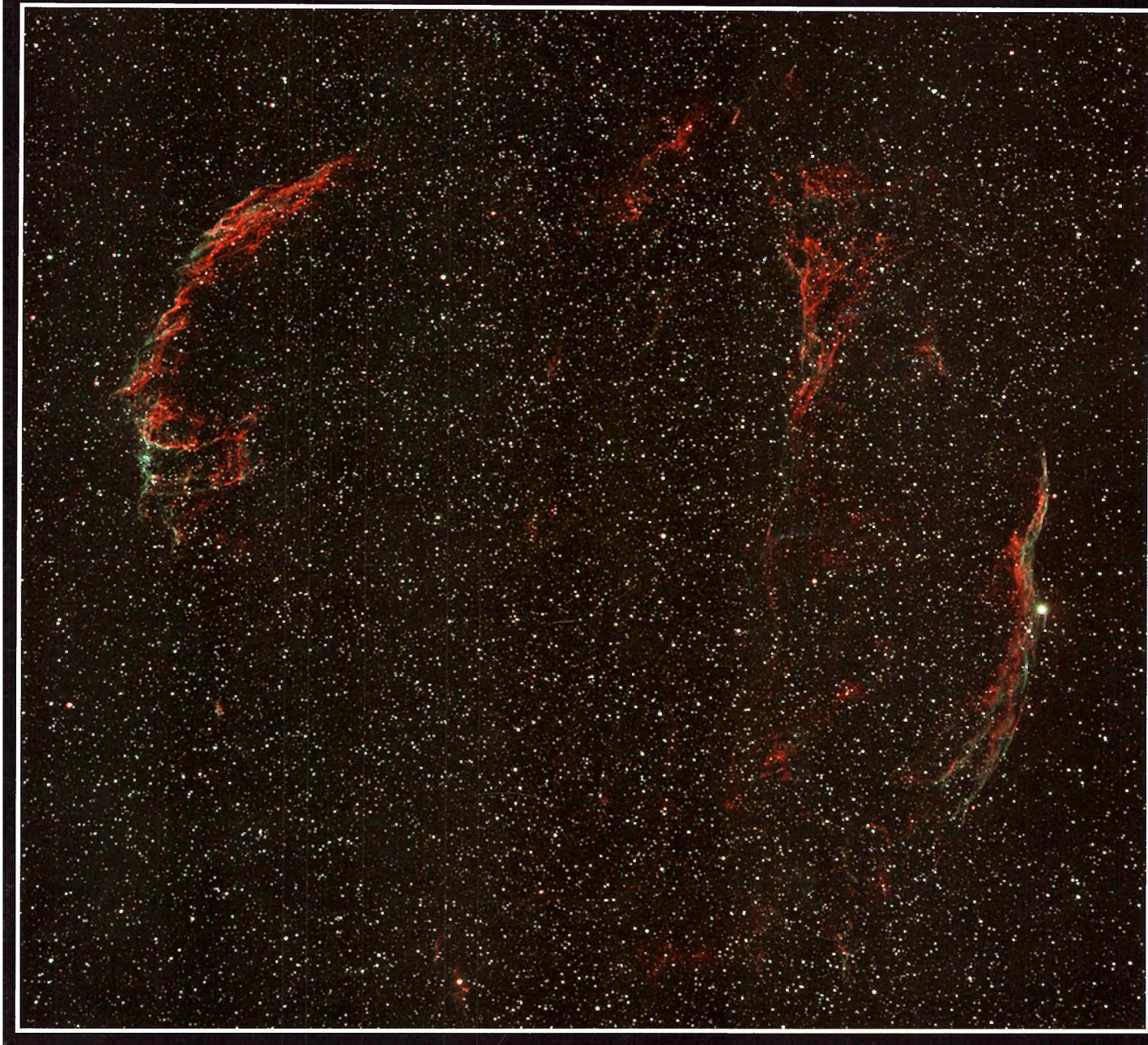
KOZMOS

2008
ROČNÍK XXXIX.
Sk 45,–
3

ASTROFOTO 2007



- Búrlivé dospievanie Zeme
- Žeň objevů 2006
- Veľké ucho
- Aký tvar má vesmír?
- Čas

9 770323 049000 05

Vladana Šmídová: Mlhovina Severní Amerika (NGC7000) a Pelikán (IC5067). Snímka zo seriálu Difúzne hmloviny v čiare Hα. 13. 9. 2007, 20:45 – 23:25 SEČ. Dĺžka expozície: 6×13 min + 4×17 min.

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

© Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998.
Zadané do tlače 16. 5. 2008

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

3 **Búrlivé dospievanie Zeme**

10 **Aký tvar má vesmír?**

15 **Prolstoročie výskumu veľkým uchom v Jordell Banku** / *Ladislav Hric*

20 **Kam zamíří meziplanetární vyslanci?** / *Tomáš Přibyl*

25 **Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci** (3) / *Vladimír Wagner*

29 **Pohyb Mesiaca** / *Peter Zimnikoval*

28 **Astrofoto 2007** / *Marián Vidovenec*
Podmienky súťaže Astrofoto 2008;
Vyhodnotenie Astrofota 2007;
Formuláre pre Astrofoto 2008 (str. 34);
Ukážky súťažných prác
(1., 2., 3. str. obálky, strany 28, 29, 30, 34)

Rubriky

POZORUJTE S NAMI

35 **Obloha v kalendári** / *Pavol Rapavý*

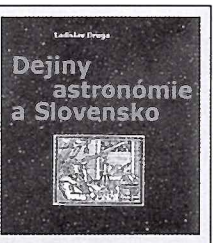
PODUJATIE

16 **Seminár ZIRO 2008** / *Zdeněk Komárek*

39 **Slnečná aktivita** (február – marec 2008) / *Milan Rybanský*

40 **Astrofilm 2007** / *Mária Gallová*

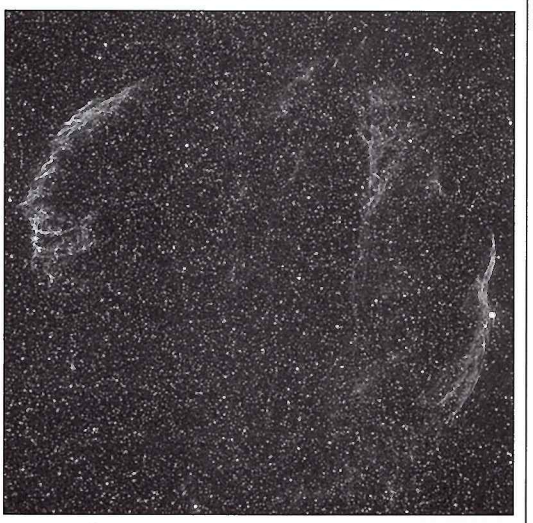
Krst knihy Dejiny astronómie a Slovensko



V Slovenskej ústrednej hvezdárni v Hurbanove sa 29. 4. 2008 krstila kniha Ladislava Drugu *Dejiny astronómie a Slovensko.* Krstným otcom knihy bol šéfredaktor časopisu Kozmos Eugen Gindl. Najprv generálny riaditeľ SÚH Teodor Pintér privítal všetkých zúčastnených a potom autor knihy Ladislav Druga predniesol príhovor, v ktorom načrtol, čo všetko bolo treba prekonať od nápadu k realizácii. Poďakoval sa všetkým, ktorí sa na realizácii knihy podielali – recenzentom Ondrejovi Pössovi a Milanovi Rybanskému, redaktorom Eugenovi Gindlovi a Anne Lackovičovej, tlačiarni Kasico, ktorú na krste reprezentovali Henrieta Rosová a Vladimír Šťastný, ústretovosti pracovníkov slovenských hvezdární i grafickému redaktorovi Milanovi Lackovičovi. S príhovormi potom k zúčastneným prehovorili nielen obaja recenzenti a generálny riaditeľ, ale aj ďalší vzácni hostia, medzi nimi aj predseda Maďarskej historickej spoločnosti Armilla, Lajos Bartha.

Autor knihy Ladislav Druga pri príhovore. Na snímke vľavo generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Teodor Pintér, druhý sprava krstný otec knihy Eugen Gindl.

Obálka



Vladana Šmídová: Riasové hmloviny v Labuti. Snímka zo seriálu Hmloviny. V kategórii Astronomické snímky bol seriál V. Šmídovej, rozdelený na dve časti – Difúzne hmloviny v čiare H-alfa a Menej známe hmloviny v čiare H-alfa ocenený 1. cenou. Porota sa jednoznačne zhodla v tom, že všetky snímky vysoko prevyšovali bežný štandard ostatných súťažných prác. Dátum a čas expozície: 16. 9. 2007, 21:25 – 23:43 SEČ, 4×13 min + 4×17 min (H-alfa) a 19. 9. 2007, 21:05 – 23:25 SEČ, 4×13 min + 4×17 min (OIII). Objektív Zeiss Sonnar 300 mm, f/4, H-alfa filter Astronomik 13 nm, OIII filter Lumicon; fotoaparát Canon EOS 300D modifikovaný; ISO 400; materiál (film, fotopapier, atď...). Formát RAW spracovaný bez interpolácie Bayerovej masky, použitý iba červený kanál (fotografie v Hα) a modrý kanál (fotografie v OIII).

Aktuality

2 **Trojitý NEA asteroid;**
Exoplanéta pri Alpha Centauri B?

6 **Sonda MRO: dve cenné snímky mesiačika Fobos**

7 **HST: prvé organické molekuly na exoplanéte**

8 **Tučné čierne diery v plochých galaxiách**

9 **Najviac hviezd sa rodí na periférii kozmických štruktúr;**
CFBDS 0059: najchladnejší hnedý trpaslík

13 **Prírodný urýchľovač častíc**

14 **Prach po výbuchu supernovy má hmotnosť 10 000 Zemí;**
Časť Galaxie rotuje opačným smerom

15 **Jedna z najmladších a najjasnejších galaxií v mladom vesmíre**

16 **Rekordný GRB v súhvezdí Býka;**
Čo by sa stalo, keby čierna mikrodiera narazila na Zem?

17 **Venus Express zmapoval plyny pod oblakmi;**
Môžu čierne diery nasmerovať asteroid k Zemi?

18 **SMART-1: mapa južného pólu Mesiaca**

19 **SMART-1: mapa severného pólu Mesiaca**

Trojitý NEA asteroid

Objekt 2001 SN263 považovali donedávna za jeden z priemerných, osamelých asteroidov. Radar rádioteleskopu v Arecibe však odhalil, že ide o trojitý asteroid (tri gravitačne zviazané objekty obiehajú spoločné ťažisko), prvý svojho druhu v skupine asteroidov, ktoré sa periodicky približujú k Zemi (NEA).

SN263 objavili 11. februára, vo vzdialenosti 11 miliónov kilometrov. Centrálne teleso je guľa s priemerom 2 km, väčší z oboch mesiačikov má priemer 1500, menší asi 340 metrov.

Dvojité asteroidy už nie sú nijakou zvláštnosťou. Jeden zo šiestich NEA asteroidov má malého spolupútnika.

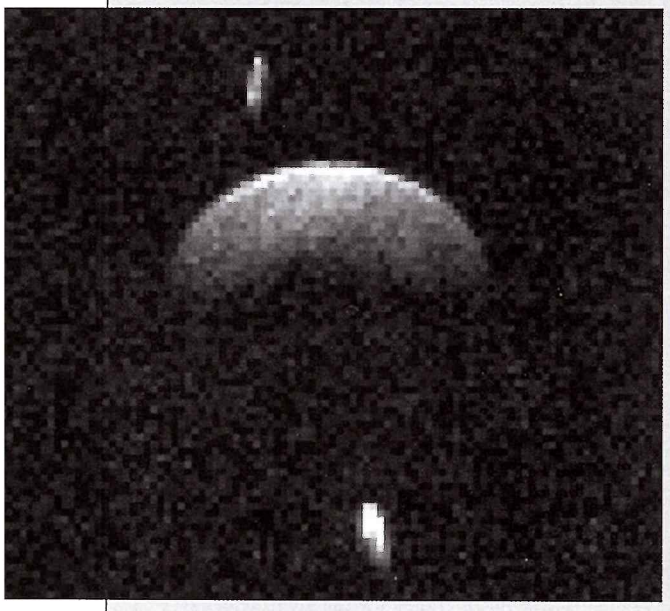
Trojitý asteroid bol prvýkrát objavený vizuálne v septembri 2001 v rámci projektu LINEAR, ktorý sa zameriava na vyhľadávanie asteroidov NEA. Dvojité a trojité asteroidy sú pre planetológov neobyčajne zaujímavé, pretože v takých systémoch sa presnejšie určuje hmotnosť jednotlivých telies systému i jeho stabilita. (Kedy sa gravitačne zviazali? Nedávno, alebo pred miliónmi rokov?) Radarové previerky dvojitých NEA asteroidov odhalili, že majú zvláštne fyzikálne a dynamické vlastnosti.

Planetológovia si nad dvojitými asteroidmi kladú závažné otázky: Obiehajú Slnko v rovnakej rovine? Ako rýchle sa ich obežné dráhy časom menia? Vznikli mesiačiky v tom istom čase ako ich „otec" v páse asteroidov, alebo sa k nemu pripojili neskôr, v priestore neďaleko Zeme?

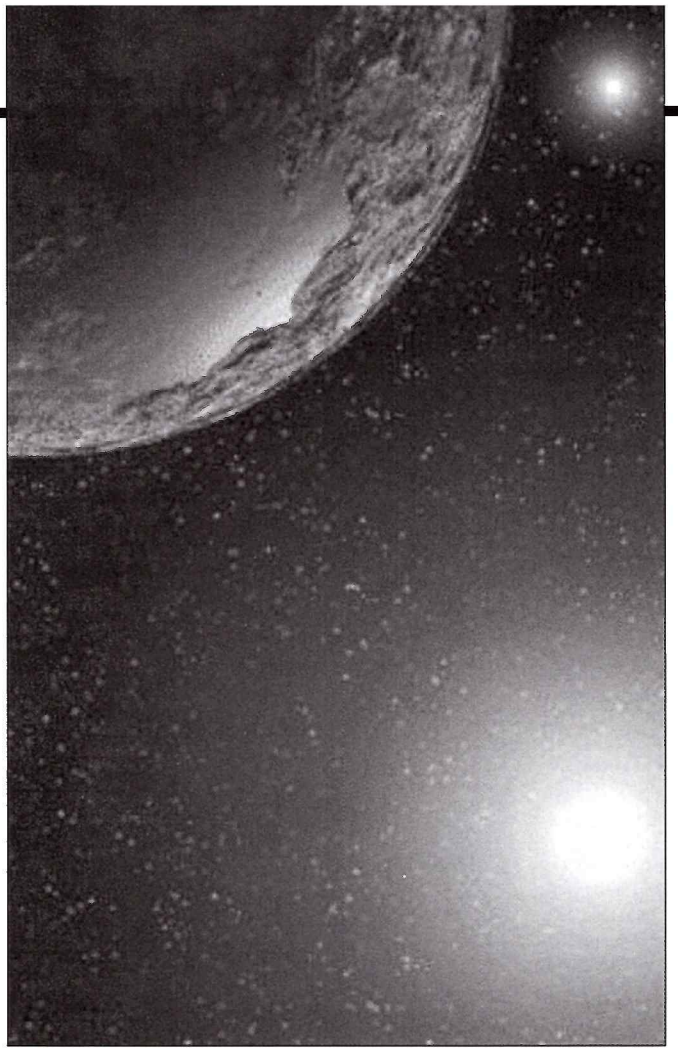
2001 SN263 je vzhľadom na malé rozmery a nepravidelný tvar jeho zložiek unikátnym etalónom, ktorý pomôže špecialistom pochopiť genézu oveľa väčších trojitých systémov v hlavnom páse asteroidov. 2001 SN263 budú vedci niekoľko mesiacov sledovať, až kým neurčia jeho hustotu a zloženie. Zároveň sa pokúsia spresniť údaje o tvare mesiačikov, o útvaroch na ich povrchu a prípade aj o regolite, nesúdržnom materiále, ktorý pokrýva povrch.

Radar observatória v Arecibe dokáže sledovať oveľa viac asteroidov NEA ako satelit na obežnej dráhe. Z celkového počtu dvojitých NEA asteroidov, objavených po roku 1999, vyše polovicu objavili v Arecibe. Ďalšie pozorovania nepochybne vyústia do objavu novej triedy objektov.

Arecibo Press Release



2001 SN263, asteroid s dvomi mesiačikmi, ktorý objavil radar v Arecibe, stal sa prvým trojitým objektom zo skupiny tzv. NEA-asteroidov, telies, ktoré sa pravidelne vracajú do blízkosti Zeme.



Aj takto by mohla vyzerať exoplanéta, obiehajúca okolo hviezdy Alpha Centauri B (vpravo dole). Vpravo hore je hviezda Alpha Centauri A. Proximu Centauri, najmenšiu hviezdu trojhviezdy Alpha Centauri, ktorá je zároveň najbližšou hviezdou vzhľadom k Slnku, na obrázku nenájdete.

Exoplanéta pri Alpha Centauri B?

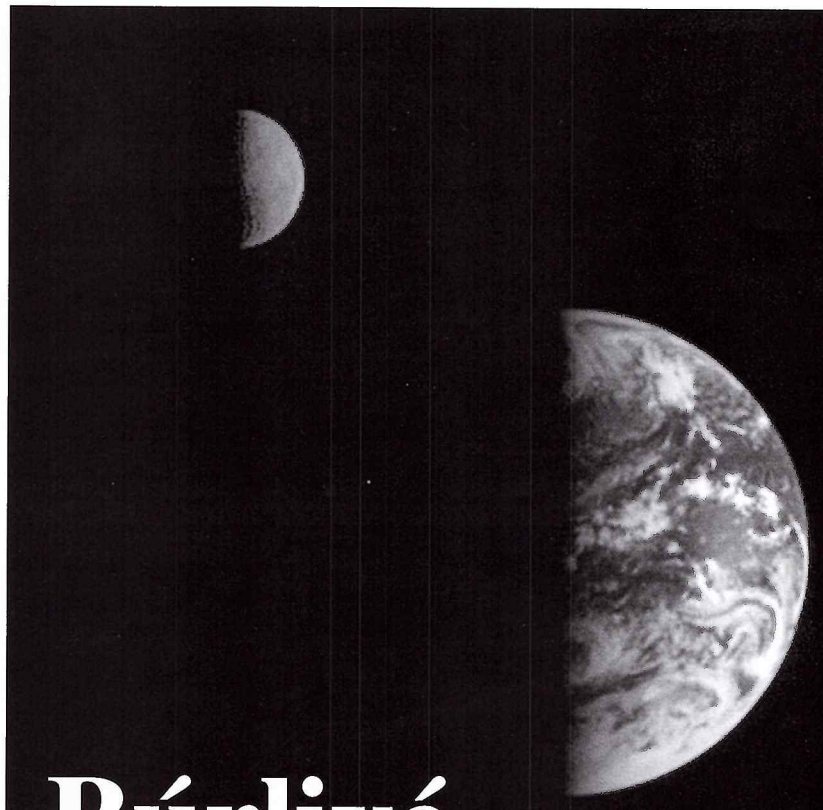
Trojhviezda Alpha Centauri, najbližší sused nášho Slnka, je už dávno vďačným cieľom cestovateľov z literatúry sci-fi. (Pripomeňme si román slovenského autora V. Babulu – Planéta troch slnk.) Javier Guedes z Kalifornskej univerzity v Santa Cruz (UCSC) nasimuloval vývoj tejto trojhviezdy na počítači a zistil, že okolo hviezdy Alpha Centauri B, vzdialenej 4,3 svetelného roka, sa podľa všetkého mohla sformovať planéta, ktorá by obiehala materskú hviezdu v zelenom páse. Na jej povrchu by sa mala udržať voda v tekutom skupenstve.

Gregory Laughlin z UCSC, profesor astronómie a astrofyziky, potvrdil podozrenie svojho študenta: „Celý rad faktov naznačuje, že Alpha Centauri B je ideálnym kandidátom pre objav prvej terestrickej planéty. Detekcia dopplerovskou metódou, pomocou ktorej objavili 228 z vyše 300 doteraz objavených exoplanét, dokáže zaznamenať nepatrné zmeny rýchlosti materskej hviezdy, spôsobované gravitáciou jednej, alebo viacerých planét. Pre využitie techniky v prípade Alpha Centauri B je výhodná aj jej poloha na oblohe (garantujúca možnosť dlhého pozorovania z južnej pologule) a vzhľadom na vzdialenosť od Zeme aj jej jasnosť."

Napriek tomu nebude detegovanie hypotetickej planéty, podobnej Zemi, jednoduché. Terestrické planéty majú nízku hmotnosť, ich gravitačný vplyv na materskú hviezdu je nepatrný, najmä ak ju obiehajú po vzdialenejšej obežnej dráhe. McLaughlin odhaduje, že v takom prípade objav a jeho potvrdenie budú vyžadovať najmenej 5 rokov pravidelného pozorovania. Na sľubný projekt pridelili 1,5 metrový ďalekohľad na Cerro Tololo (Inter-American Observatory) v Chile. Astronómovia sú presvedčení, že sa im podarí objaviť planétu, ktorej možnú existenciu odhalil počítač.

Teória donedávna takmer vylučovala existenciu planét v dvoj- a viachviezdnych systémoch. Vedci neverili, že by sa v gravitačne nestabilnom prostredí mohli sformovať a dlhšie udržať protoplanetárne disky. Objav viacerých exoplanét pri dvojviezdach túto skepsu rozptýlil. Formovanie planét okolo Alpha Centauri B skúmali vedci na viacerých modeloch, pričom každý simuloval vývoj planetárneho disku 200 miliónov rokov po jeho vzniku. Napriek tomu, že sa vstupné údaje menili, výsledok bol zakaždým rovnaký: v systéme sa mohlo sformovať viacero planét, pričom najmenej jedna by mala mať parametre Zeme. Vo viacerých prípadoch sa terestrická planéta pohybovala v zelenom páse.

Astrophysical Journal



Zem a Mesiac z misie Apolla 11.

Búrlivé dospievanie Zeme

Keď sa teleso, veľké ako Mars, zrazilo so Zemou, vznikol Mesiac, plod tejto kolízie. Gigantický impakt spustil celý reťazec udalostí, vďaka ktorým sa protoZem premenila na modrozelenú planétu života.

Na oblohe sa objavilo teleso, ktoré bolo zo dňa na deň väčšie. Jeho priemer sa v priebehu 12 hodín zdvojnásoboval. Keď dosiahlo veľkosť Mesiaca v splne, bolo ho vidieť aj za bieleho dňa. O ďalších dvanásť hodín sa jeho priemer opäť zdvojnásobil. Potom sa teleso s hmotnosťou 1000 miliárd miliárd ton, pohybujúce sa rýchlosťou 36 000 kilometrov za hodinu, zrazilo so Zemou.

Nebola to frontálna kolízia, dôsledky však boli aj tak katastrofálne: kôra a plášť Zeme sa vyparili. Obrovské množstvo zrážkou vymŕšteného materiálu sa usadilo na obežnej dráhe Zeme. Atmosféra nad pologuľou, ktorá sa zrazila s impaktujúcim telesom sa vyparila. Časť zemskej atmosféry nad odvrátenou stranou sa zmiešala sa s plynmi, ktoré vznikli po impakte a postupne obalila aj druhú stranu. Rotácia Zeme sa spomalila.

Táto kozmická katastrofa bola tvorivým aktom. Vymŕštený materiál, krúžiaci na obežnej dráhe, sa pomerne rýchlo sformoval do telesa, ktoré sprevádza Zem miliardy rokov. Mesiac je odvtedy nemým svedkom búrlivého vývoja na planéte, ktorá ho zrodila. Na Zemi sa rozpadávali a nanovo zoskupovali kryhy zemskej kôry; ohnivé, vulkanické obdobia sa striedali s obdobiami relatívneho pokoja; prebiehali drastické klimatické zmeny. A kdesi v zákulisí tohto veľkolepého divadla vyklíčil a rozvíjal sa život.

Mesiac však nebol iba nemým svedkom, sám ovplyvňoval niektoré významné procesy.

Najväčší impakt

Naša planetárna sústava sa sformovala pred 4,57 miliardami rokov. Zem sa s neznámym terestrickým telesom, veľkým ako Mars, zrazila o 40 až 50 miliónov rokov neskôr. Jadro Zeme sa práve formovalo. Ťažké prvky, železo a nikel, ale aj urán, thórium a draslík klesali smerom do stredu Zeme.

Tieto tri rádioaktívne prvky, spolu so zvyškovým teplom mladej planéty, generovali vo vnútre Zeme teplo, v ktorom hmota vrela. Horúca hmota sa rozpínala, vznikli početné vulkány a horúce škvrny, ktoré chŕlili plyn. Tak sa vytvorila atmosféra Zeme. Pohyby hmoty vo vnútre našej planéty rozhýbali aj platňovú tektoniku, vitálny, neustávajúci proces, ktorý dodnes recykluje zemskú kôru.

Kým astronauti z misií Apollo nepriviezli na Zem vzorky Mesiaca, vedci nevedeli, ako sa Mesiac sformoval. Po analýze mesačných vzoriek sa dozvedeli, že horniny na mesačnom povrchu majú podobné zloženie ako najvrchnejšie vrstvy Zeme, ale jadro Zeme je z iného materiálu. Tak sa zrodila teória „veľkého impaktu".

Vedci podnes scenár tejto zrážky modelujú. Najnovší scenár vypracoval Robin Canup z Juhozápadného výskumného inštitútu v Boulderi (Colorado). Prvé simulácie vychádzali zo situácie, pri ktorej impaktujúce telesa pred zrážkou nerotovali. Canup však zahrnul do výpočtov aj rozličné hodnoty rotácie oboch telies a namodeloval a vytvoril niekoľko modelov zrážky, zohľadňujúc celú paletu hmotností, rýchlostí, uhlov dopadu a ich kombinácií.

Canup chcel zistiť, aké impakty umožňujú vytvorenie takých masívnych diskov, z ktorých sa môže sformovať Mesiac, ale nepreniknú tak hlboko do Zeme, aby sa na obežnú dráhu dostali aj ťažké kovy z jadra.

Canup vypočítal, že v optimálnom (našom) prípade to musela byť relatívne malá rýchlosť (36 000 km/za hodinu), pri uhle 45°. Taká kolízia vytvorí disk s dvojnásobne vyšším objemom hmoty ako má Mesiac, pričom väčšinu tohto materiálu tvorí materiál z impaktujúceho telesa!

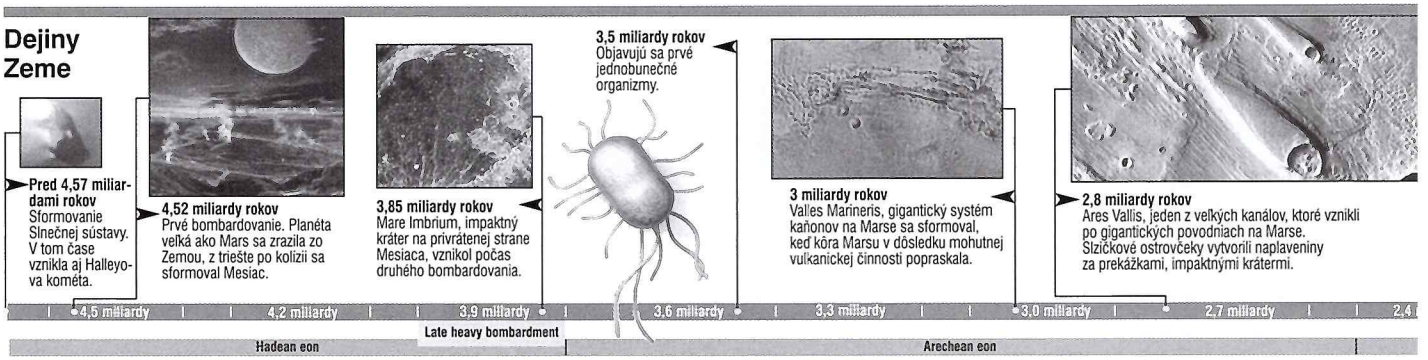
Keď do výpočtov zahrnul aj rotáciu zistil, že najprijateľnejší výsledok vzniká vtedy, keď Zem pred kolíziou, z ktorej vznikol Mesiac, rotovala opačne ako Slnečná sústava, opačne ako sama rotuje dnes! Iba v takomto prípade mohlo dôjsť k zníženiu momentu hybnosti systému Zem/Mesiac na dnešnú hodnotu. V prípade, že Zem nerotovala, alebo rotovala tak ako dnes, zrážkou vyvolané efekty nemohli vzniknúť.

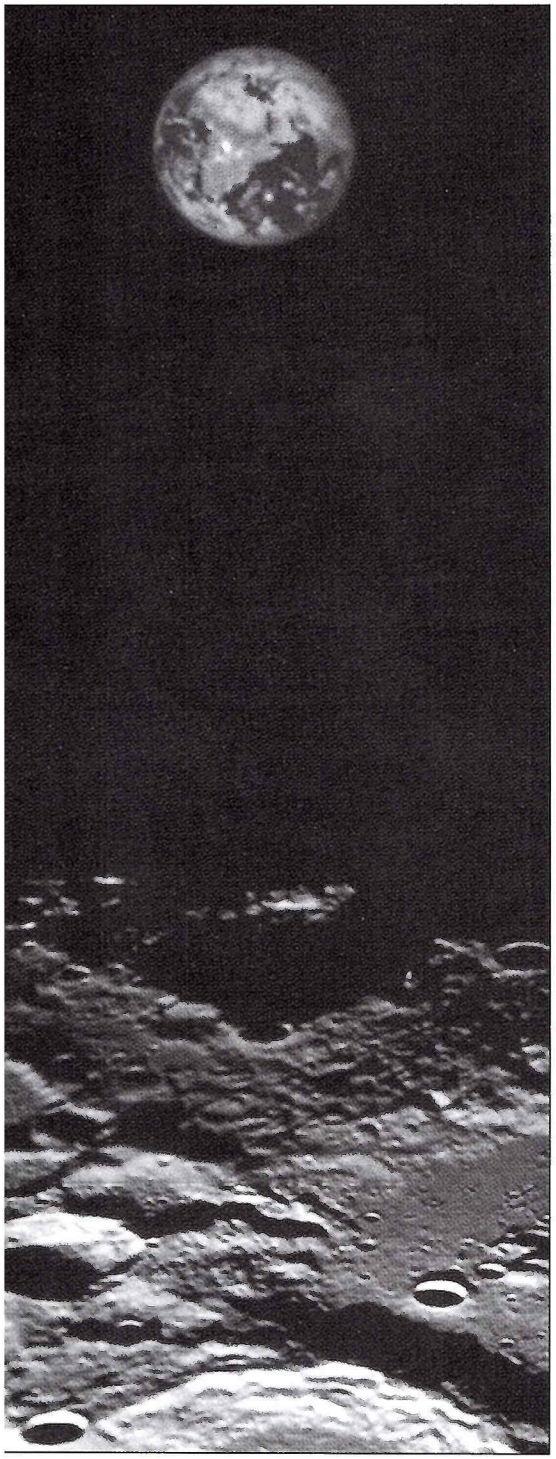
Druhé bombardovanie

Po kolízii nebola Zem modrozelenou planétou, ale guľatým peklom. Pokrýval ju ohnivý globálny oceán vzdúvajúcej sa magmy. Hrubá atmosféra oxidu uhličitého vytvárala silný skleníkový efekt.

Zem ochladla až po uplynutí niekoľkých miliónov rokov. Aj počas tohto obdobia dopadali na Zem početné telesá, ale ani jedno nebolo také veľké, aby sa po zrážke sformoval ďalší Mesiac.

Bombardovanie z vesmíru zosilnelo pred 4 miliardami rokov a trvalo 200 miliónov rokov. Vtedy sa už Zem „definitívne" usadila na dnešnej obežnej dráhe. Astronómovia netušia, čo druhé ťažké bombardovanie vyvolalo, nevedia, odkiaľ impaktujúce telesá vnikli do vnútra Slnečnej sústavy. Podľa jednej z hypotéz došlo k tomu v ča-





Mesiac sa sformoval 40 miliónov rokov po vzniku Zeme. Zem je dnes živá planéta, Mesiac takmer vyhasnuté, mŕtve teleso.

se, keď sa obrie planéty premiestňovali na svoje súčasné dráhy. (Tento proces, pri ktorom si napríklad Urán s Neptúnom vymenili miesto, vysvetľujú zatiaľ iba hypotézy.)

Počet impaktov sa zvyšoval, ale impaktné kráter sa na aktívnom, neustále sa meniacom povrchu Zeme nezachovali. O to viac sa ich zachovalo na Mesiaci. Aj početné kráter na Marse a na Merkúre, geologicky menej vitálnych planétach, intenzívne bombardovanie potvrdzujú.

Mesačný povrch je krátermi doslova posiaty. Gravitácia nepomerne väčšej Zeme, ktorá má 3,7-krát väčší priemer a je 100-krát hmotnejšia ako Mesiac, pritiahla však oveľa viac impaktorov. Ťažké bombardovanie zanechalo na povrchu Zeme najmenej 40 kráterov s priemerom 1000 kilometrov a niekoľko s priemerom až 5000 kilometrov.

Každý z týchto impaktov mal na evolúciu Zeme veľký vplyv. Energia jediného gigantického impaktu môže spôsobiť vyparenie oceánu a časti zemskej kôry. Po takej zrážke mohla byť teplota zemského povrchu vyššia ako v peci. Dôsledky takých katastrof pretrvávali aj 1000 rokov.

Mladé Slnko vyžarovalo oveľa menej energie ako dnes. Intenzita jeho žiarenia sa zvyšovala asi o 1 % za 100 miliónov rokov. Dnešné Slnko vyžaruje o 30 % viac energie ako po svojom zrode.

Oxid uhličitý a vodná para v dnešnej atmosfére udržujú na Zemi o 33° vyššiu teplotu ako v prípade, keby naša planéta atmosféru nemala. Nakoľko vnútro Zeme bolo v dávnej minulosti podstatne horúcejšie ako dnes, vulkanická činnosť musela byť oveľa intenzívnejšia, takže sa do atmosféry dostávalo viac skleníkových plynov.

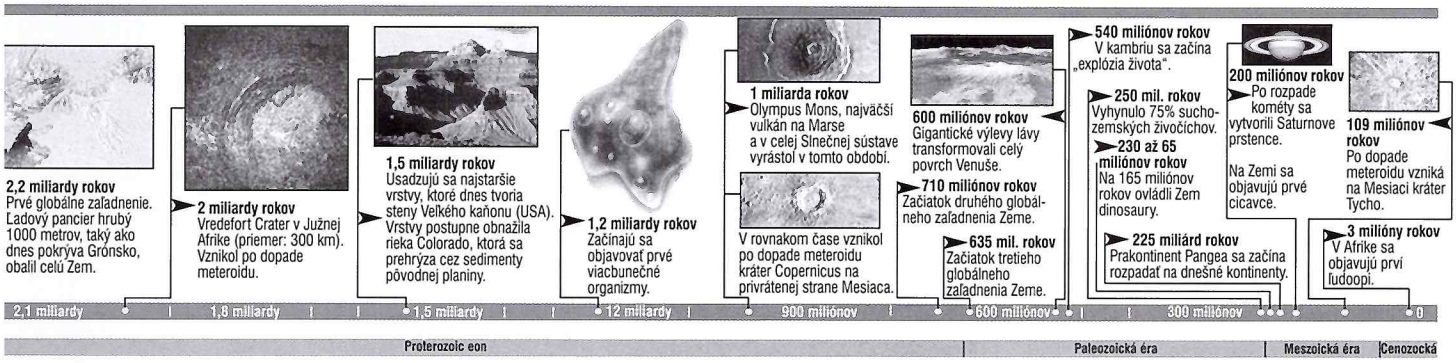
Ako Zem ozelenela

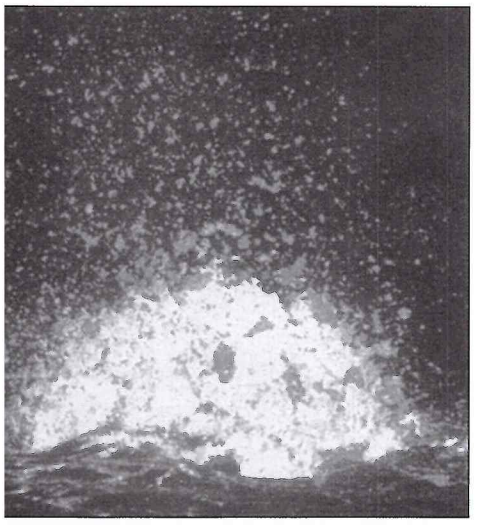
Slnko dodáva na Zem menej energie ako potrebuje život. Bez jej akumulácie v klimatickom skleníku by sa život nedokázal udržať. Samotné Slnko by pred 2 miliardami rokov povrchový ľad nedokázalo roztopiť. Vieme, že prvé živé organizmy vznikli už pred 3,5 miliardami rokov. Také staré sú najstaršie, ešte nerecyklované horniny na povrchu, v ktorých sa zachovali fosílie. V Západnej Austrálii i v Južnej Afrike sa našli mikrofosílie: baktérie i fosilizované ostrovčeky rias – stromatolity. Život mohol vzniknúť aj skôr, ale jeho zvyšky sa nezachovali, ale je možné, že sme ich zatiaľ nedokázali objaviť.

Prvé organizmy sa vyvíjali pomaly. Vývoj od baktérií po človeka neprebiehal postupne, ale neraz uviazol v dlhých obdobiach stagnácie. Vyše miliardy rokov obývali Zem iba jednobunečné organizmy. Zlom nastal až pred 3 miliardami rokov, keď sa na scéne objavili cyanobaktérie, modro-zelené riasy. Tie už dokázali produkovať energiu fotosyntézou: živili sa oxidom uličitým a produkovali veľké množstvo molekulárneho kyslíka. Práve tieto organizmy vytvorili postupne atmosféru, v ktorej sa už mohli vyvíjať komplexnejšie formy života.

Počas tohto obdobia nebol Mesiac iba nestranným pozorovateľom. Jeho gravitácia generovala pravidelné prílivy a vytvárala tak ekologické

Mŕtvy povrch mesiaca je husto posiaty impaktnými krátermi, lebo geologické procesy na tomto telese už dávno vyhasli. Štatistika týchto kráterov pomohla rekonštruovať intenzitu bombardovania v období od 4 po 3,8 miliardy rokov.





Vulkanické erupcie formujú Zem dodnes.

niky, dvakrát denne zaplavované vodou. Vedci sú presvedčení, že práve v týchto kolískach sa život rozvinul v celej svojej premenlivej rôznorodosti. V dávnych dobách boli prílivy oveľa väčšie, pretože Mesiac obiehal Zem po bližšej obežnej dráhe. Pred 3 biliónmi rokov dosahovali vlny prílivov výšku 300 metrov a zaplavovali rozsiahle územia.

Zem – snehová guľa

Vedci v posledných desaťročiach zmapovali distribúciu glaciálnych depozitov, pozostatkov po ľadových dobách na povrchu celej planéty. Tak sme sa dozvedeli, že Zem prekonala niekoľko období globálneho zaľadnenia. Počas týchto období sa ľadovce postupujúce od pólov spojili na rovníku. Zem v ľadovom pancieri pripomínala Jupiterov dnešný mesiac Európu. Koberec ľadu bol 1000 metrov hrubý. Priemerná globálna teplota kolísala okolo mínus 50° Celzia, na rovníku okolo mínus 20 °C. Nakoľko ľadom spútané oceány nedokázali ovplyvňovať klímu, rozdiely medzi dennými a nočnými teplotami boli extrémne. Veľké výkyvy teplôt sa prejavovali aj pri sezónnych zmenách.

Prvé obdobie globálne zaľadnenej Zeme kulminovalo pred 2,2 miliardami rokov, druhé pred 710 miliónmi rokov, tretie a predbežne posledné, pred 635 miliónmi rokov. Globálne zaľadnenie prebehlo neobyčajne rýchle. Čím väčšia časť povrchu Zeme pokrýval ľad, tým viac slnečného tepla sa odrážalo späť do vesmíru, tým rýchlejšie sa ľadovce plazili k rovníku. Globálne ľadové doby končili rovnako rýchle ako začali. Vedci sa nazdávajú, že zmenu spôsobila zvýšená sopečná aktivita, ktorá podstatne zvýšila skleníkový efekt atmosféry. Kryhy zemskej kôry sa pod ťarchou ľadu hlbšie zanorili do plastickej hmoty plášťa, tlak pod zemskou kôrou sa zvýšil, sopečná aktivita ožila. V priebehu niekoľkých tisíc rokov sa priemerná teplota zvýšila z mínus 50° na plus 40° Celzia!

Počas ľadových dôb evolúcia života na Zemi ustrnula. Väčšina druhov vyhynula, prežili iba tie, ktoré sa dokázali opakovane adaptovať. Zachované fosílie sú dôkazom rýchlej evolúcie na sklonku každého globálneho zaľadnenia a v počiatočných obdobiach otepľovania. Z jednoduchých viacbunečných organizmov, ktoré vznikli pred 1,2 miliardami rokov sa vyvinuli väčšie a komplexnejšie formy. Najmladšie skupiny sa začali objavovať počas kambria, pred 580 až 500 miliónmi rokov.

Pohyblivá kôra

Aj teplo zemského vnútra významne vplýva na povrch, hoci tento efekt sa významnejšie prejavil neskoršie. Teplo a tlak plastických hornín v plášti spôsobili rozpad zemskej kôry na sedem veľkých platní – kontinentov. Vedci iba odhadujú, kedy sa tak stalo. V období medzi 3,8 až 2,5 miliardami rokov? Z posledných výskumov vyplýva, že skorší údaj je bližšie skutočnosti.

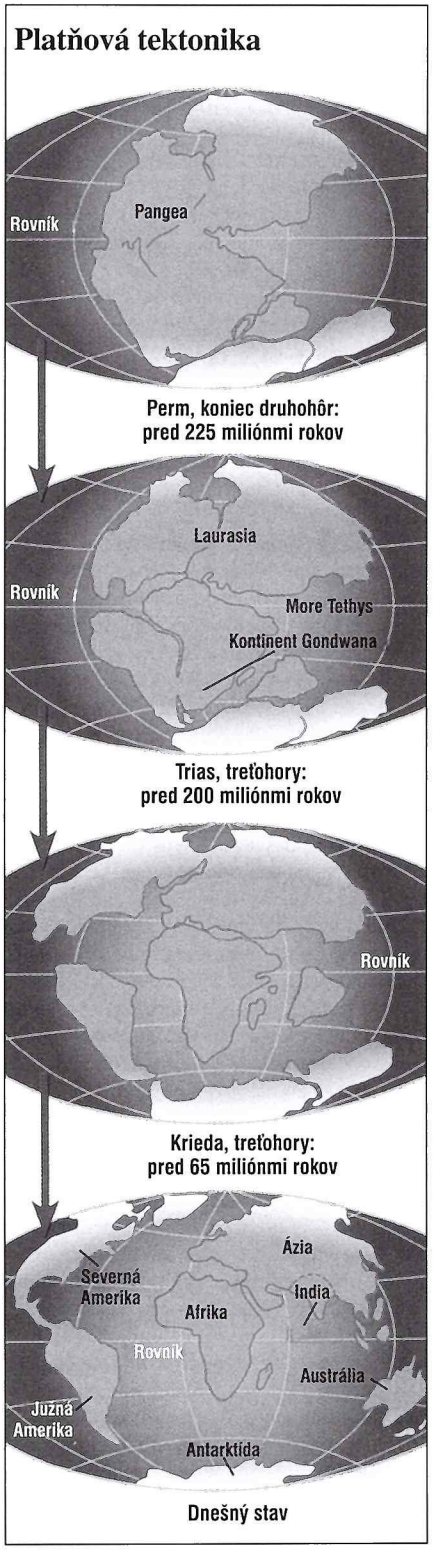
V minulom roku Hubert Staudigel zo Scrippsovho oceánografického inštitútu v Kalifornii (San Diego) preskúmal zachované štruktúry v oblasti Isua (Grónsko). Našiel v nich fyzikálny dôkaz platňovej tektoniky. Zem sa na kontinenty rozpadla pred 3,8 miliardami rokov.

Premenlivý legoland preskupujúcich sa krýh zemskej kôry zdynamizoval nielen evolúciu Zeme, ale aj života na nej. Zasúvaním na uhlík bohatej kontinentálnej kôry do plášťa sa odvtedy uskutočňuje recyklovanie uhlíka. Vďaka tomuto geostroju je oxidu uhličitého v atmosfére relatívne málo.

Fyzikálne efekty na zemskej kôre môžeme študovať iba do hĺbky 220 až 225 miliónov rokov. Predtým existoval iba jediný superkontinent – Pangea. Pangea sa rozpadla na Laurasiu a Gondwanu a tie sa neskôr rozlámali na kontinenty v podobe, ako ich dnes poznáme. Kontinenty sa pohybujú takou rýchlosťou, ako rastú nechty na rukách: asi päť centimetrov za rok.

Všetky živé bytosti na Zemi sa rodia, prežijú život, umierajú. Zem iba nedávno dospela: jej puberta však bola mimoriadne búrlivá. Pozemštania celý ten vývoj rekonštruujú, aby boli pripravení na všetko. Aj na rýchle, globálne, ale doposiaľ vždy dočasné zmeny.

Spracované podľa Astronomy



Sonda MRO: dve cenné snímky mesiačika Fobos

Sonda Mars Reconaissance Orbiter získala 23. marca 2008 dve cenné snímky väčšieho z marťanských mesiačikov. Obe snímky exponovala kamera HiRiSe, druhú 10 minút po prvej. Vedci ich spracovali na stereosnímky.

Fobos a Deimos, dva mesiačiky Marsu, objavil v roku 1877 Asaph Hall. Je záhadou, prečo až tak neskoro. Veď o dvoch satelitoch Červenej planéty vedeli už učenci z Laputu, bájnej krajiny, ktorú Gulliver na svojich cestách navštívil (Swiftova kniha vyšla v roku 1720) a (najmenej 80 rokov pred publikovaním Gullivera) aj Johannes Keppler. V jeho pozostalosti sa našlo aj riešenie anagramu Galilea Galileiho: Salve umbistineum geminatum Martia proles. Po slovensky: Buďte pozdravení blíženci Marsu. Odkiaľ mohli obaja učenci vedieť o existencii marťanských mesiačikov v dobe, keď prvé ďalekohľady ešte nedokázali také malé telesá v takej veľkej vzdialenosti rozlíšiť?

Fobos a Deimos marsológov zaujímajú, pretože sú zlepencami vodného ľadu a na uhlík bohatých materiálov. Sonda Mars Global Surveyor získala z Foba snímky s vyšším rozlíšením ako Reconaissance Orbiter, ale snímky kamery HiRiSe sú oveľa kvalitnejšie. Vedci z nich vyčítali oveľa viac údajov, ktoré im pomôžu rekonštruovať jeho pôvod a evolúciu.

Marsológov zaujal najmä impaktom vyvrhnutý materiál okolo okraja krátera Stickney (priemer 9 km), ktorý sa čo do zloženia odlišuje od zvyšku povrchu mesiaca. Ide o pomerne mladý materiál, ktorý nebol vystavený žiareniu z vesmíru a zo Slnka tak dlho.

Na najnovšej snímke Foba vidíme zosuvy lavín na svahoch krátera Stickney i reťaz ďalších kráterov. Na odvrátenej strane mesiačika vidíme krátery iba vďaka svetlu, ktoré sa odráža od povrchu Marsu.

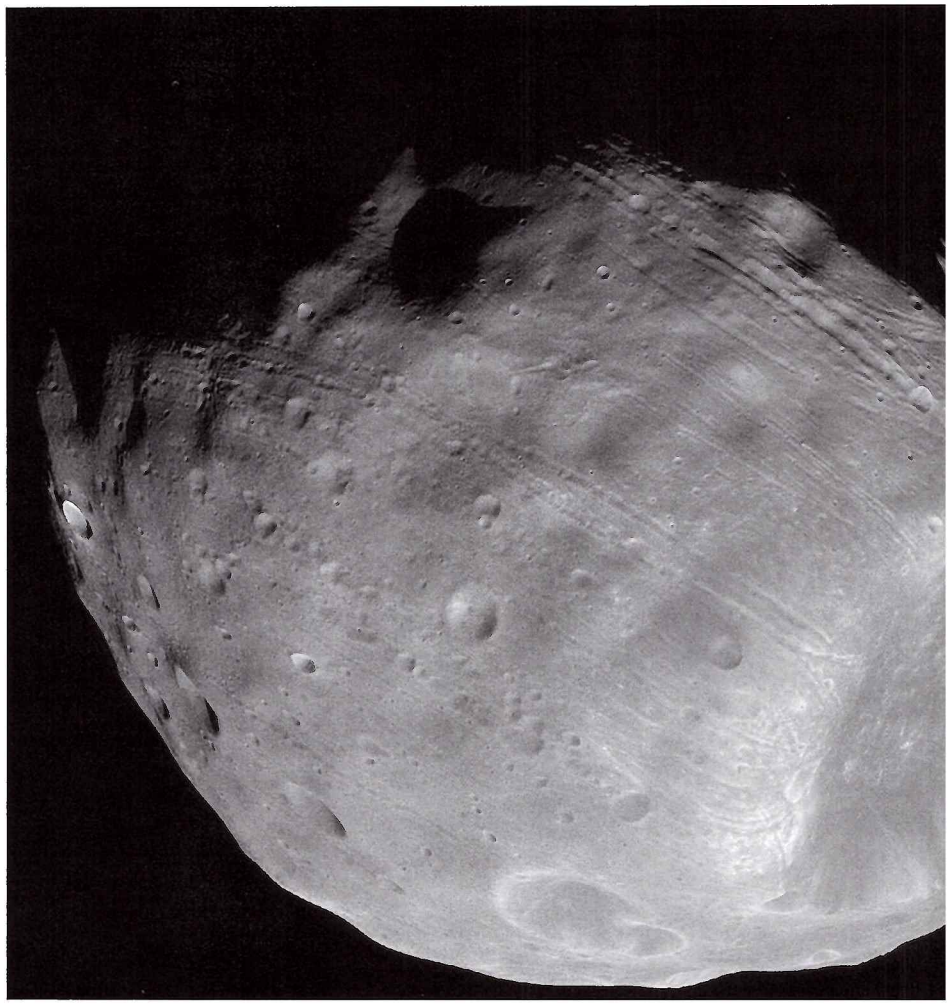
Sonda Mars Reconaissance Orbiter sa pohybuje nad povrchom planéty rýchlosťou 12,500 km za hodinu vo výškach od 250 do 316 kilometrov.

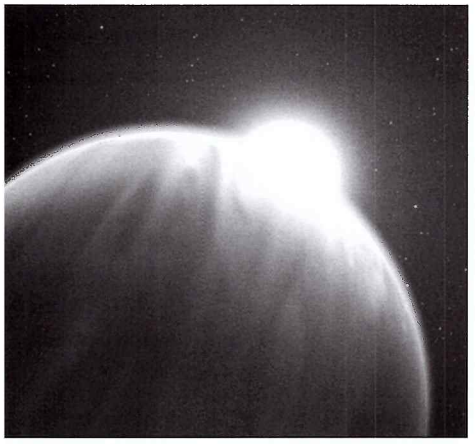
V okamihu prvej expozície bol Fobos vzdialený 6 800 kilometrov. Kamera (rozlíšenie 6,8 m/pixel) zviditeľnila na povrchu detaily s priemerom 20 metrov.

O desať minút neskoršie bol Fobos vzdialený iba 5800 kilometrov. Po sekundovej expozícii sa na povrchu objavili detaily s priemerom 15 m.

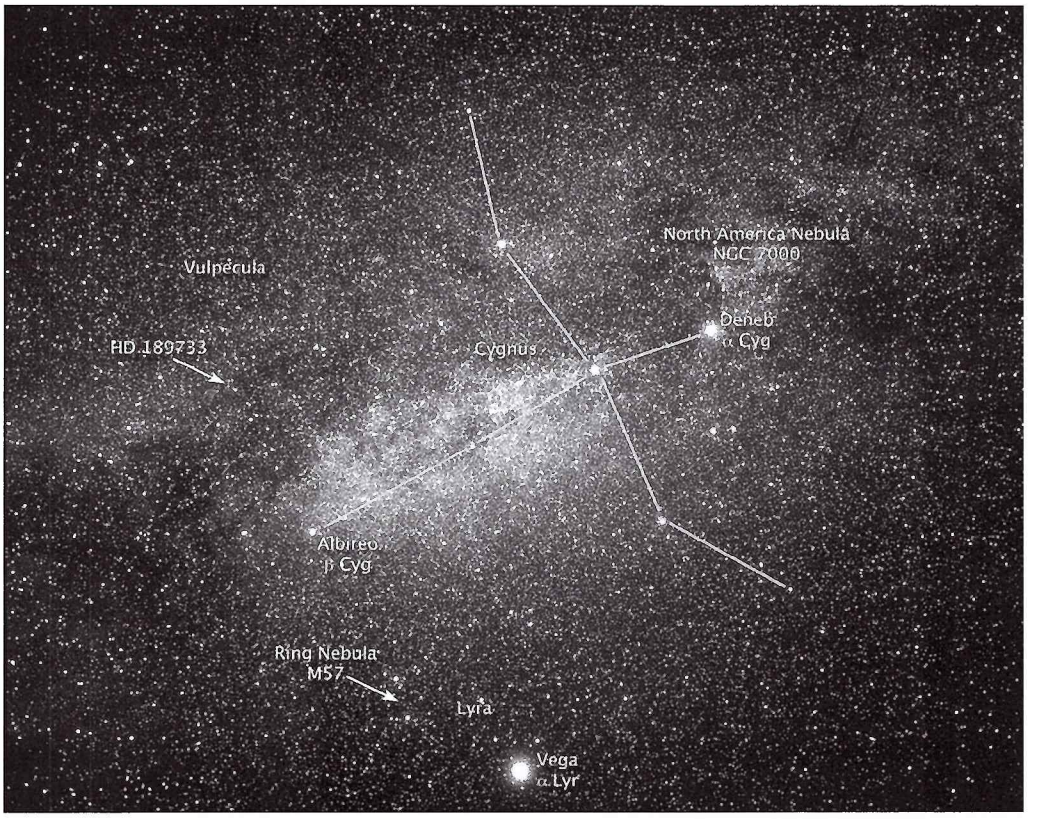
Gravitácia Phoba, telesa s priemerom 22 km, je viac ako 1000-krát slabšia ako gravitácia Zeme. S takými parametrami sa Phobos nedokázal sformovať do podoby gule. Druhý mesiac Marsu, Deimos, má ešte menší priemer (12 km). Oba mesiačiky tvoria tmavé, na uhlík bohaté látky. Vedci sa nazdávajú, že ide o objekty, ktoré pôvodne krúžili v hlavnom páse asteroidov medzi Marsom a Jupiterom.

Zo snímok, ktoré získala sonda Mars Reconaissance Orbiter počas uplynulého roka, vytvoria vedci mapu minerálov a hornín na povrchu oboch mesiačikov. **NASA Press Release**





Joviánska exoplanéta počas tranzitu materskej hviezdy. Prístroje na palube HST detegovali v atmosfére planéty metán a vodu. Spektrálne odtlačky vznikli zachytením svetla hviezdy, ktoré atmosféra planéty prefiltrovala.



Poloha hviezdy HD 189733 v súhvezdí Líšky.

HST: prvé organické molekuly na exoplanéte

Hubblov vesmírny ďalekohľad objavil v atmosfére exoplanéty HD 189733b metán. Tento plyn môže za priaznivých okolností hrať kľúčovú rolu pri vzniku života. Planéta obehne materskú hviezdu, vzdialenú 63 svetelných rokov za dva dni. Je to masívna planéta z rodu horúcich Jupiterov. Atmosféra, v ktorej je okrem metánu aj voda, priam vrie. Pri teplote 925 °C sa začína topiť striebro.

Tento objav planetológov potešil, pretože dokazuje, že spektroskopia môže byť úspešná aj v prípade chladnejších, terestrických planét, obiehajúcich v „zelenom páse" slabšie hviezdy z rodu červených trpaslíkov. Astrobiológovia preto v najbližších rokoch zamerajú pozornosť najmä na takéto planéty, kde voda ani nezamŕza, ani sa nevyparuje, ale udrží sa aspoň v lete a okolo rovníka v kvapalnom skupenstve.

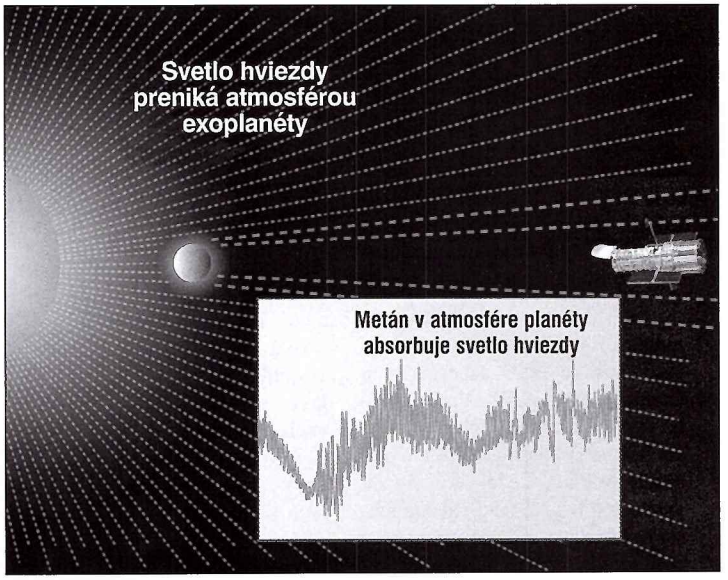
HD 189733b objavili počas tranzitu materskej hviezdy. Vo chvíli, keď planéta prechádzala okrajom hviezdy, ktorej svetlo preniklo jej atmosférou. Prístroje zaznamenali spektrálne odtlačky plynov, ktoré v atmosfére dominujú.

Planetológov prekvapilo, že exoplanéta má viac metánu, ako sa v prípade horúcich Jupiterov predpokladalo. Je to ďalší dôkaz toho, že o atmosféry exoplanét sú ešte pre vedu španielskou dedinou.

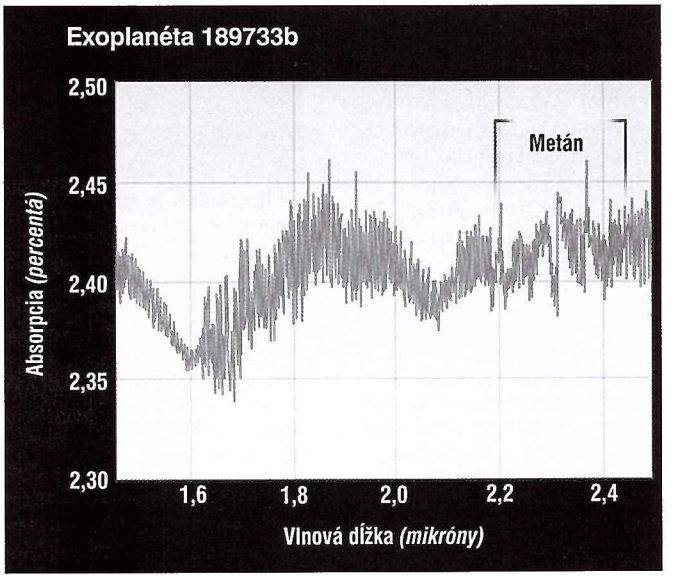
Údaje, ktoré vedci získali, prispejú k pochopeniu podmienok, (teploty, tlaku, vetrov, oblakov...) ako aj chémie na planétach, kde by mohol existovať život. Infračervená spektroskopia je kľúčom k týmto štúdiám, pretože je najvhodnejšou metódou detegovania molekúl.

