začiatku 90-tych rokov. Od začiatku 90. rokov v miernom pásme merania prízemného ukazujú zmiernenie, alebo zastavenie jeho stúpajúcich trendov. Naopak, merania ukazujú doteraz klesajúce koncentrácie troposférického ozónu v polárnej oblasti južnej pologule, ktoré pravdepodobne súvisia s úbytkom ozónu v spodnej stratosfére a následne menším transportom stratosférického ozónu do troposféry. V koncentrácii prízemného ozónu a jeho trendoch sú veľké regionálne rozdiely, ktoré je problematické vysvetliť (napr. pretrvávajúci vzostup koncentrácie prízemného ozónu na horskej stanici Zugspitze a zastavenie vzostupu, alebo klesajúci trend na relatívne blízkych staniciach Hohenpeissenberg a Uccle).

Troposférický ozón predstavuje asi 10 % z celkového množstva ozónu. Na vzniku ozónu v troposfére sa podieľajú fotochemické reakcie jeho prekurzorov, hlavne oxidov dusíka NO a NO_2 (súhrnne označované ako NO_x), ďalej prchavých organických látok (VOC = Volatile Organic Compounds), oxidu uhoľnatého CO a metánu CH_4.

Samotný ozón vzniká reakciaou atómového (O) a molekulového kyslíka (O_2). Zásadný rozdiel medzi tvorbou ozónu v stratosfére a v troposfére je v spôsobe vzniku atómov kyslíka. Ten je jedným z hlavných činiteľov, určujúcich výslednú koncentráciu prízemného ozónu. Prevažujúcim procesom vzniku atómového kyslíka v podmienkach troposféry je fotodisociácia oxidu dusičitého NO_2 podľa reakcie:

$$NO_2 + E\ (l < 420\ nm) \rightarrow NO + O \qquad (1),$$

kde E predstavuje energiu žiarenia s vlnovou dĺžkou l.Táto reakcia prispieva k celkovému množstvu ozónu v atmosfére asi 10 – 20 %. NO_2 vzniká oxidáciou NO. NO je predovšetkým produktom spaľovacích procesov.

Ozón môže opäť reagovať s prítomným NO podľa reakcie:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 \qquad (2).$$

Z uvedených reakcií vyplýva to, že tvorba atómov kyslíka závisí od intenzity dopadajúceho UV žiarenia s vlnovou dĺžkou l menšou ako 420 nm. Koncentrácia prízemného ozónu závisí od podielu koncentrácie oxidov dusíka NO_2/NO. Z tohto dôvodu je nutnou podmienkou udržiavania vysokej koncentrácie ozónu v ovzduší súčasný priebeh ďalšieho reakčného mechanizmu, ktorým by sa NO, vznikajúci fotodisociáciou, oxidoval na NO_2. Hlavnú úlohu v tomto reakčnom mechanizme majú radikály HO_2 a RO_2 (R označuje organický zvyšok molekuly). Častice RO_2 vznikajú predovšetkým rozpadom prchavých organických zlúčenín (VOC). Na vzniku radikálu HO_2 sa podieľajú najmä oxid uhoľnatý (CO) a metán (CH_4), ktorý sa do VOC nezahŕňa. Pri vysokých koncentráciách prízemného ozónu je preto meraná nielen prítomnosť samotných oxidov dusíka, ale aj prchavých uhľovodíkov.

Po západe Slnka rýchlo klesá koncentrácia ozónu v troposfére, čo je podmienené zastavením tvorby atómového kyslíka. Preto pri zemskom povrchu pozorujeme denný aj ročný chod prízemného ozónu.

NOx vznikajú pri horení organických materiálov (hlavným zdrojom je doprava, ale aj horia-

ca biomasa). Ozón je súčasťou tzv. fotochemického (alebo los angeleského[8]) smogu formujúceho sa cez deň vo veľkých priemyselných centrách. Prchavé uhľovodíky a oxidy dusíka hrajú úlohu aj pri produkcii ďalších reaktívnych zložiek fotochemického smogu, akými sú napr. preoxyacetylnitrát (PAN). Na rozdiel od typického (londýnskeho) smogu spojeného s výskytom hmly, epizódy so zníženou dohľadnosťou, pri ktorých mali ľudia problémy s dýchaním a s páliacimi očami, sa v 40. rokoch v Los Angeles vyskytovali pri dlhotrvajúcom bezoblačnom („peknom") počasí, bez silného vetra. Po takýchto epizódach sa objavili zmeny na listoch rastlín. Chemici si všimli, že vo vzduchu nebolo cítiť síru, ako v prípade tzv. londýnskeho smogu, ale terpén (druh prchavého uhľovodíka). Pri pokusoch v laboratóriu boli rastliny vystavené slnečnému žiareniu a umelému smogu, ktorý tvorili výpary nafty, oxidy dusíka. Ukázalo sa, že na ich listoch sa objavil rovnaký druh poškodenia ako pri výskyte fotochemického smogu v uliciach mesta. Neskôr sa zistilo, že pary organických zlúčenín, oxidy dusíka a slnečné žiarenie tvoria nevyhnutné „prísady" pre tvorbu fotochemického smogu a tiež jednej z jeho zložiek – ozónu. Okrem procesov horenia benzínu a nafty sa organické uhľovodíky dostávajú do vzduchu aj vo forme pesticídov a insekticídov. Chemickými reakciami sa vo vzduchu môžu transformovať na také organické zlúčeniny, ktoré sú samotné pre biosféru oveľa nebezpečnejšie (mutagénne, karcinogénne účinky) ako ich podiel na vzniku fotochemického smogu.

Zníženie dohľadnosti pri epizódach s tvorbou fotochemického smogu je spôsobené usádzaním produktov fotochemických reakcií na čiastočkách aerosólu, ktoré tak zväčšujú svoj objem. Aerosól vzniká priamo pri horení, ale aj v procesoch kondenzácie plynných zložiek vzduchu. Často nebezpečné organické látky, ktoré sa na ňom usádzajú (ako primárne emisie, alebo ako sekundárne produkty chemických reakcií medzi oxidmi dusíka a VOC), sa vdýchnutím ľahko dostávajú do tiel organizmov.

Pozitívne sa zvýšená koncentrácia prízemného ozónu prejavuje v tom, že tak ako ozón v stratosfére, tak aj prízemný ozón absorbuje škodlivé slnečné UV žiarenie. Na druhej strane príslušnosť ozónu k skleníkovým plynom a nárast jeho koncentrácie vo vzduchu od preindustriálnych čias prispieva ku zväčšeniu skleníkového efektu. Keďže sa v súvislosti s očakávaným ekonomickým rastom v niektorých častiach sveta predpokladá aj nárast koncentrácie prekurzorov prízemného ozónu vo vzduchu, predpokladá sa, že prízemný ozón bude v tomto storočí (po CO_2) druhým najúčinnejším skleníkovým plynom. (Koncentrácia ozónu sa vyjadruje v jednotkách ppmv[9].)

ANNA PRIBULLOVÁ
WMO, Scienticic assesment of ozone depletion, 2002

[7] Napr. stredná doba zotrvania freónu CFC-11 (zlúčenina $CFCl_3$) v atmosfére je až 50 rokov

[8] Od los angeleského smogu sa odlišuje tzv. londýnsky, klasický druh smogu – spôsobený spaľovaním uhlia v podmienkach s vysokou vlhkosťou vzduchu (londýnska hmla) v minulom storočí (pre tento druh smogu je typická veľká vlhkosť vzduchu a vysoká koncentrácia oxidov síry).

[9] Koncentrácia ozónu 1 ppmv znamená, že na 1 molekulu ozónu pripadá 10^6 molekúl vzduchu

Ľudia v astronómii

S odchodom mnohých skvelých ľudí z astronomickej komunity sa mi stále viac vynára potreba napísať o nich, o tých, ktorí neotvárali len tie povestné okná do vesmíru, ale priam bránu, nosili kľúče od tej najväčšej najtajomnejšej komnaty, boli v nej tými osudovými sprievodcami všetkým, ktorí pociťovali potrebu poznať širšie súvislosti svojho bytia.

Svetu, ktorý vytláča túto legitimnú ľudskú potrebu na okraj záujmu spoločnosti, pripomínať, ako cez astronómiu kultivovali ľudského ducha. Neraz si spomeniem na Zdenka Horského, Mojmíra Eliáša, Jána Štohla a Antona Hajduka, či Elemíra Csereho, alias Csere bácsiho, ako sme ho neformálne volali, či Petra Jakeša, aby som spomenula aspoň tých, ktorých som osobne spoznala počas prednáškových cyklov u nás. Zažila som ich transfery do vesmíru, to, ako dokázali uniesť mládež, tak, že si začala klásť otázky, ktoré si už dnes nekladú ani dospelí. Na ľudí ako Pepo Bartoška alias kúzelník Žito, ktorých si všetci zapamätajú na celý život po jedinom stretnutí, na tých, ktorí na hvezdárňach boli vždy po ruke, keď bolo treba sprievodcu vesmírom, ako Melanka Príhodová.

Ale tiež na tých, ktorí sú tu stále s nami ako zosobnenie astronomickej kultúry, osobnosti, ktorých ľudský rozmer vtláča originálnu pečať ich rozsiahlej popularizátorskej práci, ako Jiří Grygar, Marcel Grün, Vojto Rušin, Zdeněk Mikulášek, Zdeněk Pokorný, Ján Svoreň, Vladimír Porubčan, a tak ďalej a tak ďalej, a nemožno pokračovať, aby sme niekoho nevynechali. Veď, nakoniec, nejde ani o konkrétne mená, ide o všetkých, ktorí stavajú tento chrám ľudskému duchu, miesto, kde sa vynáša nahor, odkiaľ získate nový zorný uhol a ekologické cítenie ako najprirodzenejší dôsledok.

Ako často sa vám môže javiť táto práca málo praktická, ako niečo, čo nenapĺňa natoľko potreby ľudí a ako rýchlo tie pochybnosti zmiznú pri stretnutí s tými, pre ktorých je potreba poznania a spojenia s vesmírom priam základná a dokonca aj chuť šíriť ju.

Myslím na ľudí, ktorí cez SZAA ako nadšenci vo voľnom čase vodia tých ostatných do vesmíru. Aj keď už zostarnú a nevládzu, stále sú súčasťou miestnej astronomickej komunity, sú ich astronomickými príbuznými, sú ich dedkovia, otcovia, tety. Stretávajú sa, aby živili toho ducha a spája ich nielen astronómia ale najmä dlhoročné priateľstvo, spolupatričnosť. Zažila som také stretnutie v Nitrianskej pobočke SZAA, kde majú svojich seniorov a hlboko si ich vážia, Vedia, že bez nich by tu neboli, vedia, aké dôležité je zachovať kontinuitu, veď, nakoniec, každý máme svojho astronomického otca či mamu.

