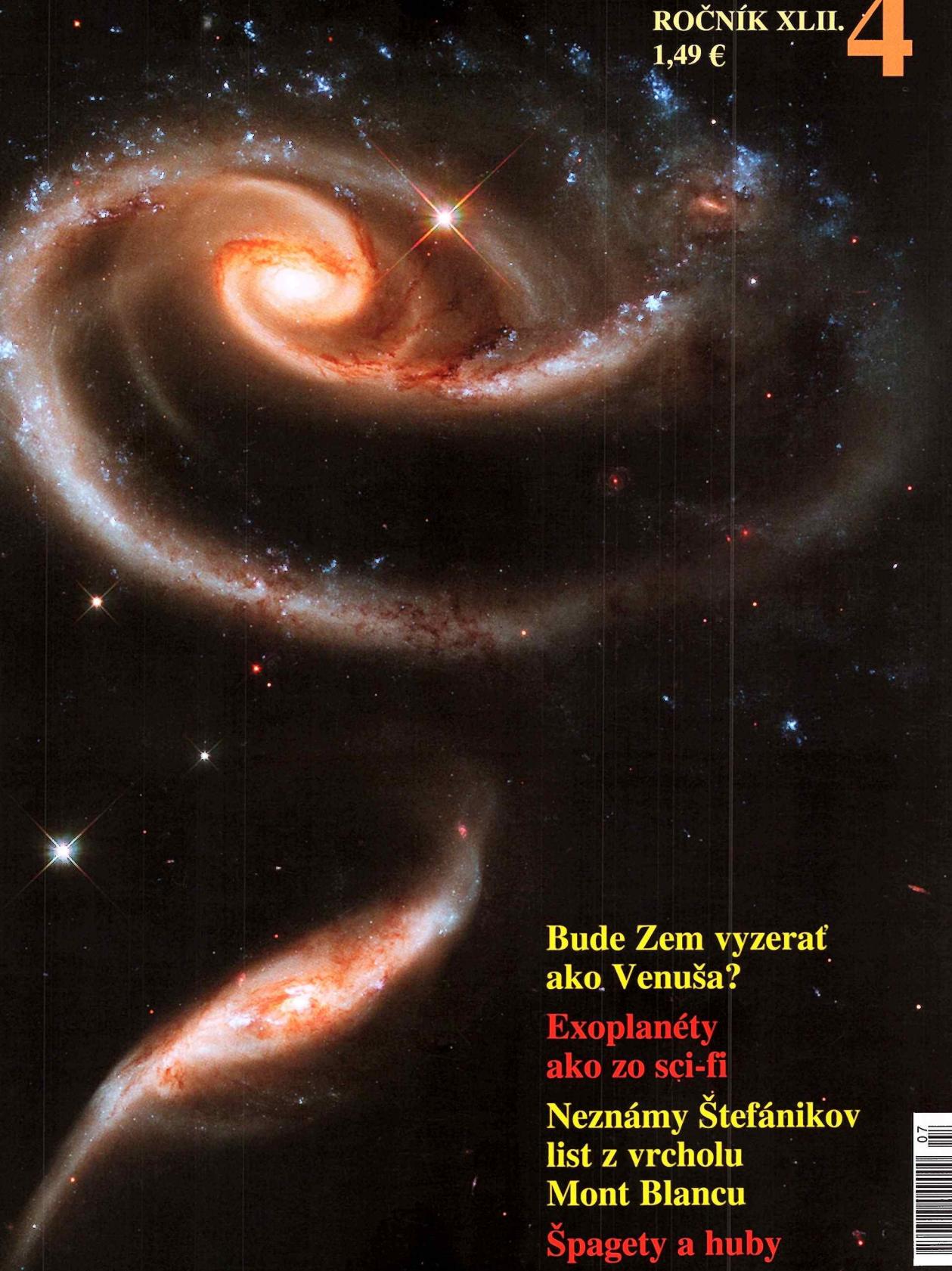


# KOZMOS

2011  
ROČNÍK XLII.  
1,49 €

4



Bude Zem vyzerat  
ako Venuša?

Exoplanéty  
ako zo sci-fi

Neznámy Štefánikov  
list z vrcholu  
Mont Blancu

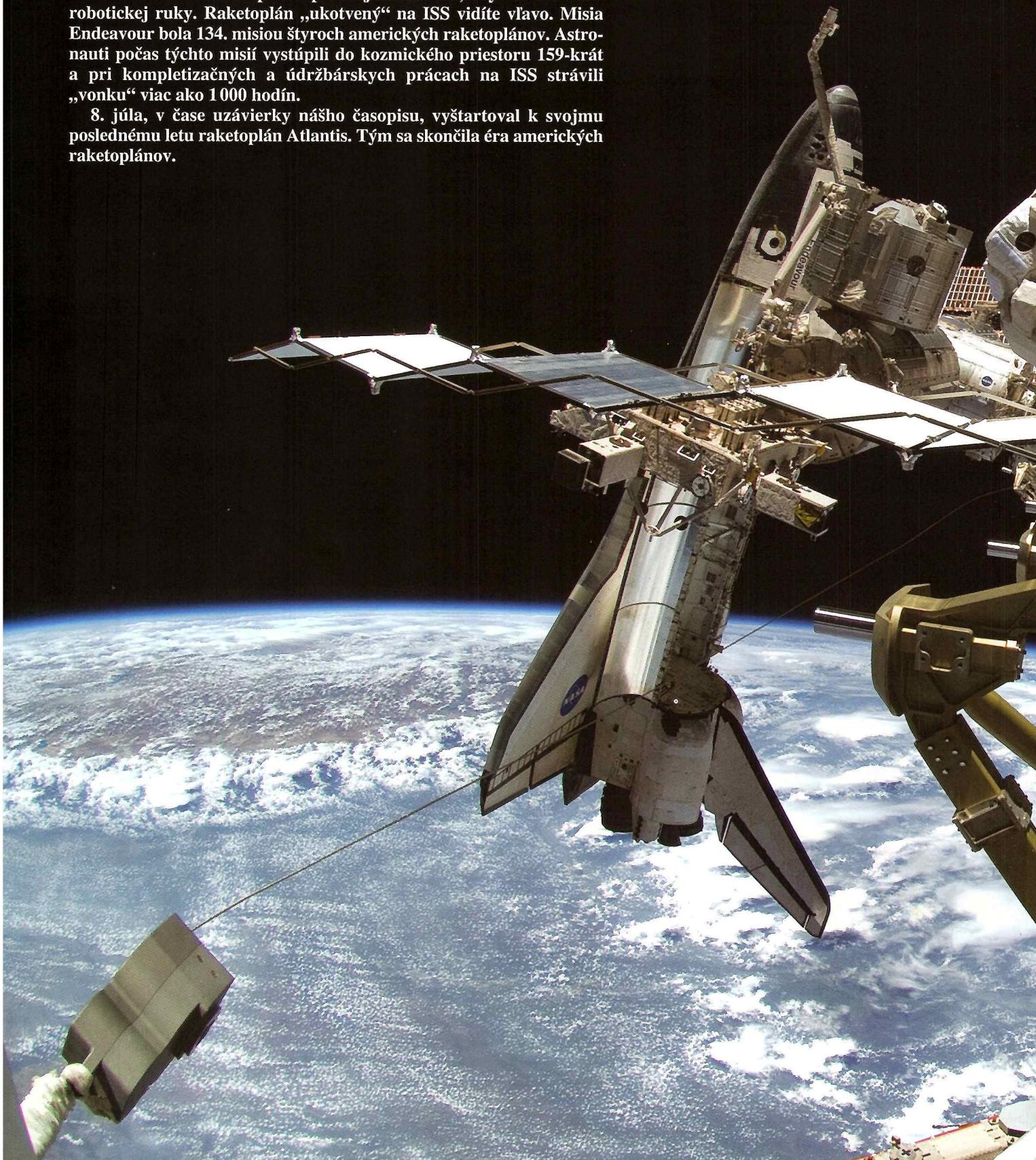
Špagety a huby



# Posledné misie raketoplánov Endeavour a Atlantis

Astronaut Michael Fincke (*hore v strede*), člen posádky raketoplánu Endeavour, počas štvrtej „vychádzky“. Cieľom vychádzky, ktorá trvala 7 hodín a 24 minút, bola záverečná kompletizácia amerického segmentu Medzinárodnej kozmickej stanice ISS. Segment sa kompletoval celých 12 rokov. Fincke uvoľnil z raketoplánu a pripojiil na teleso ISS 15 metrov dlhý prístroj OBSS, čidlo, ktoré overovalo, či tepelný štít raketoplánu nie je poškodený. Nakolko išlo o poslednú misiu Endeavouru, rozhodlo sa, že OBSS ostane na kozmickej stanici. Úlohou Finckeho bolo upevniť prístroj na ISS tak, aby bol v dosahu robotickej ruky. Raketoplán „ukotvený“ na ISS viditeľne vľavo. Misia Endeavour bola 134. misiou štyroch amerických raketoplánov. Astronauti počas týchto misií vystúpili do kozmického priestoru 159-krát a pri kompletizačných a údržbárskych prácach na ISS strávili „vonku“ viac ako 1 000 hodín.

8. júla, v čase uzávierky nášho časopisu, vyštartoval k svojmu poslednému letu raketoplán Atlantis. Tým sa skončila éra amerických raketoplánov.

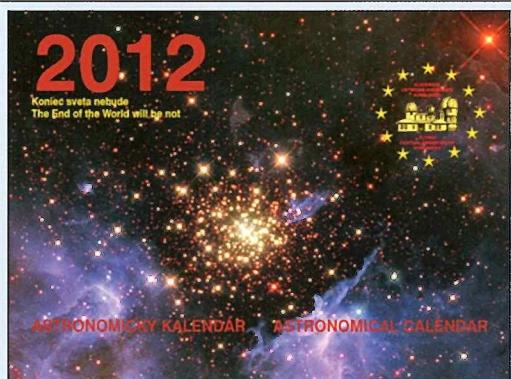




## Obálka



Hubblov vesmírny dalekohľad vypustili 24. apríla 1990. Na počesť 21. výročia vypustenia namierili astronómovia zo Space Institute v Baltimore oči HST na mimoriadne fotogenickej pár interagujúcich galaxií Arp 273. Disk väčšej galaxie UGC 1810 sa rozpadá pod vplyvom gravitácie menšej galaxie UGC 1813. Snímku poskladali zo záberov širokouhléj kamery v decembri 2010. Tri filtre umožnili zachytíť široké rozpäťie vlnových dĺžok pokryvajúcich ultrafialovú, modrú a červenú oblasť spektra.



Koniec sveta nebude!

## Astronomický kalendár 2012 – o 10 dní presahuje Mayský kalendár!

Autor: Mgr. Ladislav Druga

V týchto dňoch vydala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove *Astronomický kalendár na rok 2012*. O 10 dní presahuje Mayský kalendár, pretože veľká períoda Mayského kalendára sa má skončiť v deň letného slnivratu 21. 12. 2012, na ktorý Mayovia predpovedali „očistenie“ civilizácie. Do konca roka 2012 teda zostáva ešte 10 dní. Katastrofický scenár o konci sveta sa najčastejšie zmieňuje o tom, že Zem roztrhá mimoriadna konjunkcia alebo sa zrazí s planétou Nibiru, prípadne ju spáli Slnko. Podobné konjunkcie, slnečná aktívita alebo predpovede zrážok s neznámymi planétami sa však vyskytli už aj v minulosti viackrát, takže koniec sveta ani v roku 2012 nehrozí.

*Astronomický kalendár*, ktorý vydáva Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove už jedno štvrtstoročie (od roku 1987), uvádzajú aj na rok 2012 bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východoch a západoch Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčšej vzdialenosťi od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximálnych meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 139 rokov nameraných v Hurbanove ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná najnovšími farebnými fotografiami hmlovín, galaxií a hviezdomôp, získaných vesmírnymi dalekohľadmi HST a Spitzer. (Cena: 2,99 €).

## Témy čísla

- 9 Bude Zem vyzerať ako Venuša?**  
**18 Exoplanéty ako zo sci-fi**  
**22 ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA (4)**  
**Ako presne „idú“ slnečné hodiny? / Milan Rybanský**  
**22 Prečo chcú Rusi pristáť na Phobose**  
**24 Neznámy Štefánikov list z vrcholu Mont Blancu / L. Druga, M. Rybanský**  
**26 50. VÝROČIE PRVÉHO LETU ČLOVEKA DO VESMÍRU (2. časť)**  
**Juri Gagarin, nepohodlný hrdina**  
**29 Špagety a huby**  
**34 ROZHOVOR s Marcom Langbroekom Vedec telom i dušou / Štefan Kürti**

**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@extra.sk](mailto:kozmos@extra.sk)

**Redakčný kruh:** doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčák, CSc., RNDr. Leonard Kornoš, PhD, doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribollová, PhD, RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc.

Predsedajúci redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

**Tlač:** Tlačiareň KASICO, a.s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava. Vychádzka: 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevracame.

Cena jedného čísla 1,49 €. Pre abonentov ročne 7,97 € vrátane poštovného.

**Objednávky na predplatné** príjima 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](mailto:zahranicna.tlac@slposta.sk).

**Predplatiteľstvo:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., PP 4, 834 14 Bratislava, tel. 44 4 537 11. Podávanie novinových zásielok povolené Riadielstvom poštovnej 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](mailto:mila@allpro.cz). P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. EV 3166/09

Zadané do tlače 13. 7. 2011

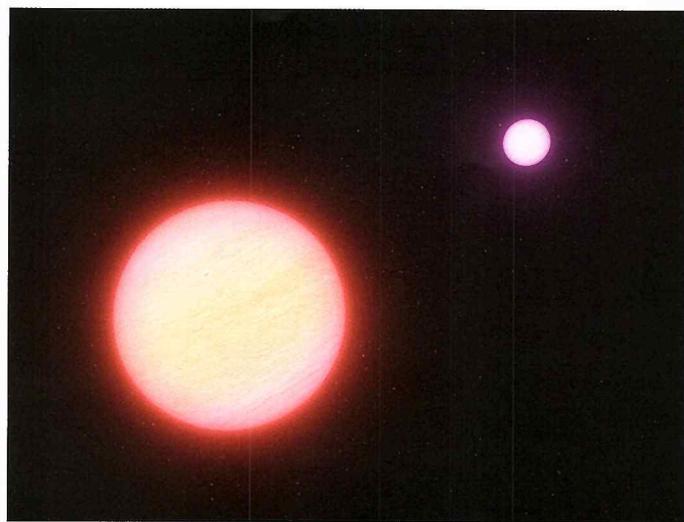
ISSN 0323 – 049X

## Aktuality

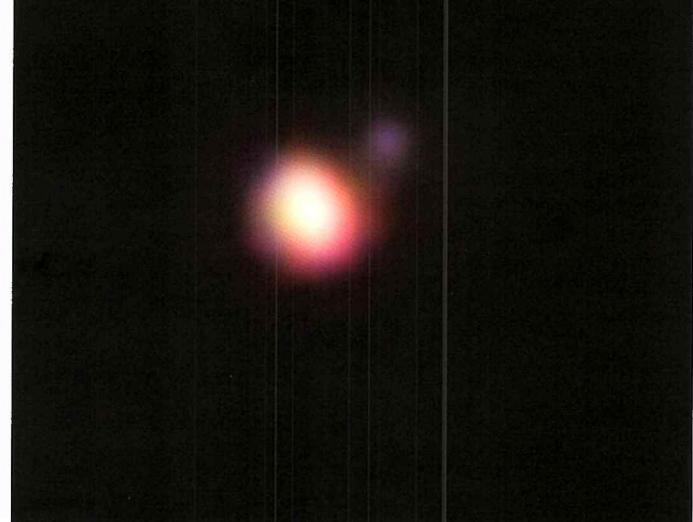
- 2. ob. Posledné misie raketoplánov Endeavour a Atlantis**  
**3 Párik veľmi chladných hnedých trpaslíkov; Červený obri podľa dalekohľadu Kepler**  
**4 Exoplanéta v disku pri hviezde T Cha? Spirála bez centrálnej výdute? GJ 1214b: ďalšia superZem**  
**5 Oceán na Titane? Atmosféru Titanu mohli doviezť kométy**  
**6 Titan: laboratórium meteorológov i astrobiológov**  
**7 Enceladus: prírodná elektráreň vo svete Saturna**  
**8 Prstence planét – archív dávnych impaktov? Kepler: hviezdy s najväčším počtom exoplanét**  
**13 Stará kopa galaxií v mladom vesmíre**  
**14 Zrod planetárnej sústavy**  
**15 Herschel: menej tmavej hmoty, viac hviezd**  
**16 M 82: rozličné zdroje hviezdnego vetra**  
**17 Čapok priviezli na Zem meteority; Atmosféra Marsu pulzuje; Objav bahnotokov na Marse; Nový odhad počtu hviezd vo vesmíre**

## Rubriky

- ALBUM POZOROVATEĽA**  
**28 Slnko sa naozaj predviedlo / Marián Mičík**  
**3. ob. Úplné zatmenie Mesiaca 15. 6. 2011**  
**Michal Lachký, Marián Mičík, Daniela Rapavá, Daniel Tóth**  
**SLNEČNÁ AKTIVITA**  
**28 Slnečná aktivita (apríl – máj) / Milan Rybanský**  
**PODUJATIA**  
**32 Deň detí s astronómiu 2011 / Renáta Kolivošková**  
**Návšteva v AsÚ SAV v Tatrách / Slavomír Beňo**  
**33 Ako astronómovia poznávajú vesmír / Vladimír Mešter**  
**40 Expedícia na pozorovanie meteorov: LYRIDY 2011 / Zdeněk Komárek**  
**40 Úspešná práca SOČ / Zdeněk Komárek**  
**POZORUJTE S NAMI**  
**36 Obloha v kalendári / Pavol Rapavý**  
**39 Kalendár úkazov a výročí / Pavol Rapavý**



Ilustrácia objektu CFBDSIR 1458+10, najchladnejšej doteraz objavenej dvojhviezdy. Slabšia zložka dvojhviezdy má teplotu sotva 100 °C. Menší objekt môže mať atmosféru s oblakmi.



Prvú fotografiu hnedej dvojhviezdy CFBDSIR 1458+10 exponovali pomocou adaptívnej optiky LGS na obrom dalekohľade Keck II na Havajských ostrovoch.

## Párik veľmi chladných hnedých trpaslíkov

Hnedý trpaslík, zložka „hnedej dvojhviezdy“, je (možno) vôbec najchladnejšou hviezdom. Jeho teplota nie je vyššia ako čerstvo zaliaty čaj. Hviezdu s takým chladným povrhom doteraz neobjavili. Ak sa jeho fyzikálne vlastnosti potvrdia, na svete bude objekt, ktorý vyplní medzeru medzi chladnými malými hviezdami a veľkými horúcimi planétami.

Hnedý trpaslík je nevyzretá, degenerovaná hviezd: jeho nízka hmotnosť neumožňuje zapálenie jadrových reakcií v jadre. Hnedý trpaslík CFBOSIR 1458+10B je čo do svietivosti slabšou zložkou „hnedej dvojhviezdy“, vzdialenej iba 75 svetelných rokov od Zeme.

Najchladnejšia, akú doteraz objavili.

Za senzáciu sa považuje objav slabšej zložky, ktorej povrchová teplota nepresahuje 100 °C! Ide

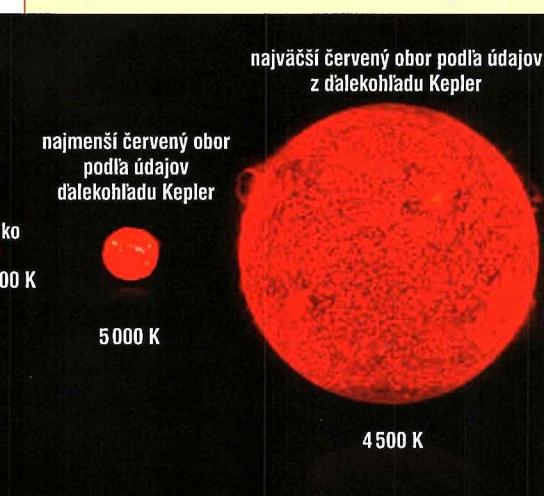
o oveľa nižšiu teplotu, akú kedy na hnedom trpaslíku namerali. To znamená, že vlastnosti tohto objektu pripomínajú skôr obrie planéty. Vedci z Havajského astronomického inštitútu nevylučujú, že hnedý trpaslík môže mať aj atmosféru s oblakmi. A predpokladajú, že mnohé z obriech planét, ktoré v budúcnosti objavíme okolo Slnku podobných hviezd, budú mať vlastnosti pripomínajúce vlastnosti CFBDSIR 1458+10B.

Na objave sa podieľali tri dalekohľady. Objekt ako dvojhviezdu identifikovali na Havaji pomocou adaptívnej optiky LGC (Laser Guide Star) na dalekohľade Keck II. Po objave zapojili do pozorovania aj dalekohľad CFH, ktorý zmeral vzdialenosť dvojhviezdy od Zeme. Ďalekohľad VLT/ESO potom získal infračervené spektrum objektu a určil teplotu jeho povrchu.

Poľovačka na chladné objekty prináša čoraz viac zaujímavých objavov. Vesmírny ďalekohľad Spitzer našiel nedávno ďalšie dva slabé objekty, potenciálnych kandidátov na najchladnejšieho hnedého trpaslíka. Ich teploty sa doteraz nepodarilo presne zmerať. V blízkej budúcnosti tieto objekty porovnajú s CFBDSIR 1458+10B. Porovnanie sa začne až vtedy, keď sa tímú podarí spresniť údaje o ďalších vlastnostiach „hnedej dvojhviezdy“ (vzdialenosť oboch zložiek, ich veľkosť, atď.), čo im neskôr umožní odhadnúť aj ich hmotnosť. Podľa predbežného odhadu sú zložky dvojhviezdy CFBDSIR 1458+10B obiehajúce spoločné fažisko vzdialené od seba 450 miliónov kilometrov, čo je trojnásobok vzdialosti Slnko/Zem.

ESP Press Release

## Červení obri podľa ďalekohľadu Kepler



Pomocou údajov zo sondy Kepler rozlíšili vedci dve skupiny veľkých hviezd: obrov a gigantov.

Červení obri sú hviezdy, ktoré už spálili vodíkové palivo v jadrach. V tejto fáze spaľujú vodík zo svojich obálok. Na sklonku tejto fázy začne v jadre prebiehať aj fúzia hélia. Vedci donedávna nedokázali tieto tri také rozdielne fázy rozlíšiť.

Vedci z University of Sydney (Austrália) využili mimoriadne presnú fotometriu vesmírneho ďalekohľadu Kepler, pomocou ktoréj merali oscilácie niekoľkých stoviek červených obrov. Technika asteroseismológie umožnila vedcom rozriediť červených obrov do dvoch základných skupín: červených obrov spaľujúcich vodík v obálke a červených obrov, ktorí už fúzujú v jadre hélium. V prvom prípade periodické vzduštie povrchu trvá 50 sekúnd, v druhom 100 až 300 sekúnd.

Vedci zdôraznili, že povrch červených obrov podobne ako na Slnku „vrie“, čo spôsobuje konvekciu, vynášajúcu zvnútra teplo, ktoré sa rozptyluje v okolitom priestore. Tie-to turbulentné pohyby sa prejavujú ako zemetrasenia a generujú zvukové vlny. Tie sa šíria najprv k jadru, odkiaľ sa odrážajú späť na povrch. Niektoré z týchto zvukov

môžu charakterizovať ako tóny miliónkrát nižšie než tie, čo ľudským ušom zaznamená. Napriek tomu dokážu tieto „tóny“ generovať pravidelné vlny, známe ako oscilácie, takže jasnosť povrchu hviezd sa v priebehu hodín či dní pravidelne mení, v závislosti od sily vln. Astroseismológia dokáže tieto oscilácie merat.

Zivot červených obrov nezávisí iba od ich veku, ale aj od ich veľkosti. V prípade hviezd, ktoré majú menšiu hmotnosť ako dvojnásobok hmotnosti Slnka, vzápäť po spálení vodíka dochádza k náhľemu „vzplanutiu hélia“. V masívnejších hviezdach je prechod na spaľovanie hélia postupný. Pri týchto hviezdach, bez ohľadu na veľkosť, sa vzplanutie hélia nepozoruje. Objav podporil doteraz nepotvrdenú teóriu o evolúcii hviezd.

Vedci zdôrazňujú, že astroseismológia umožňuje rozlišovať hviezdy dvoch evolučných typov, ktoré majú sice veľmi rozdielnú hustotu jadier, ale čo sa týka ostatných fyzikálnych parametrov (hmotnosť, jasnosť a polomer), sú navzájom veľmi podobné.

Nature

## Exoplanéta v disku pri hviezde T Cha?

VLT/ESO je ďalekohľad, pomocou ktorého dokážu vedci študovať disky, čo sa formujú okolo mladých hviezd. Tieto disky majú krátku životnosť, pravdepodobne preto, že sa z nich v relatívne krátkom čase formujú planéty. V prípade hviezdy T Chameleontis (T Cha) objavili v disku veľkú medzera a v nej objekt. Zatiaľ nevedno, či ide o hnedého trpaslíka, alebo o planétu.

T Cha, vzdialá 350 svetelných rokov, je hvieza, ktorá pripomína Slnko v jeho ranom štádiu. Má iba 7 miliónov rokov. Objav objektu v disku tejto hviezdy je istou senzáciou. Ide o prvý takýto objav v mladom disku. V starších, rozpadajúcich sa diskoch už niekoľko planét objavili (eso0842, heic0821).

Astronómovia T Cha študujú už dávnejšie, ale iba veľký ďalekohľad VLT dokázal v systéme rozlísiť detaily. Pomocou interferometru VLTI (tentor prístroj dokáže skombinovať svetlo zachytené štyrmi 8,2-metrovými ďalekohľadmi VLT a vytvoriť tak virtuálny teleskop s priemerom 130 m) rozlíšili úzky, hustý prstenec, vzdialený od hviezdy len 20 miliónov kilometrov. Medzi prstencom a vonkajším okrajom disku objavili medzera. Krúži v tejto medzere formujúca sa planéta, nabaľujúca materiál?

Vo vzdialosti 1,1 miliardy kilometrov objavili objekt, ktorý je podstatne menší ako materská hvieza. Určite to nie je hvieza, skôr ďalší hnedý trpaslík alebo veľká planéta. Objav budú overovať pomocou adaptívnej optiky (NACO), umožňujúcej odstrániť turbulencie pozemskej atmosféry a exponovať mimoriadne ostré snímky. Práve táto technika dovoľuje objaviť aj slabé objekty v blízkosti jasnej hviezdy.

Astronomy and Astrophysics



Jedna zo snímok je sendvičom niekoľkých snímok exponovaných cez odlišné farebné filtre.

## Špirála bez centrálnej výduť?

Jasná galaxia NGC 3621 vyzerá na prvý pohľad ako klasická špirála. Analýza snímok z 2,2-metrového ďalekohľadu na La Silla však ukázala, že galaxia nemá centrálnu výduť!!!

NGC 3621 v súhvezdí Hydry je vzdialená 22 miliónov svetelných rokov. Fakt, že nemá centrálnu výduť, sa vysvetluje tým, že zatiaľ nekolidovala s inou galaxiou. Centrálné výdute sú totiž produkтом takýchto zrážok. Donedávna sa takéto galaxie považovali za zriedkavé, ale v ostatnom čase ich objavujú čoraz viac.

Relativne malá vzdialenosť NGC 3621 umožňuje astronómom študovať oblasti, kde sa tvoria hviezdy, prachové oblaky, ale aj cefeidy, pulzujúce premenné hviezdy, pomocou ktorých

odhadujú vzdialenosť. Cefeidy sú mimoriadne jasné hviezdy, až 30 000-krát jasnejšie ako Slnko. Ich jasnosť v intervaloch dní, týždňov či mesiacov pravidelne kolíske. Períody zmeny jasnosti sa porovnávajú s tzv. absolútou, skutočnou jasnosťou hviezdy. Vďaka tomu dokážu vedci odhadnúť jej vzdialenosť od Zeme.

NGC 3621 vybrali koncom 90. rokov medzi 18 galaxií v rámci jedného z projektov pre Hubblev vesmírny ďalekohľad. Presnejšie údaje o cefeidách mali vedcom umožniť nameranie doteraz najpresnejších údajov o rozpínaní sa vesmíru. Projekt bol úspešný: iba v NGC 3621 našli a preverili 69 cefeíd!!

ESO Press Release

## GJ 1214b: ďalšia superZem

Počet objavených superZemí z mesiaca na mesiac narastá. GJ 1214b obehne okolo materskej hviezdy, trpaslíka typu M v súhvezdí Ophiuchus, za 1,6 dňa. Je to prvá superZem, ktorá má atmosféru. Prvé spektrá prezradili, že v atmosfére je aj vodná para. Po analýze ďalších spektier zverejnili vedci aj ďalšie zložky tejto atmosféry.

Tím, ktorý pracuje v rámci MEarth projektu, zverejnili na základe údajov dva možné modely tejto superZeme. Podľa prvého modelu by GJ 1214b mala byť obalená vodíkom a héliom. Neprítomnosť absorpcných čiar v spektri túto hypotézu spochybnila, nakolko vrstva H a He podľa všetkého zacláňajú masívne oblaky. Podľa najnovšieho modelu obsahuje atmosféra väčšie množstvo „kovov“ (prvkov, ktoré sú tažšie ako vodík a hélium) a s vysokou pravdepodobnosťou aj 10 % vodnej par. Teplotu na povrchu planéty odhadli na 98 °C.

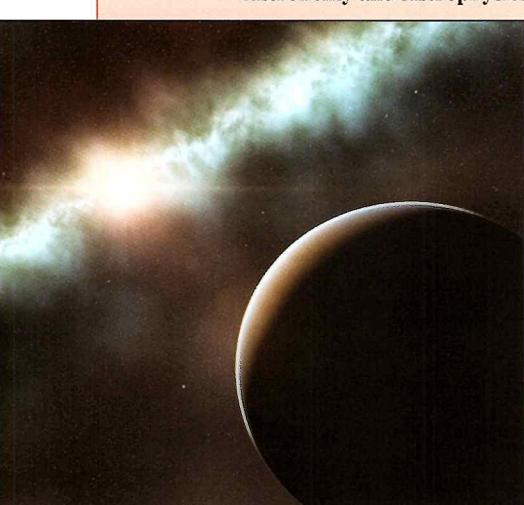
Získané údaje o zložení atmosféry GJ 1214b, najmä relativne vysoký podiel „kovov“, umožňujú planetológom rekonštruovať štruktúru exoplanéty i jej historiu. Z modelov planetárnych atmosfér vyplýva, že telesa s podobnou hmotnosťou a teplotou, akú má GJ 1214b, sa mohli vyvíjať podľa dvoch odlišných scenárov.

Podľa prvého sa atmosféra nabalila už počas formovania planéty. V takom prípade by však prítomnosť vodíka bola vylúčená.

Podľa druhého scenára sa planéta mohla sformovať ďaleko od materskej hviezdy, až za „snežnou čiarou“, ako ľadové teleso. Po sformovaní sa začala k svojej hviezde približovať, pričom sublimácia ľadov v narastajúcej teplote postupne vytvorila atmosféru.

Pátranie po ďalších planétach v sústave bolo zatiaľ bezvýsledné.

MEarth Project Press Release



Ilustrácia disku okolo mladej hviezdy T Cha. Objekt na obrázku objavili v medzere medzi vnútorným prstencom a vonkajšou oblasťou disku.

## Oceán na Titane?

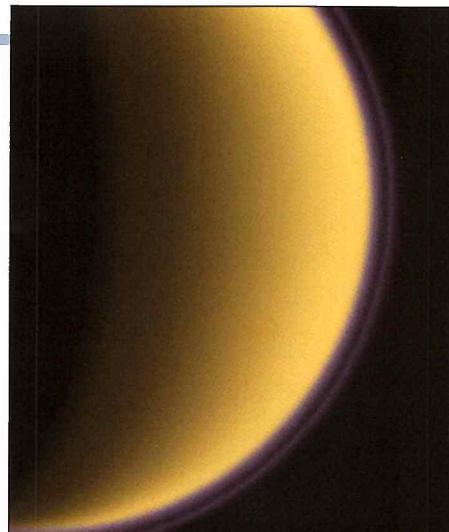
Obežná dráha Titanu i jeho rotácia nezodpovedajú vlastnostiam kompaktného, pevného telesa. Vyplynulo to z analýzy údajov, ktoré dodáva sonda Cassini.

Teplota na povrchu Titanu kolíše okolo ménus 179 °C napriek tomu, že ho obaľuje hustá, nadusík bohatá atmosféra. V atmosféri objavili tisíce rozličných typov organických molekúl. Na mesiaci funguje aj čosi ako (neuzavretý?) metánový cyklus. Z oblakov podchvíľou prší metán a steká početnými korytami do jazier tekutých uhlovodíkov. V tamojších podmienkach by sa metán nemal do atmosféry vracať. Musí teda existovať zatiaľ neznámy zdroj, ktorý metán v atmosfére dopĺňa.

Rotačná os Titanu má nepatrný sklon 0,3°, rotačná os Zeme má momentálne sklon 23°. Vedci vypočítali aj moment zotváčnosti, hodnotu, ktorá prehrázda aká veľká časť telesa nepodlieha zmenám spôsobených rotáciou. Rose-Marie Balandová z Kráľovského observatória v Bruseli z údajov odvodila, že správanie Titanu na obežnej dráhe možno vysvetliť takto: „Mesiac má pevné jadro, ktoré obaľuje oceán tekutej vody, pokrytý kôrou ľadu.“

Hrúbka jednotlivých vrstiev sa ešte upresňuje. Podľa predbežných odhadov je hrúbka kôry 150 až 200 km, oceánu 5 až 425 km. Priemer pevného jadra určia až po spresnení predchádzajúcich údajov. Titan má priemer 5150 kilometrov.

Planetológovia skúmajúci vznik a evolúciu Titanu sa nazdávajú, že oceán tvorí voda s malou prímesou čpavku. Ak sa to potvrdí, Titan by sa stal po Európe a Encelade ďalším telesom, ktoré ukrýva globálny oceán. Okrem iného to potvr-



Titan na snímke sondy Cassini aj s jasným oblúkom hustej atmosféry.

dzujú aj pozorované pohyby povrchu, ktorý klže po hladine oceánu, pričom je pravdepodobné, že tieto zmeny generuje aj teplo unikajúce zvnútra.

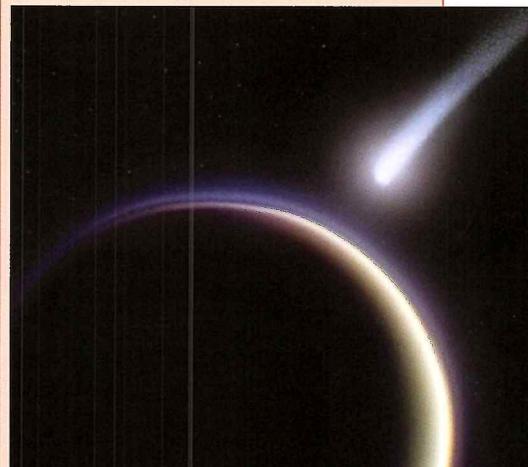
Najnovšie údaje z Cassini pripúšťajú aj inú možnosť. Vedci sieť sústavu pozemských antén (Deep Space Network) s presnosťou 1/1 000 milimetra za sekundu zaznamenali zmeny rýchlosť pohybu sondy ovplyvnené gravitáciou Titanu. Tak vznikla gravitačná mapa. Z mapy vedci vyčítali, že pod kôrou Titanu môže byť aj plastická zmes vody, ľadu a skál. Čo to znamená? Titan neprešiel horúcim štadiom, počas ktorého sa na iných telesách vytvorili jasne ohraňičené vrstvy. Sformoval sa pomaly, v priebehu milióna rokov, krátko po vytvorení Slnečnej sústavy.

Astrobiológovia nevylučujú, že v uhlovodíkových jazerach Titanu sa mohol vyvinúť život na báze metánu. O živote v „oceáne“ zatiaľ iba špekulujú.

NASA Press Release

## Atmosféru Titanu mohli doviezť kométy

Prečo má Titan takú hustú atmosféru? Ako vznikla? Japonskí vedci sa nazdávajú, že ju vytvorili kométy počas veľkého bombardovaania pred 4 miliardami rokov.

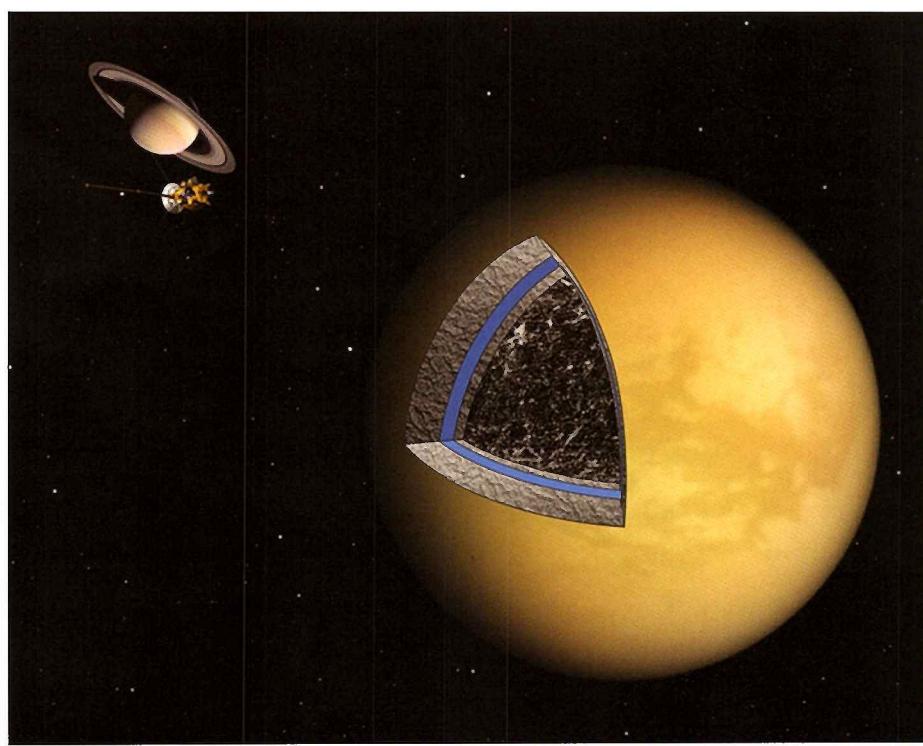


Snímku Titanu vytvorili v počítači z údajov, ktoré získala sonda Cassini a infračervenej fotografie kométy Siding Spring, ktorú exponovala vesmírny ďalekohľad WISE. Poznámka: snímku hore nie je vedecky správna. Chvost kométy by bol pod vplyvom tlaku slnečného žiarenia, (pozri ako je osvetlený Titan), sklonený doľava, v uhl, ktorý má malá ručička na ciferníku ukazujúca desiatu hodinu. Čitateľovi by sa mohlo zdieť, že kométa miera Titan. Autori, vzhľadom na obsah textu, chceli znázorniť kométu, ktorá bezprostredne dopadne na povrch.



Podľa starších modelov mala byť atmosféra Titanu produkтом sopliek. Planetológovia však takú možnosť vylúčili (pozri článok Oceán na Titane), pretože mesiac určite neprešiel horúcim štadiom. Urobili pokus: v laboratóriu vystavili vodu a čpavok, materiály, ktoré prevládali na mladom Titane, laseru. Vznikol dusík, plyn ktorý v atmosfére mesiaca dominuje.

University of Tokio Press Release



Ilustrácia zviditeľňuje prierez Titanu podľa údajov z gravitačnej mapy: pod ľadovou kôrou pokrytou rôznymi uhlovodíkmi je vrstva, ktorá je zmesou ľadu a skál.

# Titan: laboratórium meteorológov i astrobiológov

Titan je ponurá planéta. Cez atmosféru na jeho povrch prenikne iba zlomok slnečného žiarenia. Saturnov mesiac je obalený smogom, ktorý je oveľa hustejší ako smog nad Los Angeles či nad Pekingom. Pripomína kvapôčky nafty bez prímesí síry. Je to vlastne zmes kvapalných uhlíkovodíkov vytvárajúca komplexnú atmosféru, ktorá by pristala skôr planéte ako mesiacu. V atmosféri sa vytvárajú búrky, blýska sa v nej (a hrmi?), pohybujú sa v nej rozsiahle i rozstrapkané polia metánových a etánových oblakov, z ktorých niekedy vytrvalo a husto mrholí.

Senzáciou je preto objav čiastočiek ľadu, pripomínajúcich kryštáliky, ktoré tvoria aj cirusy nad Zemou. Objavil ich infračervený spektrometer na palube sondy Cassini.

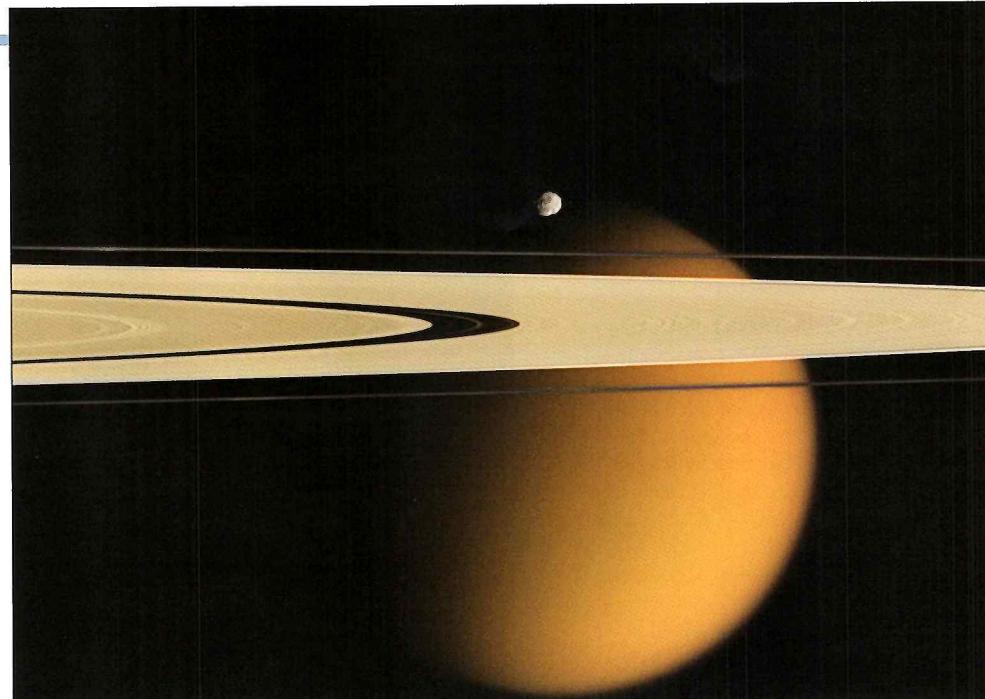
Sadze a kvapôčky uhlíkovodíkov spôsobujú, že Titan na farebných fotografiách je oranžovo-hnedý. Oblaky s ľadovými kryštálikmi sú však biele ako sneh. Existencia tohto „snehu“ je ďalším klúčom k pochopeniu jednosmerného „cyklu“, ktorý dopravuje na povrch Titanu uhlíkovodíky a ďalšie organické molekuly. Uhlíkovodíky sa do atmosféry nevracajú (nevyparujú). Napriek tomu v atmosféri neubúdajú? Z akého zdroja sa dopĺňajú, to je jedna zo záhad, ktoré výskumníkov Titanu vzrušujú.