Objav vyplynul zo snímok blízko infračervenej kamery a spektrometra NIMCOS na palube Hubblovho ďalekohľadu. Spoľahlivosť údajov vyvoláva veľké nádeje pred vypustením vesmírneho ďalekohľadu James Webb, ktorého prístroje dokážu detegovať organické molekuly na exoplanétach pomocou mimoriadne citlivých spektrometrov. Už onedlho budeme mať k dispozícii celú paletu spektrálnych odtlačkov chemikálií z exoplanét, ktoré sme doteraz objavili.

HST Press Release

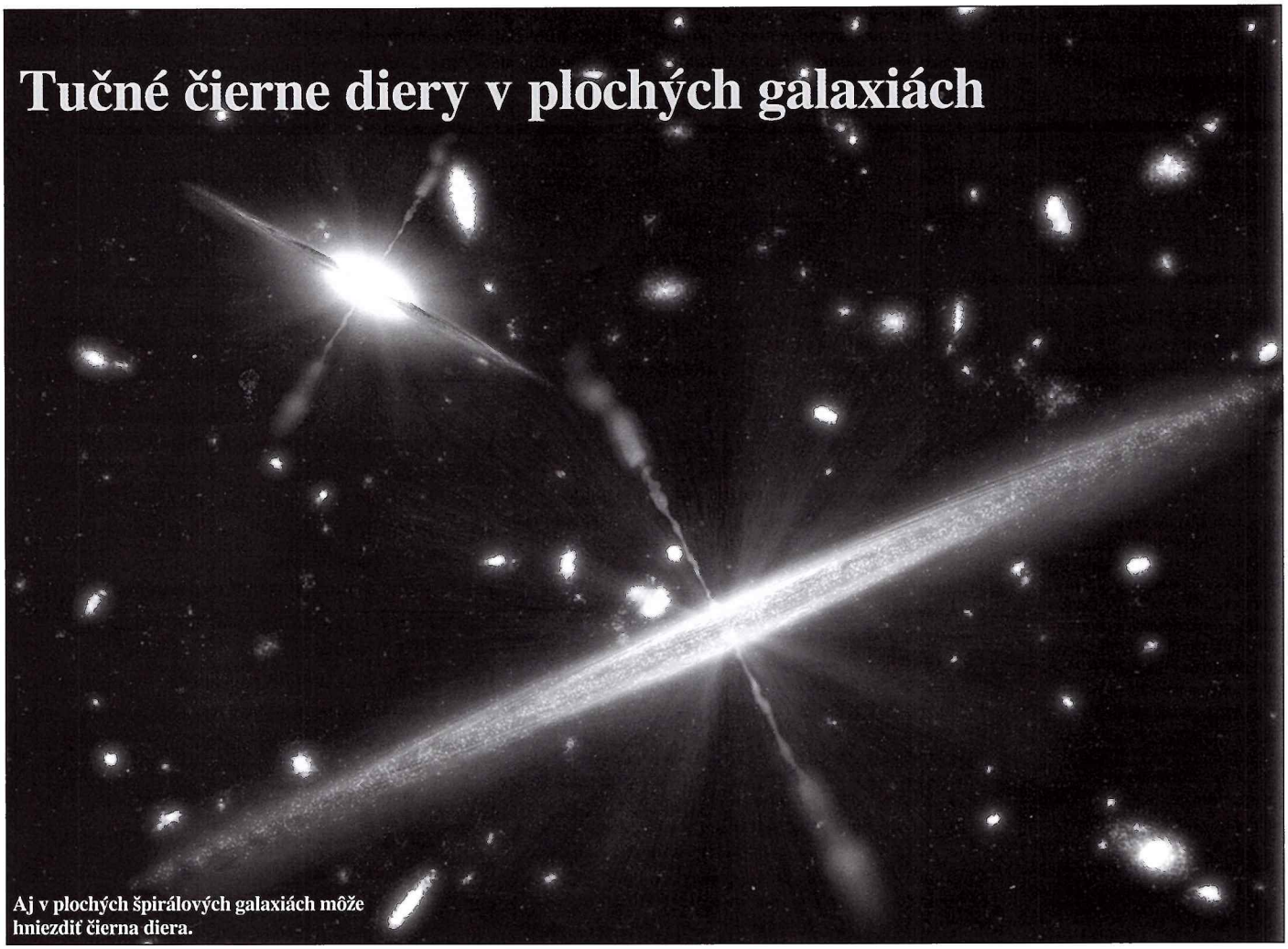


Absorpcia metánu atmosférou exoplanéty 189733b.



Spektrum absorpcie metánu.

Tučné čierne diery v plochých galaxiách

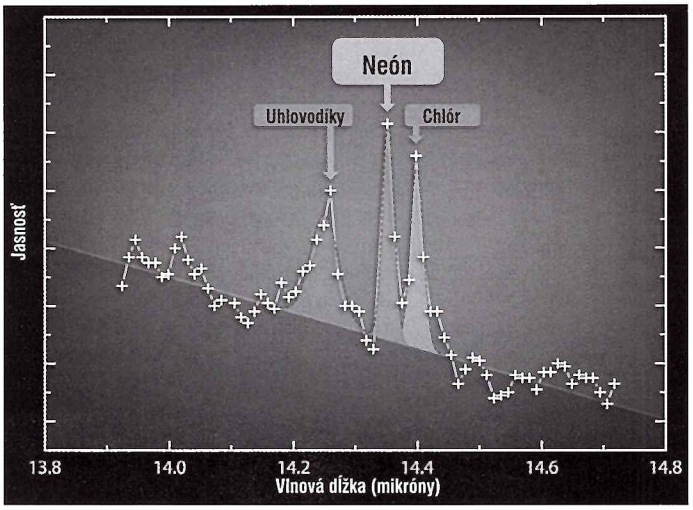


Aj v plochých špirálových galaxiách môže hniezdiť čierna diera.

Našli ich tam, kde ich najmenej hľadali. Teoretici predpokladali, že masívne čierne diery sa formujú najmä vo veľkých galaxiách. Špirálových i eliptických, ktoré majú v strede sférickú vypuklinu, plnú hviezd, prachu a plynu. Centrálna čierna diera túto hmotu konzumuje a preto je čoraz masívnejšia. Pozorovatelia prognózy teoretikov potvrdili. Najnovšie objavy vesmírneho ďalekohľadu Spitzer však dokázali, že masívne čierne diery hniezdia aj v niektorých relatívne malých, plochých galaxiách.

Vedci z George Mason University (USA) skúmali pomocou Spitzera 32 plochých galaxií bez centrálnej vypukliny a zistili, že sedem z nich má v centre masívnu čiernu dieru. Ako tento fakt vysvetliť? Jedna z hypotéz predpokladá, že na začiatku formovania čiernych dier zohráva dôležitú úlohu tmavá hmota. Ide o tmavú hmotu v halo, ktoré „obaľuje" väčšinu galaxií.

Naša Mliečna cesta je príkladom špirálovej galaxie, ktorá má v strede vypuklinu. Pri pohľade zboku vyzerá ako lietadlo s krídlami. Naša čierna diera, niekoľko miliónkrát hmotnejšia ako Slnko, v súčasnosti drieme, pretože nemá v dosahu svojej gravitácia dostatok potravy, hmoty, ktorú by mohla konzumovať.



Graf znázorňuje spektrum plochej galaxie NGC 3621, v ktorom sa jasne vyníma otlačok vysokoionizovaného neónu – dôkaz existencie masívnej čiernej diery v jej jadre. Ďalšie vrcholky grafu sú spektrálnymi otlačkami aromatických uhľovodíkov a chlóru, ktoré vznikajú v plyne, obaľujúcom hviezdy.

Podľa doterajších štúdií galaktické vypukliny a čierne diery sa navzájom ovplyvňujú. Napríklad supermasívne čierne diery majú najviac 0,2 % hmotnosti vypukliny v ktorej hniezdia. Ale: čím väčšia vypuklina, tým väčšia čierna diera.

Teória sa otriasla, keď astronómovia z Kalifornskej univerzity objavili v roku 2003 supermasívnu čiernu dieru v galaxii, ktorá centrálnu vypuklinu nemala. Najnovší objav Spitzera potvrdil, že nešlo o ojedinelý príklad. Vedci túto záhadu vysvetľujú tak, že tieto galaxie musia byť masívnejšie, ako sa na prvý pohľad zdajú. Obsahujú veľa prachu, ktorý prepúšťa iba málo viditeľného svetla. Infračervené svetlo však prachom preniká, takže spektrograf na ďalekohľade Spitzer detegoval za clonou prachu aktívne čierne diery.

Čierna diera nasáva špirálujúcu hmotu z okolia a generuje vysokoenergetické žiarenie, ktoré ionizuje väčšinu plynu v jadre galaxie. Spitzer v plyne detegoval aj unikátne spektrum vysokoionizovaného neónu. Iba masívna čierna diera má toľko energie, aby dokázala neón takto ionizovať.

Masívne čierne diery hniezdia aj v naoko malých galaxiách. Údaje zo Spitzera to dokázali. Ich presnú hmotnosť sa zatiaľ nepodarilo vypočítať, ale záhada je na svete. Možno prítomnosť obrích čiernych dier vysvetliť pôsobením tmavej hmoty? Ako je známe, tmavá hmota je neviditeľná. Prejavuje sa iba gravitáciou. Teoretici sa nazdávajú, že tmavá hmota mohla už v ranom vesmíre, predtým ako sa veľké galaxie stihli sformovať, ovplyvniť vznik a hmotnosť čiernych dier.

Ako? Boli ostrovčeky tmavej hmoty akýmisi jadrami, okolo ktorých sa začala akumulovať hmota a formovať sa do centrálnych bochníkov? Možno...

Spitzer Press Release

Najviac hviezd sa rodí na periférii kozmických štruktúr

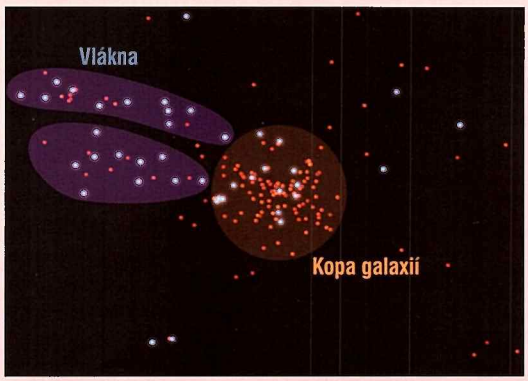
Galaxie sa vo vesmíre zoskupujú do veľkých i malých spoločenstiev. Veľké spoločenstvá, kopy galaxií, sú pospájané, rovnako ako veľké mestá na Zemi, diaľnicami zahusteného prachu, ktoré nazývame „vlákna". Väčšina galaxií sa vyvíja v tejto sieti. Malé kopy galaxií sú roztrúsené pozdĺž týchto vlákien, vytvárajú akési periférie kôp. Astronómovia sa nazdávajú, že postupom času zhluky hviezd z galatických periférií splynú s kopami na vláknach.

Vesmírny infračervený ďalekohľad Spitzer zachytil svetlo niekoľkých galaxií, ktoré sa pohybujú pozdĺž dvoch vlákien smerom ku kope galaxií Abell 1763. Po prvýkrát sa podarilo vidieť v infračervenom svetle vlákna, ťahajúce sa smerom ku kope galaxií. Vedcov najviac prekvapil fakt, že počet galaxií s intenzívnou hviezdotvorbou bol na týchto bočných vláknach dvojnásobne vyšší ako v galaxiách, ktoré sú súčasťou kopy galaxií.

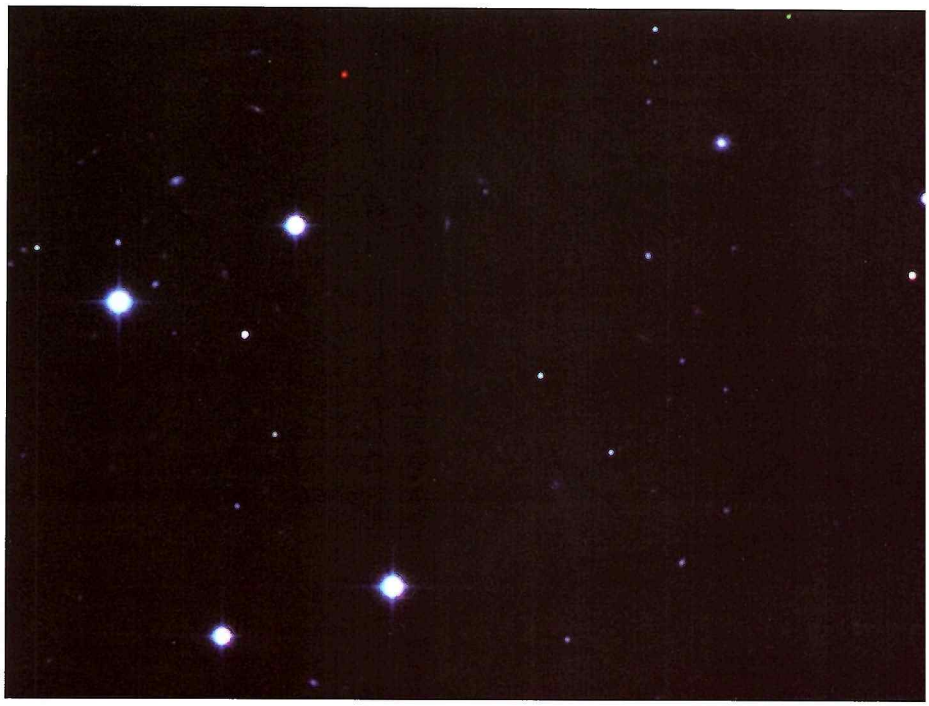
Kopy galaxií a vlákna, ktoré ich spájajú, patria k najväčším známym štruktúram vo vesmíre. Pozorovať túto ozrutnú sieť je možné iba pomocou prístrojov, ktoré dokážu mapovať veľké oblasti oblohy a zároveň rozlíšiť jednotlivé galaxie, nepatrné guľôčky na gigantickej popreplietanej retiazke.

Prístroje na ďalekohľade Spitzer to dokážu. Pomocou multipásmového fotometra na satelite pozorovali vedci štruktúry dlhé 23 miliónov svetelných rokov. V jednotlivých galaxiách spočítali hviezdy v každej oblasti, kde sa tvoria hviezdy. Vzápätí im pozemský ďalekohľad na Kitt Peak National Observatory pomohol rozlíšiť, ktoré galaxie sú súčasťou kopy a ktoré sú (ešte) na periférnych vláknach. Tak sa podarilo získať hodnovernú predstavu o tom, ako sa galaxie zväčšujú a ako sa cestou z periférie do centrálnych kôp menia.

Objav pomohol spresniť program budúcich infračervených misií, ktoré nadviažu na výsledky Spitzera. Jednou z najvýznamnejších bude kozmický ďalekohľad Herschel, na ktorom sa popri Európskej vesmírnej agentúre (ESA) podieľa aj NASA. **NASA Press Release**



Takto sa zhlukujú galaxie v kope galaxií Abell 1763 a v jej okolí. Poloha každej galaxie je v súlade s jej aktuálnymi koordinátmi. Modré body sú galaxie, v ktorých prebieha búrlivý hviezdotvorba. Červené body sú galaxie, v ktorých sa rodí menej hviezd. Veľké, husto osídlené komunity, kopy galaxií, sú v oranžovom kruhu. Všetky sú pospájané (červenými) vláknami.



Hnedý trpaslík CFBDS J005910.83-011401.3 je červený objekt vľavo hore. Snímka demonštruje, do akej miery sa farba tohto objektu odlišuje od farby iných chladných hviezd v okolí.

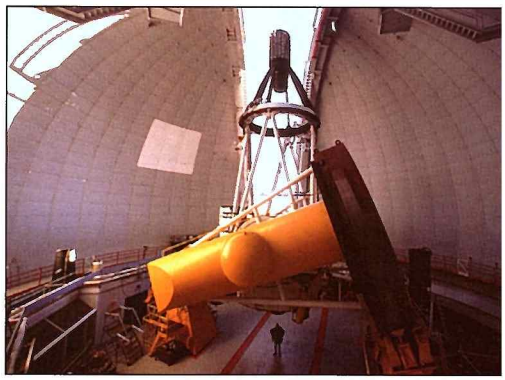
CFBDS 0059: najchladenjší hnedý trpaslík

Teplota: 350°C. Hmotnosť: 15 až 30 násobok hmotnosti Jupitera. Vzdialenosť: 40 svetelných rokov od našej Slnečnej sústavy. Osamelé teleso: neobieha nijakú hviezdu.

Hnedého trpaslíka, hneď po objave, zaniesli do katalógov pod názvom: CFBDS J005910.83-011401.3 (ďalej ho budeme spomínať pod skratkou). Pripomeňme, že hnedí trpaslíci sú telesá, ktoré ustrnuli vo vývoji niekde medzi obrou planétou a malou hviezdou. Za hnedého trpaslíka považujeme teleso, ktoré má väčšiu hmotnosť ako 15J, ale nedosiahlo hmotnosť 70 J. Takáto nepodarená hviezda nemá v svojom vnútre teplotu a tlak, pri ktorej sa spúšťajú jadrové reakcie, alebo ak aj, podchvíľou ustávajú, až celkom vyhasnú. Hnedý trpaslík je preto čoraz chladnejší.

Prvý hnedý trpaslík bol objavený v roku 1995. Tieto telesá v mnohom pripomínajú obrie planéty: v ich atmosfére sa pohybujú oblaky prachu, aerosolov a metánu, rovnako ako v atmosférach Jupitera či Saturnu. V čom sa od planét odlišujú: voda v atmosfére hnedých trpaslíkov je neustále v plynnom stave (na Jupiteri v podobe ľadových kryštálikov); dusík sa v atmosfére hnedých trpaslíkov donedávna nenašiel, hoci na obrích planétach je ho dosť.

CFBDS0059, najchladnejší hnedý trpaslík, má dusíka v atmosfére dosť. Pripomína viac planétu, ako niektorého zo známych druhov hnedých trpaslíkov.



Kanadsko-francúzsky ďalekohľad na Havajských ostrovoch, jeden z troch obrích ďalekohľadov, ktorých spolupráca bola kľúčom k objavu najchladnejšieho hnedého trpaslíka.

Rozlišujeme dve triedy hnedých trpaslíkov: L trpaslíci s teplotou 1200 až 2000 °C majú vo vysokej atmosfére oblaky prachu a aerosolov; T trpaslíci, chladnejší ako 1200 °C, majú celkom inakšie spektrum, lebo v ich atmosférach prevláda metán a pri nižších teplotách sa v nich objavuje aj dusík. Zdá sa, že na svete je nová trieda týchto telies: Y trpaslíci s dostatkom dusíka.

Objav má význam pre klasifikáciu extrasolárnch planét. Pri desatine z doteraz objavených exoplanét ešte nevieme, či nejde o hnedých trpaslíkov. Telesá, zviazané v planetárnom systéme nemajú jednoznačné spektrá, pretože ich svetlo je premiešané s oveľa silnejším svetlom materských hviezd. Hnedí trpaslíci sú často samotári, ich vlastnosti a parametre sa oveľa ľahšie študujú.

Aký tvar má vesmír?

Teoretici sa nazdávajú, že náš vesmír má extradimenzie, ktoré sú zavinuté v každom bode okolo nás. Z týchto vyšších dimenzií môže nás vesmír vyzerať ako 3-dimenzionálna brána prepojená s pokrčeným „hrtanom", ktorý vyčnieva z kompaktu dimenzií. Kozmologické štúdie môžu teoretikom pomôcť, aby dokázali rozlíšiť jednu z vyššie dimenzionálnych konfigurácií od inej a v rámci tohto procesu odobriť aj teóriu strún.

Inflácia, rané obdobie kozmickej hyperexpanzie, stane sa možno kľúčom k preskúmania šiestich extradimenzií vesmíru.

Odvtedy, ako ľudia skúmajú oblohu, kladú si otázku, kde končí a premýšľajú aký má vesmír tvar. Informácie z družice Wilkinsom Microwave Anisotrophy Probe (WMAP), ktorá doteraz najpresnejšie zmapovala šepot mikrovĺn emitovaných 380 000 rokov po zrodení univerza, naznačujú, že vesmír je takmer plochý. Ak je univerzum dostatočne veľké, vesmír sa môže zdať plochým, hoci tvarom pripomína loptu, koláč či bagetu.

Vonkajší vesmír, na pohľad nezmerateľný priestor, obsahujúci miliardy galaxií, však nie je jedinou časťou univerza, ktorý môže mať tvar. Fyzici preto hovoria aj o „vnútornom vesmíre", uzavretom, mikroskopickom svete. Ten je taký nepatrný, že ho nemôžeme skúmať priamo. Teória strún, ktorú väčšina vedcov považuje za predbežne najlepšie vysvetlenie prírody, predpokladá existenciu 10-dimenzionálneho vesmíru. Prvé tri dimenzie, plus čas, dôverne poznáme. O ďalších šiestich veľa nevieme.

Einsteinova všeobecná teória relativity zjednotila pred sto rokmi priestor a čas do 4-dimenziálneho časopriestoru. Kde máme teda tých zvyšných 6 dimenzií hľadať? Podľa vedcov sú zvinuté do nepatrných geometrických kontajnerov, takzvaných Calabi-Yau variet (varieta: tvar priestoru), ktoré naše zmysly nikdy neobjavia.

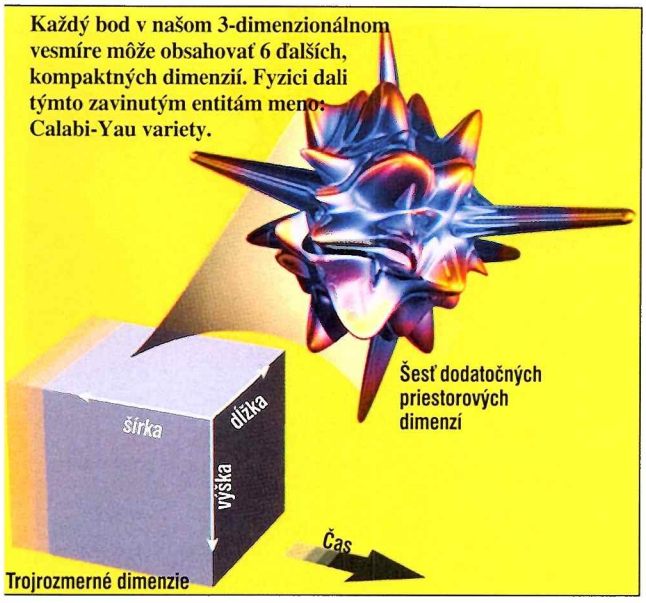
„Ak majú teoretici strún pravdu," vraví fyzička Lisa Randallová z Harvardskej Univerzity, „kdekoľvek vo viditeľnom priestore, na špičke vášho nosa, na severnom póle Venuše, na stope, ktorú tenisová loptička po vašom serve zanechala na antuke, všade by sa mal nachádzať aj 6-dimenzionálny Calabi-Yau varieta. Taký nepatrný, že ho ľudské oko nedokáže rozlíšiť. Táto viacdimenzionálna geometria existuje v každom bode vesmíru.

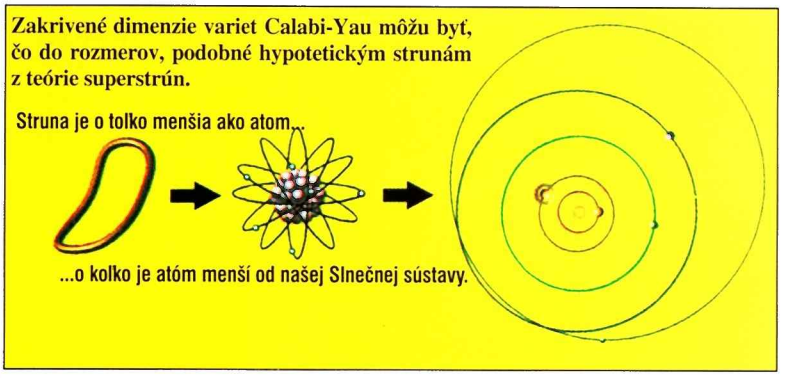
Fyzici klasifikujú tieto komplikované, zvinuté, geometrické formy ako kompakt. Tvrdenie, že manifoldy nie sú nekonečne dlhé štruktúry, je z hľadiska vedy pomerne opatrné, pretože ich skutočné rozmery iba odhadujeme. Posledný odhad: manifoldy majú priemer 10^{-33} centimetrov. Napriek tomu by mali byť 10 000 biliónkrát väčšie ako hypotetické struny, ale ešte vždy príliš nepatrné na to, aby sme ich mohli detegovať.

To, čo teoretikov v posledných rokoch vzrušuje, je tvar týchto komplexných, 6-dimenzionálnych priestorov. Nazdávajú sa, že práve geometria variet diktuje zákony fyziky častíc, ovplyvňuje gravitáciu, kozmickú infláciu i tmavú energiu. Ak sa nemýlia, potom sa tieto dominantné fenomény nášho vesmíru mohli vynoriť priamo zo skrytých dimenzií, alebo sú nimi významne ovplyvňované.

„Všetky čísla, ktoré sme namerali v prírode, všetky hodnoty, ktoré považujeme za fundamentálne, hmotnosť kvarkov či elektrónov, sú odvodené z veľkosti a tvaru priestoru Calabi-Yau," vysvetľuje Joseph Polchinski, teoretický fyzik z Kalifornskej univerzity.

To však ešte nie je všetko: „Podľa teórie strún





je počet možných tvarov Calabi-Yau totožný s počtom možných vesmírov v takzvanom multiverze. Vyzerá to tak, že mnohé z najväčších fyzikálnych a kozmologických problémov dneška sa z tohto hľadiska redukuje na jednoduchý problém geometrie: určenie tvaru extradimenzií.

Čo sa môžeme naučiť z geometrie vnútorného vesmíru? Vedci si stanovili dva hlavné ciele: potvrdiť existenciu týchto dimenzií a získať predstavu o ich geometrii. Výsledky ich doterajšieho snaženia predstavujú bizarné panoptikum najrozličnejších tvarov. Niektoré pripomínajú kornútok na zmrzlinu, iné hrtan, cigaru či rukavice.

„Ako sú extradimenzie prepojené s teóriu strún?" Takú otázku s položil Gary Shiu, fyzik z University of Wisconsin. Zostavil tím, ktorý sa zameriava na ešte presnejšie zmeranie mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia. Shiu je presvedčený, že práve tam sa skrýva odpoveď na základnú otázku. Shiu sa dokonca nazdáva, že posledné modely kozmickej inflácie (krátke obdobie mimoriadne rýchleho rozpínania sa mladého vesmíru), ktoré sa opierajú o teóriu strún, už dnes otvárajú možnosť presnejších predpovedí vývoja kozmu. Kozmológovia teraz dokážu svoje predpovede testovať. Každá prognóza je totiž závislá od špecifickej geometrie Calabi-Yau, ktorá je, aspoň podľa údajov CBM, zodpovedná za zrod inflácie.

Plodný karambol

Základná predstava, podľa ktorej kozmickú infláciu momentálne poháňajú pohyby a interakcie veľkých štruktúr, nazývaných brány. Podľa tohto scenára brána a jej náprotivok antibrána sa vo väčších dimenziách pohybujú proti sebe.

Tieto brány sa navzájom priťahujú, takže v priestore medzi nimi sa generuje zdroj potenciálnej energie, ktorý dokáže spustiť infláciu. Tento proces, ktorý roztiahol náš 4-dimenzionálny vesmír viac ako bilión bilión-krát pokračuje dovtedy, kým sa brány zrazia a navzájom anihilujú. Podľa tejto teórie sa inflácia prejaví pred big bangom! Keby sa brány navzájom nezničili, nevznikla by energia, ktorá stvorila a poháňala big bang.

Takže to, čo tradične nazývame našim vesmírom, hniezdi v 3-dimenzionálnej bráne, ktorá je nepatrnou škvrnkou, či bodom v 6-dimenzionálnej variete.

Ako sa náš ozrutný, zdanlivo nekonečný vesmír, môže vo viacdimenzionálnom priestore vtesnať do ultrakompaktnej sféry? Fyzici hovoria, že naše tri priestorové dimenzie nie sú závislé na dimenziách Calabi-Yau.

„Sedíme v malom kútiku 6-dimenzionálneho priestoru," vraví Henry Tye z Cornell University. A fyzik Liam McAllister z Princeton University dodáva: „Calabi-Yau dimenzie nemajú rovnaký smer ako tie naše, ťahajú sa otogonálne, kolmo na ne. Preto by nemal byť problém ich zmerať."

Brány a antibrány, generujúce infláciu, krúžili už v mladom vesmíre. Iba tak si dokážeme dozvedieť viac o našom vesmíre, ktorý sa teraz chúli v kútku multiverza. Tye: „Je to ako na koktailparty: ak stojíte v kúte, veľa sa nedozviete. Keď začnete s pohárom krúžiť po miestnosti a komunikujete, dozviete sa viac." Čo je však najdôležitejšie: pohyb brány zanecháva nezmazateľný odtlačok v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia.

Naozaj?

Kozmologické merania umožňujú vytvorenie aj takého priestoru, akým je Calabi-Yau. Je to priestor, v ktorom žijeme. Údaje, ktoré vedci majú, sú už dostatočne presné, aby mohli zistiť, či je daná Calabi-Yau varieta konzistentná s experimentom. To je povzbudzujúce.

„Môžete použiť model inflácie a rozdeliť ho na dve polovice. Jednu, ktorú pozorovania odobrili a druhú, ktorá s nimi nie je konzistentná," vraví Cliff Burges, fyzik z Ontario's Perimeter Institute for Theoretical Physics. „Už samotný fakt, že dokážeme rozlišovať možné modely inflácie znamená, že dokážeme rozlíšiť geometrické konštrukcie, z ktorých tieto modely vyrastajú."

Napríklad v roku 2006 McAllisterov tím skúmal pozorovateľné signály inflácie, ktoré sa často objavovali vo variete Calabi-Yau, označenej ako „pokrčený hrtan". Vedci zistili, že rozdielne geometrie Calabi-Yau majú aj rozdielne pozorovateľné odtlačky.

Kornútky a rukavice

Hrtan: tak pomenovali najčastejší defekt v priestore Calabi-Yau. Ide o kornútok pripomínajúci útvar, ktorý prirodzene vyčnieva z povrchu. McAllister upresňuje, že ten tvar pripomína skôr veľkú guču zmrzliny na kornútku.

Hrtan sa pod vplyvom magnetických polí a prúdov neustále zväčšuje a krčí. Aspoň podľa teórie strún. „Prúdenie generuje sila na vrchole kornútka, ktorá ho rozťahuje do dlhej, úzkej šije," vysvetľuje fyzik Leonard Susskind zo Stanford University.

Ľubovoľný priestor Calabi-Yau má viac ako jeden pokrčený hrtan, takže pripomína skôr kaučukovú rukavicu. „Náš trojdimenzionálny vesmír je bodkou, ktorý sa pohybuje k špičke jedného z prstov rukavice. Inflácia ustáva vo chvíli, keď bodka dospeje k špičke prsta. Tam antibrána, alebo zlepenec antibrán trpezlivo vyčkáva. Nakoľko špička prsta vyčnieva proti pohybu brán, výsledný tvar inflácie formuje jeho geometria.

Predstavme si, že inflácia koliduje z dvomi odlišnými geometriami typu „pokrčený hrtan". Mohli by sme ich rozlíšiť? Vedci si zvolili dva relatívne známe hrtanové modely – Klebanov-Strassler a Randla-Sundrum a študovali, ako inflácia v takomto prípade ovplyvní mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CBM).

Sústredili sa na štandardné merania CBM: údaje o fluktuáciách teploty v mladom vesmíre. Tieto fluktuácie sa zdajú byť vo veľkých i malých škálach takmer rovnaké. Hodnotu, ktorá udáva zmeny fluktuácií z malých na veľké škály, nazývajú „spektrálnym indexom". Shiu a Underwood zistili, že rozdiel medzi hodnotami spektrálneho indexu dvoch scenárov predstavuje sotva 1 percento. Takže voľba geometrie má merateľný efekt.

BRÁNA

V teórii strún ktorýkoľvek nebodový objekt. 1-brána je struna. 2-brána je mebrána. 3-brána má tri priestorové dimenzie.

MIKROVLNNÉ ŽIARENIE KOZMICKÉHO POZADIA

Mikrovlnné žiarenie vypĺňajúce vesmír bolo pôvodne svetlom, vyprodukovaným 380 000 rokov po big bangu.

ŠTANDARDNÝ MODEL

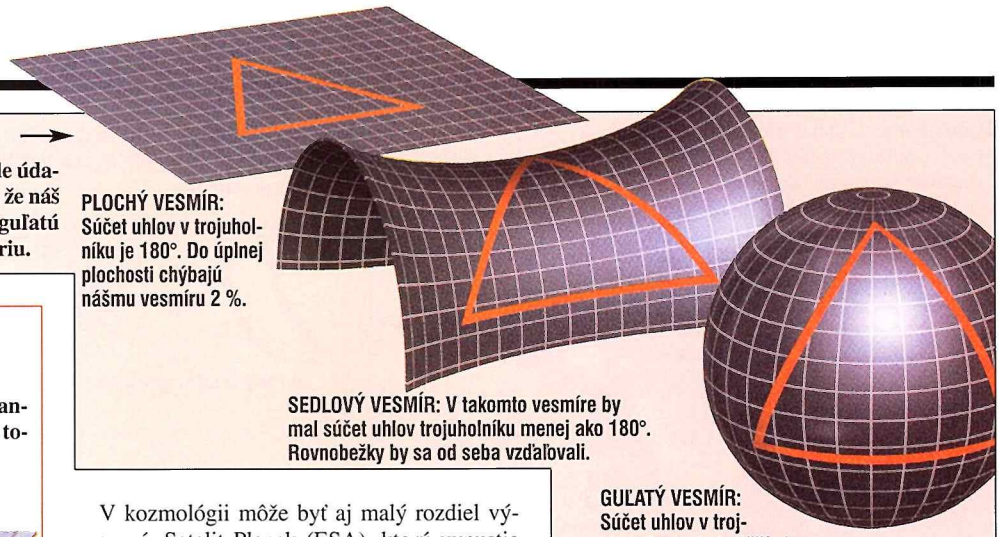
Teória interakcií najzákladnejších častíc prírody (elektrónov a kvarkov), ktorá vznikla na prelome 60. a 70. rokov minulého storočia. Nedokáže však vysvetliť gravitáciu, takže určite existuje ešte fundamentálnejšia teória.

TEÓRIA STRÚN

Zjednotená teória vesmíru (Teória všetkého) tvrdí, že základnými prvkami vesmíru nie sú častice, ale 1-dimenzionálne vlákienka, nazývané struny. Teória strún zjednocuje kvantovú mechaniku a všeobecnú teóriu relativity, ktoré sú inakšie nezjednotiteľné. Základ teórie superstrún.

Trojdimenzionálny tvar vesmíru

Zo štúdií kozmických mikrovĺn, (na základe údajov, ktoré získal satelit WMAP), vyplynulo, že náš vesmír je takmer plochý. To vylúčilo guľatú (sférickú) i sedlovú (hyperbolickú) geometriu.



PLOCHÝ VESMÍR: Súčet uhlov v trojuholníku je 180°. Do úplnej plochosti chýbajú nášmu vesmíru 2 %.

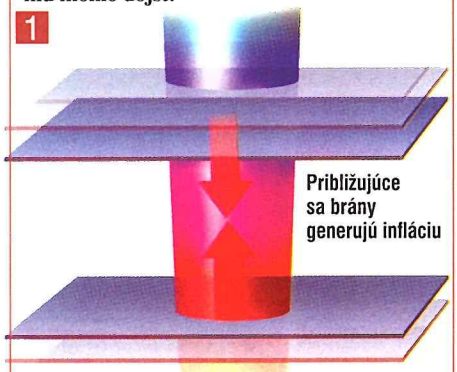
SEDLOVÝ VESMÍR: V takomto vesmíre by mal súčet uhlov trojuholníku menej ako 180°. Rovnobežky by sa od seba vzďaľovali.

GUĽATÝ VESMÍR: Súčet uhlov v trojuholníku by bol väčší ako 180 %. Rovnobežky by sa k sebe približovali.

Vygenerovali navzájom sa anihilujúce brány big bang?

Fyzici sa nazdávajú, že kontakt brány a antibrány vyvolal big bang. Pozrite sa, ako k tomu mohlo dôjsť:

1



Brána a antibrána spôsobujú, že sa 3 dimenzie nášho vesmíru pohybujú proti sebe. Inflácia začína v okamihu, keď sa proti sebe pohnú. Počas inflácie sa náš vesmír zväčšil bilión biliónkrát. Inflácia možno vytvorila na rozpínajúcom sa časopriestore záhyby, ktoré nazývame „gravitačné vlny".

2 **Po kolízii membrány a antimembrány sa uvoľní gigantická energia.**

Inflácia sa končí, keď sa kolidujúca brána a antibrána navzájom anihilujú. Uvoľnená energia náš vesmír tak zohriala, že vyvolala big bang. Kolízia mohla vytvoriť aj kozmické struny. Takéto štruktúry by mohli odhaliť gravitačné šošovky najvzdialenejších objektov, alebo polarizácia mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CBM).

3 **Galaxie**

Fluktuácie hustoty, (súostrovie škvŕn s nerovnakou hustotou a teplotou), ktoré sa vytvorili počas inflácie, sa stali zárodkami dnešných štruktúr v našom vesmíre.

V kozmológii môže byť aj malý rozdiel významný. Satelit Planck (ESA), ktorý vypustia v júli, je poslednou generáciou kozmických mapovačov CBM. Jednopercentné rozdiely hodnôt bezpečne zaznamená. Analýza údajov z Plancka umožní vedcom rozhodnúť, ktorá geometria je pre veľké škály vhodnejšia.

„Obe geometrie na špičke palca sú na nerozoznanie, takže podaktorí sa nazdávajú, že sú vymeniteľné," vraví Underwood. „Preto sme sa spolu so Shiuom sústredili na detaily." A dodáva: „Krok smerom od spektrálneho indexu, čo je jednoduché číslo, ku geometrii extradimenzií, je krokom do neznáma."

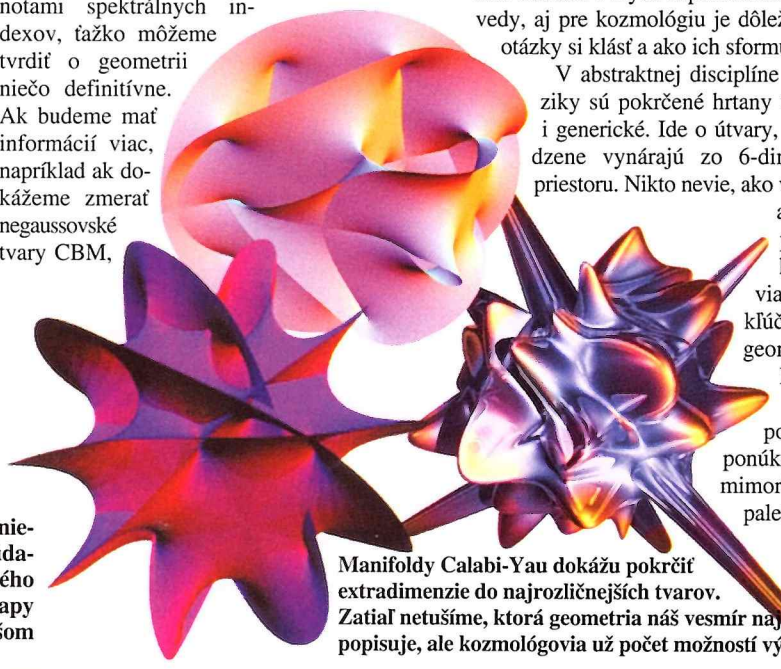
Ak vedci získajú dostatok presných údajov o CBM, dokážu zistiť aký má Calabi-Yau tvar? Skeptici sa nazdávajú, že to môže trvať aj dvadsať rokov. McAllister: „Budeme šťastní, ak sa do desiatich rokov dozvieme, či inflácia existovala, alebo nie. Ale nebudeme mať dosť experimentálnych údajov, aby sme mohli načrtnúť aspoň tvar Calabi-Yau. O tom, koľko má hrtanov a brán, ani nehovoriac."

Shiu je optimista: „Kým narábame iba s hodnotami spektrálnych indexov, ťažko môžeme tvrdiť o geometrii niečo definitívne. Ak budeme mať informácií viac, napríklad ak dokážeme zmerať negaussovské tvary CBM, (teda to, čím sa zhustky v mladom vesmíre odlišujú od normálne distribuovanej hmoty), potom sa dostaneme ďalej. Lebo iba vtedy získame presnejšiu predstavu o geometrii. Namiesto jednej hodnoty, napríklad spektrálneho indexu, spoznáme celú funkciu – celý balík navzájom sa podmieňujúcich údajov."

Ak sa ukáže, že hmota bola mimoriadne rozptýlená do zhustkov, potom by mohlo ísť o špeciálnu verziu bránovej inflácie, známej ako Dirac/Born/Infeld (DBI), ktorá sa prejavuje v dobre popísanej geometrii hrtanu. Takýto objav, ak ho podoprú presné údaje, bude možné považovať za definitívny.

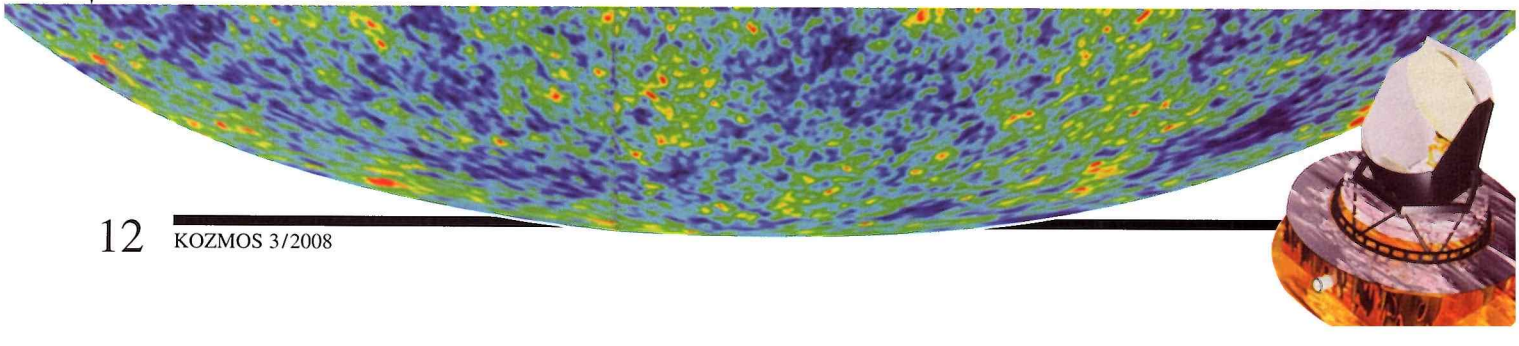
Sarah Shandera, fyzička z Columbia University poznamenáva, že model inflácie, hoci DBI, postavený na teórii strún, by bol významný aj vtedy, keby sa ukázalo, že teória strún ako popis prírody neobstojí. „Kozmológom sa rozšíril obzor. Tak ako v iných experimentálnych odboroch vedy, aj pre kozmológiu je dôležité vedieť, aké otázky si klásť a ako ich sformulovať.

V abstraktnej disciplíne teoretickej fyziky sú pokrčené hrtany fundamentálne i generické. Ide o útvary, ktoré sa prirodzene vynárajú zo 6-dimenzionálneho priestoru. Nikto nevie, ako vesmír funguje, ale zdá sa, že práve pokrčené hrtany sú podľa viacerých vedcov kľúčovou časťou geometrie prírody. Môžu sa mýliť, ale aj tak: pokrčené hrtany ponúkajú teoretikom mimoriadne pestrú paletu možností.



Manifoldy Calabi-Yau dokážu pokrčiť extradimenzie do najrozličnejších tvarov. Zatiaľ netušíme, ktorá geometria náš vesmír najlepšie popisuje, ale kozmológovia už počet možností výrazne znížili.

V júli 2008 vypustia satelit Planck (ESA). Po niekoľkých mesiacoch vyhotovia na základe jeho údajov doteraz najpodrobnejšiu mapu mikrovlnného žiarenia kozmického pozdania. Vedci podľa mapy vylúčia tie Calabi-Tau geometrie, ktoré sa v našom vesmíre nemôžu vyskytovať.



Vesmír plný strún

Ak je silou, ktorá generuje inflácia pokrčený hrtan, potom gravitačné vlny, záhyby v tkanine časopriestoru, môžu prezradiť všeličo o špecifickej variete, ktorá ich generovala. Inflácia takéto vlny môže vytvoriť, lenže doteraz sme ani jednu nedetegovali.

Hypotetické poruchy v priestore, nazývané kozmické struny, ktoré sa vyrojili na sklonku inflácie, obsahujú možno aj ďalšie signály. Kozmické struny sa neveľmi odlišujú od nepatrných struniek z teórie strún, lenže na rozdiel od nich obopínajú celý vesmír. Ich existencia určite zanecháva stopu v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia. Detaily týchto odtlačkov ovplyvňujú tvar extradimenzií.

Modely inflácie, vychádzajúce z pokrčených hrtanov, nepredpovedajú iba jednu kozmickú strunu, ale celú paletu strún vznikajúcich vzájomnou anihiláciou brán a antibrán. Tieto struny by mali mať množstvo odlišných pnutí (tensions), podobne ako kus kaučukovej plachty, ktorú z rozličných strán naťahujeme: majú rozdielnu hrúbku. Ak by sa existencia odlišných typov kozmických strún dokázala, išlo by o dramatický objav.

Ešte raz: určenie tvaru priestoru Calabi-Yau nebude možné bez presnejších údajov spektrálneho indexu CBM, bez pochopenia genézy negaussovských zhustkov, ale aj to len vtedy, keď sa podarí detegovať gravitačné vlny či kozmické struny.

Ani dnešný, štandardný model fyziky nevznikol zo dňa na deň. Vedci ho sformovali po vyhodnotení množstva experimentov, čo trvalo celé desaťročia. Aj architekti novej fyziky musia najskôr vyhodnotiť a analyzovať množstvo meraní a rozhodnúť, či extradimenzie naozaj existujú a či teória strún naozaj všetko z pozadia riadi.

Vedci sú trpezliví, pretože overenie geometrie skrytých dimenzií nie je ich jediným cieľom. Radi by do testov zahrnuli aj samotnú teóriu strún, odvetvie fyziky, ktoré zo všetkých strán kritizujú, pretože ho ťažko overovať experimentmi. Nikto však nepochybuje, že práve kozmológia je najsľubnejšou cestou overovania teórie strún, pretože škála energie, ktorá generovala infláciu, sa bezmála kryje so škálou energie, bez ktorej by nevznikli struny.

„Nie je vylúčené, že z teórie strún sa vyvinú modely, v rámci ktorých je inflácia nemysliteľná," vraví McAllister. V takom prípade by pozorovania teóriu nepreverili. Niektoré modely už týmto sitom prepadli. Model inflácie pokrčeného hrtanu je však predbežne jedným z najlepších modelov, samozrejme s upozornením: „V skutočnosti sa inflácia nemôže prejaviť v pokrčených hrtanoch, hoci to na obrázkoch tak vyzerá."

Tak či onak, vedci vedia, že dlhé vyčkávanie na definitívne potvrdenie toho-ktorého modelu by bolo bláznovstvom. Všetky tieto modely sa zrodili v geometriách, ktoré vychádzajú z teórie strún. Teórie, pre ktorú môžeme vyhotoviť podrobné predpovede a spoľahlivo ich otestovať. Inými slovami: cieľ je ešte zahmlený, ale cestu k nemu sme už našli. Je najvyšší čas pokľaknúť na štartovú čiaru.

Astronomy

Prírodný urýchľovač častíc

Integral (ESA), vesmírny ďalekohľad, detegujúci röntgenové žiarenie zaznamenal neobyčajne energetické žiarenie z kopy galaxií Ophiuchus.

Ophiuchus je jedným z najjasnejších zdrojov röntgenového žiarenia na oblohe. Žiarenie z tejto kopy je mimoriadne energetické, takže plyn medzi galaxiami musí čosi výdatne zohrievať.

Vedci zistili, že väčšina röntgenového žiarenia z Ophiuchus sa šíri z plynu, ktorého teplota dosahuje 100 miliónov kelvinov. Také silné žiarenie v röntgenovej oblasti môžu generovať iba dva procesy.

Prvý scenár predpokladá, že elektróny s vysokou energiou vystreľuje flexibilné magnetické pole v kope. Elektróny špirálujú okolo magnetických siločiar poľa a z uvoľnených, „povievajúcich" siločiar unikajú v podobe röntgenového žiarenia do priestoru. Tieto elektróny by mali mať extrémnu energiu – 100 000-násobne väčšiu ako elektróny, generované alternatívnym procesom.

Podľa druhého scenára by elektróny mali kolidovať z mikrovlnami, pozostatkom po big bangu, ktoré sa vyskytujú v celom vesmíre. Počas kolízií strácajú elektróny časť energie, ktorá sa prejavuje v podobe röntgenového žiarenia.

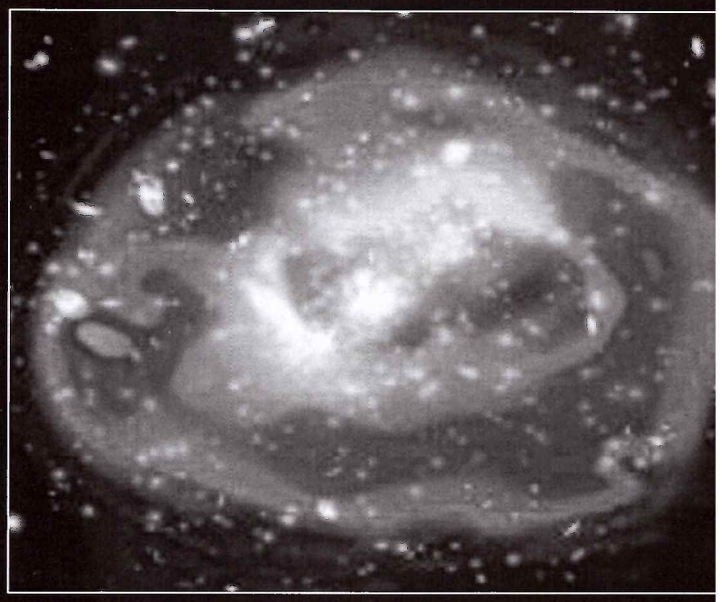
Vedci zatiaľ nevedia, ktorý scenár je správny. Magnetické pole kopy galaxií budú skúmať pomocou výkonných rádioteleskopov. Zamýšľajú využiť aj High Energy Stereoscopic System (HESS) v Namíbii. Tento obrí ďalekohľad dokáže zaznamenať krátke záblesky svetla, ktoré vznikajú vtedy, keď energetické žiarenie gama koliduje s časticami zemskej atmosféry. Ak HESS takéto záblesky z Ophiuchus deteguje, vedci budú mať istotu, že prírodný urýchľovač funguje podľa prvého scenára.

V prípade druhého scenára treba objasniť pôvod nárazových vĺn, ktoré kolidujú s plynom v kope. Generátorom týchto vĺn môže byť kolízia dvoch kôp galaxií. Zatiaľ nevedno, či kopa Ophiuchus požiera inú, menšiu kopu galaxií.

V prvom prípade vysokoenergetické elektróny rýchle chladnú. Ak to pozorovania potvrdia, potom kolízia a splývanie dvoch kôp ešte prebieha. V druhom prípade by elektróny chladli oveľa pomalšie. To by znamenalo, že obe kopy galaxií už splynuli.

Keď za ukáže, ktorý scenár sa realizuje, vedci dokážu zrekonštruovať históriu kopy galaxií. Jedno je už dnes isté: príroda premenila kopu galaxií na silný urýchľovač častíc, 20-krát výkonnejší ako Large Hadron Collider (LHC), zariadenie, ktoré v lete tohto roku spustia vo švajčiarskom CERN.

„Kopa Ophiuchus je o čosi väčšia ako LHC," žartuje Stéphan Paltani, člen tímu, ktorý vyhodnocuje údaje zo satelitu Integral. LHC má priemer 27 kilometrov, kopa galaxií Ophiuchus viac ako 2 milióny svetelných rokov.

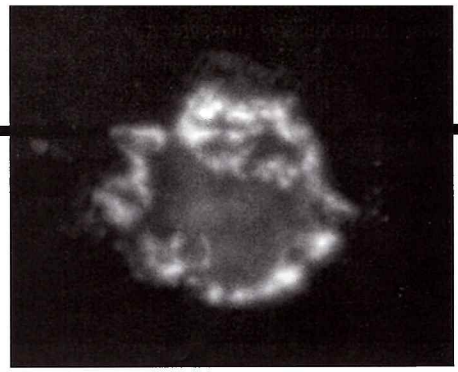


Ilustrácia znázorňuje, ako sa nárazové vlny šíria horúcim plynom počas kolízie a splývania dvoch kôp galaxií.

ESA/Integral Press Release

Integral, vesmírny ďalekohľad žiarenia gama.

Prach po výbuchu supernovy má hmotnosť 10 000 Zemí



Cassiopeia A: oblak plynu, ktorý sa rozpína po výbuchu supernovy vo vzdialenosti 11 000 svetelných rokov.

Odkiaľ sa už v mladom vesmíre nabral prach? Vedci predpokladali, že hlavným zdrojom prachu boli supernovy, ale až donedávna nikto to nevedel dokázať. Detektor na vesmírnom infračervenom ďalekohľade Spitzer poskytol dôkaz, že supernovy sú naozaj gigantickým rozprašovačom. V obálke, ktorá sa vzďaľuje od objektu Cassiopeia A, vo zvyšku po supernove, detegoval prach, ktorého hmotnosť sa vyrovná hmotnosti 10 000 Zemí.

Cassiopeia A sa nachádza v našej Galaxii, teda dostatočne blízko, aby vedci vlastnosti odvrhnutej obálky mohli podrobne preskúmať.

Kozmos je plný prachu. V blízkom vesmíre i v najodľahlejších končinách, vzdialených miliardy svetelných rokov v mladom vesmíre. Keby vo vesmíre nebolo dosť prachu, formujúce sa hviezdy by sa nemali čím ochladiť natoľko, aby kolabovali. A keby nekolabovali, tlak a teplota v ich vnútre by nestúpli natoľko, aby sa mohli spustiť jadrové reakcie. Nezabudnime, že z prachu sa formujú aj planéty.

Prach v blízkom vesmíre produkujú umierajúce hviezdy, podobné nášmu Slnku. Sú to dlhoveké hviezdy, ktorých život sa odhaduje na 10 miliárd rokov. V mladom vesmíre však veľa dlhovekých hviezd nebolo. A ak aj existovali, nestihli v kritickej dobe zostarnúť, rozpadnúť sa a premeniť sa na degenerované telesá. Ich agónie prebiehali už v poriadne zaprášenom vesmíre.

V mladom, hustom vesmíre sa formovali najmä masívne hviezdy, ktoré umierajú výbuchom supernovy. Ich život bol krátky a čo je najdôležitejšie, tieto objekty, nazývané aj hviezdami populácie III, sú jedinými hviezdami, ktoré sa sformovali bez prachu. Nielen supernovy, aj iné objekty sú zdrojom prachu, ktorý sa kumuluje v medzihviezdnom priestore. Vesmírny ďalekohľad Spitzer získal dôkazy, že aj aktívne čierne diery – kvazary produkujú vo svojich vetroch prach.

Vedci zo Spitzerovho vedeckého centra (NASA) sa zamerali na zvyšok po supernove Cassiopeia A, vzdialený 11 000 svetelných rokov. Tento zvyšok je pomerne blízko, takže sa stal ideálnym telesom pre štúdium procesov, prebiehajúcich po výbuchu supernovy. Čo umožňuje syntézu takého množstva prachu?

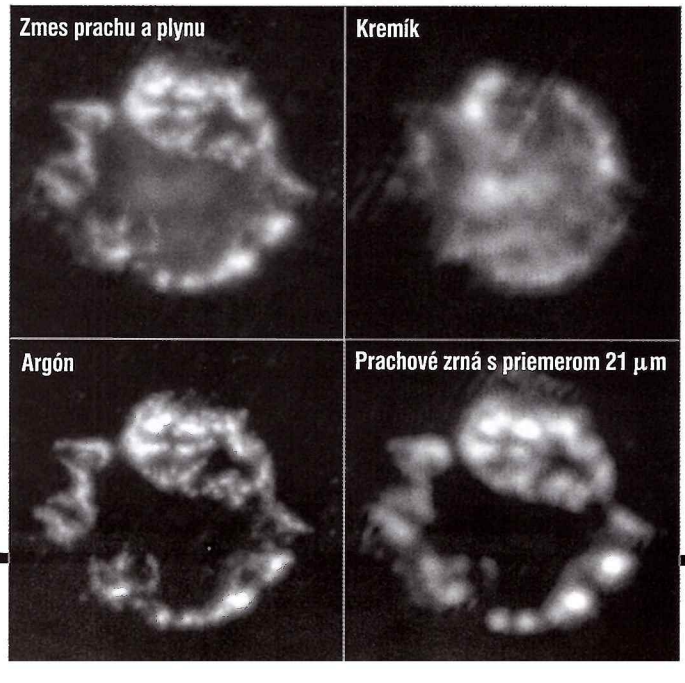
Infračervený spektrograf na palube ďalekohľadu Spitzer získal z objektu Cassiopeia A spektrá rozličných prvkov a molekúl. Mimoriadna citlivosť tohto prístroja umožnila zmapovať štruktúry prachu aj vo vnútre výbuchom rozptýlenej obálky.

Z mapy vedci vyčítali nielen množstvo, polohu, ale aj zloženie prachu v zvyšku po supernove. Zistili prítomnosť kremičitanov, dvojoxidu kremíka, oxidu železa, pyroxénu, uhlíka, oxidu alumínia a ďalších prvkov. Jedným z najdôležitejších poznatkov je fakt, že prach je dôkladne premiešaný s plynom, ktorý bol výbuchom rozptýlený. To bola senzácia: „Zistili sme, že prach sa v plyne postupne tvoril už v priebehu prvých stoviek dní po výbuchu, v čase, keď plyn v oblaku chladol," vraví Takaši Kozasa, jeden z členov tímu. „Prach, či presnejšie, prach premiešaný s plynom, sme našli dokonca vo vnútre vyvrhnutého oblaku plynu, kde panujú podstatne vyššie teploty."

Vedci vypočítali, že hmotnosť prachu, chladného i horúceho, vo zvyšku po výbuchu supernovy Cassiopeia A predstavuje 3% hmotnosti Slnka, čo je ekvivalent 10 000 Zemí. Na svete bol dôkaz, odkiaľ sa vo vesmíre berie toľko prachu, i keď supernovy určite nie sú jeho jediným zdrojom. Očakáva sa, že zvyšok chýbajúceho, podľa všetkého, oveľa chladnejšieho prachu, preskúmajú ďalekohľady najnovšej generácie, najmä Herschel, ktorý v tomto roku vypustí ESA.

Objav otvoril priestor pre ďalšie vedecké skúmanie supernov.