A má ho asi aj výtvarník Rudolf Sikora. Počúvala som ho, ako počítal svoju dráhu vo vesmíre z príležitosti svojich 60-tin, dráhu ktorú absolvoval s pohybujúcou sa Zemou, okolo Slnka a v Galaxii. Keď hovoril o zrode a zániku, symbolizovaných v jeho dielach známou hviezdičkou a krížom, o čase medzi tým, keď človek podáva svedectvo, môže súhlasiť alebo aj povedať nie, bolo priam cítiť ako žije v súradniciach vesmíru. Nie náhodou je celá jeho tvorba tak či onak ním fascinovaná. Niečo z nej je aj v Prešovskom planetáriu. Lebo práve na takom mieste je možno najbližšie vesmíru a ľuďom. Pekne to vyjadril ktosi dôležitý pri vlaňajšom otvorení obnoveného Griffithovho observatória pri Hollywoode. Povedal, že je to miesto, ktoré sa dotkne ľudskej mysle a vynesie vás do výšky, pretože významný zmysel tých 93 miliónov investovaných dolárov videl vo výchovnom pôsobení na deti. Niekde sa to chápe, u nás je to tak, ako je. Keď to nebudeme vnímať v takomto kontexte, cítiť zmysel astronómie pre ľudí a ľudí pre astronómiu, ani sa to nemôže zmeniť.

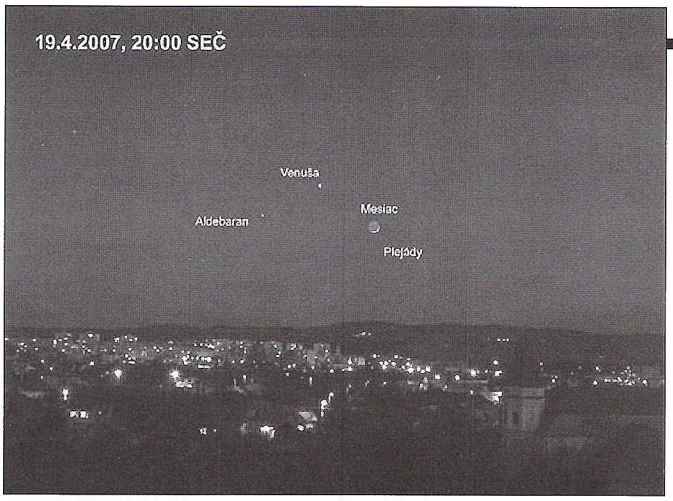
Úcta k práci a osobnostiam by mala byť živá, taká živá, aby bolo cítiť kontinuitu tak, ako ju cítia v ČAS, ako sa to prejavilo pri oslavách 70-tin dr. Grygara. Koľko priekopníkov astronómie na Slovensku je neznámych a pomaly zabudnutých? Niektorí z nich majú svoje mená zvečnené v názvoch astronomických telies a útvarov. Mnohí súčasníci ani netušia, že aj takto astronómia šíri kultúru svojho národa a to aj prostredníctvom webových stránok. Vďaka Petrovi Kušnirákovi za to, že s takou precíznosťou udržiava tú svoju o asteroidoch, súvisiacich so Slovenskom, či Jánovi Svoreňovi za snahu informovať o kométach. Túto medzeru v historickom povedomí iste pomôže zaplniť aj pripravovaná kniha Ladislava Drugu z dejín astronómie na Slovensku, či začínajúce múzeum astronómie na Slovensku v Hurbanove. O význame astronómie pre širokú verejnosť svedčí i pripravovaný Medzinárodný rok astronómie 2009. Astronómia sa nemusí stať perlou, ale môže byť tým potrebným zrnkom k jej vytvoreniu, ako sa to stalo pri toľkých osobnostiach. Oni všetci sú totiž naším kultúrnym dedičstvom, tým nehmotným, ktoré je potrebné chrániť o to viac, že existuje len v našej pamäti a v našich srdciach. Prečo to všetko píšem? Asi preto, že mi raz jedna stará múdra pani povedala, „nenoste mi kvety na hrob, noste mi ich, kým som živá".

DANA RAPAVÁ

Predám lacno achromatický objektív s priemerom 250 mm a ohniskom 2500 mm aj s rozrobeným duralovým tubusom, ako aj binar s priemerom objektívov 130 mm a ohniskom 1000 mm zv. 67. Tel.: 02 628 022 05.

Prodám astronomický dalekohled typu Newton 120/1000 mm s hledáčkem na německé montáži bez pohonu s aretací. Montáž z nerezových trubek + duralové součástky. Kompletně domácí výroba. Cena 6000 KČ. Dohoda možná. Dále prodám astronomický dalekohled typu Newton 114/500 mm s hledáčkem bez montáže tovární výroby zn. Bresser optik. Cena 3000 KČ. Dohoda možná. David Vodecký, Kostkov 395, Návsí 739, ČR. Tel.: +420 776 182 919.

Koupím okulárový revolver pro 5 okulárů (4× nasazení 24,5mm, 1× nasazení na závit M44×1) od fy Zeiss. Cenu respektuji. Ing. Igor Konečný, J. E. Purkyně 2990, 73801 Frýdek Místek, tel. 732341225, nebo večer 558628965, e-mail: hyperlink mailto:igor.konecny@volny.cz, igor.konecny@volny.cz.



Obloha v kalendári

apríl – máj 2007

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

Aj keď tohtoročná zima nevynikala nízkymi teplotami, iste príchod jari a teplejších nocí pozorovateľov poteší. Na oblohe budú všetky planéty, Merkúr je dokonca v najvýhodnejšej tohtoročnej elongácii. Lahôdkou bude zákryt Saturna Mesiacom, a ak sme neuspeli v marci, máme šancu na skvelý reparát. Po krásnej kométe McNaught sa trošku uskromníme. Na oblohe síce budú dve relatívne jasné kométy, no musíme ich loviť len v neveľkých uhlových vzdialenostiach od Slnka. Po dlhšom čase sú v činnosti dva hlavné meteorické roje, aj keď pozorovacie podmienky nie sú ideálne. Keď to všetko zhrnieme, môžeme sa tešiť na pekné pozorovacie zážitky.

Planéty

Merkúr je začiatkom apríla takmer nepozorovateľný, nakoľko vychádza len na začiatku občianskeho súmraku ako objekt 0 mag. V ďalších dňoch sa situácia ešte zhoršuje, nakoľko uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje, čo súvisí s blížiacou sa hornou konjunkciou so Slnkom 3. 5. Po konjunkcii so Slnkom sa však podmienky jeho viditeľnosti rýchlo zlepšujú, nakoľko sa blíži k júnovej maximálnej elongácii (2. 6.: 23,4°), ktorá je najvýhodnejšou v tomto roku. Od 10. 5. (–1,5 mag) by sme Merkúr mali nájsť bez väčších problémov na večernej oblohe, najlepšie pozorovacie podmienky sú od 15. 5. (–1,1 mag). Do konca mája jeho jasnosť poklesne na 0,4 mag, no elongácia bude 23° a pri západe Slnka je vo výške 17°. Od 10. 5. do 30. 5. sa jeho zdanlivý uhlový priemer zväčší z 5,3 na 7,7", fáza sa bude zmenšovať z 0,9 na 0,4. Koncom mája ho v ďalekohľade uvidíme podobne ako Mesiac pred prvou štvrťou.

1. 4. je v konjunkcii s Uránom, no na presvetlenej oblohe bude Urán pozorovateľný len s problémami. 16. 4. je v konjunkcii s tenkým kosáčikom ubúdajúceho Mesiaca, no pri východe Slnka je Merkúr (–0,5 mag) len 2° nad obzorom... 18. 5. je v konjunkcii s Mesiacom, a tak 17. 5. po západe Slnka sa naskytá možnosť urobiť niekoľko zaujímavých fotografií, napriek tomu, že uhlová vzdialenosť oboch telies bude takmer 4°.

Venuša (–4 až –4,3 mag) bude skvelou ozdobou večernej oblohy, podmienky jej viditeľnosti sú veľmi dobré a stabilné počas oboch mesiacov. Jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa zväčší z 36 na 45°, uhlový priemer zväčší z 13,7 na 21,7" a fáza zmenší z 0,8 na 0,5. Dobré pozorovacie podmienky môžu byť inšpiráciou na zaznamenanie zmeny jej fázy. 12. 4. bude prechádzať necelé 3° pod Plejádami čo je príležitosť niekoľko dní pred a po priblížení zaznamenať jej vlastný pohyb na oblohe na zaujímavom hviezdnom pozadí. 19. a 20. apríla celú scenériu prikrášli ešte Mesiac, a tak sa fotografi zrejme nudiť nebudú...

20. 4. a 20. 5. bude v konjunkcii s Mesiacom, ani jedna z nich však nenastáva nad obzorom na večernej oblohe. Výhodnejšia je konjunkcia májová: 19. 5. pred západom oboch telies bude ich uhlová vzdialenosť 2,5°.

Mars (1,1 – 0,8 mag) má zlepšujúce sa podmienky viditeľnosti. Začiatkom apríla vychádza začiatkom nautického súmraku, koncom mája už 1,5 h po polnoci. Bude sa presúvať z Kozorožca cez Vodnára do Rýb. Jeho vlastný pohyb si môžeme najlepšie všimnúť v blízkosti jasných hviezd (4. 4. ι Aqr, 13. 4. σ Aqr, 21. 4. λ Aqr, 28. 4. φ Aqr). Jasnosťou nevyniká, nakoľko je od nás ďaleko (1,9 – 1,6 AU), no na oblohe by sme mali nájsť bez väčších problémov ako červenkastý, pokojne svietiaci objekt.

14. 4. bude v tesnej konjunkcii s Mesiacom, najbližšie (1°) uvidíme obe telesá hneď po ich východe, mimo nášho územia bude pozorovateľný zákryt. Lepšie podmienky konjunkcie však nastanú 13. 5., uhlová vzdialenosť oboch telies od Slnka bude väčšia, vychádzajú už pred nautickým súmrakom, ich vzdialenosť bude 2,5°. 29. 4. určite stojí za pozornosť konjunkcia Marsu s Uránom, na farebnej fotografii bude pekne kontrastovať rozdielna farba oboch planét a v blízkosti bude aj hviezda červenkastá hviezda φ Aqr (4,2 mag).

Jupiter (–2,3 až –2,6 mag) v Hadonosovi vychádza začiatkom apríla po polnoci, no jeho viditeľnosť sa predlžuje a koncom mája je už pozorovateľný celú noc, nakoľko 6. 6. je v opozícii so Slnkom. Obdobie okolo opozície je najvhodnejším na pozorovanie, už v malom ďalekohľade uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace a výkonnejším prístrojom sa môžeme pokochať jeho oblačnými pásmi i Veľkou červenou škvrnou. 6. 4. je v zastávke a začne sa pohybovať spätne, t. j. západným smerom. Konjunkcie s Mesiacom 8. 4. a 5. 5. sú len málo zaujímavé, ich vzájomná vzdialenosť neklesne pod 6° a to ešte pri veľkej fáze Mesiaca.