Doterajšie teórie o metánovom cykle na Titane stáli najmä na údajoch o plynoch v jeho atmosfére. O oblakoch vo veľkých výškach, v stratosfere, však vedci skoro nič nevedeli. Načechrané oblaky metánu a etánu pozorovali ešte pred prístrojmi Cassini aj pozemskí pozorovatelia. V porovnaní s nimi sú biele oblaky oveľa redšie. Sú tenké, ploské a pohybujú sa vysoko nad atmosférou. Vedci až dodatočne zistili, že túto oblačnosť v stratosfere Titanu nasnímala už sonda Voyager 1, ktorá obletela Titan v roku 1980.

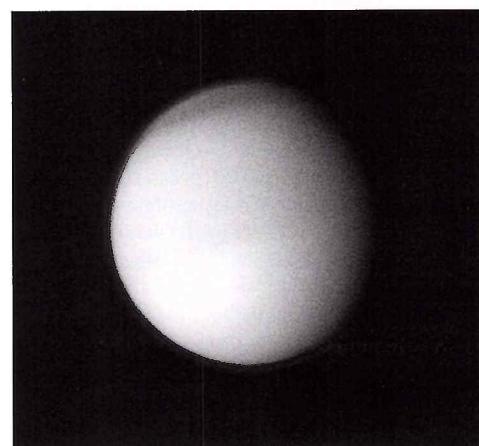
## Spektrum z okraja

Aerosolmi, ktoré tvoria atmosféru Titanu, dokáže preniknúť iba malá časť viditeľného svetla. Prvé údaje z Voyagera signalizovali, že v atmosféri mesiaca dominuje, tak ako na Zemi, dusík. Na rozdiel od Zeme, v ovzduší zasmogovaného Titanu by nemal byť ani kyslík, ani voda. Sonda však detegovala aj isté množstvo organických látok, najmä uhlíkovodíkov: metánu, etánu a propánu. Preto najnovšie údaje o kryštálikoch ľadu (nejde o ľad  $H_2O$ ) v stratosfere Saturnovho mesiaca prijali vedci s rozpakmi.

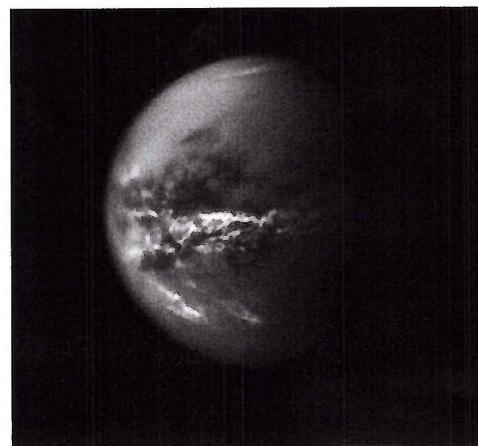
Sonda Cassini i pristávacia sonda Huygens naše poznatky rozšírili. Objavili v atmosféri Titanu najmenej 8 uhlíkovodíkov,



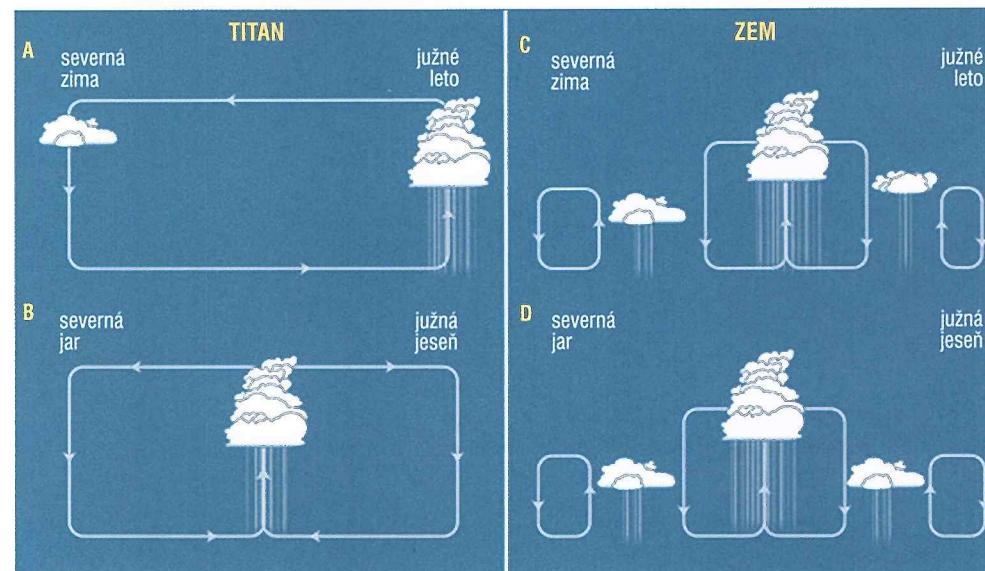
Titan prekrytý prstencami Saturnu. Malý mesiac v pozadí je Epimetheus, jeden zo 62 mesiacov Saturna.



Severná pologuľa Titanu, kde práve nastupuje jar je o poznanie tmaväšia ako južná pologuľa. Na Titanu sa striedajú sezóny podobne ako na Zemi, ibaže každá trvá 7 rokov a niekoľko mesiacov.



Donedávna sa predpokladalo, že Titan má metánový cyklus podobný cyklu  $H_2O$  na Zemi. Najnovšie údaje to spochybnilo. Metan, ktorý dopadne na povrch mesiaca, sa už do atmosféry nevracia.



Aj na Titane, podobne ako na Zemi, premiestňuje globálna cirkulácia molekuly, z ktorých sa tvorí oblačnosť z jednej pologule na druhú. Rok na Titane trvá 29,5 roka, jednotlivé sezóny približne 7,5 roka.

pričom objav ďalších je nanajvýš pravdepodobný. Metán a etán v atmosfére sa nachádzajú v plynnom skupenstve. Vedci preto v posledných rokoch študovali, v akej výške sa plyny menia na ľad. Dnes majú v rukách katalóg s údajmi o množstve jednotlivých molekúl v rôznych vrstvách atmosféry. Z vertikálnej distribúcie molekúl sa pokúšajú určiť zloženie jednotlivých látok. Najprv však musia zodpovedať otázky: Kde sa kumulujú? Kde sa rozpadajú? Aké hrubé sú rozhrania? Aká je súčasnosť jednotlivých vrstiev?

Vzhľadom na údaje z Voyageru, ktorý získal snímky ľadových oblakov nad severným polom Titanu, Carrie Andersonová a Robert Samuelson z NASA, preskúmali oblasť okolo severného pôlu mesiaca, veľkú ako polárne oblasti za polárny kruhom Zeme. Na výskum využili infračervený spektrometer CIRS na palube sondy Cassini. Prístroj, vzhľadom na Titan, aktivovali v takej polohe, aby signál prenikol atmosférou šikmo, krížom cez okraj. (Získali tak rádovo viac údajov o molekulách, ako keby signál vyslali kolmo.)

Výsledok všetkých doslova nadchol. Podarilo sa separovať signály ľadových oblakov od aerosolov. Ľadové oblačky sú difúzne a mimoriadne tenké. Tak ako predpokladali, tvoria ich kryštáliky ľadu.

### Mapovanie bielych oblačkov

Oblačky na Titane nemôžu tvoriť kryštáliky vodného ľadu, pretože planéta je extrémne chladná. Ak sa na povrchu voda vyskytuje, ľad musí byť tvrdý ako skala. Zdá sa, že klúčovým plénom je metán. Z metánových oblačkov podchvíľou prší, kvapalný metán steká korytami do jazier. Malá časť metánu však uniká do vyšších vrstiev atmosféry a mení sa tam na etán a ďalšie uhlíkové kyseliny, prípadne sa kombinuje s dusíkom a vytvára nitrily. Všetky tieto látky sa akumulujú až v dosťatočne chladnej oblasti, tam sa vytvárajú oblačky.

Tieto procesy prebiehajú v mimoriadne chladnej stratosfere Titanu. Stále prúdy plynov sa ťahajú (v rytme meniacich sa sezón) z pola na teplejšej pologuli k polu na chladenjejšej pologuli, kde klesajú, strhávajúc časť látok zo stratosféry do nižších vrstiev atmosféry.

Objem plynu prúdiaceho z teplejšej pologule je taký veľký, že vedci dokázali vypočítať, kolko oblačkov sa z neho môže vytvoriť.

Dnes vieme aj to, prečo biele oblačky znamenala už sonda Voyager 1. Keď oblieťala Titan, v novembri 1980, na severnej pologuli Titanu zima sa končila. V roku 2008, keď objavili biele oblačky, zima na severnej pologuli práve vrcholila. (Rok na Titane trvá 29,5 pozemského roku, jar na severnej pologuli Titanu nastala v auguste 2009.) Tím vypočítal, že biele oblačky by mali byť aj nad južnou pologulou, malo by ich však byť podstatne menej. Vzápäť biele oblačky objavili na južnej pologuli nielen okolo 56° južnej šírky, ale aj v pásoch okolo rovníka! Údaje potvrdili predpoklady: na

severnej pologuli je momentálne výskyt bielych oblačkov trojčasobne vyšší. Potvrdila sa tak hypotéza, že molekuly, z ktorých sa tieto oblačky formujú, premiestňuje (sezónne) medzi pologulami, i medzi nižšimi a vyššími vrstvami atmosféry, globálna cirkulácia.

### Exotické ľadu

Organické látky v atmosfére Titanu vzrušujú planetológov už dávno. Viacerí sú presvedčení, že zohrali dôležitú úlohu v procesoch, ktoré viedli k vzniku života na Zemi. Jedným z nich je nitril kyanoacetylén. V bielych oblačkach nad polom Titanu objavila kyanoacetylén už sonda Voyager. Zdá sa, že Saturnov mesiac sa stane na dlhé roky najväčším prírodným laboratóriom astrobiologov.

Ľadové kryštáliky môžu tvoriť aj kyanid vodíka, nitril, ktorý na Zemi vnímame ako jed. Z najnovších údajov vyplynulo, že v atmosfére Titanu sú aj veľké uhlíkové kyseliny! Mohli by to byť tzv. polycyklické aromatické uhlíkové kyseliny (PAH), ktoré sa na Zemi vo väčšom množstve tvoria počas spalovania fosílnych palív. Vo vesmíre PAH detegovali v oblastiach, kde sa rodia a zanikajú hviezdy.

Každý takýto údaj prispieva k objasneniu osudu uhlíkových kyselín na Titane, ktoré sice na povrchu mesiaca pravidelne pršia, ale do atmosféry sa nevracajú! Napriek tomu je metánu v atmosfére stále dost. Čo je jeho zdrojom? To je záhadou.

### Veľká zmena

Zamrznuté nitrily tvoriace oblačky na Titane nemajú so Zemou nič spoločné. Ak z nich aj odstredíme jedovaté komponenty, na Titane sa formujú ľadové oblačky vo výškach 100 až 160 kilometrov, teda v stratosfere. Na Zemi, vo výške 17 kilometrov, v troposfere.

Stratosférické oblačky však máme aj na Zemi. Objavujú sa nad Antarktídom a počas zimy aj nad Arktídom. Formujú sa v mimoriadne chladnom vzduchu, uprostred polárneho víru, ktorý stúpa nad polom do stratosféry. Táto oblasť sa zhruba kryje s ozónovou dierou.

Titan má vlastný polárny vír, ba podľa všetkého má aj ozónovú dieru. Podobnosti sú zarážajúce, najmä ak prihliadneme na rozličné zloženie a výrazne odlišné chémiu stratosférických oblačiek na Zemi a na Titane. Začína obdobie dlhého porovnávania...

Ďalšia etapa výskumu sa začne až v roku 2017, keď na severnej pologuli Titanu vypukne leto a na juhu zavádzne zima. Vedci predpokladajú, že pln bude prúdiť zo severu na juh. Na juhu by sa malo formovať viac bielych oblačiek.

Vedci sú zvedaví, ako sa zmena sezón na Titane prejaví, najmä či ustanú divoké vetry okolo severného pôlu a či ustanú náhle, alebo postupne. Na Zemi je táto zmena dramatická. Na Titane pravdepodobne prebieha postupne.

NASA Press Release

## Enceladus: prírodná elektráreň vo svete Saturna

Podľa najnovších údajov infračerveného spektroskopu na sonde Cassini z trhlin okolo južného pôlu uniká do okolitého priestoru veľké množstvo tepla. Procesy, ktoré generujú fontány, uvoľňujú bezmála 16 gigawattov energie. Výkon tejto elektrárne sa vyrówna 20 veľkým elektráram, ktoré spaľujú uhlí. Enceladus uvoľňuje o magnitudu viac energie, ako sa pôvodne predpokladalo.

Mechanizmus, ktorý energiu produkuje, je záhadou. Od roku 2005 vieme, že terén okolo južného pôlu Encelada je geologicicky aktívny. Energia z vnútra mesiaca uniká zo štyroch paralelných trhlin. Každá z nich má v priemere dĺžku 80 kilometrov a šírku 2 kilometre. Sonda Cassini naznacila, že z týchto trhlin tryskajú fontány ľadových kryštálikov a vodnej pare do okolitého priestoru. Niektoré až do výšky 300 kilometrov!

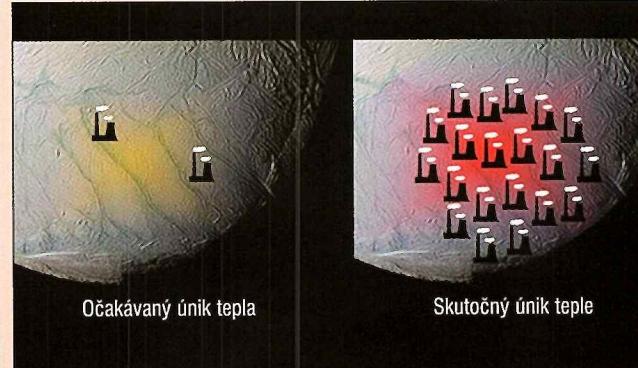
Štúdia z roku 2007 hovorí, že teplo vo vnútri Encelada generuje slapové sily, ktoré spôsobuje rezonancia medzi Enceladom a mesiacom Dionom. Výkon tohto prírodného reaktora odhadli na 1,1 gigawattu. Teplo z rozpadu rádioaktívnych prvkov vo vnútri mesiaca predstavuje ďalších 0,3 gigawattov.

Podľa najnovších údajov generuje Enceladus oveľa viac energie. Nie je jasné, do akej miery sa na tom podielajú meničie sa slapové sily, spôsobované gravitáciou Dionne a materskej planéty Saturna. Je pravdepodobné, že výkon tejto prírodnnej elektrárne je premenlivý. Jedno je však isté: pod zaľadeneným povrchom Enceladu sú, prinajmenšom pod južným pôlom, veľké bazény vody.

Podľa najnovších analýz čiastočiek vyvrhnutých fontánam niektoré z nich obsahujú okrem vody aj vysoký podiel solí. Ide o zamrznuté kvapôčky zo slaného oceánu, ktoré po kontakte s ľadovou kôrou mesiaca zamrzli. O existencii oceánu, prinajmenšom pod južným pôlom, medzi ľadovou kôrou a pevným jadrom, už skoro nikto nepochybuje. Ak je to tak, účinnosť zahrievania kôry slapovými silami je vyššia. To vysvetluje aj otvorenie trhlin v kôre.

Objav uhlíkových kyselín je iba čerešničkou na torte. Voda, slapový zdroj energie a organické zlúčeniny, to všetko sú pre planetológov vzrušujúce oblasti výskumu! Enceladus sa stal jedným z najperspektívnejších cieľov astrobiologov.

Cassini Press Release



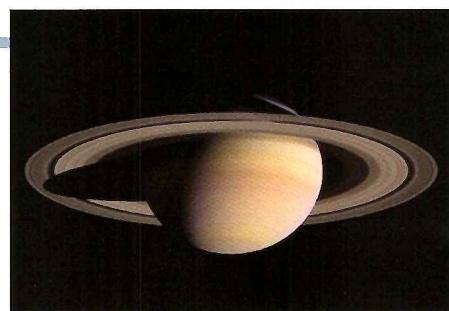
Trhlinami v južnej polárnej oblasti Enceladu uniká oveľa viac energie, ako sa predpokladalo. Pôvodný odhad prirovnaný výkon neznámeho zdroja k dvom veľkým pozemským elektráram spaľujúcim uhlí. Skutočný výkon je 10-násobne vyšší!

# Prstence planét – archív dávnych impaktov?

Dva tímy objavili zvláštnosti prstencov Jupitera a Saturna. Tím z Inštitútu SETI v Kalifornii analyzoval snímky Jupiterových prstencov, ktoré získali sonda Galileo v 90. rokoch minulého storočia a sonda Horizon v roku 2007. Objavili prstenec, ktorý nebol plochý, ale pripomína skôr rotujúci „mound“. (Moundy sú obľúbené, pokrútené pahorky z navrhnej hliny, monumenty nad hrobmi významných indiánskych náčelníkov v Severnej Amerike.) V rovnakom čase tím z Ithaca University objavil na snímkach z Cassini podobne vyduté, do striešky sformované prstence aj pri Saturne.

Slniečná sústava je plná malých telies: tie skalnaté krúžia okolo Slnka v jej vnútri, tie ľadové na jej periférii. Pôsobením premenlivej gravitácie sa občas roj týchto telies presmeruje do vnútra Slniečnej sústavy a bombardujú planéty, mesiace i prstence veľkých planét. Na Zem každý deň dopadnú stovky ton takýchto telies. Vedci sa nazdávajú, že sprška takýchto telies vytvorila aj zvláštne štruktúry na prstencoch Saturna a Jupitera.

Na snímkach z Galilea rozlíšili opakovane vznik výrazných „zastrešených“ prstencov. Javili sa ako dve nezávislé špirály sformované gravitá-



Prstence obrihých planét nie sú iba krásnym úkazom, ale aj archívom, ktorý celé desaťročia uchováva stopy impaktov.

ciou Jupitera. Dominantný útvar kulminoval v roku 1994, keď vonkajší prstenec mal sklon asi 2 kilometre, čo podľa vedcov spôsobila rozpadnutá kométa Shoemaker-Levy. Podobný úkaz v prstencoch Jupitera sa objavil aj o 13 rokov neskôr. Vysvetlenie: aj tento sklon prstencov mohla spôsobiť rozpadajúca sa kométa, ktorú však nikto nenaznamenal.

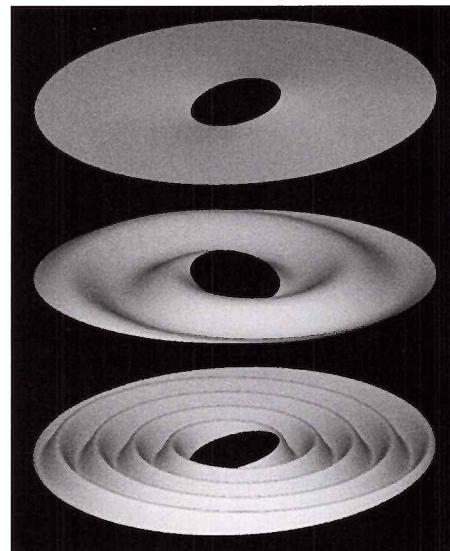
Vedci sa pokúsili odhadnúť počet podobných impaktov. Vypočítali, že roje úlomkov komet, rozpadnutých po predchádzajúcich interakciách s planétami, zasahujú Jupiterov systém 500-krát častejšie ako systém Saturna. Názornejšie: spršky rozpadnutých komet s priemerom 1 km vnikajú do Jupiterovho systému raz za 10 rokov. Do systému Saturna iba raz za 5000 až 10 000 rokov. Pravdepodobnosť, že takáto interakcia sa v prípade Saturna odohrala počas posledných tridsať rokov, je 1:100 až 1:1000. Zastrešený prstenec C je toho dôkazom.

Vedci vypočítali, že kolízia v Saturnovom systéme sa odohrala v roku 1983, v Jupiterovom systéme v roku 1994. Stopy po interakciach roz-

padnutej kométy Shoemaker-Levy sú na Jupiterovom povrchu viditeľné dodnes.

Ukazuje sa, že impakty komét i ich chvostov s prstencami planét sú pomerne časté. Je nepochybne, že práve takéto zrážky mohli spôsobiť aj dočasný sklon prstencov. Sklon prstencov sa časom vráti do pôvodného stavu, ale tento proces môže trvať celé desaťročia.

New Science



Na hornom obrázku vidíte prstenec pred impaktom. Ďalšie dva obrázky znázorňujú ten istý prstenec, každý s odstupom niekoľkých rokov. Drvína a prach v prstencoch sa po impakte postupne vracajú na pôvodné dráhy, čo sa prejavuje zvláštnymi, zastrešenými špirálami.

## Kepler: hviezdy s najväčším počtom exoplanét

Ak má hvieza exoplanétu, potom s pravdepodobnosťou 1:5 má najmenej jednu ďalšiu. K tomuto záveru dospeli vedci z tímu, ktorí analyzujú korisť z vesmírneho ďalekohľadu Kepler po prvých mesiacoch. Pritom vychádzajú iba z možnosti dnešných ďalekohľadov. Väčšina novoobjavených exoplanét krúži okolo materských hviezd po veľmi tesných obežných dráhach. Aj preto, lebo najbližšie planéty sa detegujú najľahšie.

Dvadsať päť vedcov z NASA/Ames Research Center sa sústredili na najzaujímavejšie sústavy. Pozoruhodnú sústavu tvoria štyri exoplanéty hviezdy KOI-730 s periódami 8:6:4:3, čo znamená, že najvnútornejšia planéta obehne hviezdu osiemkrát, kým ďalšie šesť, štyri a trikrát s presnosťou 1:1000.

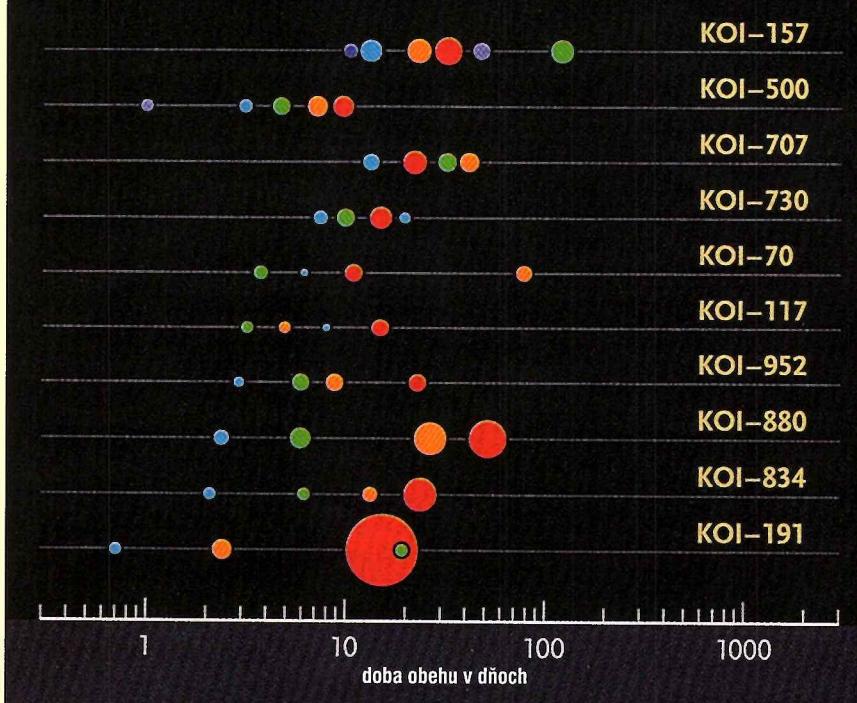
Nie každý systém je zviazaný takýmto dynamickým zámkom. Rezonacie planét sú časté, ale nevyskytujú sa v každom systéme. V sústave KOI-157 ani jedna planét nemá rezonanciu s ďalšou, hoci krúžia po blízkych obežných dráhach, navzájom interagujú a vymieňajú si orbitálnu energiu.

NASA Press Release

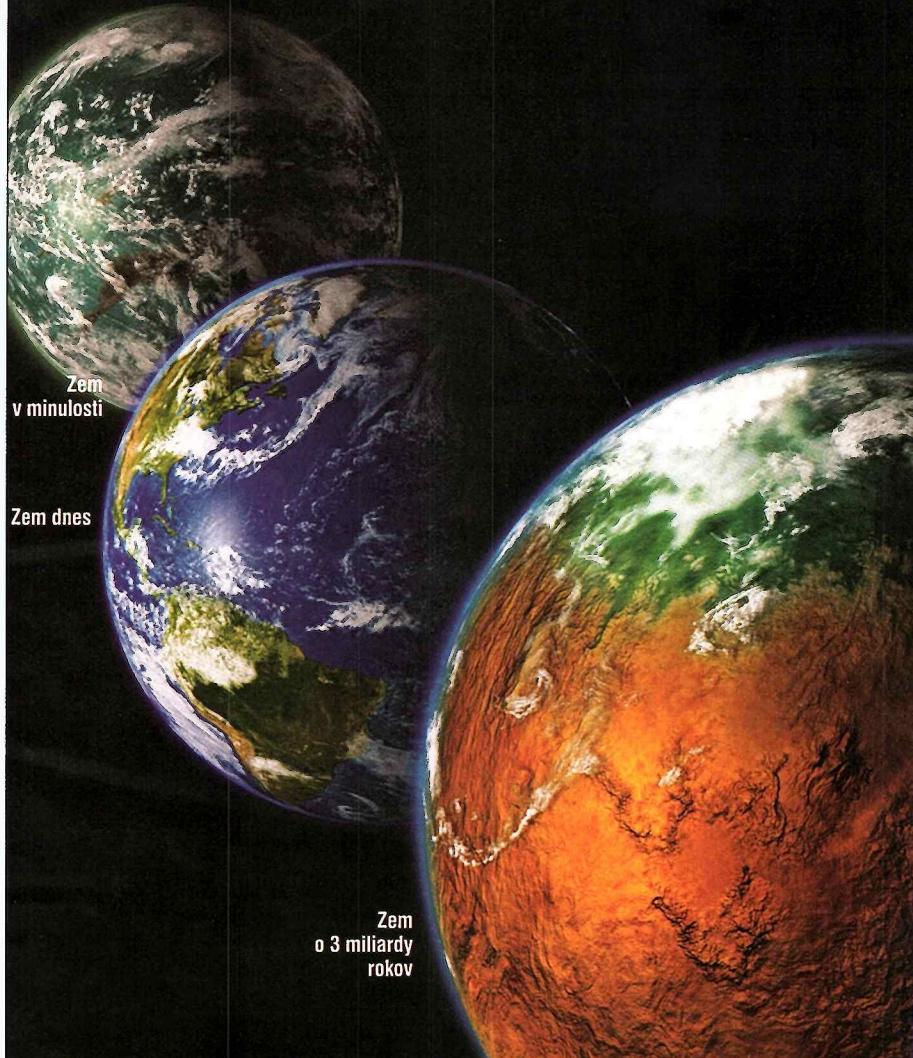
Kepler objavil 10 hviezd, ktoré majú štyri, päť až šesť planét prejavujúcich sa zákrytmami.

Každá čiara na obrázku predstavuje jednu sústavu. Krúžky znázorňujú priemery planét a ich zdanlivú veľkosť.

Najpočetnejšie sústavy exoplanét objavených ďalekohľadom Kepler



# Bude Zem vyzerat ako Venuša?



**Porovnajte:** Zem pred 3 miliardami rok, Zem dnes, Zem po uplynutí ďalších 3 miliárd rok. Všimnite si najmä vývoj oblačnosti. Únik niektorých plynov z atmosféry našej planéty, najmä vodíka, malí na jej vývoj rozhodujúci vplyv. Ďalšia strata vodíka sa v budúcnosti prejaví vyschnutím oceánov a spomalením geologických cyklcov, ktoré stabilizujú klímu. Život sa okrem niekoľkých vlhkých oáz udrží iba okolo polov.

Jednou z najväčších zvláštností našej Slnečnej sústavy je rozdielnosť atmosfér na jej telesách. Zem a Venuša majú porovnatelnú veľkosť i hmotnosť. Tlak na povrchu Venuše však dosahuje hodnoty porovnatelné s dnom pozemských oceánov v hĺbke 1 000 metrov. Hrubá atmosféra CO<sub>2</sub> vytvára skleníkový efekt, takže na povrchu sa teploty pohybujú okolo 460 °C.

Mesiace Callisto a Titan sú čo do veľkosti skoro rovnaké telesá, ale atmosféra Titanu, v ktorom dominuje dusík, je hustejšia ako atmosféra Zeme, zatiaľ čo Callisto v podstate atmosféru nemá. Keby sme vedeli, čo tieto rozdiely spôsobuje, možno by sme pochopili, prečo sa na Zemi hemží život, zatiaľ čo ostatné terestrické planéty sú mŕtve.

Každá planéta mohla nadobudnúť vzdušný obal inakšie: buď uvoľnila pary a plyny zo svojho vnútra, buď získala prchavé materiály z asteroidov a komét, ktoré sa s ňou zrazili, alebo gravitačne nabalila materiál z okolia.

Planetológovia však v posledných rokoch študujú najmä procesy úniku plynov z atmosfér planét. Plyny unikajú aj z atmosféry Zeme. Každú sekundu strácam 3 000 gramov vodíka a 50 gramov hélia (ide o najľahšie plyny). Je to zdanlivо nepatrny úbytok, ale v minulosti boli straty podstatne vyššie.

Atmosféry terestrických planét a veľkých mesiacov krúžiacich okolo obráz planét sú iba zvyškami pôvodných atmosfér. Celé desaťročia sa vedci čudovali, prečo má Mars takú riedku

atmosféru, dnes si lámu hlavy nad tým, ako je možné, že sa na Červenej planéte vôbec nejaké ovzdušie zachovalo. Kladú si aj ďalšie otázky: Mala Callisto atmosféru, a ak áno, prečo ju stratiла? Ak atmosféru nikdy nemala, ako je možné, že Titan atmosféru má, ba možno, že v minulosti ju mal ešte hustejšiu? Prečo si Venuša udržala takú dusíka a oxidu uhličitého, ale prišla o všetok kyslík? Nestane sa Zem v budúcnosti druhou Venušou?

## Vplyv vysokých teplôt

Ak kozmická loď dosiahne únikovú (3. kozmickú) rýchlosť, oslobodí sa zo zajatia zemskej gravitácie. To isté platí pre atómy a molekuly. Termálny únik umožní vysoká teplota, ktorá ich pohyb urýchli. Vysokú rýchlosť však atómy a molekuly môžu nadobudnúť aj počas netermálnych procesov. Vygenerujú ju chemické reakcie, alebo reakcie nabitých častíc. Značnú časť atómov atmosféry však určite vymrštli do okolitného priestoru aj kolízie s asteroidmi a kométiemi.

Termálny proces je rozhodujúci. Všetky telesá v Slnečnej sústave zohrieva slnečné žiarenie. Buď emisiami infračerveného žiarenia, alebo uvoľňovaním hmoty. Na telesách s dlhou životnosťou, teda aj na Zemi, prevláda prvý proces. Aj teleso s parametrami Zeme však môže rýchlo strácať atmosféru, ak sa naruší rovnováha medzi absorpciou a vyžarovaním tepla. V našej Slnečnej sústave je plno telies bez ovzdušia. Vo väčšine prípadov ich o atmosféru pripravil termálny únik atómov. Tieto telesá prišli o atmosféru po jej prehriatí, pričom na rýchlosť úniku molekúl a atómov vplývala najmä ich gravitácia (*pozri obrázok*).

Termálny únik nastáva v dvoch prípadoch. Počas tzv. Jeansovho úniku sa atmosféra, atóm po atóme, molekula po molekule, vyparí. Atómy unikajú z jej najvŕchnejšej vrstvy. Nad takzvanou exobázou, teda nad hranicou 500 km nad povrhom, je už atmosféra Zeme taká riedka, že v nej takmer nedochádza k zrážkam častíc, ktoré by ich pohyb spomalili. Častice s dostatočnou rýchlosťou nezadržateľne unikajú do priestoru.

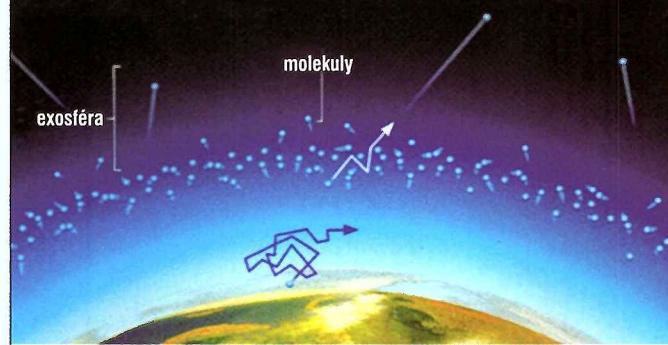
Z atmosféry Zeme najľahšie uniká vodík. Najprv však musí vystúpať nad hranicu sféry, čo je proces, ktorý na Zemi trvá dlho. Molekuly obsahujúce vodík nevystupujú vo väčšom počte nad najspodnejšie vrstvy atmosféry. Vodná para skondenzuje a v podobe dažďa či snehu sa vracia na zemský povrch. Metán sa po okyslicení mení na oxid uhličitý. Iba malo molekúl H<sub>2</sub>O a CH<sub>4</sub> vystúpi do stratosféry, kde sa rozpadajú. Uvoľnený vodík stúpa k sfére veľmi pomaly. Na UV-snímkach jasne vidíme halo atómov vodíka, ktoré obalujú našu planétu.

Teplota zemskej sféry kolíše, ale obyčajne sa pohybuje nad hodnotou 1 000 kelvinov. Z toho vyplýva, že atómy vodíka sa pohybujú priemernou rýchlosťou 5 kilometrov za sekundu. Úniková rýchlosť je sice oveľa vyššia (10,8 km/s), ale veľký rozptyl rýchlosťí spôsobuje, že niektoré atómy dokážu z gravitačnej pasce Zeme uniknúť. Takto dnes prichádzame o 10 až 40 % vodíka. Jeansov únik do istej miery objasňuje,

## Mechanizmus úniku plynov

### OVZDUŠIE SA VYPARÍ MOLEKULA PO MOLEKULE

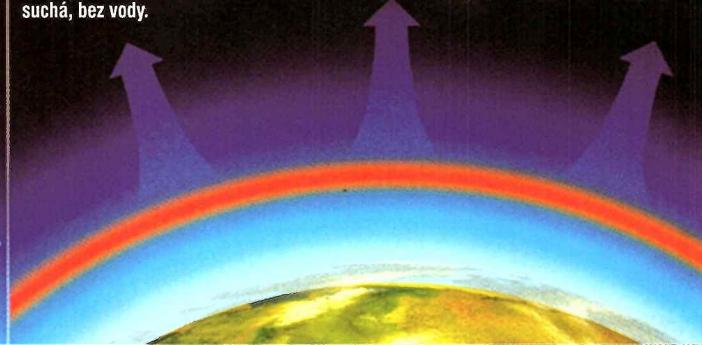
V exosfére, najvrchnejšej vrstve atmosféry, nič nespomalí únik najrýchlejších atómov do kozmu. Tento proces, takzvaný Jeansov únik, spôsobí únik značnej časti vodíka z našej atmosféry.



### Narastajúca teplota môže generovať únik atmosféry dvomi spôsobmi:

#### ZOHRIATÝ VZDUCH UNIKÁ V PODOBE PLANETÁRNEHO VETRA

Vzduch zahrievaný Slnkom zväčší objem, pohyb atómov a molekúl sa zrýchli natoliko, že prekonajú druhú kozmickej rýchlosť a uniknú. Tento hydrodynamický únik dominoval na mladej Zemi i na mladej Venuši. Práve tento proces (asi) spôsobil, že Venuša je dnes suchá, bez vody.



prečo Mesiac nemá ovzdušie. Plyny, ktoré unikli z jeho vnútra, ľahko unikli do priestoru.

Existuje aj iný termálny únik. Ten je oveľa dramatickejší. Počas Jeansovho úniku strácame plyny molekulu po molekule. Horúci plyn však môže unikať aj v oblakoch. Vrchná atmosféra dokáže absorbovať UV-žiarenie zo Slnka. Teplo zväčší jej objem, takže rýchle napuchajúca atmosféra vypudí oblak molekúl. Teplom sa roztahujući vzduch môže prekonáť rýchlosť zvuku. V tomto prípade ide o hydrodynamický únik, ktorý sa prejavuje ako planetárny vietor, obdoba slnečného vetra. (Slnečný vietor je prúd nabitéh častic, unikajúcich zo Slnka do priestoru.)

## Prach vo vetre

Atmosféry bohaté na vodík majú najväčší hydrodynamický únik. Unikajúci vodík strháva aj molekuly a atómy ľahších prvkov. Počet strhávaných molekúl závisí od ich hmotnosti. Vodíka však strácame najviac.

Hydrodynamické procesy pozorujeme aj na exoplanétach. Napríklad joviánska planéta HD 209458b má mocnú, slnečným vetrom náčeranú atmosféru. Vedci v nej objavili uhlík i kyslík. Tieto atómy by vzhľadom na svoju hmotnosť samy neunikli, na okraj atmosféry ich musel strhnúť vodík. To vysvetľuje, prečo sme zatiaľ neobjavili obriu planétu, krúžiacu okolo materskej hviezdy po bližšej dráhe ako HD 209458b. Na planétoch, ktoré krúžia okolo svojej hviezdy pod hranicou 3 miliónov kilometrov, hydrodynamický únik vonkajšiu atmosféru v priebehu niekoľkých miliárd rokov rozptýli. Zachová sa iba jej nevýznamná časť.

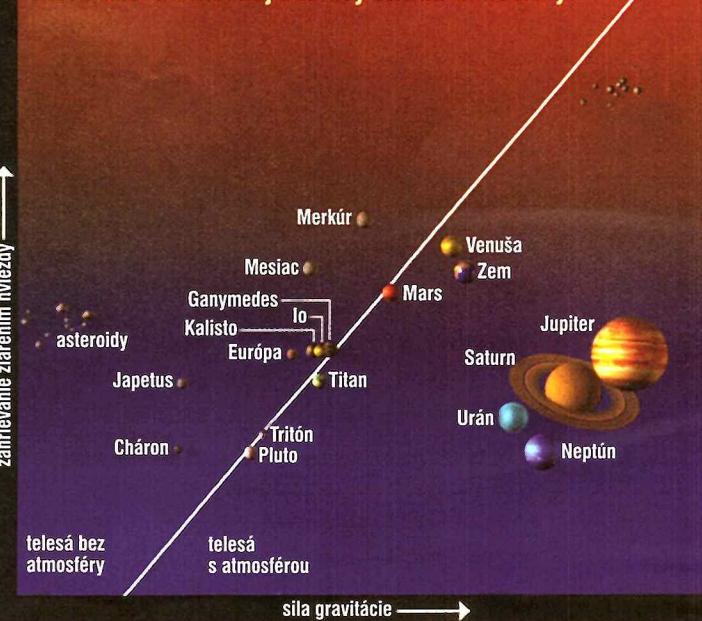
Aj tento objav z roku 2003 podnietil planetológov k úvahám, aký bol hydrodynamický únik z mladých terestrických planét. O tom, že tento proces prebiehal na Venuši, Zemi i na Marse, svedčia tri poznatky.

Po prvé: Keby vzácne chemicky neutrálne plyny, napríklad neón či argón, neunikli, v at-

Dôkaz pôsobenia termálneho úniku vyplňul zo zistenia, ktoré telesá si udržali atmosféry a ktoré nie. Rozhodujúcim faktorom boli miera zahrievania Slnkom (vertikálna os) a sila gravitácie toho-ktoreho telesa (horizontálna os). Telesá, ktoré si atmosféru neudržali, majú napospol slabú gravitáciu a boli vystavené silnému zahrievaniu.

Telesá, ktoré si atmosféru udržali, majú silnú gravitáciu a neboli vystavené silnému žiareniu.

## Ktoré telesá Slnečnej sústavy stratili atmosféry?

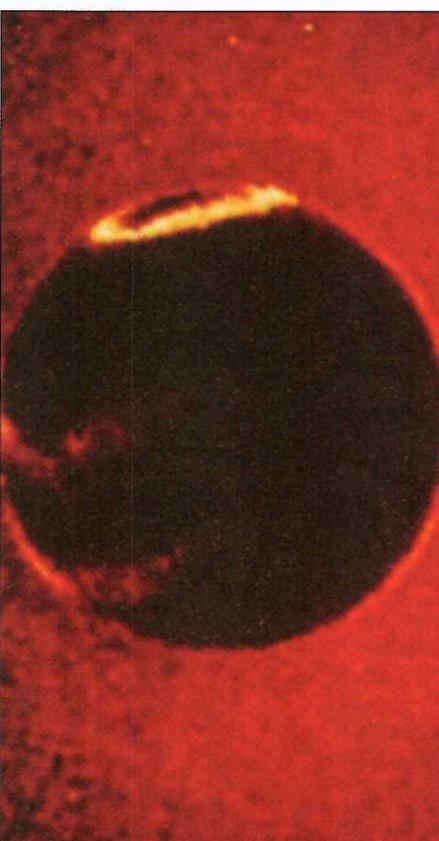


mosférach planét by sme ich museli detegovať. Podiel ich rozličných izotopov by sa mal zhodovať s ich pôvodnými hodnotami. (Tento predpoklad, pokiaľ ide o Slnko a vyššie spomínané planéty platí, pretože všetky telesá sa sfornovali z materiálu jedinej slnečnej hmloviny.) Hodnoty podielov vzácnych plynov sú však v atmosférach jednotlivých planét odlišné.

Po druhé: Mladé hviezdy sú silnými zdrojmi UV-žiarenia. Naše Slnko nebolo výnimkou. Jeho žiarenie generovalo hydrodynamický únik z planét.

Po tretie: Mladé terestrické planéty mali podľa všetkého atmosféru bohaté na vodík. Zdrojom vodíka mohli byť chemické reakcie vody so Železom, plyny v primordiálnej hmlovine, alebo voda, z ktorej UV-žiarenie uvoľňovalo molekuly vodíka. Mladú planétu bombardovali početne asteroidy a kométy. Po ich dopade do oceánov sa uvoľňovalo množstvo vodnej pará. Voda v atmosfére kondenzovala a v podobe dažďov sa vrácalala na povrch Zeme a Marsu. V prípade Venuše, ktorá je najblížšie k Slnku, však kondenzácia neprebiehala. Vodná para zotrvala v atmosfére, kde ju slnečné žiarenie rozložilo na vodík a kys-

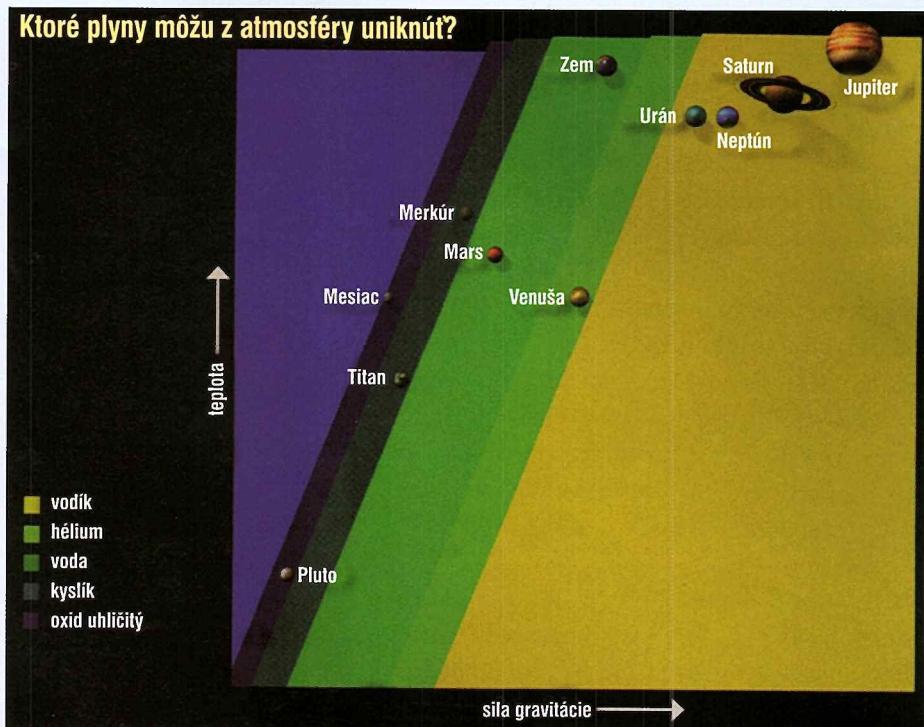
Na UV-snímke sa unikajúce atómy vodíka prejavujú červenou žiarou. Kyslík a dusík zviditeľňuje pás okolo severného pólu a rozstrapkané pruhy na obratnískoch. Snímku nočnej Zeme urobila sonda Dynamic Explorer I v roku 1982.



lík. Vodík z atmosféry postupne unikol. Podľa vedcov sa voda vo vzdušnom oceáne Venuše vyparila do priestoru v priebehu niekoľkých miliónov rokov. Unikajúci vodík strhol aj väčšinu kyslíka. CO<sub>2</sub> však v atmosfére ostal. Navyše: bez vody neprebiehajú chemické reakcie, ktoré menia CO<sub>2</sub> na väpencov či iné minerály uhlíka. Oxid uhličitý v atmosfére Venuše ostal a vytvoril skleníkový efekt, ktorý ju premenil na pekelnú, horúcu planétu.