Spitzer Press Release



Spitzer rozlíšil v rozpínajúcom sa prachoplynovom oblaku po výbuchu supernovy Cassiopeia A jeho zložky. Porovnajte komplexný obraz vľavo hore, ktorý zviditeľňuje všetky zložky v oblaku s ďalšími obrázkami, ktoré zviditeľňujú iba niektoré zložky (plyny a prach z rozličnou veľkosťou).

Časť Galaxie rotuje opačným smerom

Naša Galaxia má guľaté jadro plné hviezd, ktoré zbesile obiehajú okolo centrálnej čiernej diery. Do jadra sa zavíja obrovský plochý disk so špirálovými ramenami. Jeho krúženie okolo jadra Galaxie pripomína správanie pozemského hurikánu. Naša Slnečná sústava sa nachádza v jednom z vonkajších ramien tejto gigantickej špirály. Jadro i perifériu s našou sústavou obaľuje halo a v ňom hviezdy, ktorých pohyb má viaceré zvláštnosti.

Halo má dve časti. Vedci nedávno skúmali pohyby a chemické vlastnosti hviezd v halo a prišli k záveru, že má dve časti, pričom každá vznikla inokedy a vyvíjala sa inakšie. Objav vyplynul z údajov o 20 000 hviezdach, ktoré boli pozorované v rámci Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy.

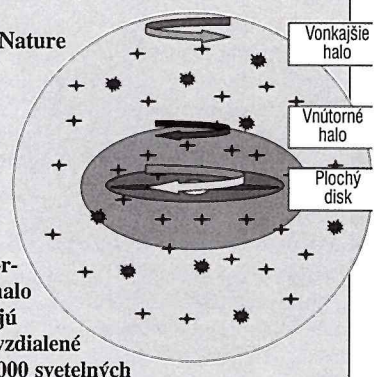
Hlavný disk Galaxie, domov nášho Slnka, rotuje rýchlosťou 800 000 km/hod. Disk obklopuje vnútorné halo. Rotuje v rovnakom smere, ale 10-násobne nižšou rýchlosťou. Vonkajšie halo, v ktorom je hviezd pomenej, rotuje opačným smerom, rýchlosťou 160 000 km/hod.

Vnútorné a vonkajšie halo majú rozdielnu chémiu. Hviezdy vo vnútornom halo majú trikrát viac ťažkých atómov, vrátane vápnika a železa. Tieto prvky vznikajú, ako je známe, v masívnych hviezdach, ktoré po krátkom živote vybuchujú ako supernovy. Ich obálky, rozptýlené výbuchom, sú materiálom na vznik ďalších generácií hviezd,

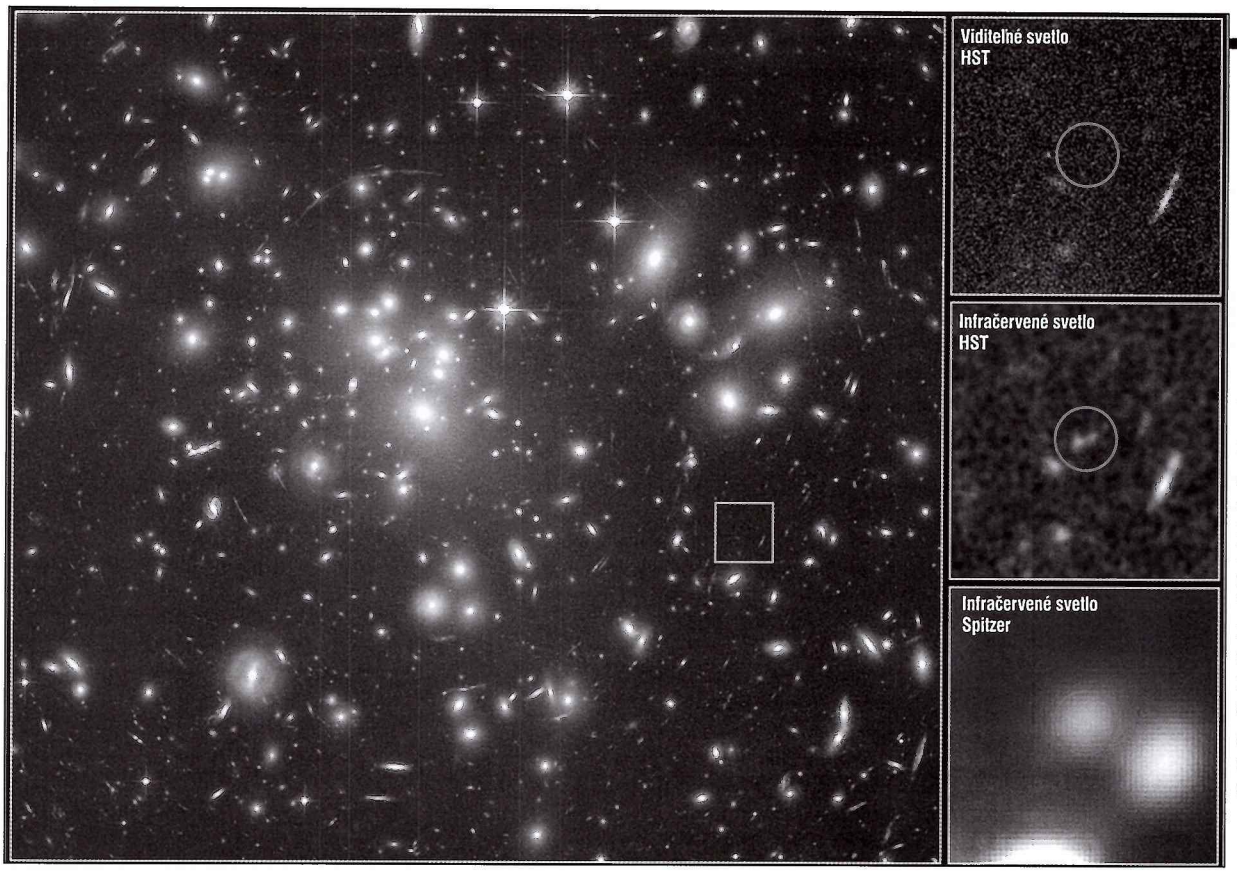
„Halo má dva, jasne oddelené komponenty," vraví Timothy C. Beers, člen medzinárodného tímu. „Vďaka objavu máme jasnejšiu predstavu o formovaní prvých objektov v našej Galaxii a v okolitom vesmíre. Je jasné, že náš gigantický hviezdny ostrov nevznikol naraz, ale postupne sa gravitačne pozliepal z menších galaxií a hviezdokôp."

Vnútorné halo vzniklo skôr: formovalo sa v kolíziách menších galaxií, ktoré padli do gravitačného zajatia našej Galaxie. Vonkajšie halo sa sformovalo neskoršie, keď malé galaxie, rotujúce okolo jadra opačným smerom, boli našou Galaxiou pohltené a ich hviezdy rozptýlené.

Nature



Vo vnútornom halo prevládajú hviezdy vzdialené max. 50 000 svetelných rokov. Vo vonkajšom halo dominujú hviezdne populácie vzdialené 65 000 až 300 000 svetelných rokov od jadra Galaxie. Guľky znázorňujú hviezdokopy, krížiky hviezdy.



Masívna kopa galaxií je zdanlivo polapená v sieti deformovaných galaxií v pozadí. Najvzdialenejšie galaxie vnímame ako oblúčiky rozptýlené okolo centrálnej kopy/šošovky Abell 1689. ***(Veľká snímka.)*** **Najvzdialenejšia galaxia A1689-zD1 na snímke HST/NIMCOS.** ***(Vpravo v strede.)*** **Tá istá galaxia na infračervenej snímke zo Spitzera. Vo viditeľnom svetle** ***(vpravo hore)*** **sa galaxia nezobrazila.**

Jedna z najmladších a najjasnejších galaxií v mladom vesmíre

Vesmírne ďalekohľady Hubble a Spitzer objavili uprostred „temného veku vesmíru" jednu z najmladších a najjasnejších galaxií, ktorá sa sformovala iba 700 000 rokov po big bangu. (Poznámka: pojem „najmladšie" je trochu zavádzajúci. Môže sugerovať, že vznikli iba nedávno. Opak je pravda: za najmladšie sa označujú tie galaxie, ktoré sa po big bangu sformovali ako prvé. V skutočnosti ide o najstaršie, najvzdialenejšie galaxie, ktorých svetlo študujeme, hoci väčšina pôvodných hviezd v nich už vyhasla a ony sa stali súčasťou väčších hviezdnych ostrovov.)

Mladá galaxia A1689-zD1 sa prejavuje ohňostrojom mladých, rodiacich sa hviezd relatívne krátko po big bangu, ale ešte predtým, ako prvé masívne hviezdy zohriali studený, tmavý vesmír.

Objav takej jasnej galaxie, ktorá sa stihla sformovať už 12,9 miliardy rokov po big bangu, je pre stelárnikov prekvapením. Majú v rukách doteraz najdetailnejšie snímky takého starého objektu. Dokážu z nich vyčítať procesy formovania sa vývoja jednej z galaxií, ktoré ukončili „tmavé obdobie".

HST už exponoval aj galaxie v skoršom štádiu vývoja. Teraz však vedci môžu študovať ich dozrievanie z detského veku až po dospelosť.

Podľa teórie sa tmavý vek začal 400 000 rokov po big bangu. Vtedy sa hmota v rozpínajúcom vesmíre ochladila a sformovala do oblakov chladného vodíka. Chladné oblaky zahalili vesmír ako hmla.

Počas chladného veku sa začali formovať prvé hviezdy a galaxie. Ich žiarenie rozptýlilo hmlu chladného vodíka. Tmavý vek skončil miliardu rokov po big bangu.

„Galaxia A1689-zD1 je podľa všetkého iba jednou z galaxií, ktoré ukončili tmavý vek," vraví Larry Bredley z Hopkinsovej univerzity, šéf tímu. „Dnes vieme, že iba vysokoenergetické objekty, kvazary a aktívne jadrá galaxií by vesmír nedokázali osvetliť bez pomoci galaxií, v ktorých sa rodili miliardy hviezd."

Galaxia je taká vzdialená, že na snímkach optickej kamery pre prehliadky oblohy na palube HST sa nezobrazuje. Rozpínanie vesmíru totiž posúva viditeľné svetlo do oblasti neviditeľných, infračervených vlnových dĺžok. Galaxia sa zviditeľnila na kombinovaných snímkach infračerveného ďalekohľadu Spitzer, prístroja NIMCOS na HST za pomoci prírodnej gravitačnej šošovky!

Gravitačnou šošovkou sa stala blízka, masívna kopa galaxií Abell 1689, vzdialena 2,2 miliardy rokov. Tá 10-násobne zosilnila svetlo vzdialenej galaxie v pozadí, takže ho prístroje na ďalekohľadoch HST a Spitzer dokázali „prečítať". Príznakom šošovkovania je deformácia galaxií, skrytých za kopou Abell 1689 do oblúčikov. Tento skreslený obraz spôsobuje gravitácia šošovkujúcej kopy galaxií Abell 1689, ktorá deformuje, krčí okolitý priestor.

Na snímke rozoznáme jasné, husté zhluky stoviek miliónov masívnych hviezd v kompaktnej oblasti s priemerom 2000 svetelných rokov. V porovnaní s našou galaxiou ide o malý objekt. V mladom vesmíre takéto galaxie dominovali. Dokazujú to i snímky zo Spitzera, pomocou ktorých odhadli hmotnosť rekordnej, mladej galaxie. Neodlišuje sa od hmotností ďalších mladých galaxií v mladom vesmíre. Ide o hmotnosť niekoľkých miliárd Slnk, čo je takisto iba zlomok hmotnosti našej Galaxie.

Objav potvrdil dávnejšie štúdie, podľa ktorých sa mladé hviezdy rodili v relatívne malých, hustých oblastiach v porovnaní s rozmermi ich gravitáciou pozliepaných potomkov, veľkých galaxií.

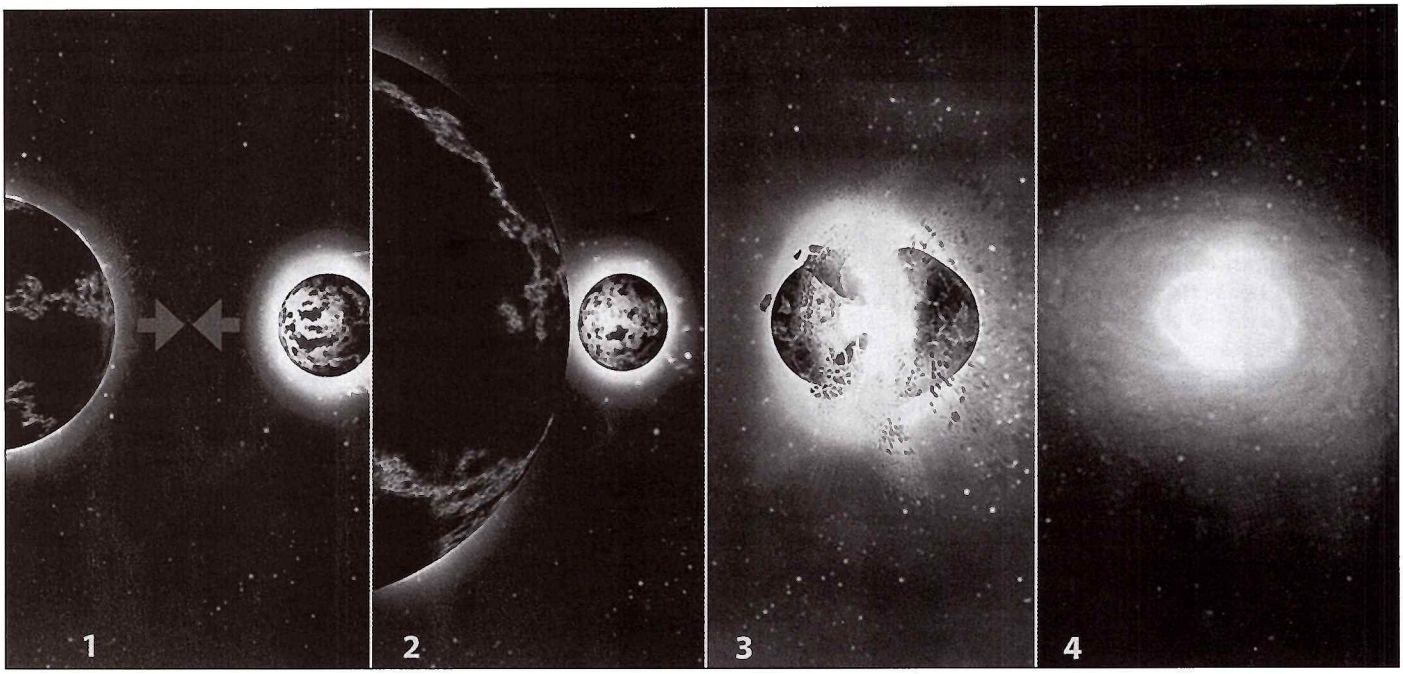
Optika HST, napriek pomoci gravitačnej šošovky, dokáže v mladej galaxii rozlíšiť iba uzly najjasnejších a najmasívnejších hviezd. HST nedokáže rozlíšiť slabšie, menej hmotné hviezdy, ani materiál, ktorý hviezdne kolísky obklopuje. Také detaily dokáže rozlíšiť až ďalekohľad James Webb, ale ten vypustia až v roku 2013. Tento vesmírny, infračervený ďalekohľad bude mať zrkadlo, ktorého plocha bude 7-krát väčšia ako plocha primárneho zrkadla na HST. Dokáže zachytiť svetlo aj veľmi slabých galaxií, či galaxií, ktorých svetlo je posunuté hlboko do infračervenej oblasti, mimo dosahu prístroja NIMCOS na HST.

„Po vypustení ďalekohľadu James Webb si túto galaxiu vezmeme na mušku ako prvú," zastrája sa Holland Ford z Hopkinsovej univerzity. „JW rozlíši jej štruktúru do detailov. Náš objav naznačuje, čo všetko sa môžeme o niekoľko rokov o prvých galaxiách dozvedieť."

Vzdialené galaxie sa stanú ideálnym cieľom aj pre Atacama Large Millimeter Array (ALMA), ktorá sa v roku 2012 stane najvýkonnejším rádioteleskopom na svete. ALMA a Webb plus kombinácia ich vlastností otvoria zlatý vek galaktickej astronómie. Snímky z Webba a údaje o pohyboch plynu, ktoré zmeria ALMA, umožnia štúdium aj tých najmladších galaxií.

Priame pozorovanie doplní infračervená spektroskopia. Citlivé spektroskopy prepojené s Keckovým ďalekohľadom na Mauna Kea spresnia odhady vzdialeností najmladších galaxií.

Astrophysical Journal



Dve neutrónové hviezdy obiehajúce spoločné ťažisko v dvojhviezde sa k sebe po špirále približujú, až napokon splynú. Ilustrácia približuje proces kolízie a nasledujúce vzplanutie žiarenia gama z prostredia nad horizontom udalostí čiernej diery, ktorá je produktom zrážky.

Rekordný GRB v súhvezdí Býka

Astronomické zdroje uverejňujú čoraz viac objavov s prívlastkom „rekordný". Súvisí to s potrebou vedeckých inštitúcií zaujať aj širokú verejnosť, prerozdeľovačov verejných zdrojov a sponzorov. Nie každý rekordný objav je však významný aj z vedeckého hľadiska.

V prípade zdroja žiarenia gama (GRB), ktoré detegoval satelit Swift (NASA) v súhvezdí Býka, možno povedať, že ide o rekord, ktorý je významný.

Zdroj 0707148 generuje krátke vzplanutia žiarenia gama, ktoré trvajú najviac 2 sekundy. Z údajov, ktoré získal North Gemini Telescope na Havajských ostrovoch, vedci zistili, že zdroj vo chvíli, keď vyslal žiarenie gama, bol vzdialený 7,4 miliardy rokov. Vesmír nemal v tom čase ani polovicu súčasného veku. Doteraz sa taký vzdialený zdroj žiarenia gama nepodarilo objaviť.

Objav je významný, pretože taký vzdialený GRB zatiaľ vedci neobjavili. Krátke vzplanutie v súhvezdí Býka je o 3,7 miliardy svetelných rokov ďalej ako doteraz najvzdialenejší GRB.

Vzplanutia žiarenia gama uvoľňujú obrovské množstvo energie v podobe röntgenového žiarenia a žiarenia gama. GRB sú najsilnejšie zo všetkých známych explózií vo vesmíre, ale ich pôvod je doteraz nejasný.

Najprijateľnejšou hypotézou, ktorá objasňuje zrod GRB, je kolízia dvoch neutrónových hviezd, po ktorej sa zrodí čierna diera. Kolaps spojenej hmoty dvoch neutrónových hviezd generuje vzplanutie žiarenia gama.

NASA Press Release

Čo by sa stalo, keby čierna mikrodiera narazila na Zem?

Keby sa masívna čierna diera zatúlala do našej Slnečnej sústavy, narobila by hotovú spúšť: najprv by skonzumovala planéty, potom by začala vysávať Slnko. Po vesmíre sa však pohybujú aj malé čierne diery, pozostatky po big bangu. Na lokálny priestor významne nevplývajú. Čo by sa však stalo, keby taká malá singularita križovala obežnú dráhu Zeme a prípadne sa s našou planétou zrazila? Teoretickí fyzici sa zaoberajú aj možnosťou, že by malá čierna diera narazila na Zem a prešla ňou ako neutríno... Dala by sa detegovať?

Primordiálne čierne diery sú produktami big bangu. Zrod vesmíru vygeneroval také množstvo energie, že v ňom podľa teórie muselo vzniknúť veľké množstvo čiernych dier. Dnes vieme, že čierne diery nielen nasávajú hmotu, ale ju aj vyžarujú. Napríklad v podobe Hawkingovho žiarenia. Ak je tomu tak, malé, primordiálne čierne diery mali krátky život.

Priomoridálne čierne diery (PČD) by mali mať po vzniku minimálnu hmotnosť 10^{24} kg (1 000 000 000 000 kg). To nie je veľa ani v porovnaní so Zemou, ktorá má 6.10^{24} kilogramov. Čo by sa stalo, keby sa takéto dve telesá zrazili?

Prečo si fyzici kladú takéto otázky? Napríklad preto, že malá čierna diera by sa mohla po zrážke usadiť vo vnútre obrej planéty. Jupiter a Saturn, ako je známe, sú teplejšie ako by mali byť. Tento prebytok tepla by mohla generovať čierna diera, ktorý uviazla v ich vnútre. Ak čierna diera prenikla do vnútra hviezdy, mohla by zintenzívniť reakcie v jadre do takej miery, že by hviezda vybuchla ako supernova.

Čo by sa však stalo, keby sa so Zemou zrazila čierna mikrodiera? Zem by zohriali dva zdroje energie: kinetická a žiarenie z čiernej diery. Treba si uvedomiť, že primordiálna čierna diera je oveľa menšia ako čierna diera, ktorá vznikne po kolapse masívnej hviezdy. Je to čierna mikrodiera, produkt po big bangu. Ak kvôli predstave použijeme ako etalón Hawkingovu čiernu dieru (10^{12} kg), takéto teleso by malo objem $1,5.10^{-15}$ m... Také rozmery má protón.

Bola by kolízia Zeme s takouto čiernou dierou merateľná? Podľa teórie, by PČD preletela Zemou nadzvukovou rýchlosťou a zanechala by po sebe stopu: žiarenie v podobe elektrónov a pozitrónov. Celková energia by sa rovnala energii uvoľnenej po výbuchu 1000 kg TNT. Energia by sa rozptýlila pozdĺž dráhy čiernej diery krížom cez Zem. K tejto energii treba prirátať energiu vygenerovanú zrážkou. Nijakú veľkú explóziu by sme nezaznamenali, nanajvýš krátke vzplanutie.

Podaktorí vedci sa nazdávajú, že takýto impakt by seizmografy nedokázali detegovať. Jedinou možnosťou ako dokázať prítomnosť takej malej čiernej diery by mohla byť detekcia dôsledkov pozdĺž mikroskopického tunela z jednej strany Zeme na druhú.

Zmiešaný, rusko-švajčiarsky tím (Budker Institute of Nuclear Physics v Rusku a INTEGRAL Science Data Center vo Švajčiarsku) opísal dôsledky preletu mikroskopickej čiernej diery Zemou takto: „Vznikne dlhá tuba rádioaktivitou silne poznačeného materiálu, ktorý si uchová svoje vlastnosti počas geologického času."

Vedci hľadajú stopy po prelete mikroskopických čiernych dier. Zároveň však modelujú, čo by sa stalo, keby sa Zem zrazila s čiernou dierou, veľkou ako loptička na golf.

Integral Press Release

Venus Express zmapoval plyny pod oblakmi

Sonda Venus Expres poskytla údaje na vyhotovenie doteraz najpresnejšej mapy výskytu vodnej pary a ďalších plynov v nižších vrstvách Venušinej atmosféry.

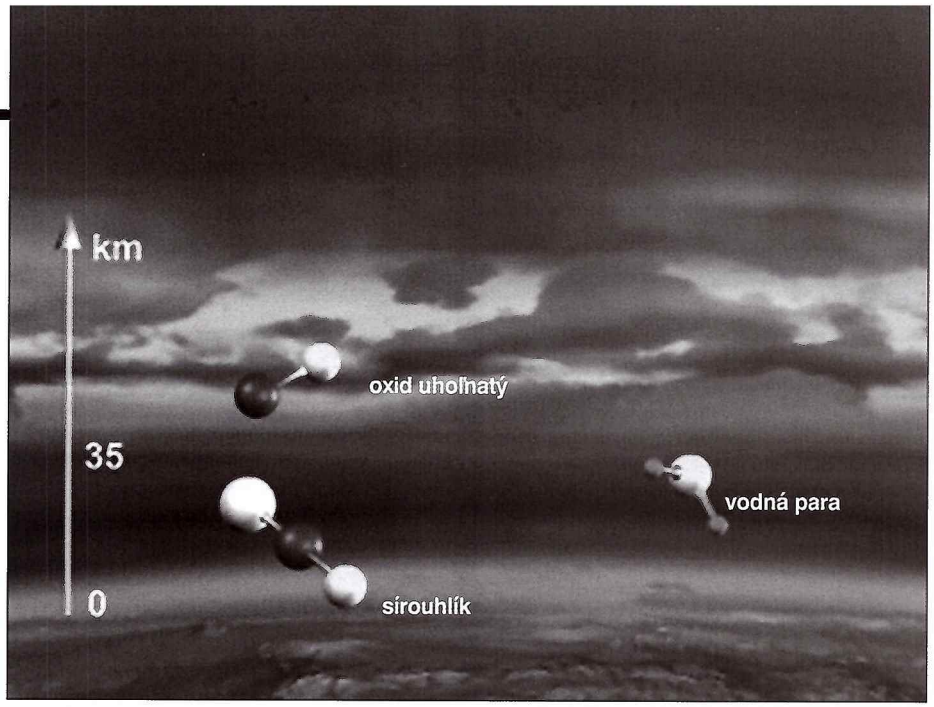
Venuša vyžaruje pomerne málo viditeľného svetla. O to intenzívnejšie žiari v infračervenej oblasti, pretože teplota jej povrchu dosahuje 450 °C a teplota atmosféry vo výške 35 kilometrov 200 °C.

Hustá vrstva oblakov vo väčších výškach však prepúšťa infračervené žiarenie iba na niektorých vlnových dĺžkach. Tie prístroje na sonde Venus Express dokážu zaznamenať. Unikátny spektrometer VIRTIS využíva tieto spektrálne okná a získava údaje o zložení venušianskej atmosféry.

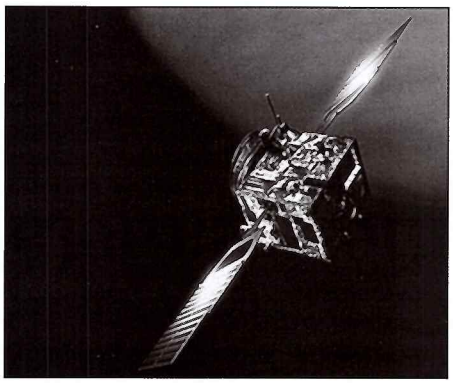
V atmosfére Venuše dominuje oxid uhličitý, ale prítomnosť oxidu uhoľnatého v hlbokých vrstvách uhoľnatého objavil až VIRTIS. Molekuly vodnej pary a carbonyl sulphidu boli na Venuši detegované už začiatkom 80. rokov, ale ešte nikdy sa ich množstvo nepodarilo tak presne zmerať.

Oxid uhoľnatý je na Venuši taký zriedkavý, že ho možno používať ako indikátor na monitorovanie cirkulácie v atmosfére. V laboratóriách sa podobne využívajú fluoreskujúce látky, ktoré zviditeľňujú prúdenie v kvapalinách.

Prítomnosť sírouhlíku sa obyčajne spája s oxidom uhoľnatým: všade, kde sa vyskytuje sírouhlík, musí byť aj trochu CO a naopak. To planetológovia vedeli už dávno, ale VIRTIS tento fakt zmapoval s neuveriteľnou presnosťou.



Ilustrácia ukazuje, v ktorých vrstvách Venušinej atmosféry sa vyskytujú detegované molekuly oxidu uhoľnatého, vody a carbonyl sulphidu.



Sonda Venus Express nad Venušou, ktorú zahaľuje hustá, nepriehľadná, 90 kilometrov hrubá atmosféra.

Merania potvrdili správnosť meteorologického modelu Venuše: namerané množstvá a pomery spomínaných molekúl svedčia o veľkoškálovej cirkulácii v atmosfére. Horúci vzduch z rovníkovej oblasti vystupuje do veľkej výšky a odtiaľ sa presúva do vyšších zemepisných šírok k obom pólom a postupne sa ochladzuje. Nad pólmi opäť klesne k povrchu a tak to ide dokola.

O vode vo venušianskej atmosfére sa diskutuje už celé desaťročia, ale vzhľadom na ťažkosti monitorovať jej prítomnosť z obežnej dráhy v hlbších vrstvách išlo skôr o hypotézy. Dnes majú planetológovia v rukách presnú mapu rozloženia vody v jednotlivých vrstvách. Nový model Venušinej atmosféry je na svete.

ESA Press Release

Môžu čierne diery nasmerovať asteroidy k Zemi?

Primordiálne čierne diery (PČB) majú konjunktúru. Teoretici sa nazdávajú, že práve ony sa mohli uhniezdiť v niektorých obrích planétach a produkovať (ako v prípade Jupitera) teplo, ktoré veda nevie vysvetliť. (Jupiter vyžaruje viac tepla, ako prijíma zo Slnka, pričom jadrové reakcie by vzhľadom na jeho nízku hmotnosť nemali v jeho vnútre prebiehať). Môžu sa však stať aj hýbateľom medziplanetárneho biliardu, meniť pohyb asteroidov smerom von i do vnútra Slnečnej sústavy.

Asteroidy križujúce obežnú dráhu Zeme, i tie, čo sa periodicky vracajú do jej blízkosti (NEO), sú už do istej miery pod kontrolou. Sleduje ich Near Earth Object Program i ďalšie medzinárodné tímy, financované vládami i vedeckými inštitúciami. Do roku 2012 už budeme poznať takmer všetky potenciálne nebezpečné asteroidy.

Predbežne nijaký známy asteroid Zem neohrozuje. Naposledy, 5. februára 2008, vo vzdialenosti 135 000 kilometrov, v tretine vzdialenosti Mesiac/Zem, preletel okolo Zeme malý asteroid. V najbližšom čase k nijakému podobnému stretnutiu nedôjde. Dráhy známych asteroidov sú presne prepočítané. Čo by sa však stalo, keby niektoré z týchto telies zmenilo svoju dráhu?

Vedci z moskovského Fyzikálneho inštitútu P.N. Lebedeva uverejnili nedávno prácu, ktorá takúto možnosť skúma. Čo by mohlo dráhu kométy, asteroidu, alebo skupiny asteroidov zmeniť? Niekoľkonásobné korekcie ich dráhy opakovaným gravitačným vplyvom obrích planét? Vzájomné kolízie? Vplyv gravitácie neznámeho telesa v Kuiperovom páse, alebo dokonca dočasný vplyv hviezdy, ku ktorej sa naša Slnečná sústava na svojej púti okolo jadra Galaxie dočasne priblíži? To všetko sú reálne možnosti. Napriek tomu vedci v posledných rokoch najväčšiu pozornosť venujú primordiálnym čiernym dieram (PČD), ktorých existencia ešte nebola potvrdená. Teoretici však majú v rukách dôkazy, že ich existencia je vysoko pravdepodobná a navyše: je ich, podľa všetkého, veľa. Alexander Šatskij skúmal, do akej miery by primordiálna čierna diera, križujúca Kuiperov pás či pás asteroidov medzi Jupiterom a Marsom, mohla nasmerovať niektoré z týchto telies smerom na Zem.

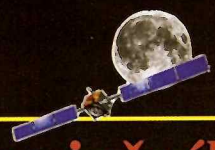
Šatskij vypočítal, že PČD s rozličnými hmotnosťami by obežné dráhy asteroidov mohli zmeniť. Čierne mikrodiery, s parametrami, ktoré vypočítal Stephen Hawking, majú malý gravitačný efekt. Medziplanetárny biliard by mohli spustiť čierne diery s hmotnosťou Zeme, s polomerom horizontu udalostí 2,5 centimetra.

Ak PČD existujú, pravdepodobnosť, že križujú Slnečnú sústavu je neobyčajne vysoká. Aká je však pravdepodobnosť, že sa za istých okolností môžu stať gravitačným prakom, vystreľujúcim asteroidy?

Vedci vypočítali, že veľký asteroid, s fatálnymi dôsledkami na pozemský život, koliduje so Zemou v priemere raz za 190 miliónov rokov. Ak tieto korektory evolúcie vystreľujú smerom k nám primordiálne čierne diery, potom náš systém, kontrolujúci NEO asteroidy je neúčinný.

Netreba však podliehať panike: fyzici zatiaľ nevysvetlili, prečo veľké asteroidy kolidujú so Zemou zriedka, ale pravidelne. Primordiálne čierne diery, ktoré brázdia časopriestor a občas vniknú do nejakej planetárnej sústavy, presný harmonogram nemajú.

Astro Space Center of Lebedev Physics Institute Press Release



SMART-1: mapa južného pólu Mesiaca

Lunárny satelit SMART-1 exponoval v priebehu minulého roka veľa fotografií oblastí okolo južného póla Mesiaca. Na snímkach, ktoré zobrazujú okolie pólu počas meniacich sa sezón z doteraz najvyšším rozlíšením, študujú vedci premenlivosť slnečného žiarenia na mesačnom povrchu. Sklon rotačnej osi Mesiaca spôsobuje, že slnečné svetlo dopadá na póly pod ostrým uhlom, takže niektoré oblasti sú v permanentnom, iné v občasnom i čiastočnom tieni.

Shackletonov kráter leží vo vnútornom prstenci Aitkenovho bazéna, (priemer: 2600 km), najväčšieho v celej slnečnej sústave. Južný pól Mesiaca je na okraji krátera Shackleton. Vedci pomocou snímok okolia krátera vytipujú najvhodnejšie miesta pre pristávacie moduly s robotmi i pre prvú vedeckú základňu na Mesiaci.

Na snímkach vidíme zaujímavé geologické útvary. Analýza okolia pólu potvrdila, že hrebeň, vzdialený iba 10 kilometrov od okraja krátera Shackleton, neprestajne osvecuje Slnko. Práve tam by mohla stáť prvá základňa.

Veľký počet impaktných kráterov v oblasti naznačuje, že terén je starý. Príkladom je kráter Amundsen (priemer 105 km), vzdialený od pólu iba 110 kilometrov. Dajú sa v ňom rozlíšiť centrálne vrcholky i asymetrické terasy, ktoré zaujali geológov i geochemikov.

Misia Lunar Prospector naznačila prítomnosť vodíka na dne hlbších, neustále zatienených kráterov, čo by mohlo naznačovať prítomnosť vodného ľadu pod sutinami. Vedci sa pokúsia zistiť, koľko prvkov dopravili na povrch Mesiaca kométy a niektoré asteroidy; či sa vyparili, alebo uchovali pod kobercom sutín a prachu; a ako dlho sa mohli akumulovať.

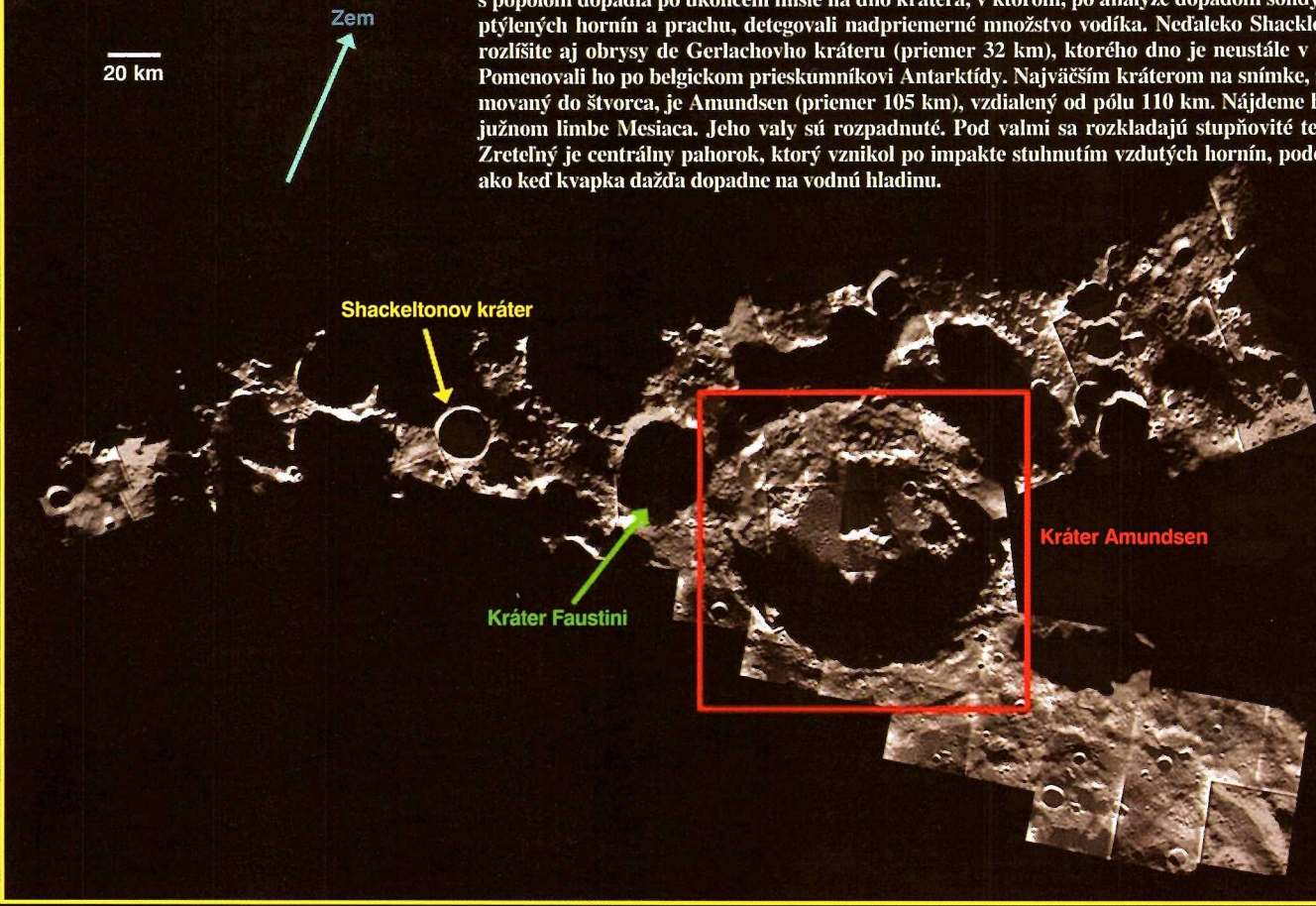
Polárne oblasti Mesiaca sú ešte neznámou krajinou. Pomocou fotografií zo SMART-1, najmä zariadenia Advanced Moon Imaging Experiment (AMIE), spočítali vedci krátery na povrchu okolo Shackletona, ktorý je pokrytý vyvrhnutými horninami, a tak odhadli vek krátera. Ukázalo sa, že ich je tam raz toľko ako v oblasti, kde pristálo Apollo 15. Podľa toho by mal mať Shackleton 3,6 až 4,3 miliardy rokov.

Donedávna sa vedci nazdávali, že Shackleton je oveľa mladší. Presnosť údajov, na základe ktorých robili analýzu však do značnej miery ovplyvnila iluminácia polárnych oblastí, ktorá skresľuje topografiu terénu. Vedci sa teraz sústredia najmä na porovnávanie permanentne osvetleného povrchu s terénom, ktorý je osvetlený iba niekedy, alebo povrchom, ktorý leží vo večnom tieni. Práve tam sa totiž mohlo akumulovať väčšie množstvo vodného ľadu, pretože na teréne vystavenom Slnku sa molekuly vody rozpadajú, pričom vodík, ktorý slabá gravitácia neudrží, uniká do okolitého priestoru.

Mapy južných polárnych oblastí Mesiaca odhalili vedcom niekoľko optimálnych terčov pre ďalší výskum, vrátane miest, kde by mohla v budúcnosti pristáť loď s výskumníkmi.

SMART-1 AMIE Press Release

Snímky, z ktorých vedci poskladali mapu oblastí okolo južného póla Mesiaca, vznikli medzi decembrom 2005 a marcom 2006, počas južného lunárneho leta. Sonda nad južným pólom prelietala vo výške 500 kilometrov. Rozlíšenie jednotlivých polí s diagonálou 50 km je 50 metrov na pixel. Výslednú mozaiku poskladali zo 40 fotografií, ktoré boli exponované počas 30 preletov. Sonda tak zmapovala terén s plochou 500×150 kilometrov. Nad fotografiou je k Zemi privrátená, pod fotografiou od Zeme odvrátená strana Mesiaca. Výrazný kráter vľavo je Shackleton (označený šípkou), pomenovaný po britskom polárnom bádateľovi. Je to takmer kruhový impakt (priemer: 19 km), s dnom, ktoré je posiate malými impaktmi. Súradnice: 89,9° južnej šírky a 0,0° východnej dĺžky. Južný pól je na jeho východnom okraji. Veľká časť krátera leží v permanentnom tieni, takže sa predpokladá, že ide o misovitú priehlbeň. Kráter Faustini, pomenovaný po talianskom polárnikovi, má priemer 39 km. Medzi krátermi Shackleton a Faustini leží Shoemakerov kráter, pomenovaný po astronómovi, ktorého popol bol na palube sondy Lunar Prospector. Sonda s popolom dopadla po ukončení misie na dno krátera, v ktorom, po analýze dopadom sondy rozptýlených hornín a prachu, detegovali nadpriemerné množstvo vodíka. Neďaleko Shackletona rozlíšite aj obrysy de Gerlachovho kráteru (priemer 32 km), ktorého dno je neustále v tieni. Pomenovali ho po belgickom prieskumníkovi Antarktídy. Najväčším kráterom na snímke, zarámovaný do štvorca, je Amundsen (priemer 105 km), vzdialený od pólu 110 km. Nájdeme ho na južnom limbe Mesiaca. Jeho valy sú rozpadnuté. Pod valmi sa rozkladajú stupňovité terasy. Zreteľný je centrálny pahorok, ktorý vznikol po impakte stuhnutím vzdutých hornín, podobne, ako keď kvapka dažďa dopadne na vodnú hladinu.



SMART-1: mapa severného pólu Mesiaca

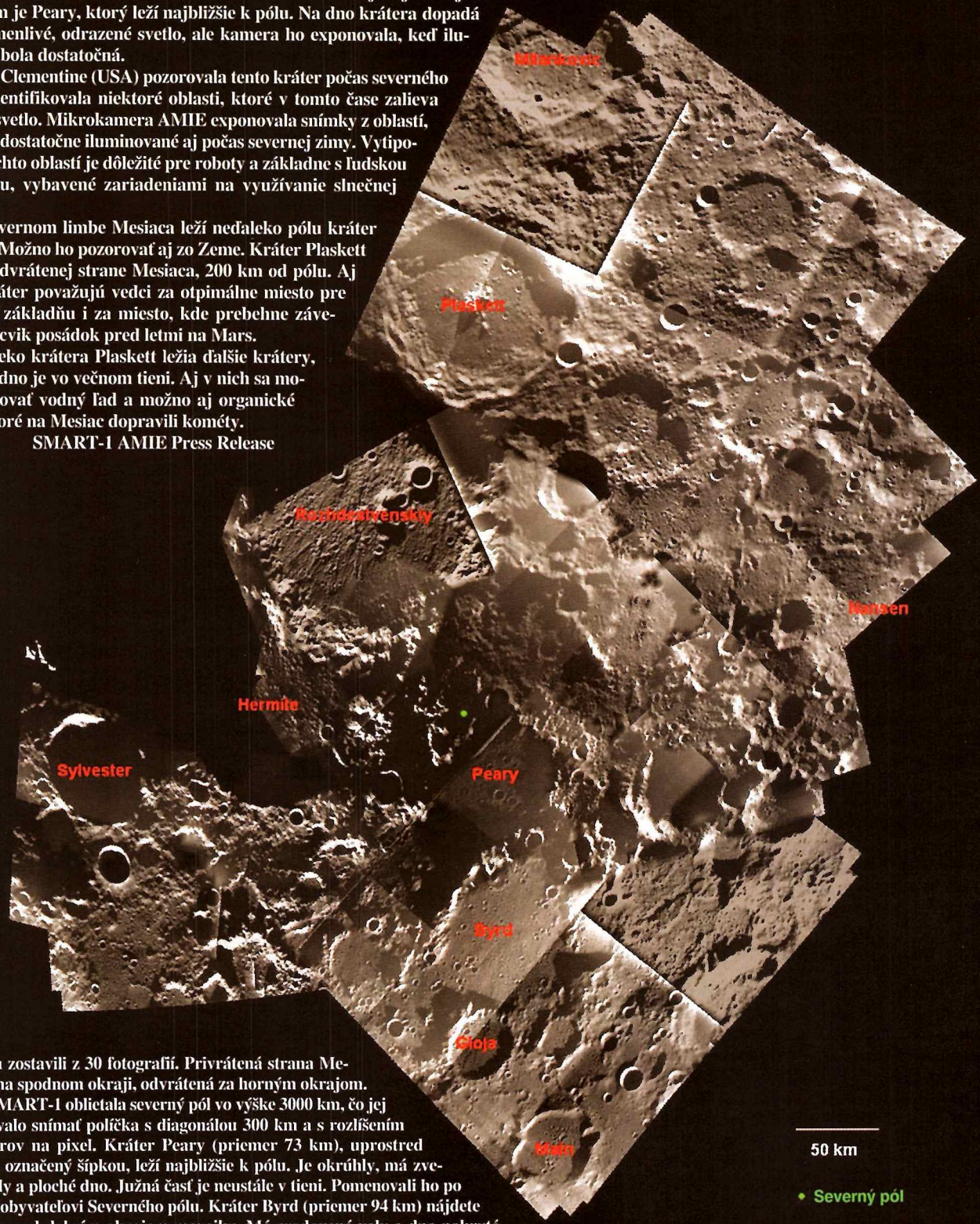
Mapa severného pólu (800×600 km) zviditeľňuje mozaiku neustále osvetlených oblastí i oblastí, ležiacich vo večnom tieni. Najzaujímavejším kráterom je Peary, ktorý leží najbližšie k pólu. Na dno krátera dopadá iba premenlivé, odrazené svetlo, ale kamera ho exponovala, keď iluminácia bola dostatočná.

Misia Clementine (USA) pozorovala tento kráter počas severného leta a identifikovala niektoré oblasti, ktoré v tomto čase zalieva slnečné svetlo. Mikrokamera AMIE exponovala snímky z oblastí, ktoré sú dostatočne iluminované aj počas severnej zimy. Vytipovanie týchto oblastí je dôležité pre roboty a základne s ľudskou posádkou, vybavené zariadeniami na využívanie slnečnej energie.

Pri severnom limbe Mesiaca leží neďaleko pólu kráter Hermit. Možno ho pozorovať aj zo Zeme. Kráter Plaskett leží na odvrátenej strane Mesiaca, 200 km od pólu. Aj tento kráter považujú vedci za otpimálne miesto pre lunárnu základňu i za miesto, kde prebehne záverečný výcvik posádok pred letmi na Mars.

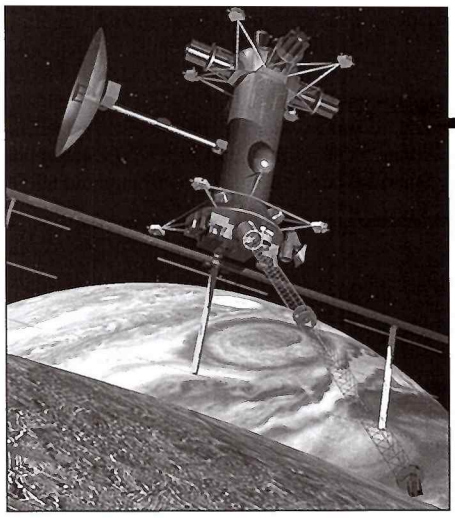
Neďaleko krátera Plaskett ležia ďalšie krátery, ktorých dno je vo večnom tieni. Aj v nich sa mohol zachovať vodný ľad a možno aj organické látky, ktoré na Mesiac dopravili kométy.

SMART-1 AMIE Press Release

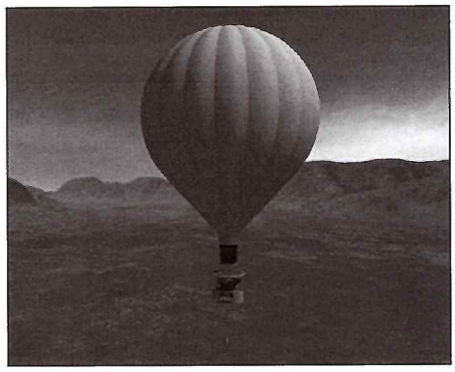


Mozaiku zostavili z 30 fotografií. Privrátená strana Mesiaca je na spodnom okraji, odvrátená za horným okrajom. Sonda SMART-1 oblietala severný pól vo výške 3000 km, čo jej umožňovalo snímať políčka s diagonálou 300 km a s rozlíšením 300 metrov na pixel. Kráter Peary (priemer 73 km), uprostred mozaiky označený šípkou, leží najbližšie k pólu. Je okrúhly, má zvetrané valy a ploché dno. Južná časť je neustále v tieni. Pomenovali ho po prvom dobyvateľovi Severného pólu. Kráter Byrd (priemer 94 km) nájdete v políčku nad dolným okrajom mozaiky. Má erodované valy a dno pokryté lávou. Pomenovali ho po americkom polárnikovi, letcovi Byrdovi. Celkom vľavo rozoznáte kráter Sylvester, (priemer 58 km), ktorý leží pri severnom limbe Mesiaca. Má ešte ostré valy a slnečné svetlo naň dopadá pod extrémne ostrým uhlom. Pomenovali ho po anglickom matematikovi Sylvestrovi. Plaskettov kráter (priemer 109 km), leží na severe odvrátenej strany Mesiaca, 200 km pod pólom. Aj tento kráter zalieva šikmé slnečné svetlo.

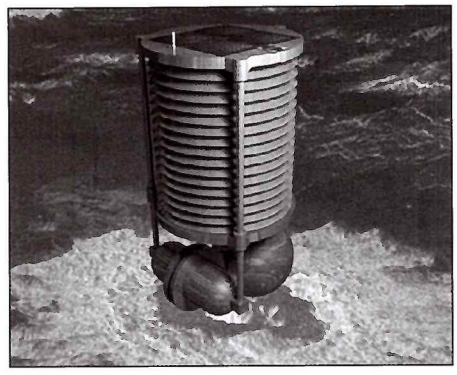
TOMÁŠ PŘIBYL /



Sonda Europa Explorer nad stejnojmenným měsícem Jupitera.



Titan Explorer má do atmosféry měsíce Titan k dlouhodobému průzkumu vysadit montgolfiéru.



Sonda Venus Mobile Explorer by měla vydržet pekelné podmínky Venuše několik dní až týdnů – a ještě opakovaně přelétat z místa na místo.

Kam zamíří meziplanetární vyslanci?

Ani pro NASA ani pro Kongres USA nejde o závaznou strategii. Přesto má dokument „Solar System Exploration Roadmap" vypracovaný na objednávku obou institucí vysokou hodnotu – ukazuje pravděpodobný vývoj amerických meziplanetárních cest v příštích dvaceti letech. A aby toho nebylo málo: zhruba ve stejné době předkládá k veřejné diskusi své „meziplanetární návrhy" také Evropská kosmická agentura.

Ve třech velikostech

Předtím, než se podrobněji seznámíme s jednotlivými navrhovanými misemi, tak se pojďme podívat na jednotlivé typy sond, se kterými NASA v nejbližších letech počítá.

V prvé řadě jsou to automaty z kategorie **Flagship** („Vlajková loď"). Jejich hlavní úkol by se dal charakterizovat slovy „mění náš pohled na svět", neboť nezkoumají nějaký izolovaný fenomén, ale provádějí průzkum v širších souvislostech. Jen komplexní stanice umožňují revoluční a velké objevy, menší je mohou pouze doplňovat. Vzhledem k ohromné technické i finanční náročnosti není reálné připravit více než jednu misi za pět let. Celkem by měla NASA do roku 2030 vypustit pět „vlajkových lodí". Cena každé přitom bude někde mezi jednou a třemi miliardami dolarů. Typickým dnešním představitelem by mohla být třeba sonda Cassini.

Kromě toho se počítá s misemi „střední kategorie" **New Horizons** („Nové obzory"). Sondy budou jednodušší než výše uvedené „vlajkové lodě" a jsou jednostranněji orientované, nicméně stále ještě nám mohou přinést poměrně ucelený obraz zkoumaného problému. Mohou také připravit půdu pro realizaci „vlajkových lodí". Cena jedné mise má být cca 750 mil. USD, což umožní realizaci dvou až čtyř startů za dekádu. Typický představitelem je sonda Pluto-Kupier Belt.

NASA také hodlá pokračovat v řadě sond **Discovery** („Objev"), které patří do kategorie „rychleji, lépe, levněji". Jde o malé jednoúčelové mise, zpravidla určené k průzkumu asteroidů, komet, průletům kolem nebeských těles nebo odběru vzorků. Cena jedné výpravy přitom nepřekračuje 450 mil. USD (v cenách roku 2008). Výhodou misí Discovery je, že jsou velmi flexibilní – dají se nachystat během tří let. Typický zástupce? Třeba sondy MESSENGER, Deep Impact nebo Stardust.

Jen pro úplnost dodáváme, že průzkum planety Mars řeší NASA jako zcela samostatnou kategorii – takže tyto výpravy v následujícím přehledu nenajdete. Stejně tak je pro NASA samostatnou kapitolou průzkum Měsíce.

Velké měsíce lákají

S představováním „Solar System Exploration Roadmap" začněme od mise, které NASA přikládá v kategorii „vlajkových lodí" nejvyšší prioritu. Jde o sondu **Europa Explorer,** která by měla podrobně zkoumat stejnojmenný měsíc planety Jupiter. Ten je nesmírně zajímavým tělesem už proto, že bývá označovaný jako jedno z nejpříhodnějších míst pro vznik života ve sluneční soustavě.

Právě zkoumání podmínek života na Europě je hlavním úkolem sondy. Má přinést základní odpovědi na otázky ohledně tohoto měsíce: jeho struktury, vývoje, podmínek pro život… Pokud budou výsledky dostatečně zajímavé a průkazné, nachystala by NASA další misi k tomuto měsíci, tentokráte ale v podobě přistávací sondy (viz dále).

Europa Explorer by měl startovat v roce 2015, o šest let později přiletí k Jupiteru, přičemž sérií manévrů se má stát umělou družicí měsíce Europa. Otázkou ale je, zda se tento plán podaří dodržet – výše uvedený termín byl podmíněný tím, že první peníze budou na vývoj uvolněny již v roce 2007, což se však nestalo.

V roce 2021 by měla (alespoň dle uvedeného dokumentu) na sedmiletou pouť vesmírem vzlétnout další „vlajková" mise, pojmenovaná **Titan Explorer.** Byť se v poslední době začíná čím dál více prosazovat název Titan/Enceladus Explorer, a to díky novým zjištěným skutečnostem ohledně měsíce Enceladus planety Saturn. Sonda by měla navázat na pozorování provedená automatem Cassini a především jeho evropským výsadkovým modulem Huygens.

Titan Explorer předpokládá vysazení balónové sondy do atmosféry měsíce Titan. Mělo by jít o montgolfiéru, která bude využívat horký vzduch – stejně jako různé síly větru v různých výškách nad planetou k překonávání velkých vzdáleností. Balón by měl mít možnost i přistát na povrchu a odebrat zde vzorky k analýze v palubní laboratoři. Létat má zhruba jeden rok. Zvažuje se i vysazení plavidla na tekuté oceány Titanu, jejichž existence byla v závěru roku 2006 potvrzena sondou Cassini.

Ovšem nejen velké měsíce planet lákají – vědci považují za jednu za priorit také „starou dobrou" Venuši. Její pochopení totiž může být klíčem k vyřešení mnoha zákonitostí zde na Zemi. Dosud třeba není jasné, jakým mechanismem a kdy přesně se z ní stalo to, čím nyní je. Tedy planeta s neskutečně nehostinnou atmosférou, kde povrchová teplota je 480 stupňů, tlak 90 barů a kde třeba prší kyselina sírová.

Proto má být právě Venuše cílem další meziplanetární „vlajkové lodi", sondy **Venus Mobile Explorer.** Mělo by se tak stát kolem roku 2025. Mobilní sonda bude mít za cíl opakovaně vzlétnout a přistát – její životnost bude velmi krátká (v řádu dnů nebo maximálně týdnů, dosud nejlepší stanice dokázaly na Venuši přežít jen několik hodin), takže je zájem poslat automat na několik různých míst. Kdyby se pohybovala po povrchu, urazila by před zničením jen zanedbatelnou vzdálenost desítek nebo stovek metrů.

Kam povede další cesta?

Výše uvedená trojice sond je považována americkými odborníky za klíčové. Na základě výsledků jimi získaných se pak má rozhodovat o dalších velkých sondách. Kolem roku 2030 bude realizována výprava **Europa Astrobiology Lander** nebo **Neptun-Triton Explorer.** První v případě, že by sonda Europa Explorer prokázala oprávněnost takovéto cesty. Tedy kdyby se měsíc Europa ukázal opravdu mimořádně zajímavým.

Mise Europa Astrobiology Lander má představovat přistávací modul, který by dosedl do předem stanovené oblasti. Naproti tomu Neptun-Trition Explorer by byl automat směřující k planetě Neptun, který by se skládal z hlavní orbitální sondy, výsadkového modulu pro zkoumání atmosféry Neptunu a možná i přistávacího stupně pro dosednutí na Tritonu.

Další do budoucna zvažované velké sondy

„Fantazie nás často zavádí ke světům,
které nikdy neexistovaly.
Ale kdybychom ji neměli,
nedostaneme se nikam.“
Carl Sagan (1934 – 1996)

Jiří Grygar:

Žeň objevů 2006
(XLI.)

Věnováno památce českých astronomů
RNDr. Miloslava Kopeckého, DrSc. (1928 – 2006) z Ondřejova
a PaeDr. Josefa Bartošky (1950 – 2006) z Hradce Králové.

Úvodem

Rok 2006 se zapsal do historie astronomie zejména úspěšným návratem kosmické sondy *Stardust* se vzorky materiálu z okolí komety *Wild 2* hned počátkem roku. Vzápětí mohli astronomové sledovat doslovné rozsypání komety *73P/Schwassmann-Wachmann 3* na více než kopu (4 mandele) úlomků. Počet objevených extrasolárních planet v Galaxii překročil další magickou hranici 200. Nova *RS Ophiuchi* vybuchla od r. 1898 již pošesté a stala se tak nejlépe studovanou rekurentní novou v dějinách astronomie. Českému robotickému teleskopu *FRAM* v argentinské pampě se podařilo pozorovat dva optické protějšky záblesků zdrojů záření gama a u tří kvasarů byly v radiovém pásmu odhaleny zdánlivé nadsvětelné rychlosti rozpínání až 28násobku rychlosti světla. Japonský teleskop *Subaru* pořídil spektrum galaxie staré jen 750 mil. let po velkém třesku a neúnavná družice *WMAP* získala první údaje o polarizaci reliktního záření, což značně zpřesnilo naše znalosti o topologii a stáří vesmíru i zastoupení různých forem hmoty v něm.

Pro českou astronomii byl rok 2006 výjimečný také tím, že v srpnu se u nás uskutečnilo XXVI. valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie, čímž se *Praha po Římu a Sydney stala městem, v němž se takové shromáždění konalo podruhé.* Navíc měl pražský astronomický kongres zabezpečenu zcela mimořádnou publicitu, protože se na něm hlasovalo o závazné definici planety sluneční soustavy, což vzbudilo nemalé vášně jinak tak seriózních badatelů, za něž jsou astronomové obvykle považováni.

Mezi oběma pražskými kongresy uplynulo 39 roků. Když pisatel uveřejnil v tehdejší Říši hvězd II. Žeň objevů za r. 1967, stačily mu na článek necelé 2 tiskové stránky! *Poslední uveřejněný článek o objevech z r. 2005 je téměř stokrát (!) delší* a troufám si tvrdit, že ani přehled za r. 2006 nebude kratší. Snad právě toto srovnání výmluvně svědčí o tom, co se stalo s astronomií v průběhu aktivního života jedné astronomické generace.