Saturn (0,2 – 0,5 mag) nájdeme z západnej časti Leva. Začiatkom apríla zapadá až nadránom, koncom mája o polnoci. 20. 4. je stacionárny a začne sa pohybovať v priamom smere. Jeho vlastný pohyb si všimneme podľa hviezdy SAO 98561 (6,3 mag), ktorá je 1. 4. len 9' východne od Saturna. V ďalekohľade uvidíme aj jeho prstence z južnej strany. 25. 4. je v tesnej konjunkcii s Mesiacom, táto však nastáva pod obzorom, a tak obe telesá uvidíme najbližšie 25. a 26. 4. po polnoci pred ich západom, no už v úctivej vzdialenosti 6°. Všetko si však vynahradíme 22. 5., keď bude od nás pozorovateľný zákryt Saturna Mesiacom. Oproti marcovému zákrytu bude Mesiac tentokrát pred prvou štvrťou, a tak pri fotografovaní vstupu za neosvetlenú časť nebudeme mať žiadne problémy s expozíciou. Začiatok zákrytu (prstenca) nastane o 20:29:57, koniec o 21:36:20 SEČ. Vstup aj výstup bude trvať vyše minúty(68 a 63 s).

Urán (5,9 mag) je v západnej časti Vodnára a začiatkom apríla je viditeľný malým ďalekohľadom len krátko pred východom Slnka, no do konca mája sa podmienky zlepšia a Urán vychádza už necelú hodinu po polnoci. V druhej aprílovej dekáde bude 0,3° nad hviezdou ι Aqr (4,2 mag), a tak by sme ho mohli nájsť na oblohe aj voľným okom. 1. 4. je v konjunkcii s Merkúrom na presvetlenej oblohe. 14.4. je v tesnej konjunkcii s Mesiacom (u nás však pod obzorom, mimo nášho územia nastane aj zákryt). Ďalšia tesná (0,5°) konjunkcia 12. 5. nastáva počas dňa...

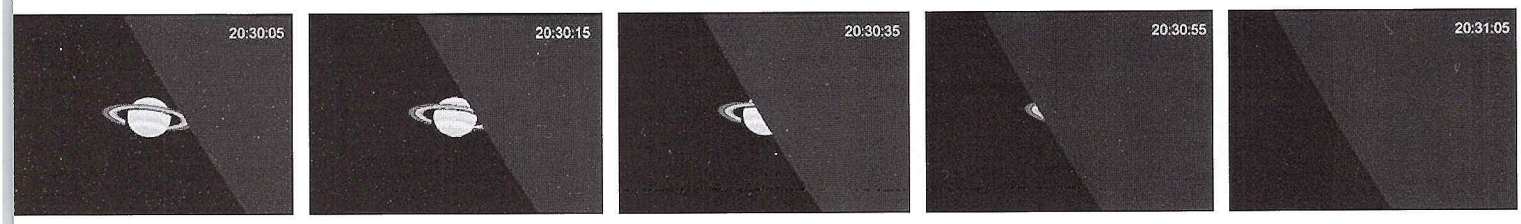
Neptún (7,9 mag) je vo východnej časti Kozorožca a viditeľnosť má o niečo lepšiu ako Urán, nakoľko je na oblohe 25° západnejšie. V apríli vychádza počas astronomického súmraku, koncom mája je už nad obzorom v druhej polovici noci, triédrom ho nájdeme 2,3° severne od γ Cap (3,7 mag). 25. 5. je stacionárny a začne sa pohybovať spätne. 13. 4. je v konjunkcii (2,8°) s ubúdajúcim Mesiacom, ďalšia konjunkcia 10. 5. nastáva pod obzorom.

Mesiac krátko po nove môžeme uvidieť 18. 4., na konci občianskeho súmraku bude vo výške 11° a v tom čase bude 30,5 hodiny po nove. Podmienky sú teda veľmi dobré, a tak si stačí len prichystať triéder a vhodný objektív na fotografovanie tohto tenučkého kosáčika (jeho hrúbka bude menej ako 1'). Ďalšia šanca bude 17. 5. O 19:53 bude Mesiac bude vo výške 6° a len 23,4 hodiny po nove.

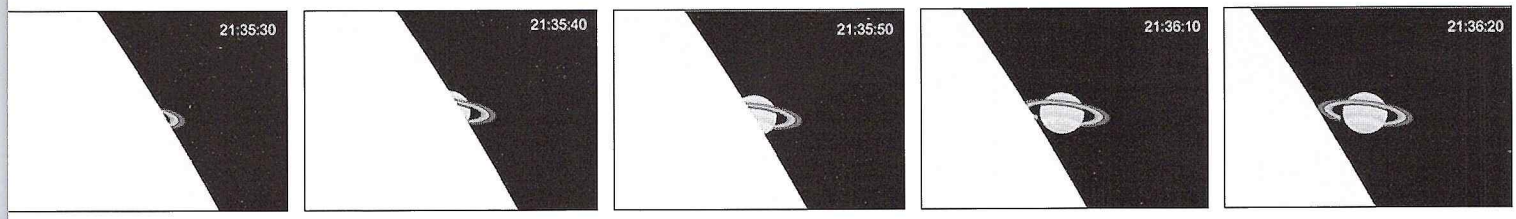
Dotyčnicové zákryty do 8 mag sa nášmu územiu vyhýbajú. Výnimku potvrdzuje len 19. 5., keď Slovensko križuje od Oravskej Lesnej po Plešivec hranica zákrytu hviezdy ZC 1028 (7,5 mag), ktorý nastáva 13° na neosvetlenej strane. Mesiac je vo výške 12°.

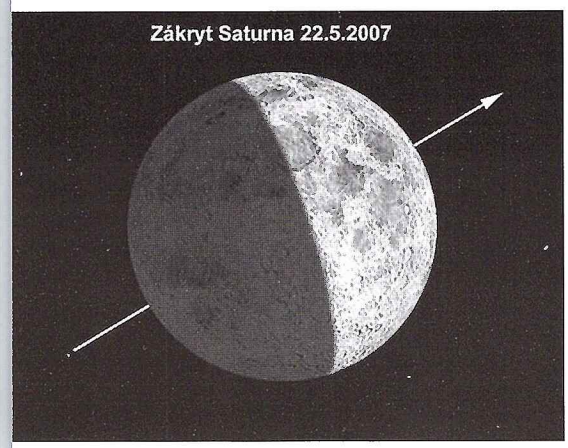
13.4. je však u našich susedov (Debrecín, Mukačevo) ešte na dennej oblohe pozorovateľný

Zákryt Saturna Mesiacom – vstup



Zákryt Saturna Mesiacom – výstup





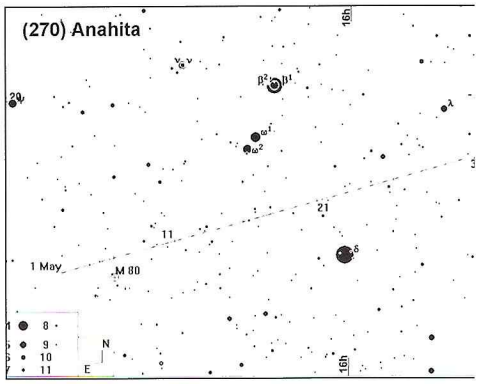
zákryt hviezdy δ Cap (2,9 mag). 21. 4. bude zákryt hviezdy X 8040 (6,7 mag) u našich severných susedov (Kielce, Rzeszów). 23. 5. bude ďalší denný dotyčnicový zákryt, osvetlená južná strana Mesiaca zakryje tentokrát Regula (1,4 mag). Zákryt bude viditeľný aj menšími prístrojmi, no aj v tomto prípade je nutné vycestovať, hranica zákrytu je južne od nášho územia (Linz, Sombathely). Podrobnejšie údaje sú na www.astrors.szm.sk.

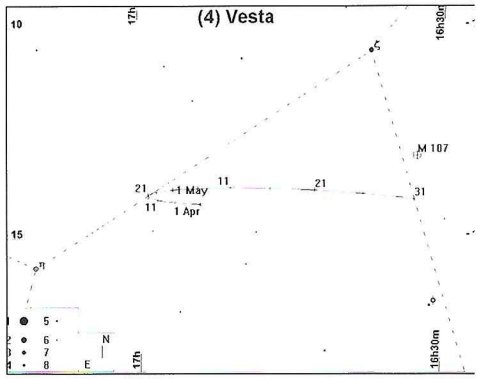
Planétky

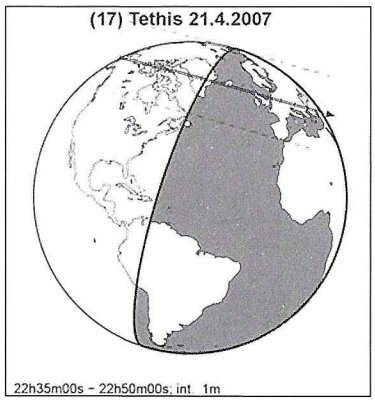
Do 11. mag bude v opozícii 5 planétiek: (516) Amherstia (1. 4.; 10,5 mag), (3) Juno (10. 4.; 9,7 mag), (28) Bellona (10. 4.; 10,6 mag), (270) Anahita (23. 5.; 10,8 mag), (21) Lutetia (30. 5.; 9,9 mag), (4) Vesta (30. 5.; 5,4 mag).

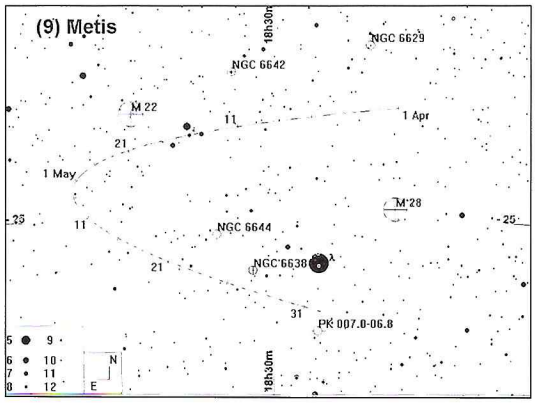
Najjasnejšou planétkou bude (4) Vesta, ktorá v opozícii dosiahne 5,4 mag a bude teda viditeľná aj voľným okom. 18. 4. je v zastávke a začne sa pohybovať spätne. Koncom mája, keď bude najjasnejšia ju nájdeme medzi hviezdami ζ Oph (2,5 mag) a φ Oph (4,3 mag) a stupeň severne nájdeme guľovú hviezdokopu M 107 (7,9 mag). Planétka (9) Metis opisuje v Strelcovi kľučku a prechádza v blízkosti niekoľkých zaujímavých objektov, malou chybičkou je však malý výška nad obzorom. (270) Anahita začína svoju aprílovú púť v okolí ρ Oph, ktorá je zahalená do difúznej hmloviny a 5. 5. prejde len kúsok severne od guľovej hviezdokopy M 80.