Hydrodynamicke straty postihli aj Zem a Mars. Svedčí o tom neprítomnosť ľahkých izotopov, ktoré sa ľahko strácajú. V atmosférach Zeme a Marsa je podiel neónu 20 k neónu 22 o 25 % nižší ako na Slnku. To isté platí pre podiel argónu 36 k argónu 38 na Marse. Dokonca izotopy xenónu (s výnimkou priemyselných emisií najtažšieho plynu v atmosfére Zeme), svedčia o hydrodynamickom úniku. Ak bol hydrodynamický únik taký silný, že dokázal strhnúť aj xenón, prečo nestrhol všetky molekuly v atmosfére? Túto záhadu nevyriešime, kým nanovo nevypracujeme nielen história tohto vzácneho plynu, ale všetkých plynov, ktoré zotrvali v atmosfére.

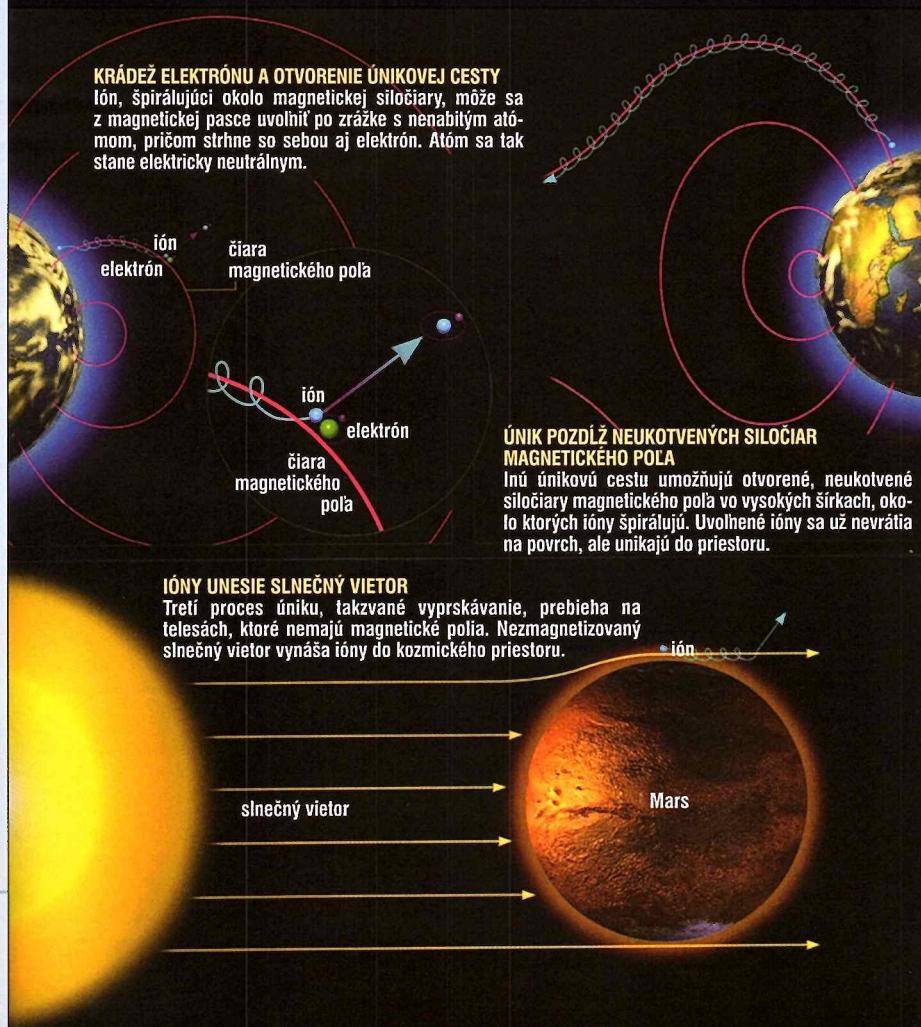
Hydrodynamický únik mohol zbaviť väčšiny atmosféry aj Titan! Sonda Huygens, ktorá na povrchu ponurého mesiaca pristála pred 6 rokmi, namerala, že pomer dusíka 14 k dusíku 16 predstavuje 70 % hodnôt nameraných na Zemi. To je príliš veľké manko, ak uvážime, že oba izotopy, pokiaľ ide o schopnosť uniknúť, sa iba nepatrne



Lahké plyny, napríklad vodík, unikajú ľahšie ako ľahšie. Podmienky úniku závisia od teploty povrchu atmosféry, či, v prípade telies bez ovzdušia, od teploty ich povrchu (vertikálna os) a od sily ich gravitácie (horizontálna os). Ak teleso leží vpravo od pruhu označujúceho plyn, atmosférické plyny si udrží. Ak leží vľavo od tohto rozhrania, plyny postupne stratí. Napríklad: Mars stráca vodík a hélium, ale udrží si kyslík, oxid uhličitý a malé množstvo vody.

## Záhadné čästice

Strácanie atmosféry umožňujú aj reakcie nabitéch čästíc. Elektrické polia urýchlia ióny, ktoré sa dokážu vymanit z gravitácie. Magnetické polia planéty ich polapia, ale ióny, na rozličný spôsob, dokážu z magnetickej pasce uniknúť.



odlišujú. Ak mal mladý Titan v atmosfére rovnaké zloženie izotopov dusíka ako Zem, musel stratíť obrovské množstvo tohto plynu. Presnejšie, musel ho mať niekolkonásobne viac ako dnes! To znamená, že voľakej bola atmosféra Titanu oveľa hustejšia, a to záhadu okolo atmosféry ešte prehľube.

## Chémia umožňuje ľahší únik

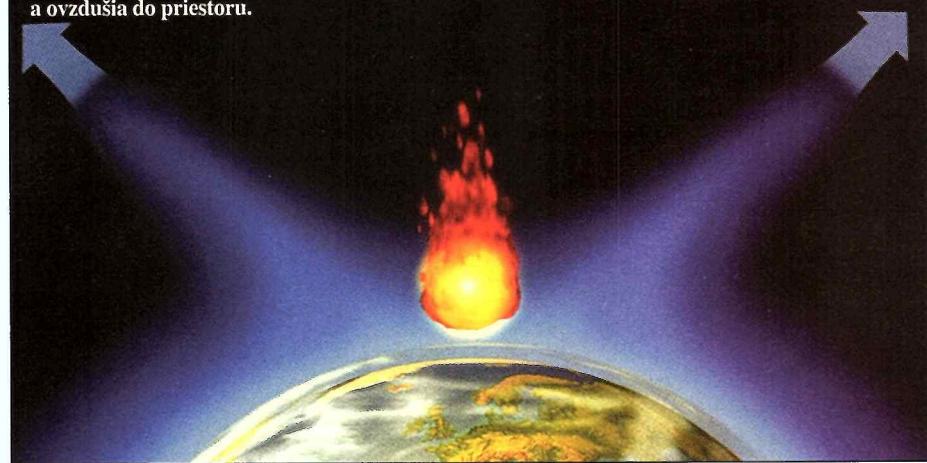
Na niektorých planétach, patrí medzi ne i dnešná Zem, je termálny únik menej dôležitý ako netermálny. Ten netermálny generujú chemické reakcie a vzájomné kolízie čästíc, ktoré katapultujú atómy na únikovú rýchlosť. Pre netermálne mechanizmy je príznačné, že unikajúce atómy a molekuly dosiahnu únikovú rýchlosť iba vtedy, ak ju získajú nad exobázu, kde im v úniku nič nebráni. Veľa typov netermálnych únikov sa nezaobíde bez iónov. Tieto nabité čästice zachytávajú magnetické pole Zeme. (Najskôr globálne pole, generované procesmi vo vnútri planéty, ale aj lokálne magnetické polia, ktoré sa tvoria vnikáním solárneho vetra.)

Počas úkazu, známeho ako výmena nábojov, rýchly ión vodíka koliduje s neutrálnym atómom vodíka a strhne jeho elektrón. Vzniká (takmer) neutrálny atóm, ktorý je voči magnetickému poľu imúnný. Tento proces predstavuje 60 až 90 % straty pozemského vodíka. Venuše prišla takto o skoro všetku vodu.

Iný únik umožňuje aj takzvaná magnetická pasca. Väčšina siločiar magnetického poľa vytvára medzi magnetickými pólmami obľúky. Tieto siločiar sú pohyblivé, flexibilné, ale „ukotvené“. Niektoré sa však pod vplyvom slnečného vetra neukotvia a povievajú nad pólmi ako strapate štice. Ióny špirálujúce okolo siločiar môžu preto

## Únik výbuchom po impakte

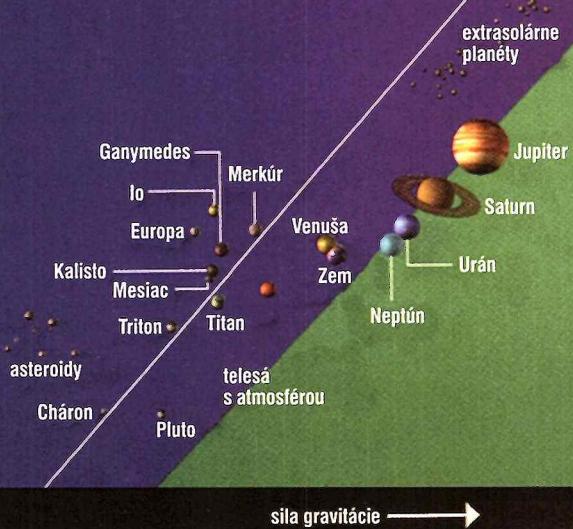
Ak kométa, alebo asteroid dopadne na planétu, gigantická explózia vymrší časť hornín, vody a ovzdušia do priestoru.



Najviac atmosféry po impakte unikne z telesa, ktoré má slabú gravitáciu (horizontálna os) a impakujúci objekt doň narazi s vysokou rýchlosťou (vertikálna os). Vľavo od diagonály ležia telesá bez ovzdušia, kde sa erózia po impakte prejaví najvýraznejšie. Vpravo od diagonály ležia telesá, ktoré atmosféra pred impaktmi viac či menej chráni.

## Ktoré telesá sú voči impaktu najzraniteľhejšie?

rýchlosť impaktu ↑



z magnetickej pasce uniknút, ak nadobudli rýchlosť, ktorá ich vynesie z gravitačného klepca. To však dokážu iba najlahšie ióny vodíka a hélia. Prúd nabitých častíc, tzv. polárny vietor (nezamieňajme si ho s planetárnym vetrom), odnáša zo Zeme 10 až 15 % vodíka a hélia.

Stáva sa, že niekedy lahlé ióny strhnú so sebou aj tie ľahšie. To by vysvetlovalo xenónový záhadu: ak bol polárny vietor kedy si silnejší, mohol vynášať aj ióny xenónu. Istým dôkazom existencie tohto mechanizmu je fakt, že kryptón (vzácný plyn, ktorý nemá len izotopy ako xenón, ale napriek tomu má rovnakú hmotnosť), je odolnejší voči „únosu“ ako xenón. Dôvod: kryptón na rozdiel od xenónu odoláva ionizácii, takže ho nedokáže strhnúť a vyniesť ani silný polárny vietor.

Tretím netermálnym procesom je fotochemický únik. Prejavuje sa na Marse a možno aj na Titane. Molekuly kyslíka, dusíka a oxidu uhlíka vystupujú do vrchných vrstiev atmosféry, kde ich slnečné žiarenie ionizuje. Ak sa ionizované molekuly spária s elektrónmi alebo jedna s druhou koliduje, uvoľnená energia rozloží mole-

kuly na atómy s dostatočnou únikovou rýchlosťou.

Mars, Titan a Venuša nemajú globálne magnetické polia. Tam sa uplatňuje štvrtý typ netermálneho procesu – prskanie (sputtering). Bez štítu planetárneho magnetického pola nie sú najvrchnejšie vrstvy atmosféry ničím chránené pred slnečným vetrom. Ióny si pod jeho vplyvom vymenia náboje a unikajú z atmosféry.

Atmosféra Marsu je bohatá na ľahký dusík a izotopy uhlíka, čo svedčí o tom, že 90 % pôvodnej atmosféry sa už rozplynulo. Spôsobilo to práve prskanie a fotochemické procesy. V roku 2013 vypustí NASA sondu MAVEN (Mars Atmosphere and Volatil EvolutioN), ktorá zmeria unikajúce ióny a neutrálne atómy. Vedci potom dokážu rekonštruovať história marťanskej atmosféry.

## Fatálne dôsledky

Termálne či netermálne úniky sú však v porovnaní s dôsledkami impaktov komét a asteroidov bezvýznamné. Ak sú tieto kozmické projektily veľké a rýchle, po náraze sa vyparia

a s nimi sa vyparí aj porovnatelná hmota z povrchu impaktovaného objektu. Rýchlosť rozpínajúceho sa oblaku horúceho plynu je vyššia ako úniková (druhá kozmická) rýchlosť. Oblak strháva so sebou vrstvy atmosféry, ktorou uniká. Čím má impakt vyššiu energiu, tým väčší kužeľ atmosféry vypudí. Asteroid, ktorý pred 65 miliónmi rokov zahubil dinosaurov, vytvoril ozrnutý kužeľ rázovej vlny. (Hraný kužeľ boli odklonené od vertikály až o 80°.) Do kozmu unikla 1/100 000 atmosféry. Zem však prežila aj väčšie impakty.

Veľkosť únikového kužeľa ovplyvňuje aj hustota atmosféry. Čím je atmosféra redšia, tým väčší fragment z nej po zrážke unikne. A rednúca atmosféra je čoraz priepestnejšia. Impakujúce telesá strácajú medzi vniknutím do atmosféry a dopodom na povrch planéty čoraz menej hmoty. Nárazy sú čoraz brutálnejšie, úniky atmosféry čoraz väčšie.

Mladý Mars sa vyzýval v nebezpečnom prostredí, nedaleko pásu asteroidov. Navyše, vyzvínal sa ako relativne malá planéta so slabšou gravitáciou. Dôsledky častých impaktov boli fatálne: väčšinu atmosféry stratil v priebehu 100 miliónov rokov.

Aj veľké mesiace Jupitera krúžia v nebezpečnom prostredí, hlboko v gravitačnom poli gigantickej planéty. Gravitácia Jupitera rýchlosť polapených asteroidov a komét zvyšuje. Ak by tieto mesiace aj mali atmosféry, dávno by o ne prišli. Titan, najväčší mesiac Saturna sa pohybuje relatívne ďaleko od materskej planéty, kde je rýchlosť impakujúcich telies menšia. Atmosféru si teda udržal.

Ako vidno, rozdielnosť atmosfér telies Slnčnej sústavy spôsobilo veľa faktorov. Pohybujú sa v nej relatívne veľké objekty bez ovzdušia, (Ganymedes, Callisto) i planéty, ktoré stratili všetku vodu (Venuša). Strácanie atmosfér však má aj pozitívny vedľajší efekt. Nakolko vodík uniká ľahšie ako kyslík, okysličovanie planét narastá. Najmä únikom vodíka planetológovia vysvetlujú fakt, že povrch Marsu, Venuše, ba aj Zeme je červenokastý až červený. O Zemi sice hovoríme ako o zelenej planéte, ale väčšina zemskej kôry je červená, aj v oblastiach pokrytých vegetáciou či vrstvou pôdy. Všetky tri planéty boli za mladi sivočierne. Prevládali na nich vulkanické horniny. Postupom času však zhrdzaveli, pretože pôvodné horniny, bohaté na železo, zoxidovali. Vedci zo sýosti červenej farby Marsu vypočítali, že planéta musela stratiť oceán s priemernou hĺbkou najmenej 10 metrov. Tento odhad sa však vo svete najnovších údajov považuje za mimoriadne nízky.

Objem kyslíka v atmosfére Zeme sa dlho počítal za produkt živých organizmov. Toto organické okysličovanie vyvrcholilo pred 2,4 miliardami rokov. Vieme, že voľný kyslík bol kedy si súčasťou molekúl vody, ktoré sa rozpadli. Vodík unikol, kyslík ostal.

Baktérie rozkladajú molekuly vody procesom fotosyntézy. Uvoľnený vodík sa môže stať súčasťou organickej látky, napríklad metánu, alebo uniknúť do kozmu.

Vedci dlho nevedeli, prečo má Mars takú riedku atmosféru. Pridŕžali sa hypotezy, podľa ktorej chemické reakcie medzi vodou, oxidom uhli-

### Tabuľka strát na jednotlivých telesách

Tri rozdielne únikové procesy sa prejavujú v rozličnom stupni, na rozličných planétach a v rozličných obdobiach ich história.

OBJEKTY	OBDOBIE	UNIKAJÚCE PLYNY	termálne		netermálne		impakty
			Jeansov únik	hydrodynamický únik	výmena nábojov	pôlarný vektor	
Zem	dnes	vodík	✓		✓	✓	
		hélium			✓	✓	
	po sformovaní	vodík		✓			
		neón		✓			
Venuša	dnes	vodík			✓		✓
		hélium			✓		✓
	po sformovaní	vodík		✓			
		kyslík		✓			
Mars	dnes	vodík	✓				
		uhlík				✓	✓
		kyslík				✓	✓
		dusík				✓	✓
		argón				✓	✓
	po sformovaní	všetky plyny					✓
		vodík		✓			
Jupiterove sateliety	po sformovaní	CO <sub>2</sub>		✓			
	dnes	vodík	✓				✓
		metán		?		✓	✓
		dusík		?		✓	✓
Titan	po sformovaní	vodík	✓				
		metán		✓			
		dusík		✓			
	dnes	vodík		?			
Pluto	dnes	metán		?			
		dusík		?			
	dnes	vodík		✓			
Exoplanéta HD 209458b	dnes	uhlík		✓			
		kyslík		✓			

čitým a horninami premenili pôvodne hustú atmosféru Červenej planéty na minerály uhlíka. Tieto karbonaty, na rozdiel od Zeme, sa na Marse nerecyklovali, pretože malý Mars oveľa rýchlejšie chladol. To spôsobilo, že pohyb platní martanskéj kôry po magme v plášti (ak vôbec fungovalo) pomerne skoro utíhol. Dávno ustala aj sopečná činnosť. Táto hypotéza však má chybíku krásy: sondy zatiaľ na povrchu Marsu objavili iba malé ostrovčeky minerálov uhlíka a aj tie sa, podľa všetkého, sformovali sice v tplej vode, ale hlboko pod povrchom. Na druhej strane iba táto hypotéza objasňuje, prečo je v martanskej atmosféri tak málo dusíka a vzácnych plynov. Najpríjemnejšou teóriou je preto teória úniku. Martanská atmosféra sa rozplynula v kozme.

Záhadou je, prečo Mars po takých častých impaktoch neprišiel o celú atmosféru, tak ako Ganymedes či Callisto. Vedci to vysvetľujú tým, že posledné masívne bombardovanie asteroidmi vyvrcholilo pred 3,8 miliardami rokov, pričom impakty komét (a ako vieme, aj časť väčších asteroidov obsahuje vodný ľad) mohli na Mars dopraviť viac prchavých látok, ako po iných impaktoch z neho unikalo. Čoraz viac vedcov sa prikláňa aj k názoru, že časť martanskej atmosféry pretrvala pod povrchom

(hoci v podobe ľadu) a po utíchnutí bombardovania sa postupne uvoľňuje.

Zemi zdanlivo únikové procesy veľmi neuškodili. To sa však môže zmeniť. Zo Zeme uniká relatívne málo uhlíka, pretože na vodu najbohatší plyn, vodná para, kondenzuje v najspodnejších vrstvách atmosféry a vracia sa v podobe snehu a dažďa na povrch. Jasnosť Slnka však narastá. Intenzita slnečného žiarenia sa v priebehu miliardy rokov zvyšuje o 10 %. Z hľadiska ľudského veku je to pomalý proces. V rozpätí geologického času však tento vývoj bude mať fatalné dôsledky. Oteplujúca sa atmosféra bude čoraz vlhkejšia a vodík z nej nebude unikat po molekulách, ale prúdom.

Ak tento proces začne o miliardu rokov, po uplynutí ďalšej miliardy sa oceány na Zemi vyparia. Zelená planéta sa zmení na suché, vyprahlutné teleso so scvrkávajúcimi sa čiapočkami ľadu na pôloch. Stopy vody v nižších zemepisných šírkach budú čoraz zriedkavejšie. V priebehu ďalšej miliardy rokov zvädnú aj polárne oázy. Vyparená voda zosilní skleníkový efekt do takej miery, že na povrchu Zeme sa začne topiť cín a olovo. Tak ako na Venuši. A život vyhasne...

Scientific American

## Stará kopa galaxií v mladom vesmíre

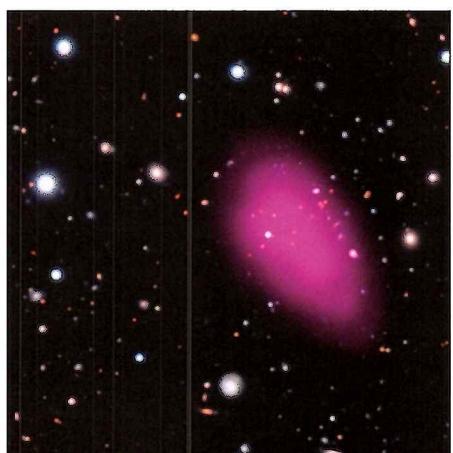
CL J1449+0856, dokonale vyzretú kopu galaxií objavili v období, keď mal vesmír sotva 3 miliardy rokov! To nikto nečakal, pretože podľa teórie vyplývajúcej z pozorovaní sa kopy galaxií v tom čase iba začali formovať. Ide o doteraz najvzdelanejšiu a teda najstaršiu kopu galaxií, ktorú astronómovia doteraz objavili.

Rekordnú kopu galaxií objavil röntgenový vesmírny dalekoklad Newton. Prejavila sa rozptýleným röntgenovým žiareniom, ktoré emituje horúci plyn v jej vnútre. Gravitácia kopy zahustila a zohriala plyn na teplotu presahujúcu 10 miliónov kelvinov.

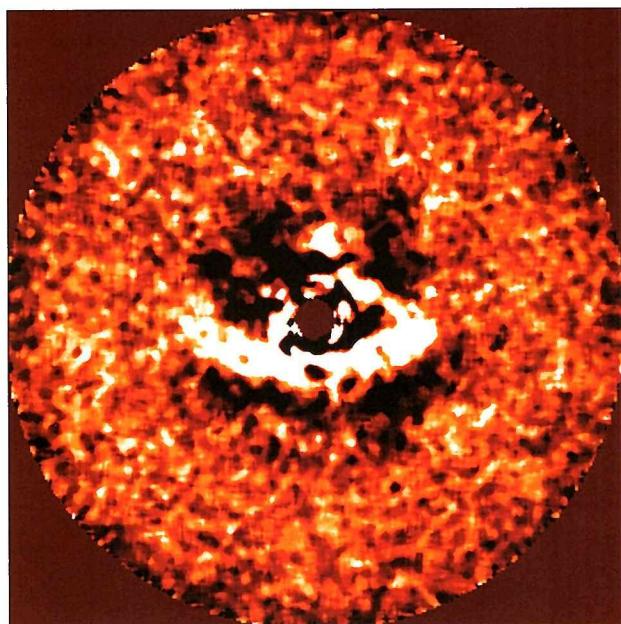
Údaje o röntgenovom žiareni dokazujú, že kopa galaxií je už dokonale sformovaná a dajú sa z nich vyčítať aj jej vlastnosti. Vedci odhadli hmotnosť kopy na 5 až  $8 \times 10^{13}$  hmotnosť Slnka, čo je na takú starú kopu pomerne veľká, ale v porovnaní s mladšími kopami priemerná hmotnosť. Práve takéto kopy sa stali progenitormi oveľa masívnejších štruktúr, ktoré pozorujeme v dnešnom vesmíre.

Senzačný objav je výsledkom päťročného štúdia opierajúceho sa o údaje, získané na viacerých vlnových dĺžkach pomocou pozemských i vesmírnych dalekokladov. Kopa galaxií CL J1449+0856 po prvý raz identifikovali po analýze údajov z infračerveného vesmírneho dalekokladu Spitzer. Potom postupne vyhodnotili optické a infračervené údaje z dalekokladu Subaru na Národnom japonskom observatóriu, z Hubblovho vesmírneho dalekokladu a z obrehu dalekokladu Keck na Havajských ostrovoch. Rozhodujúce údaje však získali röntgenové vesmírne dalekoklady Chandra a Newton.

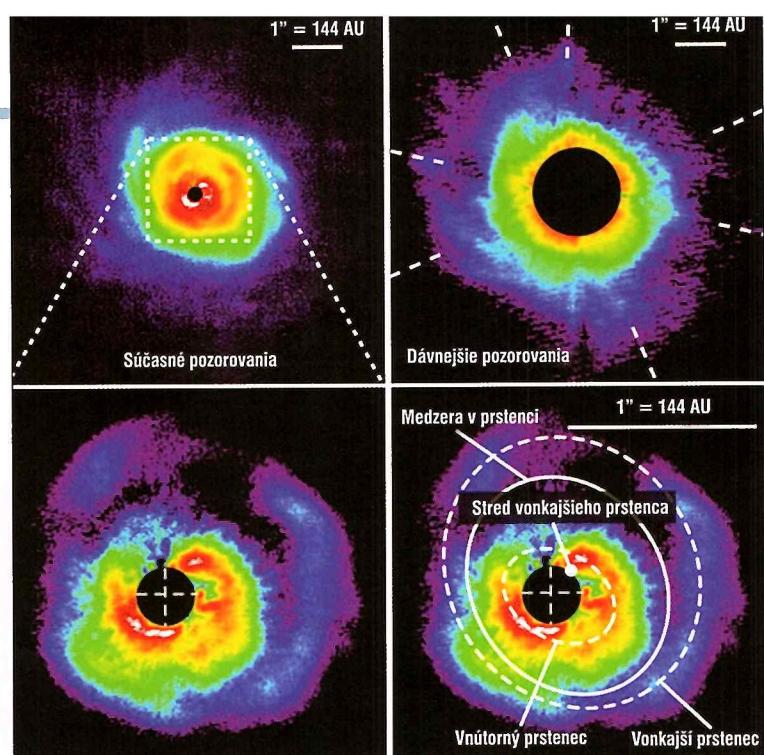
Max Planck Institute Press Release



Kopa galaxií CL J1449+0856 na kombinovanej infračervenej a röntgenovej snímke je najvzdelanejšou a najstaršou z doteraz objavených kôp galaxií. V čase, keď dozrela do tejto podoby, mal vesmír iba 3 miliardy rokov. Doteraz sme v takej vzdialosti objavili iba formujúce sa kopy galaxií.



Proplanetárny disk krúžiaci okolo mladej hviezdy LkCa 15 (zadelený krúžok v strede snímky). V medzere pred vnútorným okrajom disku by mala krúžiť jedna, alebo niekoľko čerstvo sformovaných planét. Oblúk disku je zreteľne pretiahnutý doľava. Elipsovitý tvar disku môže byť dôsledkom prítomnosti planét.



Najnovšia snímkova systému hviezdy AB Aur (vľavo hore), exponovaná prístrojom HiCIAO. Porovnajte ju so snímkou z roku 2004, ktorú exponoval prístroj CIAO (vpravo hore). Na zväčšenej novej snímke (vľavo dole) rozlíšime viac detailov, ktoré opisuje obrázok vpravo dole. Svetlé a tmavé pruhy prezrádzajú prstence zo zloženého materiálu. Fakt, že ich stred nie je totožný s polohou hviezdy i ďalšie nepravidelnosti svedčia o prítomnosti masívnej planéty, ktorá premiestňuje hmotu medzi prstencami.

## Zrod planetárnej sústavy

Hviezdy sa formujú v kolabujúcich prachoplynových mračnách. Materiál, ktorý gravitácia hviezdy nezachytila, sa formuje do hustých, plochých diskov, krúžiacich okolo materskej hviezdy. V diskoch sa vytvárajú zhustky hmoty nabaľujúce okolity materiál. Okolo zhustkov s najväčšou hmotnosťou sa časom sformujú planéty a celá plejáda menších telies.

V posledných rokoch vedci objavili stovky protoplanetárnych diskov. Študujú ich priamo i nepriamo, pričom ich vývoj modelujú aj na počítačoch. Narastajúca rozlišovacia schopnosť dalekohľadov, pozemských i vesmírnych, umožňuje objavovať a študovať aj také detaily protoplanetárnych diskov, ktoré sme donedávna nerozlišili.

Nemeckí astronómovia sa zamerali na hviezdu LkCa 15, vzdialenosť 450 svetelných rokov od Zeme. Je to mladá hviezdka, Slnko má 1000-krát vyšší vek. V protoplanetárnom disku hviezdy objavili medzera v strede disku. Povrch disku svetlo materskej hviezdy odraža, medzera nie. Medzera má tvar mierne naklonenej elipsy.

Astronómovia z Inštitútu Maxa Plancka medzera v disku i jej asymetriu považujú za dôkaz prítomnosti jednej či viacerých planét, ktoré sa iba nedávno sformovali. Medzera je taká široká, že by sa do nej zmestili, s patričnými odstupmi, všetky planéty našej Slnčnej sústavy. Vzniká okolo hviezdy LkCa 15 podobný systém ako ten nás? Nevedno, vedci doteraz neobjavili ani jedinú planétu.

Astronómovia z Národného japonského observatória študovali hviezdu AB Aur, vzdialenosť 470 svetelných rokov od Slnka. Táto hviezdka je ešte mladšia ako LkCa 15, má sotva milión rokov. Detaily, ktoré rozlišili, nemajú konkuren-

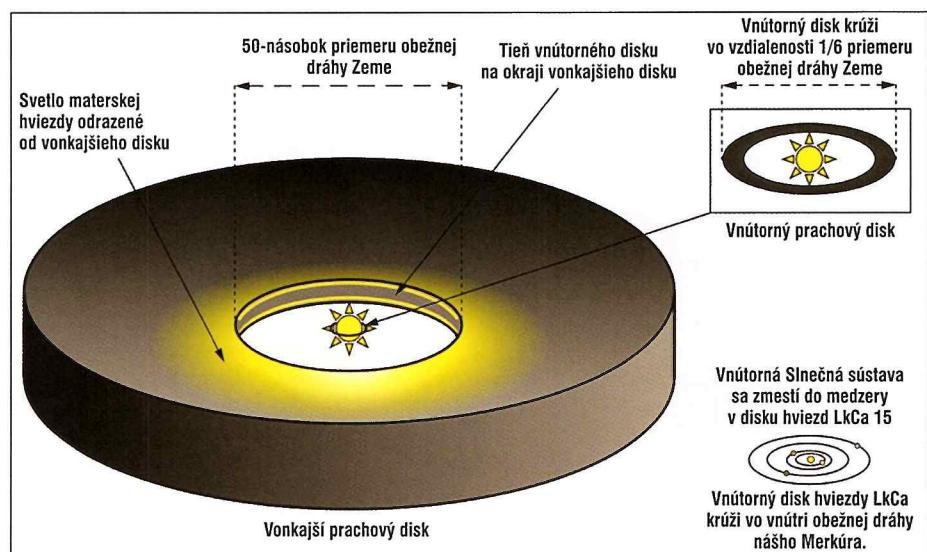
ciu, hoci cieľ, zdanlivá veľkosť systému hviezdy AB Aur, nie je väčšia ako minca (1 euro) pozorovaná zo vzdialenosťi 10 kilometrov. Na snímkach rozlíšili hniezdo prstencov krúžaceho materiálu, sklonených voči rovine disku. Vedcov udivilo, že materiál nie je okolo hviezdy rozpätý symetricky, ale pohybuje sa v bizarných štruktúrach, ktoré svedčia o prítomnosti najmenej jednej, veľmi masívnej planéty.

Oba objavy umožnili unikátny prístroj HiCIAO, prepojený s 8,2-metrovým dalekohľadom SUBARU. Rozlíšiť detaily v disku, ktorý krúži

blízko okolo hviezdy, je náročné. Pozorovateľovi stačia štúdiu turbulencie v atmosféri Zeme i žiareniu materskej hviezdy. HiCIAO dokáže oba rušivé faktory odstrániť.

Oba objavy sa uskutočnili v rámci projektu SEEDS (Strategický výskum exoplanét a diskov dalekohľadom Subaru). Výskum potrvá 5 rokov. Uverejnené snímky z dalekohľadu SUBARU sú iba časťou výskumu, zameraného na formovanie a evolúciu planetárnych sústav. Na projekte SEEDS sa zúčastňuje 120 vedcov z 25 astronomických pracovísk v Ázii, Európe a v Spojených štátach.

SEEDS Press Release



Trojrozmerný obrázok tvaru disku, ktorý obieha okolo hviezdy LkCa 15. Na snímkach prístroja HiCIAO vidíme iba svetlo, odrazené od vonkajšieho disku (žltá farba). Ďalšie detaily doplnili pomocou počítača na základe nepriamych pozorovaní. Medzera medzi masívnym vonkajším a malým vnútorným diskom mohli vytvoriť najskôr planéty. Tie sa však zatiaľ nenašli.

# Herschel: menej tmavej hmoty, viac hviezd

Snímka, ktorú vidíte, bývala nepatrým fliačikom na oblohe, ktorú astronómovia pomenovali „Lockmanovou dierou“. Nachádza sa v súhvezdí Veľkého voza. Lockmanova diera je vzhľadom na polohu priam ideálnou oblastou na pozorovanie galaxií vo vzdialom vesmíre, pretože pozorovanie iba minimálne sfážuje žiarenie objektov v popredí.

Priístroj SPIRE na palube vesmírneho dalekohľadu Herschel objavil v Lockmanovej dieri množstvo starých galaxií.

Skoro každá svetelná škvarka je galaxiou. Bezmála všetky sa sformovali pred 10 až 12 miliardami rokov. Každá galaxia obsahuje niekoľko miliárd hviezd. Modrá, zelená a červená farba reprezentujú 3 ďaleké infračervené vlnové dĺžky: 250, 350 a 500 mikrometrov. Galaxie, ktoré sa javia ako biele, majú na všetkých troch vlnových dĺžkach rovnakú intenzitu. Práve v nich sa formuje najviac hviezd.

Jednotlivé detekcie týchto galaxií sú náročné, pretože je ich vela a navzájom sa prekrývajú. Navyše, vzhľadom na veľkú vzdialenosť je ich žiarenie mimoriadne slabé. Veľká hustota galaxií produkuje infračervenú hmlu, (známu ako „kozmickej infračervené pozadie“ – CIB), v ktorej sa jasne prejavuje tendencia galaxií zoskupovať sa do kôp. Práve preto sa CIB stalo najvýznamnejším prostriedkom výskumu procesov zoskupovania galaxií vo veľkých i malých škálach.

Na trojici poličok (*na snímke dole*) môžete sledovať distribúciu tmavej hmoty v čase, keď mal vesmír iba 3 miliardy rokov. Všetky obrázky vyplynuli zo simulácií na počítačoch.

Na ľavom obrázku sa jasne prejavuje postupná distribúcia častíc tmavej hmoty do typických načechraných, „chumáčovitých“ štruktúr kozmickej tkaniny. Pozoruhodná je siet uzlov, v ktorých sa križujú vlákna, vyvinuté z nepatrých fluktuácií hmoty v mladom vesmíre.

Na strednom obrázku vidíte zjednodušenú štruktúru tmavej hmoty v komplexnej sieti, tak ako sa prejavila v rámci takzvaného halo-modelu. Ide o štatistickú metódu, ktorú astronómovia využívajú na opis distribúcie tmavej hmoty vo veľkých a malých škálach. Distribúcia tmavej hmoty sa prejavuje ako zoskupovanie neviditeľných objektov, hál tmavej hmoty, pod-

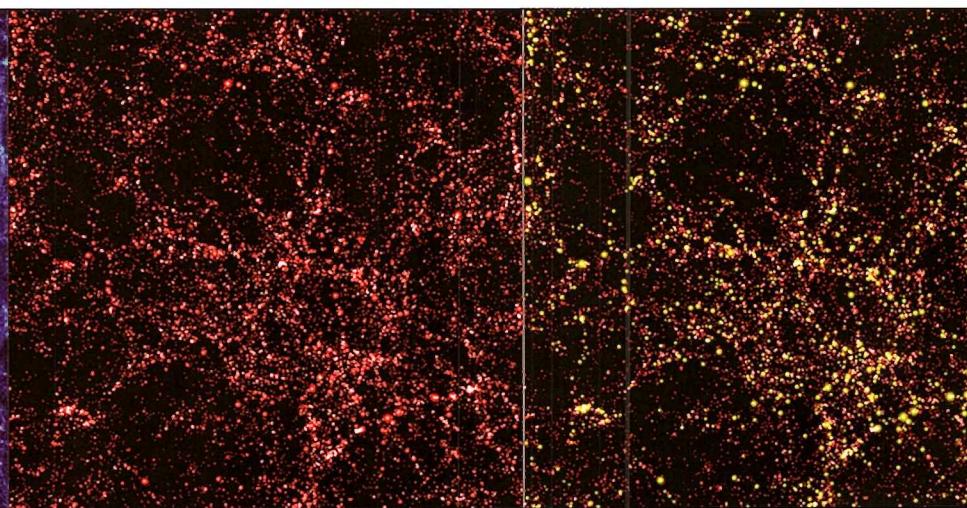
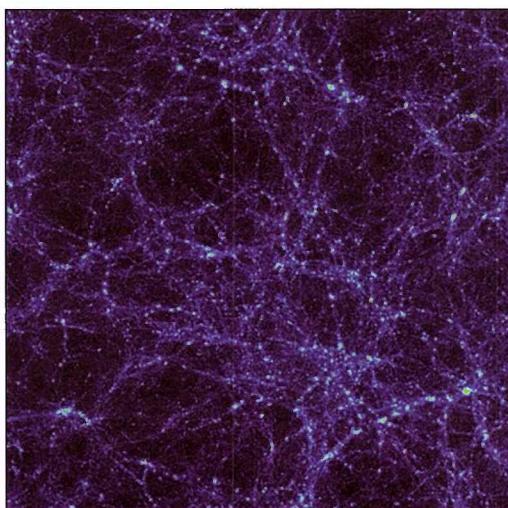


najhustejšími uzlami viditeľnej kozmickej tkaniny.

Na pravom obrázku sú žltou farbou zvýraznené halá tmavej hmoty, okolo ktorých sa formujú najväčšie kopy galaxií. Iba halá s mimoriadnou hmotnosťou dokážu sústrediť kritické

množstvá hmoty, galaktické ostrovy, v ktorých sa rozpúta intenzívna hviezdotvorba. Podľa najnovších výpočtov na základe údajov z dalekohľadu Herschel musí mať takáto galaxia minimálnu hmotnosť  $3 \times 10^{11}$  hmotnosti Slnka.

**Herschel Press Release**



# M 82: rozličné zdroje hviezdneho vetra

Ďalekohľad SUBARU sa prekonáva. Je veľký, kvalitný, vybavujú ho dômyselnými prídavnými prístrojmi. Množstvo významných objavov dosiahnutých týmto ďalekohľadom súvisí aj s dôtipom a vedeckou intuíciami tímov, ktoré si vedia na overenie svojich hypotéz a teórií vhodné ciele. V tomto prípade si medzinárodný tím vytípalo galaxiu M 82, známu veľkým počtom mladých, búrlivých hviezd, vymetajúcich okolie silnými hviezdými vetrami.

Všetko, čo je podstatné, ľudské oči nerozlísia. Tento Exupéryho bonmot platí pre astronómii dvojnásobne. Platí to aj pre staré galaxie, v ktorých prebiehalá búrlivá hviezdotvorba. Podrobne štúdie týchto hviezdnych ostrovov umožňujú rekonštruovať aj minulosť nášho hviezdneho ostrova.

Aj galaxie sa rodia, rastú, dozrievajú a umierajú. Galaxie, v ktorých prebieha búrlivá hviezdotvorba sa zväčša sformovali v mladom vesmíre; 1 až 3 miliardy rokov po big bangu. Tieto galaxie medzičasom zostarli, dozreli, ale my ich, vzhľadom na vzdialenosť, pozorujeme v ich juvenilnom štadiu, keď sa v nich formovali hviezdy oveľa rýchlejšie a vo väčšom počte ako v mladších galaxiach, podobných Mliečnej ceste.

V týchto galaxiach prevažovali masívne hviezdy s relativne krátkym životom. (Masívne hviezdy zanikajú už po uplynutí niekolkých desiatok až stoviek miliónov rokov. Slnečno má 4,5 miliardy rokov a súčasne je iba v stredom veku.) Väčšina týchto hviezd sa už dávno rozpada a ich „hviezdny popol“ staže pozorovanie.

Búrlivé agónie dávnych superhviezd, prejavujúce sa výtryskami energie a vyvrhnutými obálkami, detegujeme najmä na infračervených vlnových dĺžkach, ktoré sú 20-krát dlhšie ako vlnové dĺžky viditeľného svetla. Dôkladné štúdium týchto „hviezdnych fabrik“ umožňujú najmä infračervené ďalekohľady.

Medzinárodný tím pozoroval galaxiu M 82 pomocou 8,2 m ďalekohľadu SUBARU a prídavného zariadenia COMICS (Cooled Mid-Infrared Camera and Spectrometer). M 82, vzdialenosť 11 miliónov svetelných rokov, je najbližšia zo všetkých galaxií s búrlivou hviezdotvorbou. Vedci získali zväčšené

a neobyčajne ostré snímky vnútorných oblastí hviezdneho ostrova. Ojavili na nich mladé hviezdokopy a oblaky prachu rozptylované búrlivými hviezdými vetrami.

Štruktúry prachu a plynu rozptylované vetrami sa táhajú až do vzdialenosť stoviek tisíc svetelných rokov. To svedčí o veľkej sile hviezdnych vetrov. Tieto „supervetry“ vymršťujú plyn a prach z centra galaxie rýchlosťou 800 000 kilometrov za hodinu až na jej perifériu a do okolitého priestoru. Z takýchto mračien sa môžu vytvoriť slnečné sústavy podobné našej. Horúci supervetor jasne žiarí v infračervenej oblasti, pretože ho zahrieva žiarenie miliárd mladých hviezd.