1. Sluneční soustava

1.1. Planety sluneční soustavy

1.1.1. Merkur a Venuše

Podruhé v tomto století 8. listopadu 2006 byl z obou Amerik, Pacifiku, vých. Asie, Austrálie a Nového Zélandu pozorován téměř pětihodinový **přechod Merkuru** přes sluneční kotouč, mj. též družicemi *SOHO* a *TRACE. Příští takový úkaz bude ze Země viditelný až 9. května 2016.* V okolí Slunce dosud není prozkoumáno pásmo v rozmezí 0,08 – 0,18 AU (Merkur obíhá v průměrné vzdálenosti 0,4 AU) s cílem odhalit případnou existenci větších planetek (vulkanoidů). Při pohledu ze Země jde o maximální úhlovou odlehlost 10,5° od středu Slunce. U. Christensen se zabýval otázkou původu slabého magnetického pole Merkuru. Domnívá se, že příčinou existence pole je tepelná konvekce spojená s pozvolným tuhnutím vnitřního jádra planety. Protože Merkur rotuje velmi pomalu, vzniká tak jen slabý dynamový efekt, díky němuž má Merkur slabé globální magnetické pole.

V polovině dubna 2006 dospěla k Venuši evropská kosmická sonda **Venus Express,** která se počátkem května usadila na protáhlé eliptické polární dráze (250 – 66 000) km s oběžnou dobou 24 h. Jde o první sondu u Venuše po 17leté přestávce od příletu slavné americké sondy Magellan. Od počátku června začala s multispektrálními měřeními husté atmosféry. Hlavním cílem nové sondy je během 16 měsíců provozu odhalit podrobnosti o atmosféře planety – nejhustší planetární atmosféře ve sluneční soustavě. Jelikož Venuše nemá magnetické pole, je vnější atmosféra planety „nahlodávána" slunečním větrem a v jejich hlubších vrstvách vanou silné větry. Sonda též zaznamenala bílá mračna kyseliny sírové ve výškách nad 70 km a horké skvrny nad aktivními sopkami.

1.1.2. Země – Měsíc

1.1.2.1. Nitro, povrch a atmosféra Země

Dnes tak diskutovaná otázka **globálního oteplování** Země dostala nový rozměr díky nečekanému zjištění F. Kepplera aj., že rostlinstvo (především tráva, ale i listí na stromech) výrazně uvolňuje do zemské atmosféry *metan, což v přepočtu na jednotku hmotnosti je dokonce 25 × (!) účinnější skleníkový plyn než oxid uhličitý* a v absolutní míře představuje dnes druhý nejvýznamnější skleníkový plyn po CO_2. Zejména nad tropickými pralesy se pozorují doslova oblaka metanu a je překvapující, že se na to nepřišlo už dávno. V současné době produkují rostliny 10 – 60 Mt metanu ročně, což představuje desetinu celkového množství metanu v zemské atmosféře, přičemž příčina jevu dosud není známa. K tomu je potřebí ještě připočítat metan uvolňovaný do atmosféry zejména stále rostoucími stády hovězího dobytka. Autoři uvádějí, že *za posledních 200 let se množství metanu v zemské atmosféře zdvojnásobilo.* Mezitím G. Hegerlová aj. počítali **odezvu klimatu** na změny zastoupení skleníkových plynů v zemské atmosféře nad severní polokoulí v posledních sedmi stoletích. Odtud jim vyšlo, že odhadované zdvojnásobení výskytu oxidu uhličitého v průběhu XXI. stol. by znamenalo zvýšení průměrné teploty Země v rozmezí 1,5 – 6,2 K. Komplexní výzkum odezvy klimatu na lidskou činnost dále zkomplikovala kontroverzní domněnka H. Svensmarka a E. Friis-Christensena z r. 1997, že totiž příliv **kosmického záření** do zemské atmosféry má vliv na výskyt oblačnosti. Jde o „měkké" kosmické záření s energiemi 10 –1 000 MeV, které přichází ze jednak ze Slunce a jednak z mezihvězdného prostoru, jehož tok kolísá v rytmu kolísání sluneční činnosti. Zatím není příliš jasné, jakým mechanismem by mohlo kosmické záření tvorbu mračen podněcovat, takže se chystají laboratorní pokusy **CLOUD,** které by měly tuto domněnku ověřit nebo vyvrátit.

P. Foukal aj. se podrobně zabývali vlivem proměn zářivého výkonu Slunce na klima, což je nejlépe vidět na **paradoxu raného Slunce,** které podle modelových výpočtů zářilo o třetinu méně než Slunce dnes. Navzdory tomu tehdy Země evidentně nezamrzla, což se přičítá původní silně skleníkové atmosféře díky významnému zastoupení metanu a oxidu uhličitého. Souběžně s dlouhodobým růstem svítivosti Slunce v naší atmosféře na rozdíl od Venuše zastoupení skleníkových plynů naštěstí zázračně klesalo, a proto se dá na Zemi dnes žít. O výskyt **molekulárního kyslíku** v zemské atmosféře se zasloužily první baktérie již před 3 mld. let. Prvotní kyslík se však působením ultrafialového záření Slunce přednostně slučoval s metanem, ale postupně přitom stoupalo i zastoupení ozónu, který zablokoval příliv slunečního ultrafialového záření a tím *umožnil životu vystoupit z vody na souš.* Jak uvádí C. Goldblatt aj., v době před 2,4 mld. let začaly k produkci kyslíku významně přispívat řasy a první rostliny.

V moderní době se souvislostí **klimatu s jedenáctiletou periodou sluneční činnosti** patrně jako první zabýval koncem 18. stol. W. Herschel, když si všiml korelace mezi cenou pšenice na britském trhu a výskytem slunečních skvrn. Skutečně z moderních měření sluneční konstanty aparaturou *ACRIM* na družici *SMM* víme, že *zvýšený počet slunečních skvrn znamená pokles ozáření Země,* přičemž denní amplituda změn dosahuje až 0,3%, kdežto dlouhodobé cyklické variace dosahují průměrné amplitudy jen 0,07%. Nicméně P. Foukal soudí, že *podíl kolísání zářivého výkonu Slunce na současném globálním oteplování je zanedbatelný.*

M. Evans upozornil na další zásah člověka do vývoje klimatu, čímž jsou změny v **koloběhu vody** na zemském povrchu. Paleoklimatologické údaje, odvozené ze zkoumání letokruhů stromů ve střední Asii v letech 826 – 1998 n.l. ukázaly, že během posledních 150 let po nástupu průmyslové revoluce rostou vodní srážky, zejména pak sněhové. T. Murray shrnul výsledky pozorování dvojicí družic *GRACE,* které podrobně a opakovaně mapují zemské gravitační pole. Odtud víme, že za 4 roky od dubna 2002 dosáhla ztráta hmotnosti grónského ledovce táním hodnoty více než 200 Mt a hladiny oceánů tak stoupají tempem 0,5 mm/r. Protože tempo tání ledovce se zvyšuje, lze spočítat, že *úplným roztáním grónského ledovce by hladina světového oceánu stoupla o 7 mm,* ale ještě větší vliv na klima by měla snížená salinita oceánu.

E. Weatherdová a S. Andersen hodnotili výsledky měření **atmosférického ozónu** od konce 80. let XX. stol., kdy byla objevena

každoroční antarktická ozónová díra. Mechanismus jejího vzniku odhalili pozdější (1995) nositelé Nobelovy ceny za chemii P. Crutzen, M. Molina a S. Roland, jenže do vlastních měření úbytku ozónu vstoupily přírodní vlivy, tj. velké sopečné výbuchy v r. 1982 a 1991 a maxima sluneční činnosti, jež vedly k většímu vymývání ozónu z atmosféry. Hloubka a rozsah sezónní ozónové díry nad Antarktidou se po r. 2000, kdy se ozónová díra rekordně rozšířila na 29 mil. km^2, již nezhoršují. Nicméně právě na přelomu září a října 2006 dosáhla ozónová díra opět stejného rekordního rozsahu jako v r. 2000 zřejmě kvůli tomu, že nad Antarktidou byly v té době mimořádně nízké teploty, které rozbíjení molekul ozónu usnadnily.

R. Lathe se zabýval otázkou, jaká byla **rychlost zemské rotace** před 3,9 mld. let. Z teorie pohybu Měsíce totiž vychází tehdejší délka zemského dne na 16,8 h, zatímco z pozorování paleoslapů na mořských pobřežích vychází perioda rotace jen 14 h. Měsíc byl tehdy od Země vzdálen o něco méně, než vyplývá z modelových výpočtů, tj. méně než 300 tis. km. E. Arias ukázal, že díky přesným měřením poloh kvasarů a galaxií s aktivními jádry *(AGN)* pomocí radiointerferometrie na velmi dlouhé základně *(VLBI)* se podařilo zlepšit model zemského nitra a odtud zlepšit naše znalosti o subtilních změnách zemské rotace díky precesi a nutaci. Současný model tak umožňuje popsat vývoj nutace a precese s přesností na 0,0002". Podobně se podařilo díky seismologii objevit pozoruhodnou **nespojitost v šíření seismických vln** v hloubce 2 700 km pod povrchem Země, na rozhraní tuhého pláště a kapalného vnějšího jádra. Seismické vlny se v této vrstvě jednak urychlí a jednak jejich rychlost kolísá až o 30% v závislosti na směru šíření! Vysvětlením je dle laboratorních pokusů fázový přechod minerálu post-perovskitu ($MgSiO_3$), který představuje vysoce stlačenou fázi standardního perovskitu v zemském plášti při teplotách 2 500 – 3 500 K.

B. Wood aj. propočítali model **vzniku Země** z protoplanetárního disku prachu a plynu. Během 10^4 roků se spojitý disk sbalil do planetesimál s kovovými jádry, které se pak během následujícího milionu let shlukovaly do těles o hmotnosti Měsíce až Marsu. Na vznik Země pak stačilo dalších 30 – 40 mil. roků. Během této fáze akrece docházelo ke zvrstvení prvků tak, že v jádře Země se usadily siderofilní prvky a v plášti silikáty díky tomu, že v hloubce asi 400 km pod povrchem Prazemě se nacházel tekutý magmatický oceán, v němž docházelo k diferenciaci materiálu podle jeho hustoty. Při podrobném výzkumu pohybů v zemské kůře pomocí soustavy komerčních přístrojů *GPS*, rozmístěných kolem havajské sopky Kilauea se podařilo objevit nový tektonický fenomén – tichá **kluzná zemětřesení,** neviditelná pro standardní seismografy. Klouzání hornin bylo rozpoznáno na časové stupnici pouhých sekund a evidentně souvisí s aktivitou sopky.

V r. 2006 vyšlo 2. číslo roč. 38 časopisu *Advances in Space Research,* které bylo zcela věnováno velké geomagnetické bouři z pozdního léta r. 1859, jež vlastně podnítila zkoumání **vztahů Slunce-Země.** Tehdy byly totiž v nízkých geomagnetických šířkách pozorovány nápadné polární záře a britští astronomové R. Carrington a R. Hodgson poprvé v historii popsali sluneční erupci z 1. září toho roku. V tomto sborníku uveřejnil S. Silverman srovnávací studii s podobně mimořádnými slunečními projevy ve starověku. Výskyt **polárních září** v nízkých šířkách je totiž popsán už v kronikách kolem r. 1100 př. n.l. a dále v 7. a 6. stol. př. n.l. Autor připomíná práci českého astronoma F. Linka z r. 1962, který našel souvislost mezi verši ve starozákonních knihách proroka Jeremiáše (1:13) a vzhledem polární záře, podobně jako u proroka Ezechiela (1:1–28) – mimochodem, *tento popis často citují záhadologové jako důkaz příletu mimozemšťanů na Zemi.* Třetím biblickým svědectvím je citát z knihy proroka Zachariáše (1:8). Silverman se domnívá, že jde vesměs o popis mimořádných polárních září v nízkých geomagnetických šířkách v době, kdy zmínění proroci působili. Tak lze nepřímo odvodit, že právě tehdy bylo Slunce extrémně aktivní.

1.1.2.2. Meteority

S. Tachibana aj. studovali v chondritech zastoupení izotopu ^{60}Fe, jenž se rozpadá na ^{60}Ni s poločasem rozpadu 1,5 Mr a proto se dobře hodí pro **datování raných počátků** vývoje sluneční soustavy. Autoři uvažovali dva možné zdroje radioaktivního ^{60}Fe, a to blízkého červeného obra, anebo výbuch blízké supernovy. Pozorované vysoké zastoupení ^{60}Fe vůči ^{56}Fe však prakticky vylučuje červeného obra jako zdroj radioaktivního železa, takže je téměř jisté, že *materiál se do chondritů dostal z chondrulí v okolí supernovy.* Tím je nepřímo posílena domněnka o klíčové úloze výbuchu blízké supernovy jako spouštěcího mechanismu pro vznik sluneční soustavy.

J. Gilmour aj. určili stáří achondritu enstatitu **Shallowater** pomocí radiochronometrie $^{127}I/^{128}Xe$ na 4 563,304 mil. roků, což je fakticky spodní mez stáří sluneční soustavy. S. Lee aj. potvrdili impaktní charakter severoamerického kráteru **Chesepeake Bay,** když provrtali centrální vrcholek kráteru ve Virginii do hloubky přes 800 m. Impakt se odehrál před 35,3 mil. let a kráter měl podle G. Collinse aj. tehdy průměr asi 40 km. Dnes jsou však horniny porušeny ve dvojnásobném průměru.

M. Gounelle aj. odhadli z podrobného rozboru soudobých vizuálních pozorování dráhové elementy a atmosférickou trajektorii prosluhého meteoritu **Orgueil,** jenž dopadl v jižní Francii 14. května 1864 a patří k největším známým uhlíkatých chondritům. Největší úlomek o hmotnosti 11 kg je uchováván v ochranné atmosféře v muzeu v Montaubanu. Před vstupem do zemské atmosféry měl meteoroid přísluní v 0,9 AU, sklon dráhy 0° a odsluní větší než 5,2 AU, takže šlo fakticky o *dráhu typickou pro komety Jupiterovy rodiny.* Do zemské atmosféry vstoupil minimální rychlostí 18 km/s pod úhlem 20°, začal svítit ve výšce 70 km nad zemí a pohasl ve výšce 20 km, takže jeho svítící dráha dosáhla 150 km. Jestliže tedy šlo o úlomek komety, je jisté, že i *kometární materiál byl v rané fázi vývoje sluneční soustavy přepracován.*

A. Hildebrand aj. uveřejnili podrobné údaje o nejnovějším pádu uhlíkatého chondritu **Tagish Lake** 18. ledna 2000 na severozápadě Britské Kolumbie v Kanadě. Na zamrzlém jezeře se podařilo sesbírat na 10 kg úlomků, klasifikovaných jako uhlíkatý chondrit C2. Rozptylové pole úlomků bylo dlouhé 16 km a široké 4 km. Bolid byl pozorován velkým počtem očitých svědků, z nichž alespoň tři zaznamenali elektrozvuky, ale též automatickými kamerami na Zemi i na družicích. Proto je dobře známa jeho původní dráha, tj. velká poloosa 2,0 AU; výstřednost 0,55; sklon 2°, přísluní 0,9 a odsluní 3,1 AU. Do zemské atmosféry vstoupil rychlostí 16 km/s při místním východu Slunce a při rozpadu ve výšce 35 km nad zemí dosáhl –22 mag. Svítící dráha skončila ve výši 31 km. Původní hmotnost při vstupu do atmosféry činila téměř 100 t; jeho průměrná hustota 1,6násobku hustoty vody svědčí o silně porézním materiálu.

J. Trigo-Rodríguez aj. popsali pád meteoritu **Villalbeto** v severní části Španělska ze dne 4. ledna 2004. Původní dráha tohoto oby-

čejného chondritu typu L6 spadá do hlavního pásma planetek, tj. velká poloosa 2,3 AU; výstřednost 0,61; sklon 0°; přísluní 0,9 a odsluní 3,7 AU. Do zemské atmosféry vstoupil rychlostí 17 km/s pod úhlem 29°; k hlavnímu rozpadu při jasnosti –18 mag došlo ve výšce 28 km a viditelná dráha dlouhá 130 km skončila ve výši 22 km. Po přeletu byla celou půlhodinu viditelná kouřová stopa. Meteorit měl při vstupu do zemské atmosféry hmotnost asi 600 kg a na zemi dopadlo zhruba 12 kg úlomků; z toho se podařilo nasbírat 33 úlomků o hmotnostech od 11 g do 1,4 kg. Jde o teprve 9. meteorit, jehož původní dráha ve sluneční soustavě je dobře známa – vůbec první dráhu určili v r. 1959 pro *meteorit Příbram* čeští astronomové pod vedením Z. Ceplechy.

Mimochodem, získat **vzorky meteoritů** pro vědecký výzkum je paradoxně čím dál tím obtížnější, protože s úlomky meteoritů se začalo obchodovat a jejich cena závratně roste, zvláště pak u meteoritů, které přiletěly z Marsu nebo z Měsíce. V pouštích Gobi a na Sahaře dnes působí profesionální hledači meteoritů, kteří dokonce studují odborné astronomické časopisy, popisující okolnosti pádů jasných bolidů (podobně pravděpodobně zmizelo i několik úlomků meteoritu Morávka z r. 2000). Na aukci v Tucsonu v Arizoně se v r. 2006 sešlo 250 zájemců a *nejvzácnější kousky se tam nabízely za cenu 10 tis. dolarů za 1 gram!* Největší známou soukromou sbírku meteoritů z 37 zemí o celkové hmotnosti úlomků 3,3 t má arizonský instalatér M. Killgore, který svou původní profesi pověsil před 12 lety na hřebík a začal meteority sbírat i studovat. Svou sbírku dokonce nedávno zapůjčil k odbornému výzkumu na Arizonské univerzitě, která se rozhodla aukcí zúčastňovat.

R. Stothers zkoumal časové intervaly mezi vznikem **impaktních kráterů** na Zemi. Když se omezil na velké krátery s průměrem nad 35 km, objevil v posledních 250 mil. let periodu těchto impaktů 35 mil. roků, zatímco menší krátery žádnou periodicitu nevykazují. Autor se domnívá, že za zmíněnou periodou lze vidět vliv galaktických poruch na Oortovo mračno komet, tj. že velké krátery vznikají dopadem komet, jenže to nesouhlasí s pravděpodobností nárazů komet na Zemi. B. Ivanov porovnával četnost impaktních kráterů na Měsíci a na Zemi za posledních 100 mil. roků a zjistil, že tato četnost je na obou těles stálá.

Je pozoruhodné, že **existence meteoritů** byla vědecky prokázána až počátkem XIX. stol. a *další století trvalo, než odborníci připustili existenci impaktních kráterů na Zemi.* Jak uvedl V. Masajtis, o tento průlom se zasloužil americký důlní inženýr D. Barringer ve spolupráci s matematikem a fyzikem B. Tilghamem z Filadelfie, kteří od r. 1903 zkoumali dno *Ďáblova kráteru* v Arizoně odběrem vzorků a hloubkovými vrty a během dvou let tak získali přesvědčivé důkazy o impaktní povaze kráteru. Jejich domněnka však narazila na tvrdý odpor amerických geologů a jedině díky Barringerově umíněnosti se přece jen po mnohaletém úsilí prosadila a kráter dnes nese jeho jméno. Ostatně i *domněnka o impaktním původu měsíčních kráterů zvítězila až ve druhé polovině XX. století.*

1.1.2.3. Kosmické katastrofy na Zemi

J. van Damm aj. studovali výskyt hlodavců v centrálním Španělsku na základě 80 tis. zubních nálezů za posledních 22 mil. roků a ukázali, že průměrná *životní doba savčích druhů činí asi 2,5 mil. roků,* což je shodou okolností průměrná perioda výskytu **ledových dob.** Autoři z toho usuzují, že právě změny klimatu jsou klíčovým faktorem při vymírání savčích druhů. Jak známo, **kolísání klimatu** na časové stupnici od desítek tisíc do milionů let, vysvětlil už v letech 1920 – 41 srbský matematik M. Milankovič jako důsledek změn slunečního ozáření vlivem periodických změn parametrů zemské dráhy. Zejména jde o změnu výstřednosti zemské dráhy, která kolísá v periodách 100 a 400 tis. roků, dále pak o změnu náklonu rotační osy Země k oběžné rovině s periodou 41 tis. roků a konečně změnu polohy přísluní zemské dráhy následkem kombinace precese rotační osy Země a stáčení přímky apsid v periodě 21 tis. roků. Kombinace zmíněných period pak vede ke klimatickým extrémům (ledovým dobám) v intervalech 1,2 a zejména 2,4 mil. roků ve shodě s periodou zániku savčích druhů podle citované studie.

J. a I. Birrielovi probírali okolnosti **zvýšení úrovně radiace** na Zemi v důsledku rozličných bouřlivých kosmických procesů. Člověk je vystaven radiaci od sekundárního kosmického záření i při běžném způsobu života na Zemi, přičemž *hlavní složku sekundárního záření představují piony* s hmotností asi 270násobek hmotnosti elektronu. Ty se dále rozpadají na miony s hmotností cca 200násobek hmotnosti elektronu a neutrina. Jestliže vystupujeme od mořské hladiny do hor, tak každé 2 km výšky představují dvojnásobnou úroveň kosmické radiace. Jediný zaoceánský let, kdy letadlo letí ve výšce 11 km, představuje 10% přírůstek roční dávky přirozeného radiačního pozadí, takže např. ministři zahraničních věcí velmocí snadno dostanou i dvojnásobek průměrné roční dávky radiace, na což jsou však zřejmě dobře adaptováni. Ostatně *piloti a letušky na dálkových linkách se musejí vyrovnávat minimálně se zdesateronásobením průměrné roční dávky,* rovněž zcela úspěšně. Hůře jsou na tom ovšem **kosmonauti,** zvláště pokud by letěli za hranice radiačních pásů Země, tj. na Měsíc nebo na Mars. V programu Apollo měli američtí astronauti velké štěstí, že *žádný pilotovaný let se nekonal počátkem srpna 1972* (v pauze mezi výpravami Apolla 16 a 17), kdy by dostali při koronální ejekci látky ze Slunce dávku asi 400 rem, tj. jako při 50 tisících plicních rentgenech!

Existují však vzácné situace, kdy se **radiace i na zemském povrchu** významně zvyšuje. Jde zejména o gigantické erupce na Slunci, výbuch blízké supernovy, magnetaru či zábleskového zdroje záření gama. Reakce paprsků gama s molekulami dusíku a kyslíku vede k destrukci ozónu a tím i ke zhroucení ochrany Země před pronikavým ultrafialovým zářením Slunce. Současně se významně zvýší intenzita kosmického záření. C. Heiles odhadl, že *během existence Země vybuchlo v jejím blízkém okolí do 10 pc několik desítek supernov* a následky blízkých výbuchů ovlivnily Zemi po dobu následujících stovek roků. A. Mellot aj. se dokonce domnívají, že **velká vymírání** v pozdním ordoviku (–440 mil. let) a devonu (–365 mil. let) mohla být způsobena právě takto zvýšeným přídělem paprsků gama z blízkého mocného zdroje. Ostatní tři dobře dokumentovaná velká vymírání na Zemi před 65 (C/T – křída/terciér), 210 (T/J – trias/jura) a 252 (P/T – perm/trias) mil. lety byla patrně vyvolána dopadem větších planetek. Pouze D. Erwin se přidržuje názoru, že vymírání P/T, kdy život na Zemi bezmála vyhynul, měly na svědomí sibiřské sopky, jež byly mimořádně aktivní po dobu 600 tis. roků a způsobily dle J. Yugana aj. vymření až 94% (!) organismů v mořích.

Podle W. Napiera se za posledních dvacet let ztrojnásobila data o **velkých kráterech,** vzniklých na Zemi za posledních 250 mil. roků a pro 40 z celkového počtu 170 kráterů máme teď údaje o jejich stáří s přesností lepší než 10 mil. roků. Autor z těchto dosud kusých údajů odvodil existenci *impaktních epizod v trvání 1 – 2 mil. roků, které se opakují s periodami 25 – 30 mil. roků.* Podle

Napiera spočívá vysvětlení periodicity těchto kosmických náletů na Zemi v proměnných slapových silách Galaxie na sluneční Oortovo mračno, které je zásobárnou drobných těles sluneční soustavy.

P. Bland a N. Artemieva ukázali v obsáhlé studii, že největším **nebezpečím pro Zemi** jsou daleko menší planetky s průměrem 10 – 300 m, protože četnost těchto srážek je mnohem vyšší než u kilometrových planetek. Přitom na rozdíl od kilometrových planetek nemáme o těchto tělesech téměř žádné údaje. Autoři proto modelovali fragmentace v atmosféře i pády kamenných a kovových těles s hmotnostmi 1 – 10^{12} kg (rozměry 0,06 – 1 000 m). Z modelových výpočtů obou autorů vyplývá, že *na Zemi spadne kovový meteorit o hmotnosti přes 50 t a průměru větším než 2,5 m jednou za 50 let.* **Kovové meteority** s hmotnostmi 0,1 – 1 kt vyhloubí krátery o průměru až 100 m a dopadají na souš v průměru jednou za 500 let. Jednou za 20 tis. roků vznikají na Zemi krátery o průměru nad 500 m a jednou za 50 tis. roků krátery o průměru nad 1 km. Železné meteority přinášejí na jednotku impaktní plochy tisíckrát více energie než meteority kamenné, které se až do hmotnosti 10 Mt (průměr do 1 km) během průletu atmosférou rozpadají a jsou tudíž méně nebezpečné. Kovové meteority i jejich krátery se nejsnáze nalézají v pouštích.

Kamenné meteority typu tunguzského úkazu z r. 1908 o hmotnosti přes 100 kt dopadají na souš v průměru jednou za 500 let. Při pádu minimálně 200m tělesa do oceánu vznikají nebezpečná tsunami. Pozemské statistiky jsou ovšem deformovány tím, že krátery s průměry do 20 km mohou být sekundární, tj. vznikly při dopadech úlomků vymrštěných při nárazu hlavního tělesa zpět do zemské atmosféry, odkud se po balistických drahách vrátily k Zemi. Pro další odhady četnosti impaktů na Zemi je nutné podrobně studovat **krátery na Měsíci** s rozměry 0,000 2 – 20 km (hmotnosti 0,01 – 10^{13} kg), jež poskytují dobré údaje pro četnost pádů za posledních 3,5 mld. roků.

R. Kahle aj. se zabývali optimalizací manévru, při němž by se **riziková planetka** odklonila z kolizní dráhy se Zemí a ukázali, že *udělený impuls by neměl působit ve směru dráhy, nýbrž kolmo na ni* – pak je totiž až pětkrát účinnější. Ideální cílem je změnit výstřednost dráhy a/nebo její velkou poloosu. Změna sklonu dráhy je energeticky příliš náročná a má smysl jen v případě, že do srážky zbývá příliš málo času. G. Sitarski nalezl nový rychlý způsob odhadu srážky s rizikovými planetkami křižujícími zemskou dráhu a použil je při výpočtu budoucích drah planetek (2004 MN4) *Apophis* (srážka v dubnu 2053); *2004 VD17* (květen 2102); (2340) *Hathor* (říjen 2307) a *1950 DA* (březen 2880). Posledně jmenovaná planetka má ovšem pravděpodobnost srážky jen 0,3%; ostatní pravděpodobnosti jsou ještě nižší.

1.1.2.4. Měsíc

M. Cuk aj. vyšli z faktu, že Měsíc vznikl po **srážce Praměsíce se Zemí** v poměrně malé vzdálenosti 30 tis. km od Země, kde obíhal po kruhové dráze. Silné slapy vedly k brzdění rotace Měsíce i Země a následkem toho ke vzdalování Měsíce od Země. Když jeho vzdálenost od Země vzrostla na 300 tis. km, odlétly do prostoru původní Trojani, tj. menší tělesa vzniklá v Lagrangeových bodech 4 a 5, která Měsíc od začátku doprovázela. To se patrně stalo před necelými 4 mld. let a vlivem poruch aspoň někteří Trojané spadli na Měsíc a způsobili tam vznik impaktních pánví. Tuto domněnku však kritizoval R. Baldwin na základě geochemických argumentů. Tvrdí, že k těžkému bombardování Měsíce došlo dříve a projektily přiletěly ze vzdálených končin sluneční soustavy.

B. Ivanov ukázal, že **četnost impaktních kráterů** v posledních 100 mil. letech na Měsíci je stálá, což tedy zřejmě platí také pro bombardování Země. Většina kráterů na Měsíci je primárních, takže jen málo z nich je důsledkem dopadů hornin, vyvržených z primárního kráteru a navrátivších se na Měsíc po balistických drahách. J. Ortíz aj. uveřejnili výsledky soustavného sledování **optických záblesků,** které mohou nejspíš vznikat při dopadu větších meteoroidů na Měsíc. K tomu cíli instalovali ve španělských horách dvojice shodných kamer, které souběžně automaticky sledovaly neosvětlenou část Měsíce v letech 2001 – 2004. Za 34 nocí se jim podařilo najít tři dvojice záblesků 7 – 8 mag: 19. 2. 2002; 5. 3. a 26. 12. 2003. M. Yanagisawa aj. pozorovali třemi 0,6 m reflektory, vybavenými digitálními videokamerami záblesk 9,5 mag v trvání 0,03 s na neosvětlené straně Měsíce 11. 8. 2004 v době maxima Perseid. Pokud šlo opravdu o Perseidu, činila rychlost nárazu na Měsíc 59 km/s a odtud lze odvodit pravděpodobnou hmotnost meteoroidu asi 12 g.

V r. 2006 uplynulo 40 let od chvíle, kdy se experimentálně podařilo vyvrátit domněnku T. Golda z r. 1955, že povrch Měsíce je pokryt asi 90m vrstvou prachu, což by zcela znemožnilo **přistání člověka na Měsíci.** Počátkem února 1966 totiž v Oceánu bouří měkce přistála sovětská *Luna 9* a po dobu 4 dnů vysílala snímky měsíčního povrchu. Přenášená data zaznamenal známý britský 76 m radioteleskop v Jodrell Banku a když technici poznali, že jde o faxovou zprávu, půjčili si z redakce Daily Expressu fax a snímky publikovali jako první k velké nelibosti Sovětského svazu. V červnu téhož roku zopakovala stejně úspěšně měkké přistání na Měsíci americká sonda *Surveyor 1* a od té doby se mohl rozběhnout *pilotovaný program Apollo* naplno.

Jak známo, pilotovaný výzkum Měsíce netrval dlouho a jeho plánované obnovení na základě iniciativy současného amerického prezidenta je kritizováno právě proto, že i to málo prachu, co se na povrchu Měsíce nachází, není zanedbatelné: velmi ztížilo práci astronautů mimo kabinu modulu a představuje problém pro jakékoliv optické přístroje, které by byly na Měsíci instalovány v budoucnosti. Z tohoto hlediska by řada odborníků dala přednost pilotovaným letům do volného prostoru sluneční soustavy (Lagrangeových bodů), anebo na planetky, odkud se dá vrátit na Zem s podstatně menší spotřebou paliva.

D. Campbell aj. zkoumali bistatickým radarem z Areciba na vlnové délce 130 mm oblast jižního pólu Měsíce s rozlišením neuvěřitelných 20 m. Podle předešlých výzkumů orbitálních měsíčních sond měly být zejména na dně 19km **kráteru Shackleton** ledové pláty, ale radarová měření to nepotvrdila. Maximálně jde o ledová zrnka vtroušená do regolitu, takže naděje na získávání vody pro astronauty ve stálé lunární základně budoucnosti se silně zmenšila.

V září 2006 zanikla řízenou srážkou s Měsícem při rychlosti 2 km/s orbitální sonda **SMART-1** (ESA), kterou k Měsíc dopravil iontový motor po spirální dráze dlouhé 100 mil. km za 17 měsíců. Dlouhou cestou se paradoxně ušetřilo palivo – iontový motor spotřeboval jen 72 kg xenonu, a tak mohla být pozorovací část mise prodloužena. Sonda sledovala povrch Měsíce v infračerveném a rentgenovém pásmu s velmi dobrým spektrálním a úhlovým rozlišením a získala tak cenné údaje o mineralogii Měsíce i interakci

měsíčního povrchu se slunečním větrem. Záblesk při dopadu sondy do Jezera znamenitosti *(Lacus Excellentiae)* poblíž *Mare Humorum* zachytily dalekohledy v Evropě a Severní i Jižní Americe. Oblak prachu v místě dopadu se rozplynul až za 75 s, kdy se rozprostřel na průměr 80 km.

1.1.3. Mars

V srpnu 2005 byla vypuštěna nejnovější americká sonda ke studiu Marsu nazvaná **Mars Reconnaissance Orbiter** (MRO). K Marsu doletěla počátkem března 2006 a usadila se na provizorní parkovací dráze. Během následujících pěti měsíců se brzdila odporem atmosféry v periapsi, aby se do počátku září 2006 dostala na lehce protáhlou slunečně synchronní dráhu 250×316 km. Od poloviny listopadu začala vědecký výzkum Marsu s rozlišením lepším než 1 m na povrchu planety. Přesně v té chvíli ztratila NASA spojení s kosmem ošlehanou sondou **Mars Global Surveyor** (MGS), která odstartovala ze Země o deset let dříve a po příletu k Marsu v září 1997 zaparkovala na provizorní dráze, umožňující aerobrzdění slunečními panely, což trvalo až do března 1999, kdy začalo vlastní snímkování Marsu. *Za 7,5 roku provozu sonda předala na čtvrt milionu snímků a celkem přes 5 Tbitů dat.* Sonda tak překročila plánovanou životnost více než 4krát a drží nyní rekord v nejdéle fungující sondě u Marsu. Zpráva z předešlého přehledu, že orbitální sonda *MGS* odhalila na snímku ze září 2005 na povrchu Marsu ztroskotanou sondu *Mars Polar Lander,* byla vedením NASA odvolána; šlo o chybu v interpretaci snímku.

K. Harstadt a J. Bellan uveřejnili úvahu o tom, jak se ze ztroskotaných sond nebo i měkce dosednuvších modulů mohou na Mars dostat **spory pozemských mikroorganismů.** Buď je odnese vítr, popřípadě populární větrné víry *(tančící derviši),* anebo se srazí s marsovských prachem či pískem. Přes veškerou snahu o sterilizaci sond před startem je totiž jisté, že sterilizace není nikdy dokonalá. Jinak to však ani primitivní mikroorganismy na Marsu lehké nemají, jak ukázaly pokusy A. Schuergera aj. Vystavili totiž některé mikroby ultrafialovému záření UVB a UVC, které by je čekalo na povrchu Marsu, a zjistili, že např. Bacillus subtilis hynul již během půl hodiny. *Nejodolnější B. pumilus zahynul během 3 hodin opalování.* Y. Tang aj. našli alternativu k **existenci vody** na Marsu v počátečních fázích jeho vývoje. Fotochemická oxidace metanu totiž mohla způsobit vznik metanolu a dalších tekutých organických látek, které by se hodily místo vody jako roztok při vysrážení hematitu, který byl na Marsu bezpečně prokázán.

J. Oberst aj. vyhodnotili poziční snímky Marsových družic **Phobos** a **Deimos,** pořízené evropskou oběžnou sondou *Mars Express* v letech 2004-05. Přesnost poloh dosáhla až 0,5 km a odtud plyne, že dosud používané elementy drah obou družic už neplatí. Střední poloosa dráhy Phobose činí 9 515 a Deimose 23 500 km. G. Neukum zveřejnil další snímky proslulé *„tváře na Marsu"* s rozlišením pouhých 14 m/pixel. Je na nich vidět tabulová hora **Cydonia Mesa,** rozbrázděná erozí. Snímky ze sondy též potvrdily šestiletá pozorování D. Braina aj. z americké sondy *MGS,* že v atmosféře Marsu se vyskytují četné **polární záře,** ačkoliv Marsu chybí globální magnetosféra; magnetická pole se vyskytují jen lokálně a mají omezený dosah. Intenzita polárních září se nápadně zvyšuje po silných erupcích na Slunci, takže urychlené částice kloužou po siločarách zmíněných lokálních magnetických polí na Marsu. Radar **MARSIS** na této sondě určil dle E. Haubera a G. Neukuma průměr kaldery sopky *Olympus Mons* na 23 km a její hloubku 2 km. T. Watters aj. odhalili díky radaru na 14% plochy severní polokoule planety celkem 11 ponořených impaktních kráterů s průměry 130 – 470 m, což svědčí o tom, že kůra Marsu je velmi stará.

Neúnavná marsovská vozítka **Spirit** a **Opportunity** urazila za 820 solů (marsovské dny) trasy 7, resp. 8 km a dohromady odeslala na Zemi na 150 tis. snímků. V květnu 2006 byla zaparkována tak, aby přečkala na Marsu další zimu. Programátoři počítače na sondách nepočítali s tak dlouhým provozem, takže pro záznamy dnů měření (v pozemské míře) vyhradili jen tři cifry, což jim záhy nebude stačit...

J. Chappelow a V. Sharpton počítali **průlet meteoroidů** atmosférou Marsu a zjistili, že tělesa o hmotnosti nižší než 10 kg se stačí ubrzdit na dopadové rychlosti pod 500 m/s, takže dopad přežijí a daly by se vyhledat jako meteority. Jelikož atmosféra planety může občas až stokrát zhoustnout, zvyšuje to dále naději na plavné brzdění meteoroidů a tím i jejich zachování na povrchu Marsu.

1.1.4. Jupiter

Jelikož u Jupiteru nyní nefungují žádné kosmické sondy, jsme při jeho výzkumu opět odkázáni jen na výkonné pozemní dalekohledy a HST na oběžné dráze u Země. Přesto přineslo sledování největší a nejhmotnější planety sluneční soustavy pozoruhodné pozorování utvoření **nové červené skvrny**, která vznikla z oválné bílé skvrny BA přímo před našima očima v únoru 2006. Ovál BA se vytvořil už v letech 1998 – 2000 postupným splynutím tří menších bílých oválů FA, BC a DE, z nichž nejstarší BC byl pozorován již kolem r. 1910. *Vznik červené skvrny nejpozději do 7 let předpověděl P. Marcus právě v r. 2000.*

Změny barvy oválu BA si jako první povšiml 24. února filipínský astronom amatér C. Go. Ke spatření nové skvrny stačí reflektor o průměru 0,3 m. Malá červená skvrna se nachází jižně od klasické Velké červené skvrny na 34° jižní jovigrafické šířky. Obě skvrny vyčnívají o cca 8 km nad vrcholy Jupiterových mračen. Jak uvedli A. Simonová-Millerová aj., je podle snímků *ACS HST* z dubna 2006 průměr Malé skvrny 13,5 tis. km, kdežto Velká skvrna má průměr 20,7 tis. km. Obě skvrny jsou anticyklonální (oblasti vysokého tlaku), takže se otáčejí v opačném směru vůči směru rotace planety, než je tomu u pozemských hurikánů. Obvodová rychlost otáčení ve Velké skvrně dosahuje 650 km/h, kdežto v Malé skvrně jen 450 km/h.

Vznik nové skvrny je důkazem významného předělu v klimatickém cyklu, který na Jupiteru trvá 70 roků a který se nyní projevil ochlazením polárních oblastí a oteplením rovníkového pásma Jupiteru asi o 10°C. V červenci 2006 se obě skvrny díky diferenciální rotaci oblačné přikrývky Jupiteru dokonce setkaly a nikdo si netroufal předvídat, co bude následovat. Nakonec to dopadlo tak, že se skvrny sice téměř dotkly, ale dále se obešly, jako dvě kuličky v poněkud volném kuličkovém ložisku.

1.1.5. Saturn

Těžiště kosmického výzkumu planet sluneční soustavy se již v r. 2004 přesunulo k Saturnu zásluhou tandemu **Cassini-Huygens.** J. Lunine aj. a C. Porcová aj. využili tří těsných průletů sondy Cassini v blízkosti družice **Enceladus** v r. 2005 k odhalení výtrysků, obsahujících CO_2, CH_4, N_2 a propan. Tento kryovulkanismus zřejmě pohání tekutá voda jen několik desítek metrů pod povrchem družice, která se ohřívá proměnným slapovým působením okolních družic, jakož i radioaktivním rozpadem v podpovrchových horninách. Z nitra Enceladu tak uniká v průměru 150 kg/s materiálu, který „živí" okolní prsten. F. Nimmo aj. objevili při průletu ze 14. července 2005 gejzíry tryskající vody a oxidu uhličitého až do výšky 175 km nad povrchem družice. *Povrchové „tygří pruhy"*, dlouhé až 100 km jsou o plných 25 K teplejší než okolní terén.To vše svědčí o tom, že bublina horkého ledu nebo hornin uvnitř družice se rozpíná a vyvolává všechny pozorované úkazy.

Při průletu sondy *Cassini* 26. září 2005 ve vzdálenosti 500 km od Saturnovy družice **Hyperion** se ukázalo, že družice vypadá jako obří houba s nízkou střední hustotou 60% hustoty vody, což svědčí o velmi porézním materiálu. Hyperion se vyznačuje chaotickou rotací *(převalováním na dráze),* vyvolanou gravitačními poruchami od obří družice Titanu.

Titan má mimořádně hustou a rozsáhlou atmosféru složenou převážně z dusíku a asi z 5% metanu. Tlak atmosféry na povrchu dosahuje 1 467 hPa, což je druhý nejvyšší tlak atmosféry kamenného tělesa ve sluneční soustavě, hned po Venuši. Nicméně metan se z atmosféry neustále vymývá, takže musí být nějak doplňován. Pravděpodobně se tak děje odplyněním metanu z klatrátů vody na povrchu tekutého oceánu obohaceného čpavkem. Vodní oceán se ovšem nachází až pod povrchem družice a zásobuje díky kryovulkanismu materiálem také vzdálenější okolí Titanu. V atmosféře Titanu objevili V. Vuitton aj. kromě zmíněných hlavních složek také řadu převážně organických molekul jako např. HC_3N, HCN, NH_3, C_2H_5CN nebo CH_2NH.

C. Elachi aj. využili průletu sondy Cassini u Titanu v únoru 2005 k **radarovému mapování** povrchu Titanu s rozlišením až 300 m. Zejména našli jednoznačné důkazy o výskytu impaktních kráterů, dále o řečištích a podélných dunách díky větru o rychlosti jen 2 km/h. Povrch Titanu je dle Lorenze aj. zjevně geologicky mladý, zejména následkem slapového působení Saturnu. D. Hunten se domnívá, že působením ultrafialového záření Slunce na atmosférický metan vzniká hustý hnědooranžový smog, jehož nejvýznamnější složkou je etan. Ten se usazuje na povrchu Titanu, kde z něho vzniká blátivá kaše (rmut), pokrývající kamenné podloží až v kilometrových tloušťkách.

C. Griffith shrnul základní poznatky o **počasí** na Titanu. Díky husté atmosféře se Titan v tomto směru podobá Zemi, jelikož má dešťové srážky od mžení až po přívalové deště, jezera i řeky; chybí mu jedině oceány. V řečištích leží ledové kameny, v atmosféře jsou pozorovány silné vzestupné proudy a kumulovitá mračna. Zatímco na Zemi se tato mračna objevují ve všech zeměpisných šířkách (s výjimkou rozsáhlých pouští mezi 15° a 35° zeměpisné šířky), na Titanu se mračna vyskytují převážně na jihu mezi 40° a 60° šířky, kde je nyní léto. Rozdíl spočívá v tom, že na Zemi se jedná převážně o koloběh vody, kdežto na Titanu hraje tuto úlohu **metan.**

Podle R. Huesa a A. Sáncheze-Lavega vede konvekce metanu v atmosféře Titanu k bouřkám při rychlosti vzestupných proudů až 20 m/s. Vlhkost troposféry dosahuje přitom až 80% a vrcholky kumulonimbů dosahují výšek až 30 km, kde se po nejpozději po 8 h rozpadají. *Dešťové kapky metanu mají při povrchu průměr až 10 mm a při bouřce naprší až 110 kg/m^2 metanu.* Podle T. Tokana aj. se ve sloupci atmosféry nad čtverečním metrem povrchu nachází až 2 tis. kg metanu, které by při zkapalnění vytvořily na povrchu družice mělký oceán o hloubce 5 m. Metan mrzne při 91 K, takže kapalný metan se může vyskytovat až ve výšce 15 km nad povrchem Titanu. I když už sonda *Huygens* objevila během sestupu krajinu s pobřežími, lemujícími **jezera,** další pozorování sondou *Cassini* nenacházela v těchto jezerech žádné stopy nějaké kapaliny. To se nakonec podařilo až po dvou letech marných pozorování při 17. průletu kolem Titanu 22. července 2006, když sonda snímkovala severní polokouli, na níž byla kapalina (nejspíš metan a etan při teplotě kolem 93 K) odhalena v obřích jezerech nad 75° severní šířky – zřejmě z toho důvodu, že na této polokouli je nyní zima a tudíž chladněji, zatímco jezera na jižní polokouli jsou v létě vyschlá.

Radar na sondě *Cassini* posloužil S. Ostrovi aj. k proměření radarové odrazivosti (albeda) sedmi **ledových družic Saturnu:** *Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Japetus, Hyperion* a *Phoebe.* Nejvyšší albedo má Enceladus a Tethys, nejnižší Phoebe. Všeobecně je albedo těchto družic podobné ledovým Galileovým družicím.

Sonda *Cassini* se také zasloužila o objevy dalších **malých družic Saturnu.** Jak uvedli S. Sheppard aj., pozorování z přelomu let 2004/2005 odhalila existenci celkem devíti nových družic s retrográdními drahami a oběžnými periodami 2,4 – 3,6 roků. Tato tělesa mají rozměry jen několika kilometrů a vesměs jde zřejmě o zachycené planetky. Družice s předběžným označením S/2005 S 1 obdržela již definitivní číslo Saturn XXXV a jméno **Daphnis.** Celkový počet družice Saturnu tak stoupl na 56 a Saturn se tak drží v těsném závěsu za Jupiterem.

C. Porcová aj. nalezli na snímcích sondy *Cassini* další **prstence Saturnu.** Difúzní prstenec *R/2006 S 1* ve vzdálenosti 151,5 tis. km má dvě pastýřské družice *Januse* a *Epimethea.* Jeho příčná šířka dosahuje 5 tis. km. Další difúzní prstenec *R/2006 S 2* ve vzdálenosti 212 tis. km má pastýřskou družici *Pallene* a šířku 2,5 tis. km. Třetí prstenec *R/2006 S 3* se nachází vně Cassiniho dělení ve 120 tis. km a je široký jen 50 km. Ve vzdálenosti 119 tis. km je vidět neúplný prstenec *R/2006 S 4* o šířce pouhých 6 km. Podobně neúplný je i prstenec *R/2006 S 5* ve vzdálenosti 196 tis. km a šířce 1 tis. km, jehož pastýřkou je družice *Methone.*

Podrobné snímky struktury hlavních prstenů Saturnu prokázaly drobné „vrtulky", které jsou zřejmě příznakem existence **minisatelitů** o rozměrech kolem 100 m. Zdá se, že na každou nevelkou družici Saturnu o průměru 0,5 – 1,5 km připadá řádově 10 tis. těles s rozměry 50 – 150 m, a dokonce 100 mil. těles s průměry 5 – 15 m. Procesy drcení a opětné akrece látky v prstencích tedy probíhají i nyní.

G. Fischer aj. zjišťovali **četnost bouřek** v atmosféře Saturnu v r. 2004. Zaznamenali celkem 4 bouřky (95 epizod) v květnu, červenci, srpnu a září toho roku a v nich úhrnem 5 400 blesků. Od října 2004 do června 2005 však nepozorovali ani jednu. Všechny bouřky trvající týden až celý měsíc se vyskytly na témže místě 35° jižní šířky a jejich zdroj rotoval v periodě shodné s radiovou periodou rotace Saturnu.

G. Giampieri aj. se pokusili určit pravou hodnotu **rotační periody** Saturnu na základě měření změn v magnetickém poli planety, neboť dipólové magnetické pole je souměrné vůči rotační ose planety, avšak rotační osa Saturnu je skloněna vůči normále k oběžné rovině o plných 27° (na rozdíl od pouhých 3° u Jupiteru), takže Saturn má fakticky výrazné roční doby. Z 15 průletů sondy *Cassini* ve vzdálenostech 1,3 – 6,2 poloměrů planety vyšla perioda otáček magnetického pole 10 h 47 min 06 s. Radiová měření dávají v různých šířkách velké rozpětí period rotace zhruba o 6,5 min. Samotné hodnoty periody v dané šířce navíc závisí na čase. Radiové periody jsou přitom soustavně o 1,35 – 7,75 min nižší než citovaná perioda magnetického pole. Tyto rozdíly se zatím nedaří kloudně vysvětlit. Svou úlohu hraje i stálý východní vítr vanoucí na vrcholcích oblaků rychlostí až 400 m/s a také 10% zploštění planety, související jak s rychlou rotací, tak s nízkou hustotou Saturnu.

1.1.6. Nejvzdálenější planety

Díky kameře *ACS HST* byl 26. července 2006 pozorován **přechod družice Ariel** přes kotouček Uranu i jeho stín vržený na mračna planety. Odtud se podařilo určit velmi přesně průměr Arielu na 1 158 km. Předchozí vzácný úkaz v r. 1965 ještě nebylo z technických důvodů možné pozorovat.

C. Agnor a D. Hamilton nalezli modelovými výpočty pravděpodobný scénář **zachycení družice Triton** Neptunem. Jak známo, je *Triton* jedinou velkou družicí planety ve sluneční soustavě, která má jednak retrográdní kruhovou oběžnou dráhu i synchronní rotaci a jednak velký sklon rotační osy 157° k rotační ose Neptunu. Autoři soudí, že *Triton s hustotou shodnou s hustotou trpasličí planety Pluto a s hmotností jen o 40% vyšší než Pluto, byl původně analogem Pluta.* Měl tedy i svého hmotného průvodce na transneptunské heliocentrické dráze o srovnatelné hmotnosti.

Při těsném průletu (pod vzdálenost 8násobku poloměru Neptunu) kolem Neptunu se vinou slapů dvojice rozpadla. *(Slapový poloměr Neptunu činí 26násobek poloměru planety.)* Pokud se v té chvíli jedna složka dvojice při svém oběhu kolem těžiště původního páru právě pohybovala v protisměru vůči pohybu těžiště páru vzhledem k Neptunu, měla vůči Neptunu zcela malou rychlost. Proto mohla být snadno zachycena, zatímco druhá složka neméně snadno Neptunu unikla. Oběžná rychlost Neptunu na dráze kolem Slunce činí totiž jen 5,4 km/s, takže setkání páru s Neptunem se odehrálo při nízké vzájemné rychlosti jen cca 2 km/s, což rovněž zabránilo případnému rozbití Tritonu. Silné slapy jsou též odpovědné za ohřívání vnitřku planety, a tedy i za **kryovulkanismus,** objevený kosmickou sondou Voyager 2. Zmíněný scénář se dá navíc rozšířit na většinu družic s nepravidelnými retrográdními oběžnými drahami u obřích planet. *Čím větší byla hmotnost uniklé primární složky, tím snadněji byla sekundární složka zachycena obří planetou, jelikož sekundár v tom případě obíhal kolem primární složky vysokou rychlostí a tudíž při pohybu v protisměru vůči planetě se tato rychlost odečetla od rychlosti průletové a rozdíl byl tak nízký, že postačil k zachycení danou planetou.*

1.2. Meziplanetární látka

1.2.1. Trpasličí planety, transneptunská tělesa a Kentauři

Rozhodnutí Mezinárodní astronomické unie (IAU) na srpnovém kongresu v Praze se projevuje v mírném přeorganizování odstavců Žní objevů s tím, že údaje o trpasličí planetě *Ceres* (1) zůstanou geneticky v odstavci o planetkách hlavního pásu, zatímco poznatky o *Plutu* (134340) a *Eris* (136199) budu zcela logicky zařazovat do odstavce o transneptunských tělesech (TNO) a Kentaurech. *Reklasifikací Pluta nepochybně vzrostl význam TNO pro popis struktury sluneční soustavy,* takže tento odstavec bude napříště začínat údaji o trpasličích planetách.

V únoru 2006 sledovala kamera *ACS HST* **okolí Pluta** a potvrdila tak existenci dvou nových družic trpasličí planety, objevených v r. 2005, o jasnostech cca 23 mag. Současně vyloučila až do meze citlivosti kamery (V = 26,8 mag) případnou existenci družic dalších. S. Stern aj. ukázali, že obě družice, nazvané **Nix** (Pluto II = S/2005 P2) a **Hydra** (Pluto III = S/2005 P1), obíhají kolem Pluta po kruhových drahách v téže rovině jako Charon a jejich oběžné doby jsou v přibližném poměru 1:4:6 a tudíž dlouhodobě stabilní. Průměr nových, velmi světlých (albedo 35%) družic odhadli na 60 a 50 km. Nejpřesnější výsledky měření parametrů soustavy družic Pluta pomocí *ACS HST* uveřejnili M. Buie aj. Odtud vycházejí poloměr Pluta 1153 km a Charonu 604 km; hustoty Pluta 2,0 a Charonu 1,65 hustoty vody a hmotnost celé soustavy 1,5.1022 kg. Sklony téměř kruhových drah Charonu, Nix a Hydry jsou vesměs 96° (koplanární dráhy) a oběžné doby po řadě 6,4; 24,9 a 38,2 d při vzdálenostech 19 571, 48 675 a 64 780 km od Pluta.

Všechna tři obíhající tělesa vznikla zřejmě při jediné srážce; nebyla tedy zachycena při nějakém těsném průletu. M. Lee a S. Peale upozornili, že *v pohybu družic Nix a Hydra se musí projevit nápadné odchylky od Keplerova zákona,* jelikož družice Charon s hmotností ani ne o řád nižší než Pluto výrazně ruší jejich dráhy.

A. Gulbisová aj. a M. Person aj. využili pozemních pozorování zákrytu hvězdy *C313.2* (R = 15 mag) **Charonem** 11. července 2005 na observatořích v Austrálii, Polynézii a v Jižní Americe ke zlepšení hodnoty jeho poloměru na 606 km. Odtud vyplývá průměrná hustota Charonu 1,7násobek hustoty vody, což znamená, že 63% hmotnosti Charonu tvoří horniny, zatímco zbytek je led (Pluto obsahuje 73% hornin). K podobným hodnotám dospěli na základě sledování zmíněného zákrytu pomocí *HST* také B. Sicardy aj. Obdrželi tak celkovou hmotnost soustavy *Pluto-Charon* $1{,}5.10^{22}$ kg; z toho na *Charon* připadá osmina Pluta, tj. $1{,}6.10^{21}$ kg.

Charon na rozdíl od Pluta nemá žádnou měřitelnou atmosféru. Jak uvedl D. Tholen, je zcela překvapující, že v rozporu s předpovědí se rozsah **atmosféry Pluta,** tvořené převážně N_2, zvětšuje s rostoucí vzdáleností trpasličí planety od Slunce! Poloměr Pluta je proto stále nejistý, v rozsahu 1 151 – 1 195 km. Na povrchu Pluta byl v r. 1976 identifikován led metanu a později dusíku a CO. Počátkem r. 2006 klesla teplota povrchu Pluta na –230°C, zatímco na Charonu je –220°. Zdá se, že na objasnění mnoha nevyřešených otázek o stavu soustavy Pluto-Charon si budeme muset počkat minimálně do července 2015, kdy kolem soustavy proletí kosmická sonda **New Horizons,** vypuštěná po mnoha odkladech 19. ledna 2006.

D. Stephens a K. Noll objevili díky spektrografu *NICMOS HST* mezi 81 *TNO* celkem 11% **binárních soustav,** což znovu dokazuje, že dvojice srovnatelně hmotných objektů jsou v tomto pásu docela časté. S. Kern a J. Elliot se domnívají, že *většina těchto párů vznikla gravitačním zachycením spíše než společným vznikem nebo srážkou* a odhadují, že v Edgeworthově-Kuiperově pásu *(EKP)* se nachází řádově 105 dvojic s velikostmi složek nad 100 km. Hmotnost všech těles celého *EKP* odhadují na 0,2 M_Z. (K. Edgeworth uveřejnil již v r. 1943 svůj odhad, že na periférii planetární soustavy se bude nachází řádově desítky tisíc planetesimál.) Také M. Brown aj. upozornili, že mezi čtyřmi nejjasnějšími objekty *EKP (Pluto, Eris, 2003 EL61 a 2005 FY9)* mají první tři své průvodce (Pluto dokonce tři a EL61 dva).

J. Licandro aj. ukázali, že nejpodobnějším protějškem Pluta mezi *TNO* je právě objekt **2005 FY9,** jehož průměr dosahuje (v závislosti na neznámém albedu) až 70% průměru Pluta a na jehož povrchu byl v infračerveném spektru identifikován led metanu, N_2 a CO, a dokonce i komplexní organické molekuly. Objekt má pravděpodobně i svou vlastní atmosféru.

Největším konkurentem Plutu se stala trpasličí planeta *2003 UB313,* nazvaná nyní **Eris,** která má dokonce svého průvodce, jménem *Dysnomia* (Eris I). M. Brown aj. využili *HST* k odhadu albeda Eris a dostali neuvěřitelně vysokou hodnotu 86%, což značně zredukovalo očekávaný průměr tělesa na pouhé 2 400 km. Nicméně F. Bertoldi aj. obdrželi vyšší hodnotu 3 000 km, protože díky měřením mikrovlnného radioteleskopu *IRAM* obdrželi přijatelnější hodnotu albeda 60%. Tím se Eris (19 mag) navzdory své současné rekordní vzdálenosti 96 AU od Slunce (odsluní má v 97 AU) a rekordní oběžné době 560 roků stala vůbec *největší trpasličí planetou* a přirozeně i největším transneptunským tělesem, jakož i 16. největším objektem sluneční soustavy. V perihelu se ocitne za více než 250 let, kdy se přiblíží ke Slunci na 38 AU. G. Carraro aj. určili z vícebarevné fotometrie, že Eris rotuje v periodě cca 5 d.

J. Licandro aj. zjistili pozorováním v blízké infračervené oblasti, že velké TNO vykazují vesměs silné spektrální rysy vodního ledu, takže jejich povrchy jsou vesměs světlé s albedem nad 40%. To přispívá k jejich snadnějšímu objevování i velmi daleko od Slunce. L. Jones aj. objevili podivuhodné těleso **2004 XR190,** provizorně nazývané *Buffy,* které podle L. Allena aj. obíhá po heliocentrické téměř kruhové (e = 0,08) dráze s hlavní poloosou 57 AU a rekordním sklonem 47° v oběžné době 430 roků. Objekt se podle M. Beeche nikdy ani nedotkne vnějšího okraje *EKP,* protože má přísluní ve vzdálenosti 52 AU. Podle R. Gomese aj. lze výskyt TNO s velkou poloosou dráhy nad 50 AU a perihelem nad 40 AU pochopit jedině tak, že v hlubinách sluneční soustavy ve vzdálenosti nad 2 kAU se nachází těleso o hmotnosti Neptunu, popřípadě ve vzdálenosti kolem 5 kAU těleso o hmotnosti Jupiteru. Protože tak vzdálená tělesa by měla jasnost kolem 25 mag, je těžké je přímo objevit. Potíž je však v tom, že utvoření tělesa tak velké hmotnosti na periférii sluneční soustavy naráží na nedostatek stavebního materiálu v době budování sluneční soustavy.