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (4) Vesta			
1. 4.	$16^h54,0^m$	−14°15,1'	6,7
6. 4.	$16^h56,4^m$	−14°12,2'	6,6
11. 4.	$16^h58,2^m$	−14°08,7'	6,5
16. 4.	$16^h59,0^m$	−14°04,8'	6,4
21. 4.	$16^h59,1^m$	−14°01,0'	6,3
26. 4.	$16^h58,3^m$	−13°57,5'	6,2
1. 5.	$16^h56,7^m$	−13°54,6'	6,0
6. 5.	$16^h54,2^m$	−13°52,6'	5,9
11. 5.	$16^h51,0^m$	−13°51,8'	5,8
16. 5.	$16^h47,1^m$	−13°52,4'	5,7
21. 5.	$16^h42,7^m$	−13°54,7'	5,6
26. 5.	$16^h37,8^m$	−13°59,0'	5,5
31. 5.	$16^h32,8^m$	−14°05,4'	5,4
Efemerida planétky (9) Metis			
1. 4.	$18^h24,4^m$	−23°50,6'	11,3
6. 4.	$18^h28,3^m$	−23°56,1'	11,3
11. 4.	$18^h31,6^m$	−24°02,2'	11,2
16. 4.	$18^h34,4^m$	−24°08,9'	11,1
21. 4.	$18^h36,5^m$	−24°16,4'	11,0
26. 4.	$18^h38,0^m$	−24°24,9'	11,0
1. 5.	$18^h38,9^m$	−24°34,5'	10,9
6. 5.	$18^h39,0^m$	−24°45,1'	10,8
11. 5.	$18^h38,4^m$	−24°56,9'	10,7
16. 5.	$18^h37,0^m$	−25°09,6'	10,6
21. 5.	$18^h34,9^m$	−25°23,2'	10,5
26. 5.	$18^h32,1^m$	−25°37,4'	10,3
31. 5.	$18^h28,6^m$	−25°51,9'	10,2
Efemerida planétky (270) Anahita			
1. 5.	$16^h20,9^m$	−22°52,7'	11,7
6. 5.	$16^h17,1^m$	−22°39,3'	11,5
11. 5.	$16^h12,7^m$	−22°23,3'	11,4
16. 5.	$16^h07,7^m$	−22°04,7'	11,2
21. 5.	$16^h02,4^m$	−21°43,9'	11,0
26. 5.	$15^h56,9^m$	−21°21,5'	10,9
31. 5.	$15^h51,4^m$	−20°58,0'	11,1





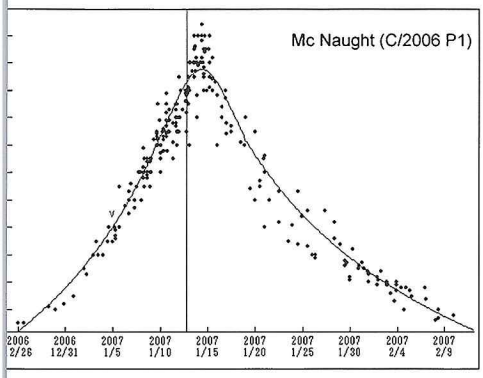




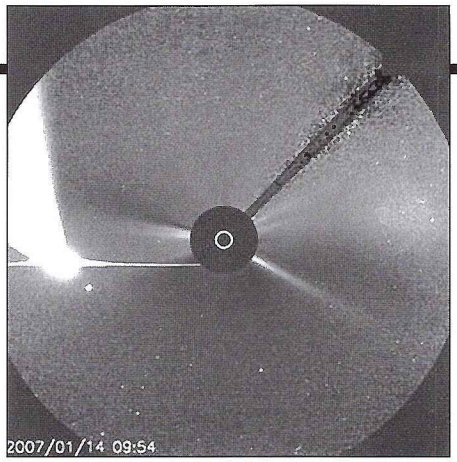
Zákryty hviezd planétkami budú z nášho územia pozorovateľné len v rámci neurčitosti nominálnej predpovede, vážni záujemcovia nech sledujú upresnenia na stránke http://mpocc.astro.cz.

Kométy

Kométa McNaught (C/2006 P1) v januári pripravila skutočne veľkolepé divadlo. Perihéliom prešla 12. 1., bola pozorovateľná aj počas dňa, jasnosťou prevyšovala Venušu... Priebeh jasnosti je na obrázku (Yoshida). Fascinujúce boli zábery z ko-

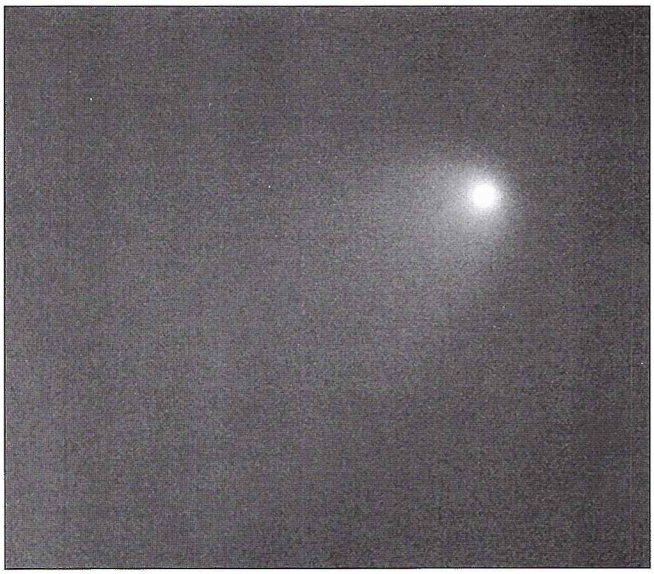


Graf jasnosti kométy McNaught.



Kométa McNaught v koronografe sondy SOHO.

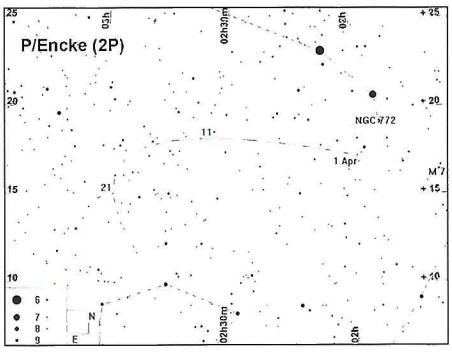
ronografu sondy SOHO, z južnej pologule bola po perihéliu úžasným objektom. Aj po perihéliu, keď kométa zapadala skôr ako Slnko, bolo možné aj z našich zemepisných šírok pozorovať jej prachový chvost s riasovitou štruktúrou. Našinci si však túto kométu užili len málo, nakoľko počasie bolo na našom území dlhodobo nepriaznivé. Začiatkom apríla má ešte stále 10 mag, no je pozorovateľná len z južnej oblohy.

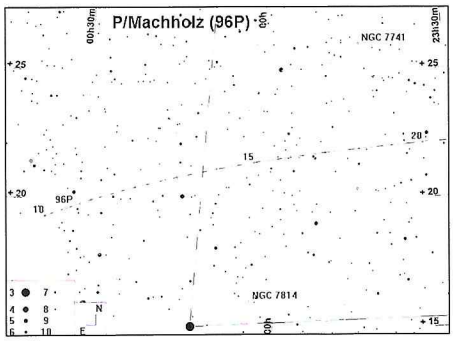


Hlava kométy McNaught exponovaná napoludnie 15. 1. 2007 refraktorom 160/2450 CCD kamerou SHT časom 1 ms. Kométa bola len 7° od Slnka vo výške 15° nad obzorom. Foto: P. Rapavý

Krátkoperiodická P/Encke (2P) je začiatkom apríla na večernej oblohe krátko po západe Slnka. Perihéliom prejde 19. 4., po jeho prechode svoj pohyb južným smerom zrýchli a stane sa nepozorovateľnou, 27. 4. už zapadá súčasne so Slnkom. V máji sa síce jej uhlová vzdialenosť od Slnka zväčšuje, no geometrické podmienky sú nepriaznivé a nebude pozorovateľná, keďže vychádza súčasne so Slnkom.

P/Machholz (96P) prejde perihéliom 4. 4. ako objekt 2. mag, no pri malej uhlovej vzdialenosti od Slnka bude nepozorovateľná. Lepšie pozorovacie podmienky sú od 10. 4., no kométa pomerne rýchle slabne a v prvej dekáde mája sa dostane pod 12 mag.





Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
Efemerida kométy P/Encke (2P)				
1. 4.	$01^h59{,}0^m$	+17°23,0'	8,5	23,4
3. 4.	$02^h06{,}4^m$	+17°45,2'	8,0	23,2
5. 4.	$02^h14{,}0^m$	+18°04,3'	7,5	23,0
7. 4.	$02^h21{,}7^m$	+18°19,3'	6,9	22,8
9. 4.	$02^h29{,}4^m$	+18°28,6'	6,3	22,5
11. 4.	$02^h36{,}8^m$	+18°30,4'	5,8	22,2
13. 4.	$02^h43{,}8^m$	+18°22,1'	5,2	21,7
15. 4.	$02^h49{,}9^m$	+18°00,9'	4,7	20,9
17. 4.	$02^h54{,}6^m$	+17°23,9'	4,3	19,8
19. 4.	$02^h57{,}4^m$	+16°28,6'	4,0	18,2
21. 4.	$02^h57{,}9^m$	+15°13,6'	3,9	16,1
23. 4.	$02^h56{,}0^m$	+13°39,5'	4,0	13,5
25. 4.	$02^h51{,}6^m$	+11°48,7'	4,2	10,6
Efemerida kométy P/Machholz (96P)				
10. 4.	$00^h37{,}3^m$	+19°20,7'	5,8	14,5
15. 4.	$00^h02{,}6^m$	+21°31,9'	8,1	24,4
20. 4.	$23^h34{,}2^m$	+22°08,7'	9,5	34,1
25. 4.	$23^h09{,}4^m$	+22°09,9'	10,5	43,5
30. 4.	$22^h46{,}0^m$	+21°52,6'	11,2	52,8
5. 5.	$22^h22{,}6^m$	+21°21,6'	11,8	62,2

Tabuľky východov a západov (apríl – máj 2007)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 4.	5:19	18:10	4:47	18:41	4:10	19:20	3:30	19:59
6. 4.	5:09	18:17	4:37	18:49	3:59	19:28	3:18	20:09
11. 4.	4:59	18:24	4:26	18:57	3:47	19:37	3:05	20:19
16. 4.	4:49	18:31	4:16	19:05	3:36	19:45	2:52	20:29
21. 4.	4:39	18:39	4:06	19:13	3:25	19:54	2:38	20:41
26. 4.	4:30	18:46	3:56	19:21	3:14	20:03	2:25	20:52
1. 5.	4:22	18:53	3:47	19:29	3:03	20:13	2:12	21:05
6. 5.	4:13	19:01	3:38	19:37	2:52	20:22	1:58	21:18
11. 5.	4:06	19:08	3:30	19:45	2:42	20:32	1:44	21:31
16. 5.	3:59	19:14	3:22	19:52	2:33	20:41	1:31	21:45
21. 5.	3:54	19:21	3:15	19:59	2:24	20:50	1:17	21:59
26. 5.	3:49	19:27	3:09	20:06	2:16	20:59	1:03	22:14
31. 5.	3:44	19:32	3:04	20:12	2:09	21:07	0:49	22:29