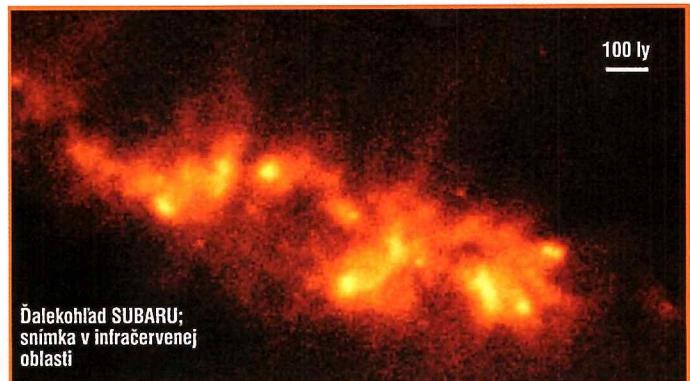
Vedci sa sústredili na zdroj supervetra. Zarazilo ich, že v M 82 je tých zdrojov viac. Tryskajú z nich rýchle prúdy plynu. Zaujala ich „bubble“ s priemerom 450 svetelných rokov. V bubble je plyn o 100 °C horúcejší ako materiál vypĺňajúci zvyšok galaxie.

Snímky zo SUBARU v stredne infračervenej oblasti skombinovali so snímkami HST v blízkej infračervenej oblasti a röntgenovými fotografiemi satelitu Chandra. Tak vznikla nádherná mozaika, z ktorej vedci dokázali vyčítať infračervené vlastnosti M 82 v širokom spektri žiarenia z najrozličnejších objektov: supernov, hviezdokôp i čiernych diier.

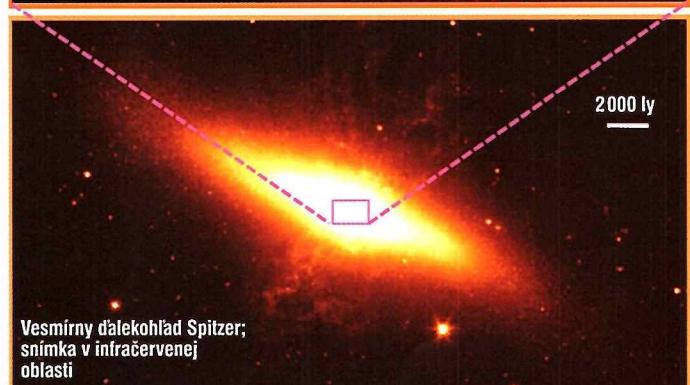
Odhadnúť počet hviezd v M 82 sa zatiaľ nepodarilo. Infračervené žiarenie zviditeľňuje oblaky horúceho plynu a prachu v oblastiach, kde sa hviezdy takmer nevy-skytujú. Bezpochyby preto, lebo sú „utopené“ v oblakoch.

Vedci zatiaľ nepotvrdili ani existenciu aktívnej, narastajúcej, supermasívnej čiernej diery v jadre galaxie. Predpokladajú však, že ani M 82 nebude v tomto smere výnimkou. V jadre väčšiny masívnych galaxií totiž čierne diery hniezdia.

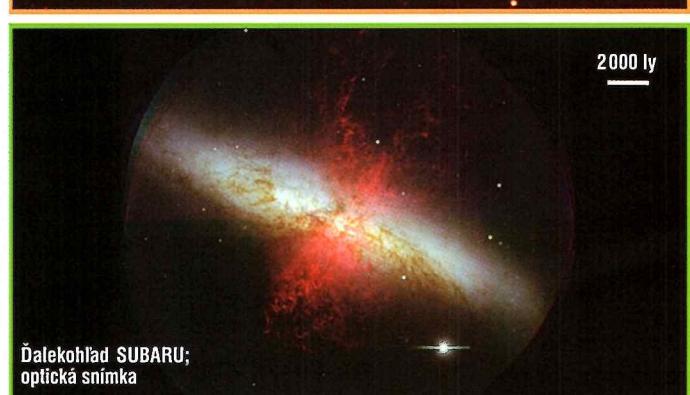
**SUBARU**  
Press Release



Ďalekohľad SUBARU;  
snímka v infračervenej  
oblasti

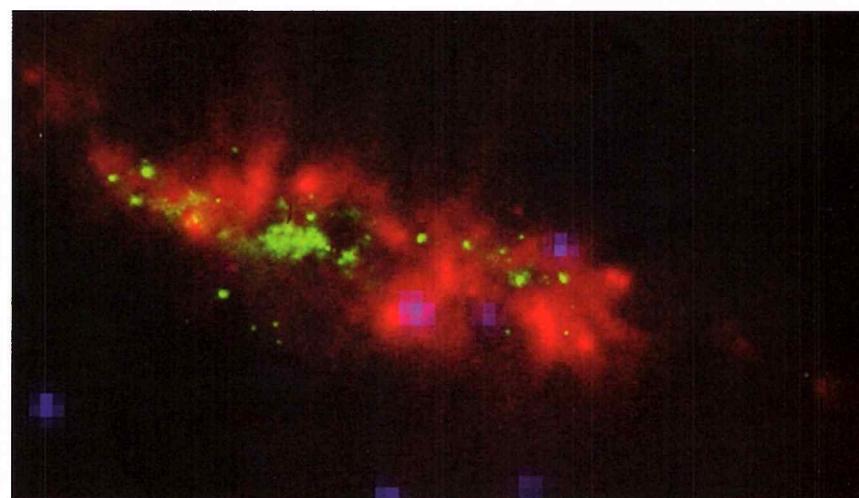


Vesmírny ďalekohľad Spitzer;  
snímka v infračervenej  
oblasti



Ďalekohľad SUBARU;  
optická snímka

Na hornej snímke triptychu (dalekohľad SUBARU) s vysokým rozlíšením vidíte vnútro galaxie M 82. Uprostred, na snímke satelitu Spitzer, vidíte celú galaxiu M 82. Obdĺžnik znázorňuje polohu jadra, ktoré je v detaile na hornej snímke. Na spodnej snímke jasne rozlíšíte štruktúry horúceho prachu a plynu rozptylované supervetrami.



Na kombinovanej snímke vo falošných farbách vidíte červené oblasti exponované ďalekohľadom SUBARU, zelené exponované Hubblovým vesmírnym ďalekohľadom a modré získané satelitom Chandra, kde dominuje extrémne horúci plyn a čierne diery.

## Čpavok priviezli na Zem meteority



Meteorit z rodiny Renazzo.

Vedci preskúmali uhlíkový meteorit z Antarktídy a objavili v ňom amoniak, látku nevyhnutnú pre vznik života na Zemi. NASA túto správu zverejnila vo februári, iba mesiac po tom, ako iná skupina vedcov zverejnila hypotézu, že meteority mohli na Zem dopraviť aj lavotočivé aminokyseliny.

Uhlíkaté chondrity, ako je známe, obsahujú celú plejádu organických látok. Najmä uhlíkaté meteority z rodiny Renazzo (CR) bývajú bohaté na malé organické molekuly aminokyselín, najmä glycínu a alanínu. Prítomnosť čpavku overovali v rozdrvených kúskoch meteoritov CR 2 (Hnedý Nunatak 95229) a vystavili ho vysokým teplotám a tlakom. Z púdra sa uvoľňoval čpavok ( $\text{NH}_4$ ), dôležitá „surovina“ pri tvorení zložitých biologických molekúl vo vodnom prostredí: aminokyselín i DNA.

Vedci analyzovali dusík v „kozmickej čpavke“. Ukázalo sa, že taký izotop dusíka zatiaľ na Zemi nenašli, takže sa vylúčila akákoľvek kontaminácia pozemským materiálom. Čpavok z meteoritu sa naozaj sformoval mimo Zeme. Teória, že kozmický čpavok prispel k tvorieniu prvých biomolekúl na mladej Zemi, získala významnú podporu.

CR meteority sformovali kozmochemické procesy v oblastiach, kde sa čpavok vyskytoval v hojnom množstve. **NASA Press Release**

## Nový odhad počtu hviezd vo vesmíre

V vesmíre je trikrát viac hviezd, ako vedci ešte donedávna predpokladali. Odhad umožnili citlivejšie prístroje, zamerané na detekciu červených trpaslíkov.

Červení trpaslíci sú malé, slabé hviezdy. Ich jasnosť je taká nízka, že astronómovia ich donedávna objavovali iba v našej Galaxii. Podľa ich počtu v Mliečnej ceste odhadli ich počet aj v ďalších galaxiách. Najnovšie prístroje však rozlíšili červených trpaslíkov aj v blízkych elliptických galaxiách. Je ich tam podstatne viac, ako sa predpokladalo.

Objav ukázal, že mechanické extrapolácie neraz vedú k omylom. Každá galaxia má iný rodokmeň, panujú tam iné podmienky ako v tej našej. Dnes vieme, že v elliptických galaxiách je 20-krát viac červených trpaslíkov ako v Mliečnej ceste.

Odhad celkového počtu hviezd teda treba zrevidovať. Tým sa však zmenia aj iné odhady. Napríklad podiel tmavej hmoty (teoretickej substancie, ktorá sa prejavuje iba gravitáciou) by mal byť nižší, ako sa predpokladalo. A podiel viditeľnej hmoty vďaka červeným trpaslíkom by mal byť vyšší.

Objav poteší aj lovcov exoplanét. Trojnásobne vyšší počet hviezd znamená aj trojnásobne vyšší počet potenciálnych planét, ktoré okolo nich krúžia. Vedci z Yale University odhadujú, že ich je najmenej bilión.

**Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics Press Release**

## Atmosféra Marsu pulzuje

V atmosféri Marsu prevláda oxid uhličitý. V zimnom období zamíra a kryštáliky  $\text{CO}_2$  sa ukladajú na povrchu. Najmä na polárnych čiapočkách z vodného ľadu. Radar na palube sondy Mars Reconnaissance Orbiter objavil 12 000 kubických kilometrov(!) zamrznutého  $\text{CO}_2$  pod povrchom Červenej planéty. Práve toľko ho je aj v atmosfere. Zdá sa, že hustota a hrúbka martánskej atmosféry sa mení v rytme pravidelného cyklu, ktorý trvá 100 000 rokov. Oteplovanie a chladnutie martánskej atmosféry spôsobujú zmeny sklonu osi rotácie, ale aj periodické zmeny excentricity obežnej dráhy Marsu okolo Slnka.

**NASA Press Release**

## Objav bahnotokov na Marse

Pozorovatelia Marsu už pred storočím objavili cyklické „tmavnutia povrchu“, šíriace sa od polárnych čiapočiek počas jarnej a letnej sezóny smerom k rovníku. Podaktori sa nazdávali, že ide o vegetáciu, napájanú z vodných zdrojov roztápačujúceho sa ľadu. Tieto nádeje pohasli po analýze prvých snímkov marťanského povrchu v 60. rokoch.

Pred desiatimi rokmi objavili planetológovia na svahoch niektorých kráterov a kaňonov čerstvé vývery „čohosi“, čo stekalo k úpatiam svahov. Bola to voda z bazénov hlboko pod povrchom, ktorá steká po sklonených, nepriepustných vrstvách až kým nevyvrie na svahoch? Alebo ide skôr o suché lavíny zamrznutého oxi-

du uhličitého? Podľa najnovších údajov zo sond môže sa voda počas leta objaviť na ľubovoľnom mieste Marsu. Kamera HiRISe na sonda Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) naznamenala na južnej pologuli množstvo pramienkov a potôčikov, ktoré sa počas leta formovali, mocneli a na sklonku leta opäť zoslabli až zanikli. Tieto krátkodobé, stekajúce toky (TSL) sa formujú z kašovitej hmoty, ktorá obsahuje vodu nasýtenú soľou, takže zamíra až pri teplotách mňus 50 až 60 °C.

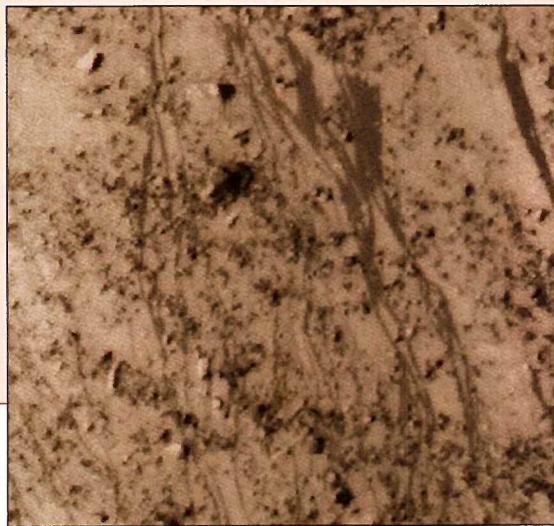
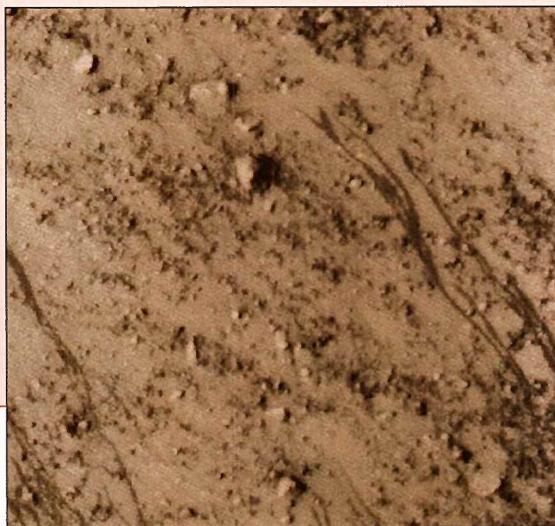
Vedci z Alfred McEwan University zistili, že tieto bahnotoky sa objavujú a miznú v priebehu niekolkých mesiacov. Podrobnejšie študovali 15 TSL a zistili, že keď sa na povrchu objavujú,

sú oproti okoliu výrazne tmavšie, ale potom postupne vyblednú. Niektoré sa šíria najrýchlejšie okolo najlepších hodín dňa. Iné, a to je zvláštne, počas niektorých dní rýchle postupujú, počas iných dní sa celkom zastavia.

Na rozdiel od výverov, ktoré naznamenala sonda Mars Global Surveyor, TSL sa objavujú iba na svahoch, ktoré osvecuje Slnko a formujú sa iba počas vrcholiaceho leta. Zatiaľ ich objavili iba medzi 32° a 48° južnej šírky. Prečo, to vedci nedokážu vysvetliť. Nie je jasné ani to, ako sa ložiská tejto kaše formujú bezprostredne pod povrchom.

Tím bude opakovane študovať polia TSL nie len pomocou kamery HiRISe, ale aj citlivého spektrometra. Pravdaže až počas ďalšieho južného leta.

**NASA Press Release**



Tieto dve snímky rovnakého terénu získala sonda MRO. Obe v priebehu augusta 2009. Všimnite si, ako v priebehu 15 dní zmocneli tmavé bahnotoky na svahoch kráteru Asimov. Snímky znázorňujú štvorec povrchu s uhlopriečkou 80 metrov.

# Exoplanéty ako zo sci-fi

Nijaký astronóm nepredpokladal, že v takom krátkom čase objavíme toľko hviezd s planetármi systémami. Nikomu sa ani len nesnívalo, že planéty by mohli krúžiť aj okolo neutrónových hviezd, hnedých či bielych trpaslíkov.

Bieli trpaslíci sú, čo do hmotnosti, porovnatelní s našim Slnkom. Patria medzi najmenej svietivé hviezdy a ich jasnosť sa postupne zmenšuje. V podstate to už ani nie sú hviezdy, ale zvyšky volakajúcich hviezd. Kedysi však hviezdami boli. Keď sa im minulo palivo, nastal kolaps: hvieza sa 100-násobne zmenšila, ale ešte predtým, ako sa zavaria obálky a premenila sa na teleso s priemerom Zeme, 10 000-krát zvýšila svoju jasnosť. Agónia pripomínajúca ohňostroj však rýchle prominula. Bieli trpaslíci pomaly vyhasnajú, až kým sa premenia na tmavé teleso.

Za veľkú senzáciu sa preto považuje objav 12 bielych trpaslíkov na našej Galaxii, okolo ktorých krúžia asteroidy, komety, ba možno aj planéty. Tieto hviezdy sú ešte živé, zahrievajú povrch telies vo svojej sústave. Tých telies, ktoré výbuch pôvodnej hviezy prežili na najvzdielenejších obežných dráhach. Nevyparili sa, nerozpadli, neboli pohltené materskou hviezdou ako vnútorné planéty. Taký osud čaká našu Slnečnú sústavu po uplynutí 5 miliárd rokov.

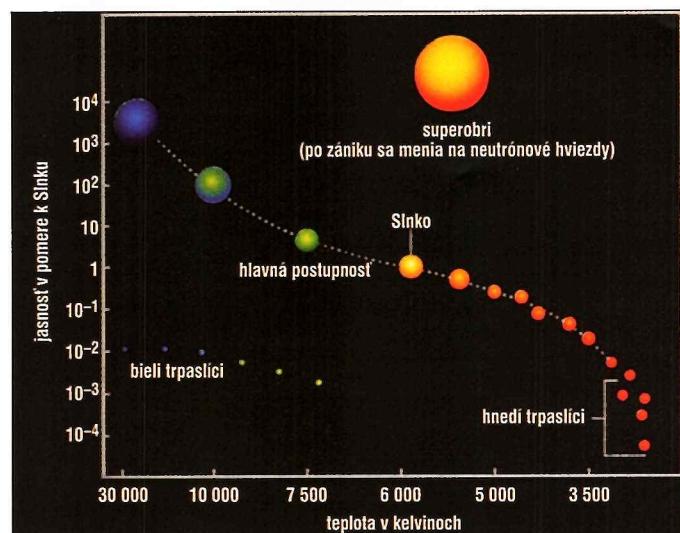
Dnes, 15 rokov po objave prvej extrasolárnej planéty (podľa najnovších údajov je v katalógoch približne 1700 exoplanét), vieme, že väčšina sústav sa od tej našej dramaticky odlišuje. Prvým exotom bol objav Jupitera, krúžiaceho okolo hviezy Pegasi 51 po bližšej obežnej dráhe ako Merkúr okolo Slnka. Čoraz citlivejšie prístroje objavujú čoraz bizarrejšie systémy. Okolo hviezy HD 40307 krúžia 3 planéty s hmotnosťou 10 Zemí, pričom obežné dráhy všetkých troch sú bližšie ako dráha Merkúra.

Slnku podobná hvieza 55 Cancri A má 5 planéty s hmotnosťami 10 až 1000 Zemí. Najvnutornejšia krúži v 10-krát menšej vzdialosti ako Merkúr, najvzdielenejšia asi tam, kde nás Jupiter. Najnovší objav 7 planét v jednom systéme je čerešničkou na torte.

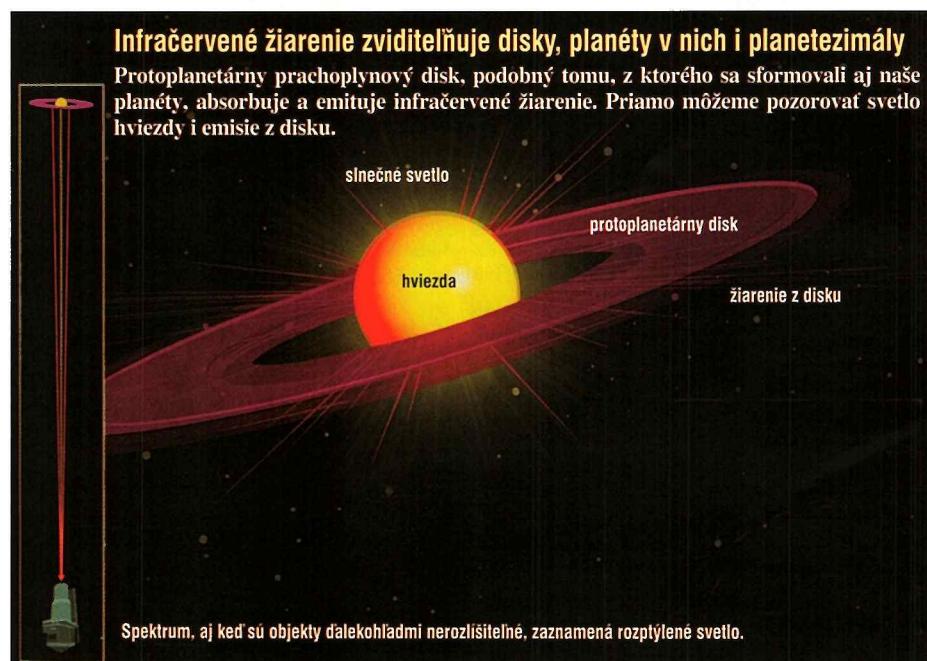
Ukazuje sa, že planéty a materiál, z ktorého sa planéty zlepajú, môžu krúžiť aj okolo telies, ktoré nemusia mať väčší priemer ako samotné planéty. Rôznorodosť týchto systémov poriadne nabúrala univerzálnosť platných teórií planéto tvorby. Je zrejmé, že systémy pripomínajúce našu Slnečnú sústavu nemusia byť najčastejšími hostiteľmi planét.

## Ako Fénix z popola

Pripomeňme si, že prvé objavené exoplanéty obiehajú hviezu, ktorá Slnko ničím nepripomína. Je to neutrónová hvieza PSR 1257+12, ešte



Obyčajné hviezdy, (hviezdy hlavnej postupnosti), ktoré vyžarujú teplo a svetlo, pripadajú astronómom ako najprirodenejšie pastierky planetárnych systémov. Práve medzi nimi hľadajú obdobu našej Slnečnej sústavy. Ukázalo sa však, že planéty krúžia aj okolo objektov, ktoré do tejto postupnosti nepatria. Napríklad bieli a hnedi trpaslíci.



bizarrejší pozostatok volakajúcej hviezy ako biely trpaslík. Neutrónová hvieza má priemer zhruba 20 kilometrov. Takáto „gulôčka“ má však hmotnosť Slnka. Vznikla kolapsom hviezy s hmotnosťou 20 Slnk po explózii, ktorú pôvodne planéty nemohli prežiť, prinajmenšom na dráhach do vzdialenosťi 1 AU. Taký bol totiž priemer tejto hviezy po výbuchu.

Väčšina výbuchom uvoľnenej hmoty sa rozplynie v kozme, zvyšok sa však sformuje do disku, krúžiaceho okolo zvyšku hviezy. V diskoch sa formujú planéty. V protoplanetárnom disku sa sformovala aj naša Zem. V prípade neutrónovej hviezy PSR 1257+12 sa planéty očividne sformovali v sekundárnom disku. Ide teda o planéty druhej generácie v tom istom systéme. Podobný systém astronómovia doteraz neobjavili. Hoci aj iný pulsar, PSR B1620-26, má podľa všetkého planétu, ale tá krúži po takej vzdialejšej obežnej dráhe, že sa asi nesformovala v disku. Ide skôr o bludnú planétu, vyhostenú z iného systému, ktorá uviazla v gravitačnej pasci.

V roku 2006 detegoval vesmírny ďalekohľad

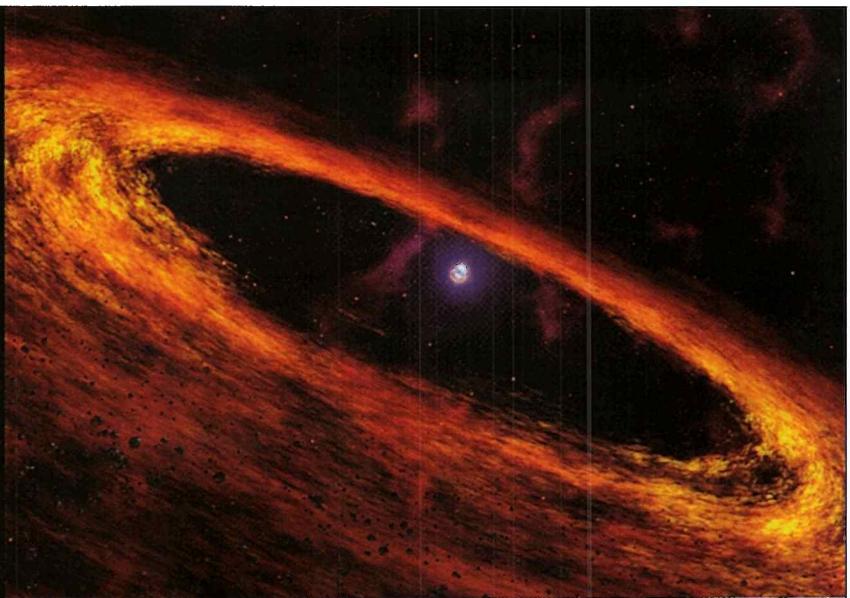
Spitzer infračervené emisie z neutrónovej hviezy 4U 0142+61. Žiarenie mohlo mať dva zdroje: magnetosféru, alebo disk. Neutrónová hvieza sa sformovala pred 100 000 rokmi, po výbuchu supernovy. Planéty sa obvykle formujú najmenej milión rokov, takže až naši potomkovia budú môcť sledovať, či sa aj v tomto disku vyliahnu planéty.

Disku krúžia aj okolo bielych trpaslíkov. Disky, v ktorých sa už sformovali planéty i disky, v ktorých pozorujeme iba náznaky týchto procesov. V roku 1987 detegoval infračervený ďalekohľad ITF vzplanutie infračerveného žiarenia z bieleho trpaslíka G29-38. Podľa spektra vzplanutie vygenerovalo teleso s povrchovou teplotou 1200 kelvinov, čo je 12-krát nižšia teplota akú má priemerná hvieza.

Vedci si spočiatku myšeli, že okolo trpaslíka obieha iná, chladnejšia hvieza. V roku 1990 sa zistilo, že infračervené emisie sa menia súčasne s optickým svetlom hviezy. To znamená, že čosi svetlo hviezy bud' odráža, alebo ho mení. Najpríjemnejším vysvetlením je disk zahrievaný hviezdom.

## Systémy neutrónových hviezd

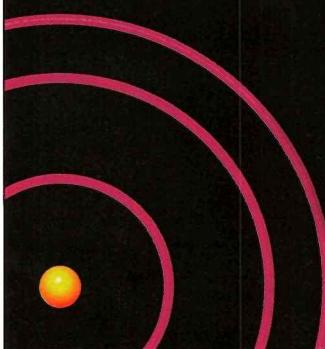
Neutrónová hvieza 4U 0142+61 je pozostatkom po hviezde, ktorá vybuchla pred 100 000 rokmi. Z materiálu odvrhnutej obálky sa vytvoril disk, kde sa podľa všetkého formujú bloky (sivé škvarky), z ktorých sa môžu časom pozliepať planéty.



### NEUTRÓNOVÁ HVIEZDA + DISK

Názov systému: 4U 0142 + 61  
Vek systému: 100 000 rokov  
Polomer hviezdy: 10 km  
Polomer disku: 1 AU.

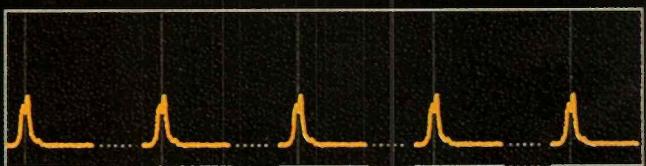
Neutrónová hvieza PSR 1257+12 má planéty. Pulzy rádiových emisií oscilujú. Horný rad znázorňuje pravidelné pulzy, bez planét. Dolný rad pulzy s posunom, ktoré svedčia o tom, že okolo neutrónovej hviezdy/pulzaru obiehajú tri planéty.



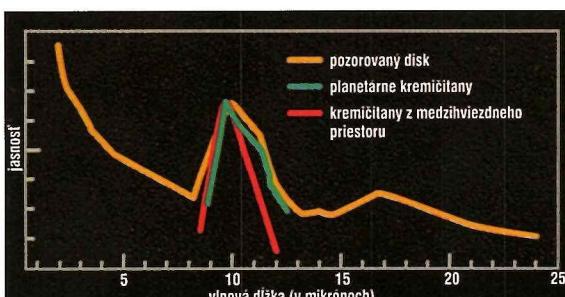
### NEUTRÓNOVÁ HVIEZDA S PLANÉTAMI

Názov systému: PSR 1257+12  
Vek systému: 800 000 rokov  
Polomer hviezdy: 10 km  
Parametre obežnej dráhy planét:  
0,19, 0,35, 0,46 AU  
Hmotnosti planét: 0,02, 4,3, 3,9 Z

### Pravidelné pulzy bez planét

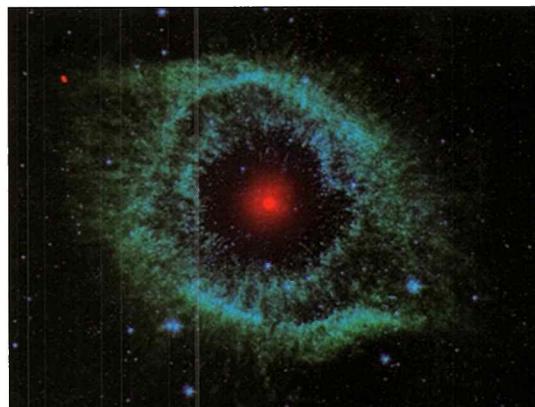


### Premenlivé pulzy s planétami



## Systémy bielych trpaslíkov

Viacero bielých trpaslíkov majú riedke disky, pozostatky po zrážkach asteroidov. Vedci v nich objavili spektrálne čiary kremičitanov. Zelená krivka na grafe dole vydáva prítomnosť planetárnych kremičitanov, červená krivka prítomnosť kremičitanov z medzihviezdného priestoru. Graf je dôkazom existencie telies (možno aj planét) obiehajúcich okolo trpaslíka, ktoré prežili výbuch pôvodnej hviezdy.



Okolo bieleho trpaslíka môže obiehať aj iný typ disku. Typický príkladom je planetárna hmlovina Helix. Disk, ktorý vidíte, je podľa všetkého obdobou nášho Kuiperovho pásu. Podobné disky majú aj iní, starší biele trpaslíci, ale ich jasnosť sa už zmenšila, takže ich disky sú menej osvetlené a teda ľahšie rozlišiteľné.

**BIEĽY TRPASLÍK  
A AKRÉČNY DISK**  
Názov systému: G 29-38  
Vek systému: 600 miliónov rokov  
Polomer hviezdy:  $10^4$  km  
Polomer disku: 0,001 – 0,01 AU

**BIEĽY TRPASLÍK  
A DISK Z ROZPTÝLENÉHO MATERIÁLU**  
Názov systému: WD 2226-210 (hmlovina Helix)  
Vek sústavy: 10 000 rokov  
Polomer hviezdy:  $10^4$  km  
Polomer disku: 100 AU

## Systémy hnedých trpaslíkov

### HNEDÝ TRPASLÍK S DISKOM

Názov systému: OTS 44  
 Vek systému: 2 milióny rokov  
 Polomer hviezdy: 10 na 5 km  
 Polomer disku: 0,01 až 0,1 AU

**Veľa hnedých trpaslíkov má disky, v ktorých sa môžu formovať planéty.** V systéme OTS 44 by sa mohli sformovať dve planéty s parametrami Uránu a Neptúna. Trpaslík má 2 milióny rokov. Je to vek, keď sa v našej Slnčnej sústave začali formovať planéty.

Táto hvieza je vôbec záhadná. V jej obálke identifikovali ľahké prvky, vápnik i železo, čo je zvláštne, nakoľko gravitačné pole nad povrchom hviezdy je také silné, že ľahké prvky by sa už dávno mali ponoriť do jej vnútra. Jedno z možných vysvetlení záhady: na povrch hviezdy dopadol veľký asteroid.

### Asteroidy ako konzervy i skládky materiálu

Pozorovania tento scenár potvrdili. Pozemské i vesmírne ďalekohľady objavili odvtedy 15 bielech trpaslíkov s podobnými vlastnosťami. V prípade G29-38 a siedmich ďalších trpaslíkov, detegoval Spitzer v diskoch infračervené emisie kremičitanov. Tieto kremičitanov pripomínajú kremík v čiastočkách prachu z našej Slnčnej sústavy, ale výrazne sa odlišujú od prachu v medzihviezdnom priestore. Navyše napriek tomu, že sa vo vrchných obálkach hviezdi vyskytujú ľahké prvky, zakaždým je ich množstvo iné. To závisí od pomeru zastúpenia prchavých prvkov, uhlíka či sodíka k prvkom, ktoré si dokážu uchovať pevné skupenstvo, napríklad kremík, železo a horčík. Podobné zastúpenie prvkov majú aj asteroidy a terestrické planéty v našej Slnčnej sústave. Takže máme dôkaz, že v diskoch okolo bielych trpaslíkov sa formujú asteroidy.

Bieli trpaslíci majú malé disky, takže planéty, také aké sa formujú v diskoch okolo mladých hviezdi, sa v nich pozliepať nemôžu. Vyskytujú sa v pásse, ktorého šírka má nanajvyšš 0,01 AU a ich hmotnosť neprevyšuje hmotnosť asteroidu s priemerom 30 km. Tieto disky môžu byť po-

zostatkom po rozpadnutom asteroide. Na sformovanie planét tu nie je dosť materiálu. Existencia takýchto diskov je však dôkazom, že časť materiálu sa uchovala aj po zániku pôvodnej hviezdy.

V roku 2007 objavil Spitzer bieleho trpaslíka WD 2226-210. Je to mladý trpaslík. Explóziou vyvrhnutú obálku pôvodnej hviezdy pozorujeme ako planetárnu hmluvinu Helix. Tento biely trpaslík vyplnil chýbajúci článok medzi Slnku podobnými hviezdami a staršími bielymi trpaslíkmi, takými ako G 29-38. Krúži okolo neho prachový disk porovnatelný s rozmermi našej Slnčnej sústavy. Tento disk však krúži v oveľa väčšej vzdialosti ako disky ostatných bielych trpaslíkov, takže nejde o telesá polapené jeho gravitáciou. Sformoval sa z materiálu po početných koliziach asteroidov a komét. Podobné disky krúžia okolo Slnku podobných hviezdi.

Objav je dôkazom, že aj po výbuchu supernovy vzdialene populácie asteroidov a komét prežijú. Ak dokázali prežiť asteroidy a kométy, museli prežiť aj planéty.

### Systémy nedozretých hviezd

Tretím typom hviezd odlišných od Slnka, ktoré majú planéty, sú hnedí trpaslíci. Tieto objekty však nie sú zrútenými, ale nedozretými hviezdami, ktoré nestihli počas formovania nabaliť toľko materiálu, aby sa v ich vnútre mohli začať jadrové reakcie. Väčšina z nich je pre optické ďalekohľady nerozlišiteľná, v infračervenej oblasti však slabo žiaria. Vyžarujú zvyškovú teplotu, nahromadenú počas formovania. (Najhmotnejší hnedí trpaslíci vyžarujú aj teplo,

ktoré generujú sporadické jadrové reakcie v ich jadre.) Počas posledných 15 rokov objavili vyše 1000 hnedých trpaslíkov, niektoré iba nepatrne hmotnejšie ako najväčšie joviánske planéty.

Ukázalo sa, že niektorí hnedí trpaslíci môžu mať disky a teda aj planéty. Disky týchto exotov sa neprestajne menia, pričom uvolňujú infračervené žiarenie na dĺžkach príznačných pre kremičitanov. Rovnaké spektrum majú aj koagujúce, zlepajúce sa čiastočky prachu. Podobné zmeny prebiehajú aj v diskoch okolo veľkých hviezdi, čo svedčí o prítomnosti planetozimál. V diskoch okolo hnedých trpaslíkov nie je dosť materiálu na sformovanie Jupitera, ale Urán a Neptún by sa v nich pozliepať mohli. Astronómovia objavili niekoľko kandidátov na takéto planéty, ale objavy ešte treba overiť.

Podrobnejšie štúdium extrasolárnych systémov má dva ciele:

Prvý cieľ: dozvedieť sa viac o vývoji našej Slnčnej sústavy, najmä o evolúcii veľkoškálových štruktúr, ktoré sú rozlišiteľné iba z väčšieho odstupu. Je nevyhnutné, aby sme našu Slnčnú sústavu skúmali v kontexte s inými sústavami. Aká je, priemerná, alebo výnimočná? Sformovali sa všetky, aj tie najbizarejšie planetárne sústavy rovnako...?

Druhý cieľ: zistiť, do akej miery je život vo vesmíre rozšírený. V našom susedstve je hnedých trpaslíkov toľko ako hviezd. Je možné, že najbližšou hviezdu je práve hnedý trpaslík. Vďaka satelitu WICE sa počet objavených hnedých trpaslíkov určite rozšíri.

Nalezli tak celkem 37 meteorických rojů a pro 31 rojů se jim podařilo určit dráhové parametry; 9 rojů bylo do té doby neznámých. Na XXVII. kongresu IAU v Rio de Janeiro schválila 22. komise IAU oficiální jména a trojpísmenné zkratky pro 64 meteorických rojů.

### 1.3. Planetární soustava kdysi a dnes

Podle L. Burlagy aj. se kosmická sonda **Voyager 2** pohybovala v srpnu r. 2007 již poblíž jižního okraje závěrečné rázové vlny meziplanetárního magnetického pole, kdy se sluneční vítr brzdí díky interakci s intergalaktickým polem v pouzdře magnetického pole *Sluneční soustavy*. Rázová vlna je evidentně prostorově zvlněná, takže sonda jí procházela celkem pětkrát v průběhu tří dnů ve vzdálenosti 84 AU od *Slunce*. Podle M. Ophera aj. je *osa magnetického pouzdra* skloněna asi o  $30^\circ$  k rovině *Galaxie* a indukce interstelárního magnetického pole kolísá zhruba o pětinu kolem střední hodnoty 0,5 nT. V této vzdálenosti od *Slunce* je již indukce interstelárního magnetického pole silnější než indukce interplanetárního magnetického pole a jejich osy jsou navzájem skloněny o  $25^\circ$ . Protože sonda **Voyager 1** prošla závěrečnou rázovou vlnou na jejím severním okraji již v prosinci r. 2004 ve vzdálenosti 94 AU, plyne odtud podle E. Stonea, že *interplanetární magnetické pole je nesouměrné* a tato nesouměrnost se nejspíš mění s časem.

V listopadu 2009 byla v americkém vědeckém týdeníku *Science* uveřejněna řada studií, založených na měřeních družice **IBEX** (*In-testellar Boundary Explorer*), která byla vypuštěna v říjnu 2008 na velmi protáhlou eliptickou dráhu s přízemím ve vzdálenosti 7 tis. km a odzemím ve vzdálenosti 320 tis. km od Země. Úkolem družice je zejména zmapovat fyzikální interakce na rozhraní pouzdra magnetického pole *Slunce* a interstelárního magnetického pole. Poprvé se tak podařilo srovnat pozorování s trojrozměrnými modely této interakce slunečního větru s větrem interstelárním. V místech střetu obou větrů se pozorují *pásové struktury*, obsahující neutrální atomy, zářící až třikrát více než je běžné.

S. Portegies Zwart aj. zjistili z rozboru dynamiky jednotlivých složek *Edgeworthova-Kuiperova pásu*, že „*sluneční hvězdokupa*“ měla v době vzniku *Sluneční soustavy* průměr menší než 5 pc a hmotnost v rozmezí 0,5 – 3 kM<sub>⊙</sub>. Dnes jsou hvězdy této hvězdokupy rozptýleny v obecném galaktickém poli, ale autoři soudí, že možná až 50 z nich je dosud tak blízko, že v rozsáhlých přehlídkách prostorových rychlostí hvězd vůči *Slunci* bychom je jednou mohli ještě dohledat, protože galaktocentrické dráhy všech členů hvězdokupy jsou stále navzájem podobné. Hmotné hvězdy, jež ve hvězdokupě vznikly mohly vzniknut o 4 – 10 mil. let dříve než *Slunce*, stačily vybuchnout jako supernovy právě v době, která způsobila gravitační hroucení zhustku prachoplynové mlhoviny, z níž vzniklo *Slunce* a planety *Sluneční soustavy*. Autoři odhadují, že příslušná supernova vybuchla ve vzdálenosti 0,02 – 1,6 pc od sluneční pramhlhoviny a její hmotnost před výbuchem činila 15 – 25 M<sub>⊙</sub>.

S. Sahijpal a G. Gupta ukázali, že *Sluneční soustava* se ve zmíněné mladé hvězdokupě utvořila vzápětí po výbuchu anonymní *Wolf-Rayetovy hvězdy* jako supernovy trídy Ib/c. Při výbuchu byly totiž do protoplanetárního disku vstřeleny **krátkožijící radionuklid**  $^{26}\text{Al}$  (poločas rozpadu 0,74 mil. roků),  $^{41}\text{Ca}$  (0,1 mil. r.),  $^{36}\text{Cl}$  (0,3 mil. r.),  $^{53}\text{Mn}$  (3,7 Myr) a  $^{60}\text{Fe}$  (1,5 mil.r.). Supernova však nesměla vybuchnout příliš blízko, jelikož v tom případě by patrně sluneční pramhlhovinu rozmetala. Hvězdokupa se musela rozptýlit během prvních 10 mil. let po výbuchu, protože kdyby trvala déle, byly by dráhy planet *Sluneční soustavy* velmi protáhlé.

A. Trinquierová aj. uvedli, že v protoplanetárním disku *Sluneční soustavy* se mezihvězdná látka dobře promíchala s materiélem **sluneční pramhlhoviny**. Terestrické planety totiž vznikaly z ohřátých zrnek, jejichž nuklid  $^{46}\text{Ti}$  a  $^{50}\text{Ti}$  jsou v nich zastoupeny stejně jako v interstelárních mračnech, tedy odlišně od zastoupení týchž nuklidů v protoplanetárním disku. O dobrém míchání materiálu ve sluneční pramhlhovině svědčí také dle G. Israeliana aj. nápadný **deficit lithia** ve sluneční atmosféře. Autoři totiž pořídili pomocí spektrografu *HARPS ESO* na *La Silla* spektra 451 hvězd slunečního typu a zjistili, že podobný deficit lithia jako u *Slunce* má právě 70 z nich – jsou to vesměs hvězdy, kolem nichž prokazatelně obíhají exoplanety. Naproti tomu *osamělé hvězdy mají stejné zastoupení lithia, jaké známe z pozorování meteoritů ve Sluneční soustavě*, tj. asi 140krát více lithia, než kolik ho pozorujeme na *Slunci*. Autoři se proto domnívají, že planety v raném stádiu vývoje hvězdné soustavy promíchají materiál zárodečné pramhlhoviny natolik, že se prohloubí konvektivní zóna mateřské hvězdy a lithium se z jejího povrchu dostává až hluboko do hvězdného nitru, kde je pozorován nedostupné.

S. Kenyon a B. Bromley prokázali rozsáhlými modelovými výpočty (25 let času *CPU* na běžných superpočítacích a dalších 10 let času *CPU* na superpočítaci *Hydra*), že k rychlému vytvoření jader obřích plynných planet *Sluneční soustavy* přispěla **koagulace zrnek** tuhých látek v plynném protoplanetárním disku. Brzdění úlomků plynum totiž způsobí, že úlomky se často srážejí a drtí na drobný prach, jenž pak klesá do hlavní roviny disku a zde se tak zahustí, že koaguluje na protoplanety o typických rozměrech 1 tis. km za pouhých 10 mil. let. Jejich slepováním se vytvoří zárodečné „superzemě“ během 1 – 2 mil. roků a na ně se pak nabalí plyn, čímž vzniká obří plynná planeta jako *Neptun* nebo dokonce *Jupiter*. Také O. Benvenuto aj. potvrdili, že *obří plynné planety vznikly ze zárodečných kamenných planetesimál* o rozměrech 30 – 100 m, jež se vytvořily koagulací a postupně splývaly až na kamenné zárodky zmíněných obřích planet.