P. Lacerda a J. Luuová určili **rotační periody** 10 objektů *EKP* z variací jejich světelných křivek. Odtud zjistili, že objekty s průměrem nad 200 km mají střední rotační periodu 9,2 h v porovnání se střední rotační periodou 6,5 h pro planetky hlavního pásu. Mezi zkoumanými tělesy *EKP* nejrychleji rotuje objekt **2001 CZ31** s periodou jen 4,7 h. Vzápětí však S. Kern a J. Elliot objevili binární objekt *EKP* **2003 QY90,** jenž obíhá kolem společného těžiště v periodě 450 d a jehož hlavní složka rotuje v periodě 3,4 h. Vedlejší složka je o čtvrtinu menší, obíhá v minimální vzdálenosti 13 tis. km a rotuje v periodě 7,1 h. V březnu 2006 nalezli K. Noll aj. pomocí ACS HST průvodce také u Kentaura (42355) = **2002 CR46,** vzdáleného od nás 17 AU. Vzájemná vzdálenost mezi hlavním tělesem o průměru 110 km a průvodcem (55 km), jenž je o 1,2 mag slabší, činí 2 700 km. Celkový počet Kentaurů s průměrem nad 50 km se odhaduje na 2 tis., takže jde o docela vzácnou složku meziplanetární látky.

H. Chang aj. prohlédli všechna archivní data rentgenové družice RXTE z let 1995-2001, týkající se rentgenové dvojhvězdy **Sco X-1** (d = 2,8 kpc). Tento nejjasnější mimosluneční rentgenový zdroj se nachází jen 6° od ekliptiky, takže je velká naděje, že je často zakrýván tělesy *EKP*, přičemž detektory na družici mají časové rozlišení pouhou 1 ms. V archivu takto našli 58 zákrytů s minimálním rozměrem objektu *EKP* pouhých 100 m. Odtud odhadli, že v *EKP* se nachází asi 1015 *TNO* s touto minimální velikostí. Kontrolní měření jasností rentgenového zdroje v Krabí mlhovině nedalo žádné krátkodobé poklesy jasnosti.

F. Roques aj. se úspěšně pokusili o zachycení **přechodů hektometrových objektů** *EKP* přes hvězdy pomocí obří digitální matice *ULTRACAM* u 4,2m reflektoru *WHT* na Kanárských ostrovech. Během dvou nocí pořídili téměř 2 miliony kratičkých (0,02 s) expozic ve dvou filtrech (480 a 770 nm). Pozorovali tak difrakční jevy o trvání 0,08 ÷ 0,4 s při přechodech tří objektů o rozměrech 220 – 640 m ve vzdálenostech 15, 140 a 210 AU od Země. G. Georgevits aj. spustili soustavný program sledování těchto přechodů u 1,2m komory *UKST AAO.* Měří naráz jasnosti zhruba 100 hvězd s časovým rozlišením 10 ms a měli by tak být schopni zaznamenat přechody 300m objektů *EKP.* Navzdory 7 tis. h celkové expozice však zatím nedostali žádné pozitivní detekce.

1.2.2. Ceres, planetky hlavního pásu a křížiči

J. Levison aj. využili snímků trpasličí planety (1) **Ceres,** které pořídila kamera *ACS HST* mezi prosincem 2003 a lednem 2004 ve třech filtrech (535; 335 a 223 nm), k sestrojení albedové mapy povrchu s rozlišením 30 km. Průměrná albeda v těchto pásmech činí po řadě 9, 6 a 4%. Nejmenší albedové skvrny mají rozměry 40 km a největší 350 km. Jsou to přirozeně zatím nejlepší snímky povrchu Ceresu, které máme k dispozici. A. Vitagliano a R. Stoss využili těsného přiblížení planetky §(50278)§ k velké planetce hlavního pásu (15) **Eunomia** na vzdálenost 55 tis. km v březnu 2002 ke zpřesnění hmotnosti Eunomie. Výsledná hodnota $3{,}25.10^{19}$ kg je o polovinu větší, než vycházelo z měření poloh planetky v letech 1950 – 2006.

S. Sheppard a C. Trujillo hledali pomocí obřího 6,5m reflektoru Magellan **Trojany** v okolí Lagrangeových bodů L_4 a L_{-5} u Jupiteru, Saturnu a Uranu. Měli by nalézt všechny objekty s průměrem větším než 100 km, ale neuspěli ani u Saturnu ani u Uranu. Naproti tomu u *Neptunu* našli celkem 3 Trojany, takže celkový počet Trojanů u Neptunu dosáhl 4. Není tedy nakonec vyloučeno, že skutečný *počet srovnatelně velkých Trojanů u Neptunu bude vyšší než u Jupiteru,* kde je v současné době známa zhruba tisícovka objektů. F. Marchis aj. soudí, že orbitální rezonance 2:1, kterou vykazuje Saturn vůči Jupiteru, zvýhodňuje zachycení těles *EKP* v Lagrangeových bodech soustavy *Slunce-Jupiter.* Celkovou hmotnost Trojanů odhadli na 6.10^{-6} M_Z.

Jupiterův Trojan v bodě L_5 (617) **Patroclus** byl zobrazen laserovou adaptivní optikou Keckova dalekohledu v letech 2004 – 05. Spolu se staršími měřeními během 4 let se tak F. Marchisovi aj. podařilo zpřesnit parametry binární soustavy, jejíž složky mají průměry 120 a 110 km, úhrnnou hmotnost $1{,}4.10^{18}$ kg a hustoty jen 80% hustoty vody, takže jde převážně o ledová tělesa. Poněkud menší sekundární složka, objevená již r. 2001, dostala jméno **Menoetius.** Obě složky kolem sebe obíhají po kruhové dráze v periodě 4,3 d ve vzájemné vzdálenosti 680 km. U téhož dalekohledu byl v červenci 2006 objeven průvodce i u prvního Trojana v bodě L_4 (624) **Hektora.** Planetka sama je silně zploštělá s rozměry 350×210 km a její průvodce ve vzdálenosti 1 000 km má průměr jen 15 km.

R. Behrend aj. objevili podvojnost čtyř dalších planetek hlavního pásu: (854) **Frostia,** (1089) **Tama,** (1313) **Berna** a (4492) **Debussy.** Poslední dvě jsou dokonce zákrytové! Ve všech případech jeví složky rotaci synchronní s oběžnými periodami, které činí po řadě 38, 16, 25 a 27 h. Vesměs vznikly srážkami. První planetka s malým průvodcem *(Dactyl)* byla (243) **Ida** v r. 1993. Od té doby je rozpoznáno studiem světelných křivek již asi 50 párů v hlavních pásu, takže z této statistiky vyplývá, že asi 6% planetek s průměry 10 – 50 km je binárních.

P. Pravec a A. Harris shrnuli údaje o **binárních planetkách** mezi křížiči i v hlavním pásu planetek, neboť jejich souhrnný počet již přesáhl magickou hranici 100 a v současnosti přibývá jedna podvojná planetka měsíčně. Zastoupení binárních planetek v obou skupinách je stejné, což nasvědčuje společnému způsobu, jak tyto páry vznikají. Většinou jde o dvojice, které rotují rychlostí blízkou rozpadu tělesa odstředivou silou za předpokladu, že jde o struktury zvané *„hromady sutě"*. Většina párů je však napůl asynchronních, tj. primární složka rotuje rychleji, kdežto sekundární synchronně s oběžnou periodou, přičemž rovina oběžné dráhy leží v rovině rovníku primární složky.

Výzkum binárních planetek přináší astronomům stejné výhody jako výzkum dvojhvězd ve stelární astronomii. Pozorování světelných křivek, popřípadě radarová pozorování křížičů v blízkosti Země, poskytují mimořádně cenné údaje o rozměrech a tvaru složek i jejich vzájemné vzdálenosti, sklonu a výstřednosti drah, popř. též o obecné precesi rotačních os složek, vyvolané Sluncem. K. Walsh a D. Richardson se zabývali modelováním **vzniku těsných párů** u křižujících planetek a zjistili, že tyto páry velmi pravděpodobně vznikají díky blízkým průletům dvou samostatných planetek se strukturou hromad sutě. Téměř všechny modelové páry mají pak výstřednost dráhy $e > 0{,}1$ a poměr velikostí v rozmezí 0,1 – 0,2. Rotační periody primárních složek se pohybují mezi 3,5 h a 6 h, zatímco sekundární složky nezřídka rotují mnohem pomaleji. Primární složky mají rotační osu postavenou kolmo k oběžné dráze, kdežto rotační osy sekundárů jsou orientovány náhodně. *Binární křížiči tudíž nevznikají slapovým štěpením* jediného objektu – takové páry by měly velkou vzdálenost složek a silně zploštělé primární složky.

P. Pravec aj. zjistili rozborem údajů o 17 **binárních křížičích** s dobrými pozorovacími údaji, že poměry jejich velikostí se koncentrují kolem hodnoty 0,18 ve shodě se zmíněnými modelovým výpočty. Primární složky však rotují ještě rychleji, než vyplývá z modelů, tj. v průměru během 2,5 h a jen ojediněle do 4 h. To jsou hodnoty blízké kritické rotační rychlosti pro hromady sutě se střední hustotou dvojnásobku hustoty vody. Sekundární složky obíhají v průměrných periodách > 11 h, a to většinou synchronně; synchronnost se však vytrácí u oběžných period > 20 h. *Zhruba 15% křížičů s rozměry většími než 3 km patří k binárním planetkám a tento poměr stoupá pro velmi rychle rotující planetky až na 66%.* Autoři odtud v protikladu k modelovým výpočtům odvozují, že právě **rotační štěpení** je hlavním mechanismem vzniku párů u blízkozemních planetek. Binární křížiči znamenají zvýšené riziko v případě jejich srážky se Zemí, protože se tím fakticky zvyšuje „účinný průřez" srážky a roste i nebezpečí, že se dvojice slapově rozpadne s těžko vypočitatelnými změnami drah obou složek.

Podle T. Statlera a T. Watanabeho nejrychleji rotují osamělé planetky s nejmenšími rozměry. Pro 40 miniplanetek o průměru < 150 m našli rotační periody < 2 h. *Nejkratší změřené periody činí pouhou 1 min,* což je důkaz, že jde o monolitní kamenná tělesa. U větších objektů je rychlá rotace naopak vzácná a nad průměrem planetek 200 m se už nevyskytuje vůbec.

T. Ito a R. Malhotra se modelově zabývali následky **rozbití velké planetky** v hlavním pásu srážkou. Obecně vzato vede taková katastrofa k přílivu roje úlomků na terestrické planety. Naproti tomu však nestačí k objasnění těžkého bombardování Měsíce v čase před 4,05 – 3,88 mld. roků, protože pravděpodobnost srážky úlomků jediného tělesa s Měsícem činí jen 1 promile. K objasnění těžkého bombardování bychom museli předpokládat rozpad obří planetky o průměru 1 500 km, což není pravděpodobné. Buď tedy šlo o celou sérii rozpadů menších těles v hlavním pásu, anebo mělo těžké bombardování Měsíce (a Země) nějakou jinou příčinu.

Podle D. Nesvorného aj. se před 2,5 mld. let rozpadlo mateřské těleso velké rodiny planetek (158) **Koronis,** jehož průměr odhadli na 160 km. Jeden z úlomků z tohoto rozpadu o průměru 33 km se před 5,8 mil. rok opět roztříštil na dnešní rodinu (832) **Karin.** Podle výpočtu autorů narazila na toto mateřské těleso planetka o průměru necelých 6 km relativní rychlostí 7 km/s.

D. Vokrouhlický aj. uvedli, že stáří třetí největší rodiny planetek (221) **Eos,** která má dnes na 4 400 členů, dosahuje plných 1,3 mld. let před současností. Titíž autoři také studovali zvláštní případ vzniku rodiny planetek (847) **Agnia**, kdy mateřské těleso o průměru 50 km bylo roztříštěno před cca 100 mil. lety na úlomky, které mají většinou prográdní rotaci.

Z těchto statistik také vyplývá, že *průměrný poločas rozpadu 2km planetky v hlavním pásu je asi 700 mil. roků.* Podle D. Nesvorného se největší srážka v posledních 100 mil. let odehrála v hlavním pásu před 8,3 mil. roků, když terčem srážky byla planetka o průměru asi 140 km. Vznikla tak rodina planetek (490) **Veritas** (průměr 115 km), která mj. produkovala i velké množství meziplanetárního prachu, jenž se vinou brzdění slunečním zářením i větrem nakonec dostal na Zemi. Stopy takových usazenin o stáří 8,2 mil. roků našli K. Farley aj. na dvou místech mořského dna. Předešlé zvýšení toku meziplanetárního prachu odpovídá stáří 35 mil. roků, ale najít k němu odpovídající rodinu planetek bude přirozeně mnohem obtížnější.

W. Bottke aj. se věnovali otázce, odkud vlastně pocházejí **kovové meteority,** a dospěli k závěru, že vznikaly v pásmu terestrických planet, kde se posléze roztavily při rozpadu radioaktivních izotopů hliníku a železa. Jejich úlomky se tak dostaly do hlavního pásu planetek ještě v rané epoše vývoje sluneční soustavy. Prototypem kovových planetek je (4) **Vesta,** která je v tom případě fakticky vetřelcem v hlavním pásu. Odtud pak se jejich úlomky po četných srážkách zhruba od stáří 1 mld. let po vzniku sluneční soustavy opět

vracejí vlivem srážek, dráhových rezonancí a Yarkovského efektu zpět do míst, kde původně vznikly. Paradoxně tak *pomocí kovových meteoritů poznáváme původní materiál dnes zcela nedostupného nitra Země!*

D. Nesvorný a D. Vokrouhlický se dále zabývali rozpady planetek hlavního pásu během posledního milionu let. Příčinou srážek planetek jsou v tomto období poruchy od Jupiteru, což pak vede ke katastrofickým srážkám vysokou vzájemnou rychlostí. Odhalili celkem tři takové potenciální katastrofy, z nichž vznikly rodiny planetek (14627) **Emilkowalski, 1992 YC2** a (21509) **Lucascavin.** K rozpadům došlo po řadě před 220; 50 – 220 a 300 – 800 tis. lety. Již dříve byla identifikována rodina (1270) **Datura,** která vznikla před 450 tis. lety. Tato četnost rozpadů během posledního milionu let dobře souhlasí s odhadem, že *v hlavním pásu planetek dochází k roztříštění 10km planetky v průměru jednou za 100 tis. roků.*

D. Nesvorný odvodil, že v hlavním pásu se dnes nachází asi milion těles s průměrem alespoň 1 km. (Pro srovnání: *v hlavním pásu je jen 450 planetek s průměrem nad 100 km a jen 63 planetek s průměrem nad 200 km. Pouze 10 největších planetek má kulový tvar.*)

Koncem r. 2005 dospěla kosmická sonda *Hayabusa* vypuštěná japonskou kosmickou agenturou JAXA k planetce (25143) **Itokawa** a koncem listopadu se pokusila o dvě měkká přistání na planetce, při nichž mj. vystřelila drobné projektily, které měly vniknout pod povrch planetky. Kamera na sondě získala asi 1,5 tis. snímků planetky, na nichž je vidět kamenný povrch planetky prakticky bez větších balvanů. Zatímco iontový motor sondy pracoval po celou dobu letu k planetce bezvadně, přistávací manévry byly jen částečně úspěšné a celý experiment zápolil v r. 2006 s technickými potížemi. Úniková rychlost na povrchu Itokawy dosahuje jen 0,2 m/s, což paradoxně ztížilo přistávací manévr. Planetka sice křižuje dráhu Marsu, ale současně patří mezi křižiče typu Apollo, takže se v periodě 1,5 r přibližuje ke Slunci na minimální vzdálenost 0,95 AU. Její střední hustota dosahuje 2,3násobku hustoty vody, takže jde o zploštělé kamenné těleso s rozměry 520×270×210 m. Křižiči obecně budí přirozeně stále větší pozornost, protože si už i širší veřejnost začíná uvědomovat, že vzácně leč nevyhnutelně se některý z nich se Zemí srazí.

Od konce r. 2004 je takovým favoritem planetka s příznačným jménem **Apophis** (99942) o průměru 320 m, která nás sice mine v pátek 13. dubna 2029, ale teoreticky by mohla trefit Zemi v neděli 13. dubna 2036 rychlostí téměř 13 km/s. Pokud by dopadla na pevninu, vyhloubila by kráter o průměru 2 km a hloubce 500 m. Vedení Planetární společnosti proto navrhovalo využít těsného přiblížení v r. 2029 k připevnění radiového responderu k planetce, což by výrazně zpřesnilo údaje o její budoucí dráze a tak bychom získali v předstihu přesnou informaci o průběhu letu v onu kritickou neděli r. 2036. Nicméně v tuto chvíli je *možnost srážky se Zemí i v tomto případě již vyloučena.* Rozhodla o tom radarová měření v Arecibu z počátku května 2006 na vlnové délce 126 mm (2,4 GHz). Z kombinace těchto měření s optickými pozorováními od března 2004 totiž vyplývá, že v r. 2029 se Apophis přiblíží k Zemi na zcela bezpečnou minimální vzdálenost 38 tis. km (s chybou ±600 km) a v r. 2036 planetka proletí ve vzdálenosti 0,28 AU, daleko za kosmickými humny.

Počátkem července 2006 nás dle měření radaru v Goldstone s parabolou o průměru 70 m minul ve vzdálenosti 400 tis. km křižič **2004 XP14** s průměrem 320 m, který mimořádně pomalu (20 d!) rotoval. Objekt opticky pozoroval J. Horne v Severní Karolině jako rychle se pohybující objekt 11 mag. I takto malí křižiči představují v případě srážky se Zemí velké riziko, takže NASA se nyní rozhodla vyhledat aspoň polovinu všech křižičů s průměrem >140 m a 90% všech křižičů >300 m. *Kilometroví křižiči jsou již zhruba ze 3/4 dohledáni.* Dlouhodobě představuje větší riziko kamenná planetka (29075) = **1950 DA** s průměrem něco přes 1 km, která by se s pravděpodobností 3 promile mohla srazit se Zemí 16. března 2880.

G. Sitarski uvedl, že při oceňování rizika srážek křižičů se Zemí je výpočet mnoha možných drah na počítačích často tak zdlouhavý, že se vyplatí jej obejít použitím speciálních matic, zvaných **krakoviany.** Prakticky to dokázal pro výše zmíněné rizikové planetky a našel tak nové riziko srážky Apophise se Zemí v dubnu 2053, jakož i možnost srážky křižiče (2340) **Hathor** se Zemí v říjnu 2307. Současně R. Kahle aj. ukázali, že v případě **obranného manévru** je energeticky výhodnější, aby *impuls ke změně dráhy křižiče směřoval kolmo ke směru letu,* čímž se stane až pětkrát účinnější, než kdyby působil ve směru či v protisměru letu planetky. Energeticky nejnáročnější by bylo změnit sklon dráhy planetky k ekliptice, což by připadalo v úvahu jen v případě varování na poslední chvíli. Jinak je energeticky mnohem výhodnější měnit buď výstřednost dráhy nebo délku velké poloosy.

S poměrně překvapujícím návrhem uměle vyvolané srážky přišli T. Kasuga aj. Navrhli totiž, aby byla kosmickým projektilem zasažena planetka (3200) *Phaeton,* která je mateřským tělesem známého meteorického roje – prosincových Geminid. Kdyby k zásahu došlo 12. dubna 2022, mohli by naši potomci moci o 200 let později pozorovat **umělý meteorický roj!**

Na konci odstavce připomeňme, že navzdory velkému pokroku pozorovací techniky na zemi i v kosmu není dosud prozkoumáno okolí Slunce ve vzdálenostech 0,08 – 0,18 AU (při pohledu ze Země jde o mezikruží do 10,5° od středu Slunce). Teoreticky se tam mohou nacházet tělesa, souhrnně nazývaná *vulkanoidy* podle kdysi předpokládané planety Vulkán, která měla obíhat kolem Slunce ve vzdálenosti menší než Merkur.

V samotném závěru pak připojuji tradiční poznámku, že díky objevům slovenských i českých astronomů přibyla na obloze v r. 2006 mj. tato jména planetek: (20364) **Zdeněkmiler,** (21539) **Josefhlávka,** (24194) **Paluš,** (42849) **Podjavorinská,** (53910) **Jánfischer,** (59830) **Reynek,** (68779) **Schöninger** a (70679) **Urzidil.**

1.2.3. Komety

P. Weissman shrnul některé klíčové okamžiky v **dějinách výzkumu komet** od poloviny XX. stol. Tehdy se totiž objevily dvě stěžejní práce. J. Oort zjistil z rozložení převrácených hodnot velkých poloos dlouhoperiodických komet, náhodných sklonů drah a dynamické úvahy o nestabilitě drah pozorovaných komet, že existuje **kulovitý kometární rezervoár** ve vzdálenosti řádu 10 tis. AU od Slunce. Prakticky současně přišel F. Whipple s domněnkou o **„špinavé sněhové kouli"** jako podstatě kometárního jádra. Tato domněnka umožnila vysvětlit existenci negravitačních sil, které mají vliv na oběžné periody komet. Halleyova kometa, jejíž jádro rotuje

prográdně, přichází vždy se zhruba 4denním zpožděním proti předpovědi, založené na Keplerových zákonech. Naproti tomu Enckova kometa, jejíž jádro rotuje retrográdně, se soustavně předbíhá proti předpovědi.

Mimořádný význam pro pochopení struktury kometárních jader mělo pozorování dlouhého řetízku zhruba dvou tuctů jadérek komety **Shoemaker-Levy 9** v letech 1993 – 1994. Existence jadérek umožnila E. Asphaugovi a W. Benzovi odhadnout jejich průměrnou hustotu na 60% hustoty vody. Pokud by byla hustota jadérek větší než 150% hustoty vody, tak by se totiž díky vzájemné gravitaci znovu složila na jedno velké jádro. Pokud by však tato hustota byla nižší než 30% hustoty vody, celá soustava by se rychle rozpadla a proslulý řetízek bychom nepozorovali. Nezávisle vychází tatáž hustota jadérek z jejich poměrně pomalé rotace delší než 6 h.

Nejnovějšími velkými úspěchy kometární astronomie se stala prvotřídní funkce kosmických sond **Stardust,** která přinesla na Zemi vzorky z okolí jádra komety 81P/Wild (2), když počátkem ledna 2004 proletěla ve vzdálenosti jen 236 km od jádra a dále sondy **Deep Impact,** kdy téměř půltunový projektil narazil v červenci 2005 na jádro komety *9P/Tempel (1)* a průletový modul sondy i další kosmické i pozemské přístroje sledovaly následky „drtivého dopadu". V nedaleké budoucnosti lze očekávat klíčové výsledky od studia jádra komety *67P/Čurjumov-Gerasimenko,* k níž směřuje kosmická sonda **ROSETTA,** jež se má stát v r. 2014 umělou oběžnicí komety.

Podle J. Triga-Rodrígueze a J. Llorcy lze odvodit strukturu a hustotu **kometárních jader** studiem meteoroidů ve známých meteorických rojích. Vycházejí z toho, že maxima světelných křivek meteorů odpovídají výškám, v nichž probíhá fragmentace meteoroidu. Z těchto pozorování vyplývá, že „panenské" komety, které se dostaly na dráhy křižující Zemi poprvé, mají křehká porézní jádra, kdežto periodické komety mají materiál jádra téměř o dva řády odolnější vůči fragmentaci v zemské atmosféře. Nejtužší jádra z houževnatého materiálu vykazují krátkoperiodické slunečním větrem ošlehané komety, např. jádro komety *2P/Encke* nebo (3200) *Phaeton* (mateřské těleso Geminid). S. Milam aj. nalezli ve spektru komety *Hale-Bopp* a dalších dvou komet z let 2001 – 02 **formaldehyd**. Podle jejich názoru není však zdrojem této zajímavé organické sloučeniny samotné kometární jádro, ale spíše zrnka prachu, která kromě silikátů obsahují povlaky organických látek.

H. Hsieh a D. Jewitt tvrdí, že ke dvěma klasickým populacím komet (dlouhoperiodické a krátkoperiodické – Jupiterova rodina komet) lze nyní na základě četných pozorování přidat ještě **třetí populaci komet,** která vzniká v hlavním pásu planetek a obsahuje alespoň 300 členů. Jeví se nám ovšem jako planetky; jen 3 z nich za sebou „práší". Autoři se domnívají, že tyto komety vznikají přímo v hlavním pásu a jejich *kometární aktivita je důsledkem srážek s jinými tělesy.* Je pravděpodobné, že celkový počet aktivních komet v tomto pásu dosahuje 150.

Díky výkonným přehlídkovým strojům přibývá nyní každoročně velký počet nově objevených komet. Suverénně nejúspěšnějším automatickým lovcem komet je již tradičně sluneční družice **SOHO,** která objevuje v blízkosti Slunce na běžícím pásu úlomky obrovité **komety Kreutz** ($q < 0{,}01$ AU, $i = 144°$), ale i dalších (skupiny **Kracht** – $q = 0{,}045$ AU, $i = 13°$; **Marsden** – $q = 0{,}048$ AU; $i = 27°$ a **Meyer** – $q = 0{,}036$ AU, $i = 72°$), popřípadě „sporadických" komet. Celkem bylo v r. 2006 objeveno přes 200 komet. Koncem roku vzrostl počet periodických komet s dobře určenou drahou na 182.

Od počátku roku 2006 budila největší pozornost periodická kometa **73P/Schwassmann-Wachmann (3),** známá od r. 1930, kdy byla objevena zmíněnými astronomy jako objekt 9,5 mag necelý měsíc před jejím těsným přiblížením k Zemi na vzdálenost jen 0,06 AU. Kometa s oběžnou periodou 5,4 r patří mezi krátkoperiodické komety Jupiterovy rodiny, ale až do r. 1979 se jí nepodařilo znovu pozorovat. Tehdy se vynořila z hlubin kosmu se zpožděním plných 5 týdnů proti předpovědi. Od r. 1995 jevila nápadné výbuchy a první rozpady jádra na úlomky. Při návratu v r. 2000 – 01 však byly podmínky pro její pozorování nepříznivé, takže tehdy se podařilo sledovat jen dva úlomky jádra.

Pozorovací podmínky návratu v r. 2006 však byly od počátku roku velmi příznivé. Kometa tak pokračovala v **rozpadu jádra** doslova v přímém přenosu. Od konce ledna jevila krátký chvost; koncem února, když byla ještě 1,65 AU od Slunce, přibyla ke dvěma složkám jádra třetí. Ve spektru dvou hlavních složek byla pozorován hydroxyl, vodní pára a kyan, zatímco molekuly uhlíku byly zastoupeny nepatrně. Počátkem března však měla kometa již 7 úlomků a její rozpad rychle pokračoval, takže *koncem března již bylo vidět na dva tucty úlomků až 21 mag* (nejjasnější úlomky dosahovaly 9 mag). Kometa se během dubna rozsypala na více než 60 úlomků, jak to skvěle zachytil *HST,* avšak menší úlomky brzo většinou zanikaly. V infračervených spektrech komety se objevily silikáty, olivín a pyroxen; přibyly také metan, kyanovodík, etan, metanol a formaldehyd. Koncem dubna byla kometa již jen 1,1 AU od Slunce a její teplota vzrostla na 310 K. V polovině května 2006 procházely úlomky komety v blízkosti Země ve vzdálenosti kolem 11 mil. km a 7. – 9. června měly projít perihelem ve vzdálenosti lehce pod 1 AU. Zda aspoň některé úlomky tento průlet vůbec přežily, se zřejmě dozvíme až někdy koncem r. 2011.

Další kometou, rozpadající se v této době, je dle Z. Sekaniny periodická kometa **101P/Černych,** objevená poprvé v r. 1977, která opět procházela perihelem po téměř 14 letech na Vánoce 2005 ve vzdálenosti 2,4 AU od Slunce. Při předešlém návratu se od ní oddělil menší úlomek ještě před průchodem perihelem počátkem dubna 1991, jenž však nepřežil průlet perihelem v lednu 1992. Při posledním návratu byl pozorován nový úlomek již počátkem listopadu 2005, který přežil průchod perihelem a byl sledován až do konce ledna 2006. Podle Sekaninova výpočtu se úlomek oddělil od jádra komety rychlostí asi 2 m/ ve vzdálenosti 9 AU od Slunce koncem r. 1996, tedy prakticky poblíž odsluní dráhy komety.

Patrně nejvýznamnější vědecké výsledky roku v kometárním výzkumu přinesla kosmická sonda **Stardust,** která odstartovala z Floridy 7. února 1999, aby po sedmileté oklice dlouhé 4,6 mld. km vstoupila 16. ledna 2006 do zemské atmosféry rekordní rychlostí 12,9 km/s nad Utahem. Návratové pouzdro s cenným nákladem 100 mg vzorků meziplanetárního a kometárního prachu vzápětí úspěšně měkce přistálo v utažské poušti. Jak známo, pouzdro obsahovalo ve 132 oddělených blocích prachové částice, úspěšně zabrzděné navzdory relativní rychlosti střetávání 6 km/s ve speciálním aerogelu mj. během průletu sondy kolem jádra komety 81/Wild (2) počátkem ledna 2004.

Kometa sama se po miliardy let nepřiblížila ke Slunci více než Uran, když obíhala v mrazivě chladné části planetární soustavy po téměř kruhové dráze. Teprve dráhové poruchy postupně zmenšovaly vzdálenost jejího přísluní, až ji v r. 1974 svou gravitací zachytil Jupiter a změnil její dráhu na krátkoperiodickou (6,4 r) s přísluním ve vzdálenosti 1,6 AU od Slunce. Podle B. Davidssona a P. Gutiér-

reze lze prográdně rotující jádro komety **81P/Wild (2)** modelovat jako trojosý elipsoid s hlavní osou 5 km, průměrnou hustotou 70% hustoty vody a horní mezí hmotnosti 2.10^{13} kg.

První inspekce 30 vzorků odhalila dle D. Brownleeho aj. na 50 **zrnek mezihvězdného původu** a dále inkluze vápníku a hliníku, jež vznikly při teplotě 1 100 K. Původní předpoklad, že jádra komet obsahují pouze prvotní stavební materiál sluneční soustavy, vzniklý za studena, tak vzal za své. Počet zachycených zrnek překonal nejméně desetkrát i ty nejoptimističtější odhady. Studium vzorků je pochopitelně časově náročné; komplexní výzkum každého zrnka představuje asi roční práci jednoho odborníka.

Proto si astronomové vypomáhají dobrovolníky díky počítačovému programu **Stardust@Home** a uvažují o tom, že budou zrnka pojmenovávat. Podrobnější průzkum tak odhalil v aerogelu tisíce částeček s průměrem nad 50 μm; z toho je 45 zrnek viditelných očima a bloky navíc obsahují dokonce i četné submikronové částice. Do vědeckých laboratoří po celém světě rozeslala NASA 150 vzorků k dalšímu podrobnému průzkumu, na němž se podílí asi 180 specialistů. Již prozkoumaná zrnka z prvních 10 bloků obsahují minerály olivín, spinel, anortit, forsterit a pyroxen. Ve vzorcích byl dále zjištěn neočekávaně velký přebytek barya (o plné čtyři řády proti jeho zastoupení v meteoritech) jakož i organické látky. Prvních sedm prací o výsledcích studia vzorků v projektu *Stardust* vyšlo v americkém vědeckém týdeníku *Science* již před koncem r. 2006.

Mezitím pokračoval výzkum komety **P9/Tempel (1),** jejíž jádro bylo počátkem července 2005 zasaženo zešikma projektilem kosmické sondy Deep Impact, přičemž se dle M. A. Hearna uvolnila kinetická energie 19 GJ. Místo dopadu se zřejmě příliš neohřálo, takže ve vyvrženém materiálu byl silně zastoupen plynný CO_2 a organické látky jakož i neidentifikované chemické sloučeniny. Kometární jádro má velmi pestrou geologii a je silně porézní. R. Schulzová aj. objevili těsně po dopadu v okolí komety kýžená ledová zrnka s krátkou životností díky pozorováním v rentgenovém a ultrafialovém oboru spektra. R. Willingale aj. využili rentgenové družice Swift ke sledování okolí komety o průměru 100 tis. km v měkkém rentgenovém pásmu po dobu 12 dnů od impaktu. Zjistili, že mrak plynu a prachu se rozpínal rychlostí 7 – 10 km/s a impakt uvolnil celkem 200 tis. t vody anebo 400 tis. t CO_2 (ve skutečnosti se na této bilanci podílely obě složky v neznámém poměru). Hmotnost jádra komety odhadli na 7.10^{13} kg a jeho hustotu na 40% hustoty vody. Podle D. Hughese má jádro komety průměr 7,5 km a jen 0,6% jeho povrchu jeví kometární aktivitu. Prach vyvržený při nárazu projektilu má rozdělení částeček podle velikosti odlišné od běžného prachu v komě.

Samotná kometa prodělala dramatický vývoj dráhy vinou **blízkých přiblížení k Jupiteru** v letech 1881, 1941 a 1953. Poprvé ji pozoroval astronom amatér E. Tempel v r. 1867; pak však byla nadlouho ztracena a znovu objevena až r. 1967 na základě zlepšené efemeridy B. Marsdena. V současné době je kometa typickým členem Jupiterovy rodiny komet s přísluním ve vzdálenosti 1,5 AU, sklonem dráhy 11°, výstředností 0,5 a oběžnou dobou 5,5 r. Byla dobře pozorovatelná při návratech v letech 1983 a 1994, což ji předurčilo pro zacílení v projektu *Deep Impact.*

J. Vaubaillon aj. odhadli z pozemních pozorování prachové komy, že během přibližování sondy k jádru komety na vzdálenost pouhých stovek km by se sonda mohla srazit s tisíci mikrometeoroidy o průměru řádu 0,1 mm. Jelikož však sonda nebyla při těsném průletu nijak poškozena, znamená to, že žádná částice neměla průměru 10 mm a výše, což by sondu patrně zničilo. Zato vlastní místo dopadu projektilu bylo okamžitě zahaleno oblakem vyvrženého prachu, takže se nepodařilo změřit **rozměry impaktního kráteru** na povrchu jádra. Odhady se pohybují v rozmezí 100 – 250 m.

E. Jehin aj. zveřejnili pozorování **průběhu impaktu** obřími dalekohledy Keck a VLT během 15 nocí po dopadu. Zaznamenali proměny toku molekul CN a NH s periodou 1,7 d a rychlosti úniku molekul 400 m/s a prachu 150 m/s. Poměr izotopů uhlíku a dusíku ve vyvrženém prachu se shodoval s obdobným poměrem pro povrch jádra komety. C. Lisse aj. zjistili pozorováním jádra komety pomocí Spitzerova kosmického teleskopu, že kromě krystalků vodního ledu obsahuje koma také **amorfní i krystalické křemičitany,** které vznikly v rané fázi vývoje sluneční soustavy při vysoké teplotě a byly tedy dosud neznámým procesem přemístěny do chladné části sluneční soustavy, kde vzniklo smícháním se „studeným" materiálem jádro komety Tempel 1. Při dopadu projektilu se uvolnilo asi 1 tis. t. prachu, který se rozptyloval tak ohleduplně, že si zachoval původní mineralogické složení povrchu jádra komety.

R. Branham ukázal, že kometa **C/1853 E1 Secchi** s přísluním 1,1 AU a sklonem dráhy 155° má zřetelně hyperbolickou dráhu s výstředností $e = 1{,}011$, což je druhá nejvýraznější hyperbola po kometě **C/1980 E1 Bowell** ($e = 1{,}057$). H. Levison aj. hledali příčiny neobvyklé dráhy komety **2P/Encke,** neboť její odsluní 4,1 AU se nachází uvnitř dráhy Jupiteru. Modelové výpočty naznačují, že za tuto neobvyklou dráhu mohou gravitační poruchy planet a jiných komet, jenže změna dráhy je asi dvěstěkrát pomalejší než doba průměrné kometární aktivity. Podle všeho to znamená, že kometa Encke dlouho „spala". Jádro komety v odsluní pozorovali kosmickým teleskopem SST M. Kelley aj., kteří ukázali, že jeho povrch je pokryt zrnky amorfního uhlíku o typických průměrech 0,4 μm.

Dalším podivuhodným objektem je dle D. Jewitta kometa **D/1819 W1 (Blanpain),** která byla po krátkém pozorování na přelomu 1819 – 20 považována za ztracenou, protože přes příznivé pozorovací podmínky a krátkoperiodickou dráhy nebyla již nikdy znovu pozorována. Až v r. 2003 byla objevena planetka, křižující zemskou dráhu **(2003 WY25),** která má tak shodnou dráhu, že ji lze považovat za úlomek zmíněné komety, zejména proto, že jeví slabou kometární aktivitu (ztrátu hmoty tempem 10 g/s). Objekt má $a = 3{,}1$ AU; $e = 0{,}6$; $i = 6°$ a průměr jen 300 m, takže jde o vůbec *nejmenší známé kometární jádro.*

Automat LINEAR znovunalezl v červnu 2006 kometu **P/1889 M1 (Barnard)** jako objekt 17 mag na základě Marsdenovy efemeridy. Kometa prošla přísluním 28. srpna 2006 a dostala tak definitivní označení *177P/Barnard.* Její dráhové parametry činí: $e = 0{,}05$; $q = 1{,}1$ AU; $a = 24$ AU; $i = 31°$ a oběžná doba 120 roků. P. Lamy aj. využili v březnu r. 2003 kamery WFPC2 HST k zobrazení jádra komety **67P/Čurjumov-Gerasimenko,** jež se v té době nacházela ve vzdálenosti 2,5 AU od Slunce a k níž v r. 2014 doletí evropská kosmická sonda *ROSETTA.* Zjistili, že elipsoidální jádro o s osami 4,6×3,8×3,4 km rotuje prográdně v periodě 12,4 h a uvolňuje prach tempem 4 kg/s. Kometu sledovali v odsluní M. Kelley aj. pomocí infračerveného kosmického dalekohledu SST, kteří i v této vzdálenosti pozorovali komu kolem jádra komety. Kometa s oběžnou dobou 6,6 r, velkou poloosou dráhy 3,5 AU a přísluním ve vzdálenosti 1,3 AU patří do Jupiterovy rodiny komet. Y. Fernández aj. zjistili, že kometa **162P/Siding Spring** (= *P/2004 TU12*), pozorovaná ve středním infračerveném pásmu v prosinci 2004, má velmi nízké albedo 6% a odtud vyplývá průměr jejího jádra 12,2 km, což je nový rekord pro komety Jupiterovy rodiny.

1.2.4. Meteorické roje a bolidy

P. Koten aj. se podrobně zabývali nedávno objevenými meteory s mimořádně **vysokými začátky svítivé dráhy** v atmosféře. Měli k dispozici dvojstaniční pozorování celkem 164 meteorů s výškami zážehu nad 130 km nad zemí; rekord je 195 km. Nejvíce z nich se rozzářilo již ve výškách do 150 km, kdežto začátky svícení nad 160 km se vyskytují vzácně. Světelné křivky nad 130 km jeví mimořádně silné variace jasnosti a náhlé změny, způsobené patrně *odprýskáváním částeček z povrchu meteoroidů.* Teprve ve výškách pod 130 km dochází k regulární ablaci povrchu meteoroidu.

Podle M. Campbella-Browna aj. došlo 8. října 2005 k nečekaně vysoké aktivitě meteorického roje **Drakonid,** když po dobou tří hodin stoupla frekvence radarových meteorů až na 150 a optických na 40 met/h, takže v roji se v té době vyskytovaly převážně drobné meteoroidy. Maximum činnosti roje nastalo v 16 h UT (geocentrická délka Slunce 195,42°) a souviselo nepochybně s návratem mateřské komety roje **21P/Giacobini-Zinner** do přísluní 2. července 2005.

P. Koten aj. analyzovali dvojstaniční pozorování a spektrální údaje o 51 meteorech roje **Kvadrantid** (název pochází od dnes už zrušeného souhvězdí *Quadrans Murales* – Zední kvadrant, které se stalo součástí souhvězdí Bootes). Některé charakteristiky meteoroidů roje jsou typické pro kometární roje, ale jiné se blíží spíše Geminidám, jejichž mateřským tělesem je planetka **Phaethon.** Autoři připomínají, že přísluní Kvadrantid se před dvěma tisíciletími nalézalo ve vzdálenosti jen 0,1 AU od Slunce, takže tehdy z meteoroidů roje unikla většina těkavých látek. Stáří jádra roje se odhaduje na pouhých 200 roků a jeho mateřským objektem je planetka **2003 EH1,** což je podobně jako Phaethon spící kometa. P. Jenniskens odhadl celkovou hmotnost Kvadrantid na 1.10^{13} kg, což je asi desetinásobek hmotnosti mateřské planetky. Z toho lze usoudit, že roj vznikl rozpadem nějakého většího tělesa a planetka je jeho největší úlomek.

H. Ohtsuka aj. ukázali, že planetka typu Apollo **2005 UD** je úlomkem mateřského objektu meteorického komplexu **Phaethon-Geminidy** o průměru 1 km. Jak známo mateřské těleso Geminid, objevené v r. 1983, nejeví kometární aktivitu, ačkoliv jeho parametry (a = 1,27 AU; e = 0,9; q = 1,14 AU; i = 22°) se dobře shodují s parametry dráhy tohoto nejbohatšího pravidelného meteorického roje. Ke komplexu dále patří meteorické roje Sextantidy a Canis Minoridy. R. Arlt a J. Rendtel zpracovali 29 tis. vizuálních pozorování Geminid během 612 h v prosinci 2004 a zjistili, že roj vykázal dvě maxima s frekvencemi 126 a 134 met/h pro geocentrické délky Slunce 262,16° a 262,23°. Meteoroidy pozorované během druhého maxima měly o něco větší rozměry než meteoroidy v maximu prvém. Ještě vyšší frekvenci 257 met/h pro 13,85. prosince 2004 ohlásili indičtí pozorovatelé K. Chenna Reddy aj. S kuriózním nápadem přišli T. Kasuga aj., totiž vyrobit **umělý meteorický roj** nárazem projektilu na planetku (3200) Phaethon, jenž by se měl uskutečnit 12. dubna 2022. Meteorický roj vzniklý nárazem by se potkal se Zemí o 200 roků později...

D. Kumar aj. objevili pomocí indického meteorického radaru, že 11. srpna 2004 prošla Země anomálním prachovým vláknem meteorického roje **Perseid.** Během 27 h měření pozorovali téměř 3 tis. radarových ozvěn ve výškách 80 – 120 km. Radarové maximum roje nastalo pro geocentrickou šířku Slunce 140,6°, kdy radarová frekvence dosáhla 250 ozvěn/h. D. Jones aj. studovali komplex meteoroidů **κ Cygnidy,** jež byly poprvé pozorovány v r. 1874 těsně po maximu srpnových Perseid. Podle autorů jsou mateřskými tělesy komplexu planetky **2001 MS1** a **2004 LA12,** jež jsou ovšem pouhými úlomky většího rozpadlého tělesa.

1.3. Planetární soustava kdysi a dnes

S. Maret aj. si všimli zákonitostí **zastoupení dusíku** – pátého nejhojnějšího prvku ve vesmíru – v mezihvězdném prachu, molekulových mračnech, kometách a meteoritech. V molekulových mračnech totiž převažuje atomární dusík nad molekulami dusíku, neboť molekuly jsou rozkládány ultrafialovým zářením vznikajících hvězd. Komety a meteority jsou tvořeny agregáty zrnek mezihvězdného prachu, které přežily vznik sluneční pramlhoviny a to umožňuje vysvětlit *nízké zastoupení molekul dusíku i nižší podíl atomárního dusíku v kometách a meteoritech* v porovnáním se Sluncem. Také relativní zastoupení izotopů $^{15}N/^{14}N$ v meteoritech je vyšší než v mezihvězdném prachu.

I. Pascucci aj. vybrali z přehlídky kosmickým teleskopem SST 15 **mladých hvězd podobných Slunci,** které mají teplé (100 – 300 K) prachové disky, viditelné ve středním infračerveném spektrálním pásmu. Ukázali, že do vzdálenosti 10 AU od hvězdy nepřesahuje hmotnost plynné složky disků 12 M_Z a v pásmu 10 – 40 AU je plynu méně než 2 M_Z. To znamená, že už 30 mil. roků po vzniku planetární soustavy je plynná složka disku rozptýlena a v těchto vzdálenostech se mohou nacházet jedině hotové planety o hmotnosti Uranu. *Terestrické planety* na kruhových drahách poblíž mateřské hvězdy musí vzniknout rychle, aby zbylý plyn stačil jejich dráhy upravit na kruhové. I když je pravděpodobné, že většina hvězd vzniká souběžně s cirkumstelárními disky, je vývoj disků tak rychlý, že jen málokdy umožní vznik terestrických planet a planetárních soustav podobných naší.

J. Cuzzi a C. Alexander se zabývali otázkou, jak vznikly milimetrové **silikátové chondrule,** nalézané v nejstarších meteoritech. Domnívají se, že v hlavní rovině protoplanetárního disku se vyskytovaly zhuštěniny, ohřáté na vysokou teplotu a tudíž roztavené. Těkavé látky z disku přitom unikly a ochlazením tuhých zbytků vznikly zmíněné chondrule.

E. Asphaug aj. studovali **dynamické děje** ve velmi rané sluneční soustavě, která obsahovala po miliony let stovky planetárních embryí o rozměrech Měsíce až Marsu. Embrya získávala náhodné rychlosti díky gravitačním setkáváním a dráhovým rezonancím jak mezi sebou, tak také s Jupiterem. Následkem toho se embrya nejčastěji tečně srážela a ze srážek odcházela pošramocená, tj. silně deformovaná, roztočená na vysoké obrátky, obraná o vnější vrstvy pláště a často i roztrhaná na více úlomků. Původní pás planetek obsahoval více těles s rozměry nad 1 tis. km. Výsledkem činnosti této *protoplanetární mlýnice* v necelé první stovce milionů let od vzniku sluneční soustavy jsou zejména terestrické planety, planetky hlavního pásma a meteority, dopadající na terestrické planety, Měsíc i družice Marsu.

S. Raynmond aj. simulovali závěrečnou fázi **vzniku terestrických planet** z několika desítek planetárních embryí o průměrech řádu 1 tis. km a dále miliard planetesimál s průměry 1 – 10 km. Pět různých simulací dalo pokaždé 2 – 4 terestrické planety s hmotnostmi 0,4 – 2,6 M_Z o výstřednostech drah kolem 0,05. Vodu na terestrické planety však přinesla tělesa ze vzdáleností nad 2,5 AU. *Hlavní*

pásmo planetek mělo tehdy asi stokrát větší hmotnost než dnes, ale vinou rezonancí s Jupiterem a rozptylem drah při těsných přiblížení naprostá většina těles buď zanikla ve Slunci anebo opustila sluneční soustavu.

R. Strom aj. našli pravděpodobnou příčinu **těžkého bombardování Měsíce** (jakož i všech terestrických planet) před 3,8 mld. let v tělesech, které se tehdy nacházely v hlavním pásu planetek. Podle jejich modelových výpočtů *vznikl Jupiter dále od Slunce než je dnes* a postupně migroval směrem ke Slunci, čímž gravitačně rušil dráhy velkých těles v pásmu planetek a ty se pak dostaly na kolizní dráhy s terestrickými planetami. Díky impaktům na Měsíci pak máme celou epizodu těžkého bombardování doslova na dlani.

M. Lecar aj. revidovali vzdálenost tzv. **sněhové čáry** od Slunce, tj. rozhraní, za nímž už může být voda pouze v tuhém skupenství. Dosud se myslelo, že sněhová čára se nachází v průměrné vzdálenosti 2,7 AU, tedy na vnitřním okraji hlavního pásma planetek. Autoři však dokázali, že sněhová čára leží těsně za drahou Marsu ve vzdálenosti 1,7 AU.

R. Canupová a W. Ward si všimli, že planety sluneční soustavy, které mají větší soustavy přirozených družic (měsíců), jsou vždy asi o 4 řády hmotnější, než kolik činí souhrnná hmotnost jejich měsíců. Modelové výpočty ukázaly, že tento poměr je zákonitým důsledkem **protichůdných vývojových tendencí:** z okolního meziplanetárního prostředí se stahuje materiál pro tvorbu družic a současně prográdně rotující družice ztrácejí odporem v prachoplynovém prostředí energii a padají na mateřskou planetu. Jinými slovy, většina zejména velkých družic se utvořila u každé planety, ale dokud se prostor v okolí planety dostatečně nevyčistil, družice opět zanikaly následkem brzdění a spirálového sestupu na mateřskou planetu. *Dnešní stav soustav družic je tedy posledním epizodou jejich tvorby* – prostor kolem mateřských planet je už dostatečně vyčištěn, aby k dalším pádům nedocházelo. Výjimkami ve sluneční soustavě jsou *Triton* u Neptunu, který byl zachycen později, a náš *Měsíc,* jenž vznikl tečnou srážkou velkého tělesa se Zemí.

Nejvzdálenějším umělým tělesem sluneční soustavy je stále funkční kosmická sonda *Voyager 1*, která se nyní promítá do souhvězdí Hadonoše a v červenci 2006 překročila magickou hranici 100 AU od Slunce, když přitom stále sleduje vlastnosti **sluneční heliosféry**. Rychlost slunečního větru v této vzdálenosti podstatně klesla na osminu předchozí hodnoty, což je známka průletu sondy terminální rázovou vlnou slunečního větru. Sonda se nyní nachází v tzv. *heliomagnetickém pouzdře,* oddělujícím heliosféru od interstelárního větru a magnetického pole. Počítá se s tím, že pouzdro opustí asi kolem r. 2015, kdy je ještě naděje, že bude vysílat vědecké údaje. M. Opher aj. ukázali, že průchod kosmické sondy Voyager 1 terminální rázovou vlnou slunečního větru naznačil severojižní nesouměrnost interplanetárního magnetického pole vůči interstelárnímu větru, z čehož lze odvodit, že *sluneční soustava se pohybuje vůči interstelárnímu prostředí rychlostí 26 km/s.* Údaje o tomto pohybu se podaří zpřesnit, jakmile touto terminální vlnou proletí sonda Voyager 2.

V. Kuzmičev a V. Tomanov studovali dráhové parametry 792 komet s oběžnými dobami nad 200 roků s cílem zjistit pomocí koncentrace uzlů jejich drah případnou existenci větších **transneptunských planet.** Je zajímavé, že plných 86% těchto komet má přísluní blíže než 3 AU od Slunce, což téměř určitě poukazuje na ovlivnění jejich drah kolektivním gravitačním působením terestrických planet. Žádné indicie však nenaznačují, že by se za Neptunem nacházely hmotnější planety třídy Uran/Neptun.

Největší mediální rozruch roku 2006 však nepochybně způsobila vzrušená debata odborníků o tom, co vlastně lze považovat za **planetu sluneční soustavy.** Mezinárodní astronomická unie totiž již v r. 2005 ustavila komisi, která měla takovou definici ustavit, jelikož díky novým objevům transneptunských těles se hranice mezi planetami a planetkami naprosto rozmazala, podobně jako se to již v historii stalo v první polovině XIX. stol. po objevu prvních dvaceti planetek hlavního pásu. *(V r. 1851 astronomové považovali za planety celkem 23 objektů včetně Neptunu a všech tehdy známých planetek. Teprve v šedesátých letech XIX. stol. se počet planet zredukoval na 8.)* Když první komise nedospěla ke společnému názoru, byla výkonným výborem IAU zřízena druhá tzv. *Gingerichova komise,* která se shodla na definici, že planeta sluneční soustavy má mít průměr nad 800 km a hmotnost nad 5.10^{20} kg, což by mimochodem vrátilo mezi planety také planetku **Ceres,** jenž na počátku XIX. stol. byla za planetu skutečně považována.

Na XXVI. kongresu IAU v Praze byla však v srpnu 2006 přijata velkou převahou hlasů členů IAU zcela odlišná definice, vycházející z *hydrostatické rovnováhy tělesa* (přibližně kulový tvar) a *dráhy výhradně kolem Slunce* (tím byly vyloučeny obří družice jako Ganymed atd.), přičemž třetí podmínka *gravitační dominance* ve svém okolí vyloučila Pluto. Současně byla zavedena nová třída těles sluneční soustavy – **trpasličí planety,** mezi něž byly zařazeny **Ceres, Pluto** a **Eris.** „Demontáž" Pluta vzbudila velké pobouření zejména mezi americkými astronomy, kteří podepisovali koncem roku protestní petici, žádající revizi definice na XXVII. kongresu IAU v Riu v r. 2009.

Poměrně podrobně shrnul problémy první závazné **definice planety** sluneční soustavy S. Soter. Ten považuje za planetu *konečný produkt akrece v disku primární hvězdy nebo hnědého trpaslíka.* Výhodou nové definice je dynamická dominance tělesa ve svém okolí, což se dá určit z pozorování snadno, na rozdíl od stanovení hmotnosti tělesa. Takto definovaných 8 planet sluneční soustavy skutečně dominuje svému okolí na úrovni nejméně o 4 řády vyšší, než je tomu u planetek či komet. *(Pluto sám je menší než 7 měsíců planet sluneční soustavy.)* Podmínka hydrostatické rovnováhy je však pochybná, protože např. *Vesta* s průměrem 540 km je zřetelně nekulová, zatímco *Mimas* s průměrem 400 km je kulový. Kromě planet a jejich družic je nejvýznamnější hmotnou složkou sluneční soustavy **Oortův oblak komet,** obsahují asi 500 mld. komet s úhrnnou hmotností 2 – 40 M_Z. Na druhém místě je pak **Edgeworthův-Kuiperův pás** transneptunských těles, v němž se nachází cca 600 mil. objektů s průměry nad 10 km, a jehož hmotnost činí 30 mM_Z. Teprve pak následuje **hlavní pás planetek** s více než 1 mil. těles o průměru nad 1 km a úhrnné hmotnosti 0,6 mM_Z. Těsně za ním se umístili **Kentauři** mezi Saturnem a Neptunem, jichž je asi 10 mil. o celkové hmotnosti 0,5 mM_Z. **Planetky křižující dráhu Marsu** mají úhrnnou hmotnost 20 μM_Z, kdežto **planetky křižující zemskou dráhu** mají jen 600 nM_Z, těsně následovány **dlouhoperiodickými kometami** s přísluním do 50 AU s úhrnnou hmotností 500 nM_Z. Bilanci uzavírají **krátkoperiodické komety** s úhrnnou hmotností 50 nM_Z.

1.4. Slunce

Pozorovatelskou událostí roku 2006 se stalo nepochybně **úplné zatmění Slunce dne 29. března,** které bylo pozorovatelné v úzkém pásu o šířce 126 – 189 km a délce 14,5 tis. km, od východní Brazílie, přes Atlantik, Ghanu, Niger, Libyi, Egypt, Turecko, Černé moře, Gruzii, Kavkaz, Kaspické jezero, Kazachstán a Mongolsko. Nejdelší trvání 4:07 min mělo zatmění v Libyi v 10:11 h UT

ve výši 67° nad obzorem, kde byla také největší pravděpodobnost jasného počasí. Také slovenští a čeští profesionální i amatérští pozorovatelé uspořádali řadu individuálních i kolektivních výjezdů zejména do Libye, Egypta a Turecka a přivezli odtamtud skvělé záběry, jimž jako obvykle v posledních letech vévodily jedinečné snímky koróny, pořízené brněnským matematikem prof. M. Druckmüllerem a jeho rodinou.

Jak známo, hlavním problémem záběrů zatmění je *nesmírný nepoměr jasností vnějších částí Slunce, neboť sluneční fotosféra je řádově tisíckrát jasnější než chromosféra a dokonce milionkrát jasnější než koróna.* Přitom teplota fotosféry dosahuje necelých 6 tis. K; chromosféra má asi 10 tis. K a koróna až několik MK. *Koróna je ovšem u své paty asi stomiliardkrát řidší než zemská atmosféra u povrchu Země.* Jedinečný přírodní úkaz úplných zatmění Slunce je navíc dočasný: vlivem soustavného vzdalování Měsíce od Země tempem téměř 4 cm ročně přestanou být úplná zatmění ze zemského povrchu pozorovatelná za 600 milionů let! Už brzy se dočkáme *nejdelšího úplného zatmění Slunce celého XXI. stol.,* které bude viditelné 22. července 2009 především z Indie a Číny a nad Pacifikem dosáhne trvání 6:39 min.

J. Kiener aj. zveřejnili údaje o záření gama, které provázelo **gigantickou sluneční erupci z 28. října 2003,** jež se k všeobecnému překvapení odehrála plné 3,5 roku po maximu 23. cyklu sluneční činnosti. Erupce klasifikovaná jako X17.2 vykazovala tři spektrální čáry o energiích 2,2; 4,4; a 6,1 MeV, které jsou důkazem jaderných reakcí urychlených iontů ve sluneční atmosféře, jež tam probíhaly plných 15 min. Podle K. Watanabeho doletěly k Zemi z této erupce také neutrony o 45 min později, což znamená, že musely být urychleny na vysoce relativistické rychlosti, protože v klidu je poločas rozpadu volných neutronů necelých 15 min. Neutrony z **ještě mohutnější erupce ze 4. listopadu** téhož roku, klasifikované jako X28, dospěly k Zemi dokonce již za 13 min.

Pro srovnání téměř stejně hmotným, ale stabilním protonům trvá po standardních erupcích cesta k Zemi několik hodin a jen výjimečně (u erupcí z 23. února 1956; 29. září 1989; výše zmíněných erupcí z r. 2006 a z 20. ledna 2005) desítky minut. Nebezpečí těchto výjimečných erupcí nelze podceňovat právě též pro jejich nepředvídatelnost. Zejména by mohly ohrozit astronauty, kteří by letěli kamkoliv za hranici zemské magnetosféry. Přitom až *do 1. září 1859 astronomové o existenci erupcí na Slunci neměli ani tušení.* Teprve tehdy viděl očima po dobu téměř pěti minut **první sluneční erupci** při měření slunečních skvrn na projekčním stínítku známý britský astronom R. Carrington. O něco později zaznamenali geofyzikové mohutnou magnetickou bouři a v noci byla viditelná úžasná polární záře. Tím začala *epocha výzkumu vztahů Slunce-Země,* která nám od té doby přináší neustále nové mimořádně důležité poznatky.

Během erupcí se totiž uvolňuje nesmírná energie v podobě částic slunečního větru, jak je dnes dobře patrné díky řadě kosmických sond a umělých družic Země, zaměřených na projevy sluneční činnosti. Příčinou těchto hrozivých úkazů je reorganizace magnetických siločar v plazmatu, které se říká **magnetická rekonexe.** V podstatě jde o uvolnění magnetické energie ve prospěch urychlovaných částic jako jsou protony a elektrony. Rekonexi přímo poprvé pozorovali T. Phan aj při erupci z 2. února 2002. Měla ve slunečním větru podobu písmene X o délce 2,5 mil. km a trvání přes 2,5 h. Jde fakticky o linii, podél níž se přepojují opačně směřující magnetické siločáry.

A. Egidi aj. měřili při letech stratosférických balónů v r. 1992, 1994 a 1996 **úhlový průměr Slunce** (v přepočtu na vzdálenost přesně 1 AU) a zjistili, že průměr kolísá v nepřímé úměrnosti se sluneční činností mezi hodnotami 959,5 – 959,7". Ve stejném rytmu se mění také sluneční zploštění v rozmezí $(4 - 10).10^{-6}$. Tyto výsledky však jsou v rozporu s měřeními S. Lefebvra aj., konaných soustavně na věžovém dalekohledu na Mt. Wilsonu v Kalifornii v letech 1974 – 2005. Ačkoliv normalizovaný sluneční průměr 959,49" kolísal za tu dobu o plnou 1", autoři nenašli žádnou korelaci se sluneční činností. Zato objevili malou výduť ve tvaru Slunce mezi 20 – 30° heliografické šířky. Pro tvar Slunce tak zavedli název *helioid* (podle vzoru geoidu pro Zemi).