Mesiac

	Východ	Západ
1. 4.	17:07	4:47
6. 4.	22:49	6:07
11. 4.	2:22	10:28
16. 4.	4:07	17:31
21. 4.	6:44	
26. 4.	12:42	2:27
1. 5.	18:19	3:35
6. 5.	23:42	6:04
11.5.	1:37	12:14
16. 5.	3:11	19:26
21. 5.	7:58	
26. 5.	13:54	1:15
31. 5.	19:38	2:42

Merkúr

	Východ	Západ
1. 4.	4:45	15:43
6. 4.	4:40	16:02
11. 4.	4:35	16:25
16. 4.	4:30	16:53
21. 4.	4:26	17:25
26. 4.	4:23	18:00
1. 5.	4:21	18:41
6. 5.	4:22	19:24
11. 5.	4:26	20:07
16. 5.	4:33	20:43
21. 5.	4:43	21:11
26. 5.	4:54	21:27
31. 5.	5:04	21:32

Venuša

	Východ	Západ
1. 4.	6:32	21:32
6. 4.	6:26	21:46
11. 4.	6:21	21:59
16. 4.	6:17	22:12
21. 4.	6:15	22:25
26. 4.	6:14	22:36
1. 5.	6:15	22:45
6. 5.	6:18	22:53
11. 5.	6:22	22:58
16. 5.	6:28	23:01
21. 5.	6:34	23:02
26. 5.	6:42	23:01
31. 5.	6:51	22:57

Mars

	Východ	Západ
1. 4.	4:00	13:57
6. 4.	3:49	13:58
11. 4.	3:38	14:00
16. 4.	3:26	14:01
21. 4.	3:14	14:02
26. 4.	3:02	14:04
1. 5.	2:49	14:05
6. 5.	2:37	14:06
11. 5.	2:24	14:07
16. 5.	2:12	14:08
21. 5.	2:00	14:09
26. 5.	1:47	14:10
31. 5.	1:35	14:10

Jupiter

	Východ	Západ
1. 4.	0:06	8:32
6. 4.	23:43	8:13
11. 4.	23:23	7:53
16. 4.	23:02	7:33
21. 4.	22:41	7:13
26. 4.	22:20	6:52
1. 5.	21:59	6:31
6. 5.	21:38	6:10
11. 5.	21:16	5:49
16. 5.	20:53	5:27
21. 5.	20:31	5:05
26. 5.	20:08	4:43
31. 5.	19:46	4:21

Saturn

	Východ	Západ
1. 4.	13:05	3:51
6. 4.	12:45	3:31
11. 4.	12:25	3:11
16. 4.	12:05	2:51
21. 4.	11:45	2:31
26. 4.	11:26	2:12
1. 5.	11:07	1:52
6. 5.	10:47	1:33
11. 5.	10:29	1:14
16. 5.	10:10	0:54
21. 5.	9:52	0:35
26. 5.	9:34	0:16
31. 5.	9:16	23:54

Urán

	Východ	Západ
1. 4.	4:38	15:48
6. 4.	4:19	15:30
11. 4.	4:00	15:11
16. 4.	3:41	14:53
21. 4.	3:22	14:34
26. 4.	3:02	14:16
1. 5.	2:43	13:57
6. 5.	2:23	13:39
11. 5.	2:04	13:20
16. 5.	1:45	13:01
21. 5.	1:26	12:42
26. 5.	1:06	12:23
31. 5.	0:47	12:04

Neptún

	Východ	Západ
1. 4.	3:43	13:33
6. 4.	3:24	13:13
11. 4.	3:05	12:54
16. 4.	2:45	12:35
21. 4.	2:25	12:16
26. 4.	2:06	11:57
1. 5.	1:47	11:38
6. 5.	1:27	11:18
11. 5.	1:08	10:59
16. 5.	0:48	10:39
21. 5.	0:28	10:20
26. 5.	0:09	10:00
31. 5.	23:45	9:41

Zákryty hviezd Mesiacom (apríl – máj 2007)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
4. 4.	20 27 24	R	20149	6,2	+88N	302	30	33
4. 4.	21 19 56	R	20178	5,9	+65N	324	26	–9
5. 4.	2 44 26	R	20283	7,0	+52S	262	91	–71
5. 4.	2 45 55	R	20285	6,6	+51S	261	90	–71
6. 4.	2 6 18	R	21063	6,5	+29S	232	145	5
7. 4.	1 6 59	R	21972	7,0	+80N	297	91	–1
20. 4.	20 6 00	D	6393	7,0	+84N	74	3	–59
21. 4.	18 44 37	D	8040	6,7	+39N	36	114	64
23. 4.	19 42 11	D	12056	6,3	+25S	166	–16	–195
24. 4.	19 5 26	D	13520	6,7	+88S	108	80	–85
26. 4.	19 13 53	D	15667	6,0	+11S	191	–49	–259
26. 4.	22 18 9	D	15797	3,8	+60N	82	78	–86
26. 4.	23 8 20	R	15797	3,8	–35N	347	–4	–146
26. 4.	23 59 52	D	15851	5,7	+60S	142	2	–125
5. 5.	2 9 20	R	22572	6,0	+31S	229	87	–13
7. 5.	1 17 34	R	25577	6,8	+48N	312	97	–2
11. 5.	2 22 26	R	30536	5,3	+88S	247	57	97
18. 5.	19 34 44	D	7174	6,3	+70N	59	0	–42
20. 5.	21 10 58	D	11616	3,6	+73N	81	–7	–72
20. 5.	21 55 54	R	11616	3,6	–52N	316	–37	–90
21. 5.	21 52 31	D	13182	6,7	+83N	97	–11	–86
23. 5.	15 23 40	D	15260	1,4	+17S	184	1	–251
23. 5.	16 4 28	R	15260	1,4	–44S	245	181	142

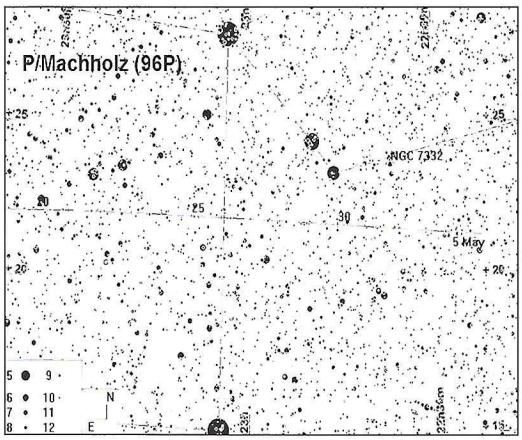
Predpovede sú pre polohu $\lambda_0 = 20°E$ a $\varphi_0 = 48{,}5°N$ s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu λ, ϕ sa čas počíta zo vzťahu $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$, kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

Meteory

Maximum Lyríd je predpovedané na 22.4. asi polhodinu pred polnocou. Typická frekvencia Lyríd je 15 – 20 meteorov za hodinu, no býva silne premenlivá a môže krátkodobo dosiahnuť ZHR 60 až 90. Po dlhšom pôstnom období je to teda šanca vidieť viacej meteorov. Mesiac je pred prvou štvrťou, zapadne až hodinu po polnoci, no našťastie je dostatočne ďaleko od radiantu. Radiant bude vo výške 30° okolo 22. hod.

η Akvaridy sú geneticky spojené s Halleyovou kométou, ich frekvencie bývajú pomerne stabilné, ostrejšie maximá sa nevyskytujú. U nás vychádza radiant len začiatkom astronomického súmraku, v tomto roku bude navyše ešte rušiť aj Mesiac po splne. Pozorovatelia však bývajú odmenení krásnymi dlhými meteormi... U roja bola zistená 12-ročná periodicita zvýšenej aktivity spôsobená vplyvom Jupitera. Vyššia aktivita sa očakáva od roku 2008.

PAVOL RAPAVÝ



Meteorické roje (február – marec 2007)

Roj	Aktivita	Max.	Radiant RA	Radiant D	Pohyb rad. °/deň RA	Pohyb rad. °/deň D	V. km/s	ZHR	Zdroj
VIR	25. 1. – 15. 4.	(24.3.)	13:00	–04	0,5	–0,3	30	5	IMO
LBR	15. 4. – 30. 4.		15:12	–18	1,1	–0,2	30	5	ALPO
LYR	16. 4. – 25. 4.	22. 4.	18:05	+34	1,1	0,0	49	18	IMO
ABO	14. 4. – 12. 5.	28. 4.	14:32	+19	0,9	–0,1	20	2	ALPO
ETA	19. 4. – 28. 5.	6. 5.	22:32	–01	0,9	+0,4	66	60	IMO
ASC	1. 5. – 31. 5.	16. 5.	16:12	–21	1,1	–0,1	35	5	ALPO
SAG	15. 4. – 15. 7.	(19. 5.)	16:28	–22	0,8	–0,1	30	5	IMO
OSC	23. 5. – 15. 6.	2. 6.	15:56	–20	1	–0,1	21	5	DMS

VIR – Virginidy, LBR – Libridy, LYR – Lyridy, ABO – α Bootidy, ETA – η Akvaridy, ASC – α Škorponidy, SAG – Sagitaridy, OSC – ϖ Škorpionidy

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

Kalendár úkazov a výročí (apríl – máj)