T. Bethell aj. se věnovali otázce, kde se v protoplanetárním disku vzala **voda**, která pak zkondenzovala na povrchu terestrických planet. Podle jejich názoru musíme hledat původ této vody ve nejvzdálenějších vrstvách disku, kde je tvorba molekul vody intenzivnější než jejich rozpad fotolýzou. To pak umožňuje existenci vodní páry ve vnitřních teplejších oblastech disku, z nichž vznikají terestrické planety.

Pro současný výskyt vody na terestrických planetách je rozhodující poloha tzv. **sněhové čáry** ve *Sluneční soustavě*, která je dána vzdáleností od *Slunce*, v níž veškerá tekutá voda zmrzne na jinovatku, sníh a led. V současné době se nachází ve vzdálenosti 2,0 – 2,5 AU od *Slunce*, ale v rané *Sluneční soustavě* se nalézala až ve vzdálenosti 5 AU od *Slunce*. To znamená, že tekutá voda mohla být tehdy přítomna na planetkách hlavního pasu a dokonce *Trójanech Jupiteru* jakož i na *Marsu*. Jde však o to, kde se voda na těchto tělesech vůbec vzala. Největší zásobárnu vody v podobě ledu představují *zmrzlá jádra komet v Oortově oblaku*, odkud se však musela nejprve dostat migrací na bližší dráhy do nitra *Sluneční soustavy*.

J. Laskar a M. Gastineau se zabývali **budoucími drahami terestrických planet** *Sluneční soustavy*. Přesné výpočty změn drah s využitím obecné teorie relativity jsou vinou *dráhového chaosu* možné je na desítky milionů roků do budoucnosti. Už I. Newton věděl, že *problém interakce mnoha těles v teorii gravitace přesahuje možnosti lidské mysli*, ale v průběhu 18. stol. vyvinuli L. Euler,

J. Lagrange a P. Laplace v rámci klasické gravitační teorie *poruchový počet*, jenž umožňuje předvídat dráhy těles poměrně dobře, pokud lze problém zjednodušit na silné vzájemné působení dvou těles, kdežto ta ostatní jenom „kibicují“. H. Poincaré ovšem v r. 1889 ukázal, že už *problém tří těles nemá rigorózní analytické řešení*. Záležitost se pak znova zásadně zkomplikovala po publikaci obecné teorie relativity A. Einsteinem v r. 1915.

Zmínění autoři nyní ukázali, že největší riziko pro terestrické planety představuje **Merkur**, jenž se vinou sekulární rezonance oběžné periody s *Jupiterem* postupně vzdaluje od *Slunce*. Pokud by v budoucnu překročil dráhu *Venuše*, povede to k chaosu drah všech terestrických planet Sluneční soustavy, ačkoliv podle G. Laughlina to není v nejbližších třech miliardách let příliš pravděpodobné. Jak uvedli J. Chambers aj., tak výpočty dráhy *Merkuru* pomocí Newtonovy gravitace vedou k přiblížení *Merkuru* ke *Slunci* nebo k *Venuši*, což by drasticky změnilo jeho dráhu a *Merkur* by pak prakticky zlikvidoval s pravděpodobností 60 % všechny terestrické planety. Když se však užívá rovnice relativity, sníží se riziko ničení planet na pouhé 1 %!

Nicméně výpočty Laskara a Gasmineau naznačují, že k **destabilizaci drah** terestrických planet dojde za 3,34 mld. let, protože výstřednost dráhy *Merkuru* se zvětší natolik, že se buď *Merkur*, anebo *Venuše* či *Mars* přece jen srazí se *Zemí*! Pokud budou pozemšťané existovat, tj. přežijí oteplení povrchu *Země* nad 100 °C vinou plynule se zvyšujícího zářivého výkonu *Slunce* zhruba za 1 mld. let, čeká je další hrozba v podobě této *drativé maxisrážky*, kterou by život na *Zemi* zaručeně nepřežil.

L. Iorio se zabýval otázkou, zda lze vyvrátit či prokázat existenci hypothetického **obřího tělesa** (planety či dokonce hnědého nebo červeného trpaslíka, resp. druhého *Slunce*) na periférii *Sluneční soustavy*, kterému se pod vlivem ujetých mediálních výstřelků začalo říkat *Nemesis*. Zjistil, že případná existence *Nemesis* by nejvíce ovlivnila dráhu *Marsu*, zejména stáčení jeho přísluní. Jestliže po řadě předpokládáme hmotnost *Nemesis* rovnou hmotnosti *Marsu*, *Země*, *Jupiteru*, hnědého trpaslíka (80 M<sub>J</sub>) a hvězdných trpaslíků o hmotnostech 0,5 a 1,0 M<sub>⊕</sub>, lze při přesnosti dnešních astrometrických poloh *Marsu* vyloučit existenci *Nemesis* do vzdálenosti 85 AU (*Mars*), 175 AU (*Země*), 1 200 AU (*Jupiter*), 5 170 AU (80 M<sub>J</sub>), 9,5 tis. AU (0,5 M<sub>⊕</sub>) a 12 tis. AU (*Slunce*).

## 1.4. Slunce

Jak uvedli E. Pitjevová a E. Standish, základ veškerých astronomických měření vzdáleností ve vesmíru, tj. *střední vzdálenost Země od Slunce* (1 AU) je nyní zejména díky radarovým měřením vzdálenosti *Venuše* od *Země* známa s chybou pouze  $\pm 3$  m! To znamená, že **1 AU = 149 597 870 700 m** (s relativní chybou  $2.10^{-11}$ ). Podle A. Kilcika aj. odpovídá vzdálenosti 1 AU *úhlový poloměr Slunce*  $959,22^\circ \pm 0,04^\circ$ , jak se podařilo změřit při úplném zatmění *Slunce* 29. 3. 2006.

J. Tatum uveřejnil zajímavou tabulku o *nejdřívějších a nejpozdějších východech a západech Slunce* v různých zeměpisných šířkách severní polokoule. Tak například vychází *Slunce* ráno nejpozději na  $25^\circ$  s.š. až 13. ledna, kdežto na  $65^\circ$  s.š. připadá jeho nejpozdější východ již na 23. prosince. Podobně *Slunce* nejdříve zapadá na  $25^\circ$  s.š. až 29. prosince, na  $65^\circ$  s.š. se kritické datum posouvá na 19. prosince. V létě *Slunce* vychází na  $25^\circ$  s.š. nejdříve už 8. června, kdežto na  $65^\circ$  s.š. až 20. června, zatímco nejpozdější západ nastává na  $25^\circ$  s.š. až 3. července, kdežto na  $65^\circ$  s.š. již 21. června.

V. Kutvickij aj. publikovali údaje o **neutrinovém toku** ze *Slunce* v průběhu let 1990 – 1992 zaznamenaném aparaturou *SAGE* v *Baksanské observatoři* pod horou *Andyrci* na *Kavkaze*. Uvedli, že ve zmíněném období byl tento tok prakticky stálý; okamžité hodnoty toku však tehdy jevily větší rozptyl než v letech následujících.

M. Rempel aj. zjistili, že v **umbře** slunečních skvrn probíhají siločáry magnetického pole vodorovně, avšak na vnějším okraji umbry se zanořují pod fotosféru. Jakmile dosáhne sklon siločáře úhlu  $45^\circ$  vůči povrchu *Slunce*, přechází umbra v **penumbru**. Indukce lokálního magnetického pole ve skvrnách dosahuje až 0,4 T.

C. Raftery aj. uveřejnili údaje o **sluneční erupci** ze dne 26. 3. 2002, sledované aparaturami na družicích *RHESSI*, *GOES* a *TRACE*. Na počátku erupce v chromosféře pozorovali proudění plazmatu v čáře Fe XIX vzhůru do koróny rychlostí 90 km/s. Plazma se během 10 min. ohřálo na teplotu přes 13 MK a za dalších 5 min. se vyzařováním ochladilo na 8 MK. Během impulzní fáze erupce pozorovali v čarách He I a O V i proudění plazmatu směrem dolů k fotosféře rychlostí 80 km/s.

H. Mészárosová aj. objevili ve vláknitých vzplanutích z července 2005, pozorovaných *ondřejovským rádiovým spektrografem* na decimetrových rádiových vlnách (frekvence 1,6 – 1,8 GHz) ze *Slunce*, tzv. **tažné pulce** (*drifting tadpoles*) s periodou 81 s driftující rychlostí -7 MHz/s. Spatřují v nich důkaz výskytu *magnetokustických vlnových stop* podél hustého vlnovodu sluneční erupce. Pulci byli předvídáni už delší dobu a k jejich objevu došlo díky výtečné časové rozlišovací schopnosti ondřejovského spektrografovi (0,1 s).

D. Jess aj. objevili na *La Palme* pomocí dalekohledu SST vybaveného adaptivní optikou, jež umožňuje lineární rozlišení až 110 km, dlouho hledané **Alfvénovy torzní vlny** slunečního plazmatu ve fotosféře. Vlny jsou nestlačitelné a řízené magnetickým napětím; projevují se zkroucenými oscilacemi jasných skvrn ve fotosféře na ploše přes 400 tis. čtv. km. Zkroucení vln vůči směru magnetických siločářů dosahuje úhlů až  $\pm 22^\circ$ ; amplituda oscilací 2,6 km/s a jejich perioda 126 – 700 s. Vlny postupují vzhůru do koróny rychlostí přes 20 km/s. Přenáší tak energii potřebnou k dosud neobjasněnému *ohřívání sluneční koróny* na teploty rádu až 10 MK.

N. Mittal aj. využili obsáhlého pozorovacího materiálu o **koronálních výronech látky** (*CME*) v letech 1996 – 2007, které získala aparatura *LASCO* na družici *SOHO*, k změření počátečních rychlostí jejich vymrštění ze sluneční koróny v závislosti na fázi 23. cyklu sluneční činnosti. Na počátku cyklu dosáhl medián rychlosti jen 237 km/s, ale s blížícím se maximem stoupnul až na 478 km/s v r. 2003 a pak opět klesal až na 240 km/s ke konci 23. cyklu. Aritmetický průměr rychlostí *CME* v r. 2003 dosáhl dokonce 544 km/s. Kolísala i samotná četnost *CME*; na začátku a konci cyklu činila jen 200 úkazů za rok, kdežto v maximu stoupla až na 1 644 případů za rok.

K poznání struktury *CME* nyní podle R. Colaninna a A. Vourlidase přispěly sondy **STEREO A (Ahead)** a **B (Behind)**, které se od sebe vzdalují úhlovým tempem  $22,5^\circ$ /rok. Dokázaly tak od konce r. 2007 sledovat prostorovou strukturu *CME* a odtud se podařilo odvodit i jejich hmotnosti čistě na základě měření integrální hustoty elektronů v koronálním výtrysku. Autoři obdrželi pro pozorované struktury *CME* hodnoty v rozmezí 3 – 8 bil. kg. M. Aschwanden aj. dokázali díky sondám *STEREO* poprvé rekonstruovat trojrozměrnou strukturu koronálních smyček v rozsahu teplot od 10 kK do 10 MK. Je to cenný příspěvek k řešení zapeklité otázky, proč je sluneční koróna tak horká, když vrstvy pod ní jsou fakticky jen vlažné s teplotami 5 – 30 kK.

Jak uvedli B. de Pontieu aj., příčinu **teplotní inverze** takového rozsahu lze hledat v souhře *konvekce a magnetického pole* poblíž fotosféry, která ve svém důsledku vede k ukládání netepelné energie v koróně. Družice *Hinode* a *SOHO* nalezly slabé toky horkého plazmatu po celém povrchu *Slunce* směrem od fotosféry do koróny s rychlosmi 50 – 100 km/s. Tytéž rychlosti pozorujeme také u **spikulí II. typu**, vystupujících z chromosféry. Spikule vznikají při magnetických rekonexích a trvají jen 10 – 100 s, takže proto dlouho unikaly pozornosti pozorovatelů. *Spikule II mají souhrnně tolik hmoty, že mohou bez problémů ohřát korónu na pozorované vysoké teploty*. Naproti tomu výše zmíněné koronální smyčky na ohřátí koróny zřejmě nestačí.

M. Xapsos a E. Burke objevili díky měření obsahu  $^{14}\text{C}$  v letokruzích velmi starých stromů a dále díky obdobným měřením za-stoupení  $^{10}\text{Be}$  v jádrech ledu z hloubkových vrtů v Antarktidě a v Grónsku, že existuje velmi **dlouhá perioda sluneční činnosti** zhruba 6 tis. let. Proměnnost sluneční činnosti lze tak sledovat až do minulosti před 11,4 tis. let.

R. Arlt prohlédl **kresby slunečních skvrn**, které pořídil J. Staudacher v letech 1749 – 1796, kdy zakreslil polohy téměř 6 300 skvrn v 999 dnech. Pokryl tam svými bezmála půlstoletými pozorováními období cyklů 0 až 4 sluneční činnosti. Autor tak zjistil, že v cyklech 0 (1744 – 1755) a 1 (1755 – 1766) jevily skvrny koncentraci výskytu směrem k rovníku a v 2. cyklu se již projevil nábeh jejich časového výskytu ke známému motýlkovému diagramu. Klasický motýlek vykazují cykly 3 a 4. Autor odtud usoudil, že v cyklech 0 a 1 mělo *Slunce* nikoliv dipólové, ale kvadrupólové magnetické pole. I. Usoskin aj. upozornili, že v sérii raných cyklů se vyskytuje *mimořádně dlouhý cyklus 1784 – 1799*, ale ve skutečnosti jde jen o chybějící data o počtech slunečních skvrn v závěru předešlého cyklu. Nyní se podařilo dohledat několik klíčových pozorování skvrn a sestrojením motýlkového diagramu se tak podařilo prokázat, že cyklus počínající r. 1784 skončil již r. 1793 a na něj navázal další kratší cyklus 1793 – 1800. *Délka slunečních cyklů totiž náhodně kolísá mezi 9 a 14 lety*.

C. Fröhlich aj. uvedli, že **sluneční konstanta** (*TSI* = ozáření čtverečního metru plochy kolmé ke směru ke *Slunci* ve vzdálenosti 1 AU nad hranicí zemské atmosféry) se v minimu sluneční činnosti v r. 2008 zmenšila o 0,2 W/m<sup>2</sup>, tj. o 0,15 promile, zatímco v maximu stoupá tato hodnota proti průměru o celé promile. Zvýšení obstarávají *jasná fakulová pole*, obklopující tmavší a chladnější skvrny. Změna postihla též globální magnetické pole *Slunce*, které podle R. Zimmermana pokleslo o 65 % proti průměru. Přesná měření *TSI* pomocí družic jsou k dispozici teprve od r. 1978, takže nevíme, jak tomu bylo např. v proslulém dlouhodobém *Maunderově minimu* sluneční činnosti v letech 1645 – 1715. Víme však, že v té době bylo na severní polokouli zřetelně chladněji; zvláště zimy byly velmi tuhé.

L. Morris uveřejnil v r. 2009 zajímavé údaje o pozadí ojedinělého experimentu při pozorování *úplného zatmění Slunce* 30. června 1973, kdy k prodloužení doby totality astronomové pod vedením P. Lény využili nadzvukové dopravní letadlo **Concorde 001** pilotované nadšeným astronomem-amatérem A. Turcatem. Akce se účastnilo 7 astronomů, 2 asistenti, fotograf a 4 členové posádky. Start *Concordu* z mezinárodního letiště na ostrově *La Palma* musel být přesně naplánován, jelikož letadlo mohlo dosáhnout rychlosti „jen“ 2 145 km/h, zatímco stín *Měsíce* letěl po povrchu *Země* rychlostí 2 500 km/h. Z letiště na *Kanárských ostrovech* stroj skutečně odstartoval na sekundu přesně, takže právě ve chvíli, kdy letadlo překročilo rychlosť zvuku, uviděli 1. kontakt, tj. tzv. *diamantový prsten*, který mohli pozorovat téměř celou minutu! Hlavní fázi zatmění pozorovali z výšky 16 km nad *Mauretánií* po dobu 74 minut!! Nadzvuková část letu trvala přes 3 h a letoun pak přistál v Čadu. Diamantový prsten však mohla pozorovat i japonská sonda *Kaguya* 9. 2. 2009, kdy sonda obíhala *Měsíc* a během polostínového zatmění *Měsíce*, pozorovaného zakryla *Země* z pohledu sondy zcela *Slunce*. Vzniklo tak působivé video uveřejněné na webu japonské kosmické agentury *JAXA*.

Za mimořádný pokrok při dynamickém studiu sluneční koróny lze však označit až **snímky sluneční koróny** z uplynulého deseti let, pořizované a zpracované brněnským matematikem M. Druckmüllerem, jež vykazují neobyčejné podrobnosti, dynamický rozsah i časové rozpětí změn v koróně. V červnu 2009 se jeho snímek sluneční koróny ocitl dokonce na titulní stránce 7428. čísla britského vědeckého týdeníku *Nature*. V téže době vyšla studie o *vzhledu bílé koróny* při zatmění *Slunce* 1. 8. 2008, kterou připravili J. Pasachoff, M. Druckmüller aj., v níž je rozebrána díky zmíněné nové metodě zpracování snímků **dynamika koróny** v průběhu 19 min, neboť se podařilo slícovat snímky koróny z Mongolska a Ruska. Bílá koróna byla viditelná až do vzdálenosti 20 R<sub>⊕</sub> od *Slunce* s rozlišením lepším než 1''. Vzhled koróny nasvědčoval tomu, že již započal 24. cyklus sluneční činnosti. Na snímcích je dále zachycen povrch *Měsíce* v novu ve slunečním světle odraženém *Zemí*, hvězdy do 12 mag a kometa *C/2008 O1*, která patří mezi komety *Kreutzovy rodiny* komet. Snímky v optickém oboru se rovněž podařilo navázat na odpovídající záběry *Slunce* z družic *SOHO*, *Hinode*, *TRACE* a *STEREO*.

Podle údajů ze slunečních sond *STEREO* skončil **23. cyklus sluneční činnosti** v prosinci 2008. První magnetickou aktivitu 24. cyklu objevily družice *STEREO* počátkem května 2009. Odtud prý lze odhadnout, že maximum cyklu nastane někdy v květnu 2013. Podle D. Dalaberta aj. dokazují helioseismologická měření slunečních oscilací, že příznaky nového cyklu sluneční činnosti se objevily pod povrchem *Slunce* již ve druhé polovině r. 2007, i když na povrchu *Slunce* ještě dozvídával předešlý 23. cyklus sluneční činnosti. Podle M. Švandy začal **24. cyklus** oficiálně již 4. 1. 2008. R. Zimmerman však uvedl, že přechod mezi 23. a 24. cyklem je neobvykle dlouhý. V průměru trvá vlastní minimum, kdy na *Slunci* nejsou pozorovatelné žádné skvrny, kolem 485 dnů, ale nynější rozhraní cyklů dosáhlo rekordu přes 840 dnů bez skvrn.

Jako na zavolanou proběhlo během rozpačitého začátku 24. cyklu sluneční činnosti mimořádně dlouhé **úplné zatmění Slunce** 22. 7. 2009, které trvalo až 6:39 min. - delší zatmění v maximálním trvání 6:55 min. uvidí až naši vzdálení potomci 13. 7. 2132. Mnoho výprav zejména do Číny však ztrskotala na špatném počasí – většinou tam v pásu úplného zatmění lilo jako z konve. Přesto se však mnoha skupinám podařilo získat dobré snímky, bud díky operativním přesunům podle údajů meteorologických stanic, anebo díky prozírávemu výběru pozorovacích stanovišť mimo Čínu (např. již zmíněný prof. Druckmüller pozoroval korónu těsně po minimu sluneční činnosti z atolu *Enewetak* na *Marshallových ostrovech*, kde totalita trvala 5:41 min).

V r. 2009 uplynulo 65 let od průkopnické publikace radioamatéra G. Rebera, v němž popsal výskyt **rádiového šumu ze Slunce** v pásmu metrových vln (ApJ 100, str. 279), tj. na frekvenci 160 MHz. Šlo o měření, jež Reber vykonal svou 9m parabolou na zahradě rodinného domu ve *Wheatonu* ve státě *Illinois*. Když zaslal svou práci do redakce, byl jejím recenzentem holandský astronom B. Bok, který žil za války v USA. Jelikož Reber byl v astronomických kruzích neznámý, Bok se rozhodl přesvědčit se na místě, že jeho pozorování jsou věrohodná; vzal sebou do Wheatonu dokonce i šéfredaktora ApJ a tak se ubezpečili, že lze Reberova průkopnická

měření publikovat v prestižním časopise. (Reber už předtím potvrdil Janského měření rádiového záření, které přichází z centra *Galaxie*.)

Koncem května (29. 5.) 2009 jsme si připomněli 90. výročí úplného zatmění Slunce s totalitou v délce 6,5 min, během níž dvě britské výpravy ověřily pomocí hvězd v Hyádách správnost předpovědi obecné teorie relativity o ohybu světla hvězd v gravitačním poli Slunce. Zpracování měření vedl proslulý britský astrofyzik A. Eddington, jenž už v lednu a únoru 1919 fotografoval Hyády v Oxfordu týmiž dalekohledy, aby tak získal referenční polohy hvězd v době mimo zatmění. Jak vtipně poznamenal J. P. McEnvoy, „nová teorie o povaze vesmíru, jež se zrodila v hlavě německého Žida pracujícího v Berlíně, aby byla potvrzena anglickým kvakerem na malém africkém ostrově“. Podle P. Ferreira a j. se 29. 5. 2009 konala oslava experimentu na Princově ostrově při západuafričkém pobřeží (druhá britská expedice pořizovala snímky v brazilském Sobralu).

## 2. Hvězdný vesmír

### 2.1. Extrasolární planety a hnědí trpaslíci

Výzkum exoplanet i hnědých trpaslíků se v r. 2009 rozvíjel nevídánou měrou, takže tomuto tématu by bylo zajisté možné věnovat zbytek této Žně objevů. Přestože jsem se snažil popsat jen ty nejdůležitější objevy, odstavec se rozrostl na obří kapitolu, takže prosím čtenáře o trpělivost, popřípadě o čtení na přeskáčku.

#### 2.1.1. Objevy pomocí gravitačních mikročoček

Tři studenti z Leidenu napsali program pro automatické vyhledávání exoplanet na světelných křivkách gravitačních mikročoček a vyzkoušeli jeho funkci na veřejně dostupných datech z projektu **OGLE II (1997 – 2000)**. Podařilo se jim tak najít exoplanetu na světelné křivce mikročočky **OGLE2-TR-L9** v souhvězdí *Lodního kýlu*, na níž byl patrný 2h pokles jasnosti o 1 % během přechodu exoplanety přes kotouček hvězdy. Jejich objev potvrdili přesnou fotometrií dalšího transitu exoplanety i spektroskopicky I. Snellen a j. pomocí aparatur *GROND (La Silla)* a *FLAMES VLT ESO*, takže příslušná exoplaneta o hmotnosti minimálně  $4,5 M_J$  a poloměru  $1,6 R_J$  obíhá kolem rychle rotující mateřské hvězdy (sp. F3; teplota 7 kK; vzdálenost 900 pc;  $1.5 M_\odot$ ; metalicita  $Z = -0,05$ ; stáří 0,7 Gr) ve vzdálenosti 0,03 AU v periodě 2,5 d. S. Dong a j. pozorovali pomocí *HST* gravitační mikročočku **OGLE-2005-BLG-071L**, kde bylo možné z rozboru světelné křivky během čočkování zjistit její vzdálenost od nás 3,2 kpc. Z těchto pozorování vyplynulo, že hlavní složka mikročočky je červený trpaslík sp. třídy dM o hmotnosti  $0,5 M_\odot$  a planetární složka mikročočky má hmotnost  $3,4 M_J$ . Exoplaneta obíhá kolem mateřské hvězdy ve vzdálenosti 2,1 AU a její povrchová teplota činí 70 K. Hmotnost exoplanety je tudíž vůči hmotnosti mateřské hvězdy překvapivě vysoká.

S. Wang a G. Zhao zjistili, že kolem mikročočky **OGLE-2006-109L** obíhají dokonce dvě obří exoplanety v oběžných periodách 5 a 14 let ve vzdálenostech 2,3 a 4,6 AU, přičemž vzdálenější exoplaneta má výstřednou dráhu ( $e = 0,11$ ). Hmotnosti exoplanet dosahují  $0,7$  a  $0,3 M_J$ . Současně se tak ukázalo, že v databázích světelných křivek gravitačních mikročoček je ukryta řada podobných případů, kdy lze tímto způsobem objevit exoplanety i v poměrně velkých vzdálenostech ve vesmíru.

#### 2.1.2. Tranzitující exoplanety

Objevování exoplanet metodou transitů ostatně nabírá na tempu díky dvěma specializovaným družicím *CoRoT* a *Kepler*, jež dovolují měřit změny jasnosti hvězd s přesností na zemi nedosažitelnou. *CoRoT* sbírala údaje o světelných křivkách 12 tis. hvězd po dobu 5 měsíců s přesností na miliontinu magnitudy(!) od ledna 2007 a družice *Kepler* odstartovala počátkem března 2009. Jejím úkolem je mj. měřit opakovaně dvakrát za hodinu jasnosti více než stovky tisíc hvězd v oblasti souhvězdí *Lyry* a *Labutě* po dobu 3,5 roku. D. Kipping a j. dokonce tvrdí, že přesnost fotometrie dosáhla citlivosti postačující pro objevy pírozených družic (měsíců) exoplanet s hmotností  $>0,2 M_Z$  v ekosférách mateřských hvězd. V zorném poli družice *Kepler* je odhadem takových družic na 25 tisíc!

Vynikající **databázi tranzitujících exoplanet** zřídila *Sekce proměnných hvězd a exoplanet České astronomické společnosti* na webu: [var2.astro.cz/ETD/index.php](http://var2.astro.cz/ETD/index.php), kterou vzhledem k rychlému a rozsáhlému pokroku v pozorování exoplanet doporučují všem zájemcům o aktuální stav tohoto oboru. Počátkem r. 2009 dosáhl počet objevených tranzitujících exoplanet 40 a počet všech známých exoplanet překročil hranici 300 objektů, ale koncem téhož roku bylo známo již kolem 400 exoplanet, z toho více než 320 exoplanet bylo objeveno metodou radiálních rychlostí, 60 pomocí tranzitů, přímým zobrazením 9, pomocí gravitačních mikročoček 7 a u pulzarů 4. 2009 bylo známo 350 exoplanet a z toho 50 tranzitujících, ale to hlavní je evidentně před námi. Lze očekávat, že v průběhu nejbližších let bude tento počet konkurovat počtem exoplanet, objevených ostatními metodami. Navíc tranzity obecně poskytují o dané exoplanetě nejvíce geometrických i fyzikálních údajů v porovnání s ostatními metodami jejich pozorování.

Jak uvedli U. Wolter a j., při spektroskopické tomografii dokážeme dnes na povrchu hvězdy hlavní posloupnosti rozlišit světlé či tmavé skvrny o rozměrech alespoň desítek tis. km, avšak při přechodu exoplanety stoupá tato rozlišovací schopnost alespoň o řád, jak prokázali u hvězdy **CoRoT-2** (Aql; sp. G; rotační per. 4,5 d), kolem níž obíhá exoplaneta v periodě 1,74 d. Během 79 pozorovaných tranzitů od května do října 2007 autoři objevili řadu změn na světelné křivce, což jednak ukázalo, že exoplaneta obíhá po dráze skloněné o  $7^\circ$  k hvězdnému rovníku, a jednak že hvězda je pokryta velkými tmavými skvrnami proměnlivými v čase.

I. Snellen a j. využili optické fotometrie z družice *CoRoT* ke sledování tranzitující exoplanety ( $1 M_J$ ;  $a = 0,025$  AU) u mateřské hvězdy **CoRoT-1** (Mon, 14 mag;  $G0 V$ ; 6 kK;  $1,0 M_\odot$ ; 480 pc) během jejího oběhu kolem hvězdy v periodě 1,5 dne. Jelikož lze očekávat, že takto blízké exoplanety rotují synchronně s oběžnou dobou, natáčejí tak k mateřské hvězdě stále stejnou polokoulí a tím se zvyšuje kontrast mezi osvětlenou a neosvětlenou polokoulí; v tomto případě natolik, že lze pozorovat fázové změny jasnosti hvězdy s udivující přesností 0,1 promile. Protože světlo odražené přivráceným povrchem exoplanety se rozptyluje zpět směrem ke



silným slapům je rotace exoplanety synchronizována s oběžnou dobou. Vzápětí se podařilo určit i poloměr exoplanety  $1,7 R_Z$  a její hmotnost  $5 M_Z$ , takže má střední hustotu podobnou Zemi. Podle D. Hamiltona působí silné slapy na exoplanetě jako oběžná brzda, takže exoplaneta se nutně pohybuje po utahující se spirále smrti a nemůže přežít více než milion let do pádu na mateřskou hvězdu. Navíc D. Queloz aj. zjistili pomocí spektrografového *HARPS ESO La Silla*, že kolem hvězdy *CoRoT-7* obíhá ještě exoplaneta *c* s hmotností  $8,4 M_Z$  v periodě 3,7 d a vzdálenosti 0,046 AU (7 mil. km).

Jak ukázali B. Levraud aj., je tak *k zániku odsouzena téměř každá krátkoperiodická tranzituječí exoplaneta, pokud má kruhovou dráhu o poloměru kratším než 0,05 AU (7,5 mil. km)*, protože obrazně řečeno její spirálu utahuje čím dál tím silnější slapy mateřské hvězdy. Odolnější proti zmaru mohou být pouze exoplanety na protáhlých eliptických drahách s blízkým periastrem.

D. Charbonneau aj. rozbehli ambiciózní projekt **MEarth**, jenž využívá osmi identických 0,4m dalekohledů k fotometrii 2 tis. hvězd o nízké hmotnosti ( $0,10 - 0,35 M_{\odot}$ ), které se vyznačují velkým vlastním pohybem a nacházejí se tudíž v blízkém okolí Slunce. Jejich prvním významným úlovkem je objev exoplanety u trpasličí hvězdy **GJ 1214** (*Oph*;  $V - 15$  mag; sp.  $M4.5$ ; teplota  $3,3$  kK;  $0,2 R_{\odot}$ ;  $0,16 M_{\odot}$ ;  $0,003 L_{\odot}$ ; 13 pc). Exoplaneta obíhá v periodě 1,6 d po dráze o poloměru 2,2 mil. km a tranzity před diskem hvězdy trvají 52 min. Poloměr exoplanety dosahuje  $2,7 R_Z$  a hmotnost  $6,6 M_Z$ , takže její hustota činí téměř dvojnásobek hustoty vody v pozemských podmínkách. Při povrchové teplotě exoplanety jen  $450$  K je docela dobré možné, že *téměř polovinu její hmotnosti představuje tekutá voda*.

### 2.1.3. Objevy exoplanet z křivek radiálních rychlostí

Velké množství objevů exoplanet přináší ovšem stále i již klasická metoda sledování křivek radiálních rychlostí mateřských hvězd obíhajících kolem barycenter příslušných exoplanetárních soustav. Delší pozorovací řady se stále přesnějšími spektrografy (*střední chyby měření radiálních rychlostí dosahují jen  $\pm 1$  m/s*) totiž umožňují objevovat více exoplanet ve vzdálenostech přes 1 AU od mateřské hvězdy, na rozdíl od prvních (snazších) objevů exoplanet téměř přilepených na mateřskou hvězdu.

Jak uvádí K. Schlaufman aj., je hledání exoplanet metodou radiálních rychlostí *prosté výběrových efektů pro hmotnosti  $>100 M_Z$  a vzdálenosti exoplanet od mateřských hvězd v rozmezí  $0,1 - 2,0$  AU* (tato horní mez představuje sněhovou čáru pro trpasličí hvězdy pozdních spektrálních tříd, čili též vnější hraniční potenciální ekosféry). Objektivně existuje *deficit terestrických exoplanet* v rozmezí hmotností  $30 - 50 M_Z$  pro velké poloosy drah  $<1$  AU.

M. Mayor aj. využili přesného spektrografového *HARPS* u 3,6m dalekohledu *ESO* na *La Silla* pro objev již čtvrté exoplanety *e* v soustavě hvězdy **GJ 581** (*Lib*; sp.  $M3 V$ ;  $0,3 M_{\odot}$ ;  $0,3 R_{\odot}$ ; metalicita  $Z = -0,3$ ; 6 pc; stáří 4 Gr). Exoplaneta *e* se nachází nejbliže ke hvězdě na dráze o velké poloose jen  $0,03$  AU (4,5 mil. km) a oběžné době 3,1 d. Její hmotnost se odhaduje na  $1,9 - 3,1 M_Z$ , ale na rozdíl od Země musí být rozpálená na vysokou teplotu. Druhá v pořadí je exoplaneta *b* s hmotností podobnou *Neptunu* ve vzdálenosti  $0,04$  AU a oběžnou dobou  $5,4$  d. Následuje exoplaneta *c*, která obíhá po výstředné dráze s poloosou  $0,07$  AU v periodě 13 d. Její hmotnost činí  $5 - 10 M_Z$ . Poslední známá exoplaneta *d* obíhá na velmi výstředné dráze ( $e = 0,4$ ) s velkou poloosou  $0,22$  AU v periodě 67 d. Její hmotnost se odhaduje na  $10 M_Z$  a lze mít za to, že se po většinu oběhu nachází v *ekosféře* své hvězdy.

R. Barnes aj. objevili planetární soustavu obsahující tři „nadzemě“ u hvězdy **HD 40307** staré asi 6 mld. let. Z měření radiálních rychlostí hvězdy vyplynulo, že kolem hvězdy obíhají buď plynné, nebo dokonce kamenné exoplanety ve vzdálenostech po řadě  $0,05$ ;  $0,08$  a  $0,13$  AU, výstřednostech drah  $0,01$ ;  $0,03$  a  $0,04$  a hmotnostech  $4$ ;  $7$  a  $9 M_Z$  v periodách  $4,3$ ;  $9,6$  a  $20,5$  d. M. Zechmeister aj. hledali po dobu 7 let potenciální terestrické exoplanety v ekosférách 40 blízkých červených trpaslíků třídy M: Přestože spektrograf *UVES VLT ESO* měří radiální rychlosti s přesností  $\pm 2,5$  m/s, neuspěli ani v jednom případě. Nic takového nenašli ani u *Proximi Centauri* ani u *Barnardovy hvězdy* (= GJ 699).

J. Baileymu aj. podařilo objevit pomocí teleskopu *AAT* exoplanetu ( $>0,6 M_j$ ;  $a = 3,4$  AU;  $e = 0,1$ ) v úhlové vzdálenosti  $0,7$ ° od blízkého (5 pc) červeného trpaslíka **GJ 832** (*Gru*; sp.  $M1.5 V$ ), která obíhá kolem hvězdy v periodě  $9,4$  r. Je tedy dokonce naděje, že objev bude možné ověřit astrometricky, protože mateřská hvězda se musí vychylovat od barycentra soustavy minimálně o  $0,001$ °.

F. Pont aj. využili spektrografového *NICMOS HST* ke studiu atmosféry „horkého neptunu“ (700 K;  $23 M_Z$ ;  $4 R_Z$ ; per 2,6 d;  $e = 0,15$ ) u hvězdy **GJ 436** ( $0,45 R_{\odot}$ ) v blízké infračervené oblasti spektra ( $1,1 - 1,9 \mu\text{m}$ ) během tranzitů exoplanety v trvání 46 min, což umožnilo zaznamenat i transmisní spektrum atmosféry. T. Ferveille aj. měřili pomocí spektrografového *HARPS* u 3,6m teleskopu *ESO* na *La Silla* kolísání radiálních rychlostí trpasličí hvězdy **Gl 176 = GJ 176** (10 mag; sp.  $M2.5 V$ ;  $0,5 M_{\odot}$ ;  $0.02 L_{\odot}$ ; rotační per 39 d; metalicita  $Z = -0,1$ ; vzdálenost 9 pc), u níž v r. 2008 ohlásili objev exoplanety o hmotnosti *Neptunu* M. Endl aj., kteří k tomu využili měření spektrografem *HRS* u 9,2m teleskopu *HET*. Zatímco střední chyba radiálních rychlostí *HRS* činí  $\pm 4,7$  m/s, *HARPS* navzdory menšímu průměru primárního zrcadla dosahují střední chyby jen  $\pm 1,1$  m/s, takže autoři nových pozorování zjistili, že přesnější měření *vyvraťejí údaje o exoplanetě z HRS*. Kombinace 57 měření z *HARPS* a méně přesných avšak dlouhodobých 28 měření z *HRS* dala odlišný výsledek, tj. u hvězdy *Gl 176* se exoplaneta opravdu nachází, ale její hmotnost činí jen  $8 M_Z$ , oběžná perioda 9 d a dráha o poloměru  $0,066$  AU je kruhová. Její povrchovou teplotu odhadli na 450 K. Z této revize mimo jiné vyplývá, že planety těchto hmotností a period jsou u trpasličích hvězd docela běžné.

Exoplanety se však mohou nacházet také u *obřích hvězd*, jak přesvědčivě ukázali M. Döllingerová aj., kteří po dobu tří let sledovali radiální rychlosti 62 obrů sp. třídy K pomocí 2m *Jenschova teleskopu v Tautenburgu* v německém *Duryňsku*. Objevili tak exoplanetu o hmotnosti  $>4 M_j$  u hvězdy **42 Dra** (4,8 mag; K1.5 III; 4,2 kK;  $1,0 M_{\odot}$ ;  $22 R_{\odot}$ ; 97 pc; metalicita  $Z = -0,5$ ; stáří 9,5 Gr) s oběžnou dobou 1,3 roku; výstředností dráhy  $e = 0,4$  a velkou poloosou  $a = 1,2$  AU a další exoplanetu/hnědého trpaslíka o hmotnosti  $10 M_j$  u hvězdy **HD 139357** (*Dra*; 6 mag; K4 III; 4,7 kK;  $1,3 M_{\odot}$ ;  $11,5 R_{\odot}$ ; 120 pc;  $Z = -0,1$ ; stáří 3,1 Gr) s oběžnou dobou 3,1 r;  $e = 0,1$ ;  $a = 2,4$  AU. Třetí exoplanetu o hmotnosti  $>10 M_j$  našli u hvězdy **11 UMi** (5 mag; K4 III; 4,3 kK;  $1,8 M_{\odot}$ ;  $24 R_{\odot}$ ; 120 pc;  $Z = 0$ ; stáří 1,6 Gr) s oběžnou dobou 1,4 r;  $e = 0,1$ ;  $a = 1,5$  AU. Poslední objevená exoplaneta o hmotnosti  $>3 M_j$  obíhá kolem hvězdy **HD 32518** (*Cam*; 6,5 mag; K1 III;  $1,1 M_{\odot}$ ;  $10 R_{\odot}$ ; 120 pc;  $Z = -0,15$ ; stáří 6 Gr) v periodě 158 d;  $e = 0,01$ ;  $a = 0,6$  AU.

J. Valenti aj. využili Keckova spektrografovou *HIRE* k objevu dvou exoplanet u podobrů sp. třídy G5 IV. Jde o hvězdy **HD 73534** (8 mag; 5kK;  $1,2 M_{\odot}$ ;  $2,4 R_{\odot}$ ;  $3,3 L_{\odot}$ ; rotační per. 53 d; 81 pc) a **HD 179079** (8 mag; 5,7 kK;  $1,1 M_{\odot}$ ;  $1,6 R_{\odot}$ ;  $2,4 L_{\odot}$ ; rotační per.

38 d; 65 pc). Oba podobří nejeví chromosférickou aktivitu a jsou silně metalické. První z nich je doprovázena exoplanetou s hmotností  $>1,1 M_J$ , která kolem hvězdy **HD 73534** obíhá po slabě výstředné ( $e = 0,07$ ) dráze o délce velké poloosy 3,1 AU v periodě 4,8 let. Druhou hvězdu **HD 179079** obíhá exoplaneta o hmotnosti  $>0,1 M_J$  rovněž po mírně výstředné ( $e = 0,1$ ) dráze o poloosu 0,12 AU v periodě 14,5 dne. Objevy vznikly v průběhu soustavného sledování mateřských hvězd se vzdálenějšími exoplanetami po delší dobu (3 – 5 let). Autoři zjistili, že výstřednosti *drah exoplanet obecně souvisejí s jejich oběžnou periodou*, tedy též se vzdáleností od mateřské hvězdy. Medián výstředností pro exoplanety s oběžnými dobami  $<10$  dnů totiž dosahuje jen  $e = 0,01$ , kdežto pro delší periody se výrazně zvedá na  $e = 0,24$ .

## 2.1.4. Atmosféry exoplanet

M. Swain aj. využili spektrografu *NICMOS HST* k rozboru složení atmosféry proslulé exoplanety *b* u hvězdy **HD 209458** (sp. G0 V). V blízké infračervené oblasti spektra nalezli předeším silné pásy methanu, ale též slabší pásy vody a slabě zřetelné pásy oxidu uhličitého. Ve vysoké atmosféře exoplanety pozorovali teplotní inverzi. H. Knutsonová aj. sledovali další proslulou exoplanetu o hmotnosti  $1,1 M_J$  (oběžná per. 2,2 d) u hvězdy **HD 189733** (K2 V) spektroskopicky ve středním infračerveném pásmu (8 a 24  $\mu\text{m}$ ) pomocí *Spitzerova teleskopu (SST)*, aby tak zjistili, jak se mění teplota její atmosféry v závislosti na denní době. Zjistili, že atmosféra dosahuje nejvyšší teploty 1,2 kK až při úhlovém posuvu o  $25^\circ$  od substelárního bodu, podobně jako tomu je např. na Zemi. V noci klesá teplota atmosféry na 980 K, což svědčí o dosti dobrém přenosu tepla podél rovníku exoplanety. Na ně navázali M. Swain aj., kteří díky spektrografu *NICMOS HST* sledovali parametry atmosféry exoplanety v blízkém infračerveném pásmu. Nalezli tam pásy vody, CO,  $\text{CO}_2$  a současně zjistili, že teplota atmosféry klesá s výškou. I. Boisse aj. získali během dvou měsíců 55 vysokodispersních spektrogramů hvězdy pomocí spektrografova *SOPHIE* u 1,9 m teleskopu *OHP* a odhalili tak její proměnnou hvězdnou aktivitu svědčící o výskytu četných skvrn na povrchu hvězdy.

G. Laughlin aj. využili téhož teleskopu SST ke studiu ohřevu atmosféry exoplanety u hvězdy **HD 80606** (UMa; 9 mag; G5 V; 5,8 kK;  $1 M_\odot$ ;  $1 R_\odot$ ;  $0,8 L_\odot$ ; 58 pc; stáří  $1,7 - 7,6$  Gr) během jejího průletu periastrem 20. listopadu 2007, kdy byla ozářena více než 800x proti ozáření v apastru. Exoplaneta ( $4 M_J$ ;  $0,9 R_J$ ; hustota  $4,4 \times$  voda) se totiž honosí doslova kometární drahou s oběžnou dobou 111 d a velkou poloosou 0,45 AU, ale výstřednosti  $e = 0,934$ , takže v apastru se nalézá ve vzdálenosti 0,86 AU, kdežto v periastru se přibližuje k mateřské hvězdě na necelých 4,5 mil. km! SST začal pořizovat spektra 20 h před průchodem exoplanety periastrem a monitoroval ji plných 30 h. *Během pouhých 6 h od začátku pozorování stoupala teplota atmosféry exoplanety z 800 K na 1 500 K*. Exoplaneta vykazuje navíc dlouhé 12 h tranzity před kotoučkem mateřské hvězdy.