V r. 2006 bylo uveřejněno několik odhadů, kdy započne **24. cyklus sluneční činnosti:** mělo to být někdy mezi začátkem posledního čtvrtletí r. 2007 až koncem I. čtvrtletí r. 2008. Maximum cyklu by mělo být o 25 – 40% vyšší, než tomu bylo u poměrně slabého 23. cyklu (R 120 v dubnu 2001). N. Krivovová aj. zkoumali změny slunečního ozáření Země během právě uplynulého cyklu a zjistili, že zatímco *celkové ozáření Sluncem kolísalo jen o 1 promile, v ultrafialovém oboru v okolí čáry Ly-α dosahoval rozkmit 50 – 100%*! Podle názoru autorů to může silně ovlivňovat produkci či destrukci ozónu ve stratosféře a i celkové klima na Zemi.

Tyto změny jsou ovšem nicotné v porovnání s tím, co se odehrávalo ve vztahu mezi Sluncem a Zemí v dávné minulosti a co čeká Zemi v daleké budoucnosti za nějakých 6 – 7 mld. roků. Podle J. Birrielové, I. Sackmannové a A. Boothroyda totiž mělo mít *rané Slunce o třetinu nižší zářivý výkon než dnes,* pokud mělo v té době stejnou hmotnost jako dnes. Jelikož roční ztráta hmoty Slunce činí v průměru jen 3.10^{-14} M_O, byl by předpoklad o stálé hmotnosti splněn s přesností řádu 10^{-4} a jediné kloudné vysvětlení, proč Země tehdy nezamrzla, dává domněnka o silně skleníkové prvotní atmosféře Země. Doklady pro silný počáteční skleník však nejsou v souladu s geologickými nálezy vzorků atmosféry z té doby.

„Naštěstí" se nedávno našly dobré důvody pro domněnku, že Slunce zprvu rozhazovalo svou hmotu do prostoru mnohem marnotratněji, takže jeho původní hmotnost činila 1,03 M_O, a to bylo na počátečním zářivém výkonu znát. Háček spočívá v tom, že *podle pozorování mladších hvězd slunečního typu jeví tyto hvězdy gigantické erupce v první miliardě let své existence,* což na jedné straně vysvětluje, **proč Země v té době nezamrzla,** ale na druhé straně klade silná omezení na možnost vzniku a vývoje života na Zemi v rané etapě její existence. Je ovšem také myslitelné, že raná Země byla ke Slunci o něco blíže než dnes a do dnešní vzdálenosti postupně migrovala působením poruch od obřích planet sluneční soustavy.

Jak patrno, jde většinou o domněnky vymyšlené ad hoc, takže lze očekávat, že se v budoucnu o minulosti Země a Slunce leccos nečekaného a překvapujícího. Podobně neurčité jsou i odhady **budoucího vývoje Slunce** ve vztahu k existenci Země. Podle K. Rybického za necelých 7 mld. roků, kdy Slunce přejde z pásma hvězd hlavní posloupnosti mezi červené obry, *stoupne energie slunečního větru v okolí Země proti současnosti o pět řádů, celkové ozáření Země o tři řády a měkké rentgenové a tvrdé ultrafialové ozáření Země stokrát.* Následky si těžko lze představit; pro život na Zemi to bude téměř jistě znamenat soudný den.

Na závěr odstavce o výzkumech Slunce připojuji zmínku o studii B. Camerona Reeda, založenou na měření spektroskopických paralax 2,5 tis. žhavých hvězd tříd O a B do vzdálenosti 1,2 kpc od Slunce. Odtud totiž vyplývá, že Slunce se nenachází úplně přesně v hlavní rovině disku Galaxie, ale je od ní vysunuto o 20 pc.

představuje třeba **Comet Cryogenic Nucleus Sample Return,** která by měla odebrat ledové a organické vzorky z relativně mladé a chladné komety. Mise bude náročná na setkání (mladá kometa rovná se nestabilizovaná dráha, pravděpodobně velmi výstřední) a uchování vzorků v podchlazeném stavu až do okamžiku dodávky do laboratoří.

Opravdovým oříškem může být **Venus Sample Return,** odběr vzorků horniny z Venuše. Následoval by po odběru vzorků z Marsu a po předchozí výpravě Venus Mobile Explorer. Největším problémem této mise nejspíše nebude agresivní prostředí Venuše, ale energetické nároky mise. Těžko se totiž podaří vyslat vzorky z povrchu na oběžnou dráhu Venuše, kontejner bude muset cestou „přestupovat". Předpokládá se, že první stupeň jej dopraví do určité výšky, kde bude nejspíše čekat balón – a teprve odtud bude pokračovat ostrý start do vesmíru. Tady nejspíše vzorky horniny znovu „přestoupí" a vydají se konečně směrem k Zemi.

Nejen obří sondy

Dosud jsme se bavili jen o misích velkých – a velkolepých. Pojďme se nyní podívat, co náš čeká (a snad nemine) v kategorii misí středních, New Horizons.

Sonda **Pluto-Kupier Belt** už je na cestě, připravuje se **Juno**. Jeho se stane planeta Jupiter, na jejíž polární oběžnou dráhu přejde kolem roku 2020. Polární dráha je taková dráha, na níž sonda při každém obletu planety přelétá nad jejím severním i jižním pólem. Je to jediná oběžná dráha, z níž je možné studovat celou planetu bez omezení (proto ji třeba na Zemi používají výzvědné družice). Juno má sledovat atmosféru Jupitera (její strukturu i dynamiku), původ planety, interiér, magnetosféru… Zajímavé je, že energii budou sondě dodávat panely slunečních baterií – takto hluboko ve vesmíru (zhruba pětkrát dál od Slunce než je Země) se dosud jako zdroj energie používaly pouze jaderné generátory.

Projekt Juno přitom vyhrál v konkurzu nad jiným návrhem, nad sondou **South Pole Aitken Basin.** Nicméně odborníci v NASA se shodují, že tato přijde na řadu brzy. Zajímavé je, že jejím cílem se má stát Měsíc, který ale jinak má svůj vlastní „harmonogram" i rozpočet. Nicméně cíle této sondy jsou natolik klíčové pro pochopení fungování sluneční soustavy, že se stala výjimkou potvrzující pravidlo. Vlastně půjde o dvojsondu: dva identické přistávací moduly (aby se snížilo riziko nezdaru) dosednou v oblasti jižního lunárního pólu, kde odeberou řádově dva kilogramy vzorků a vrátí se s nimi na Zemi.

K výše několikrát zmíněné Venuši se vydá **Venus In Site Explorer.** Má jít o balónovou sondu, která opakovaně sestoupí na povrch planety, odebere zde vzorky a v přijatelnějších podmínkách větší výšky je pak analyzuje. Mělo by jít o jakousi předehru pro získání základních informací pro vlajkovou sondu Venus Mobile Explorer. Podobně pro sondu Comet Cryogenic Nucleus Sample Return (viz výše) byl měla předvoj tvořit a zkušenosti získat stanice **Comet Surface Sample Return** z kategorie „nové obzory". Ta má z nějaké příhodné komety odebrat vzorky a dopravit je na Zemi.

Atmosféra planety Saturn se má stát terčem zájmu další sondy ze série New Horizons. Jmenovat se bude **Saturn Flyby with Shallow Probes** a skládat se má z velkého průletového modulu plus několika menších sond, které proniknou do hustých vrstev atmosféry planety a zde provedou měření (než budou zničeny). NASA původně chtěla provést takovýto průzkum u Jupitera, ale pod vlivem okolností se musela rozhodnout pro Saturn.

Ač průnik sondy do atmosféry Jupitera rychlostí 47 km/sec zvládla již v roce 1995, možná překvapí konstatování, že materiály, z nichž byla sonda tehdy vyrobena, již nejsou k dispozici! Protože měly velmi omezené použití, americké firmy je už nevyrábí a výrobní linky i postupy nejsou k dispozici. Nový materiál by si tak vyžadoval nový (nákladný) vývoj téměř od nuly – a navíc otevření již uzavřené zkušební vodíkové trysky v Giant Planets Facility v Ames Research Center. Proto je jednodušší poslat sondu k Saturnu, pro níž jsou technologie dostupné. (Jupiter navíc už takovouto sondou byl právě v roce 1995 zkoumaný, krom toho jej zblízka prohlédne i mise Juno.)

Zatímco do atmosféry Jupitera se vstupuje z meziplanetárního přeletu rychlostí zhruba padesát kilometrů za sekundu, u Saturnu je to 27 až 30 km/sec. Což znamená dvacetkrát menší tepelné namáhání.

Smělé evropské plány

V říjnu 2007 představila Evropská kosmická agentura (ESA) několik projektů tzv. kandidátských misí – projektů, z nichž jeden bude vybrán pro realizaci v rozmezí let 2015 až 25. Jméno vítězné mise má být oznámeno v roce 2009. Následující dva roky pak bude probíhat jejich zevrubné vyhodnocování a od roku 2011 má probíhat plnohodnotný vývoj. Se startem se počítá někdy v letech 2017 až 18. Jen pro úplnost dodáváme, že celkem bylo ESA předloženo padesát návrhů.

O přízeň se tak ucházejí čtyři sondy:

- **Laplace** – mise určená ke studiu systému Jupitera a jeho měsíců. Cílem výpravy by měla být odpověď na otázky týkající se (ne)přízně podmínek pro vznik a vývoj života na měsíci Europa a dále studium vzniku a vzájemných vztahů jednotlivých jupiterových měsíců. Laplace předpokládá vypuštění trojice samostatných zařízení pro souběžné monitorování Jupitera a jeho měsíců.
- **Tandem** – mise pro průzkum dvou měsíců Titan a Enceladus planety Saturn. Cílem výpravy má být průzkum výše uvedených objektů jednak z oběžné dráhy, v případě Titanu pak přímo z povrchu. Sonda Tandem má studovat původ, strukturu a vývoj obou měsíců stejně jako jejich astrobiologický potenciál. Automat se má skládat jednak z orbitální části a jednak z plošiny schopné na Titan dopravit balónovou sondu a trojici statických modulů.
- **Cross-scale** – konstelace dvanácti družic by měla provádět souběžná měření plazmy v okolí planety Země, studovat místa magnetické rekonekce, oblasti turbulence a šoky. Výsledky pozorování by měly objasnit řadu základních problémů, týkajících se především otázky jak šoky urychlují a zahřívají částice plazmy a jak magnetická rekonekce převádí magnetickou energii do jiných forem energie.
- **Marco Polo** – návrat vzorků z asteroidu pohybujícího se v blízkosti Země. Tato mise by měla zkoumat vznik a vývoj sluneční soustavy, roli malých objektů (jako jsou právě asteroidy) v tomto procesu, stejně jako vznik a vývoj Země a života obecně. Sonda Marco Polo by se skládala z mateřské části, přistávacího modulu, zařízení pro odběr vzorků, návratové kapsle a dalšího přístrojového vybavení.

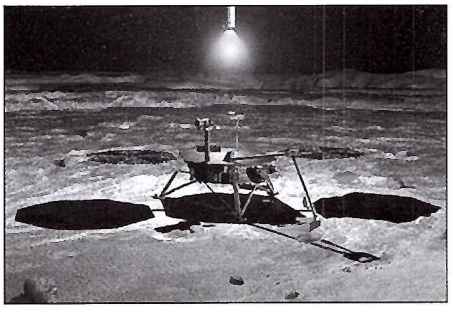
Suma sumárum

Při čtení výše uvedených smělých plánů se pochopitelně tají dech. A to v něm nejsou uvedeny sondy pro průzkum Marsu nebo Měsíce – stejně jako zamýšlené automaty dalších států (Čína, Japonsko…). Je samozřejmě nepravděpodobné, že se výše uvedené vize nakonec podaří realizovat v plné šíři – ale stejně tak je pravděpodobné, že se dočkáme alespoň některých z nich. (V rozpočtovém roce 2009 NASA počítá se zahájením vývoje buď sondy Europa Explorer nebo Titan Explorer.)

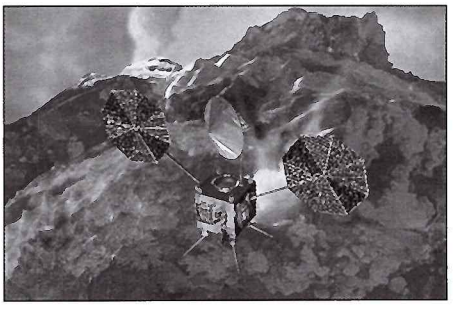
Každopádně se máme nač těšit.

TOMÁŠ PŘIBYL
Foto NASA a archiv autora

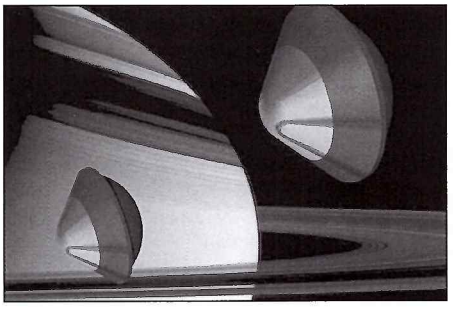
Stanice South Pole Aitken Basin má získat vzorky hornin z jižního lunárního pólu.

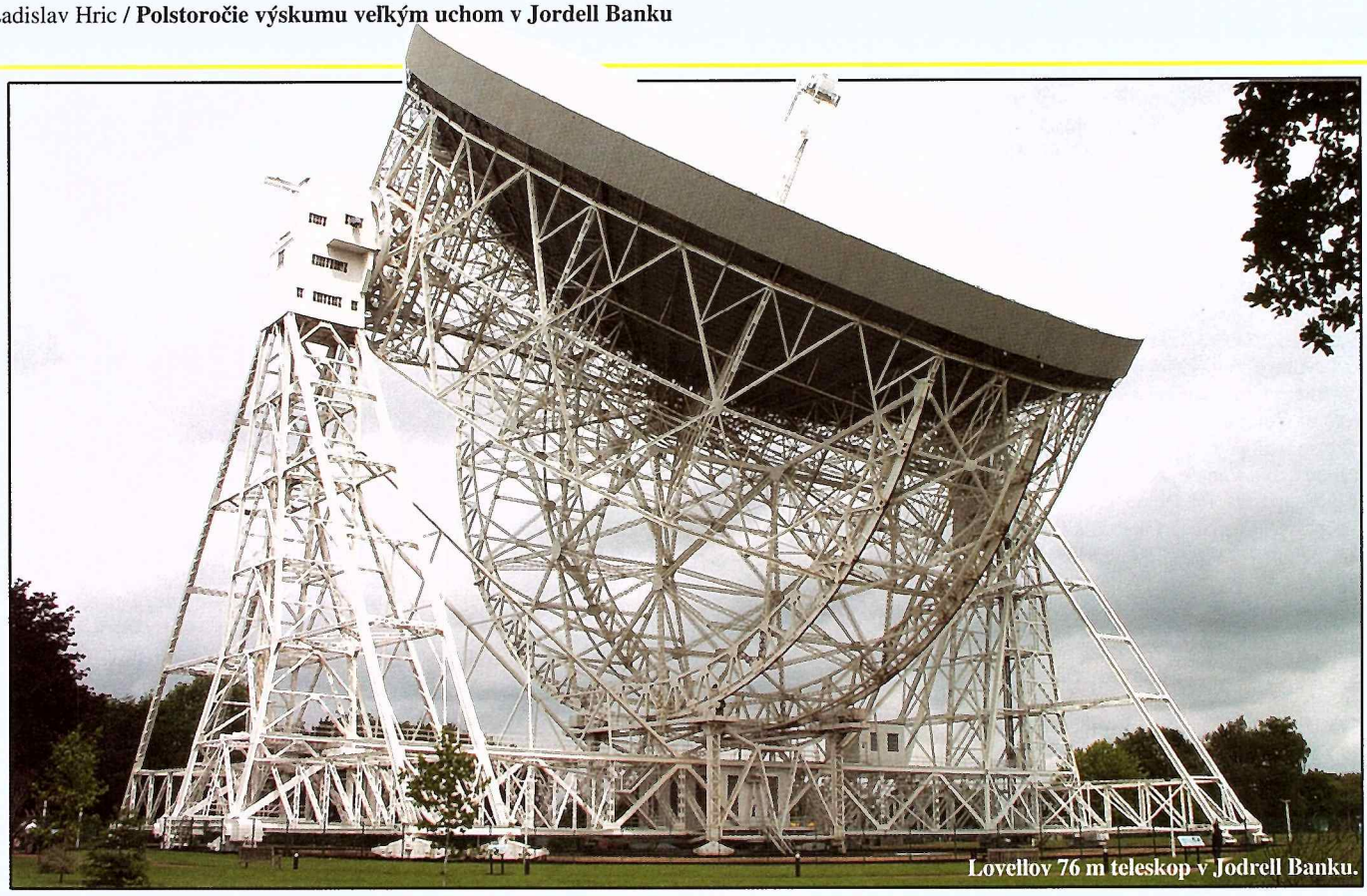


Takto nějak by mohla vypadat sonda Comet Surface Sample Return, která má na Zemi dopravit vzorky kometárního jádra.



K planetě Saturn se blíží moduly mající za úkol proniknout do její atmosféry (mise Saturn Flyby and Shallow Probes).





Lovellov 76 m teleskop v Jodrell Banku.

Veľké ucho

V ohnisku obrovskej parabolickej antény.

Iba malá tabuľka s kresbou rádioteleskopu ukazovala smer, ktorým bolo treba pokračovať z hlavnej cesty A535 z Macclesfieldu na Holmes Chapel, aby sa návštevníci dostali k obrej parabolickej anténe v Jodrell Banku. Cesta sa postupne zužovala, pričom obchádzala mohutné stromy a nakoniec skončila na veľkom parkovisku, kde už bolo zoradených niekoľko desiatok áut. Konečne sme ho zazreli v plnej kráse – Lovellov rádioteleskop. S priemerom antény 76,2 m je tretím najväčším plne otočným rádioteleskopom na svete. Každý víkend príde do návštevníckeho centra niekoľko desiatok až stoviek záujemcov, aby sa oboznámili s prácou rádioastronómov. Nás čakal Tim O'Brien – stelárnik, ktorý sa zaoberá kataklizmatickými premennými hviezdami. Vďaka nemu sme sa samozrejme dostali aj do „trinástej komnaty teleskopu", kam návštevníkov nepúšťajú.

Rádioastronomické observatórium v Jodrell Banku je časťou centra pre astrofyziku a patrí pod Univerzitu v Manchestri. Jodrell Bank sa nachádza v kraji Cheshire v severozápadnom Anglicku. Univerzita začala vykonávať na tomto mieste akademické aktivity od roku 1939, keď zakúpila pozemky pre botanickú záhradu. Zakladateľom rádioastronómie na tomto pozemku bol prof. a neskôr Sir Bernard Lovell. Hneď po druhej svetovej vojne od roku 1945 začal pomocou vojenských radarov skúmať kozmické žiarenie. Druhým predmetom jeho záujmu boli meteory a už 14. decembra 1945 registroval pomocou radaru maximum roja Geminíd. Veľkým krokom v technickom rozvoji rádioastronomických prístrojov bolo vybudovanie 66 m parabolickej antény v roku 1947. Táto anténa fungovala ako tranzitný teleskop, ktorý mohol mapovať 30 stupňov široký pás oblohy v okolí zenitu na frekvenciách 72 a 160 MHz s rozlíšením jedného stupňa. V tej dobe to bol najväčší rádioteleskop na svete a ako prvý detegoval extragalaktický rádiový zdroj – rádiový šum z veľkej hmloviny v Andromédе. Tiež objavil pozostatky po výbuchu Tychovej supernovy, keď ešte nebola objavená opticky.

Svetovú slávu priniesol observatóriu až rádioteleskop Mark I (MKI), ktorý sa dnes nazýva Lovellov teleskop. V tej dobe, keď bol dokončený v druhej polovici roka 1957, to bol najväčší otočný rádioteleskop na svete. Pár dní po svojom dokončení dostal veľmi zvláštnu úlohu, ktorá bola charakteristická pre danú dobu, ale bola aj náhodnou zhodou okolností. Pohyb obrovskej antény bol prvýkrát riadený počítačom

Šepkajúci pokus.

1. októbra 1957, ale technické a finančné problémy stále ohrozovali projekt teleskopu. To už ale zostávalo len pár dní do úsvitu kozmickej éry, ktorá bola spustená v čase železnej opony a studenej vojny medzi Východom a Západom vo vtedajšom Sovietskom zväze 12. októbra 1957 vypustením Sputnika 1 na obežnú dráhu okolo Zeme. Obrovský rádioteleskop bol v tom čase jediným zariadením na Zemi, ktoré mohlo sledovať pohyb nosných rakiet, ktoré neskôr vynášali najrôznejšie sondy do kozmického priestoru. Teleskop samozrejme nepočúval pípanie Sputnika 1 na frekvenciách 20 a 40 Mhz, nakoľko toto bolo možné zachytiť aj veľmi jednoduchými prístrojmi. Teleskop v Jodrell Banku bol však schopný sledovať odrazený rádiový signál od nosnej rakety, teda detegovať aj jej polohu a čas zániku v atmosfére. Tieto možnosti priniesli pre observatórium veľké finančné prostriedky, z ktorých časť mohla byť využitá aj pre rozvoj astrofyzikálneho výskumu.

Preteky v kozmonautike medzi Ruskom a Amerikou však pokračovali zrýchľujúcim sa tempom a teleskop v Jodrell Banku a samozrejme jeho špecialisti mali plné ruky práce so sledovaním ďalších a ďalších kozmických projektov. Teleskop sledoval aj vypustenie Sputnika 2, ku ktorému došlo 3. novembra 1957 s Lajkou na palube. Toto prinieslo teleskopu veľkú slávu a samozrejme, že jeho pozoruhodné technické možnosti zaujali aj armádu. Teleskop mohol byť použitý ako varovný systém pred letiacimi strelami, ktoré dokázal identifikovať na veľké vzdialenosti. Sovieti dokonca posielali do Jodrell Banku všetky informácie o vysielacích frekvenciách na svojich budúcich sondách, aby bolo možné potvrdiť ich úspechy v kozme aj za železnou oponou. Napriek tomu sa stala kuriózna príhoda, ktorá na dlhé roky poznamenala preteky

Teleskop v pohybe.

v dobývaní kozmu. 2. 1. 1959 bola v Sovietskom zväze vypustená sonda Luna 1, ktorá ako prvá preletela okolo Mesiaca. Vysielanie tejto sondy sa nepodarilo spoľahlivo detegovať, preto mnohé kruhy na západe začali pochybovať o tomto projekte a dokonca Lloyd Mallan vydal knihu: „Veľká červená lož", ktorá prinášala dôkazy o tom, že Luna 1 alebo Lunik, ako sa sonda nazývala, bol len vymyslený podvod. Sovieti preto poslali do Jodrell Banku podrobné inštrukcie, ako je možné pozorovať ich druhú sondu k Mesiacu, aby bol ich úspech nezávisle potvrdený. Luna 2 bola vypustená 12. 9. 1959 a na druhý deň zasiahla Mesiac. Jodrell Bank poskytol vedecké potvrdenie, že Luna 2 skutočne dosiahla Mesiac. Rusi potom ešte dlhé roky posielali do Jodrell Banku potrebné informácie o svojich kozmických telesách, aby bolo možné úspešné lety nezávisle verifikovať. Existuje množstvo príbehov o tom, ako bolo dokonca potrebné vyslať signál z Jodrell Banku na sovietsku sondu, aby vykonala potrebné inštrukcie. V roku 1966 napr. teleskop sledoval Lunu 9, ktorá pristála na Mesiaci a fotografie, ktoré vyslala na Zem boli skôr publikované v Britských novinách ako ich sami sovieti sprístupnili na verejnosti.

Pre astronómov je však zaujímavejšie spomenúť vedecké zameranie observatória. Aj v tomto smere získalo observatórium pozoruhodné svetové prvenstvá. Od roku 1958 sa robili pokusy s prenosnými anténami s priemerom necelých 8 m. Tieto antény sa umiestňovali do stále väčšej vzdialenosti od teleskopu MKI. Ich signál z rádiového zdroja sa prenášal mikrovlnným rádiovým kanálom do Jodrell Banku, kde sa kombinoval so signálom toho istého zdroja, ktorý však získaval teleskop MKI. Takto bola realizovaná metóda rádiovej interferometrie. Pomocou nej boli objavené rádiové zdroje, ktoré mali po-

zoruhodne malé uhlové rozmery, dokonca také malé, že ich obrazy na fotografickej platni sa javili ako hviezdy. Ďalšie úsilie bolo venované na presnú lokalizáciu týchto objektov a následne na získanie ich spektier, ktoré nevyzerali ako spektrá známych hviezd alebo galaxií. Na určitú dobu sa tieto objekty stali veľkou astrofyzikálnou záhadou. Konečne sa zistilo, že tajuplný vzhľad spektier je spôsobený ich veľkým červeným posunom a bolo teda dokázané, že pozorované objekty sú v kozmologických vzdialenostiach. Tieto objekty boli pomenované ako kvázistelárne rádiové zdroje, čiže hviezdam sa podobajúce a dnes sú všeobecne známe pod skráteným názvom – kvazary.

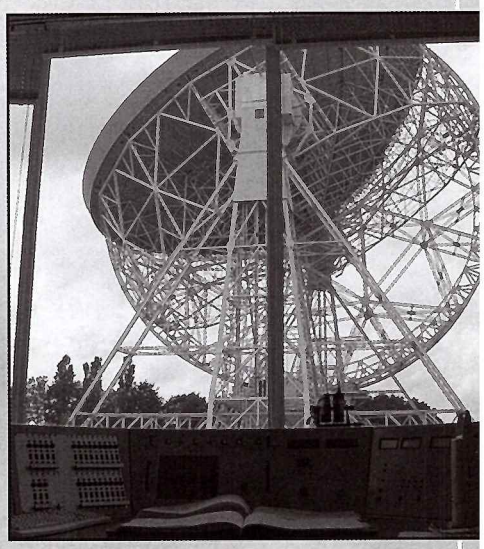
Observatórium v Jodrell Banku však po tomto úspechu pokračovalo v rozvoji interferometrie a už v roku 1973 Henry Palmer predložil návrh na rozšírenie interferometrickej siete o ďalšie antény na území Británie. Celkove bolo do systému zapojených 7 veľkých rádioteleskopov, ktoré sú lokalizované na *hornom obrázku na strane 22*. Tento systém dostal pôvodný názov MTRLI (z angl. Multi.Telescope Radio Linked Interferometer), čo by sa dalo preložiť ako Mnohoanténový spojený rádiový interferometer. Celý systém začal pracovať v roku 1980, pričom najväčšia základňa má vzdialenosť 217 km. Pracoval na frekvenciách 408 MHz, 1666 MHz a 5 GHz s najlepším rozlíšením 80 tisícin oblúkovej sekundy (0,08 arcsec). V roku 1990 bol systém vylepšený a premenovaný na MERLIN. Jeho rozlišovacia schopnosť dosiahla 0,04 arcsec, čo je porovnateľné s HST. Jodrell Bank je zahrnutý aj do ešte dokonalejšej interferometrickej siete VLBI (z angl. Very Long Baseline Interferometry), čo je vlastne interferometria na veľmi dlhej základni. Prvá transatlantická interferometria bola vyskúšaná v roku 1968 a rozlíšenie v takejto sieti dosahuje až 0,001 arcsec. Posledný dátum, ktorý musíme spomenúť, bol 1. august 1972. Vtedy sa síce v Jodrell Banku nestalo nič zvláštne, no vývoj nezastavíš a práve v tento deň prišiel o svoje svetové prvenstvo, lebo do prevádzky bol uvedený ešte väčší rádioteleskop s priemerom parabolickej antény až rovných 100 m. Stalo sa tak v nemeckom Effelsbergu pri Bonne, ale o tom si povieme niekedy nabudúce.

Astrofyzikálny výskum v Jodrell Banku sa aj v súčasnosti zameriava na štúdium pulzarov, kozmického reliktového žiarenia, gravitačných šošoviek, aktívnych galaxií a astrofyzikálnych maserov. Časť úsilia sa venuje štúdiu vzniku a vývoja hviezd, skúmaniu planetárnych hmlovín a astrochémii.

Jodrell Bank nie je len vedeckým ústavom, či profesionálnym observatóriom. Prichádzajú sem tisíce návštevníkov a astronómovia v Jodrell Banku venujú veľkú pozornosť vysvetľovaniu, demonštrovaniu a popularizovaniu metód a výsledkov v rámci rádioastronómie. V parku pod Lovellovým rádioteleskopom je inštalovaných niekoľko fyzikálnych pokusov a názorných pomôcok, ktoré približujú význam obrovskej antény a v návštevníckom centre je výstava a kinosála, kde sa premieta množstvo zaujímavých filmov a audiovizuálnych programov.

Keď som navštívil Jodrell Bank pocítil som ešte jeden jeho neopakovateľný význam. Aj keď vieme a už malých žiakov učíme, že naša planéta nemá koniec, nemá okraj, nemôžeme cestovať niekam a ďalej už nie. A žiaci vedia, že to je preto, lebo naša Zem je guľatá. Potvrdili to moreplavci, keď oboplávali Zem, a napriek tomu v Jodrell Banku to neplatí. Tu sa končí naša pozemská skúsenosť a otvára sa brána do obrovských bezodných priestorov vesmíru v ktorom sa naša obrovská, krásna a rozmanitá planéta stáva len zrnkom prachu. Aj toto sa dá pochopiť pod obrovským vesmírnym uchom.

Dr. LADISLAV HRIC,
Astronomický ústav SAV



Pohľad na Lovellov teleskop z riadiacej miestnosti.

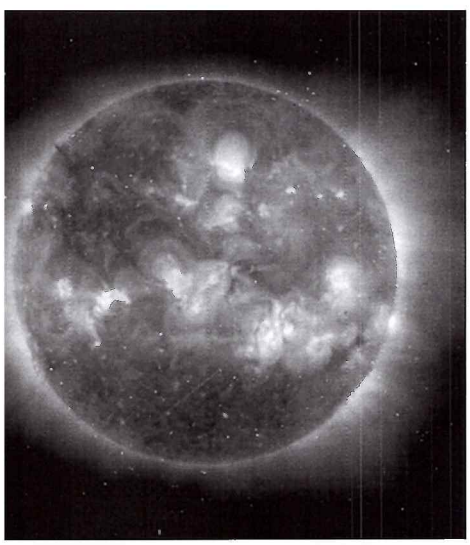
MKII Cassegrain teleskop s rozmermi 38,1×25,4 m v prevádzke od r. 1964.

Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci

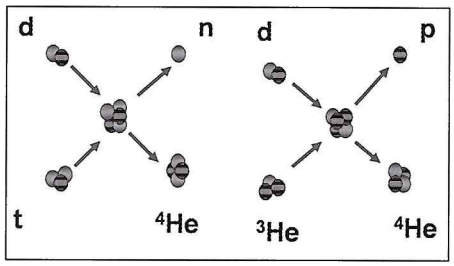
III. Termojaderné zdroje

Projekty využití termojaderných zdrojů jsou zatím pouze na papíře. Využití termojaderné energie je velice dobře vyřešeno v přírodě, kde jsou jejím zdrojem hvězdy, a tedy i naše Slunce. Připravit však takový zdroj uměle se nám zatím nedaří. Základní rozdíl mezi přírodním a umělým zdrojem je v jeho velikosti. Náš umělý zdroj nemůže mít tak velký objem jako hvězda. Hvězda je obrovská, obsahuje obrovské množství vodíku. Navíc díky gravitační síle je v jejím nitru velmi vysoká hustota. Díky tomu probíhá ve hvězdě dostatečný počet reakcí, které vedou ke sloučení jader vodíku, i když je jejich pravděpodobnost jen velmi malá. Jádra mají totiž kladný náboj a při vzájemném přibližování jsou odpuzována značnou elektrickou silou. Aby došlo k jaderné reakci, musí se jádra k sobě přiblížit na vzdálenost, která je dána dosahem silné jaderné interakce, což je přibližně dáno rozměrem jader. Pro proton (jádro vodíku) je tato coulombovská bariéra 0,1 MeV. Tím je dána i kinetická energie, která je potřebná k překonání této bariery. Aby byla střední kinetická energie iontů vodíkové plazmy této hodnoty, je třeba teplotu 10^9 °C. Díky kvantové fyzice může dojít k fúzi i pro kinetické energie menší než jsou potřebné k překonání coulombovské bariery pomocí kvantového tunelování. Navíc kinetická energie částic plazmy s danou teplotou je ve velmi širokém rozmezí a malá část z nich má i velmi vysokou kinetickou energii. Tyto jevy umožňují jaderné reakce i v případě nitra Slunce.

Pro dosažení termojaderné reakce na Zemi můžeme využít jen daleko menší objemy a tak musíme dosáhnout co nejvyšší hustoty a teploty. Pro energetické využití je potřeba, aby poměr mezi velikostmi energie, která vzniká při termojaderné reakci, a energie, kterou je třeba dodávat na ohřev plazmy, byl alespoň vyrovnaný. Čím



Obr. 20. **V přírodě probíhá jaderná fúze ve hvězdách. Snímek Slunce pořízený sondou SOHO.** (Zdroj NASA)



Obr. 21. **Vhodné termojaderné reakce.**

více přesahuje jedničku tím lépe. Jestliže reálně chceme získat z termojaderné reakce více energie než se spotřebuje na ohřev plazmy, je třeba splnit tzv. **Lawsonovo kriterium**. Lawsonovo kriterium je součin hustoty plazmy a doby, po kterou ji dokážeme udržet při teplotě, která je nutná pro průběh daného typu reakce. Hodnota je okolo 10^{21} s/kgm^3 při teplotě 10^8 – 10^9 °C pro reakci deuteria s tritiem.

Srovnejme si dosažené teploty a hustoty v pozemských zařízeních s těmi, které panují v nitru Slunce. U Slunce je teplota v nitru jen okolo deseti milionů °C. Hustota plazmy je tam však okolo 130 000 kg m^{-3}. V pozemských termonukleárních zařízeních se sice dosahuje teplota více než o řád vyšší, ale hustota je naopak o dvanáct řádů menší.

Vhodné jaderné reakce

Také je třeba využít jiné reakce, které jsou při dosažitelných teplotách pravděpodobnější než proton – protonový cyklus, který probíhá ve hvězdách. Do úvahy přicházejí dvě možné reakce, *viz obr. 21.*

První je **reakce deuteria a tritia**. Při této reakci dochází ke slučování jader deuteria a tritia za vzniku neutronu a izotopu helia. Uvolňuje se energie 17,6 MeV, která se rozděluje mezi vznikající částice v poměru nepřímo úměrném jejich hmotnosti. Neutron tedy odnáší zhruba čtyřikrát více energie. Výhodou této reakce je, že má z vhodných reakcí daleko největší pravděpodobnost při nejnižší teplotě. Pro spuštění řízené termojaderné reakce stačí v tomto případě teplota okolo 50 milionů stupňů. Nevýhodou je radioaktivita tritia (s poločasem rozpadu 12,3 let se rozpadá na ^{3}He) a nutnost ochrany před silným neutronovým polem, které při použití této reakce vzniká. Při dlouhodobém letu by docházelo k výraznému úbytku zásob tritia právě vinou jeho rozpadu. Tritium se vyskytuje v jistém množství na Zemi. Vzniká totiž neustále v interakci kosmického záření v atmosféře a vázáním tritia v molekulách vody. Přirozeně vznikající tritium se však díky své krátké době života nestíhá kumulovat v takovém množství, aby to bylo dostatečné pro jeho ekonomické získávání. Tritium se však dá poměrně snadno produkovat pomocí jaderných reaktorů, které jsou intenzivním zdrojem neutronů. Může se využít záchyt neutronu na deuteriu v těžké vodě nebo reakce neutronů s jádry lithia. Právě ozařováním přírodního lithia, kterého je na Zemi dostatek, neutrony se v současnosti většinou tritium získává. V přírodě existují dva izotopy lithia (^{6}Li a ^{7}Li) a oba v reakcích s neutrony tritium produkují. Jako zdroj neutronů pro produkci tritia lze využívat i jaderný fúzní reaktor využívající reakci deuteria a tritia.

Druhou možností pak je reakce **deuteria a helia tři,** při níž se uvolňuje energie 18,4 MeV. Výhodou je snadnější ochrana před protony a to, že helium tři je stabilní. Pro kosmické lety je tak tato varianta daleko výhodnější i z toho hlediska, že všechny produkty jsou nabité částice a jejich dráhu je možno ovlivňovat pomocí magnetického pole. Nevýhodou je větší potřebná teplota pro zapálení reakce. Hélium je ve vesmíru druhým nejčastějším prvkem. Množství izotopu ^{3}He je sice pouze okolo 0,03 %, ale i to znamená, že je ho daleko více než třeba síry. Problém je, že helium je inertní a velmi lehký plyn, a tak je velký problém ho udržet na planetách zemského typu. Na Zemi se tak ^{3}He vyskytuje jen v mizivém množství a není zde přírodní zdroj, který by umožňoval získávat tento izotop helia pro ekonomické využití. Jeho produkce v rozpadu tritia, které by se získávalo pomocí záchytu neutronů, sebou nese problémy s vysokou radioaktivitou. Je však možné, že by se využitelné zásoby tohoto izotopu vyskytovaly na Měsíci. Tam by pocházely ze slunečního větru, který se díky neexistenci atmosféry a magnetického pole dostane až na měsíční povrch a helium by se tam mohlo ukládat. Velice lákavé jsou tak úvahy o jeho získávání pro potřeby termojaderné fúze nejen ve vesmíru, ale i na Zemi. Díky silnému gravitačnímu poli mají velké planety Jupiterova typu zásoby milionů tun helia 3. Jejich případné využití je však otázkou velmi vzdálené budoucnosti.

V principu by se dalo využívat i reakce deuteria s deuteriem, ale v tomto případě by byly třeba téměř o řád větší teploty než je potřeba k řízené termojaderné reakci tritia a deuteria. Navíc je pravděpodobnost reakce ještě menší než v předchozím případě a uvolňuje se méně energie. Proto se zatím o této reakci příliš neuvažuje.

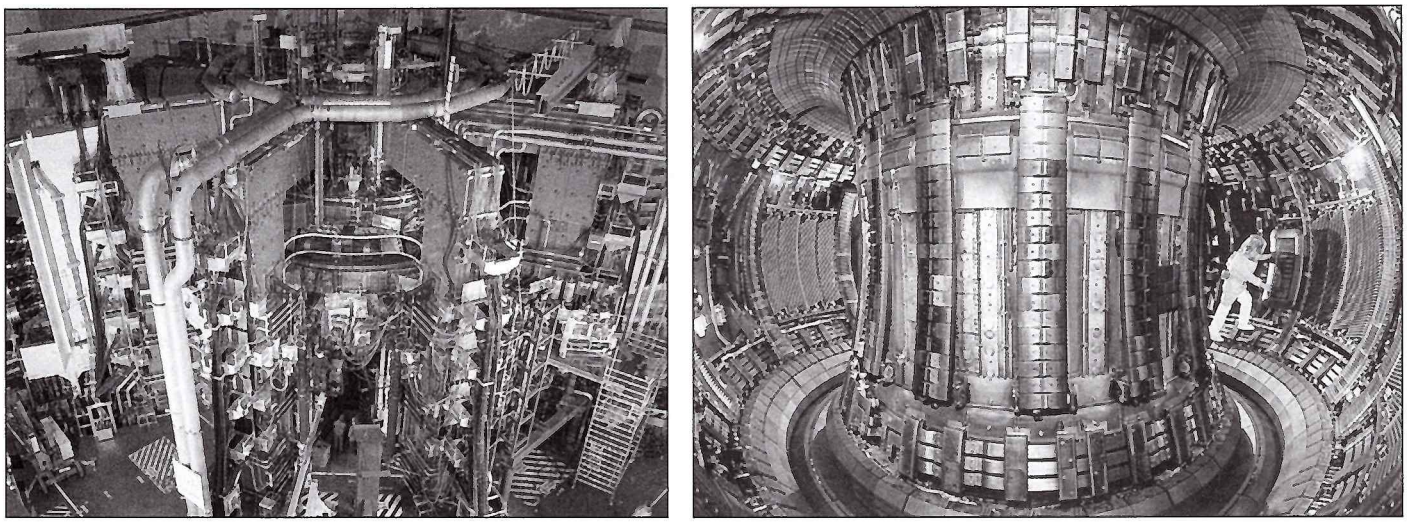
Deuteria, které je potřebné pro obě zmíněné reakce, je velké množství ve světových oceánech i jinde ve vesmíru.

Snaha o řízenou termojadernou fúzi na Zemi

Zatímco neřízená termojaderná reakce se v podobě termojaderné vodíkové bomby podařila uskutečnit už krátce po druhé světové válce, o ovládnutí termojaderné reakce se bez konečného úspěchu snažíme už více jak půlstoletí. V termojaderné bombě je zažehnutí termojaderné reakce dosaženo pomocí exploze klasické jaderné bomby.

Dosažení zapálení termojaderné reakce v řízené podobě je mnohem náročnější. Existují v principu dva hlavní způsoby. První možností pro zapálení fúzní reakce je využít prudké stlačení a ohřátí drobných kapiček paliva pomocí pulsů fotonů z vysoce výkonných laserů nebo částic z urychlovačů. Tento způsob se označuje také jako inerciální způsob udržení plazmy. Tato metoda se snaží splnit Lawsonovo kriterium pomocí velmi vysokých hustot plazmatu okolo 10^{31} kgm^{-3} a relativně velmi krátkého udržení těchto hustot řádově 10^{-10} s.

Další možností je ohřátí plazmatu, které je



Obr. 22. **Dosud největší zařízení typu tokamak je evropské zařízení JET. Vlevo pohled zvně a vpravo pohled zevnitř.** (Zdroj EFDA)

drženo v magnetické pasti, pomocí elektromagnetického pole. V tomto případě je snaha o získání menších hustot okolo 10^{21} kgm^{-3} ale po relativně dlouhou dobu v řádu sekund, což umožní splnit Lawsonovo kriterium. Existuje řada možných variant magnetických pastí. Z nich se zatím jako nejperspektivnější jeví magnetická past, která se nazývá tokamak[27]. Jedná se o prstencovou komoru se silným vakuem, ve které je pomocí toroidálního magnetického pole uzavřeno plazma. Samotné zařízení je vlastně velký transformátor, který indukuje proud v plazmatu v toroidu a ten plazma ohřeje na velmi vysokou teplotu (okolo 100 milionů stupňů). Pro dosažení vyšších teplot se používá ještě další doplňkový ohřev. Dosažitelná hustota plazmatu je dána maximální možnou intenzitou magnetického pole. Ta se v současnosti u supravodivých magnetů pohybuje okolo 10 T. Magnetické pole udržuje plazma v dostatečné vzdálenosti od stěn a chrání je tak před vysokou teplotou.

Zatím největší pracující zařízení tohoto druhu je evropský JET[28]. Uveďme si parametry tohoto zařízení. Poloměr toroidu je 3 m, objem plazmatu 155 m^3, proud v plazmatu 5–7 MA, magnetické pole 3,4 T, délka pulsu 10 s, termojaderný výkon 10 MW a poměr mezi tímto výkonem a tím, který je třeba na ohřev plazmy se již blíží jedničce.

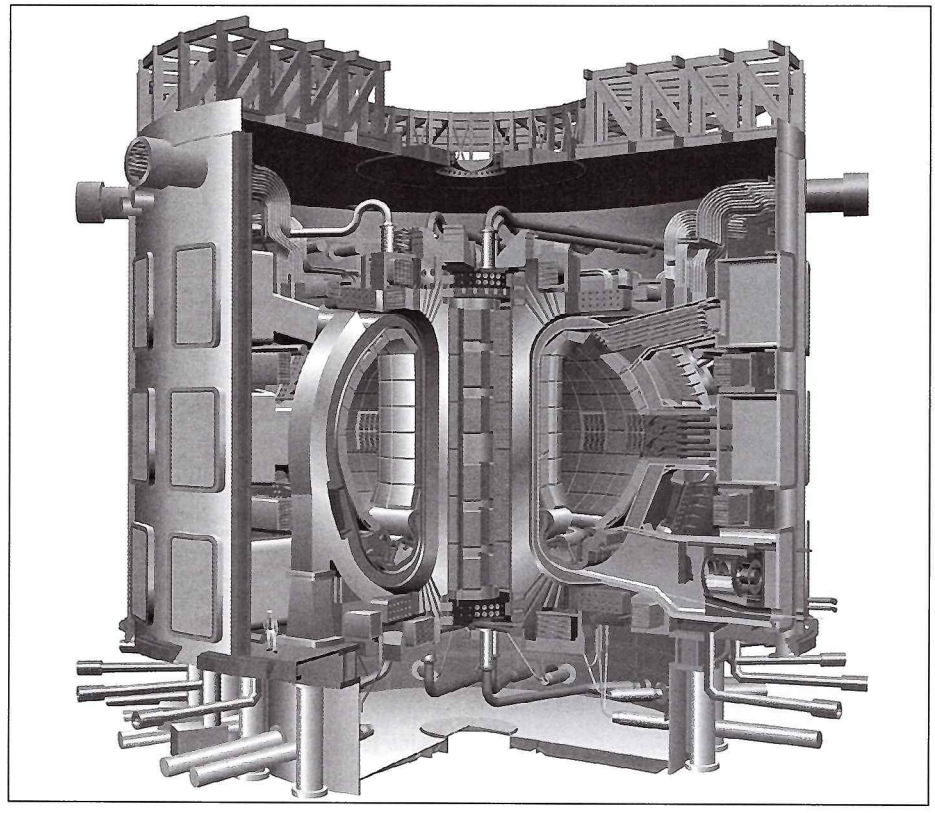
Nedávno bylo konečně rozhodnuto, že se postaví nový největší tokamak v jihofrancouzském městě Cadarche. Mezinárodní projekt s názvem ITER patří k těm finančně nejnáročnějším vědeckým projektům a měl by už být prvním funkčním prototypem zařízení, které je schopno produkovat více termojaderné energie než je potřeba na ohřev plazmatu. Parametry tohoto záření by měly být daleko větší než u předchozích. Poloměr toroidu je 6,2 m, objem plazmatu 837 m^3, proud v plazmatu 15 MA, magnetické pole 5,3 T, délka pulsu větší než 300 s, termojaderný výkon 500 MW a poměr mezi tímto výkonem a tím, který je třeba na ohřev plazmy by měl být větší než 10. Výkon zařízení ITER je už blízký výkonu větší elektrárny a celá konstrukce už je blízká podobě budoucích komerčních termojaderných elektráren. S výstavbou by se mělo začít v roce 2009 a dokončení se očekává v roce 2016. Během svého dvacetiletého provozu by pak mělo zařízení otestovat všechny potřebné technologie spojené se samotnou termojadernou fúzí a jejím využitím i s produkcí tritia v takovém zařízení. Mělo by ukázat možnost využití termojaderné reakce pro výrobu energie a následujícím krokem by už měla být stavba opravdové termojaderné elektrárny.

Ve světě pracují pracoviště i s jinými variantami magnetických pastí. I v jejich vývoji se nadále pokračuje. I když bude totiž první funkční termojaderný reaktor realizován v podobě tokamaku, může se později jiná varianta ukázat jako výhodnější a efektivnější.

Je vidět, že jedním ze základních problémů je udržení co nejteplejšího a nejhustšího plazmatu, a to je primárně závislé na naší schopnosti dosáhnout co nejintenzivnějších magnetických polí. To je spojeno s využitím supravodivých magnetů a dokud se nám nepodaří dostatečně masivní a efektivní zavedení vysokoteplotní supravodivosti i s nutností použití chlazení na základě tekutého helia. I to je jeden z důvodů, proč musí být termojaderné zdroje tak velké a vyplatí se jen při vysokých požadavcích na výkon zdroje. A to platí pochopitelně i pro jejich vesmírné využití. Kvalitativní skok v možnosti využití termojaderné energie by mohl nastat právě díky pokroku v oblasti vysokoteplotních supravodičů. Průmyslově využitelné supravodiče už v oblasti teplot tekutého dusíku (–196 °C) nebo dokonce pokojových teplot by mohly znamenat radikální zlom.

Termojaderná fúze na vesmírných lodích

Pokud se zvládne termojaderná fúze k výrobě elektrické energie v pozemských podmínkách, budeme moci vesmírné zdroje řešit podobným způsobem. Před jejím přímým uplatnění pro po-



Obr. 23. **Schéma budoucího termojaderného zařízení ITER.** (Zdroj ITER)

hon kosmických lodí však bude třeba vyřešit řadu dalších problémů. Jedním z nejdůležitějších bude vyřešení problému směrování vznikající plazmy pro produkci potřebného tahu. Dalším bude získání a skladování paliva.

Jak již bylo zmíněno, tritium je nestabilní, takže pro dlouhodobé lety se nehodí. Předpokládá se dále, že směrování vznikajících částic bude dosaženo pomocí silného magnetického pole. I z tohoto důvodu je reakce tritia s deuteriem méně výhodná. Vznikají při ní totiž neutrální neutrony, které magnetické pole nemůže ovlivnit. Jako vhodnější se tedy pro pohon vesmírných lodí předpokládá využití reakce helia 3 a deuteria. Výběr možné varianty paliva mohou ovlivnit i chemické vlastnosti a to, že ke zkapalnění helia potřebujeme daleko nižší teploty.

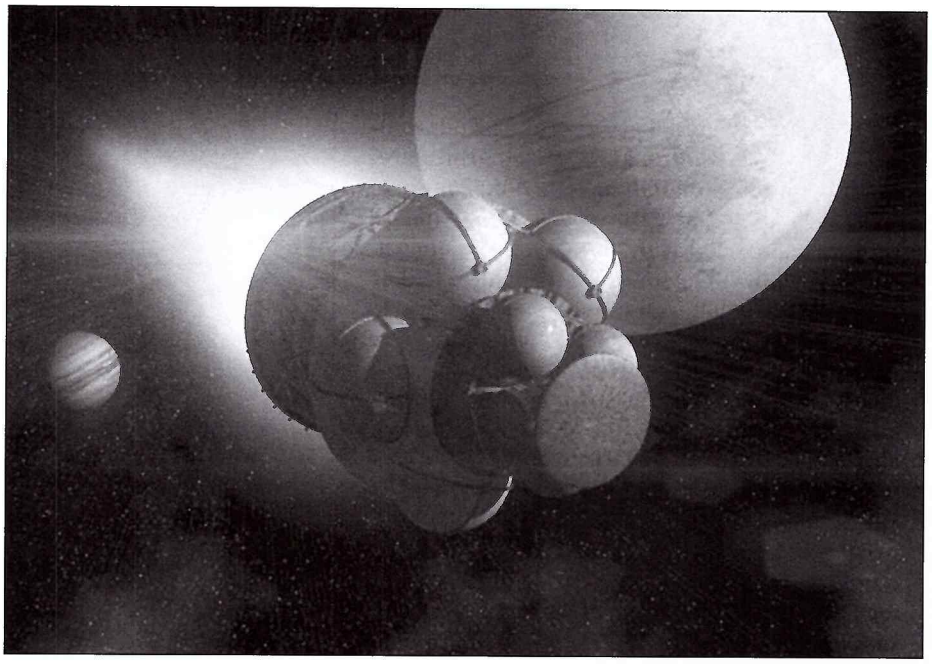
Také u termojaderného pohonu kosmických lodí existují dvě možné varianty. V případě pulsních pohonných systémů, kdy je fúze dosaženo pomocí silných laserových nebo elektronových či iontových pulsů (urychlených urychlovači), se do reaktoru vstřelují miniaturní kapsle obsahující palivo. Ty se octnou v ohnisku pulsů a jsou velmi silně stlačeny a zahřáty. Proběhnou termojaderné reakce a vzniklé plazma je pomocí silných elektromagnetických polí směrováno tryskou ven. V tomto případě jsou výtokové rychlosti dány rychlostmi, které získávají produkty termonukleární reakce a mohou dosahovat hodnoty i několika desítek tisíc km/s (dosahují hodnoty okolo deseti procent rychlosti světla). Tyto motory tak již mohou splňovat zmíněná kriteria potřebná pro lety za hranice Sluneční soustavy.

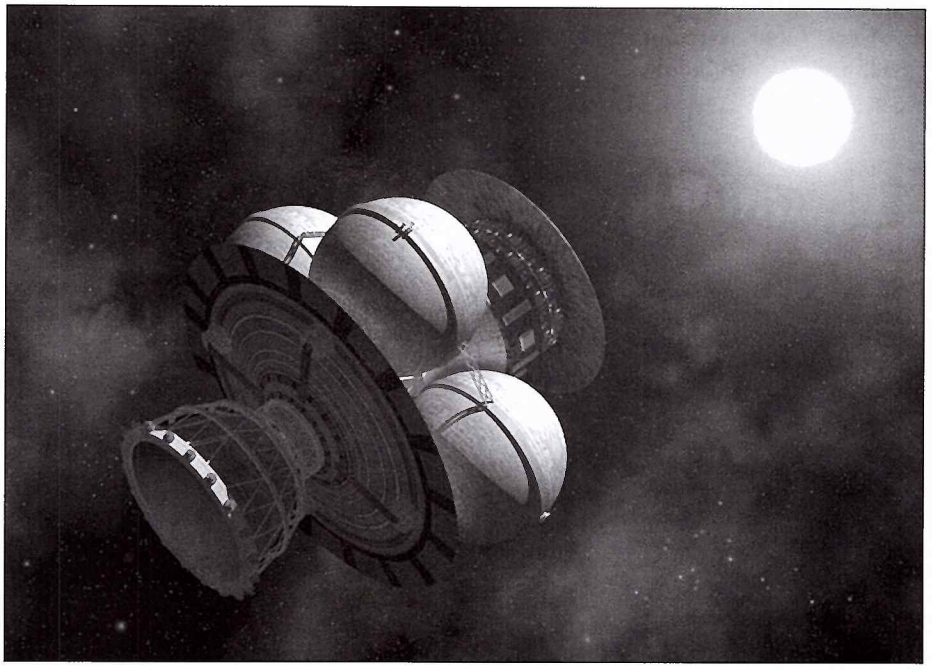
Příkladem studie takového systému je projekt Daedalus vypracovaný v letech 1973 – 78 skupinou vědců a inženýrů z Britské meziplanetární společnosti. Zadáním bylo dopravit automatickou výzkumnou loď k Barnardově hvězdě vzdálené 5,9 světelných let (okolo 370 000 AU) od Slunce. Jejich návrhem byla loď s pulsním termojaderným pohonem založeném na stlačení a ohřátí mikrokapslí složených ze směsy deuteria a ^{3}He pomocí svazků elektronů. Vznikají tak mikrojaderné exploze. Ty jsou pomocí silného magnetického pole lokalizovány do malého objemu a magnetické pole také nasměruje vzniklou horkou plazmu do trysky. Každou sekundu by explodovalo 250 kapslí. Pro loď by byla aplikována dvojstupňová koncepce a za čtyři roky urychlování by byla dosažena potřebná rychlost 12 % rychlosti světla. Celková hmotnost lodi se předpokládala 54 000 tun, hmotnost paliva 50 000 tun a hmotnost vědeckého nákladu 500 tun. Dosažení cíle by lodi trvalo zhruba čtyřicet let. Brždění u Barnardovy hvězdy se nepředpokládalo. Mezihvězdná loď by během průletu vystřelila pět sond s umělou inteligencí určených pro průzkum okolí hvězdy.

Kontinuální systémy mohou využívat magnetickou past, například systém podobný zařízení tokamak. Tam by docházelo k ohřevu plazmatu, zapálení termojaderné reakce a uvolnění energie. Svazek plazmatu by pak byl soustavou magnetických polí vyváděn tryskou ven.

V souvislosti s termojaderným pohonem kosmických lodí se někdy hovoří o využití tzv. Bussardových kolektorů. Jednalo by se o obrovský „trychtýř", který by v průběhu letu zachycoval vodík, který se v mezihvězdném prostoru vyskytuje. Zachycený vodík by pak sloužil jako palivo termojaderného pohonu. S realizací takové varianty jsou spojeny tři hlavní obtíže. Většina hmoty v mezihvězdném prostředí je tvořena vodíkem, ovšem její hustota je velmi malá. Kolektory by tak musely být obrovské a sbírání by bylo efektivní jen při velmi vysokých rychlostech kosmické lodi vůči této hmotě. Jen velmi malá část vodíku je tvořena deuteriem, takže by se muselo řešit, jak využít nejlehčí izotop vodíku. Tah motoru získávaný tímto způsobem by musel převyšovat sílu vyvíjenou odporem prostředí vznikající rychlým pohybem lodi s kolektorem v mezihvězdném prostředí. Tato možnost se tak jeví jako velmi těžko realizovatelná.

Zatím jsou všechny projekty využití termojaderné fúze pouze ve formě studií na papíře. Jejich reálné testy v kosmickém prostoru nelze čekat dříve než za čtyřicet let. Principiálně však není vidět žádná překážka, která by jejímu budoucímu využití bránila. Ať už se bude v budoucnu realizovat jakákoliv varianta termojaderných zdrojů energie či pohonu, bude se jednat o velké a těžké zařízení. Bude tak využíváno v případech letu na velmi velké vzdálenosti a při potřebách velkých výkonů v řádech tisícovek MW a více. Jako pohon by termojaderná fúze mohla zajistit výtokové rychlosti a výkony, které by mohly umožnit i mezihvězdné cestování. Výhodné by mohlo být i společné využití s jaderným štěpným reaktorem, který by zajišťoval teplo a elektřinu nejen pro přístroje ale také pro napájení termojaderného motoru.





Obr. 24. **Odlet vesmírné lodi Daedalus od Jupitera a jeho přílet k Barnardově šipce.**
(Zdroj Adrian Mann)

VLADIMÍR WAGNER

Pokračování

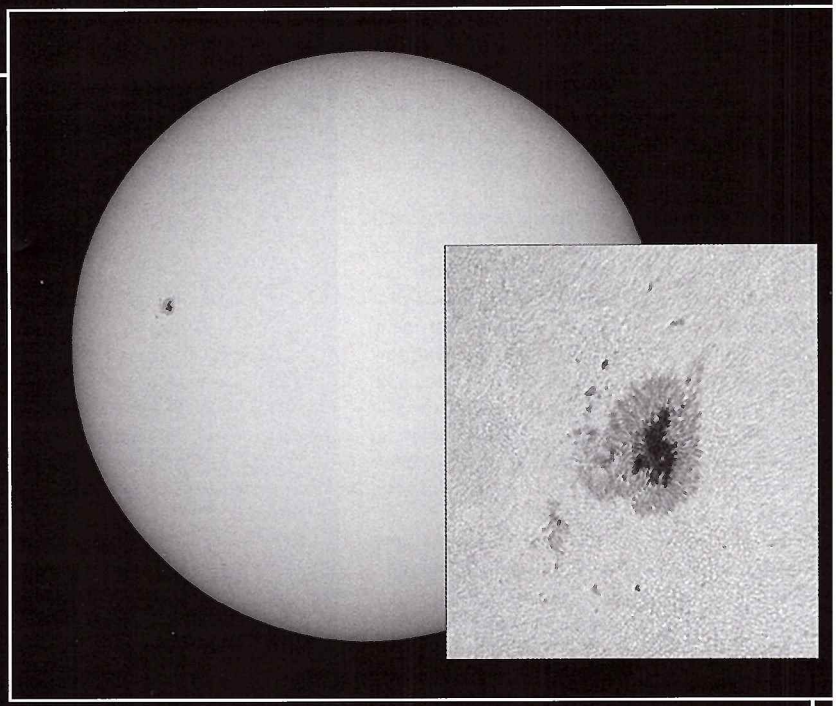
[27] TOKAMAK – TOroidnaja KAmera a MAgnetnyje Katuški.
[28] JET – Joint European Torus.