1. 4.	19,5	Merkúr v konjunkcii s Uránom (Merkúr 1,5° južne)	20. 4.	2,4	Saturn v zastávke, začína sa pohybovať priamo
1.	4.	planétka (516) Amherstia v opozícii (10,5 mag)	20. 4.	7,5	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 2,5° južne)
2. 4.	18,3	Mesiac v splne	22. 4.	23,5	maximum meteorického roja Lyridy (ZHR 18)
6. 4.	2,7	Jupiter v zastávke, začína sa pohybovať spätne	23. 4.		215. výročie (1792) narodenia J. Robinsona
8. 4.	10,0	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 6,6° severne)	24. 4.	7,6	Mesiac v prvej štvrti
10. 4.	19,1	Mesiac v poslednej štvrti	25. 4.	9,9	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 0,5° južne) mimo nášho územia zákryt
10. 4.		planétka (3) Juno v opozícii (9,7 mag)	26. 4.		130. výročie (1877) narodenia L. Terkána
10. 4.		planétka (28) Bellona v opozícii (10,6 mag	29. 4.	5,6	Mars v konjunkcii s Uránom (Mars 0,7° južne)
11.4.		Venuša v konjunkcii s Plejádami	30. 4.	11,9	Mesiac v odzemí (406 188 km)
12. 4.		Svetový deň kozmonautiky	30. 4.		230. výročie (1777) narodenia K. F. Gaussa
13. 4.	1,6	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 2,8° severne)	30. 4.	19,2	Merkúr v odzemí (1,32894 AU)
14. 4.	1,9	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 0,5° južne)	2. 5.	11,2	Mesiac v splne
14. 4.	21,1	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 0,3° južne)	3. 5.	5,2	Merkúr v hornej konjunkcii
15. 4.		300. výročie (1707) narodenia L. Eulera	4. 5.		40. výročie (1967) Lunar Orbiteru 4
16. 4.	7,9	Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 3,5° južne)	5. 5.	12,4	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 6,1° severne)
16. 4.		35. výročie (1972) Apolla 16	6. 5.		maximum meteorického roja η Akvaridy (ZHR 60)
16. 4.		325. výročie (1682) narodenia J. Hadleya	6. 5.		135. výročie (1872) narodenia W. de Sittera
16.4.		140. výročie (1867) narodenia W. Wrighta	8. 5.	21,1	Merkúr v prísln (0,3075 AU)
16.4.		555. výročie (1452) narodenia L. da Vinci	10. 5.	5,5	Mesiac v poslednej štvrti
17.4.	7,0	Mesiac v prízemí (357121 km)	10. 5.	11,9	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 2,0° severne)
17.4.		40. výrocie (1967) Surveyoru 3	12. 5.	7,6	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 0,5° južne)
17.4.	12,6	Mesiac v nove	12. 5.	23,7	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 1,8° južne)
18.4.	18,2	planétka (4) Vesta v zastávke, začína sa pohybovať spätne	15. 5.	16,0	Mesiac v prízemí (359 382 km)
19. 4.	6,3	Venuša v prísln (0,71843 AU)	16. 5.	20,5	Mesiac v nove
19. 4.		25. výročie (1982) vesmírnej stanice Saľut 7	18. 5.	0,7	Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 2,1° južne)
			19. 5.		maximum meteorického roja Sagitaridy (ZHR 5)
			20. 5.	2,4	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 0,7° južne)
			22. 5.	21,1	Saturn v konjunkcii s Mesiacom – zákryt (Saturn 0,0° južne)
			23. 5.	16,7	konjunkcia Mesiaca s Regulom (Regulus 13´ južne, denný zákryt)
			23. 5.	22,0	Mesiac v prvej štvrti
			23. 5.		planétka (270) Anahita v opozícii (10,8 mag)
			25. 5.	7,4	Neptún v zastávke, začína sa pohybovať spätne
			25. 5.		80. výročie (1927) narodenia M. Brezinu
			27. 4.		110. výročie (1897) narodenia sira J. D. Cocrofta
			27. 5.	23,2	Mesiac v odzemí (405 447 km)
			30. 5.		planétka (21) Lutetia v opozícii (9,9 mag)
			30. 5.		planétka (4) Vesta v opozícii (5,4 mag)
			31. 5.		95. výročie (1912) narodenia M. Schwarzsilda
			1. 6.	2,1	Mesiac v splne
			1. 6.	2,1	konjunkcia Mesiaca s Antaresom (Antares 1,3° severne)
			1. 6.	12,2	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 6° severne)
			2. 6.	11,0	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (23,4°)
			4. 6.	13,5	Mars v prísln (1,38147 AU)
			6. 6.	0,1	Jupiter v opozícii
			6. 6.	16,4	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 1,9° severne)
			7. 6.	14,0	Jupiter v prízemí (4,30436 AU)

ASTRONET – vízia európskej astronómie do 20 rokov

Počiatky astronómie sa neurčujú ľahko. Isté je, že počiatkom éry satelitov a účelnej robotizácie (okolo r. 1959) patrí astronómia medzi najbúrlivejšie sa rozvíjajúce vedy. Neprekvapuje preto, že sa aj Európska únia zamýšľa nad osudom európskej astronómie v horizonte najbližších dvadsiatich rokov. Hodnotí, vyhodnocuje doterajšie výsledky a pripravuje perspektívy.

Stručná história

Nie som si celkom istý, kde a v ktorej kultúre astronómia vyklíčila. Prvé písomné záznamy sú nejednoznačné, neúplné, preto prvenstvo nijakej kultúre nemožno jednoznačne prisúdiť. Pokiaľ by sme prijali za kritérium vzniku astronómie pozorovanie, popis, predpoveď a pochopenie pozorovaného pohybu niektorých telies na oblohe, potom musíme s rešpektom spomenúť niekoľko kultúr a lokalít: starí Číňania, Mayova a Aztékovia, Gréci či Egypťania, prípadne lokality a dôkazové stavby v Európe ako Stonehenge (UK), Goseck (Nemecko) či stavby a rondely v okolí Dunaja (dnešné Rakúsko, Česko, Slovensko atď.).

Prvé stopy praktickej astronómie sa však objavujú iba začiatkom 17. storočia, keď bol údajne vynájdený ďalekohľad niekde v oblasti súčasného Beneluxu a jeho prvé praktické použitie na astronomické účely (G. Galilei) v Taliansku. Bez znalosti astronómie sa však nezaobišli ani dávni navigátori námornej plavby.

Skutočnou vedou sa astronómia stáva v Európe. Európa má však vlastné priority, vývoj a rytmus, ktorý astronómii nie vždy žičil. Iba vďaka nadšeniu vtedajších priekopníkov-vedcov či trvalejšej priazni osvietených panovníkov a ich poradcov prenikla astronómia aj na kráľovské dvory, aby sa v novoveku postupne celkom osamostatnila.

Vízia Astronet

V posledných desaťročiach astronómia napreduje prakticky na všetkých frontoch. Objavy exoplanét, prieskum okrajov Slnečnej sústavy (degradácia planéty Pluto!), rôznorodá aktivita hviezd a magnetické cykly, okolohviezdne obálky a disky, prvopočiatky vesmíru, to všetko tvorí iba zlomok čoraz rozvetvenejšieho výskumu vyše sedemdesiatich oborov astronómie.

Každá takáto astronomická špecializácia má dnes svoje pracovné mítingy či sumárne kolokviá a sympóziá. Bolo preto iba otázkou času, kedy sa európska astronómia opýta ako ďalej v novom miléniu. Tak prichádza na scénu Astronet – vízia európskej astronómie pre najbližších 20 rokov.

Skupina európskych astronómov vytvorila subjekt Astronet (kooperáciu európskych krajín), pripravila štúdiu perspektív európskej astronómie, potom zorganizovala Internetové diskusné fórum a neskôr aj prvé pracovné stretnutie/sympózium v období 23 – 25 január 2007 v mestečku Poitiers vo Francúzsku. Cieľom tohto stretnutia bolo diskutovať, uzavrieť diskusiu, vydať záverečný dokument týkajúci sa perspektív astronómie a začať podľa neho pracovať v najbližších rokoch.

Diskusia bola rozdelená do 4 hlavných častí/panelov:

- ako a či rozumieme niektorým extrémnym prejavom vesmíru
- ako sa sformovali a vyvinuli galaxie vo vesmíre
- aký je pôvod a vývoj hviezd a planét
- akú úlohu hráme vo vesmíre my a naša planéta Zem

Panel A

Táto časť sa ďalej rozvinula otázky, zodpovedanie ktorých by malo osvetliť základnú otázku tohto tematického panelu. Išlo predovšetkým o podotázku ako sa vesmír zrodil, čo je tmavá hmota a tmavá energia, ako môžeme pozorovať silné prejavy gravitácie, aký je mechanizmus pri supernovách a vzplanutiach žiarenia gama, aký je mechanizmus a prejav hmoty v blízkosti čiernych dier a ako rozumieme prejavom vysokoenergetických častíc vo vesmíre.

Panel B

Aj v tejto časti sa vyskytli detailnejšie pohľady a podotázky. Ako môžeme pozorovať a ako rozumieme „tmavému obdobiu" vesmíru, pred sformovaním prvých kvazarov a galaxií, aké sú dominantné zdroje reionizácie vo vesmíre, ako sa vyvinula sieť kôp galaxií a medzigalaktického plynu, aká je história formovania ťažších elementov vo vesmíre, v galaxiách a medzi nimi, aká je podrobná história vzniku a vývoja našej vlastnej Galaxie.

Panel C

Táto časť sa zaoberala kľúčovými otázkami – aký je podrobný cyklus premeny hmoty z medzihviezdneho prostredia na hviezdy a spätný cyklus produkcie nami známej, svietiacej hmoty (baryóny), formovanie hviezd a hviezdokôp, úloha turbulencie, a pochopiteľne, magnetických polí, podrobný vývoj ťažších prvkov v spojitosti s vývojom hviezd, úloha mladých hviezd, vývoj planetárnych sústav, úloha kolízií objektov a pod.

Panel D

Z doterajších poznatkov vyplýva, že naša Slnečná sústava je zatiaľ jedinečná a hrá svoju úlohu pri ľudskom poznávaní vesmíru. V tomto duchu sa niesli kľúčové otázky, ktoré budú určovať najbližší vývoj tejto oblasti astronómie: čo nám môže slnečný výskum povedať o základných astrofyzikálnych procesoch, aký je mechanizmus slnečnej premenlivosti (na všetkých možných škálach), aký je dôsledok tejto aktivity na našu Zem, aká je dynamická história našej Slnečnej sústavy, kde treba hľadať znaky života v našej Slnečnej sústave.

Každý z týchto panelov podrobne prediskutoval dané otázky z cieľom nájsť ich optimálne formulácie a navrhnúť experimenty, ktoré by poskytli odpovede v škále asi 20 rokov.

Potom nasledovala plenárna, medzipanelová diskusia, ktorá sa zaoberala niektorými problémami, presahujúcimi rámec jedného panelu. Do týchto tzv. medziodvetví patria po diskusii napríklad: problém hviezdnych populácií, tmavá hmota, vývoj planetárnych sústav, ko-evolúcia galaxií a čiernych dier a pod.

Do nadväznej, metodickej časti patrí napríklad medzinárodná spolupráca pri počítačovom simulovaní, virtuálne observatóriá, spolupráca pri formovaní a riešení teoretických problémov. No a na záver spomeniem niektoré diskusné príspevky, ktoré ma zaujali:

- prvé stretnutie Európskeho astronomického parlamentu;
- až 95 % časovej škály definovanej vesmírom sme schopní detegovať (objekty);
- odlišne organizovaná a financovaná veda v Severnej Amerike;
- EÚ, príprava prvého satelitu na detegovanie polarizácie svetla (až za misiou Planck?);
- zahrnúť do Astronetu tzv. „outsiderov" (krajiny, jednotlivci, špecialisti);
- úloha astronómie v Ázii, ktorá sa o 15 – 20 rokov zmení;
- začať v EÚ (Astronet) so SETI (Search for Extraterrestrial Life);
- monitorovanie počasia, nielen na Zemi;
- narastajúci význam astrobiológie;
- úsilie merať zmeny niektorých fundamentálnych fyzikálnych konštánt;
- Konštatovanie, že *„panel A má nateraz dobrú úlohu. Môže poskytnúť nový pohľad na vznik vesmíru a jeho porozumenie"*. (T. de Zeeuw)
- ďalekohľady triedy 8 – 10 m sú nateraz už len ďalekohľady strednej veľkosti!