C. Moutou aj. uvedli, že podle jejich pozorování ze 14. února 2009 teleskopy 1,2 m a 1,9 na *OHP* trval tranzit 9,5 – 17,2 h a exoplaneta rotuje prográdně. Poznamenali, že neobvyklá dráha exoplanety je patrně důsledkem nesouladu mezi směrem rotační osy exoplanety s kolmicí k oběžné dráze, což je příznakem tzv. *Kozaiho efektu* pozorovaného ve dvojhvězdách. Ostatně mateřská hvězda tvoří páru se společným vlastním pohybem s hvězdou **HD 80607**, která je od ní vzdálena 20'', tj. 1,2 kAU. K témuž závěru dospěli též F. Pont aj., kteří zjistili, že úhel, který svírá rotační osa s kolmicí k oběžné dráze činí  $50^\circ$ . Tranzit zachytily také E. Marcia-Melendo a P. McCullough, kteří určili z fotometrie délku tranzitu 0,47 d (11,3 h). Následující tranzit v trvání 11,6 h exoplanety pozorovali 5. 6. 2009 J. Winn aj. pomocí *Keckova teleskopu*. Z jejich pozorování vyplývá ostrý úhel svíraný osou rotace exoplanety v rozmezí  $32^\circ - 87^\circ$ . Autoři též připomínají, že v apastru je exoplaneta vzdálena od mateřské hvězdy pouhých  $7 R_\odot$  (5 mil. km), zatímco v apastru činí tato vzdálenost plných  $210 R_\odot$ .

Další tranzitující (3,2 h) exoplanetou s vysokou excentricitou dráhy ( $e = 0,67$ ) se zabývali J. Winn aj., T. Koskinen aj. a M. Barbieri aj. Její mateřskou hvězdou je **HD 17156** (8 mag; sp. F9; 6 kK;  $1,3 M_\odot$ ;  $1,4 R_\odot$ ; hustota  $0,6 \times$  voda;  $2,7 L_\odot$ ; rotační rychlosť  $>3$  km/s; metalicitá  $Z = +0,14$ ; 78 pc; stáří 2,4 Gr). Kamenná exoplaneta o hmotnosti  $3,2 M_J$ ; poloměru  $1 R_J$  a střední hustotě  $3,8 \text{násobku hustoty vody}$  obíhá kolem hvězdy v periodě 21 d; tj. v apastru je vzdálena 0,27 AU, zatímco v periastru jen 0,052 AU (7,8 mil. km) při délce velké poloosy 0,16 AU. To znamená, že v apastru je exoplaneta ozařována mateřskou hvězdou 27krát více než v apastru, ale k tomu je potřebí připočít ještě silný slapový ohřev tělesa. Proslulé Záhořovo lože zde nachází každé tři týdny svou hvězdnou konkurenci. L. Ibgui a A. Burrows upozornili, že exoplanety na vysoké výstřednostech drahách podléhají silným *slapům od mateřské hvězdy*, což způsobuje ohřev nitra exoplanety a její geometrické nafouknutí, takže se nám může zdát, že jde o exoplanetu daleko mladší, než je tomu ve skutečnosti.

## 2.1.5. Zobrazování exoplanet

M. Fukagawa aj. pořídili v červenci 2002 pomocí adaptivní optiky 8,2m teleskopu *Subaru* infračervený snímek hvězdy **HR 8799** (5,3 mag ve filtru *H*; sp. A5 V;  $1,5 M_\odot$ ; 39 pc; stáří 60 Mr), u níž v r. 2008 zobrazili C. Marois aj. exoplanety *b*, *c* a *d* pomocí *Keckova 10m* a 8m teleskopu *Gemini-N*. Na předobjevovém snímku je patrná exoplaneta *b* jako objekt 18 mag v infračerveném filtru *H* v úhlové vzdálenosti  $1,7''$  (lineární vzdálenost 69 AU) od hvězdy. Z měření její polohy též vyplývá, že exoplaneta *b* obíhá kolem hvězdy proti směru hodinových ručiček ve vzdálenosti 69 AU, a že její hmotnost přesahuje  $7 M_J$ . Vzápětí S. Metchev aj. oznámili, že na předobjevovém snímku též hvězdy *Keckovým teleskopem* z počátku srpna 2007 našli všechny tři zmíněné exoplanety jako objekty 17 – 18 mag ve filtru *H*. Nízké jasnosti vylučují, že by šlo o hnědé trpaslíky, čili jde skutečně o exoplanety. Zpřesnili tak údaje o dráze exoplanety *d*, která má velkou poloosu  $a = 24$  AU a oběžnou dobu 98 let. Dokázali také spolu s dalšími autory, že v soustavě se nenalézá žádná další obří exoplaneta s hmotností  $>3 M_J$  ve vzdálenostech  $>68$  AU.

Podle A. Cridy aj. je poněkud překvapující, že se mohou tak hmotné exoplanety nacházet ve velkých vzdálenostech od mateřských hvězd, protože tam stěží mohly vzniknout kvůli nedostatku stavebního materiálu. Modelovými výpočty však prokázali, že pokud ve vzdálenosti kolem 10 AU od mateřské hvězdy vznikne *pár obřích planet o nestejných hmotnostech*, může díky vzájemným interakcím dojít k tak výrazné *migraci* směrem od hvězdy. Doložili to na modelu migrace zobrazené exoplanety u *Fomalhauta*, která je od mateřské hvězdy vzdálena 119 AU. Pokud jsou jejich výpočty reálné, měla by být druhá exoplaneta z původního páru vzdálena od *Fomalhauta* asi 75 AU.

A. Lagrangeová aj. ohlásili pravděpodobný objev obří exoplanety u známé hvězdy  $\beta$  Pictoris ( $1,75 M_{\odot}$ ; vzdálenost 19 pc; stáří 12 mil. let), jež je obklopena rozsáhlým prachovým diskem, o němž se všeobecně soudí, že jde o disk protoplanetární. Na snímcích pořízených kamerou s adaptivní optikou *NACO VLT ESO* v infračerveném pásmu  $L'$  totiž našli těleso 11 mag ve vzdálenosti  $>8$  AU od hvězdy, které má hmotnost  $>8 M_{\oplus}$  a teplotu 1,5 kK. Vzápětí zásluhou A. Lecaveliera des Etangse a A. Vidala-Madjara přišlo potvrzení reálnosti zobrazení exoplanety, neboť autoři našli v archivních datech o jasnosti hvězdy  $\beta$  Pic důkaz o zeslabení hvězdy v listopadu 1981, které interpretují jako tranzit exoplanety přes kotouček mateřské hvězdy. S tím zase souhlasí poloha exoplanety v kvadratuře své dráhy v listopadu 2003. Z těchto údajů vyplývá, že velká poloosa dráhy exoplanety se musí nacházet v rozmezí 7,6 – 8,7 AU a oběžná perioda pak činí 15,9 – 19,5 r. Autoři odhadli, že k příštímu tranzitu dojde někdy mezi zářím 2013 a prosincem 2020.

C. Thalmann aj. zobrazili pomocí 8,2m teleskopu *Subaru* průvodce hvězdy slunečního typu **GJ 758** v blízkém infračerveném spektrálním pásmu. Hvězda třídy G9 V o hmotnosti  $1 M_{\odot}$  a poloměru  $0,9 R_{\odot}$  je od nás vzdálena 16 pc, zatímco průvodce v úhlové vzdálenosti  $1,9''$  (lineární vzdálenost 29 AU) od hvězdy má hmotnost nanejvýš  $40 M_{\oplus}$  a patří tedy mezi hnědé trpaslíky sp. třídy T.

C. Lisse aj. zjistili, že v infračerveném spektru hvězdy **HD 172555** (Pav; 5 mag; sp. A5 V; stáří jen 12 mil. let; vzdálenost 29 pc) pořízeném *SST* v pásmech  $5 - 37 \mu m$  se nacházejí pásy silikátů. Zdrojem těchto sloučenin je obal velejemného prachu o teplotě 335 K vzdálený 5,8 AU od hvězdy. Hmotnost obalu odhadli na  $10^{17}$  tun, což odpovídá hmotnosti kamenné planetky o poloměru  $<200$  km. Hvězdu však obklopuje i plynný SiO o celkové hmotnosti ještě o dva řády vyšší jakož i oblak chladnějších (200 K) prachových zrn o hmotnosti až  $10^{20}$  tun, což odpovídá trpasličím planetám *Sluneční soustavy*. Jelikož hvězdě chybí prachový disk, jenž by připomínal hustý disk o poloměru 6,4 AU kolem hvězdy  $\beta$  Pictoris, s níž hvězda HD 172555 sdílí společný vlastní pohyb, usuzují autoři, že u této hvězdy se odehrálo před tisícem roků kosmické drama, při němž se rychlosť  $>10$  km/s srazila dvě kamenná tělesa o hmotnostech trpasličích planet Sluneční soustavy a vyvolala tak spektroskopické úkazy, které pozorujeme, naštěstí z bezpečné vzdálenosti... Podobných případů bude určitě mnoho, jak ostatně naznačuje objev S. Cordera aj., kteří pozorovali v submilimetrovém pásmu prachový prsten, popř. disk u hvězdy **HD 107146** (stáří  $<200$  mil. r). Prsten má vnitřní poloměr 97 AU a jeho struktura odpovídá rezonanci s exoplanetou, která obíhá ve vzdálenosti 45 – 75 AU od mateřské hvězdy.

## 2.1.6. Astrometrie a interferometrie exoplanet

S. Pravdo a S. Shaklan ohlásili objev exoplanety u velmi chladné hvězdy **VB 10** (=  $GJ 752 = VI298 Aql$ ; vzdálenost 6 pc; stáří 1 Gr), jejíž hmotnost se pohybuje u spodní hranice pro hvězdy, tj.  $0,078 M_{\odot}$ . Hvězda je současně členem vizuální dvojhvězdy, vzdálené od ní 400 AU. Podle astrometrických měření obíhá kolem hvězdy VB 10 exoplaneta o hmotnosti  $>6,4 M_{\oplus}$  a téměř stejně velikosti jako mateřská hvězda v periodě 0,74 roku ve vzdálenosti 0,36 AU. Pokud by se objev podařilo potvrdit, byl by to důkazem o významném výskytu obřích exoplanet u nejběžnějšího typu hvězd. Hvězdy pozdní třídy M představují totiž minimálně 70 % všech hvězd ve vesmíru, ale špatně se objevují, protože mají nízký zářivý výkon. Jak autoři uvedli, „*exoplanety byly objeveny jednak u hvězd, kde se to nečekalo a jednak a hvězd, kde se to sice čekalo, ale na oběžných drahách, kde se to ani náhodou nečekalo*“. Nicméně pokus J. Beana aj. potvrdit existenci exoplanety VB 10b pomocí obřího teleskopu *VLT ESO* se nezdařil, takže se zde názorně zopakovaly problémy, které mají nejenom astronomové, když se měří poblíž hranice technických možností dané aparatury. Jsou-li výsledky měření jen trochu nad očekávanou hranicí šumu, neodolají mnozí badatelé pokušení ohlásit objev, který se posléze opět v šumu utopí.

E. Bainesová aj. využili výkonného interferometru *CHARA* na Mt. Wilsonu ke změření **úhlových průměrů disků 11 hvězd**, které určitě mají exoplanety. Měření probíhalo v blízkém infračerveném oboru spektra ( $2,15 \mu m$ ) a týkala se hvězd s vizuálními hvězdnými velikostmi  $3 - 8$  mag; efektivními teplotami v rozmezí  $4,6 - 5,7$  kK; hmotnostmi  $1 - 2 M_{\odot}$ ; poloměry  $2 - 10 R_{\odot}$ ; zářivými výkony  $0,9 - 65 L_{\odot}$  a stářím  $1 - 7$  Gr ve vzdálenostech 14 – 77 pc od nás. S. O'Toole aj. se zaměřili na **24 blízkých jasných hvězd slunečního typu** a zjistili, že v našem blízkém okolí má téměř třetina takových hvězd exoplanety s hmotnostmi  $>3 M_{\oplus}$ , jež v průměru obíhají kolem mateřské hvězdy v periodě kratší než 16 d.

J. Forbrich a E. Berger využili rádiové interferometrie na velmi dlouhých základnách (*VLBI*) s rozlišením řádu obloukových milivteřin k pokusům nalézt v jejich blízkosti substelární objekty pomocí astrometrie. Šlo o dvě velmi chladné hvězdy sp. tříd M8.5 a L3.5 a skutečně u první (teplejší) z nich (**TVLM 513-46546**) nalezli známky přítomnosti druhého tělesa v úhlové vzdálenosti  $\approx 0,001''$ , které by mělo mít hmotnost  $<10 M_{\oplus}$  ve vzdálenosti  $>0,06$  AU (oběžná doba  $>15$  d), ale možná i  $<2 M_{\oplus}$  ve vzdálenosti  $>0,03$  AU (oběžná doba  $>0,5$  r).

## 2.1.7. Souhrnné studie exoplanet a hnědých trpaslíků

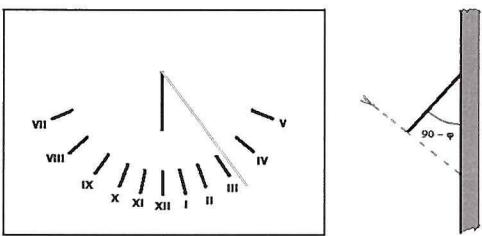
J. Carson aj. využili *stelárniho koronografu* s adaptivní optikou u *Haleova 5m teleskopu* na Mt. Palomaru k pokusu o **zobrazení substelárních objektů** u 21 trpasličích hvězd spektrálních tříd F, G a K ve slunečním okolí do vzdálenosti 20 pc. Metoda byla citlivá pro objekty vzdálené minimálně 17 AU od mateřských hvězd a vyloučila v celém pozorovaném souboru přítomnost substelárních objektů s hmotnostmi  $>50 M_{\oplus}$  mladších než 1 mld. let, resp. s hmotnostmi  $>70 M_{\oplus}$  mladších než 4,6 mld. let a  $>75 M_{\oplus}$  mladších než 10 mld. let.

M. Murgrauer a R. Neuhäuser nalezli hvězdné průvodce u dvou mateřských hvězd exoplanet. V prvním případě jde o hvězdu **HD 125602** (Vir; G3 V; 6 kK;  $1,1 M_{\odot}$ ;  $1,05 R_{\odot}$ ; 53 pc; stáří 3 Gr), jejímž hvězdným průvodcem je trpaslík sp. třídy M4 V o hmotnosti  $0,2 M_{\oplus}$  vzdálený 4,75 kAU. Ve druhém případě jde o hvězdu **HD 212301** (Oct; F8 V;  $1,3 M_{\odot}$ ; 53 pc; stáří 1,9 – 5,4 Gr), jež má průvodce trpaslíka třídy M3 V o hmotnosti  $0,35 M_{\oplus}$  ve vzdálenosti jen 230 AU. První hvězda je doprovázena exoplanetou o hmotnosti  $>3 M_{\oplus}$ , která ji obíhá v periodě 1,5 r na dráze s velkou poloosou  $a = 1,4$  AU a výstředností  $e = 0,5$ . Ve druhém případě jde o exoplanetu s hmotností  $>0,4 M_{\oplus}$  na kruhové dráze s oběžnou dobou 2,2 d a poloměrem 0,034 AU.

# Ako presne „idú“ slnečné hodiny?

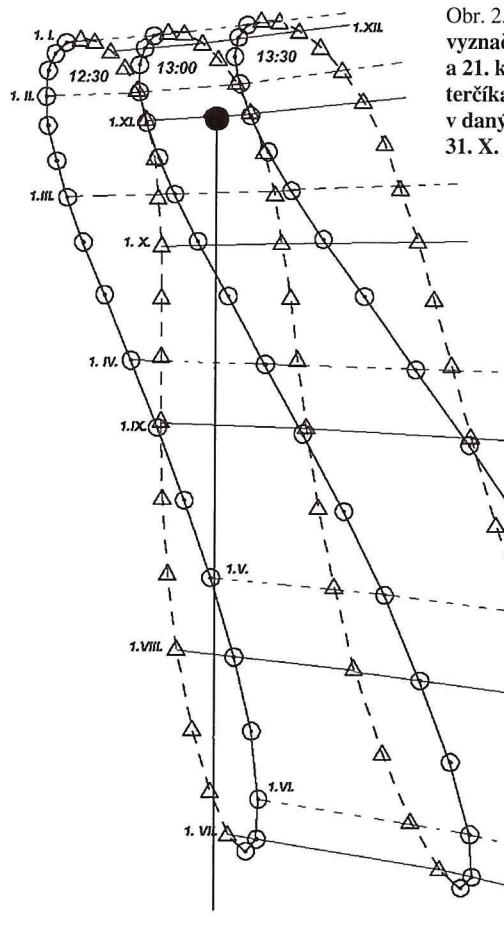
Na mnohých historických budovách, najmä na kostoloch, možno nájsť slnečné hodiny rôzneho typu. Ak svieti Slnko, môžeme na nich zistiť čas s presnosťou  $\pm 30$  minút. Pre dnešného človeka však takáto presnosť nestačí. Preto, hoci slnečné hodiny sa dnes zhovovujú skôr ako umelecký doplnok k architektúre, existuje záujem navrhnuť také slnečné hodiny, ktoré by kompenzovali nerovnomernosť pravého slnečného času. V príspevku sa po patričnom (aj) historicom úvode opisuje konštrukcia slnečných hodín, ktoré „idú“ s presnosťou  $\pm 1$  minúta.

Čas sprevádza ľud od narodenia do smrti. Jeho meranie uskutočňujeme porovnaním s počtom períód nejakého periodického deja. Takým je napríklad doba kmitu kyvadla, modernejšie – períoda kmitu kremíkom riadeného oscilátora a pod. Naša zemeguľa je prirodzený zotrvačník s veľmi presnou perídomu rotácie, ktorú nazývame *hviezdný deň* (v súčasnosti trvá 86400,002 s a predĺžuje sa o cca 2 milisekundy za storočie). Avšak prirodzenou mierou času pre činnosť ľudí je striedanie dňa a noci, teda *pravý slnečný deň*, kde ide o rotáciu voči Slnku a nie voči hviezdam. Dĺžka pravého slnečného dňa je definovaná časovým intervalom medzi dvoma prechodom Slnka cez mestny meridián (*miestne pravé poludnie*) s počiatkom o *miestnej pravej polnoci*, a tento interval je rozdeľený na 24 hodín. Takyto čas ukazujú tradičné slnečné hodiny (obr. 1). Delenie na 24 hodín vzniklo až na konci stredoveku (17. storočie), predtým svetlá aj tmavá časť dňa bola rozdelená na 12 hodín, teda denné a nočné hodiny nemali rovnakú dĺžku.



Obr. 1. Najčastejšia konštrukcia slnečných hodín. Na južnej stene je pripojená tyčka, ktorá je rovnobežná so zemskou osou. Uhol v rovine rovníka od meridiánu po deklinačnú kružnicu Slnka nazývame hodinovým uhlom  $t$ . Uhly od zvislice na stupni súvisia s  $t$  podľa rovnice:  $\text{tg } \alpha = \cos \varphi \text{ tg } t$ . Tieň na obrázku ukazuje cca  $3^{\text{h}}15^{\text{m}}$  popoludní.

Pravý slnečný čas je rôzny pre rôzne zemepisné dĺžky a plynie nerovnomerne počas roka, preto bol zavedený *stredný slnečný deň*, kde sú rozdiely vyhľadené, a delíme ho na 24 hodín, s počiatkom o polnoci. Rozdiel medzi pravým a stredným slnečným časom nazývame *časová rovnica*. Spomínaný stredný slnečný deň je už odvodená konštrukcia a čas v nôm plynne rovnomerne. Aby bol rovnaký aj v miestach s rôznou zemepisnou dĺžkou, bol zavedený *pásmovej čas*, jednotný pre približne 15-stupňové pásmo poludníkov. Ak hlá-



Obr. 2. Sústava troch analém, na ktorých sú vyznačené polohy priemetu Slnka 1., 11. a 21. každý mesiac. Tmavý krúžok je tieň terfíka („rafíky“), ktorého poloha určuje SEČ v daný moment, v danom prípade je to pre 31. X. 12:51 SEČ.

Úvodný obrázok v citovanom článku je zároveň aj návodom na konštrukciu takých slnečných hodín, ktoré by ukazovali presne SEČ.

Ak by sme chceli určiť presný SEČ podľa hodín, ktoré sú na obr. 1, museli by sme používať tabuľku opráv a k odčítanému pravému slnečnému času pripočítať opravu na zemepisnú dĺžku a na časovú rovnici.

Dá sa však postupovať aj tak, že *zmeníme „ciferník“ aj „rafíku“*. Namiesto sústavy úsečiek budú ciferník tvoriť krivky, ktoré sú priemetom *analém*, myšlených obrazcov, vytvorených polohami Slnka vždy o tej istej hodine SEČ, a tieň na takýto ciferník nebude vrhať celú tyčku, ale iba jej určitý „bod“ – rafika, napr. klad jej koniec.

Análema má tvar osmičky, lebo časová rovnica je nulová štyri razy v roku: v krajných bodech, okolo slnovratov a prie- sečník dosahujú okolo 15. apríla a 1. septembra. Priemety troch analém na zvislú, na juh orientovanú stenu, s odstupom po pol-

hodine, sú znázornené na obr. 2.

Takyto druh slnečných hodín by sa dal navrhnuť aj pre steny, ktoré nie sú orientované presne na juh. Asi najvhodnejšou plochou pre hodiny takého typu by bola časť povrchu kruhového valca, ktorého os má rovnaký sklon ako je zemepisná šírka v danom mieste.

Takisto by takéto hodiny mohli byť súčasťou parkovej architektúry, kde analémy by mohli byť vytvorené štrkem bielej farby alebo kvetinovými záhonmi, a tieň by vrhal vrchol stípa. Na takúto myšlienku ma tiež naviedol obrázok v článku P. Zimníkvala.

Časť takýchto hodín som urobil na balkóne (obr. 3). Analémy som nakreslil na južnú stenu.

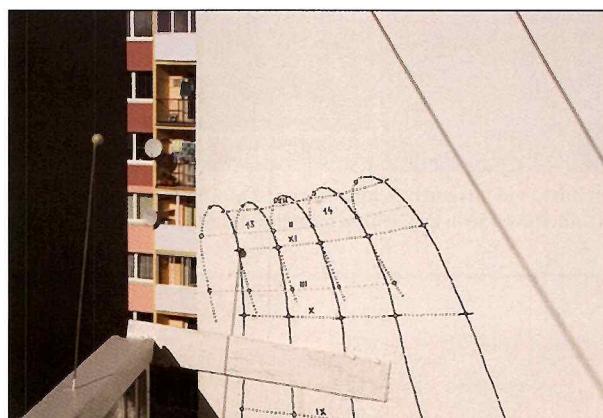
Balkón je otočený smerom na západ, takže hodiny ukazujú čas iba popoludní. Čas ukazuje tieň guľky urobenej zo žuvačky, upevneného na konci špicke z bicykla.

Prípadným záujemcom o konštrukciu slnečných hodín tohto typu môžem poskytnúť radu, alebo aj vykonať potrebný výpočet tvaru analém.

satel v rozhase zahľásí, že o chvíli bude pravé poludnie, tak nevie, čo hovorí. Znamená to iba, že bude 12 hodín stredoeurópskeho času, t. j. stredné poludnie pre poludník  $15^{\circ}$  (okolie Prahy). A pravé poludnie aj tam môže nastať buď až o 15 minút skôr, alebo až o 15 minút neskôr, podľa dátumu.

**Rozdiel medzi tým časom, ktorý ukazujú tradičné slnečné hodiny a SEČ môže byť aj viac ako 30 minút.** Nerovnomerné plynutie pravého slnečného času je spôsobené nerovnakou rýchlosťou Zeme na jej dráhe okolo Slnka a tým, že ekliptika je voči rovníku sklonená o cca  $23^{\circ}$ . Podrobnejšie o týchto rozdieloch pojednáva veľmi pekný článok od Petra Zimníkvala, ktorý sme publikovali v Kozmose 2008/3.

Obr. 3. Slnečné hodiny realizované na balkóne paneláku. 31. X. ukazujú 12:32 SEČ.



MILAN RYBANSKÝ  
rybansky.milan@gmail.com

# Prečo chcú Rusi pristáť na Phobose

V jeseni minulého roku vystúpil v americkej televízii CBS apollonaut Buzz Aldrin. V rukách držal model väčšieho z dvoch mesiačikov Marsu. Na záver svojho vystúpenia povedal: „Phobos je kľúčom k trvalému osídleniu Marsu. Preto by sa mal stat najbližším cieľom NASA.“

Phobos po mene pozná nanajvýš jeden zo stovky Američanov. Teleso s priemerom 22 kilometrov však planetológovia horlivu skúmajú. Aj pomocou sond, ktoré už vyše 15 rokov krúžia okolo Červenej planéty. Phobos i jeho menší „brat“ Deimos sú totiž zvláštne telesá. Oba sú tmavé, odrážajú sotva 7 % slnečného svetla. A už vôbec nepasujú do systému objektov, ktoré krúžia okolo planét Slnečnej sústavy.

Do skupiny „pravidelných mesiacov“ patrí

nás Mesiac, Jupiterov ohnivý satelit Io, Saturnov Titan, zahalený mrakmi metánu, a ďalšie objekty, ktoré majú guľovitý tvar a okolo svojich planét krúžia nad rovníkmi po takmer kruhových dráhach. Podľa všetkého sa sformovali v rovnakom období ako ich planéty.

„Nepravidelné mesiace“ z druhej skupiny tvoria väčšinu zo 170 satelitov planét Slnečnej sústavy. Majú bizarné tvary, sú relatívne malé a pohybujú sa neraz po sklonených, elliptických dráhach. Podľa planetológov sa väčšina z nich sformovala inde až neskôr sa stali zatracami planét, okolo ktorých krúžia.

Phobos a Deimos do týchto skupín nepatria. Okolo Marsu krúžia nad rovníkom po takmer dokonalých kruhových dráhach, čo naznačuje, že sa sformovali v tom istom čase ako Mars.



Zdá sa, akoby Phobos krúžil okolo Marsu tesne nad marťanskou atmosférou. Tá však dnes siaha iba do výšky 50 kilometrov. Phobos krúži okolo Červenej planéty vo výške 6 000 kilometrov.

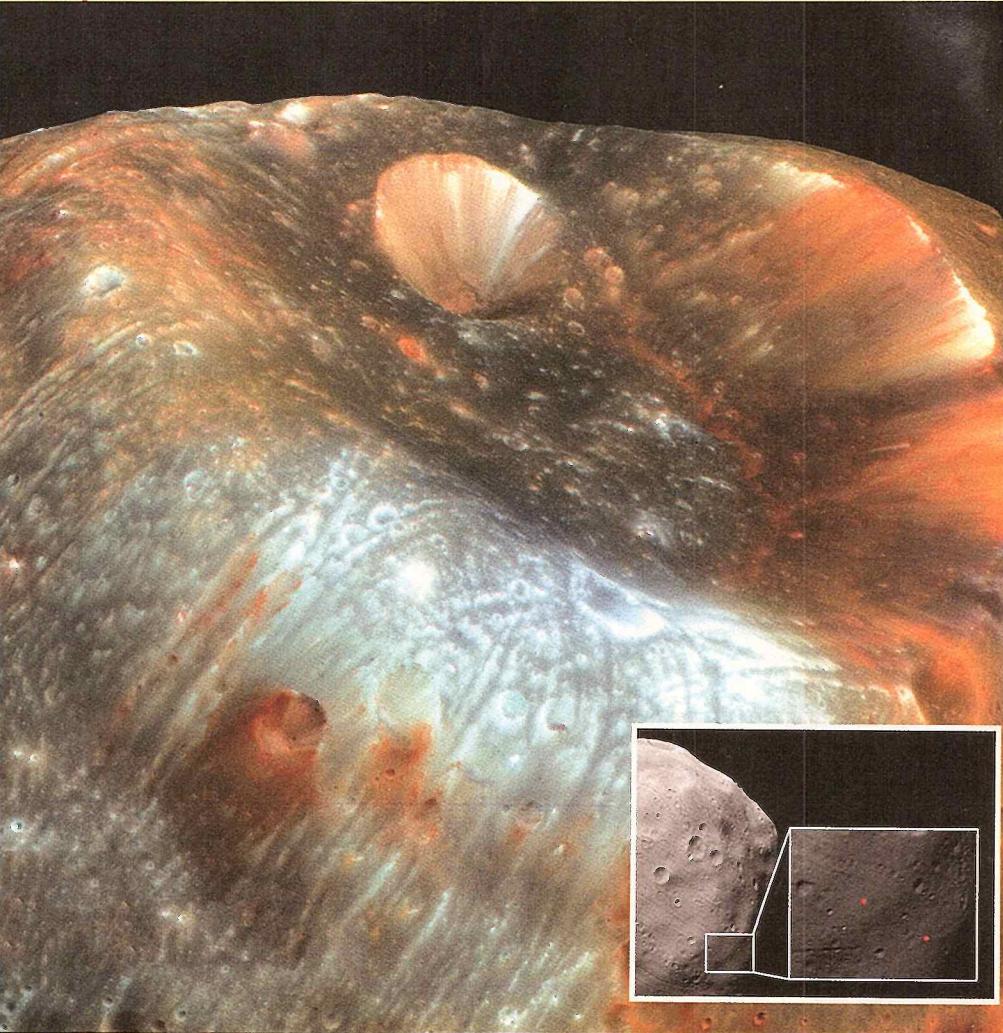
Tvarom však pripomínajú skôr asteroidy, takže nie je pravdepodobné, že sú zajatcami Červenej planéty.

## Bojové kone boha vojny

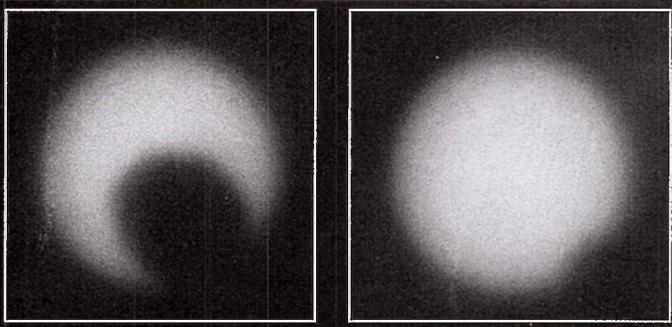
Phobos a Deimos objavil v roku 1877 americký astronóm Asaph Hall. Phobos obieha okolo Marsu vo vzdialosti 6 000 km (približne polomá priemer Marsu), Deimos vo vzdialosti 21 000 kilometrov. Hall ich pomenoval po bojových žrebcoch gréckeho boha vojny Aresa (Rimania ho volali Mars). Phobos znamená Strach, Deimos – Hrôza. Výskum oboch mesiačikov začali prvé marťanske sonydy-orbitery pred 40 rokmi. V roku 1989 vyslali sovietski na Phobos sondu, ale 100 kilometerov pred pristáím s ňou stratili kontakt. Diagnóza: porucha palubného počítača.

Rusi teraz pripravujú ďalší pokus. Bude to ich prvá planetárna misia po 15 rokoch. Európska vesmírna agentúra (ESA) zabezpečuje pre pristávaciu sonda prístroje. Nemecký Mimos II (Miniatúrny Mösbacherov Spektrometer) preskúma minerály železa. Striebriatá skrinka, nie väčšia ako päst, je druhou generáciou prístrojov, ktoré už 6 rokov putujú na amerických roveroch po povrchu Červenej planéty. Jeden z nich objavil horniny, ktoré sa mohli vytvoriť iba za prítomnosti vody.

Na povrchu Phobosu je oveľa chladnejšie ako na Marse. Mimos II však dokáže pracovať aj pri teplote mňus 150 °C. Vlastnosti mesiačika skúma niekoľko tímov. Napríklad planetológovia Rínskeho inštitútu skúmajú, ako sa mení dráha sondy Mars Express (MEX) vo chvíli, keď sa na svojej dráhe okolo Marsu približuje k Phobosu. Najviac ich zaujímajú údaje z blízkych obletov. Keď sa sonda priblíži k mesiačiku na viac ako 500 km, Pho-



Stickney, najväčší kráter na Phobose, má priemer 9 kilometrov. Falošné farby zviditeľňujú rôznorodé sfarbenie hornín. Obdĺžnik vľavo i jeho zväčšenina označujú miesto, kde pristane ruská sonda Phobos Grunt 2.



Čiastočné zatmenie Slnka, ktoré z povrchu Marsu nasnímal robot Opportunity. Kamera zachytila prechod Phobosu pred kotúčom Slnka.

bos, napriek nízkej hmotnosti, môže jej dráhu odkloniť, hoci sa jej rýchlosť zníži iba o niekoľko milimetrov za sekundu. Ak sa tak stane, povel zo Zeme vráti sondu na pôvodnú dráhu. Či bol manéver úspešný vyčítajú vedci z nepatrnych posunov rádiových frekvencií, ktoré na zmenu rýchlosť reagujú.

Aj tento experiment prispel k spresneniu fyzikálnych parametrov mesiaca. Phobos má hmotnosť 10,7 biliónov ton, teda 0,00015 % hmotnosti nášho Mesiaca. Pomocou fotografií spresnili odhad objemu telesa a mohli vypočítať aj jeho hustotu:  $1,87 \text{ g/cm}^3$ . Kôra Marsu má oveľa vyššiu hustotu, takže jedno je isté: Phobos nie je dieťaťom Marsu.

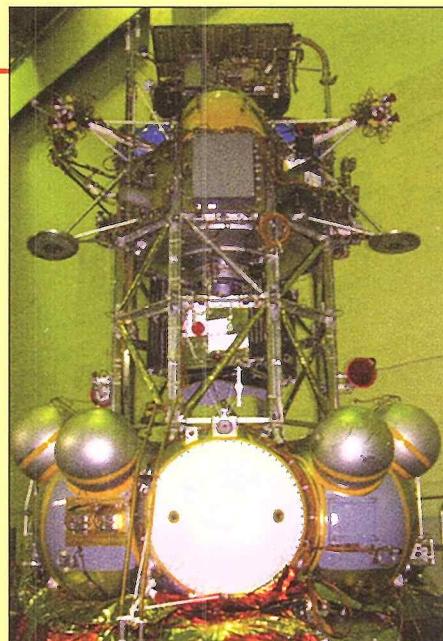
### Teleso druhej generácie

Vlani, 3. marca 2010, sa Mars Express priblížil k Phobosu na 77 kilometrov. 13 minút a 8 sekúnd trvalo rádiovým vlnám, kym dorazili na Zem a vrátili sa späť na sondu. Blízky oblet umožnil vedcom nazrieť pod povrch mesiacika. Chceli sa dozvedieť, či Phobos nie je iba nevelmi súdržným zlepencom kozmickej drviny. Takéto planetoidy majú dramati-

ckú história: zrážka dvoch asteroidov rozptýlila fragmenty oboch telies, ale gravitácia najväčších telies roztratený húf opäť pozliepal. Takýmto telesom je napríklad planetoid Itokawa, ktorý sa na svojej dráhe pravidelne približuje k Zemi. Japonská sonda zmerala hustotu Itokawy: hodnota  $-1,85 \text{ g/cm}^3$  sa nepatrne líši od hustoty Phobosu.

Všeličo prezrádza aj Stickney, najväčší kráter na Phobose: vznikol po náraze ozrnutného telesa, ktoré by kompaktný objekt rozmetal. Zlepenc však mohol náraz stlmíť.

Počas blízkeho obleta pracoval na sonda MEX aj radar, ktorého úlohou bolo vyhmatávať prípadné vrstvy v podloží. Údaje zatiaľ nevyhodnotili. Isté je, že Phobos je popretkávaný trhlinami a jaskyňami, takže 25 až 35 % jeho vnútra tvoria dutiny. Podľa vedeckov ide o teleso druhej generácie. Pozliepalo sa na obežnej dráhe Marsu z húfu menších asteroidov. Materský planetoid sa mohol rozpadnúť vo chvíli, keď ho gravitácia Marsu stiahla z jeho pôvodnej dráhy. Taký osud postihol v roku 1994 kométu Shoemaker-Levy 9, ktorá sa



Ruská sonda Fobos Grunt odštartuje v decembri tohto roku. Na snímke pristávací modul.

počas blízkeho obleta rozpadla v gravitačnom poli Jupitera.

### Nebezpečný kurz

Na dobrej pomoci sú planetológom simulácie na počítačoch. Vedeči analyzujú poruchy pohybu Phobosa generované gravitáciou Slnka, planétami a susedného mesiacika Deimos. Ich diagnóza: dni Phobosu sú zrátané: o 24 až 45 miliónov rokov sa zrúti na povrch Marsu. Ešte predtým ho však slapové sily roztrhajú na märne kúsky. Phobos totiž už dnes krúži blízko takzvanej Rocheho hranice. Keď túto hranicu prekoná, vlastnou gravitáciu sa už pohromade neudrží. Znovu sa rozpadne na jednotlivé fragmenty.

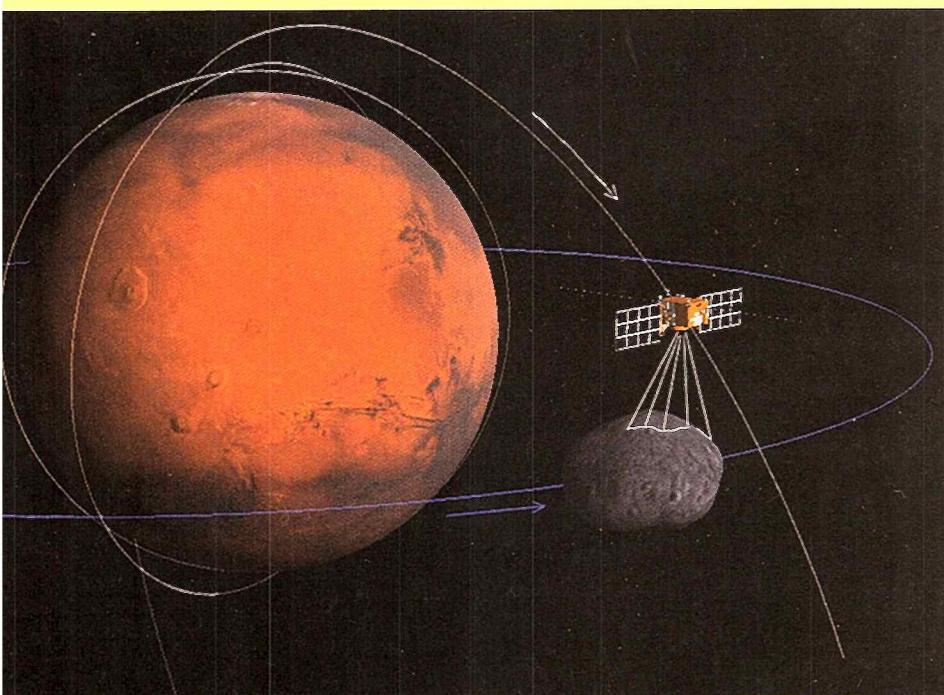
Napriek tomu sa Phobos stane bázou dobyvateľov Marsu. Nielen Buzz Aldrin, ale aj ďalší experti vytipovali mesiacik za ďalšie telešo, na ktorom pristane loď s ľudskou posádkou. Vzhľadom na jeho malú gravitáciu by bol pristávací manéver oveľa jednoduchší ako na Mesiaci. O Marse ani nehovoriac. Bývaly astronaut Leroy Chiao, teraz poradca Bieleho domu pre kozmonautiku, napísal nedávno článok do časopisu New Scientist, v ktorom odporučil misiu na Phobos ako prípravu pred letom na Mars. Takáto misia by bola oveľa lacnejšia a znížila by, podobne ako lety lodí Apollo okolo Mesiaca pred pristáím Apolla 11, riziká veľkej misie na Červenú planétu. Veľká misia sa kvôli deficitu rozpočtu USA odložila na neurčito. Kozmická základňa Spojených štátov však potrebuje veľkú, hoci lacnejšiu výzvu.

Koncom januára tohto roku sa sonda Mars Express opäť priblížila k Phobosu. Biely dom, vzhľadom na čínske ambície na Mesiaci, má dilemu: zameria sa na Mesiac, kde už americkí appolonauti boli, alebo sa rozhodne pre novú sútaž s Rusmi o Phobos.

Je to fažká dilema: ruská sonda Fobos Grunt 2 odštartuje už v decembri tohto roka.

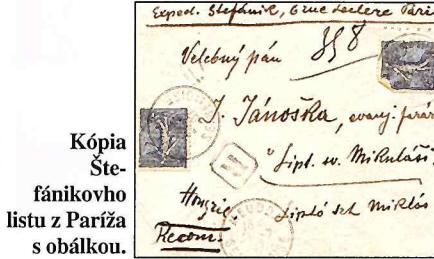
Podľa Bild der Wissenschaft 09/2010

Okolo Marsu obiehalo a obieha niekoľko sônd. Na snímke sonda Mars Express (MEX). O niekoľko rokov pristane na povrchu Marsu americká návratná sonda. Tá privezie na Zem marťanské horniny.





Žiada som, aby vás mohli vyslať do Českej republiky. Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.



Kópia  
Ste-  
fánikovho  
listu z Paríža  
s obálkou.

nie je nebezpečný, lebo elektrický výboj následkom silnej vrstvy izolačnej je iba ..., ale vodič sa triasli od strachu. V prvých dňoch nebolo možné pozorovať, pozdejšie sa vyčasilo a ja so zdarom previedol som nový program. Sostúpil som šťastivo a s cennými výskumami. Keď som v hlavných spisoch oznámil výsledok mojej práce, poverili ma, aby pokračoval v štúdiu a chcem-li vrátiť sa na M<sup>t</sup> Blanc. Tak sa stalo, že 29. augusta opustil som Chamonix a rýchlym tempom vyliezol tretifrátku na M<sup>t</sup> Blanc. Cesta bola príjemná, díľam, že príjemný bude i pobyt.

Žiadali ste ma, abych Vám poslal popis druhej mojej expedície, ráste – uznáte-li za dobré – vybrať z listu tohto, čo sa vzťahuje na M<sup>t</sup> Blanc.

Dúfam, že sa navrátim i do Chamonix i na Slovensko. Jestli však bol by to môj posledný list, budte ubezpečený, že sa do poslednej chvíliky s vďačnosťou a oddanostou vzpomínať budem Vás, dráhy pane, mojich priateľov a celý môj milovaný národ.

Úctive pozdravujem milú Vašu rodinku, Vás a známych.  
Váš  
Milan Štefánik

Píšete mi: Chamonix, H<sup>t</sup>e Savoie, Hotel Central.  
Odpusťte, že nemám tu ani listového papiera ani atramentu.

ohľadom vratil sa do M<sup>t</sup> Blanc. Tu až do 29. augusta opustil mi Chamonix a myslila som, že som vydýšol do ťažkých miest na M<sup>t</sup> Blanc. Bola bola príjemná, díľam, priťaženie bude i príjemné.  
Dúfam, že mi, keďže vydýšol počas hornej mojej expedície, vede – uznáte-li za dobré – vybrať z listu tohto, čo sa vzťahuje na M<sup>t</sup> Blanc.

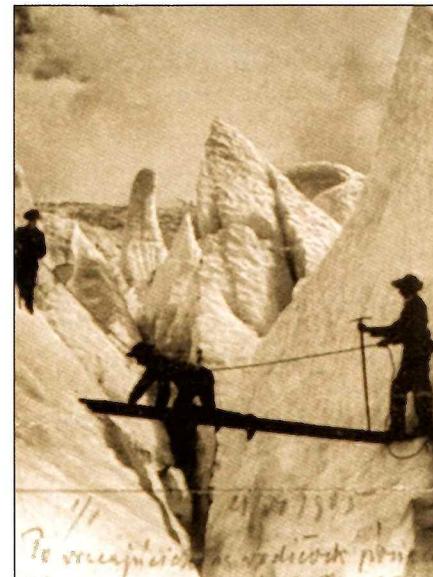
Žiada som, aby vás mohli vyslať do Českej republiky. Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.

Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho. Som si vedomý, že tieto skutočnosti sú významné pre Česku, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.

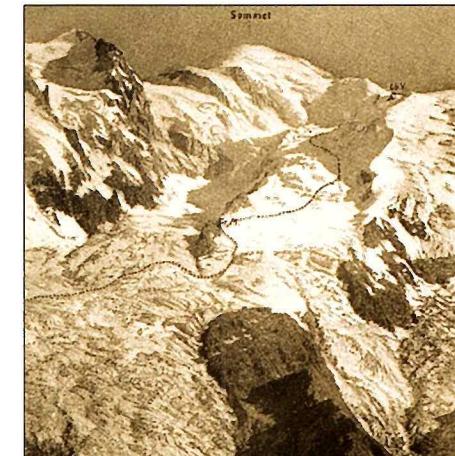
Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.



Milan Rastislav Štefánik pred observatóriom na Mont Blancu.



Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.



Počas mojej expedície som využíval českého jazyka, ale počas mojich pohľadníkových výprav som sa už využíval iba francúzskeho. Táto skutočnosť je dôvodom prečo som využíval českého jazyka v Českej republike, ale v Francúzsku som sa už využíval iba francúzskeho.



Štefánikove pohľadnice z Francúzsku a ich adresát.

# JURIJ GAGARIN, nepohodlný hrdina

(Pokračovanie z minulého čísla)

O svojom lete napísal Gagarin podrobňú správu. Prednesol ju na zasadanie špeciálnej komisie vlády, podrobne, so všetkými detailmi. Správu uložili do trezoru. Vybrané časti z nej boli publikované až za Gorbačova, v roku 1987. Širšia verejnosť sa o lete dozvedela iba to, čo zverejnila agentúra TASS, cenzurovaná tlač a niekolko rafinované zostrihaných filmov. Oveľa viac sa čitatelia nedozvedeli ani z Gagarinovej knihy „Cesta do vesmíru“, ktorú zosmolili dva reportéri Pravdy. Gagarin sa nadchýňa krásou Sovietskeho zväzu, spomienke konžského premiéra Patrica Lumumbu (ktorého onedlho CIA zavraždila), porovnáva svoj let s plavbou Krištofa Kolumba, objavitela Ameriky. Veľmi podrobne sa rozpisuje o amerických astronautoch: John Glenn, Virgil Grissom a Allan Shepard mali aj vďaka tejto knihe v Sovietskom zväze oveľa väčšiu publicitu ako ruskí kozmonauti. O konštruktéroch ani nehovoríac. Identitu hlavného konštruktéra Sergeja Koroljova odhalili až po jeho smrti v januári 1966.

## Pokus o vzburu

Gagarin toto tajnostkárstvo odmietal. Jeho prvé verejné vystúpenia však prísnne cenzurovali. Jeho prejavy v zahraničí formuloval veliteľ kozmonautov, generál Nikolaj Kamanin. Gagarinovi sa to priečilo. Chcel s ľudmi, čo ho vitali, hovoriť vlastnými slovami. Preto papiere s oficiálnym textom položil na pult a rečnil z hlavy. Mal neslýchaný úspech. Stal sa prvou globálnou pophviezdou Sovietskeho zväzu. Inteligentný Kamanin to pochopil a dal mu dôveru.

Gagarin sa stal poslancom Najvyššieho Sovietu ZSSR a členom Ústredného výboru Komsomolu. Uvedomil si, že do týchto verejných funkcií ho zvolili „pro forma“, s cielom, aby sa tieto grémia na jeho popularite priživili. Gagarin sa však nechcel stať bábkom v rukách stranickej byrokracie. Dostával tisíce listov z celej krajiny so stážnosťami na nepriatelia a zneužívanie moci. Jeho iniciatíva narobila byrokratom v stranických aparátoch veľa starostí. Nejednej intervencii Hrdinu Sovietskeho zväzu vyhoveli, nechali veci prešetriť.

V roku 1968 ukončil Gagarin po siedmich rokoch štúdium na Žukovského akadémii. Štúdium sa natahovalo, lebo prvý človek vo vesmíre kvôli častým cestám musel opakovať dva ročníky. Gagarin napísal list na ÚV KSSZ. Stažoval sa, že časte cesty do zahraničia i po Sovietskom zväze ho vyčerpávajú. Odpoveď bola strohá: stretnutia s verejnosťou označili za povinnosť každého kozmonauta. Vzápäť však jeho „propagandisticke komandirovky“ obmedzili.



V. V. Tereškovová, S. P. Koroljov, J. Gagarin, V. F. Bykovský.

Problémy nastali po promocii. Ďalší let do vesmíru mu nechceli povoliť. Kamanin navrhol, aby bol povýšený na generála. Jeho žiadosť však ostala bez odpovede. Keď sa uchádzal na Žukovského akadémii o miesto ako vedec, politická verchuška to neschválila. Po páde Chruščova, veľkého podporovateľa kozmonautiky v roku 1964, sa sovietske hospodárstvo dostalo do krízy. Ani na kozmonautiku už nebolo dosť peňazí.

Skupina kozmonautov poslala v októbri 1965 generálnemu tajomníkovi ÚV KSSZ Leonidovi Brežnevovi otvorený list. Upozornili ho, „že sovietska kozmonautika začína povážlivu zaostávať, pričom nedostatky sa prejavujú v plánovaní, organizácii i v riadení, najmä kvôli nejasným kompetenciám. Nemáme ani len spoľahlivú lod...“ Narážali na nedostatky programu Voschod.

Brežnev na list nereagoval. Gagarin s pomocou Kamammina sa pokúšal o osobné stretnutie s generálnym tajomníkom. Brežnev po porade s ľuďmi okolo Ministerstva obrany sa stretnutiu vyhol. V apríli 1967 prijal Gagarina minister obrany maršal Ustinov. Nevedno, čo Gagarinovi slúbil, ale... O osem dní do jeho funkcie menovali maršala Andreja Grečku.

**Velké postavy sovietskej kozmonautiky: L. Leonov, M. Surajev a J. Gagarin s S. P. Koroljovom.**



## Gagarin proti štartu lode Sojuz

V apríli 1967 mali vypustiť kozmickú loď Sojuz. Bola to loď určená pre let na Mesiac. Vyvinuli ju v rámci utajovaného programu, ktorý inicioval Koroljov. Gagarin vedel, že systém lode ešte nie sú spoľahlivé. Išlo najmä o systém padákov, pomocou ktorých mala loď pristáť. Na nedostatky ho upozornil šef aerodynamikov Jurij Demjanov. Aj šef kozmodromu Bajkonur generál Vladimír Krušinin varoval nedočkavých členov politbyra: „Štart ešte nie je pripravený.“ Vasilij Mišin, po smrti Koroljova hlavný konštruktér, ho vzápäť obvinil zo sabotáže stranických uzeniesní. Kremel chcel 60. výročie Októbrovej revolúcie osláviť za každú cenu novým kozmickým triumfom.

Gagarin ani jeho spojenci neuspeli. Z Bajkonuru vyletel na obežnú dráhu Vladimír Komarov. Už po štarte sa ukázalo, že solárne batérie lode nefungujú. Komarov sa pokúsil krídelka solárnych batérií rozvinúť, ale bez úspechu. Misiu museli prerušiť. Pri zostupe zlyhal hlavný padák. (Gagarin bol náhradníkom Komarova. Keby z nejakých dôvodov musel kolegu nahradit, zahynul by sám.)



Laliberté (na veľkej snímke) a Surajev vytvorili vo vesmíre úspešnú reláciu *Jedna kvapka*, pri ktorej si počas vysielania kozmonauti nasadzovali červený nos klauna. Ruské Ministerstvo obrany kvalifikovalo Surajevov počin ako zneváženie misie a odmietlo ho navrhnuť na vyznamenanie.

Ukázalo sa, že technická chyba znemožnila rozvinúť sa pomocnému padáku, ktorý mal ten hlavný uvoľniť z puzdra. Dôvod: puzdro natrvalo zlepil epoxid, ktorý sa roztavil po vniknutí lode do atmosféry, pretože nebol dostatočne chránený tepelným štítom. Nepribrzedá loď zhorela, Komarov zahynul.

Štart lode Sojuz 2, ktorá sa mala na obežnej dráhe stretnúť s Komarovovym Sojuzem 1, odvolali. Naštastie, pretože systém padákov by aj pri tejto misii zlyhal a ďalší trajektorie kozmonauti by zahynuli. Odstránenie technických nedostatkov trvalo takmer dva roky. Až v októbri 1968 absolvovali úspešný let trajektorie sovietski kozmonauti. Po Korolovovej smrti sa nenašiel konštruktér, ktorý by dokázal vyvinúť spolahlivejšiu kozmickú loď, schopnú dopraviť na Mesiac ľudí. Loď Rus-M mali, najprv bez posádky, vypustiť až v roku 2015. S kozmonautami až o tri roky neskôr.

### Zákaz výkonu povolania

Po smrti Komarova vylúčili Gagarina zo skupiny kandidátov na ďalšie lety. Báli sa, že by prvý človek vo vesmíre mohol zahynúť. Gagarin sa proti zákazu vykonával povolanie rázne ohradil. Napísal Kamaninovi list, v ktorom mu oznámil, že sa vzdáva funkcie zastupujúceho šéfa Výcvikového centra kozmonautov s odôvodnením, že ak sám nelietia, nemôže riadiť ani prípravu letov. Na tie časy to bola doslova vzburá.

Gagarinovu demisiu neprijali. Odporučili mu, aby obhájil diplom na Žukovského akadémii. Kamanin mu slúbil, že po promocii bude môcť lietať, ale iba na lietadlách. 17. februára 1968 obhájil Gagarin s vyznamenaním diplomovku s názvom „Aerodynamika a dynamika kozmickej lode počas pristávania“. Kamanin svoj slub splnil. Gagarin však nebol skúsený pilot. Keď ho prijali medzi kozmonautov, mal nalietaných iba 265 hodín. Po siedmich rokoch bez praxe musel začať takmer od nuly. 27. marca 1968 mal nalietaných 350 hodín, z toho 70 na tryskových stíhačkách. Absolvoval ich ako druhý pilot spolu so skúseným letcom Serjoginom. Prvým pilotom sa mal stať až deň po havárii.

**Posledná rozlúčka s Gagarinom na Červenom námestí.**



tajge, tisíce kilometrov od určeného miesta pristátia. Leonova a Beljajeva našli až o 30 hodín.

V roku 1999 sa pokúsil German Titov, druhý človek vo vesmíre, zorganizať expedíciu. Na mieste, kde Gagrinovo lietadlo havarovalo, chceli pomocou detektora kovov nájsť tie trosky stíhačky, ktoré sa po havárii „nepodarilo nájsť“. Pred expedíciou, v roku 2000, však umrel. Nikto netuší, prečo si Putin došetroval Gagarinovej kauzy neželá. Napriek tomu, že žiadosť o došetrovanie podporili svojho času všetci kozmonauti, vrátane šéfa Centra pre výcvik kozmonautov Vasilija Ziblieva. Zrazu, akoby na povel, sa tejto iniciatívy vzdali. Gagarinovu haváriu neprešetrovala ani Putnova „špeciálna komisia“ v tomto roku.

Gagrinova vdova Valentína (75) žije dnes utiahnuto v hviezdnom mestečku. K smrti svojho manžela sa vyjadriala iba raz. V roku 2001 sa stretla s prezidentom Putinom a položila mu otázku: „Ako zahynul môj muž?“ Odpovede sa nedochkala.

### Gagarinov kritický duch žije

Perestrojka a glasnosť do značnej miery odhalili zakliali zámok sovietskej kozmonautiky. Ani kozmonauti už nie sú iba figurkami na špagátku. Príznačný je prípad Maxima Surajeva, plukovníka vzdušných síl. Od septembra 2009 do marca 2010 pôsobil na medzinárodnej kozmickej stanici (ISS). Počas pobytu na obežnej dráhe sa stal prvým ruským bloggerom z kozmu. Porušil tak dlho dodržiavané tabu. Vesmírna agentúra Roskozmos jeho blogy spočiatku cenzurovala. Cenzurovať ho prestali až potom, keď viaceré americké noviny napísali, že Surajevove blogy boli oveľa obsažnejšie a vtipnejšie ako blogy amerických astronautov. Onedlho ho obvinili z neuposluchnutia rozkazu. Na ISS na vlastné tričko zasial semená pšenice, ktoré vzkľifili. Pšenica v prostredí bez príťažlivosti vyrástla a dozrela. Bola z toho malá botanická senzácia. Zo Zeme prišiel príkaz, aby pšenicu zničil. Surajev odmietol a... Nič sa nestalo.

Surajev sa na ISS prejavil aj ako talentovaný komik spolu s Kanadánom Guyom Laliberté, generálnym riaditeľom cirku „Cirque de Soleil“, ktorý strávil na ISS osem dní ako platiaci turista. Tento muž vytvoril projekt ONE DROP (Jedna kvapka), zameraný na to, aby všetci ľudia na Zemi mali prístup k pitnej vode. Dostal povolenie, aby ho propagoval z vesmíru. Spolu so Surajevom vytvorili reláciu, ktorá mala neslýchaný úspech. Laliberté a Surajev, hoci improvizovali podľa bodového scenára, sa priam prekonávali. Surajev si počas vysielania nasadzoval červený, guľatý nos klauna. Ruské Ministerstvo obrany kvalifikovalo kozmonautov výkon ako zneváženie misie. Generáli kritizovali najmä ten červený nos. Rozhodli sa, že vyznamenanie Hrdina Ruska, ktoré mu malo byť udelené za vynikajúce plnenie programu na ISS, nedostane.

Kauza sa dostala na verejnosť. Najprv sa ozvali kozmonauti. Po nich verejnosť. Prezident Medvedev dostal tisíce protestných listov. Prezident sa rozhodol, že armádnich byrokratov bude ignorovať. 30. decembra 2010 pripol Surajevovi na uniformu hviezdu Hrdinu Ruska so slovami: „Niekedy si udelenie vyznamenania vyžaduje politickú odvahu a vôľu. Keď odvahu nemajú generáli, musí zasiahnuť prezident. Na to je tu.“

**Koniec**

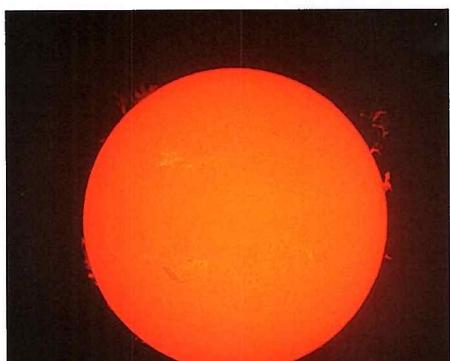
## Slnko sa naozaj predviedlo!

Aj keď sa fotografovaniu Slnka nejak špeciálne nevenujem, pohľad do Coronáda v nedeľu 5. 6. 2011 ma nenechal chladným. To, čo som tam videl, ma naozaj veľmi prekvapilo a najmä potešilo. Navyše počasie vôbec nebolo fotografovaniu naklonené: husté mraky a medzi nimi zákal; búrka sa preháňala všade okolo. Nestihol som sa premiestniť do svojej pozorovateľne, preto som len narýchlo pred domom na statív upevnil Coronáro a za okulár fotoaparát Canon 350 D. Fotografie, ktoré pripájam, vznikli naozaj za takýchto „bojových podmienok“ a o to sú pre miňa cennejšie.

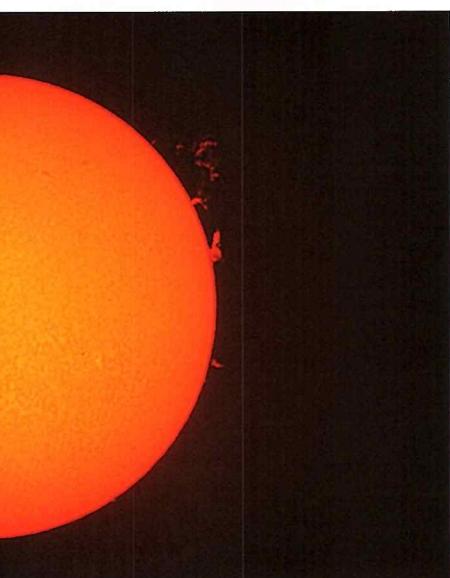
Nakoniec sa ukázalo, že som urobil dobre, keď som nestrácal čas premiestnením sa do pozorovateľne, lebo prišla taká rýchla a silná búrka, že som ledva stihol ujsť.

Marián Mičúch

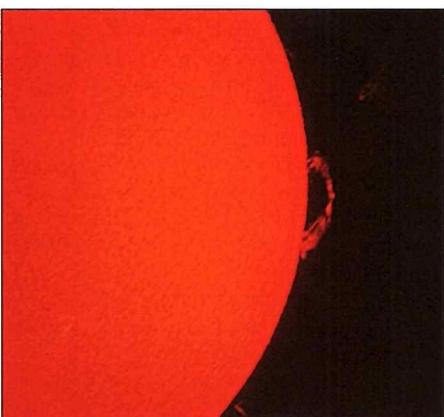
Fotografie boli urobené 5. 6. 2011 v Plevníku cez Coronádo 45/400 + Canon 350 D – okulárková projekcia. Spracované boli programom Registax.



13:45 (LSEČ), exp. 1/8 s, ISO 200, 38 snímok.



13:47 (LSEČ), exp. 1/8 s, ISO 200, 85 snímok.



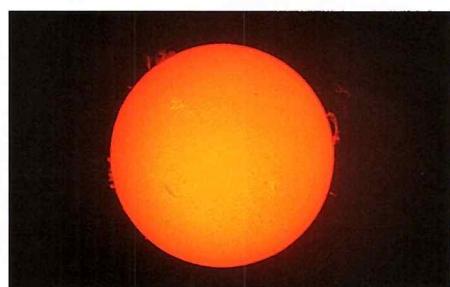
15:25 (LSEČ), exp. 1/4 s, ISO 200, 31 snímok.



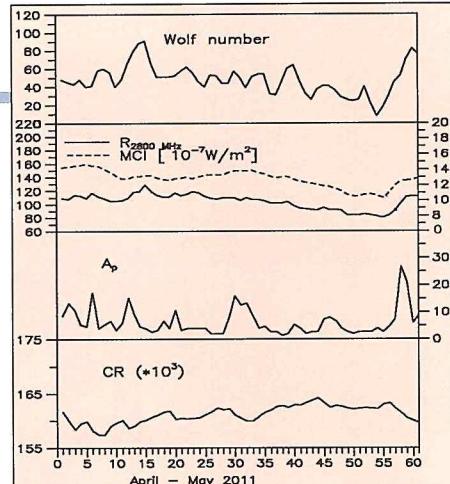
15:27 (LSEČ), exp. 0,3 s, ISO 200, 41 snímok.



15:37 (LSEČ), exp. 1/5 s, ISO 200, 32 snímok.



15:46 (LSEČ), exp. 1/5 s, ISO 200, 38 snímok.



## Slnečná aktivita

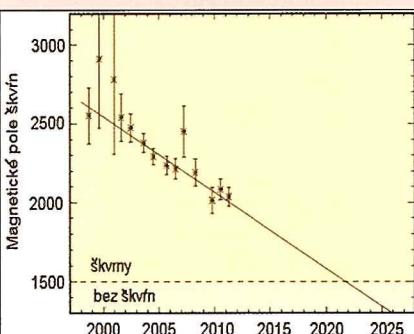
apríl – máj 2011

Aktivita Slnka stúpa. Wolfovo číslo aj rádiový index presiahlo číslo 100, vyskytujú sa aj erupcie a čas od času nás na internete prekvapí obrázok obrovských protuberancií.

Avšak neobvyklý priebeh konca minulého 23. cyklu nedáva nadáľ spávat slnečným fyzikom. Dodatočne študujú priebeh rôznych prejavov slnečnej aktivity a snažia sa predvítať, čo bude ďalej.

V dennej tlači, ba aj v rozhlaske, sa už vyskytli scenáre budúceho priebehu slnečnej aktivity. Niektorí spájajú slnečnú aktivitu so zmenami klímy a predpovedajú nástup malej doby ľadovej, podobnej, ako bola na konci 17. storočia počas Maunderovho minima. Vychádzajú z analýzy viacerých pozorovaní.

Medziiným ide o pokles intenzity magnetického poľa vo škvrnách. R. Penn a W. Livingston z observatória Kitt Peak zistili, že počas 23. a začínajúceho 24. cyklu klesá intenzita magnetického poľa v škvrnách približne o 50 G (Gauss) ročne (pozri obr.).



Pokles intenzity magnetického poľa v škvrnách, podľa pozorovania na Kitt Peaku za 13 rokov.

Podľa nich tento cyklus je posledný so škvrnami, v 25. cykli sa už škvrny na Slnku nebudú dať pozorovať, lebo pri intenzite pod 1500 G dokáže konvercia škvrny rozptýliť.

Pokiaľ ide o súvislosť so zmenami klímy, tu je predpoved nástupu ľadovej doby v súhlase s historiou, ale v rozpore s tvrdením o existencii globálneho otepľenia v súčasnosti. Ochladenie v 17. aj v 19. storočí prebiehalo vždy pri nízkej slnečnej aktivite.

Podobných náznakov je viac: klesá celkové magnetické pole Slnka, prejavuje sa nižšia aktivita v okolí slnečných pôlov a nedá sa lokalizovať pravidelná vyskytujúci tryskový prúd (jet stream).

Slnečná aktivita v okolí pôlov súvisí s tzv. *polárnymi vetvami protuberancií, emisnej koróny a magnetického poľa*. Tieto úkazy sa v okolí maxima cyklu presúvajú k slnečnému pólu. Podľa niekorych autorov (napr. dr. Altrock zo Sacramento Peak) sa v tomto cykle polárne vetvy koróny nepozorujú, podľa iných (Ing. Minarovjech) tieto vetvy existujú, avšak iba na severnej pologuli Slnka.

MILAN RYBANSKÝ

# Špagety a huby

Gigantické otrasy v zemskom jadre spôsobujú premiestňovanie magnetických pôlov. To svedčí o turbulentných procesoch v srdci našej Zeme.

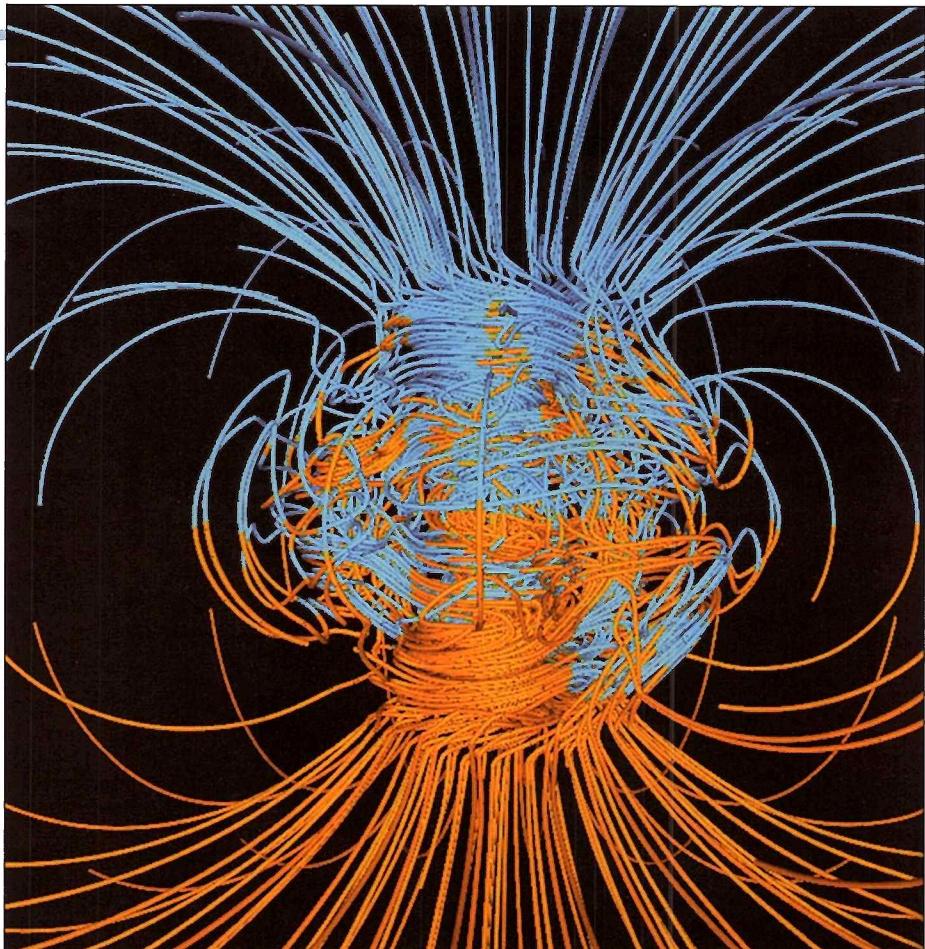
Francúzsky geológ Arnaud Chulliat často cestuje do Arktídy. Je riaditeľom parížskeho Inštitútu pre fyziku Zeme. V oblasti severne od kanadského ostrova Ellesmere hľadá imaginárny bod: severný pól magnetického pola Zeme. Nespolieha sa ani na satelitnú navigáciu, ani na kompas. Pri hľadaní severného magnetického pôlu sa musí spoľahnúť iba na základnú, hoci abstraktnú definíciu geomagnetiky. Podľa tej sú pôly magnetického pola Zeme tam, kde sú magnetické siločiar kolmé.

Chulliat si do Arktídy berie magnetometer, pomocou ktorého môže sklon magnetických siločiar zmerať. Ak ukáže  $90^\circ$ , má istotu, že je na pôle. Ibaže tieto merania nie sú jednoduché. Slnkom generované poruchy magnetického pola Zeme sa najvýraznejšie prejavujú vo vysokých zemepisných šírkach. Tieto poruchy dokážu bod, v ktorom sú siločiar ukočené, posunúť v krátkom čase aj o 80 kilometrov. Chulliat teda robí svoje merania iba v období „pokojného Slnka“, pričom samo meranie môže, najmä pre mizerné počasie, trvať celé týždne.

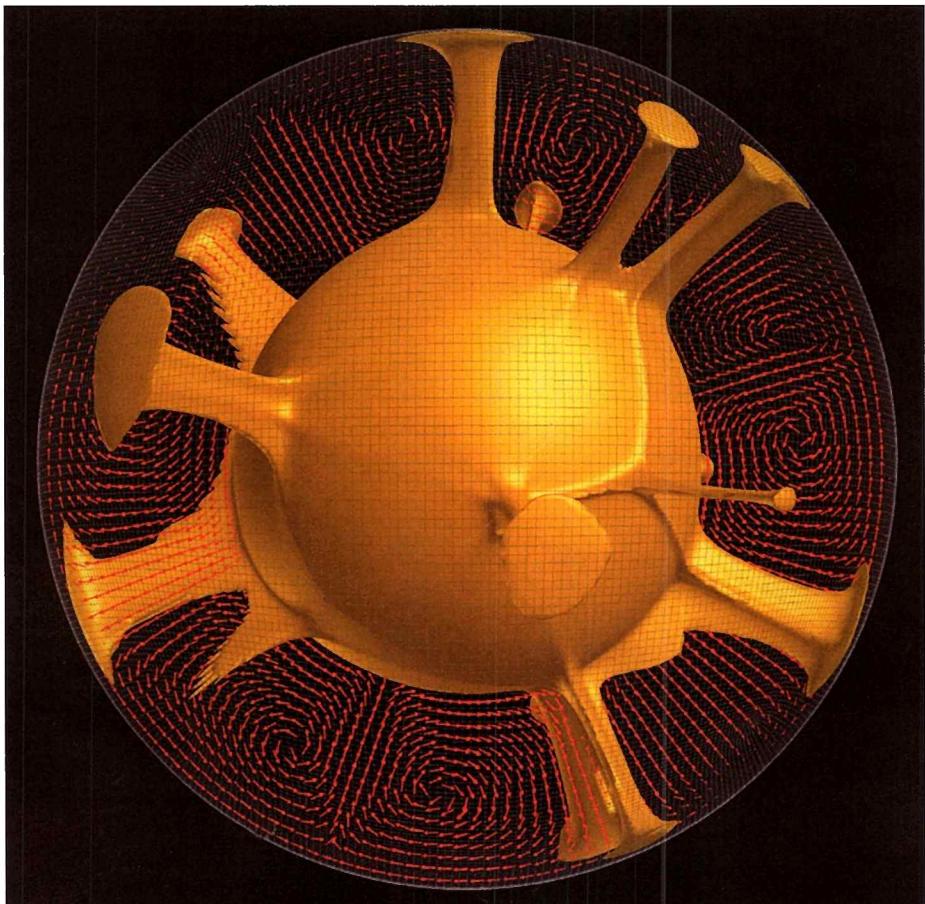
## Nepokojujú pól v Arktíde

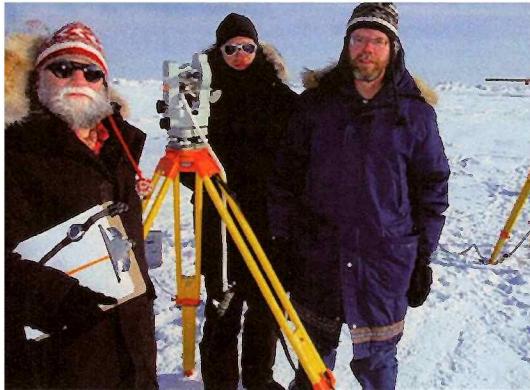
Na jar, keď je ešte Arktický oceán zamrznutý, vedci celé týždne križujú ľadové polia a niekolkokrát za deň merajú sklon magnetických siločiar. Pritom nemajú istotu, že sa im polohu magnetického pôlu podarí spoľahlivo určiť. Vieme, že južný magnetický pól nie je totožný s geografickým južným pôlom. Momentálne ich delí 2 500 kilometrov. Severný geografický pól je však od severného magnetického pôlu vzdialenosť iba 500 kilometrov! Virtuálna os elektromagnetického pola nie je totiž symetrická s osou rotácie Zeme, neprechádza teda jej stredom. Popri tom poloha magnetických pôlov sa neustále mení. Poloha severného magnetického pôlu sa počas posledných 400 rokov posunula o niekoľko tisíc kilometrov. V roku 1831 nachádzal sa severný magnetický pól na kanadskom poloostrove Boothia. Práve tam dosiahol na  $70^\circ$  severnej šírky najjužnejší bod svojej vandrovky. Odvtedy sa neustále posúva smerom na sever.

Chulliat a jeho tím zistili, že severný magnetický pól sa v 20. storočí premiestňuje priemernej rýchlosťou 10 kilometrov za rok. Po roku 1983 sa však posun smerom na sever začal zrýchlovať, takže v roku 1994 namerali priemernú rýchlosť 15 kilometrov za rok. Odvtedy sa magnetický pól pohybuje smerom ku geografickému pôlu rýchlosťou až 50 kilometrov za rok! Vo chvíli, keď čitate tento článok sa bude nachádzať na  $87^\circ$  severnej šírky a  $114^\circ$  západnej dĺžky. Južný magnetický pól sa pohybuje oveľa



Procesy prebiehajúce vo vnútri Zeme modelujú vedci na počítačoch: hore klbko magnetických siločiar pripomínajúcich spletenec uvarených špagiet, dole konvekčné prúdy v zemskom plášti usporiadané do vírov, ktoré na niektorých miestach vynášajú taveninu nahor, k zemskej kôre, vytvárajúc čudesné, huby pripomínajúce útvary.





Arnaud Chulliat (uprostred) spolu s kolegami mapuje pohyby vandrujúceho severného magnetického poľa na zamrznutom Arktickom oceáne.

pomalšie, pričom rýchlosť jeho pohybu sa počas posledných 15 rokov prakticky nezmenila.

### Prienik pod zemskú kôru

Mapovať pohyb magnetického pólu však nie je ťažiskom výskumu francúzskych vedcov. Oveľa viac ich zaujímajú informácie, ktoré im pohyby magnetického poľa prezradia o neznámych procesoch prebiehajúcich vo vnútri Zeme. Vonkajšie jadro Zeme, hrubé približne 3 300 kilometrov (pozri obrázok), je kolískou magnetického poľa našej planéty. Vo vonkajšom jadre vrie zlatina kovov zahrievaná teplom vnútorného jadra až na 4000 °C. Tvorí ju najmä železo a nikel, pričom zvyšných 10% tvoria najskôr kremík, síra a kyslík. Prúdenie vo vonkajšom jadre pripomína konvekciu vody v hrnci, stojacom na horúcej plati. Geometria vo vnútri Zeme je však oveľa komplikovanejšia: „platňa“ vnútorného jadra je povrchom gule. Vonkajšie jadro pripomína guľatú škrupinu. O pohybe zlatiny v tomto hrnci majú vedci iba približne predstavy, pretože údaje zatiaľ presnejšie výpočty neumožňujú. Nanajvýš vytváranie počítačových modelov.

Ako súvisia tieto prúdy s magnetickým polom? Pokusy v podmienkach vysokého tlaku a vysokých teplôt naznačujú, že atómy niklu a železa sú čiastočne ionizované. Keď sa tieto ióny pohybujú v konvekčných prúdoch, menia sa na elektrický prúd. A rovnako ako elektrický prúd v kábli, aj tieto hlboké pohyby v jadre generujú magnetické pole. Geofyzici nazývajú elektrický prúd vo vonkajšom jadre geodynamom. Toto geodynamo produkuje rádovo silnejšie magnetické pole ako všetky elektrickými vedeniami vygenerované magnetické polia dohromady. Je také silné, že sa prejavuje aj na povrchu Zeme, vo vzdialosti 3 000 kilometrov od miesta vzniku. Okrem iného tým, že ovplyvňuje strely na kompasoch a biologické strely v mozgu stahovavých vtákov.

Magnetické pole Zeme sa ako prvý pokúsil opísť britský lekár a fyzik William Gilbert. Vo svojej knihe *Magnety*, ktorá vyšla v roku 1600, prirovnával magnetické pole Zeme k normálnemu tyčovému magnetu. Celých tristo rokov sa vedci pridŕžali tohto modelu a magnetické pole Zeme opisovali ako magnetický dipól. Južný pól tohto dipólu smeruje ku severnému geografickému pólu. Preto smerom k severnému pólu mieria aj strely na kompasoch. Vo fyzikálnom zmysle slova je teda magnetický pól v Arktíde geomagnetickým južným pólem, zatiaľ čo severný magnetický pól leží na okraji Antarktídy.

V posledných desaťročiach sa však naše pred-

### ŠPAGETY A HUBY

stavy o magnetickom poli Zeme zásadne zmenili. Presnejšie merania aj zo satelitov ukázali, že okrem dominantného dipólového poľa existujú aj štruktúry oveľa komplikovanejších poľa. Ich pôvodcami sú záhadne sa pohybujúce prúdy vo vonkajšom jadre. Američania z Kalifornskej univerzity sa pokúsili tieto konvekčné prúdy namodelovať na superpočítači. Magnetické pole na týchto modeloch vyzerá ako gigantický spletenec rôznofarebných špagiet. Vnútro vonkajšieho jadra pripomína klbko zvijajúcich sa nití, z ktorého však vybieha nie jedna, ale množstvo nití, usporiadaných do dôverne známych siločiar magnetického poľa.

### Záhadná superkrútnava

Chuliatova skupina vyrukovala s vlastným modelom. Virtuálne siločiary z modelu musia mať svoj náprotivok v realite. Preto je nevyhnutné určovať aktuálne polohy magnetických pólov čo najpresnejšie. Inakšie by sa nedali porovnať body, kde reálne siločiary vybiehajú nad povrch, a porovaňa ich s bodmi, ktoré vyplynuli z modelu. Rýchlejší pohyb magnetického poľa v posledných rokoch je povrchovým prejavom procesov prebiehajúcich vo vonkajšom jadre Zeme. Tieto búrlivé procesy sa sice dajú modelovať, ale

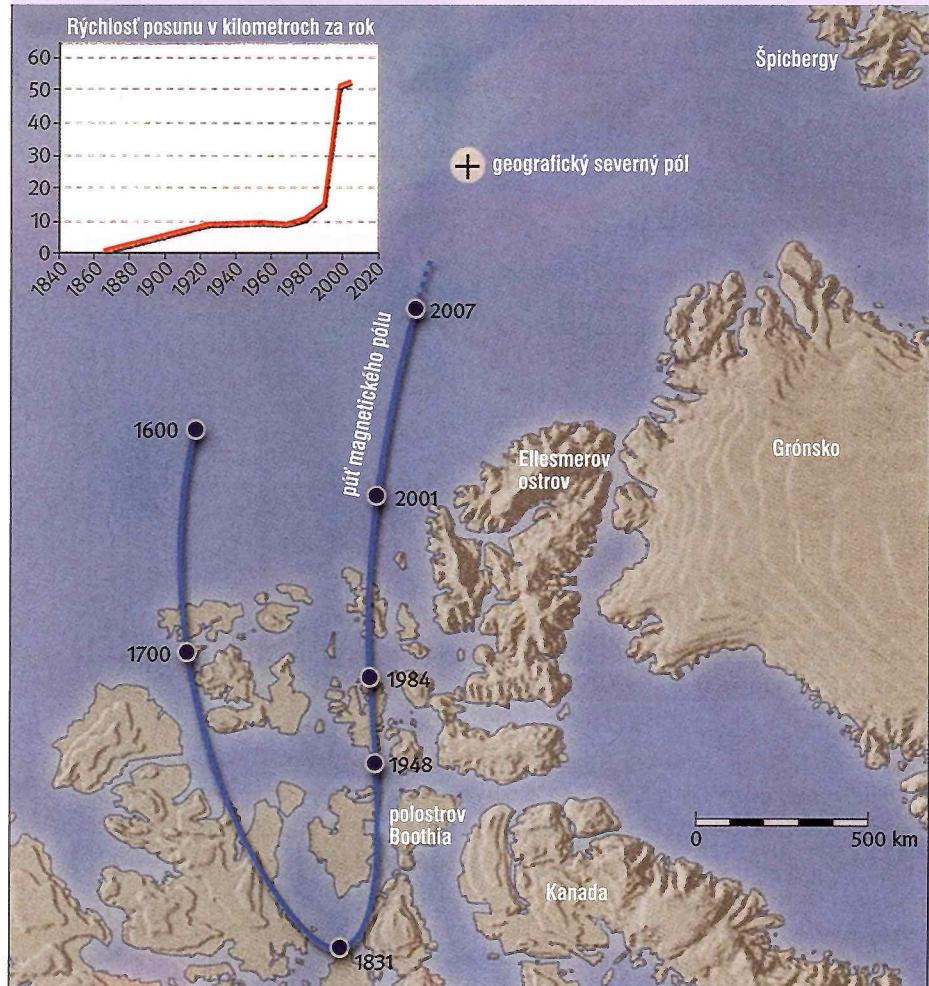
ich pôvod je stále záhadou. Nikto zatiaľ nedokáže vysvetliť ani príčinu zrýchleného pohybu magnetického poľa, ani príčiny početných zmien jeho pohybu v minulosti. Podobné zmeny sa totiž odohrali aj pred 780 000 rokmi. Predtým ležal severný magnetický pól celé tisíce rokov v Arktíde.

Existujú však aj iné modely.

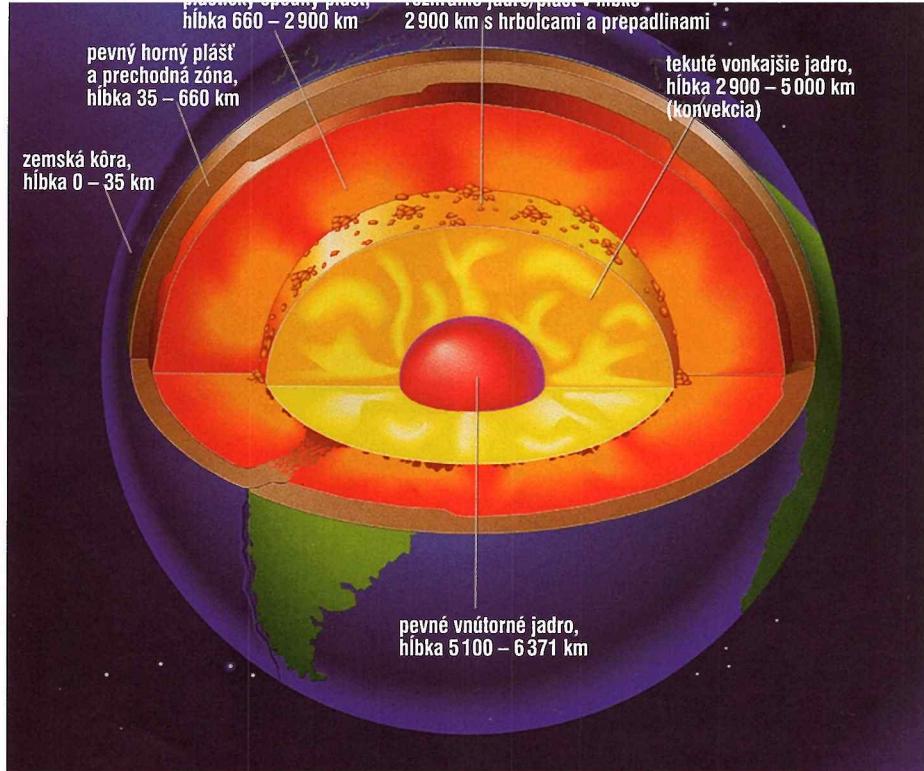
Ulrich Hansen, geofyzik z Münsterskej univerzity uverejnil model, kde vnútorné jadro pripomína skôr les gigantických hub s tenkými, poprehýbanými klobúkmi. Model urobili na základe údajov z meraní pohybov v zemskom plášti. Vonkajšie jadro je kolískou magnetického poľa Zeme, plášť je však motorom, ktorý riadi tektoniku platnú.

Ktorý z modelov je priateľnejší? Rozdiely spôsobuje skutočnosť, že vo vonkajšom jadre a plášti panujú naprsto odlišné fyzikálne i chemické podmienky. Priemerné teploty v plášti dosahujú súčasť až 2000 °C, ale sú oveľa nižšie ako teploty v jadre. Takmer 80 % zemského jadra tvorí železo, ale v plášti sa ťažké prvky nachádzajú iba v stopových množstvách. V plášti dominujú kyslík, kremík a horčík, z ktorých sa vytvárajú minerály olivín a pyroxén. Navyše jadro a plášť majú výrazne rozdielnú viskozitu. Tavenina mi-

### Čelom vzad na Sibír



Takto putoval magnetický pól Zeme počas posledných 410 rokov. Najprv sa niekolko storočí pomaľy posúval na juh. (Najjužnejší bod dosiahol na kanadskom polostrove Boothia.) Odvtedy sa pohybuje na sever, cez geografický pól k pobrežiu Sibíri. Po roku 1990 sa pohyb magnetického pólu výrazne zrýchli.



**POHLAD DO VNÚTRA ZEME.** Jadro, zložené prevažne zo železa a niklu, skladá sa z dvoch časťí: vonkajšieho, tekutého jadra, ktoré obaluje vnútorné, pevné jadro. Prúdy, podobné tým vo vriacich vode, generujú v jadre magnetické pole Zeme. V hĺbke 2900 km je ostrá hranica medzi jadrom a pláštom. Riedky materiál stúpa smerom k povrchu. Práve tento geostroj je motorom platňovej tektoniky. Premiestňuje kryhy zemskej kôry plávajúce v magme plášta.

nerálov, ktoré vznikli v plášti väzbami kremíka a horčíka je o  $10^{24}$ -krát redší ako zlatiny železa vo vonkajšom jadre.