ASTROFOTO 2007

Zdá sa, že ére klasickej fotografie už odzvonilo. Náklady na kvalitnú klasickú fotografiu prevýšili náklady na digitálnu, čoho dôkazom je aj súťaž Astrofoto 2007. Do súťaže sa zapojilo 18 súťažiacich, pričom len 4 s klasickými fotografiami, s celkovým počtom 10 fotografií. Tieto už kvalitatívne nedokázali konkurovať digitálnym snímkam. Rozdelenie súťaže len na 2 kategórie sa zdá prinieslo svoje ovocie. Účastníci svoje práce jednoznačne rozdelili do tematických celkov, pričom porota v zložení Dušan Kalmančok, Eugen Gindl, Peter Dolinský a Pavol Rapavý už rozdelenie nemusela následne korigovať. Z dôvodu nižšieho počtu kategórií porota pristúpila k udeleniu 8 cien. V kategórii Astronomické snímky udelila 2 druhé ceny a v kategórii Variácie na tému obloha 2 tretie. Porota sa uzniesla, že štatút súťaže je vyhovujúci a zostáva platný aj pre budúci rok.

Účastníkom Astrofota 2008 želáme ostré oko, veľa dobrých nápadov a jasnú oblohu.

MARIÁN VIDOVENEC



Libor Šmíd: Slnečná škvrna NOAA0953. 28. 4. 2007, 8:27 UT. Newton 355/1600 mm, mimoosová clona priemer 140 mm, telekonvertor 4×, fotofólie Baader, fotoaparát Canon EOS 350D, expozícia 1/500 s, ISO 100. Slnko na pozadí: refraktor SW ED 80/600 mm, telekonvertor 2×, Canon 350D. Spracovanie RAW bez interpolácie Bayerovej masky, použitý len modrý kanál.

Podmienky súťaže Astrofoto 2008

Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove vyhlasuje 31. ročník súťaže Astrofoto. Súťaž je určená všetkým amatérom a profesionálom v oblasti astronómie. Všetky kategórie sú bez vekového ohraničenia. **Všetky snímky, digitálne aj klasické fotografie budú hodnotené spoločne.** Súťažné práce budú rozdelené do nasledovných tematických kategórií:

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

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

Upozornenie:

- do súťaže sa prijímajú snímky, ktoré sa zatiaľ nezúčastnili na žiadnej fotografickej súťaži, získané resp. urobené v čase od 1. januára 2008 do 31. decembra 2008;
- ku každej súťažnej práci musí byť priložený formulár, z ktorého jasne vyplynie, že práca a formulár patria k sebe. Formulár je uverejnený na strane 34 a možno ho stiahnuť aj z internetovej stránky: www.suh.sk;
- každý zarámovaný diapozitív označte v ľavom dolnom rohu (pri prehliadaní voľným okom) čiernou bodkou a vložte do osobitného vrecúška alebo obálky.
- digitálne zábery musia byť vo formáte JPG, TIF alebo BMP a musia mať pripojený súbor s požadovanými údajmi;
- každá súťažná práca musí byť označená tematickou kategóriou, ktorej sa autor s prácou zúčastňuje.

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

Počet prác: Každý autor môže do súťaže poslať 6 súťažných prác. Za súťažnú prácu sa považuje jednotlivá snímka alebo seriál. V seriáli môže byť maximálne 6 snímok. Každá snímka seriálu musí byť zreteľne označená názvom práce a poradovým číslom od 1 do max. 6 tak, aby bolo jednoznačné, že je súčasťou seriálu.

Ceny: Víťazné práce budú ocenené finančnými alebo vecnými cenami, a to za 1. miesto ekvivalent v hodnote 150 eur, za 2. miesto ekvivalent v hodnote 100 eur a za 3. miesto ekvivalent v hodnote 50 eur. Snímka roka, v prípade, že bude táto cena udelená, bude navyše ohodnotená prémiou ekvivalentu v hodnote 200 eur. Porota si vyhradzuje právo udeliť špeciálnu cenu pre autora do 18 rokov. Porota si tiež vyhradzuje právo neudeliť cenu.

Výsledky: Vyhodnotenie súťaže bude uverejnené v časopise Kozmos 3/2009. Ocenené fotografie sa stávajú majetkom vyhlasovateľa. Diapozitívy (aj ocenené) autorom vrátime po vyžiadaní. Vyhlasovateľ si vyhradzuje právo zhotoviť si kópie ocenených prác pre archív súťaže.

Pre zaradenie do súťaže je rozhodujúci dátum podania zásielky, najneskôr 31. 1. 2009.

Práce označené heslom ASTROFOTO posielajte na adresu:

Slovenská ústredná hvezdáreň
Komárňanská 134
947 01 Hurbanovo

Vyhodnotenie Astrofota 2007

1. Astronomické snímky

1. cena Vladana Šmídova: Súbor – hmloviny.

2. cena Peter Delinčák: Súbor.

2. cena Libor Šmíd: Súbor.

3. cena Marián Urbaník: Súbor – kométy.

2. Variácie na tému obloha

1. cena Roman Vaňúr: Seriál Halové javy, Seriál Oblaky.

2. cena Dalibor Hanžl: Seriál – C2006 P1. (Kometa storočia.)

3. cena Miroslav Znášik: Seriál – Nočné svietiace oblaky.

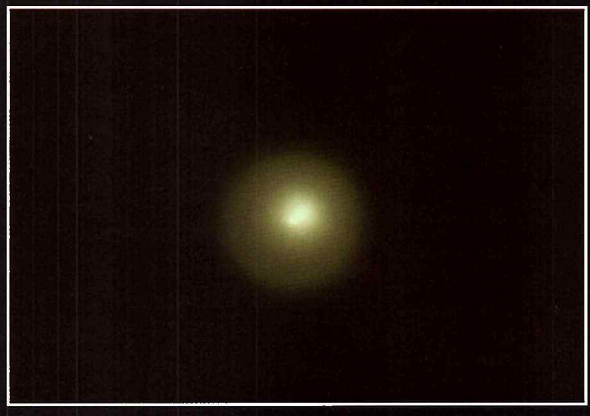
3. cena Martin Nekola: Snímka Krystalky a světlo. (Slnečný stĺp.)

Peter Delinčák: Kométa Holmes a jej premena. Obrázok vľavo: exponované 5. novembra 2007 o 23:05 SEČ – 5×1min + 5×2min. Obrázok vpravo: exponované 6. novembra 2007 o 2:40 SEČ – 5×8min. Newton 170/1150 + komakorektor MPCC, Canon 350D. Spriemerované zábery + úprava svetelných kriviek.

Marián Mičúch: Kométa Holmes. 10. 11. 2007, 120 sek., Newton 200/1000+komakorektor + Canon 350 D. Upravené programom ACDSee 9.

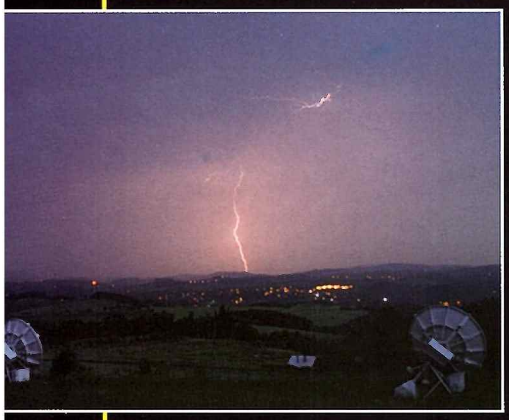
Libor Šmíd: Kométa 17P/Holmes. Dátum a čas expozície: 1. 11. 2007, 19:00 UT. Parametre použitých prístrojov: Newton 140/690 mm, fotoaparát Canon EOS 350D, expozícia 6×2min + 4×6min, ISO 200. Úpravy v programoch SubRaw, Registar, Photoshop.

Martin Nekola: Kométa 17/P Holmes. 5. 11. 2007, 21:44 SEČ. Konica Minolta Dynax 7D + refraktor D = 11cm f = 120cm, CCD. Odčítanie tmavej snímky, úprava škálovánia jasu.



Marian Urbaník: Holmes. Zo štyroch snímok vyberáme obr. s číslom 4. 27. 12. 2007, 21^h14^m SEČ, 6×30s, Zuiko 3,5-4,5/28-90, Tair 4,5/300, AD 800 – 54/800. Olympus-E1, Canon D-300.

Dalibor Hanžl: Kometárna premenná. Dátum a čas expozície: Obr. vľavo bol exponovaný 26. 10. 2007, 22^h58^m UT; obr. vpravo bol exponovaný 28. 11. 2007, 17^h50^m UT. Parametre použitých prístrojov: 0,25 m Newton (f = 1250 mm) pre snímku vľavo, 0,2 m Newton (f = 800 mm) pre snímku vpravo. Obe snímky boli zhotovené fotoaparátom Canon EOS 20D. Prvá snímka je súčtom dvoch 30-sekundových samostatných snímkov a je zobrazená v logaritmickej škále. Druhá snímka je súčtom piatich 240-sekundových expozícií. Bol registrovaný na kometárne jadro, preto se hviezdy javia mierne pretiahnuté vplivom vlastného pohybu kométy. Pri oboch snímkoch bol urobený štandardný postup redukcie na flat-field, dark frame, bias a vyváženie bielej.



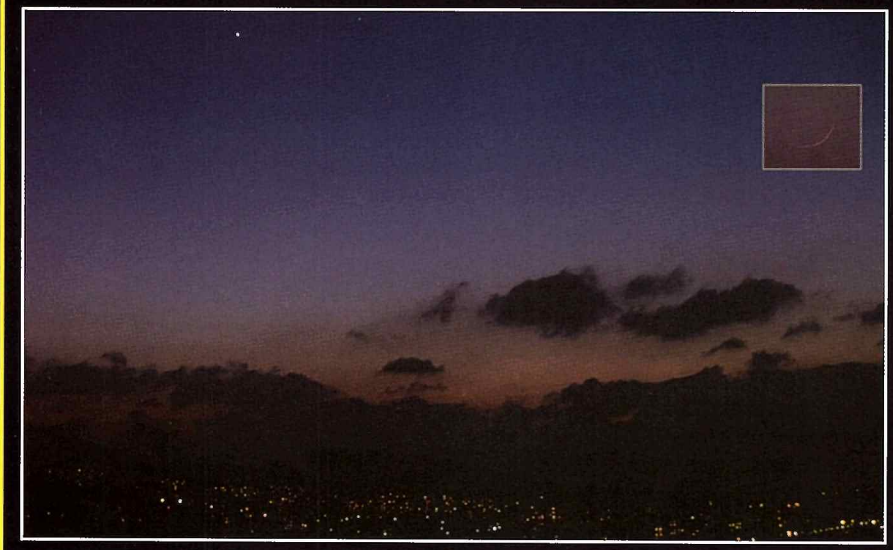
Martin Nekola: Blesky (z dvoch snímok uverejňujeme obrázok označený číslom 2). Fotené 25. 5. 2007 o 21:12 SEČ; Konica Minolta Dynax 7D + obj. Konica Minolta AF zoom, CCD.

Peter Delinčák: Kométa McNaught. 10. január 2007 o 17:50 SEČ – 10×1/13 s, Canon 70-200 F4 L USM, Canon 350D.

Roman Vaňúr: Cirkumhorizontál – seriál Halové a ohybové javy. Variácie na tému obloha. 16. 7. 2007 cca 12:30 LSEČ. Olympus FE-100, CCD senzor.

Michal Bouček: M42. 14. 10. 2007, L – 11,8 min (63×11,3 s), R –- 7,5 min (40–11,3 s), G – 7,9min (42×11,3 s), B – 8,3 min (44×11,3 s). Meade 80 ED APO, Meade DSI II PRO, drizzle 2× (zvýšenie rozlíšenia).

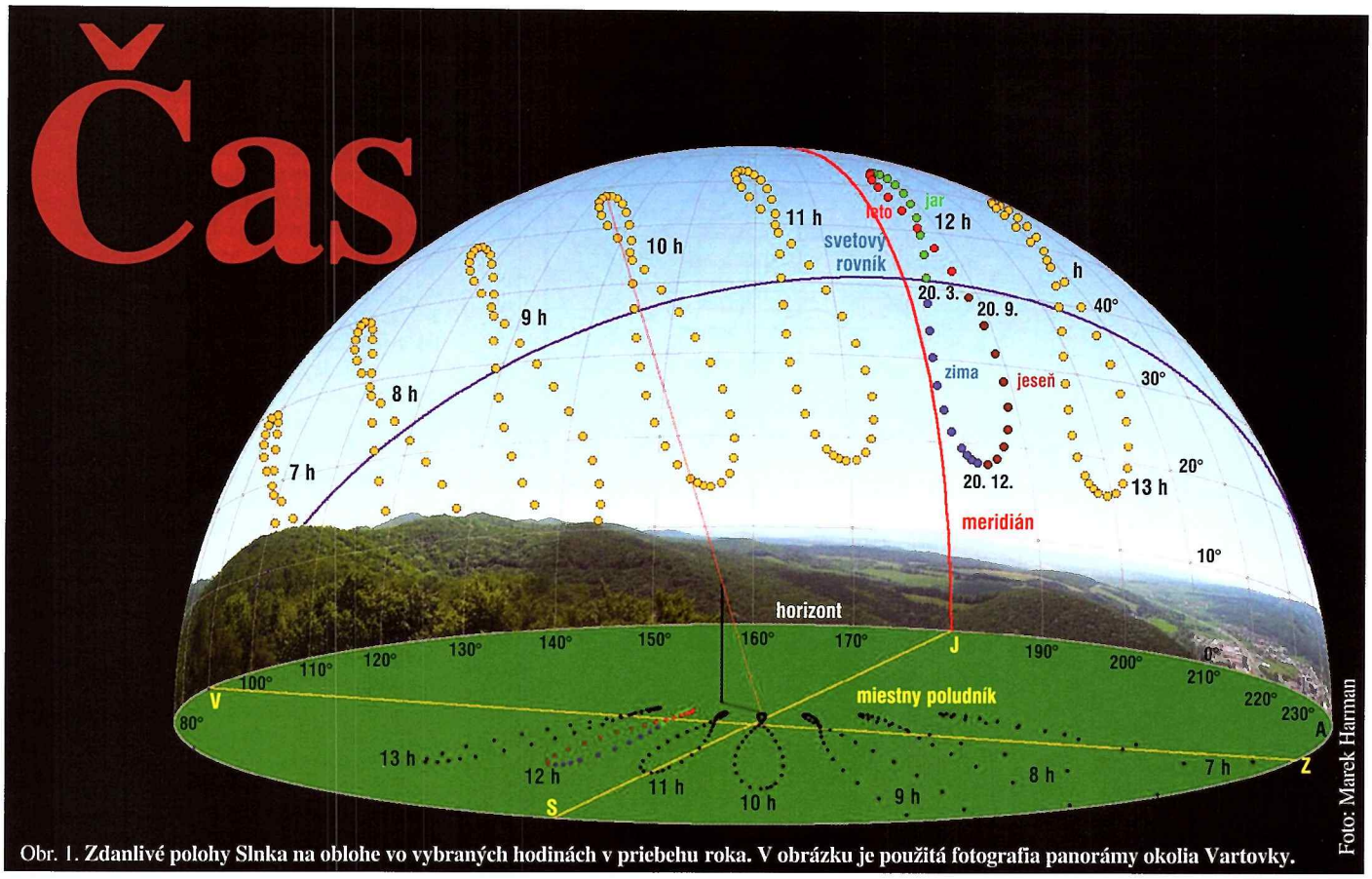
Ing. Peter Delinčák: Najkrajšie súhvezdia (seriál 6 obrázkov) – Orion. 18. február 2007 o 22:47 SEČ – 3×5 min, Canon 350D. Spriemerované zábery + úprava svetelných kriviek.



Marian Urbaník: Mesiac. 18. 2. 2007 o 17^h50^m SEČ, detail 1/2 s. Zuiko 3,5-4,5/28-90, detail Tair 4,5/300, Olympus-E1.

Martin Nekola: Obrázok zo seriálu krystalky a světlo. 26. 1. 2007, 7:45 SEČ. Panasonic Lumix DMC LX2.

Čas



Obr. 1. Zdanlivé polohy Slnka na oblohe vo vybraných hodinách v priebehu roka. V obrázku je použitá fotografia panorámy okolia Vartovky.

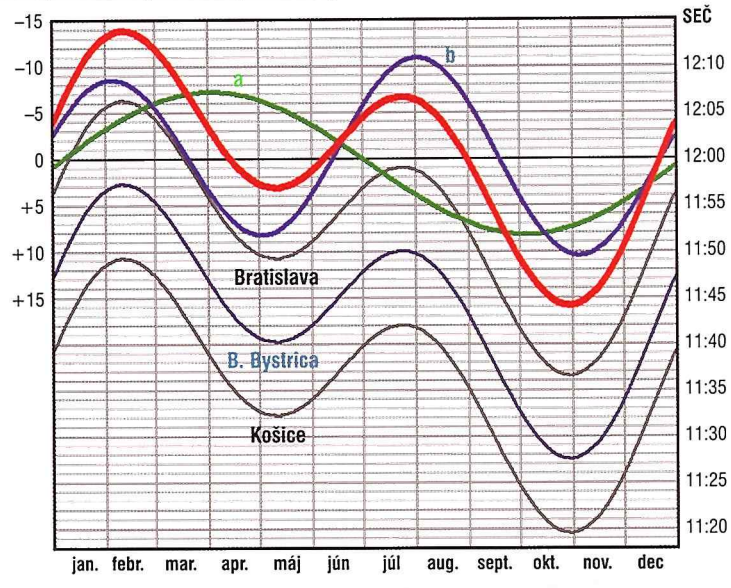
Už od počiatkov ľudstva sa čas stal jedným z hlavných faktorov ovplyvňujúcich ľudskú existenciu. Beh času vnímame prostredníctvom základných cyklov prírody, ktoré sú dané astronomickými okolnosťami, a to najmä zdanlivým pohybom Slnka. Základnými časovými obdobiami sa stali deň a rok podmienené polohou Slnka na oblohe, ale aj mesiac, dĺžka ktorého je približne daná synodickou obežnou dobou Mesiaca. Tieto časové obdobia sa stali podkladom mnohých kalendárnych systémov vzniknutých nezávisle od seba v rôznych kultúrach ľudstva. Neskôr, v rozmachu moreplavectva a s ním súvisiacou navigáciou, začínali stúpať nároky na presnosť merania času. Po prechode na heliocentrizmus bolo možné správne vysvetliť zdanlivý pohyb Slnka na oblohe, ako aj pochopiť nerovnomernosti v tomto pohybe. Konštruovaním stále presnejších chronometrov bolo možné dôkladnejšie spoznávať zákonitosti obehu telies, a tým zase spätne spresňovať meranie času. Tento proces pokračuje nepretržite aj v súčasnosti, lebo napriek vysokej kvalite súčasného merania času ešte rýchlejšie narastajú nároky na jeho presnosť.

Slnečný čas

Čas, ktorý používame, je odvodený zo zdanlivého pohybu Slnka na oblohe. Základnou jednotkou je deň, ako prirodzený cyklus striedania dňa a noci, vyvolaný rotáciou Zeme. Túto jednotku času trochu nepraktickým historicky zavedeným spôsobom delíme na 24 hodín, čo zodpovedá 1 440 minútam alebo 86 400 sekundám. Ďalším prirodzeným časovým obdobím je rok ako doba, za ktorú Zem obehne okolo Slnka. Zem vzhľadom na Slnko počas roka vykoná 365 otáčok a ešte asi jednu štvrtinu. Občiansky rok zavádzame ako obdobie trvajúce 365 dní a rozdiel štvrtiny otočky kompenzujeme známym spôsobom priestupnými rokmi.

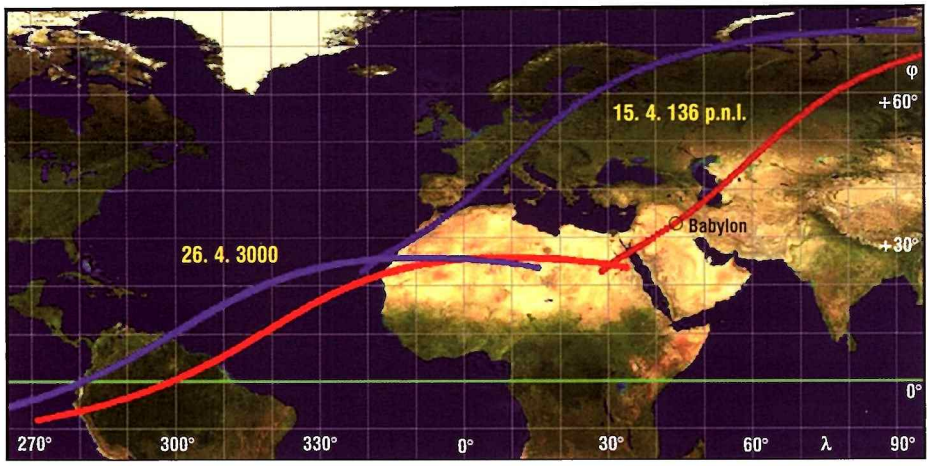
Deň možno definovať ako obdobie medzi dvoma po sebe nasledujúcimi hornými kulmináciami Slnka. Horná kulminácia je stav, keď sa Slnko nachádza na meridiáne nad južným bodom obzoru. Meridián je hlavná kružnica na oblohe a je to vlastne prienik roviny miestneho poludníka so svetovou sférou. Na oblohe prechádza severným bodom obzoru, zenitom a juhom. Ak by sme ale merali čas, ktorý uplynie medzi dvomi hornými kulmináciami, zistili by sme, že táto doba nie je presne 24 hodín. Rozdiel vyplýva zo skutočnosti, že pohyb Zeme okolo Slnka nie je rovnomerný, a preto sa aj Slnko na oblohe pohybuje nerovnomerne. Spôsobujú to dva základné faktory. Prvý z nich je daný elipticitou zemskej dráhy, ktorá v súlade s II. Keplerovým zákonom vyvoláva nerovnomernosť pohybu Zeme. Zem sa v apogeu pohybuje po dráhe rýchlosťou asi 29 km/s. V perigeu rýchlosť Zeme narastá na hodnotu asi 30 km/s. Rozdiel predstavuje až asi 3 %. Druhú nerovnomernosť spôsobuje sklon zemskej osi k rovine ekliptiky. Bod stredu slnečného kotúča na oblohe nazývame **pravé Slnko**. Pravé Slnko sa teda pohybuje nerovnomerne, a preto čas, ktorý ukazujú slnečné hodiny tiež vykazuje nerovnomernosti. My však používame čas plynúci rovnomerne. Aby bolo možné zladiť prirodzené cykly prírody s takýmto časom, bol zavedený pojem **stredné Slnko**. Je to pomyselné teleso, ktoré sa pohybuje rovnomerne po ekliptike. Je to vlastne predstava, že Zem obieha okolo Slnka po kruhovej dráhe s rovnakou obežnou dobou, ako je súčasná. Takéto hypotetické teleso nazývame **prvé stredné Slnko**. Ak by bola rotačná os Zeme kolmá na ekliptiku, potom by sa stredné Slnko pohybovalo rovnomerne po svetovom rovníku, a takéto teleso sa označuje ako **druhé stredné Slnko**. Práve pohyb druhého stredného Slnka je základom používanej časomiery.

Podľa toho, na akom základe čas odvádzame, sú zavedené pojmy pravý a stredný slnečný čas. Pravý slnečný čas je daný hodinovým uhlom pravého Slnka zväčšeného o 12 hodín. Hodinový uhol je jedna zo súradníc rovníkového súradnicového systému 1. druhu na svetovej sfére (teda na oblohe). Základnými rovinami sú rovina rovníka a rovina meridiánu. Pravý slnečný čas ukazujú slnečné hodiny. Ako základ rovnomerne plynúceho času používame stredný slnečný čas, ktorý je daný hodinovým uhlom druhého stredného Slnka zväčšeného o 12 hodín. Rozdiel medzi pravým a stredným slnečným časom sa nazýva časová rovnica. Jej priebeh je na *obr. 2*. Časová rovnica tak napríklad opisuje, o akú hodnotu sa oneskoruje pravé poludnie (horná kulminácia Slnka v danom mieste) oproti občianskemu poludniu, ktoré nastáva o 12. hodine. Časová rovnica nadobúda nulové hodnoty okolo 15. apríla, 14. júna, 1. sep-



Obr. 2. **Priebeh časovej rovnice a pravé poludnie vo vybraných slovenských mestách.**

Obr. 3. **Posun pásov totality oproti vypočítaným hodnotám v dôsledku veličiny ΔT.**



tembra a 25. decembra. Najväčšie záporné hodnoty dosahuje okolo 12. februára a najväčšie kladné 3. novembra. Pomerne zložitý priebeh krivky je súčtom dvoch vplyvov, ktoré sme už spomínali. Krivka označená písmenom **a** predstavuje vplyv nerovnomernosti pohybu Zeme po dráhe okolo Slnka. Tento vplyv má nulové hodnoty, keď sa Zem nachádza na priamke apsíd, teda v perihéliu a v aféliu, čiže okolo 4. januára a 1. júla. Takýto by mala priebeh časová rovnica, ak by zemská os bola kolmá na rovinu ekliptiky. Druhým vplyvom je sklon zemskej osi. Popisuje ho krivka **b**. Tento vplyv je nulový počas rovnodenností a slnovratov. Takýto priebeh by mala časová rovnica v prípade, že by Zem obiehala okolo Slnka po kruhovej dráhe.

Na hodnotu pravého slnečného času v danom mieste vplýva ešte jedna skutočnosť. V rôznych oblastiach povrchu Zeme vychádza Slnko aj ostatné objekty oblohy v odlišných časoch. Pre jednotnosť občianskeho času v určitých oblastiach je zavedený pásmový čas. Pásmový čas sa definuje ako stredný slnečný čas na tzv. pásmových poludníkoch. U nás je to poludník 15° zemepisnej dĺžky prechádzajúci blízko Jindřichovho Hradca v Čechách. Uhlový posun stredu Slovenska oproti tomuto poludníku, vyjadrený v hodinovej miere, je asi 16 minút, a preto o takýto čas objekty na oblohe vychádzajú u nás skôr. Rovnako sa to prejaví aj na čase, v ktorom nastane pravé poludnie. Časová rovnica posunutá o hodnotu rozdielu medzi miestnym a pásmovým časom môže popisovať čas, v ktorom v danom mieste nastane pravé poludnie. Z kriviek na *obr. 2* je možné odčítať čas pravého poludnia vo vybraných mestách Slovenska.

Veľmi dobrú predstavu o rozdiele medzi pravým a stredným slnečným časom dáva myslený obrazec vytvorený polohami Slnka na oblohe v priebehu roka vždy o tej istej hodine stredného slnečného času. Krivku nazývame analéma. Na obrázku 1 sú vynesené analémy pre rôzne denné doby v strede Slovenska. Jednotlivé polohy Slnka sú vynášané v časovom kroku 10 dní. V krivke zodpovedajúcej poludniu stredoeurópskeho času sú jednotlivé polohy Slnka zobrazené farebne podľa ročného obdobia. Je vidieť, že v strede Slovenska v žiadnom období roka nenastáva pravé poludnie pred 12. hodinou. Obrázok popisuje aj problém merania času slnečnými hodinami. Koniec tieňa zvislej tyče v danej hodine počas roka tiež opisuje analému. Na slnečných hodinách sa väčšinou ako časová stupnica používa systém čiar zodpovedajúcich osiam jednotlivých analém. Ukazovaný čas môže byť opravený o rozdiel oproti pásmovému času, no bez opravy o časovú rovnicu sa v priebehu roka odchýlka od občianskeho času pohybuje približne v rozmedzí ±15 minút.

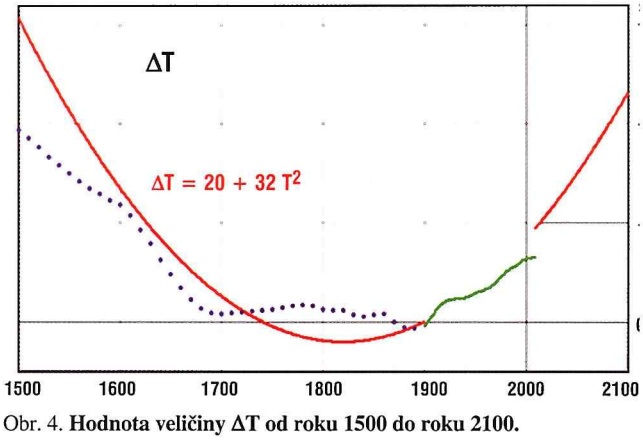
Analému možno podobne odvodiť aj pre iné planéty Slnečnej sústavy. Jej tvary sa pri jednotlivých planétach odlišujú od zemskej, lebo sú tam iné rotačné pomery. Zaujímavý je tvar analémy na Marse. Napriek tomu, že rotačné vlastnosti Marsu sú veľmi podobné Zemi, tamojšia analéma nemá tvar osmičky, ale akejsi slzy.

Presný čas

Nároky na presnosť merania času sú už dávno tak vysoké, že nestačí základné jednotky definovať len na základe zdanlivého pohybu Slnka na oblohe. Používajú sa dva základné časové štandardy. Jedným z nich je rotácia Zeme, no táto nie je stála. Podlieha krátkodobým variáciám a tiež aj dlhodobej systematickej zmene. Čas je oveľa presnejšie definovaný na základe kmitania atómu cézia 133, teda tzv. atómový čas.

Najbližším priblížením sa k rovnomerne plynúcemu času bol v minulosti efemeridový čas **ET**, ktorý používal najlepšiu dostupnú teóriu pohybu Zeme tak, aby boli odstránené vplyvy nerovnomernosti zemskej rotácie. Tento čas sa používal na výpočty planetárnych efemeríd až do roku 1984. V súčasnosti používané časy sú atómové, no sú zvolené tak, aby sa čo najlepšie zhodovali s rotáciou Zeme, a teda s občianskym a hviezdnym časom. Základným časovým štandardom je medzinárodný atómový čas **TAI**. Je to vlastne kombinovaný výstup mnohých atómových hodín po celom svete a je opravený o všetky známe vplyvy prostredia a relativistické efekty. Koordinovaný svetový čas **UTC** je čas, ktorý sa vysiela a používa na nastavenie všetkých hodín. Plynie rovnako ako **TAI,** no veľmi dobre sa približuje k strednému slnečnému času tak, že v prípade potreby sa k nemu pridáva 1 sekunda. Stáva sa tak približne raz do roka, väčšinou koncom decembra alebo júna. Jedna z minút má potom 61 sekúnd. Rozdiel medzi **TAI** a **UTC** je v súčasnosti 30 sekúnd. Napr. 20:00:00 UTC = 20:00:30 TAI. Pred atómovým časom sa na výpočty pohybu planét používal efemeridový čas. Miesto neho je teraz zavedený zemský dynamický čas **TT** ktorý sa od **TAI** líši o 32,184 sekundy. Na planetárne výpočty sa používa barycentrický dynamický čas **TDB**, ktorý sa len veľmi málo líši od **TT,** lebo prihliada na relativistické vplyvy pohybu Zeme v gravitačnom poli Slnečnej sústavy.

Najbežnejšie používaným časom je svetový čas **UT1** alebo **UT**. Tento čas je aktuálnou mierou zemskej rotácie a zodpovedá greenwichskému



Obr. 4. **Hodnota veličiny ΔT od roku 1500 do roku 2100.**

miestnemu času **GMT**. Je jednotný pre celý svet. Vzhľadom na atómový čas **TAI** sa **UT1** omeškáva asi 0,8 sekundy za rok, no rozdiel nikdy nepresahuje 0,9 s pretože sa zhodne s **UTC** k nemu v prípade potreby pridáva 1 sekunda. Odvodené sú ešte časy **UT0** a **UT2**, ktoré zohľadňujú pohyb zemského pólu a sezónne variácie v rotácii Zeme.

U nás sa používa stredoeurópsky čas **SEČ** a je to pásmový čas pre 15° východnej zemepisnej šírky. Tento čas zodpovedá času **UT** zväčšenému o 1 hodinu. V letnom období sa v mnohých krajinách z ekonomických dôvodov zavádza letný čas. U nás je to letný stredoeurópsky čas **LSEČ**. Podľa medzinárodných dohôd prechod na letný čas nastáva vždy v poslednú marcovú nedeľu a končí sa v poslednú októbrovú nedeľu.

Hviezdny čas

Slnečný čas je odvodený zo zdanlivého pohybu Slnka na oblohe. Vieme však, že Slnko v priebehu roka postupne prejde všetkými 12 súhvezdiami zverokruhu. Hviezdy sa pohybujú na oblohe inakšie ako Slnko. Medzi dvoma po sebe idúcimi hornými kulmináciami nejakej hviezdy uplynie čas približne 23 hodín a 56 minút. Toto obdobie nazývame hviezdny deň. Jednotlivé hviezdy každý deň vychádzajú o 4 minúty skôr. Táto skutočnosť spôsobuje to, že vzhľad oblohy v dennej hodine sa priebehu roka mení, a tak môžeme rozlišovať súhvezdia ročných období. Čas odvodený zo zdanlivého pohybu hviezd na oblohe nazývame hviezdny čas. Príčina vzniku hviezdneho času je jednoduchá. Ak by Zem vzhľadom na Slnko nerotovala a mala by teda viazanú rotáciu podobne ako Mesiac k Zemi, za jeden obeh okolo Slnka by sa vzhľadom na hviezdy otočila práve raz. V skutočnosti sa Zem za jeden rok vzhľadom na Slnko otočí približne 365,25-krát. Vzhľadom na hviezdy pribudne k rotácii ešte jedna otočka vyplývajúca z obehu okolo Slnka. Zem sa tak oproti hviezdam za rok otočí 366,25-krát. Pomer 366,25 : 365,25 je približne rovný 1,0027379 a toto číslo vyjadruje prevod medzi hviezdnym a slnečným časom. Keďže hviezdy v rôznych častiach zemského povrchu (v závislosti od zemepisnej dĺžky) kulminujú v rôznom čase, zavádzame pojem **miestny hviezdny čas**. Podľa definície je miestny hviezdny čas hodinový uhol jarného bodu vyjadrený v hodinovej miere.

Poznanie hviezdneho času nie je samoúčelné. Potrebujeme ho pri smerovaní ďalekohľadu alebo pri mnohých základných astronomických výpočtoch. Na opis polôh objektov na oblohe používame rovníkové súradnice 2. druhu, teda známu rektascenziu a deklináciu. Tento súradnicový systém rotuje spolu s oblohou. Ďalekohľady sú však pevne viazané s povrchom Zeme, a tak aj keď sú vybavené paralaktickou montážou, teda jedna z jej osí je rovnobežná so zemskou osou, ich stupnice je možné opisovať len systémom rovníkových súradníc prvého druhu, teda hodinovým uhlom a deklináciou. Tu práve je potrebná znalosť hviezdneho času, lebo vzťah medzi hodinovým uhlom **t** a rektascenziou α je funkciou hviezdneho času θ podľa vzťahu

$$t = \theta - \alpha .$$

Ak je hviezda v hornej kulminácii je jej hodinový uhol rovný 0° (v časovej miere 0 h). Dosadením tejto hodnoty do vzorca dostávame hviezdny čas rovný rektascenzii tejto hviezdy. Z tohto vyplýva iná definícia – hviezdny čas je rovný rektascenzii práve kulminujúcej hviezdy.

Miestny hviezdny čas počítame zo vzťahu

$$\theta = S_0 + 1{,}0027379\,(t - l_p) + \lambda ,$$

kde S_0 je miestny hviezdny čas na greenwichskom poludníku o 0 hodín UT daného dňa, t je občiansky čas, l_p je časové pásmo a je zemepisná šírka daného miesta. l_p má pre stredoeurópsky čas hodnotu +1 a v dobe platnosti letného času +2. Do vzťahu musíme všetky hodnoty zadávať v hodinách.

Hodnota S_0 býva tabuľkovaná v astronomických ročenkách. Pre priamy výpočet je možné použiť rozvoj

$$S_0 = 24110{,}54841 + 8640184{,}812866\,T + 0{,}093104\,T^2 - 0{,}0000062\,T^3$$

T je čas v juliánskych storočiach (po 36 525 dní) uplynulý od 1. 1. 2000. Hodnota T obsahuje len počet dní uplynulých od daného dátumu, a nie zlomky dňa. Hodnota S_0 vyjde v sekundách a po delení 3 600 sa prevedie na hodiny. Výsledné číslo býva veľké a treba ho previesť na interval 0 – 24 hodín tak, že ho delíme číslom 24. Celú časť tohto výsledku násobíme 24 a toto číslo od pôvodnej hodnoty S_0 odčítame.

Hviezdny čas potrebujeme poznať pri mnohých základných výpočtoch, napríklad pri výpočte východov a západov telies.

Dynamický čas

Gravitačné pôsobenie Mesiaca na Zem (v menšej miere aj Slnka a planét) spôsobuje známe prílivy a odlivy. Tieto slapové sily postupne odovzdávajú uhlový moment Zeme najmä Mesiacu. Mesiac tak pomaly zrýchľuje a v tom dôsledku sa vzďaľuje od Zeme. Jeho vzdialenosť v súčasnosti narastá o hodnotu asi 3,8 cm za rok. Strata momentu hybnosti spôsobuje spomaľovanie rotácie Zeme. Deň sa v dôsledku toho predlžuje asi o 2,3 milisekundy za storočie. Táto hodnota sa zdá byť zanedbateľná, no jej kumulatívna hodnota nadobúda v dlhšom časovom období významné hodnoty. Napríklad za storočie sa Zem otočí asi 36525 razy. Na jednu otočku v tomto období pripadá priemerné oneskorenie asi 1,15 ms. Po vynásobení počtom otočiek v danom období dostaneme hodnotu asi 42 sekúnd. Po uplynutí jedného storočia je Zem natočená úmerne tejto hodnote menej, ako by bola natočená pri dodržaní súčasnej rotácie. Aby bolo možné opísať rozdiel medzi skutočným natočením Zeme aj jej natočením podľa časomiery odvodenej z konkrétnej rotácie začiatkom minulého storočia, bola zavedená veličina ΔT. Problémom je, že rotácia Zeme nie je menená len rovnomerným spomaľovaním, ale aj nepredvídateľnými vplyvmi klimatických zmien a pohybov zemskej kôry. Presné hodnoty veličiny ΔT preto nie sú do vzdialenejšej minulosti ani budúcnosti dobre známe. Presnejšie hodnoty poznáme len od začiatkov používania ďalekohľadov. V súčasnosti je hodnota známa veľmi presne najmä z pozorovaní zákrytov hviezd Mesiacom. Hodnoty T v dávnejšej minulosti je možné do istej miery odvodiť z historických záznamov pozorovania zatmení a zákrytov. Presný odhad hodnoty do budúcnosti nie je možný.

Celý problém dynamického času je možné ilustrovať na problematike slnečných zatmení. Napríklad sa zachovali historické záznamy o úplnom zatmení Slnka v Babylone, ktoré podľa súčasného datovania nastalo 15. apríla 136 p.n.l. Astronomické programy, počítajúce so súčasnou rotáciou Zeme, vypočítajú pás totality posunutý na západ. Tento rozdiel vyplýva z iného natočenia Zeme v dôsledku hodnoty ΔT. Odhadnutá hodnota ΔT bola v tom roku 11 969 sekúnd čo je asi 3,32 hodiny. Zem tak oproti výpočtu s použitou dnešnou hodnotou rotácie bola natočená takmer o 50° viac na východ. Čím do vzdialenej minulosti ideme, tým sa viac vypočítaný pás totality posúva oproti skutočnému smerom na západ. V súčasnosti sa odlišujú nevýznamne. V budúcnosti sa vypočítaný pás oproti skutočnému nebude posúvať na východ, ale opäť na západ. Je to spôsobené tým, že ΔT je funkciou druhej mocniny času, ktorá nadobúda len kladné hodnoty. Na *obr. 3* sú pravé polohy pásov totality vyznačené červenou farbou a vypočítané modrou. Okrem pásov totality z 15. apríla 136 p.n.l. sú vynesené aj pásy totality pre úplné zatmenie Slnka, ktoré nastane 24. apríla 3000. Odhadovaná hodnota ΔT bude asi 4428 s, no táto hodnota je zaťažená veľkou neistotou, a s rovnakou nepresnosťou je potom určená aj poloha pásu totality na povrchu Zeme.

Priebeh hodnoty ΔT je možné na základe historických záznamov preložiť jednoduchou kvadratickou krivkou, a tým zároveň odhadovať jej priebeh do budúcnosti. Jeden z odhadov je popisuje vzťah

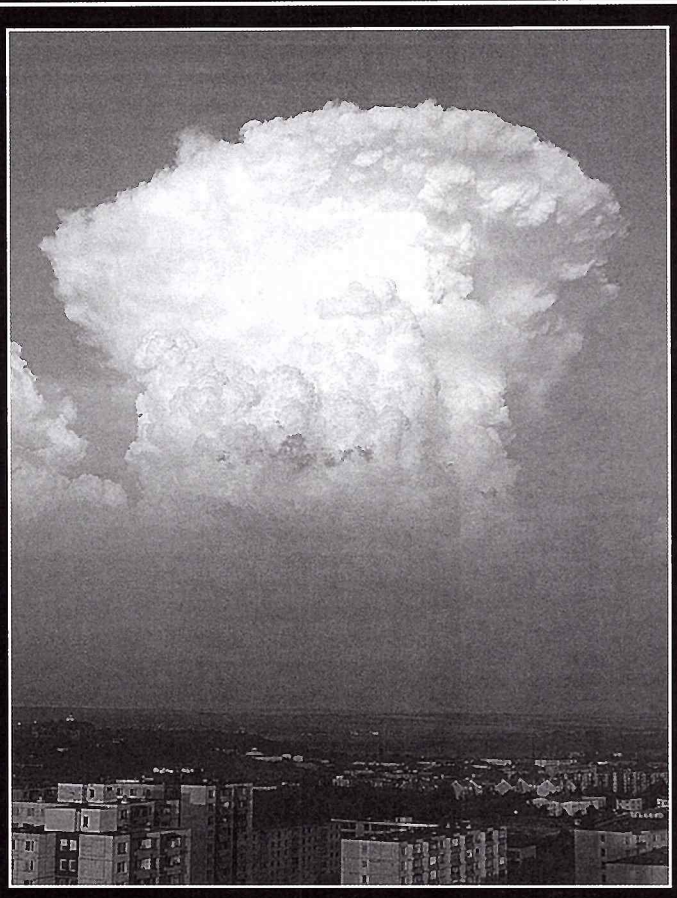
$$\Delta T = -20 + 32\,T^2,$$

kde T je čas v storočiach uplynulých od roku 1820. Takýto jednoduchý popis charakterizuje celkový trend hodnoty ΔT, no nerovnomernosti nedokáže popísať. Na *obr. 4* sú na podklade dlhodobého trendu vynesené presne známe hodnoty ΔT. Hodnota ΔT bola nulová začiatkom 20. storočia. Vyplýva to zo skutočnosti, že rotácia, ktorú používame vo výpočtoch, bola prevzatá z tohto obdobia. Túto rotáciu popisuje čas zadávaný v juliánskych storočiach po 36525 dní. V roku 2008 je očakávaná hodnota ΔT +65,6 s. Dlhodobé odhady veličiny ΔT, ktoré používa Fred Espenak v katalógu zatmení NASA, majú hodnoty:

rok	ΔT [s]	ΔT [h]	ΔT [°]
2000 p.n.l.	+46 438	12,90	193,5
1000 p.n.l.	+25 301	7,03	105,4
1	+10 520	2,92	43,8
1000	+1 558	0,43	6,5
2000	+64	0,02	0,3
3000	+4428	1,23	18,5

Možno si to ani neuvedomujeme, ale pravdepodobne nie je iná veličina, ktorú meriame tak presne ako čas. Celkom lacné náramkové hodinky dokážu merať čas s chybou menšou ako 1 s za deň, čo predstavuje asi 1 tisícinu percenta meranej veličiny. Iné zariadenia, napr. elektrické meracie prístroje alebo váhy dosahujúce prednosť pod 1 percento, sa označujú ako laboratórne a sú úmerne k tomu aj drahé. Ďalšou zložitosťou je relativita času, kde jeho plynutie je závislé na pohybe a priestore. Najnerovnomernejšie je ľudské vnímanie času, ktoré je veľmi subjektívne. Počas nepríjemných udalostí akoby sa čas zastavil a krásne chvíle akoby prebehli nekonečne rýchlo. Nech je tých príjemných chvíľ čo najviac.

PETER ZIMNIKOVAL



Roman Vaňúr: Kovadlinka, seriál Oblaky. Variácie na tému obloha. 27. 6. 2006 o 20:10 LSEČ. Olympus FE-100, CCD senzor.

Roman Vaňúr: Snímka zo seriálu Mesiac. 21. 09. 2006 o 06:05 LSEČ. Olympus FE-100, Newton 114/900 mm a 20 mm okulár, úpravy jasu a kontrastu.

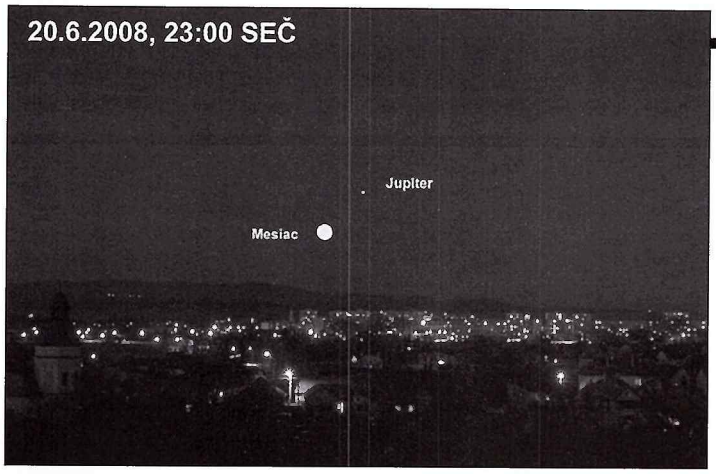
Formulár pre jednotlivé seriál

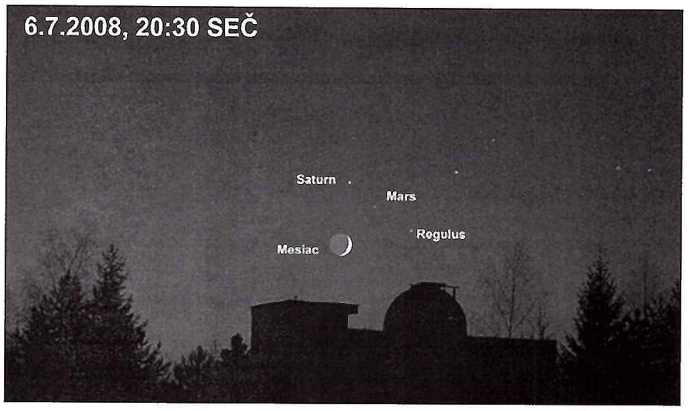
Meno a priezvisko	
kontaktná adresa	
e-mail	
dátum narodenia	
číslo účtu (na prípadné zaslanie ceny)	
názov práce	
počet snímok	
dátum a čas expozície č.1	
dátum a čas expozície č.2	
dátum a čas expozície č.3	
dátum a čas expozície č.4	
dátum a čas expozície č.5	
dátum a čas expozície č.6	
parametre použitých prístrojov	
materiál (film, fotopapier, atď..)	
špeciálne postupy a úpravy (digitálne foto)	

Formulár pre jednotlivé práce

Meno a priezvisko	
kontaktná adresa	
e-mail	
dátum narodenia	
číslo účtu (na prípadné zaslanie ceny)	
názov práce	
dátum a čas expozície	
parametre použitých prístrojov	
materiál (film, fotopapier, atď..)	
špeciálne postupy a úpravy (digitálne foto)	

František Michálek: M8 Laguna Sagitarius, zo seriálu šiestich obrázkov s názvom Blízky a vzdialený vesmír. 17. júna 2007, expozícia 7× 120 s, Newton 350/1660 mm, Canon 350D, ISO 800.





Obloha v kalendári

jún – júl 2008

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

Začína astronomické leto a potom pre mnohých vytúžené prázdniny či dovolenkové obdobie. Noci sú síce krátke, no teplé a tak si azda dostatočne užijeme všetko, čo nás počas týchto dvoch mesiacov čaká. Prekvapivo mladý Mesiac môžeme na oblohe uvidieť hneď po júnovom nove necelých 24 hodín po novoluní. Fotografi si iste nenechajú ujsť pekné zoskupenie Mesiaca s Marsom, Saturnom a Regulom 6. 7. a po dlhšom pôste si svoje užijú aj meteorári; frekvencie budú koncom júla stúpať aj vďaka nastupujúcej aktivite Perzeíd. Kometári na tom tiež nebudú najhoršie aj keď väčšina komét je pomerne slabá.

Planéty

Merkúr 1. 6. zapadá ešte počas občianskeho súmraku a vzhľadom na svoju nízku jasnosť (4 mag) je nepozorovateľný. V ďalších dňoch sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka ešte zmenšuje a 7. 6. je v dolnej konjunkcii. V tento deň je aj od Slnka najďalej (0,4667 AU) a k Zemi najbližšie (0,5498 AU). Po konjunkcii sa uhlovo od Slnka vzďaľuje, no geometrické podmienky sú len málo priaznivé (má nižšiu deklináciu ako Slnko) a tak jeho viditeľnosť ráno je podpriemerná. V polovici poslednej júnovej dekády vychádza začiatkom občianskeho súmraku, jasnosťou však nevyniká (25. 6. má len 1,4 mag). 1. 7. je v najväčšej západnej elongácii, vychádza počas nautického súmraku a pri začiatku občianskeho má výšku nad obzorom 4° a tak pri jeho jasnosti 0,6 mag by sme ho mohli nájsť. Po elongácii sa jeho viditeľnosť ešte zlepšuje, zachováva si prakticky rovnakú výšku nad obzorom, no jeho jasnosť stúpa; v polovici mesiaca je –1 mag. Po 20. 7. sa začne rýchlo strácať v rannom súmraku a 29. 7. je v hornej konjunkcii. 1. 7. je v málo výraznej konjunkcii s Mesiacom, Merkúr bude na konci nautického súmraku vo výške 4° a tenučký Mesiac kolmo nad ním vo výške 13°.

Venuša (–3,9 mag) je nepozorovateľná, jej uhlová vzdialenosť od Slnka je malá. 9. 6. je v hornej konjunkcii (bude priamo za Slnkom) a zároveň aj najďalej od Zeme (1,73558 AU). Po konjunkcii sa dostane na večernú oblohu, no viditeľnosť veľmi dobrá nebude, aj keď sa pomaličky zlepšuje. Ešte aj na konci júla zapadá už na konci občianskeho súmraku. 3. 7. bude v konjunkcii s Mesiacom, no nad obzorom budú len krátko po západe Slnka. Podobná, rovnako nevýhodná konjunkcia bude aj začiatkom augusta (2. 8.).

Mars (1,5 – 1,7 mag) slabne a uhlovo sa približuje k Slnku. 10. 6. sa presunie z Raka do Leva a 1. 7. bude len 40' severne od Regula. Začiatkom júna zapadá ešte pred polnocou, na konci júla však už na konci nautického súmraku. V priebehu týchto dvoch mesiacov sa jeho vzdialenosť od nás zväčší z 1,893 na 2,284 AU a uhlový priemer klesne z 5 na 4". 8. 6. je Mars v konjunkcii (1,9°) s Mesiacom, no keďže tá nastáva už pod obzorom, najbližšie (asi 3°) uvidíme obe telesá pred ich západom 7. 6. Zaujímavému zoskupeniu bude vľavo asistovať aj Saturn s Regulom. Omnoho tesnejšia a krajšie zoskupenie všetkých štyroch telies uvidíme 6. 7. večer. Nad Mesiacom bude biely Regulus, červenkastý Mars i žltý Saturn. V ďalších dňoch sa Mesiac od skupinky vzdiali, no 10. 7. budú v priam skvelej, tesnej konjunkcii Mars so Saturnom.. Ich najmenšia vzdialenosť bude 0,7° a tak hneď za súmraku sa môžeme kochať týmto skvelým zoskupením, ktoré bude iste inšpirovať aj majiteľov fotografickej techniky.

Jupiter (–2,6 až –2,7 mag) v Strelcovi má výborné podmienky viditeľnosti, nakoľko 9. 7. je v opozícii a teda viditeľný celú noc, jeho uhlový rovníkový priemer je 47". Deň po opozícii bude k Zemi najbližšie (4,161 AU). Medzi hviezdami sa pohybuje smerom na západ a stále viac sa norí do Mliečnej cesty. Jeho vlastný pohyb si všimnime v druhej polovici júla, keď bude prechádzať popod hviezdy π Sgr (2,9 mag) a o Sgr (3,7 mag). Aj malým ďalekohľadom alebo triédrom ľahko uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace. Najväčším je Ganymedes (tretí od Jupitera), ktorý je v rezonancii s Io a Európou. Výkonnejším prístrojom si môžeme dobre všimnúť jeho sploštený kotúčik a zaujímavé oblačné pásy na jeho povrchu, z ktorých najviac vynikajú severný a južný rovníkový pás a Veľká červená škvrna. 20. 6. je v nevýraznej konjunkcii s Mesiacom vo veľkej fáze a takmer identická situácia sa zopakuje aj 17. 7.

Saturn (0,7 – 0,8 mag) sa pohybuje v Levovi v priamom smere. Jeho vzdialenosť sa od nás zväčší z 9,402 na 10,194 AU a teda aj nepatrne zoslabne. V ďalekohľade je možné vidieť jeho nádherný systém prstencov, ktoré však už nie sú široko rozovreté, pomaličky sa uzatvárajú. Veľká os prstencov sa v súvislosti so vzdialenosťou zmenší zo 40 na 37", no malá os sa zmenší zo 6,6 na 4,5". Rovníkový uhlový priemer planéty je 17".

Konjunkcie s Mesiacom 9. 6. a 6. 7. nie sú veľmi výrazné, no zaujímavé sa stávajú prítomnosťou Marsu a Regulusa. O krásnom júlom zoskupení sme písali pri Marse, podobne ako o tesnej konjunkcii 10. 7. Zaujímavá môže byť aj séria záberov okolo konjunkcie so zaznamenaním zmeny vzájomnej polohy oboch planét. Vytrvalci si môžu dať za úlohu aj zaznamenanie dlhšieho časového úseku, na začiatku júla sa Mars premiestni medzi hviezdami o 12° a pri svojej púti minie Regulus i Saturn.

Urán (5,8 mag) je vo východnej časti Vodnára a má zlepšujúce sa podmienky viditeľnosti. Začiatkom júna vychádza po polnoci, no koncom júla už večer počas nautického súmraku. 27. 6. je v zastávke a začne sa pohybovať spätne, na oblohe teda opíše malú polslučku. Za dobrých pozorovacích podmienok ho uvidíme 7° južne od pravej časti charakteristického obrazca Rýb. Tu si však pomôžme mapkou, nakoľko táto časť oblohy je len málo výrazná. S určitosťou ho zidentifikujeme až v malom ďalekohľade, kde nás zaujme pokojným zelenkastomodrým svitom.

25. 6. a 22. 7. bude v nevýrazných konjunkciách s Mesiacom; júlová je o niečo lepšia, no pri väčšej fáze Mesiaca.

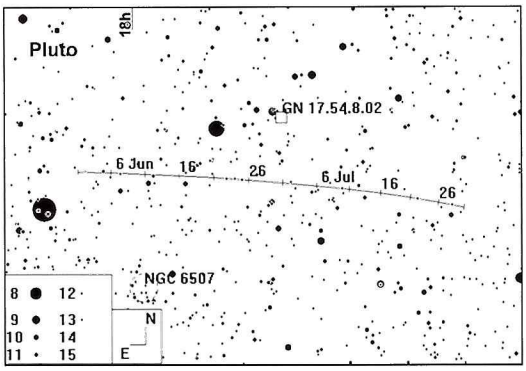
Neptún (7,9 mag) v Kozorožcovi má podmienky ešte lepšie ako Urán. Začiatkom júna sa dostáva nad obzor už viac ako hodinu pred polnocou a koncom júla je pozorovateľný celú noc, nakoľko v polovici augusta bude v opozícii. Koncom júla je len 13' od hviezdy 42 Cap (5,2 mag) s ktorou bude v konjunkcii 5. 8. Na jeho identifikáciu mám postačí triéder alebo malý ďalekohľad; nájdeme ho 2° severne od δ Cap (2,9 mag) ako objekt s pokojným namodralým svitom. Ak ho chceme vidieť ako maličký kotúčik, musíme použiť ďalekohľad s dostatočným zväčšením, pretože uhlový priemer tejto najvzdialenejšej planéty je len 2,3'.

23. 6. bude počas dňa (pod obzorom) v tesnej konjunkcii (0,4°) s Mesiacom a ešte tesnejšie (0,3°) priblíženie nastane 20. 7. Mimo nášho územia budú obe telesá v zákryte, no žiaľ, od nás nepozorovateľné.

Trpaslíčie planéty

(1) Ceres (8,7 –8,4 –8,7 mag) v Býkovi a Blížencoch je nepozorovateľná, pretože 28. 6. je v konjunkcii so Slnkom a počas celého tohto obdobia jej elongácie nepresiahne 17°.

(134340) Pluto (14,1 mag) severozápadnej časti Strelca má dobré pozorovacie podmienky, pretože 20. 6. je v opozícii. Vzďaľuje sa západne od 6 Sgr (6,3 mag) a v deň opozície bude 11" južne od SAO 160954 (7,3 mag). Pri kulminácii bude 25° nad horizontom. Vizuálne Pluto od hviezdneho pozadia odlíšime len pomocou dobrej mapy, na fotografiách s odstupom niekoľkých dní sa prejaví vlastným pohybom (pri opozícii 1,5' za deň).



Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida (134 340) Pluto			
1. 6	$18^h00{,}9^m$	–17°01,1'	14,1
11. 6	$17^h59{,}8^m$	–17°01,6'	14,1
21. 6	$17^h58{,}7^m$	–17°02,5'	14,1
1. 7	$17^h57{,}7^m$	–17°03,6'	14,1
11. 7	$17^h56{,}6^m$	–17°05,1'	14,1
21. 7	$17^h55{,}7^m$	–17°07,0'	14,1
31. 7	$17^h54{,}9^m$	–17°09,1'	14,1

Mesiac

Po júnovom nove môžeme vidieť mladý Mesiac najskôr 4. 6., keď pri západe Slnka je vo výške 10° a na konci občianskeho súmraku 5°. V tom čase bude len 23,9 hodín po nove s tenulinkým kosáčikom (osvetlený len na 1,5 %). Júlový nov je 3. 7. ráno a večer Mesiac zapadá už počas súmraku, jeho nájdenie nám môže uľahčiť Venuša, od ktorej bude 2,5° východnejšie, no bude to asi pritvrdý oriešok. Bez problémov ho však uvidíme asi až o deň neskôr, keď už bude osvetlený na 4 %.

Zákryty

Predpovede totálnych zákrytov sú v tabuľke, dotyčnicové do 8 mag od nás pozorovateľné nebudú.

Asteroidy

V opozícii do 11 mag budú: (44) Nysa (1. 6.; 10,4 mag), (324) Bamberga (1. 6.; 11,0 mag), (416) Vaticana (1. 6.; 10,2 mag), (20) Massalia (11. 6.; 9,9 mag), (3) Juno (13.6.; 10,0 mag), (65) Cybele (15. 6.; 10,9 mag), (19) Fortuna (22. 6.; 10,3 mag), (124) Alkeste (23. 6.; 11,0 mag), (17) Thetis (15. 7.; 9,9 mag), (51) Nemausa (16. 7.; 10,6 mag), (346) Hermentaria (29. 7.; 10,7 mag).