Stretnutie sa konalo pod záštitou ESO (European Southern Observatory). Popri národnom dedičstve, ktoré do EÚ prinášajú jednotlivé členské krajiny či krajiny, ktoré sú či budú členmi Astronetu, má EÚ v súčasnosti dobre rozvinutý kozmický program prostredníctvom ESA (European Space Agency) i náročné vedecké programy založené na pozemských pozorovaniach, ktoré sa uskutočňujú rôznymi prístrojmi, s dominantným postavením ESO. *Astronet vytvorila skupina niekoľkých agentúr podporujúcich vedu za účelom dlhodobého plánovania rozvoja Európskej astronómie. Cieľom je udržať a posilniť svetové vedúce postavenie Európskej astronómie, ktoré získala na počiatku 21. storočia.*

Pracovný výbor (Science Vision Working Group) zostavili z vedcov z významných inštitúcií ako Leiden, Oxford, ESA-ESTEC, Max Planck Inst., Paris či Padova a iné. Výboru predsedal T. de Zeeuw z observatória Leiden v Holandsku. Pre každý panel bola ďalej ustanovená medzinárodná skupina vedcov (typicky 10-členná skupina). Išlo teda o dobré zastúpenie a dobre zorganizovaný míting.

Diskutovaný dokument bude zaujímavý nielen adresnými otázkami, ktoré chce v najbližšom čase astronómia zodpovedať, ale aj návrhmi riešení. Zaujímavé bolo porovnanie s vývojom a budúcimi cieľmi astronómie v Severnej Amerike. Sympatické bolo aj pozvanie astronómov z krajín, ktoré len nedávno vstúpili do EÚ klubu či prípadne nie sú členom klubu.

Pochopiteľne, spomenúť treba aj negatíva. Napríklad: vyriešenie problému, či je vesmír otvorený alebo uzavretý, trvalo takmer 100 rokov; prvé a záverečné experimentálne overenia teórií prišli zväčša spoza oceána. Tento trend, dúfajme, nebude pokračovať.

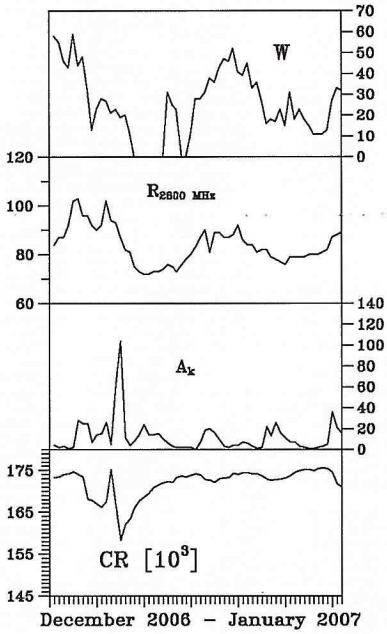
Slovensko reprezentoval aj J. Rybák a Čechy P. Palouš.

URL adresa Astronetu je www.astronet-eu.org.

MILAN ZBORIL
Poitiers, január 2007

Slnečná aktivita

december 2006 – január 2007



Slnečná aktivita je naďalej, podobne ako takmer celý minulý rok, na veľmi nízkej úrovni. Vidíme to na všetkých priebehoch.

V predminulom čísle sme na tomto mieste písali o úspešnom vypustení družice *HINODE* (východ Slnka) určenej na výskum slnečnej činnosti a v minulom čísla sme priniesli aj prvé snímky Slnka, ktoré toto kozmické observatórium získalo.

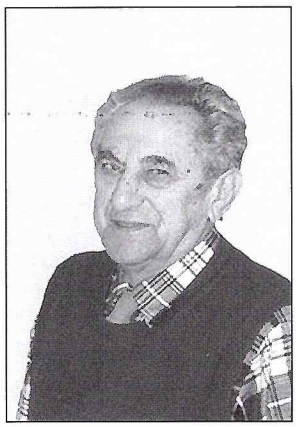
Medzitým pribudli ešte dve mimoriadne zaujímavé kozmické sondy na výskum slnečnej činnosti. Už v minulom čísle o nich podrobne písal T. Přibyl v článku *Cesta za tajemstvím slunečních erupcí.* Sú to dve sondy STEREO, obidve približne na zemskej dráhe, jedna 22,5° pred Zemou a druhá o rovnaký uhol za Zemou. Ich úlohou je získavať trojrozmerný obraz obrovských výronov hmoty zo Slnka, ktoré dostali názov CME (Coronal Mass Ejection). O týchto objektoch sme pred rokom 1970 vôbec nevedeli. Prvýkrát boli pozorované z orbitálnej stanice SKYLAB. Potom už permanentne z automatických družíc OSO 7 a SOLAR MAXIMUM MISSION. Od roku 1996 ich sleduje SOHO. Dnes o nich vieme, že najväčšie z nich majú hmotnosť 10^{14} kg, čo je sto miliárd ton. Na rozdiel od eruptívnych protuberancií ide v tomto prípade o koronálnu hmotu s teplotou cez milión kelvinov. Niekedy sa však vyskytujú spolu. Bývajú spojené s výskytom erupcií, ale tiež nie vždy. O mechanizme vzniku vieme veľmi málo. Pokladáme však za dostatočne preukázané, že sú príčinou geomagnetických búrok, ionosférických porúch a tiež náhlych zmien úrovne kozmického žiarenia. Môžu poškodiť elektronické zariadenia umelých kozmických telies a ohrozujú aj zdravie kozmonautov.

Preto sa ich výskumu pripisuje veľká dôležitosť. Na sondách STEREO sú inštalované rovnaké koronografy ako C2 a C3 LASCO na observatóriu SOHO, takže už v najbližších dňoch budeme mať prvé informácie o priestorových vlastnostiach týchto zaujímavých prejavov slnečnej aktivity.

MILAN RYBANSKÝ

Na ilustračnom obrázku je príklad CME. Koronálny tranzient zo 7. apríla 1997 podľa smímok prístroja LASCO C2 na SOHO. Časy: 14:27, 14:59, 15:21, 15:52 UT.

RNDr. Miloslav Kopecký, DrSc., astrofyzik (1928 – 2006)



Beh času je neúprosný. V sobotu 4. novembra 2006 bol, žiaľ, posledným dňom na životnej púti jedného z najvýznamnejších českých astronómov, RNDr. Miloslava Kopeckého, DrSc., bývalého vedúceho vedeckého pracovníka Astronomického ústavu AV ČR. Žiada sa však podčiarknuť aj jeho úzku väzbu a vplyv na rozvoj astronómie na Slovensku, najmä cez jeho dlhoročnú prácu vo vysokej funkcii predsedu jedného zo 7 celoštátnych programov ČSAV v oblasti Štátneho plánu základného výskumu.

Dr. Kopecký sa narodil 4. mája 1928 v Prahe, kde v roku 1951 ukončil aj štúdium na Prírodovedeckej fakulte Karlovej univerzity. Jediným jeho celoživotným pracoviskom bol Astronomický ústav AV ČR. Už počas štúdia (od r. 1949) mal pracovný úväzok na Observatóriu v Ondřejove. V rokoch 1957 – 1970 bol zástupcom vedúceho Slnečného oddelenia ústavu, neskôr jeho vedúcim a zástupcom riaditeľa pre vedeckú prácu. V roku 1977 bol zvolený za člena korešpondenta ČSAV.

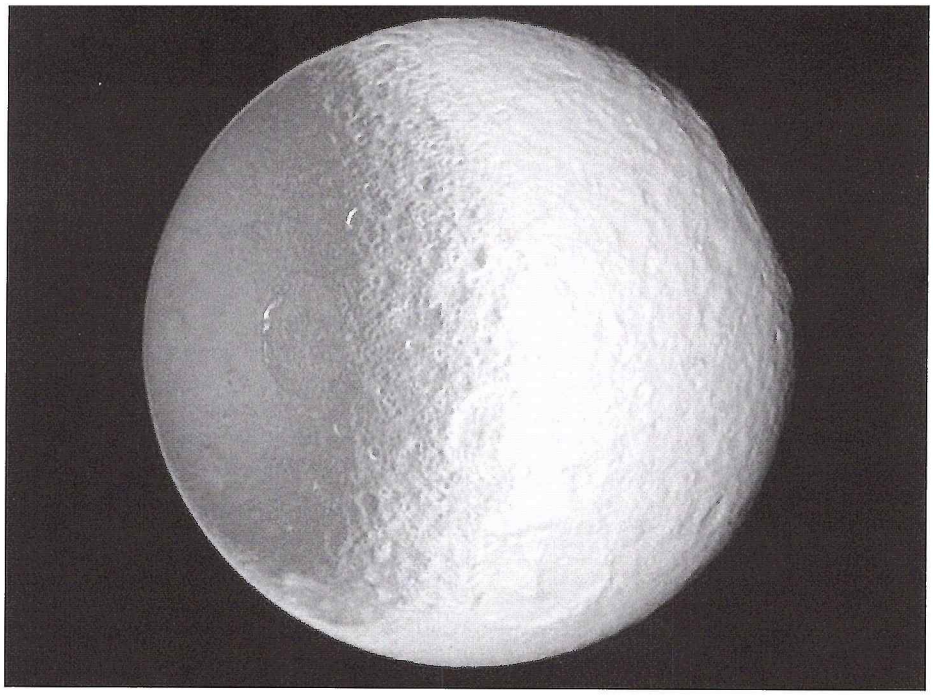
Bibliografia Dr. Kopeckého obsahuje viac ako 200 pôvodných vedeckých prác. Zaoberal sa predovšetkým výskumom periodicity slnečnej činnosti a jej teóriou. Mnoho prác publikoval z oblasti štatistickej analýzy vzniku a vývoja slnečných škvŕn, slnečnej magnetohydrodynamiky a vplyvu slnečnej činnosti na procesy na Zemi. Publikoval štyri monografické práce: *The Outline of the Theory of Distribution and Occurence of Sunspots on the Solar Disc,* Praha 1956, *The Periodicity of the Sunspot Groups,* New York 1967, *Babcock Theory of the 22-year Solar cycle and the Latitude Drift of the Sunspot Zone,* New York 1970, *Statistika pjatnoobrazovatelnoj dejatelnosti Solntsa,* Moskva 1986. Bol aj autorom veľkého počtu popularizačných prednášok a článkov.

V nekrológu len ťažko možno nespomenúť ocenenia a vyznamenania, ktorých. Dr. Kopecký obdržal za vedeckú, pedagogickú a vedecko-organizačnú prácu naozaj mnoho. Medzi najvýznamnejšie patria: 1961 – Štátna cena K. Gottwalda, 1988 – Štátne vyznamenanie Za zásluhy o výstavbu, 1971 – Keplerova medaila, 1978 – Čestná strieborná plaketa ČSAV, 1985 Medaila Tadeáša Hájka, 1986 – Medaila AV SSSR a Striebrná medaila Univ. J. E. Purkyně v Brne, 1989 – Pamätná medaila AV NDR, 1989 – Medaila ČSAV J. E. Purkyně.

Pri spomienke na bežné ľudské vlastnosti a hodnoty Dr. Kopeckého už musím použiť familiárnejšie oslovenie. Lebo, áno, Mílo mi bol, tak ako mnohým iným mladším kolegom, dobrým priateľom a v mnohom aj vzorom a radcom. Bol šťastne ženatý (ovdovel v r. 1994), do posledných chvíľ sa tešil z dvoch synov a už dospelých vnuka a vnučky. Mílo aj po odchode do dôchodku dobudovával a spravoval historický archív ondřejovského observatória. Denne chodil na hvezdáreň, akože na obedy. Ale aj preto, aby si poklebetil s bývalými spolupracovníkmi a ostatnými hvezdárenskými penzistami. Staral sa o kvetiny na záhonoch okolo ústavnej bytovky a rád a dobre varil svojim synom a vnúčatám. Nezabudnem s akou obľubou, plnou vážnosťou a zábavným prízvukom používal slovo „hej" namiesto „áno", keď hovoril s niekym zo Slovenska. Zábavné bolo aj akú sladkú kávu dokázal piť. Keď sme totiž pri spoločnom stolovaní dostali ku káve po dve vrecká cukru, pokladali sme si za povinnosť po jednom z nich venovať Mílovi. A on to zvládol, v jednej káve. Dobrý, pracovitý a zodpovedný človek a kolega odišiel tam, odkiaľ niet návratu. Už mi teda nenapíše tohoročný vianočný pozdrav, tak ako sme si ich posielali po celé desaťročia. Ale, ja na neho nikdy nezabudnem. Tak ako všetci, ktorí ho poznali a si ho vážili.

Július Sýkora

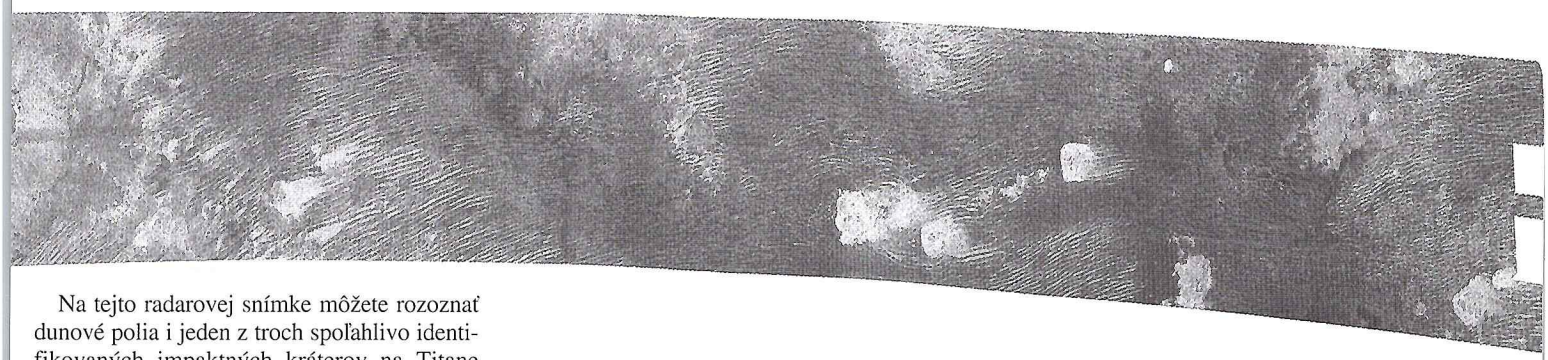
Tethys: dva veľké impakty



Túto snímku Saturnovho mesiaca Tethys exponovala kamera na sonde Cassini na Silvestra 2006. Na snímke zo strany, ktorá je vždy odvrátená od Saturna, rozlíšime dva veľké impaktné krátery. Neďaleko východného okraja mesiaca vidíme kráter Odysseus (priemer 450 km), vľavo od stredu krátery Penelope a Melanthius. Povrch Tethysu sa doteraz nepodarilo nasnímať s takýmto rozlíšením.

Na snímke môžete rozlíšiť pestrú, prelínajúcu sa mapu škvŕn. Tie prezrádzajú buď rôznorodosť zloženia povrchu, alebo plochy s rozličným priemerom ľadových zrniek, ktoré povrch pokrývajú. Snímka exponovaná zo vzdialenosti 414 000 km. Rozlíšenie: 2 km na pixel.

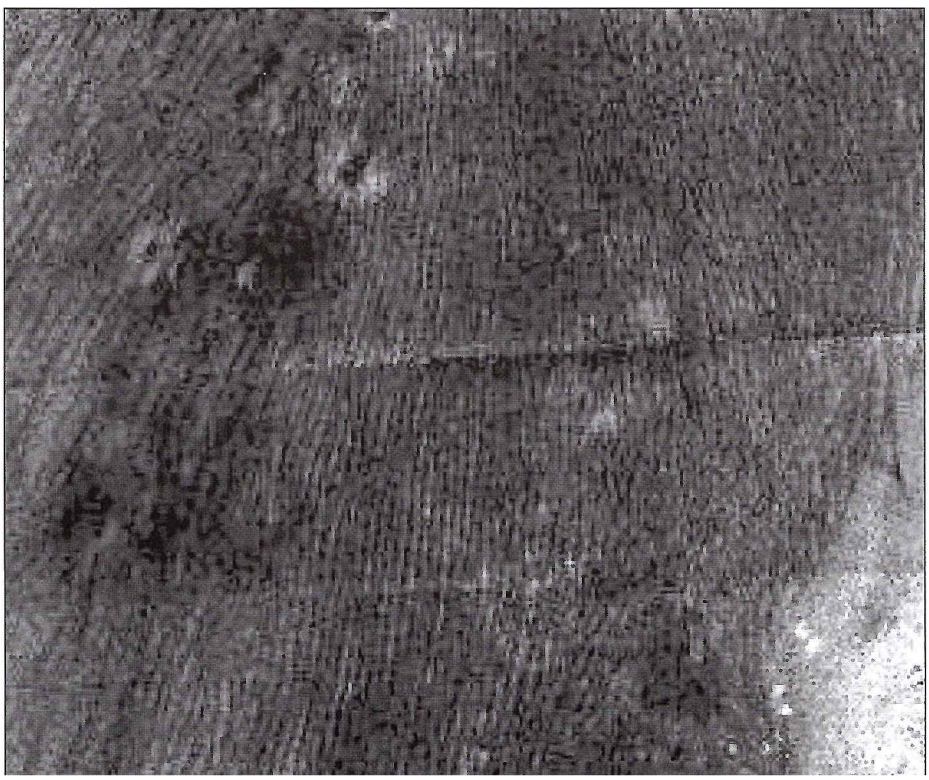
Duny a impaktný kráter



Na tejto radarovej snímke môžete rozoznať dunové polia i jeden z troch spoľahlivo identifikovaných impaktných kráterov na Titane (celkom vľavo). Väčšina čiernych dún na Titane sa ťahá v smere rovnobežiek v tmavých, rovníkových oblastiach. Duny sú až 10 až 100 kilomterov dlhé, 1 až 2 kilometre široké. Medzery medzi nimi majú šírku 1 až 2 kilometre. Výška hrebeňov dún dosahuje miestami až 100 metrov.

Duny na viacerých miestach obtekajú biele vyvýšené masívy (tvoria ich zatiaľ neidentifikované horniny). Na rozdiel od pozemských dún, ktoré vytvárajú zrnká kremičitého piesku, „piesok" na Titane tvoria zrnka organických materiálov, alebo kryštáliky ľadu obalené metánom.

Objav impaktného krátera (priemer 30 km) planetológov potešil, nakoľko z tvaru krátera, z toho, či má stredový vrcholček, alebo nie, môžu odčítať nielen okolnosti, za ktorých k impaktu došlo, ale aj hrúbku kôry Titana a vlastnosti meteoritu, ktorý impakt vytvoril.



Nekonečné polia dún

Na radarovej snímke z 13. januára 2007 rozlíšite tri druhy terénu. Pozdĺžne pásy tvoria duny, ktoré pokrývajú bezmála tretinu Titanu. Tvoria ich najskôr zrnká organických materiálov sformované pravidelnými vetrami. Svetlý terén vľavo dole tvorí vyvýšenina. Vpravo hore vidíte okrúhle útvary, ktoré by mohli byť staršie impaktné krátery, čiastočne pochované pod dunami. Zobrazený povrch: 160×150km. Rozlíšenie: 350 m na pixel.

SUPER CENA
12900,-Sk
~~19000,-Sk~~

CG-5

Paralaktická montáž s 2" duralovými nohami, jemné pohyby v oboch osiach. S 5 kg protizávažím. Nosnosť cca. 25 kg s protizávažiami.

SUPER CENA
21900,-Sk
~~34900,-Sk~~

CG-5 GoTo

Paralaktická montáž s 2" duralovými nohami, jemné pohyby v oboch osiach. GoTo systém NexStar s databázou 40.000 objektov. Pripojiteľné k PC. S 5 kg protizávažím. Nosnosť cca. 25 kg s protizávažiami.

CGE

Paralaktická montáž s 2" duralovými nohami, jemné pohyby v oboch osiach. GoTo systém NexStar s databázou 40.000 objektov. Pripojiteľné k PC. S 11 kg protizávažím. Nosnosť cca. 25 kg s protizávažiam

CELESTRON .SK

príslušenstvo k ďalekohľadom

kompletnú ponuku zašleme bezplatne na požiadanie

NexImage

CCD kamera na planéty a objekty sl. sústavy. Softvér na ovládanie + Registax na úpravu snímkov. 1,25" okulárová koncovka, čip 640x480 bodov s rozmerom 3,6x2,7 mm (uhlopriečka 4,5 mm) citlivosť pod 1 lux

MEADE DS Imager

CCD kamera na deep sky objekty, 752 x 582 pixelov, rozmer 5.5 x 4.68mm, expozícia 1/10000 sec až 1 hodina, 16 bit AD prevodník, softvér, ovládače

NexImage reduktor

reduktor na dvojnásobné zväčšenie zorného poľa pri snímaní Mesiaca, alebo slnečnej fotosféry s 1,25" úchytom, vhodný aj pre MEADE DSI

Fotoadaptér 1,25"

univerzálny

Fotoadaptér SC

T-Adapter, NexStar 4, C90 Mak & C130 Mak

Fotoadaptér SC

T-Adapter, (C5, 8, 9-1/4, 11, 14)

Korektor Schmidt-Cass.

f/6.3 pre Schmidt-Cassegrain C5, C8, C91 a C11 a f/7 pre C14 Schmidt-Cassegrain

Microstage

ideálne na pripojenie digikompaktu k ďalekohľadu, alebo monokuláru

Univerzálny fotoadaptér pre digitálne kompakty, vhodný na okulárovú projekciu ľubovoľným fotoaparátom, ktorý nemá odnímateľný objektív

Radial Guider

Redukcia na súčastné pripojenie fotoaparátu a okuláru. Vhodná napríklad pri fotografovaní deep sky objektov.

TROMF

Partizánska cesta 80, 97401 Banská Bystrica, tel.: 048/4142332, prac. dni od 9 do 17 hod.
mail: celestron@celestron.sk, www.celestron.sk
alebo Tactical Shop v Europa Shopping Center Banská Bystrica, denne od 9 do 21 hod.
www.celestron.com ***/ďalšie príslušenstvo uvedieme v budúcom čísle/***