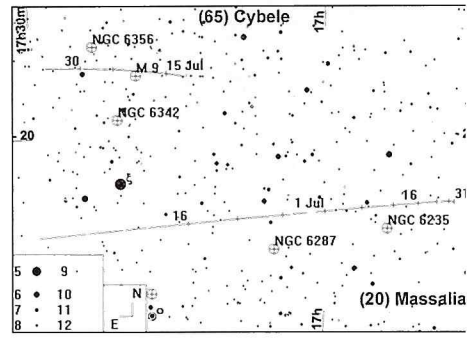
Ako inšpirácia je tu niekoľko tipov na zaznamenanie priblížení asteroidov k niektorým zaujímavým objektom.

Zákryty hviezd Mesiacom (jún – júl)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
10.6.	21 29 51	D	17263	7,0	+48S	155	15	–133
15.6.	19 53 40	D	21165	7,2	+67N	73	135	37
15.6.	20 20 5	D	21174	7,3	+53N	59	153	42
24.6.	23 18 6	R	31189	5,9	+71N	266	43	99
26.6.	2 4 28	R	32025	6,3	+79N	257	81	81
13.7.	20 12 14	D	21824	5,6	+52N	59	115	–7
19.7	22 43 41	R	29465	6,1	–4S	163	–82	237
23.7.	1 26 23	R	31818	7,4	+38S	193	27	128

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.

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida asteroidu (3) Juno			
1.6.	$17^h39{,}2^m$	–04°50,9'	10,1
6. 6.	$17^h35{,}1^m$	–04°41,0'	10,1
11. 6.	$17^h30{,}8^m$	–04°34,1'	10,1
16. 6.	$17^h26{,}5^m$	–04°30,4'	10,0
21. 6.	$17^h22{,}2^m$	–04°29,9'	10,1
26. 6.	$17^h18{,}0^m$	–04°32,8'	10,1
1. 7.	$17^h14{,}1^m$	–04°38,9'	10,2
6. 7.	$17^h10{,}4^m$	–04°48,1'	10,2
11. 7.	$17^h07{,}1^m$	–05°00,3'	10,3
16. 7.	$17^h04{,}2^m$	–05°15,2'	10,3
21. 7.	$17^h01{,}8^m$	–05°32,5'	10,4
26. 7.	$16^h59{,}9^m$	–05°52,0'	10,5
31. 7.	$16^h58{,}5^m$	–06°13,3'	10,5
Efemerida asteroidu (20) Massalia			
1. 6.	$17^h29{,}5^m$	–22°22,4'	10,2
6. 6.	$17^h24{,}5^m$	–22°17,4'	10,1
11. 6.	$17^h19{,}2^m$	–22°11,8'	9,9
16. 6.	$17^h14{,}0^m$	–22°05,8'	10,1
21. 6.	$17^h09{,}0^m$	–21°59,6'	10,2
26. 6.	$17^h04{,}3^m$	–21°53,4'	10,3
1. 7.	$16^h59{,}9^m$	–21°47,5'	10,4
6. 7.	$16^h56{,}1^m$	–21°42,1'	10,5
11. 7.	$16^h52{,}9^m$	–21°37,5'	10,6
16. 7.	$16^h50{,}3^m$	–21°33,9'	10,8
21. 7.	$16^h48{,}3^m$	–21°31,4'	10,9
26. 7.	$16^h47{,}1^m$	–21°30,2'	10,9
31. 7.	$16^h46{,}5^m$	–21°30,2'	11,0
Efemerida asteroidu (65) Cybele			
25. 6.	$17^h28{,}4^m$	–18°17,9'	11,1
30. 6.	$17^h24{,}8^m$	–18°19,1'	11,2
5. 7.	$17^h21{,}5^m$	–18°21,2'	11,3
10. 7.	$17^h18{,}6^m$	–18°24,2'	11,4
15. 7.	$17^h16{,}1^m$	–18°28,2'	11,5
20. 7.	$17^h14{,}2^m$	–18°33,0'	11,6
Efemerida asteroidu (124) Alkeste			
1. 7.	$18^h04{,}1^m$	–18°25,2'	11,2
6. 7.	$17^h59{,}7^m$	–18°27,7'	11,3
11. 7.	$17^h55{,}7^m$	–18°31,0'	11,4
16. 7.	$17^h52{,}2^m$	–18°35,3'	11,6
21. 7.	$17^h49{,}3^m$	–18°40,4'	11,7
26. 7.	$17^h47{,}0^m$	–18°46,4'	11,8
31. 7.	$17^h45{,}4^m$	–18°53,1'	11,9



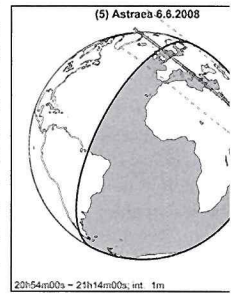
(3) Juno začne svoju júnovú púť oblohou 1,5° pod jasnou guľovou hviezdokopou M 14 (7,6 mag), prejde ponad nevýraznou NGC 6366 (9,2 mag) a od polovice do konca júla bude 2° od skvelej guľovej hviezdokopy M 10 (6,6 mag).

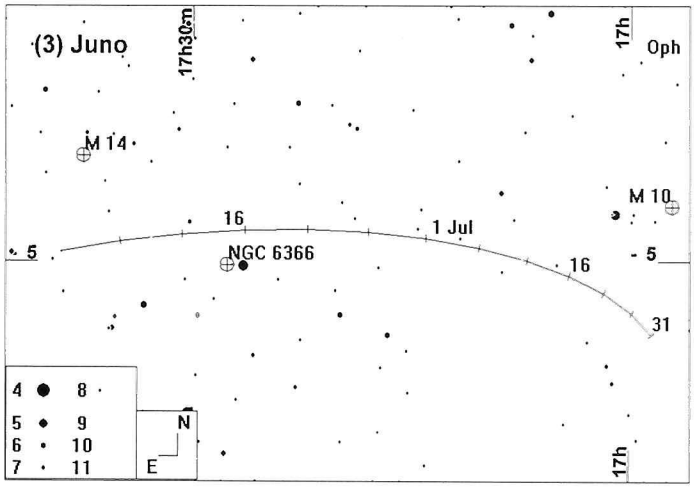
(44) Nysa prejde 6. 6. v tesnej blízkosti (2' južne) jasnej červenej hviezdy φ Oph (4,3 mag), (20) Massalia 24. 6. 48' severne od uhlovo malej guľovej hviezdokopy NGC 6287 (9,4 mag) a 9. 7. 32' severne od ďalšej podobnej guľovky, NGC 6235 (10 mag).

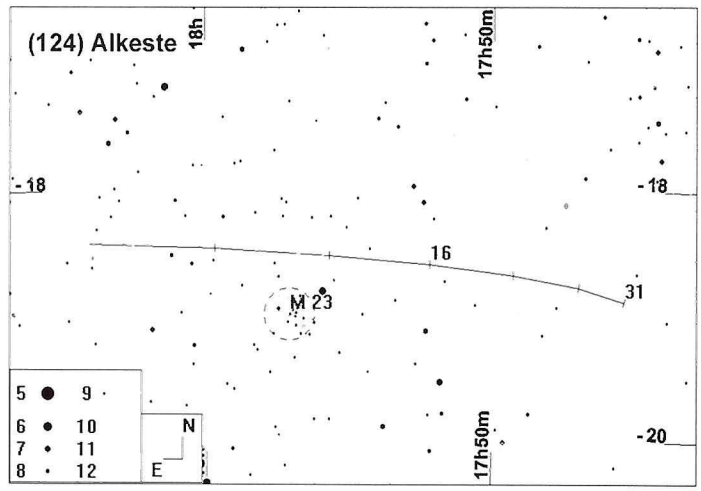
(65) Cybele bude 1.7. 30' južne od NGC 6356 (8,3 mag) a 9. 7. len 7' severne od M 9 (7,7 mag). V ten istý deň sa (124) Alkeste priblíži k jasnej otvorenej hviezdokope M 23 (5,5 mag), od ktorej bude 0,5° severne.

(19) Fortuna prejde v polovici júna medzi jasnou hviezdou μ Sgr (3,8 mag) a riedkou otvorenou hviezdokopou NGC 6568 (8,6 mag).

Z nominálnych predpovedí je pre naše územie najperspektívnejší zákryt asteroidom (5) Astraea 6. júna 22,0 SEČ. Hviezda je dostatočne jasná (8,7 mag) a vysoko nad obzorom (32°). Upresnenia predpovedí pre tieto cenné pozorovania sú na stránke http://astrosurf.com/eaon/.







Tabuľky východov a západov (apríl – máj)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 6.	3:43	19:34	3:03	20:14	2:07	21:09	0:44	22:34
6. 6.	3:40	19:38	2:59	20:19	2:02	21:16	0:31	22:49
11. 6.	3:39	19:41	2:57	20:22	1:59	21:21	0:18	23:03
16. 6.	3:38	19:44	2:56	20:25	1:58	21:24	0:08	23:15
21. 6.	3:39	19:45	2:57	20:27	1:58	21:26	0:05	23:19
26. 6.	3:41	19:46	2:58	20:27	2:00	21:26	0:10	23:14
1. 7.	3:43	19:45	3:01	20:26	2:03	21:24	0:22	23:03
6. 7.	3:47	19:43	3:06	20:23	2:09	21:20	0:37	22:50
11. 7.	3:51	19:40	3:11	20:20	2:15	21:15	0:52	22:37
16. 7.	3:56	19:36	3:16	20:15	2:22	21:08	1:07	22:23
21. 7.	4:01	19:31	3:23	20:09	2:31	21:01	1:21	22:09
26. 7.	4:07	19:25	3:30	20:02	2:40	20:52	1:36	21:55
31. 7.	4:14	19:18	3:37	19:55	2:49	20:42	1:49	21:42

Mesiac

	Východ	Západ
1. 6.	1:34	17:01
6. 6.	6:04	22:33
11. 6.	12:33	
16. 6.	18:15	1:28
21. 6.	21:50	5:49
26. 6.	23:17	11:54
1. 7.	1:16	18:41
6. 7.	7:47	21:42
11. 7.	13:49	23:05
16. 7.	18:50	1:30
21. 7.	20:51	7:16
26. 7.	22:29	13:41
31. 7.	2:28	18:57

Jupiter

	Východ	Západ
1. 6.	22:13	6:50
6. 6.	21:52	6:28
11. 6.	21:32	6:06
16. 6.	21:10	5:44
21. 6.	20:48	5:22
26. 6.	20:27	4:59
1.7.	20:05	4:36
6. 7.	19:44	4:13
11.7.	19:22	3:50
16.7.	19:00	3:27
21.7.	18:38	3:04
26.7.	18:16	2:42
31.7.	17:55	2:19

Merkúr

	Východ	Západ
1. 6.	4:26	20:06
6. 6.	4:06	19:28
11. 6.	3:44	18:49
16. 6.	3:21	18:18
21. 6.	3:01	17:58
26. 6.	2:44	17:49
1. 7.	2:33	17:51
6. 7.	2:28	18:02
11. 7.	2:30	18:20
16. 7.	2:43	18:42
21. 7.	3:07	19:05
26. 7.	3:40	19:22
31. 7.	4:16	19:33

Saturn

	Východ	Západ
1. 6.	10:19	0:21
6. 6.	10:01	0:02
11. 6.	9:43	23:39
16. 6.	9:25	23:20
21. 6.	9:08	23:01
26. 6.	8:50	22:42
1. 7.	8:33	22:23
6. 7.	8:16	22:04
11. 7.	7:59	21:46
16. 7.	7:42	21:27
21. 7.	7:26	21:08
26. 7.	7:09	20:50
31. 7.	6:52	20:31

Venuša

	Východ	Západ
1. 6.	3:40	19:20
6. 6.	3:40	19:32
11. 6.	3:42	19:44
16. 6.	3:46	19:53
21. 6.	3:52	20:01
26. 6.	4:00	20:07
1. 7.	4:09	20:11
6. 7.	4:20	20:13
11. 7.	4:33	20:14
16. 7.	4:46	20:13
21. 7.	5:00	20:10
26. 7.	5:15	20:06
31. 7.	5:30	20:00

Urán

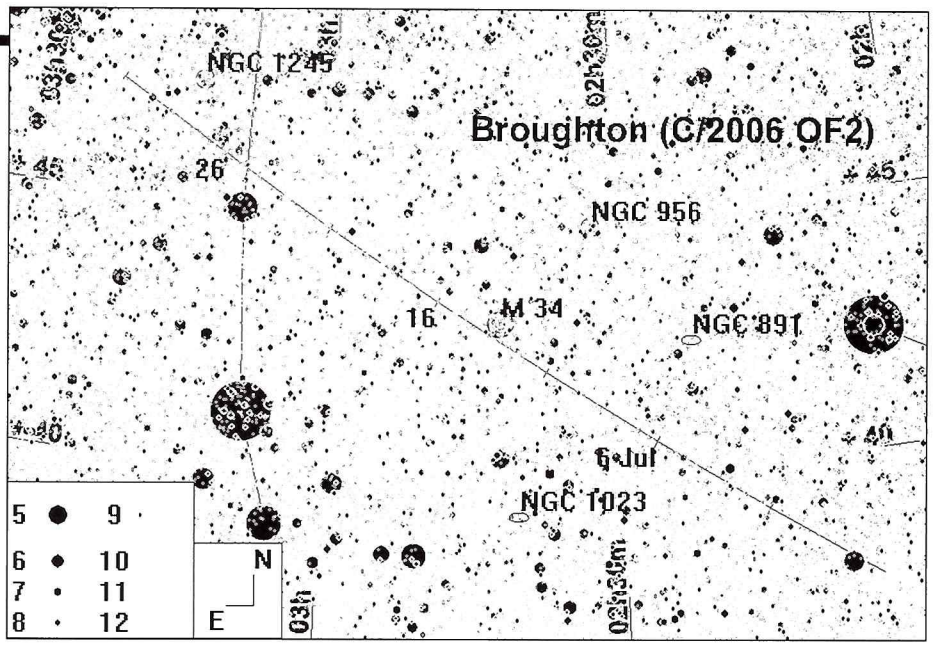
	Východ	Západ
1. 6.	0:47	12:18
6. 6.	0:27	11:59
11. 6.	0:08	11:40
16. 6.	23:45	11:21
21. 6.	23:25	11:01
26. 6.	23:06	10:42
1. 7.	22:46	10:22
6. 7.	22:26	10:02
11. 7.	22:06	9:43
16. 7.	21:47	9:22
21. 7.	21:27	9:02
26. 7.	21:07	8:42
31. 7.	20:47	8:21

Mars

	Východ	Západ
1. 6.	8:28	23:31
6. 6.	8:24	23:18
11. 6.	8:21	23:05
16. 6.	8:17	22:51
21. 6.	8:14	22:38
26. 6.	8:11	22:24
1. 7.	8:08	22:10
6. 7.	8:05	21:57
11. 7.	8:02	21:43
16. 7.	8:00	21:29
21. 7.	7:57	21:15
26. 7.	7:54	21:01
31. 7.	7:52	20:47

Neptún

	Východ	Západ
1. 6.	23:44	9:46
6. 6.	23:24	9:26
11. 6.	23:04	9:06
16. 6.	22:44	8:46
21. 6.	22:25	8:26
26. 6.	22:05	8:06
1. 7.	21:45	7:46
6. 7.	21:26	7:26
11. 7.	21:05	7:05
16. 7.	20:45	6:45
21. 7.	20:25	6:25
26. 7.	20:06	6:04
31. 7.	19:46	5:44



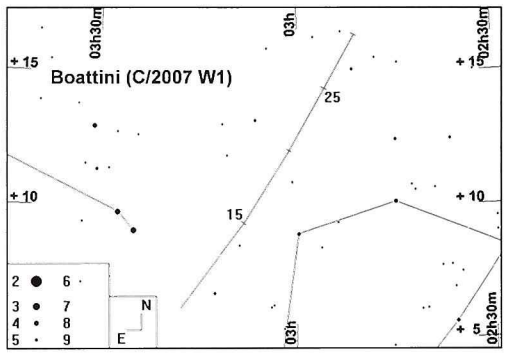
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el	
Efemerida kométy 17P/Holmes					
1. 6.	06h14,4m	+34°36,6'	7,1	24,8	
6. 6.	06h22,4m	+34°22,4'	7,1	22,0	
11. 6.	06h30,3m	+34°07,5'	7,2	19,3	
16. 6.	06h38,2m	+33°51,9'	7,2	16,8	
21. 6.	06h46,0m	+33°35,6'	7,3	14,4	
26. 6.	06h53,7m	+33°18,7'	7,4	12,4	
1. 7.	07h01,3m	+33°01,1'	7,4	10,9	
6. 7.	07h08,8m	+32°43,0'	7,5	10,2	
11. 7.	07h16,2m	+32°24,2'	7,5	10,4	
16. 7.	07h23,5m	+32°05,0'	7,5	11,5	
21. 7.	07h30,7m	+31°45,3'	7,6	13,3	
26. 7.	07h37,7m	+31°25,3'	7,6	15,6	
31. 7.	07h44,6m	+31°04,9'	7,7	18,2	
Efemerida kométy Boattini (C/2007 W1)					
10. 7.	03h17,6m	+06°06,9'	6,7	60,0	
15. 7.	03h08,1m	+09°18,9'	7,1	65,8	
20. 7.	03h01,2m	+12°01,9'	7,5	71,2	
25. 7.	02h55,8m	+14°21,6'	7,9	76,5	
30. 7.	02h51,1m	+16°21,8'	8,2	81,8	
Efemerida kométy 6P/d'Arrest					
6. 7.	19h33,5m	+11°39,3'	12,1	144,8	Aql
11. 7.	19h36,7m	+09°50,3'	11,7	147,9	Aql
16. 7.	19h40,2m	+07°27,3'	11,4	151,2	Aql
21. 7.	19h44,1m	+04°28,4'	11,1	154,7	Aql
26. 7.	19h48,6m	+00°53,8'	10,9	158,1	Aql
31. 7.	19h53,8m	−03°13,4'	10,7	160,9	Aql
Efemerida kométy Broughton (C/2006 OF2)					
26. 6.	02h05,6m	+37°35,9'	12,0	55,6	And
1. 7.	02h15,9m	+39°01,6'	12,0	57,6	And
6. 7.	02h26,5m	+40°26,5'	11,9	59,7	And
11. 7.	02h37,4m	+41°50,3'	11,8	61,7	And
16. 7.	02h48,6m	+43°12,6'	11,8	63,7	Per
21. 7.	03h00,0m	+44°33,2'	11,7	65,7	Per
26. 7.	03h11,7m	+45°51,7'	11,6	67,7	Per
31. 7.	03h23,6m	+47°08,0'	11,6	69,7	Per
Efemerida kométy Mc Naught (C/2006 Q1)					
1. 6.	10h19,4m	−15°05,5'	11,5	91,8	Hya
6. 6.	10h26,1m	−13°41,9'	11,5	88,3	Hya
11. 6.	10h33,0m	−12°24,7'	11,6	84,8	Hya
16. 6.	10h40,0m	−11°13,7'	11,6	81,4	Sex
21. 6.	10h47,2m	−10°08,8'	11,7	77,9	Sex
26. 6.	10h54,5m	−09°09,7'	11,7	74,5	Crt
1. 7.	11h02,0m	−08°16,2'	11,7	71,1	Crt
6. 7.	11h09,5m	−07°27,9'	11,8	67,7	Crt
11. 7.	11h17,1m	−06°44,6'	11,8	64,4	Crt
16. 7.	11h24,8m	−06°05,8'	11,9	61,1	Leo
21. 7.	11h32,5m	−05°31,2'	11,9	57,8	Leo
26. 7.	11h40,3m	−05°00,5'	12,0	54,5	Vir
31. 7.	11h48,1m	−04°33,3'	12,0	51,3	Vir

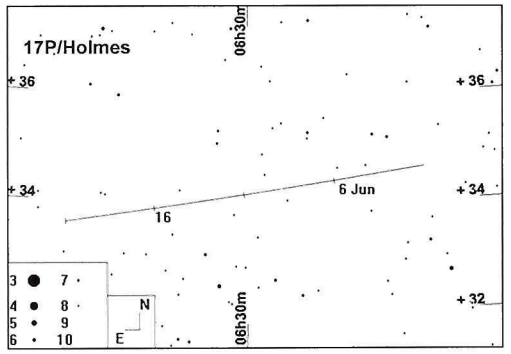
Kométy

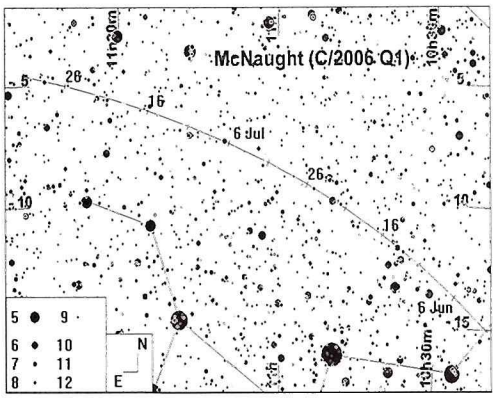
17P/Holmes je stále pomerne jasná, no pre jej veľký uhlový rozmer (1 – 1,5°) sa stáva v našich podmienkach presvetlenej oblohy prakticky nepozorovateľnou. V júni a júli bude ešte stále jasnejšia ako 7 mag, no pozorovacie podmienky sa zhoršujú, elongácia od Slnka klesá. Posledné odhady jasnosti voľným okom sú z druhej polovice februára, keď jej celková jasnosť bola okolo 4,5 mag. Šancu na jej zachytenie máme len fotograficky objektívom s dostatočne veľkým poľom.

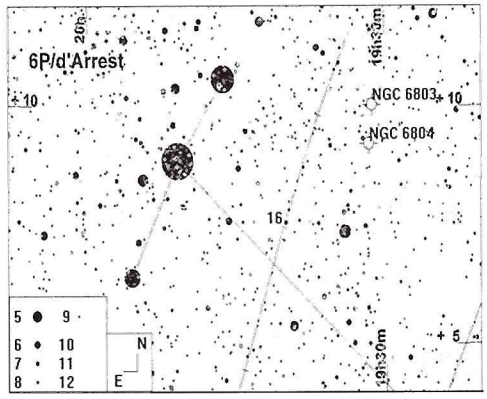
Od konca prvej júlovej dekády bude možné na oblohe nájsť ďalšiu, pomerne jasnú, kométu Boattini, na pozorovanie ktorej by nám mal stačiť aj silnejší triéder. Ďalšie kométy sú slabšie, jasnosťou sú medzi 11 – 12 mag. Veľmi dobré sú podmienky pozorovateľnosti kométy 6P/d'Arrest a vhodnými geometrickými sa vyznačuje aj Broughton.

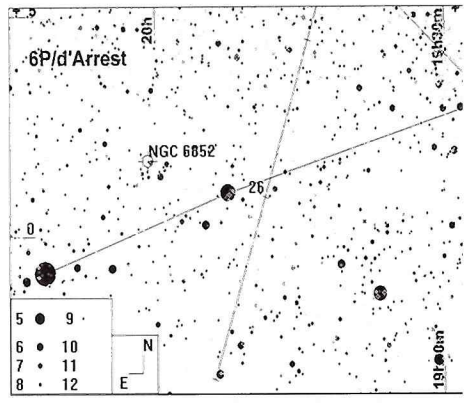
Pre astrofotografov by mohlo byť inšpirujúce vzájomné priblíženie na vzdialenosť necelého stupňa komét C/2006 Q1 (McNaught) a 124P/Mrkos (15,3 mag) 10. 6.











Meteory

Letné noci bývajú príjemné pre pozorovateľov meteorov, mnohí sa zúčastňujú expedícií ďaleko od rušivého osvetlenia. Počas týchto dvoch mesiacov sa snáď dočkáme už aj vyšších frekvencií. Mimoriadnu pozornosť si zaslúžia júnové Bootidy a koncom júla sú v činnosti hneď tri roje z pracovného zoznamu IMO.

Júnové Bootidy sú znova zaradené do pracovného zoznamu IMO, nakoľko v roku 2008 bola pozorovaná prepočítaná frekvencia 50 – 100 meteorov za hodinu a 23. 6. 2004 bola ZHR 20 – 50. Toto maximum bolo pozorované oproti predpovedi skôr. Novšie teoretické modely tohto roja, ktorý súvisí s kométou 7P/Pons-Winnecke, však ukazujú, že predchádzajúce výpočty o neaktívnosti roja boli nesprávne. Pozorovanie tohto roja je teda veľmi cenné, meteory od sporadického pozadia odlíšime ľahko, nakoľko sú veľmi pomalé. Maximum je predpovedané na ráno 27. 6., no vzhľadom na nedostatok pozorovaní z posledných rokov je možné, že tento údaj je nepresný a teda je vhodné pozorovaniami pokryť celé obdobie aktivity roja. V maxime vychádza Mesiac po poslednej štvrti až o polnoci a radiant je vysoko nad obzorom.

Južné Piscidy majú o niečo horšie pozorovacie podmienky, ich radiant kulminuje len nízko (12°) nad obzorom, frekvencia roja je nízka a meteory slabé.

V relatívnej blízkosti južných Piscíd je radiant aktívnejších južných δ Akvaríd (ZHR 20), ktoré majú maximum súčasne s Piscidami. Pozorovacie podmienky sú relatívne dobré, Mesiac je 2 dni po poslednej štvrti.

Dva dni po maxime Akvaríd je maximum málo výrazných α Kaprikorníd, ktoré však prekvapujú jasnými meteormi. Od polovice júla sa pomaličky začína aj aktivita Perzeíd.

Pavol Rapavý

Meteorické roje (jún – júl)

Roj	Aktivita	Max.	λ_S [°]	α [°]	δ [°]	v [km/s]	r	ZHR
anithelionový zdroj (ANT)	26. 11. – 24. 9.					30	3	3
júnové Bootidy (JBO)	22. 6. – 2. 7.	27. 6.	95°7	224°	+48°	18	2	var
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	27. 7.	125°	341°	– 30°	35	3	5
južné δ Akvaridy (SDA)	12. 7. – 19. 8.	27. 7.	125°	339°	– 16°	41	3	20
α Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	29. 7.	127°	307°	– 10°	23	3	4
Perzeidy (PER)	17. 7. – 24. 8.	12. 8.	140°0	46°	+58°	59	3	100

Kalendár úkazov a výročí (jún – júl)

1. 6. asteroid (44) Nysa v opozícii (10,4 mag)
1. 6. asteroid (324) Bamberga v opozícii (11,0 mag)
1. 6. asteroid (416) Vaticana v opozícii (10,2 mag)
2. 6. 25. výročie (1983) štartu Venery 15
3. 6. 60. výročie (1948) 5 m ďalekohľadu na Mt. Palomar (Haleov ďalekohľad)
3. 6. 20,4 Mesiac v nove
3. 6. 14,2 Mesiac v prízemí (357 254 km)
3. 6. 25. výročie (1983) štartu Venery 16
7. 6. 8,6 Merkúr v prízemí (0,54977 AU)
7. 6. 16,4 Merkúr v dolnej konjunkcii
7. 6. 17,8 Merkúr v odsluní (0,4667 AU)
8. 6. 2,5 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 1,9° sev.)
9. 6. 7,1 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 3,4° sev.)
9. 6. 5,5 Venuša v odzemí (1,73558 AU)
9. 6. 5,6 Venuša v hornej konjunkcii
10. 6. 200. výročie (1808) narodenia F. Kaisera
10. 6. 5. výročie (2003) štartu Mars Exploration Rover A (Spirit)
10. 6. 35. výročie (1973) štartu Exploreru 49
10. 6. 16,1 Mesiac v prvej štvrti
11. 6. asteroid (20) Massalia v opozícii (9,9 mag)
13. 6. 150. výročie (1858) narodenia G. H. Knibbsa
13. 6. asteroid (3) Juno v opozícii (10,0 mag)
15. 6. asteroid (65) Cybele v opozícii (10,9 mag)
16. 6. 18,5 Mesiac v odzemí (406 225 km)
16. 6. 45. výročie (1963) letu Valentiny Tereškovovej (1. žena vo vesmíre)
18. 6. 18,5 Mesiac v splne
18. 6. 25. výročie (1983) letu Sally Rideovej (1. žena z USA vo vesmíre)
19. 6. 15,6 Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať priamo
20. 6. 14,1 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 2,8° severne)
20. 6. 20,7 (134 340) Pluto v opozícii so Slnkom
21. 6. 1,0 letný slnovrat
21. 6. 145. výročie (1863) narodenia Maxa Wolfa
22. 6. asteroid (19) Fortuna v opozícii (10,3 mag)
22. 6. 30. výročie (1978) objavu Charona (mesiac Pluta, J. Christy)
23. 6. asteroid (124) Alkeste v opozícii (11,0 mag)
23. 6. 10,7 Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,4° južne)
24. 6. 125. výročie (1883) narodenia F. V. Hessa
25. 6. 15,8 Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 3,1° južne)
26. 6. 13,2 Mesiac v poslednej štvrti
27. 6. 9,1 Urán v zastávke, začína sa pohybovať spätne
27. 6. 75. výročie (1933) narodenia I. Zajonca
27. 6. 3,5 maximum meteorického roja júnové Bootidy (ZHR var)
28. 6. 18,0 (1) Ceres v konjunkcii so Slnkom
29. 6. 120. výročie (1888) narodenia A. A. Fridmana
29. 6. 140. výročie (1868) narodenia G. E. Halea
29. 6. 190. výročie (1818) narodenia A. Secchiho
29. 6. 100. výročie (1908) pádu Tunguzského meteoritu
1. 7. 17,8 Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 7,0° južne)
1. 7. 18,9 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (21,8°)
1. 7. 22,4 Mesiac v prízemí (359 515 km)
2. 7. 190. výročie (1818) narodenia K. I. Konstantinova
3. 7. 3,3 Mesiac v nove
3. 7. 10. výročie (1998) Nozomi Launch (Japan Mars Mission)
3. 7. 16,0 Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 1,0° južne)
4. 7. 140. výročie (1868) narodenia H. S. Leawittovej
4. 7. 290. výročie (1718) narodenia P. Lyos de Chéseauxa
4. 7. 8,9 Slnko v prízemí (1,01676 AU)
4. 7. 140. výročie (1868) narodenia Henrietty Leavittovej
5. 7. 75. výročie (1933) narodenia J. V. Evansa
6. 7. 15,5 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,0° severne)
6. 7. 70. výročie (1938) objavu Jupiterovho mesiaca Lysithea (S. Nicholson)
6. 7. 20,5 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 4,0° severne)
6. 7. 5. výročie (2003) štartu Mars Exploration Rover B (Opportunity)
9. 7. 8,6 Jupiter v opozícii
10. 7. 5,6 Mesiac v prvej štvrti
10. 7. 12,6 Jupiter v prízemí (4,16097 AU)
10. 7. 18,8 Mars v konjunkcii so Saturnom (Mars 0,7° južne)
10. 7. 350. výročie (1758) narodenia L. F. Marsigliho
11. 7. 110. výročie (1898) narodenia N. I. Boneva
11. 7. 23,3 Venuša v prísluní (0,71844 AU)
11. 7. 20. výročie (1988) štartu Phobosu 2
14. 7. 5,2 Mesiac v odzemí (405 453 km)
15. 7. asteroid (17) Thetis v opozícii (9,9 mag)
16. 7. 270. výročie (1738) narodenia F. Tauchera
16. 7. asteroid (51) Nemausa v opozícii (10,6 mag)
16. 7. 70. výročie (1938) narodenia M. Havriľáka
17. 7. 180. výročie (1728) narodenia V. P. Engeľgarta
17. 7. 310. výročie (1698) narodenia P. Maupertiusa
17. 7. 13,1 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,0° severne)
18. 7. 9,0 Mesiac v splne
20. 7. 14,2 Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,3° južne)
21. 7. 17,4 Merkúr v prísluní (0,3075 AU)
21. 7. 35. výročie (1973) štartu Marsu 4
22. 7. 19,3 Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 2,9° južne)
23. 7. 130. výročie (1878) narodenia A. Dittricha
25. 7. 19,7 Mesiac v poslednej štvrti
25. 7. 35. výročie (1973) štartu Marsu 5
25. 7. 45. výročie (1963) štartu Syncomu 2 (1. geosynchrónna družica)
27. 7. maximum meteorického roja južné Piscidy (ZHR 5)
27. 7. maximum meteorického roja južné δ Akvaridy (ZHR 20)
28. 7. 80. výročie (1928) narodenia R. Lyndsa
29. 7. maximum meteorického roja α Kaprikornidy (ZHR 4)
29. 7. asteroid(346) Hermentaria v opozícii (10,7 mag)
29. 7. 21,1 Merkúr v hornej konjunkcii
30. 7. 0,4 Mesiac v prízemí (363 885 km)
30. 7. 70. výročie (1938) objavu Jupiterovho mesiaca Carme (S. Nicholson)
30. 7. 130. výročie (1878) narodenia J. Stebbinsa
1. 8. 11,2 Mesiac v nove (úplné zatmenie Slnka, od nás pozorovateľné ako čiastočné)
2. 8. 12,5 Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 2,7° severne)
2. 8. 14,4 Merkúr v prízemí (1,34812 AU)
3. 8. 9,9 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 3,8° severne)
4. 8. 8,2 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,9° severne)

Seminár ZIRO 2008

Tradičný celoslovenský odborný astronomický seminár *ZIRO* (ZImné ROztoky) sa konal na roztockej hvezdárni v dňoch 3. – 5. apríla 2008. Podujatie organizovali Hvezdáreň Roztoky – vysunuté pracovisko Podduklianskeho osvetového strediska vo Svidníku, Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove a Ústav fyzikálnych vied Prírodovedeckej fakulty Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach. V organizačnom výbore boli ešte pracovníci z Vihorlatskej hvezdárne v Humennom (I. Kudzej) a z Hvezdárne v Michalovciach (Z. Komárek), zakladatelia tohto seminára, ktorý sa organizuje už od roku 1994. Pôvodne bol seminár zameraný najmä na pozorovanie a výskum premenných hviezd, no od roku 2007 získal ráz všeobecného astronomického seminára. V tomto roku sa tu stretlo do 30 pozorovateľov, astronómov, študentov astronómie i členov astronomických krúžkov, aby prezentovali dosiahnuté výsledky, vymenili si poznatky, názory a skúsenosti z oblasti stelárnej astronómie, výskumu Slnka, prístrojovej pozorovacej techniky a spracovania pozorovaní. Prvý deň podvečer – vo štvrtok – sa po oficiálnom otvorení (D. Baluďanský, Hvezdáreň Roztoky) sa seminár začal prednáškou Š. Parimuchu (Ústav fyzikálnych vied PrF UPJŠ) o počítačovom programe na CCD-fotometriu premenných hviezd, ktorý sám vyvíja, a dal mu názov SPHOTOM. O svojom dlhodobom pobyte na kanadskom David Dunlop Observatory a pozorovaniach dvojhviezd i násobných sústav a o výsledkoch pozorovaní informoval T. Pribulla (AsÚ SAV, Tatranská Lomnica). V piatok sa začal dopoludňajší program spoločným príspevkom I. Kudzeja a P. A. Dubovského (Hvezdáreň v Humennom) – prezentáciou prístrojového vybavenia Astronomického observatória na Kolonickom sedle a výsledkov pozorovaní. Okrem najväčšieho slovenského ďalekohľadu, 1-metrového reflektora VNT (Vihorlatský národný teleskop), vybaveného dvojkanálovým fotoelektrickým fotometrom i CCD kamerou je tu niekoľko ďalších ďalekohľadov so CCD kamerami. Všetky prístroje sa bohato využívajú a dávajú vo fotometrii premenných hviezd veľmi dobré výsledky. Vo svojej druhej prednáške nás T. Pribulla poinformoval o kanadskej družici MOST určenej na družicovú fotometriu premenných hviezd, z ktorej spracúva pozorovania. Š. Parimucha vo svojom druhom príspevku oboznámil účastníkov seminára s parametrami novoobjavenej zákrytovej premennej hviezdy GSC 00008-00901. Pred obedňajšou prestávkou nás ešte Ľ. Hambálek (AsÚ SAV, Tatranská Lomnica) zoznámil s novými premennými hviezdami objavenými na CCD snímkach, získaných na meranie jasnosti iných, už starých známych premenných hviezd. Po obede a obhliadke prístrojového vybavenia roztockej hvezdárne (40 cm reflektor Cassegrain s CCD kamerou SBIG ST-8, teleobjektív Nikkor 1:2/200 mm s CCD kamerou Meade, 15 cm refraktor) prednášal Z. Komárek (Hvezdáreň v Michalovciach) o dvojhviezdnych sústavách, v ktorých je jednou zložkou neutrónová hviezda. V spoločnom príspevku (I. Dorotovič, V. Karlovský, R. Erdélyi) nás zoznámil V. Karlovský (Hvezdáreň a planetárium Hlohovec) s magneto-akustickými vlnami v slnečných póroch. M. Lorenc (Slovenská ústredná hvezdáreň Hurbanovo) potom porozprával o práve uplynulom 23. cykle slnečnej aktivity. Piatkový prednáškový program ukončil druhý príspevok V. Karlovského o slnečnej aktivite a nízkodimenzionálnom chaose. Večer v informačnom bloku odznelo ešte niekoľko krátkych príspevkov o rôznych novinkách a postrehoch účastníkov. V sobotu dopoludnia vo svojej druhej prednáške Z. Komárek predstavil viacnásobné systémy hviezd a efekty v týchto sústavách. Posledné slovo mal domáci D. Baluďanský o nových trendoch vo fotometrických CCD pozorovaniach v Roztokách. Ten aj zhodnotil a ukončil úspešný seminár ZIRO 2008.

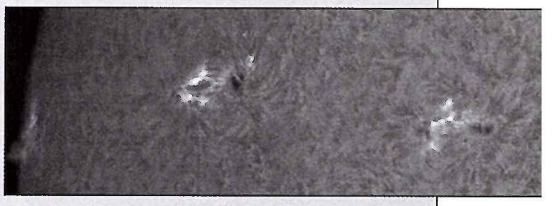
Ostáva mi už len poďakovať sa domácim pracovníkom D. Baluďanskému a V. Bojkasovi za vynikajúcu starostlivosť o účastníkov a zabezpečenie príjemných podmienok na priebeh seminára. Takže dovidenia na ZIRO 2009!

RNDr. Zdeněk Komárek

Slnečná aktivita

február – marec 2008

Koncom marca sa na Slnku objavili nové škvrny. Sú znázornené na pripojenom obrázku, ktorý je urobený cez H_α filter. Určitý vzrast slnečnej aj geomagnetickej aktivity možno pozorovať aj na grafických priebehoch.



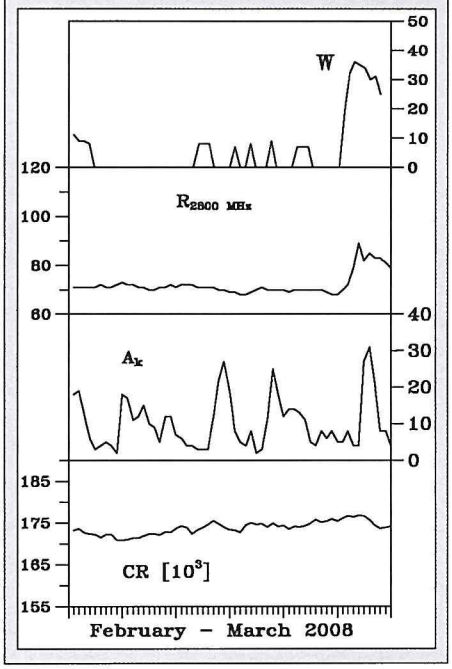
25. marca pozorovali aj erupciu typu M2, po ktorej sa objavil koronálny tranzient (výron koronálnej hmoty – CME – Coronal Mass Ejection). Ako však informovala služba „Space Weather", CME však nesmeroval k Zemi a jeho pohyb bol sprevádzaný rádiovým vzplanutím typu II.

Na tomto úkaze by nebolo nič zvláštne, nebyť dlhého obdobia s minimálnou slnečnou aktivitou. Od polovice roku 2006, t. j. takmer dva roky, sme stále registrovali iba minimálnu aktivitu. 31. júla 2006 sa objavila škvrna s opačnou polaritou, ako mali ostatné, a predpokladalo sa, že začína nový 24. cyklus slnečnej aktivity. Avšak očakávaný vzrast aktivity nenastal.

Paradoxne, opisovaný súčasný vzrast aktivity podľa polarity škvŕn nesvedčí o začiatku nového cyklu, lebo polarita skupiny je rovnaká ako v 23. cykle. Teda pravdepodobne ide o efemérny vzrast aktivity starého cyklu.

Výraz „pravdepodobne" používam preto, že zákonitosť o striedaní polarity vedúcej škvrny skupiny na severnej a južnej pologuli Slnka v zasebou idúcich cykloch slnečnej aktivity má iba štatistický charakter, t. j. platí pre prevažnú väčšinu prípadov.

MILAN RYBANSKÝ



PREDÁM zrkadlový ďalekohlad NEWTON 150/1330, paralaktická montáž, pohon, delené kruhy, (bez hladáčika) okulár K12 a K20 + astrosolarovú fóliu (potrebné opatovne galvanizovať). Cena cca 10 000 Sk alebo dohoda. BRANISLAV GÁLIK, Novojelčanská 853, JELKA 925 23. Tel. 0904 348.

V dňoch 11. a 12. októbra 2007 sa v kine Fontána v Piešťanoch konala prehliadka krátkych filmov z oblasti astronómie, kozmonautiky a príbuzných prírodných vied.

Organizátormi prehliadky bola Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, mesto Piešťany a MsKS mesta Piešťany, Krajská hvezdáreň a planetárium M. Hella – Hvezdáreň v Banskej Bystrici a Tekovská hvezdáreň Leviciach.

Počas dvoch prehliadkových dní účastníci podujatia uvideli 21 krátkych filmov v trvaní 8 hodín 33 minút, 3 celovečerné filmy, boli účastníkmi zábavného multimediálneho stretnutia, pozreli si výstavu, v prenosnom planetáriu Starlab si priblížili hviezdy nad hlavou, ktoré za pomoci prenosných ďalekohľadov mohli vidieť aj v skutočnosti.

Filmy boli rozdelené počas oboch dní do 7 blokov.

ASTROFILM 2007

I. blok *Výskum slnečnej sústavy* priniesol filmy

- *Cassini – Huyghens Mission* (18 min), *Ring World 2* (35 min), *Csillagászat* (Astronómia – Hvezdárstvo).
- *Csillagászat* (35 min) – krátky film z Planetária TIT v Budapešti názorne približuje mladému človeku základy astronómie, náväzne ho „preskúša", čo si zapamätal.

II. blok *filmov Alfa* z Poľskej televízie SA bol rozdelený na dve časti.

- *Lekkošč bytu*; scenár a realizácia Adam Ustynowicz, rok výroby 1996. V program boli použité originálne a unikátne filmové materiály NASA, predstavujúce neobyčajné lekárske experimenty, uskutočnené v kozmickom priestore. Dĺžka trvania filmu 20 minút.
- *Astronauci;* scenár Adam Ustynowicz, rok výroby 1997, doba trvania 25 minút. Dokumentárny film predstavuje stretnutie dvoch kozmonautov Alexeja Leonova a generála Stafforda počas splavu Dunajca, ktorí spomínajú na spoločný let Sojuz – Apollo v roku 1975.
- *Okno do Wszechswiat*; scenár Adam Ustynowicz, rok výroby 1997, dĺžka trvania 19 minút. Filmová relácia z výpravy STS Discovery, ktorého cieľom bola oprava teleskopu HST.
- *Nowe okulary Hubble´a;* scenár a realizácia Adam Ustynowicz, rok výroby 1996. Film ukazuje raketoplán Endeavour, ktorého cieľom bola oprava teleskopu Hubble. Dĺžka trvania filmu 20 minút.
- *Inwazija na Marsa*; rok výroby 1996, dĺžka trvania 20 minút. Scenár, realizácia a produkcia Adam Ustynowicz. Raz za dva roky pripadá najvhodnejšie „štartové okno" na výpravu na Mars. Film ukazuje krátku históriu Marinerov a Vikingov, ako aj Mars Global Surveyor a Mars Pathfinder, ktoré skúmali červenú planétu.

III. blok: Prvý slovenský kozmonaut

- *Prvý kozmonaut*; dokumentárny videofilm o príprave a lete prvého slovenského kozmonauta, príslušníka armády SR, pplk. Ing. Ivana Bellu v rámci medzinárodnej kozmickej posádky na stanicu Mir v dňoch 20. – 28. 2. 1999. Film vyrobila STV v spolupráci s MO SDR v r. 1999, dĺžka trvania 27 min.
- *Projekt Štefánik*; dokumentárny videofilm predstavuje divákovi základné úlohy vedeckého výskumného kozmického programu Štefánik, realizovaného v rámci rusko-francúzsko-slovenského kozmického letu na orbitálnej stanici MIR. V klipe boli použité unikátne, dovtedy nikde nezverejnené zábery z interieru kozmickej lode, ktorá priviezla posádku pri návrate na Zem. Doba trvania filmu 11 minút, vyrobila TAIS MO SR v oddelení audiovizuálnej tvorby r. 1999, odborná spolupráca RNDr. Richard Kvetňanský, DrSc. a plk. Ing. Ivan Bella.

IV. blok *Základy kozmonautiky (Liftoff To Laerning – Poďme sa vzdelávať);* americké vzdelávacie filmy. Filmy približujú podmienky existujúce vo vesmíre. Samotní astronauti počas svojich kozmických misií vysvetľujú základy kozmonautiky. Film vyrobila vzdelávacia divízia NASA v spolupráci s letovým riaditeľstvom Johnsonovho kozmického strediska v Houstone. Preklad a dabing videofilmu zrealizovala Hvezdáreň a planetárium v Prešove s finančným prispením Ministerstva kultúry SR v rámci projektu Svetový kozmický týždeň v roku 2005. Názvy jednotlivých častí:

- *Základy kozmického letu*(21 min), *EVA – vystúpenie do otvoreného priestoru* (14 min).
- *Fungovanie ľudských systémov vo vesmíre* (34 min), *Endeavour vtedy a dnes* (20 min).

V. blok *Pásmo československých dokumentárnych filmov* Vesmírne cesty z rokov 1961 – 1990 v celkovej minutáži 92 minút.

- *Človek a vesmír*; réžia Otakar Krivánek, r. výroby1961, noticka k vypusteniu prvého kozmonauta do vesmíru.
- *Na prahu kozmickej éry*; noticka o kozmických úspechoch človeka v rokoch 1957 – 63. Rok výroby 1964, réžia Dušan Kulíšek.
- *Vtáčí kozmonaut*; vedecký film o podiele čs. biológie pri rozvoji kozmonautiky, réžia Jaroslav Pogran, rok výroby 1982

VI. Iné

- *Sluneční soustava 2003* je krátky dokumentárny film, pojednávajúci o našom planetárnom systéme: Slnku, planétach, menších telesách... Film vznikol metódou počítačovej animácie, niektoré statické scény sú pôvodne maľby. Film je určený pre žiakov základných a stredných škôl, ako aj pre širokú verejnosť. Film vyrobila Hvezdáreň a planetárium Hradec Králové, dĺžka trvania 25 min.
- *Záblesky z minulosti* (40 min). Prehliadka čarovných zákutí vzdialeného vesmíru ako ich sprostredkoval Hubbleov vesmírny ďalekohľad a iné laboratóriá na obežnej dráhe okolo Zeme. Film predstaví hviezdy, hviezdokopy, hmloviny, galaxie, objasní deje v nich a vzťahy medzi nimi. Jednotlivé scény sú použité z archívov NASA a Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu. Film je z produkcie Krajskej hvezdárne a planetária v Žiari nad Hronom.
- *Klíma v ohrození* (slov.film, 25 min). Film z cyklu *Pohľady za horizont* o jednom z globálnych problémov – o skleníkovom efekte. Film poskytla Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica.

Celovečerné filmy

- Filmy z archívu: slovenský film z r. 1983 *Štvrtý rozmer*. Réžia Dušan Trančík, scenár Jozef Puškáš. Doba trvania 74 minút.
- *2001: Vesmírna odysea* (1968); réžia Stanley Kubrick. Doba trvania filmu 139 minút.
- *Stardust* (2007); film Veľkej Británie. Dobrodružno-romantická fantasy podľa knižného bestselleru Neila Gaimana. Doba trvania filmu 127 minút.

- Bonusom za blokmi filmov bol krátky kreslený film z produkcie Juhoslávie z r.1959 *Krava na Mesiaci.*

Sprievodné podujatia

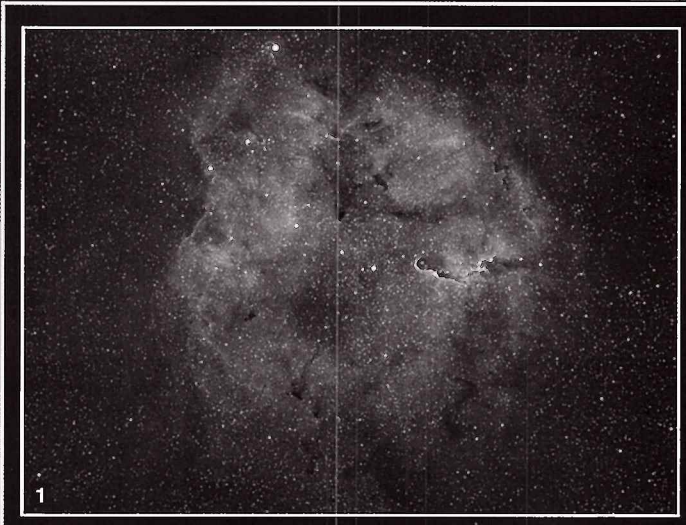
- *Virtuálny vesmír* Mgr. Karola Petríka; zábavné multimediálne stretnutie so svetom nad našimi hlavami: obrazy z kozmu s vtipným živým rozprávaním, hudobnými vstupmi a diskusiou, hrou na gitaru, malá šou pre širokú (aj laickú) verejnosť.
- Výstava fotografií *Astronomické úlovky Pavla Rapavého* v foyeri kina Fontána.
- Malí aj väčší návštevníci sa pokochali krásami oblohy v prenosnom planetáriu levickej hvezdárne *Starlab,* kde im ochotní pracovníci hvezdárne odpovedali na všetečné otázky.
- Nesporne k najzaujímavejším momentom prehliadky filmov bola *beseda s režisérom Trančíkom,* ktorý priblížil prostredie a skutočnosti okolo natáčania filmu *Štvrtý rozmer* v hurbanovskej hvezdárni.
- V *kultúrnom programe* vystúpila hudobná skupina UNO s rytmickými skladbami, k účastníkom sa prihovoril viceprimátor mesta Ing. Timotej Miština, prehliadku navštívil Tomáš Klenovský, výkonný riaditeľ MFF CINEMATIK.

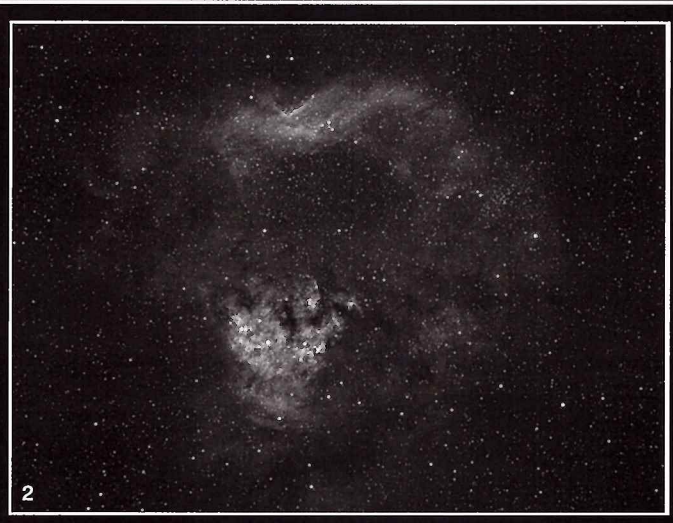
Účastníci prehliadky mali možnosť anketovými lístkami hlasovať za **CENU DIVÁKA**, ktoré získal film Poľskej televízie **Nowé okullary z Hubblea z cyklu filmov Alfa**.

Cenu primátora mesta Piešťany získal vzdelávací cyklus filmov **Základy kozmonautiky** z produkcie prešovskej hvezdárne.

Astrofilm má svoju zvučku, logo, efekty, Cenu primátora aj Cenu diváka. Získal si divákov, ktorí mu ostávajú verní.

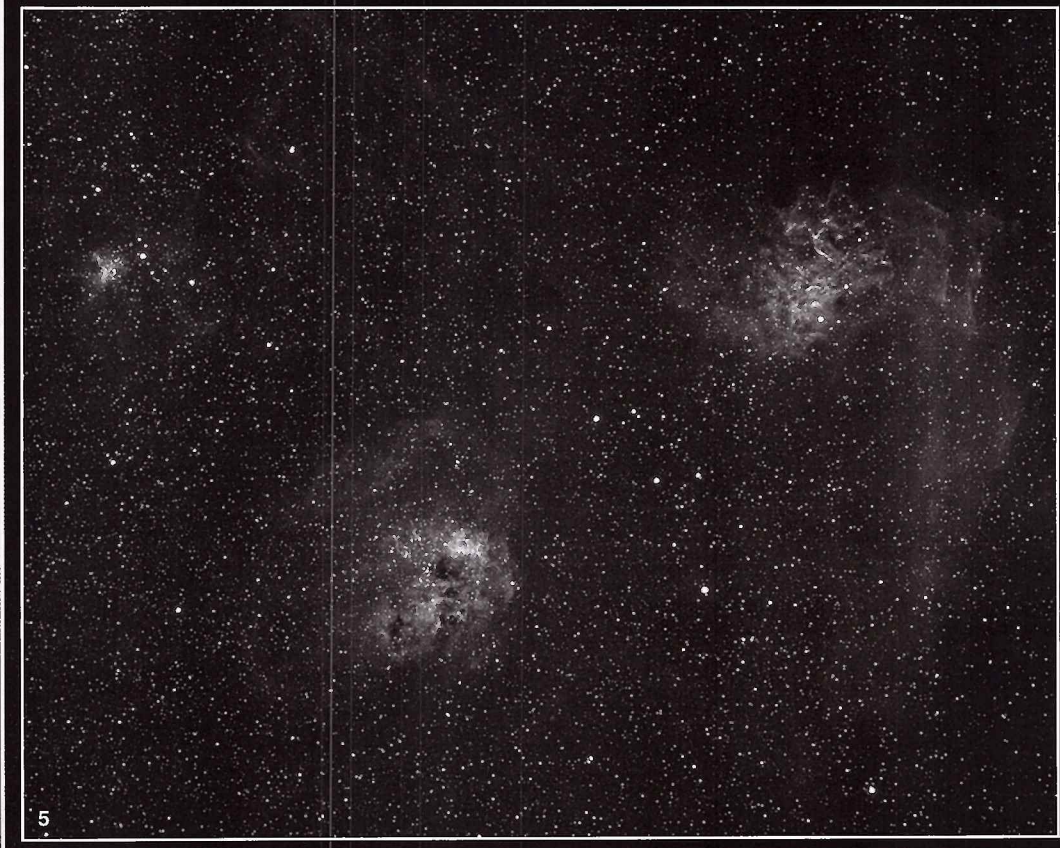
Mgr. Mária Gallová


1


2

3

4


5

Vladana Šmídová: Serial: Menej známe hmloviny v čiare Hα.

1. Hmlovina Sloní chobot (IC1396 + vdB 142 v súhvezdí Cefeus). 1. 11. 2007, 19:05 – 22:35 SEČ. Dĺžka expozície: 6× 13 min + 6× 17 min.

2. Hmlovina NGC7822 a Ced214 v súhvezdí Cefeus. 14. 9. 2007 o 0:02 – 2:30 SEČ a 17. 9. 2007 o 0:15 – 3:08 SEČ. Dĺžka expozície: 10× 13 min + 6× 17 min.

3. Hmlovina Bublinka (NGC7635) a hmloviny NGC7538 a Sh2-157a v súhvezdí Kasiopea. 20. 9. 2007, 0:25 – 2:50 SEČ. Dĺžka expozície: 4× 13 min + 4× 17 min

4. Hmlovina Srdce (IC1805) v súhvezdí Kasiopea. 14. 1. 2007, 18:53 – 21:10 SEČ. Dĺžka expozície: 4× 13 min + 4× 17 min.

5. Hmlovina Planúca hviezda (IC405) a hmloviny IC410 a IC417 v souhvezdi Vozky. 14. 1. 2007, 21:25 – 23:07 SEČ. Dĺžka expozície: 2× 13 min + 4× 17 min.

CELESTRON

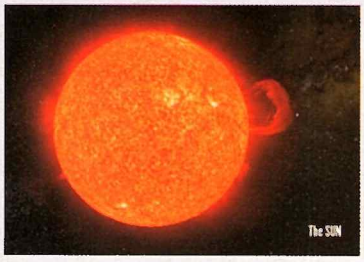
Sky Scout™
Personal Planetarium

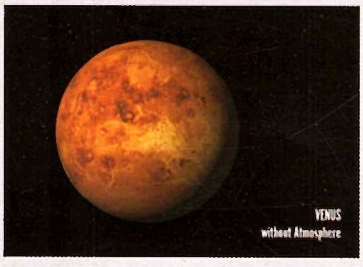
Vyhľadávanie
objektov na oblohe nebolo nikdy jednoduchšie. Váš Sky-Scout vám na oblohe ukáže to čo práve hľadáte.

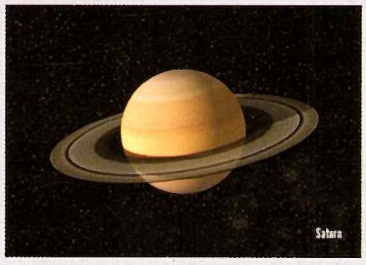
Identifikovanie objektov
stlačením jediného tlačidla zidentifikujete na oblohe akýkoľvek objekt viditeľný voľným okom.

Charakteristika:
Databáza objektov: viac ako 6000 hviezd, 1500 premenných hviezd a dvojhviezd, viac ako 100 objektov nočnej oblohy, uživateľské objekty, viac ako 200 hlasových popisov (v angl. jazyku) najznámejších objektov
Ovládanie: vyhľadávacie tlačidlo, ovládacie štvorpolohové tlačidlo, regulácia osvetlenia displeja a regulácia hlasitosti
Displej: 240x80 bodov s podsvietením
Vstupy a výstupy: SD karta, USB, 3.5 mm audio Jack
Rozmery: 63x101x187 mm, hmotnosť: 435 g
Balenie: prístroj, obal, USB kábel, slúchadlá, CD ROM

NOVINKA NA SLOVENSKU - 3D POHĽADNIC







Exkluzívna svetová novinka aj u nás. 3D pohľadnice vytvorené špeciálnou technológiou. Základná cena 60,-Sk za kus. V ponuke sú mapy sveta a mapy Slovens

TROMF

ASTROSHOP:
TROMF BANSKÁ BYSTRICA
PARTIZÁNSKA 80
TEL.: 048/4142332
MAIL: INFO@CELESTRON.S
WEB: WWW.CELESTRON.S
ISHOP: WWW.TROMF.EU

NOVÁ PREDAJŇA:
TROMF - TACTICAL SHOP
EUROPA SC, B. BYSTRICA
TEL.: 048/4125117

jediný správny web >>> WWW.CELESTRON.SK