Okrem toho objem zemskejho plášta je 5,5-krát väčší ako objem vonkajšieho plášta. Preto je premena tepelnej energie na kinetickú energiu konvekčných pohybov v plášti menšia ako v jadre. V dôsledku toho sa tavenina v plášti pohybuje stotisíckrát pomalšie ako kovová zlatina v jadre. Zatiaľ čo sa prúdy elektricky silne vodivého železa vo vonkajšom jadre pohybujú rýchlosťou niekoľko kilometrov za rok, elektricky slabovo-dívé horniny v plášti sa posunú za rok iba o niekoľko centimetrov.

### Slimáci a závodné autá

Rozdiely vo vnútri Zeme sa prejavujú aj na jej povrchu. Magnetické póly na povrchu sa pohybujú 100 000-krát rýchlejšie ako platne zemskej kôry, plávajúce na tavenine plášta. Pacifická

a severoamerická platňa sa v Kalifornii protismernie posúvajú rýchlosťou 10 centimetrov za rok. Aktuálna rýchlosť pohybu magnetických pólsov dosahuje až 50 kilometrov za rok.

Beno Gutenberg, ktorý v roku 1912 začal vyhodnocovať údaje seismogramov na Geofyzikálnom inštitúte Göttingenskej univerzity, tieto vedomosti nemal. To, čo dnes vedci sledujú na obrazovkách, bola v tom čase prplavá práca. Pred sto rokmi zakreslovali seismografové svoje krivky na pruh papiera, potiahnutého tenkou vrstvou sadze. Aby sa tenučké, ihlami do sadze vyryté čiary nerozmazali, vedci ich museli natierať nepríjemne páchnucim lakom. Pomocou lupy a pravítka merali potom seismografom zaznamenané otasy. Gutenbergov učiteľ, prvý geofyzik sveta, rozmiestnil vtedy svoje masívne, vyše tony vážiacie seismografy v rozličných končinách sveta. Aj v Apiji, hlavnom meste vtedajšej nemeckej kolónie Samoa v západnom Pacifiku.

**Útvary pripomínajúce huby zabezpečujú v zemskom plášti prenos tepla a hmoty.**



### Senzácia z Göttingenu

Ked porovnali záznamy z Göttingenu so záznamami zo Samoy, objavili neznáme výkvy. Guttenberg ich interpretoval ako prejavy seismických vln vznikajúcich na rozhraní v hĺbke 2900 kilometrov pod povrchom Zeme. Svoju teóriu (*O zložení zemského vnútra*) uviedol v roku 1913. Stal sa slávnym. Dokázal existenciu dávno predpovedaného, ale experimentálne nepotvrdeného zemskejho jadra.

Dodnes je rozhranie medzi jadrom a pláštom Zeme jedným z najvýznamnejších objektov geovedy. Toto rozhranie zabráňuje tomu, aby sa čo do zloženia také rozdielne taveniny – železo v jadre a kremičitan v plášti premiešaval. Zatiaľ nevieme, aká je táto vrstva hrubá, ale už tušíme, ako by mohla vyzerať. Vedci vyhodnocujú seismické vlny, pomocou ktorých, podobne ako radar, ohmatávajú povrch rozhrania medzi jadrom a pláštom. Ukázalo sa, že táto vrstva nie je hladká. Vyčnievajú z nej hríbom podobné útvary. Tvorí ich materiál zemskej kôry a plášta. Procesy subdukcie, podsúvania kolidujúcich kríž zemskej kôry, presúvajú veľkú časť tejto recyklujúcej sa hmoty z povrchu až po hranicu vonkajšieho jadra. Na rozhraní tento materiál vytvára relief, ktorý na prvý pohľad pripomína masívne svietidlá visiace z plafóna, ale čo do rozmerov dosahuje mierku horoh a údolí na povrchu našej planéty.



**Fotlia seismológie:** seismograf, pomocou ktorého pred 100 rokmi dokázali existenciu zemskejho jadra, stojí v göttingenskom Dome zemetrasenia.

Podobnosti medzi rozhraním jadro/plášť a povrhom Zeme sú očividné. Povrch Zeme je rozhraním, oddeľujúcim pevniny a oceány od atmosféry. Voda a vzduch majú oproti tekutej magme v plášti rádovo menšiu viskozitu. Pripomína to rozdiel medzi tekutým železom v jadre a plazivou taveninou v spodnom plášti. Rovnako rýchlosť vetra a oceánske prúdy sa pohybujú neporovnatne rýchlejšie ako kryhy zemskej kôry, poháňané prúdiacim lávou v plášti. Rozdielne sú aj pohyby prúdiacich materiálov v plášti a v jadre. A tak podobne ako vulkány, ktoré počas explózií chrlia popol, prach a plyny až do stratosféry, objavujú sa podobné úkazy aj na rozhraní plášť/jadro. Geofyzici predpokladajú, že rovnako ako z komôr superhorúcej magmy prerážajú vulkanickými komínmi na Havaji či v Yellowstonskom parku na povrch prúdy lávy, dochádza aj na rozhraní plášť/jadro k obojstranným prielomom (pozri obrázok).

Vedci dnes vedia, že vandrujúci magnetický pól a vulkanizmus majú spoločný pôvod: gigantickú tepláreň v srdci Zeme.



## Deň detí s astronómiou 2011



Obdobie detstva, to je bezstarostnosť a nezabudnuteľné chvíle, ktoré prežívame so svojimi rodičmi a starými rodičmi. Medzinárodný deň detí môže tiež patriť k takýmto výnimočným chvíľam, a naše ratolesť sa naň tešia, ak ho môžu stráviť inak ako ostatné bežné dni v roku. To bola vhodná príležitosť aj pre Hvezdáreň a planetárium v Prešove. K MDD už tradične pripravujeme program pre deti. Tak to bolo aj tento rok 4. júna v sobotné popoludnie, počas ktorého boli našimi návštěvníkmi rodičia s deťmi. Pri príprave tohto dňa sme sa riadili „nepísaným“ pravidlom, že výnimočné chvíle trávime výnimočne, čomu sa prispôsobila celá naša príprava. Celý týždeň pred sobotným podujatím sme zháňali, nakupovali a pripravovali rôzne pomôcky, potrebné k jednotlivým aktivitám. Každý odborný pracovník, ktorý sa podielal na príprave a realizácii tohto podujatia, mal v ňom nezástupiteľnú úlohu.

V prednáškovej miestnosti si prišli na svoje sútaživé deti. Tu pre nich pripravil kolega Roman Šankvalier astronomicke pexeso. Nie však obyčajné, ako ho mnohí poznáte, ale upravené počítacovým programom a premietané na premietacie plochu. Deti si dokonca mohli vybrať pexeso na tému súhvezdia, slnečná sústava, znaky kozmických letovej vesmír alebo kozmonautika.

Na chodbe okolo planetária mal stanovište kolega Mgr. Roman Tomčík, ktorý pre deti pripravil mytologickú mapu severnej hviezdnej oblohy. Úlohou pre deti bolo vymaľovať ľubovoľné súhvezdie a umiestniť ho na správne miesto na vopred predkreslenej mape. Druhým stanovištom boli slnečné hodiny, ktorých výrobu a správne využitie v praxi si mohli deti vyskúšať pod vedením Mgr. Petra Ivana.

„Konštruktérské typy“ sa „našli“ pri výrobe rakietiek. Hlavnu konštruktérku v tomto prípade bola Renáta Kolivošková. Tu však treba pochváliť aktívnych rodičov, pretože bez ich spolupráce by bola pre niektoré menšie deti tátó práca náročná.

Trpezlivosť priniesla v našom prípade veľa radosti nielen malým konštruktérom, ale aj tým, ktorí s nami zostali do konca podujatia a zúčastnili sa „slávnostného záveru“ a to bolo vypúšťanie rakietiek sice nie do vesmíru ale aspoň niekoľko metrov nad zemou.

Aj programy v planetáriu mali svojich priaznivcov, takže ani Mgr. Viliam Kolivoška, ktorý už tradične zabezpečuje túto činnosť pod našou umelou hviezdou oblohou, sa nestihol nudíť. Nakoniec to ani nie je možné, pretože rozprávkové programy v planetáriu majú svoju nezabudnuteľnú atmosféru aj v prípade, že ich nevidíte po prvý raz.

Ako sa hovorí, to najlepšie na koniec, a preto som si schválne nechala na záver našu „programovú novinku“. Niekoľko vám k zaujímavým výsledkom pomôže aj náhoda, a tak to bolo aj v prípade môjho zoznámenia sa s dvojicou sympatických mladých fyzikov Lenky a Michala, ktorí svoju kúzelnou fyziku a čarovnými bublinami dokázali pritiahať záujem naozaj všetkých detí. Tie doslova hltali očami všetky zaujímavé pokusy, ktoré Mgr. Michal Figura pred nimi predvádzal, v mnohých prípadoch na vlastnoručne zhotovených fyzikálnych pomôckach. Mgr. Lenka Ducárová svojimi bublinami nádherným spôsobom vysvetlila povrchové napätie na povrchu blán mydlových bublín a tak vtiahla do diaenia a doslova aj do bublín svoje „malé obete“. Ved' nie každý deň sa nám podarí byť uzavretý v mydlovej bubline. To, samozrejme, inšpirovalo rodičov k výrobe pamätnej fotografie do rodinného albumu.

Podujatie sa uskutočnilo v rámci projektu „Spoznaj vesmír v planetáriu“, finančne podporovaného Agentúrou na podporu vedy a výskumu.

**Renáta Kolivošková**  
samostatná odborná pracovníčka  
Hvezdárne a planetária v Prešove

Foto: Patrik Vaňo



## Návšteva v AsÚ SAV v Tatrách

Pred koncom štúdia a pred záverečnou matuřitou skúškou sme ako poslucháči pomaturitného štúdia astronómie absolvovali odbornú exkurziu na pracoviskách Astronomického ústavu Slovenskej akadémie vied v Tatranskej Lomnici. Pomaturitné štúdium astronómie (PŠA) je dvojročné kvalifikačné štúdium na Strednej priemyselnej škole stavebnej v Hurbanove, realizované v úzkej spolupráci so Slovenskou ústrednou hvezdárnou v Hurbanove a Miestnou organizáciou Slovenského zväzu astronómov amatérov v Hurbanove.

Prvá zastávka bola v Observatóriu na Lomnickom štíte, ktoré je zamerané na systematické pozorovanie emisných spektrálnych čiar slnečnej koróny. Koronálne pozorovania sú vlastným zdrojom údajov pre výskum v Oddelení fyziky Slnečka. Okrem iného nás zaujala informácia o práve prebiehajúcej inštalácii moderného, plne automatizovaného spektrografo na jednom z kongrafov z prostriedkov fondov EÚ. „Prekvapením“ bol neutrónový monitor na registráciu slnečných neutrónov, ktorý prevádzkuje Oddelelne kozmickej fyziky Ústavu experimentálnej fyziky SAV v Košiciach.

Druhé pracovisko, ktoré sme navštívili, bolo Astronomické observatórium na Skalnatom Plese. Oddelenie medziplanetárnej hmoty je špecializované na pozorovanie malých telies Slnečnej sústavy. Prístrojové vybavenie umožňuje CCD fotometriu a astrometriu asteroidov a komét. Súčasťou vybavenia pracoviska je celobloková kamera na pozorovanie bolidov patraca do Európskej bolidovej siete.

Výskum Stelárneho oddelenia je zameraný na astrofyziku dvojhviezd a viacnásobných hviezdnych sústav a pekuliárnych hviezd.

V blízkej budúcnosti sa tiež plánuje inštalácia nových optických prístrojov zo zdrojov EÚ.

Na poslednej zastávke, vlastnom pracovisku Astronomického ústavu SAV v Staré Lesnej, nás oboznámili s výskumným programom ústavu. Navštívili sme pozorovacie pavilóny s dalekohľadmi. Prínosom pre nás bola aj prednáška dr. Hrica o použití a význame CCD technológií v astronomických pozorovaniach.

Zaujali nás tiež meteorologicke stanice patriace Geofyzikálnemu ústavu SAV v Bratislave.

Cieľom exkurzie bolo rozšíriť teoretické poznatky, ktoré sme získali počas štúdia, prehliobiť znalosti z praktickej astronómie a získať širší pohľad na astronomický výskum na Slovensku. Naša vďaka patrí všetkým pracovníkom v Tatranskej Lomnici, ktorí sa pričinili o jej úspešný priebeh.

Slavomír Beňo, poslucháč PŠA

# Ako astronómovia poznávajú vesmír

V juhozápadom cípe Strážovských vrchov vo výške 533 metrov nad morom, na Jankovom Vŕšku v blízkosti obce Uhrovec, sa v dňoch 20. až 22. mája 2011 uskutočnil Kurz praktického pozorovania, aktivita v rámci projektu Obloha na dlani.

Kurz praktického pozorovania je prvou aktivitou Hvezdárne v Partizánskom v roku 2011. Kurz sa realizoval v spolupráci s hvezdárňou vo Valašskom Meziříčí v rámci Operačného programu cezhraničnej spolupráce medzi Slovenskou republikou a Českou republikou v rokoch 2007 – 2013. Projekt je financovaný Európskou úniou, Európskym fondom regionálneho rozvoja a spolufinancovaný Trenčianskym samosprávnym krajom.

Tematický bol kurz praktického pozorovania zameraný na spôsoby a metódy AKO ASTRONÓMOVIA POZNÁVAJÚ VESMÍR.

Ako teda astronómovia poznávajú vesmír? Pozorovanie reality môžeme rozdeliť na dve obdobia, a to pred vynájdením dalekohľadu a po zavedení dalekohľadu do astronomickej praxe. Použitie astronomickejho dalekohľadu si vyžiadalo vytvoriť nové vedné odbory fyziky, matematiky a štatistiky. V súčasnom období nové informačné technológie umožnili astronómom spoznávať vesmír v čase a priestore od jeho vzniku až po dnešok.

Prvá prednáška ktorú si účastníci podujatia mohli vypočuť bola v podaní RNDr. Petra Vereša, PhD., na tému ktorá je v poslednom období v centre pozornosti astronomickej sveta, je vlastne akýmsi „svätým grádom“ hľadanie extrasolárnych planét, hľadanie planét zemského typu pri iných hviezdoch. Poslucháči sa dozvedeli o metódach hľadania cudzích zemí prostredníctvom tranzitov, prechodus cudzích planét poprej svoju hviezdu, astrometrickom meraní ako i špecializovaných astronomických vesmírnych dalekohľadov na orbite Zeme využívaných sofistikovanými technológiami na hľadanie planét pri cudzích slnkách.

V ďalšej prednáške v podaní Mgr. Mareka Chrustinu, sa poslucháči plavili po mori hviezd. Spoznávali tak nielen dejiny hviezdnej astronómie, ale i ľudí ktorí prostredníctvom systematickej práce umožnili porozumieť životu hviezd a vzťahom vo viacnásobných hviezdnych systémoch.

Prednáška RNDr. Juraja Tótha, PhD., vrátila poslucháčov do priestoru Slnečnej sústavy. Ozrejmila pôvod asteroidov a meteorítov v Slnečnej sústave, ich genézu a vplyv na život na našej planete.

Novodobý výskum asteroidov prostredníctvom kozmických sond priniesol nové poznatky nielen o chemickom zložení týchto telies ale i kus história vývoja Slnečnej sústavy. V závere prezentácie mali účastníci možnosť z prvej ruky vypočuť si príbeh hľadania meteoritu Košice, posledne naznaného dopadu meteoritu na územie našej repub-

liky vo februári roku 2010. 77 fragmentov, ktoré sa podarilo nájsť, malo súhrnnú hmotnosť 4,3 kg, z ktorých najväčší vážil 2,2 kg.

Mgr. Jozef Világi, PhD., prostredníctvom svojej prezentácie oboznámil poslucháčov o spôsobe získavania informácií zo sveta veľkých vzdialenosí, hmotnosti a energíi, ako i experimentov, ktoré prostredníctvom kozmických technológií robíme v bezprostrednom okolí Zeme, ale i na niektorých planétach Slnečnej sústavy. V druhej časti svojej prednášky sa vrátil na svoje pracovisko, na astronomicke a geofyzikálne observatórium v Modre, ktoré je pracoviskom Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave.

Prezentoval nový systém počítačom riadeného

pozorovanie hviezdnej oblohy. K dispozícii boli nie len ďalekohľady z hvezdárni, ale aj ďalekohľady samotných účastníkov podujatia. Okrem pozorovania planéty Saturn, sa účastníci mohli pokochať pohľadom cez tridsačcentimetrový zrkadlový ďalekohľad na hniezdo galaxií v súhvezdí Lev a Vlasy Bereniky, guľové hviezdokopy a planetárne hmloviny. Fantastickým zážitkom pre mnohých účastníkov bolo pozorovanie svetelného záblesku družice Irídium č. 54.

Tí najvytrvalejší si mohli prostredníctvom profesionálneho ďalekohľadu zhotoviť CCD kamerou i snímku jednej z najzaujímavejších guľových hviezdokop letnej oblohy M13.

Nedelňe dopoludnie bolo venované svetelnému znečisteniu a rádioastronómii. Svetelné znečistenie, postrach súčasnej doby nielen pre astronómov, ale celé životné prostredie, bolo obsahom prednášky



Záblesk družice Irídium č. 54.

dalekohľadu, prostredníctvom ktorého astronómovia v Modre-Piesoch poznávajú vesmír a jeho zložky.

Z Astronomickejho ústavu Slovenskej akadémie vied v Tatranskej Lomnici sa svojimi poznatkami a skúsenosťami prišiel podeliť naslovo vzatý odborník RNDr. Theodor Pribulla, CSc. Vo svojej prednáške priblížil metódy, akými získavame informácie z hviezd, nielen o ich chemickom zložení, rotácii, rýchlosťi a prípadne i planetárnom systéme. Prednáška bola nielen náročná na nové informácie o vedeckej metóde poznávania základných informácií o hviezdach, ale priblížila použitie nových informačných technológií v astronomických vedách.

Hlavného cezhraničného partnera Hvezdáreň vo Valašskom Meziříčí zastupovali dva prednášatelia. Mgr. Radek Kraus vo svojej prednáške priblížil Vesmírny poriadok a fyzikálne veličiny čas a priestor, ich definíciu a meranie. V druhej časti svojej prezentácie priblížil poslucháčom historický spor o Zem a Slnku, z pohľadu starých civilizácií.

Jiří Srba, odborný pracovník Hvezdárne vo Valašskom Meziříčí, vo svojej prednáške prezentoval použitie CCD kamery vo fotometrii komét. Dokumentoval, ako nová technológia CCD dokáže odhaliť skryté fyzikálne javy v rôznych vzdialenosťach od centra našej Slnečnej sústavy.

Sobotnajší maratón prednášok ukončilo praktické

Ing. Pavla Ďuriša zo Sekcie ochrany pred svetelným znečistením Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV. Prezentoval, prečo je dôležité zoberať sa svetelným znečistením, ktoré rozvracia celý nočný ekosystém. Spôsobuje zbytočnú smrť nočných vtákov a hmyzu, plytvanie finančnými prostriedkami za neefektívne svietenie a obmedzuje až znemožňuje poznávanie vesmíru v rámci vzdelenia a tiež jeho výskum, teda činnosť observatórií. Mestský človek a hlavne deti považujú pohľad na hviezdne nebo za vzácnosť. I keď prvá časť prednášky nepôsobila pozitívne, v druhej časti boli prezentované oblasti Zeme v ktorých miestna legislatíva urobila malé kroky k návratu tmy do lokalít, ktoré si to vyžadujú. Mnohých prekvapila informácia, že naši západní susedia, Česká republika, urobila prvé legislatívne kroky na zamedzenie svetelného znečistenia.

I na Slovensku nájdeme oblasť, kde chránime tmu. Koncom minulého roka bol vyhlásený Park tmavej oblohy Poloniny, ako prvá oblasť tmavej oblohy na Slovensku. Súčasťou prezentácie bola premiéra filmu Zachráňme Tmu, ktorého scenárista bol nás prednášateľ. Posledná prednáška trojdňového maratónu plného nových informácií a zážitkov pod živou hviezdou oblohou bola venovaná rádioastronómii.

Svoj spôsob poznávania vesmíru prostredníctvom rádiových frekvencií prezentoval Rudolf Slošiar. V prednáške opísal svoju cestu k astronómii v oblasti rádiového spektra, ako aj prvé výsledky, ktoré sú vo svete ojediné. Prezentácia prostredníctvom obrazu ukončil predvedením svojho mobilného rádioteleskopu, prostredníctvom ktorého sledoval čiastočne zatmenie Slnka 4. 1. 2011.

Kulisu celelmu podujatia robila výstava Vesmírne observatóriá, ktorá svojím obsahom prezentovala nové technológie, prostredníctvom ktorých poznávajú vesmír ďalšie generácie astronómov.

**VLADIMÍR MEŠTER**  
Foto: Valentín Korinek



# Vedec telom i dušou

Tajomstvá vesmíru začal spoznávať v rovnakom čase ako abecedu a astronomia sa stala jeho koničkom na celý život, nie však živobytím. Dlhé roky zasvätil výskumu meteorov, dnes však sleduje prelety umelých družíc. Pozoruje, zaznamenáva a analyzuje rovnako precízne artefakty z doby kamennej, ako i pohyb družíc na obežnej dráhe. Trpezzlivý, vytrvalý a bystrý pozorovateľ, vedec telom i dušou. Marco Langbroek.

Mesto Leiden je sídlom najstaršej univerzity v Holandsku. Pôsobilo tu viaceré významné fyzikov vrátane laureátov Nobelovej ceny a istý čas tu prednášal i Albert Einstein. Leiden je aj tvojím rodiskom i domovom. Hoci si absolventom tunajšej univerzity, neskončil si prírodovedný odbor, ale humanitný. Čo si vyštudoval a čo je tvojím zamestnaním?

Som archeológ so zameraním na staršiu dobu kamennej, čo je vlastne skúmanie našich najstarších predkov. Predstavte si napr. pračloveka s kamennou sekierou. Promoval som a následne získal titul PhD na tunajšej univerzite, neskôr som pracoval ako archeológ v inštitúции zabezpečujúcej archeologický výskum pre dve mestské samosprávy. V súčasnosti som výskumným pracovníkom VU Univerzity v Amsterdamе (Vrije Universiteit). Mimochodom, dnes mierne ošarpaná veľká biela budova, v ktorej žil Ehrnefest, u ktorého býval i Einstein počas tunajšieho pobytu, sa nachádza nedaleko od môjho domu, rovnako ako i Leidenské observatórium. Observatórium je vzdialenosť asi 300 metrov.

Ako archeológ skúmaš tajomstvá ukryté pod zemou, ale už ako dieťa si svoj skúmavý pohľad za-

mieril opäťom smiem, na hviezdu oblohu. Ako si objavil astronómiu?

O astronómiu som sa začal zaujímať okolo roku 1976, mal som 6 rokov. Videl som program o pristávaní vesmírnych sond Viking na Marse a rodičia mi kúpili knížku o planétach. Zaujalo ma to a keď rodičia zistili, že môj záujem je trvalý, koncom roku 1978 ma prihlásili do Združenia mladých astronómov Holandska (Jongerenwerksgroep voor Sterrenkunde, JWG). O rok neskôr ako 9-ročný som si s pomocou členov združenia zhotovil svoj prvý dalekohľad, 6-centimetrový refraktor.

Sledovaniu oblohy si zostal verný. Uvažoval si o kariére profesionálneho astronóma?

Vždy som túžil študovať astronómiu, ale moja znalosť matematiky nikdy nebola najlepšia, takže ku koncu stredoškolských štúdií som od toho upustil. Rovnako ako astronómia ma vždy bavila i história a začal som zvažovať svoje ďalšie vzdelávanie týmto smerom. Archeológia mala v sebe navyše i kus dobrodružstva, a tak som sa rozhodol pre štúdium archeológie. Promoval som v roku 1998 a následne získal doktorát v roku 2003.

Astronómia sa stala jedným z mojich koníčkov. Zvlášne je, že nakoniec som sa sa venoval viac či menej intenzívne obom: astronómii a archeológiu. Pre mojich kolegov archeológov je to vždy nepochopiteľné, keď najdu citáciu s mojím menom aj v astronomických práciach!

Aké objekty si najradšej pozoroval svojím dalekohľadom?

Spočiatku som pozoroval planéty, galaxie a hviezdokopy mojím 6 cm-vým dalekohľadom, neskôr ho nahradil trocha väčší teleskop Newtonovho typu, s priemerom zrkadla 10 cm. Na ten som si našetril z vreckového. V tom čase som bol pomerne aktívny v zdrožení JWG, stal som sa členom redakčného tímu, ktorý vydával časopis „Universum“. Ked som mal 19, oslovili ma na písanie pravidelného stĺpca o pozorovaní malým dalekohľadom do časopisu Zenit, najznámejšieho astronomickej časopisu v Holandsku. Prispieval som tam niekoľko rokov. V tom čase sa môj záujem začal presúvať na menšie telesá Slnčnej sústavy – na kométy a meteority.

Osemdesiate roky veľmi jasné kométy nepriнесli a ani návrh „starej dámy“ – Halleyho komé-



Sudán: jeden z prvých úlomkov asteroidu 2008 TC3.

ty sa výnimočnou udalosťou nestal. Ktoré kométy sa ti podarilo pozorovať?

1P/Halley bola prvá, ktorú som pozoroval a neskôr som videl napr. Bradfieldovu v roku 1987 i niekoľko ďalších, nie príliš jasných kométi s jasnosťami +4. až +7. magnitúdy v druhej polovici dekády. Chýbajúce veľké kométy typu Hyakutake a Hale-Bopp z 90-tych rokov boli dôvodom, prečo som sa o kométy prestal zaujímať a vrátil som sa k meteorom. V skutočnosti som po dva roky za súmraku pátral po nových kométoch vizuálne mojim 10 cm Newtonom, neúspešne.

Stal si sa vásňivý a veľmi aktívny pozorovateľ „padajúcich“ hviezd...

Od deväťdesiatych rokov som sa venoval výlučne meteorom. Ako člen Holanského združenia meteorárov (Dutch Meteor Society, DMS) som sa zúčastnil na veľkých expedíciách na sledovanie meteorického roja Leoníd. Za Leonídami sme precestovali tri kontinenty a naše potulky nás zavedli na rôzne miesta: Španielsko (1995, 1999, 2002), Francúzsko (1996), Portugalsko (2000), USA (2001), a vrcholom bola „naď“ expedícia na severozápad Číny v roku 1998, ktorá bola organizovaná v spolupráci s Čínskou akadémiou vied a americkou NASA. Z tejto cesty mám mimoriadny zážitok: vo vzdialenej púští na Qinghai-tibetskej náhornej plošine sme pozorovali výbuch bolidiu v nadmorskej výške 3500 m, pri teplote hlboko pod bodom mrazu, -23 °C.

**Co vzbudilo tvój záujem o meteory?**

Ako členovia miestneho astronomickej združenia JWG sme v roku 1989 vymopáhali na akcii Otvorených dverí na Leidenskom observatóriu, počas ktorého som sa zoznámil s Petrom Jenniskensem. Peter zohral významnú rolu vo formovaní môjho záujmu. V tom čase bol doktorandom na Leidenskej univerzite a zaoberal sa meteormi. Bol mojím poradcом a učiteľom a nasmeroval ma k vysoko profesionálnemu pozorovaniu. Vďaka tomu som sa stal autorom a spoluautorom viacerých odborných článkov o meteoroch. Peter začal v roku 1992 pracovať pre Ames Research Center v NASA a následne sa stal známym odborníkom na meteory.

Bol to on, kto zorganizoval veľkú pozorovaciu kampaň realizovanú lietadlami počas maxima Leoníd, a tiež bol organizátorom expedície, ktorá našla prvé lomyky asteroidu 2008 TC3 v Sudáne. Jemu vďačím za mnoho, čo som v astronómii dosiahol.

Pozorovanie meteorov prinieslo i zapár vedľajších výsledkov, čiastočne preto, že široký záber môjho záujmu ma posúval ďalej za novými témami. Začal som zbierať meteority (a v súčasnosti vlastním peknú zbierku, kde sú tiež i tektity a impaktné brekcie) a skúmanie bolidiov nakoniec vyúsťilo do záujmu o asteroidy a sledovanie umelých družíc.

**Pozorovanie meteorov je náročné na čas a obmedzené na nočné hodiny. Ako sa ti darilo získať štúdium a neskôr i prácu s nočnými pozorovániami, najmä počas meteorárskych expedícií?**

Ked má človek 20, ľahko zvláda viacieré veci naraz. A keď som bol doktorandom, vždy som si plánoval svoju dovolenkou na obdobie meteorických rojov.

V roku 2004 som vážne ochorel. Veľké meteorické



Leidenské observatórium. Foto: M. Langbroek

expedié boli príliš stresujúce. Neskôr, keď som sa zotavil, čoraz viac energie som musel venovať svojmu civilnému zamestnaniu. Tak som okolo roku 2005 „preladiť“ na menej namáhavú a časovo náročnú (ale zábavnú!) aktivitu – pozorovanie umelých družíc. V súčasnosti takmer všetky moje pozorovania sú zamerané už len na družice: som členom malej medzinárodnej (skôr však formálnej) siete pozorovateľov, ktorí vykonávajú pozičné merania, a z nich určujú dráhy špiónajúcich družíc. Tieto pozorovania vykonávam zo svojho domu v centre Leidenu pomocou DSLR fotoaparátu vybaveného sadou teleobjektívov a astrometrického softvéru, ktorý bol pôvodne vytvorený na spracovanie zachytených meteorov z viačích staníc.

#### V tom čase si sa zapojil aj do spolupráce astronómov profesionálov a amatérov pri pozorovaní blízkozemských asteroidov...

Moja práca s asteroidmi sa začala zhruba v rovnakom čase ako sledovanie družíc. V roku 2004 ma jeden kolega – amatérsky astronóm (Jeff Brower) zoznámil s projektom Spacewatch FMO, kde profesionálom vypomáhal záujemci prezeraním snímok získaných na Stewardovom observatóriu na Kitt Peaku, hľadajúc rýchlo sa pohybujúce objekty – blízkozemské asteroidy! To znamenalo, že počas obdobia 2004 – 2006 sa mnoho mojich dní začínalo v skorých ranných hodinách zapnutím počítača a prezeraním niekoľkých fotografií zhotovených 0,90 m teleskopom Spacewatch krátko predtým. Prezrel som viac než 3000 snímok, kym sa mi podarilo 9. apríla 2005 zbadáť novú blízkozemskú planétku typu Amor, 2005 GG81.

**Bol si nielen jedným z najvytrvalejších lovecov, ale i administrátorom FMO e-mailového fóra. Ako sa môže z niekoho stať administrátor?**

Pôvodné fórum založil Stu Megan, ale po čase sa rozhodol s tým skončiť. Vtedy som navrhoval, že to prevezmem, a vytvoril som nové fórum, nakoľko som cítil, že takto vzniknutá komunikácia medzi členmi skupiny bola správna a prospešná.

**Dalšia oblasť, do ktorej si sa veľmi aktívne zapojil, bola práca s archívom SkyMorph. Ako si sa dozvedel o tejto možnosti?**

Po zapojení do FMO Spacewatch projektu a následne i do sociálnej siete som sa práve tu dozvedel o tejto možnosti, kde o tom informoval Rob Matson. On je ďalšou osobou po Petrovi Jenniskensovi, ktorý

zohral dôležitú úlohu v mojej astronomickej kariére. Rob ma naučil, ako sťahovať archívne zábery, ako pracovať s astrometrickým softvérom Astrometrica a ako používať program FindOrb pri poľohovaní na nové objekty, ktoré sme našli v archíve, ako sa dopracovať k záberom z ďalších nocí, ktoré povedú prípadne až k získaniu definitívneho označenia od Strediska pre malé planétky (Minor Planet Center, MPC).

#### Čo bolo dôvodom, že si začal hľadať asteroidy v archíve?

Dôvodov bolo viac, jednak to bola zábava a jednak to vyplnilo moje večery so zamračenou oblohou, ako i daždivé víkendy. Ked boli družice schované za mrakmi, NEAT archív, dostupný cez internet, sa stal mojím „poľovníckym“ revírom...

Môj postoj k veciam je vedecký. Získavanie nových vedomostí a „objavovanie“ boli vždy chlebom a soľou môjho života: to bol dôvod, prečo som sa stal vedcom. Patrí to k mojej profesií i k môjmu koníčku. Skúmam, pozorujem, zaznamenávam, zistujem, analyzujem. Či sú to kamenné nástroje, geologickej horniny, asteroidy, meterický roj, sateliať, či napr. väžky pri rybníku... to som vlastne ja. Zvedavosť a túžba skúmať nové veci. Stále je čo objavovať na tom svete i na oblohe!

**Existuje ešte ďalšia možnosť objavovania cez internet, podobná FMO Spacewatch projektu – hľadanie SOHO komét. Táto činnosť fa vôbec neoslovila?**

Nie, a akosi to neviem ani zdôvodniť. Možno preto, že tam chýba astrometria a možnosť potvrdzovania cez prepočítavanie dráh (je to vlastne iba hľadanie niečoho na družicových snímkach a nahlásenie).

**Počas svojej polovačky si objavil 58 asteroidov na archívnych záberoch, viaceré sú dnes očíslované, niektoré sú i pomenované. Čo považuješ za najcennejší výsledok z archívnej práce?**

Za cenné považujem objav troch Trójanov Jupitera (2001 SD355; 2002 WV27; 2002 WG29). Napadlo mi, že takto skromne pokračujem v šlapajach manželského páru Van Houtenovcov, holandských astronómov z observatória v Leidene, ktorí v 60. a 70. rokoch objavili väčšinu Trójanov tým istým teleskopom, ktorý bol použitý aj pri programme NEAT.

Môj najcennejší objav – asteroid 2005 GG81 typu Amor – však nevzišiel zo SkyMorphu, ale z projektu FMO Spacewatch, o ktorom som už rozprával. Nikdy nezabudnem na to ráno, keď som zbadal krátku stopu, ktorá sa vynímala na pozadí bodových hviezd a následne mi prišla správa zo Spacewatchu, že objekt bol poslaný na potvrdenie na stránku NEOCP (Near Earth Object Confirmation Page).

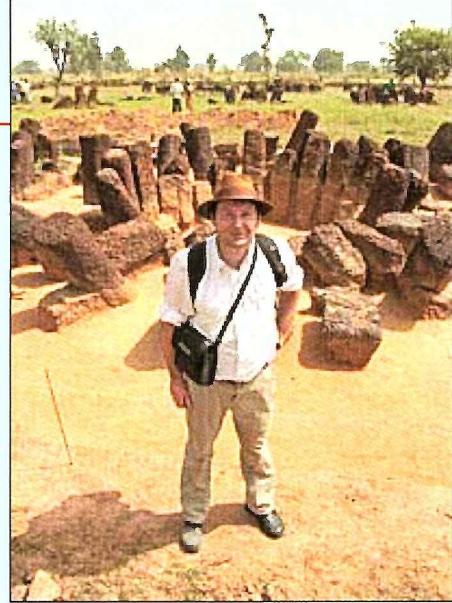
Neskôr, keď si dokonala zvládla postup hľadania nových planétok, spracoval si návod, ktorý bol veľmi užitočný pre ďalších vrátane mňa samého. Po tom, čo Rob Matson pomohol tebe, podal si to ďalej. Bolo pre teba pomenovanie planétky (183 294) na tvorú počesť ako „Langbroek“ za doslužením?

Bol som tým veľmi poctený. A je dobre vedieť, že môj návod bol prospešný. To znamená, že to splnilo svoj účel.

**Hoci si s poľovačkou začal v čase, keď kredit za objav ťiel programu NEAT a nie samotnému objaviteľovi, predsa si pomenoval 7 planétok. S akými pocitmi si vyberal navrhované mená?**

Cítil som, že týmto spôsobom môžem preukázať pocutu niekoľkým osobám, ktorí si to zaslúžia. Mená, ktoré som doteraz navrhoval, sa týkali buď aktívnych astronómov amatérov, ktorí sa venovali skúmaniu meteorov, asteroidov a umelých družíc, alebo niekoľkých mojich profesionálnych „vzorov“ z paleoantropológie (Eugene Dubois a Lewis Binford). Je to veľmi dobrý pocit mať možnosť týmto spôsobom preukázať účtu ľuďom, ktorých si váži za ich činnosť.

Za meteormi si už precestoval takmer celý svet,



existuje ešte miesto na Zemi, z ktorého by si rád pozoroval?

Áno, mal som to šťastie pozorovať na mnohých miestach našej planéty: v odľahlej provincii Qinghai v Číne, v Arizonskej púštii, v Senegale, v pohoriach Španielska (dokonca na Calar Alto v roku 1995), vo Švajčiarsku, na francúzskom vidieku, v Portugalsku, Nemecku, Dánsku a samozrejme v Holandsku. Raz by som rád pozoroval meteorický dážď a Magellanove mraky z Austrálie. Je to jedna z vecí, ktoré sú na momozname „Musím spraviť“.

#### Máš oblúbenú knihu z astronómie?

Viacero, ale výnimočné miesto má u mňa dielo Carla Sagana „Kozmos“, čo je vlastne prepis rovnomenného náučného televízneho seriálu. Môj záujem o astronómii sa stupňoval každým ďalším dielom seriálu, ktorý som ako chlapec začiatkom 80. rokov pozorne sledoval.

**Na rozdiel od viacerých „odborníkov“ z archeoastronómie à la Erich von Däniken, ty si skutočný odborník v obidvoch celkom odlišných vedy odboroch, v archeológii i v astronómii. Aký máš názor na tieto teórie?**

Musím povedať, že som veľmi kritický k väčšine prípadov archeoastronomických štúdií, najmä k tým, ktorých autormi sú skôr astronómovia než archeológovia. Tieto zvyčajne preceňujú význam megalitov a ignorujú širší archeologický kontext. Často sa snažia zobraziť našich predkov ako „vedcov“, pozorovateľov astronómov a kladú príliš veľký dôraz na „funkciu kalendára“ atď.

Ale verím, že mnoho megalitickej stavieb nebolo vytvorených na základe pozorovaní zimného slnivrata, vznikli iba ako symbolika (podobne ako lode Vikingov, na ktorých boli pochovávaní, neboli určené na plavbu). Naši predkovia naozaj nepotrebovali kamenné stavby na určenie času, kedy orať a zasiahli: oni to zistili podľa iných signálov prírody. Dôsledné sledovanie času a pozorovanie prechodov cez poludník sú posadnutostou vylúčne modernej doby, kde čas je punktičkársky dôležitý, zatiaľ čo sme stratili, prinajmenšom v našom modernom západnom svete, kontakt s udalosťami, ako je prílet vtákov či čas kvitnutiastromov.

#### Čo pre teba znamená astronómia?

Je to súčasť môjho života a bude sem patriť navždy. Nič iné neuvoľní stres lepšie ako ležanie na chrbte pod tmavou oblohou s trbliatujúcimi hviezdami, pozorujúc padajúce hviezdy a Mliečnu dráhu. Nikdy neodolám pohľadu na jasné oblohy.

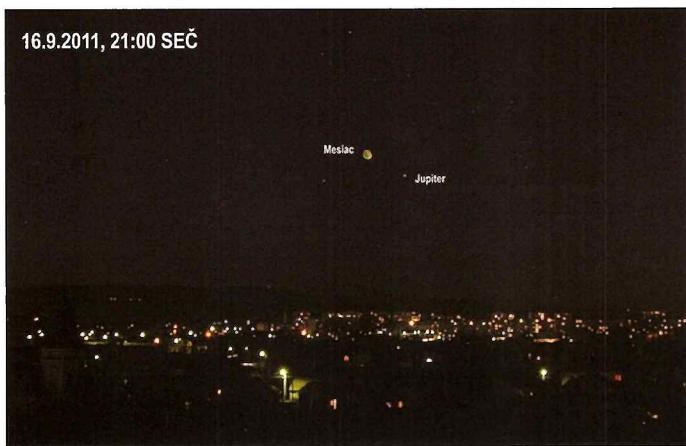
**Každý Schliemann hľadá svoju Tróju. Tá tvoja je ďaleko schovaná pod námosmi vekov, ale krúži kdesi v hlbinách vesmíru?**

Kto vie? Zaujímavé je to, že ani v astronómii a ani v archeológii nikdy vopred nevieš, čo objavíš. Teda, kto vie, čo príde? Čas ukáže!

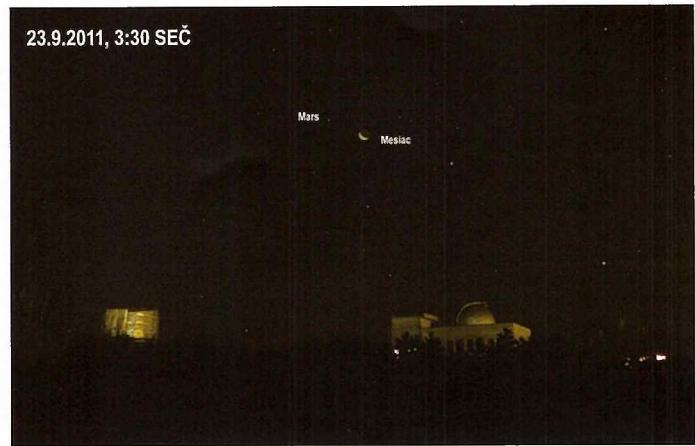
Zhováral sa ŠTEFAN KÜRTI



16.9.2011, 21:00 SEČ



23.9.2011, 3:30 SEČ



# Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

august – september 2011

Druhá polovica prázdnin je pre mnohých tým správnym obdobím pre osedlanie si svojho koníčka. Noci sú ešte pomerne teplé a už dostačne dlhé. Stačí si teda len ľahnúť do trávy a pokochat sa striebriptom Mliečnej cestou, ktorej husté oblaky v Strelcovi uvidíme za dobrých podmienok až po obzor. Pravú žatvu majú meteorári, čakajú ich Perzeidy, aj keď tohto roku budú expedičníci v teréne už pred ich maximom. Nočnej oblohe bude kraľovať Jupiter, červenkastý Mars sa od Slnka uhľovo vzdaľuje, no jasnosťou nevyniká. Kométy sú ešte trošku skúpe, no situácia sa zlepšuje.

## Planéty

**Merkúr** je uhľovo dostatočne ďaleko od Slnka ( $22^{\circ}$ ), no sklon ekliptiky k obzoru je malý, zapadá ešte počas občianskeho súmraku a teda pri jeho jasnosti 1,4 mag je prakticky nepozorovateľný. V ďalších dňoch sa približuje k Slnku a 17. 8. je v dolnej konjunkcii. Po nej sa presunie na rannú oblohu a jeho viditeľnosť sa bude zlepšovať. V polovici poslednej augustovej dekády je na konci nautického súmraku vo výške  $4^{\circ}$ , avšak bude mať len 2,1 mag. Uhľová vzdialenosť aj jasnosť sa zväčšujú, 3. 9. bude v najväčšej západnej elongácii ako objekt  $-0,2$  mag. Po elongácii sa začne pomaly približovať k Slnku, no keďže zjasňuje, jeho pozorovacie podmienky budú dobré. Ešte 20. 9. vychádza koncom nautického súmraku ako objekt  $-1,4$  mag. Neskôr sice ešte zjasňuje, no aj tak sa začne strácať na presvetlenej oblohe a 29. 9. bude zase v konjunkcii so Slnkom.

28. 8. bude v konjunkcii s tenučkým kosáčikom Mesiaca, no zoskupenie nebude výrazné kvôli jasnosti Merkúra. Za pohľad však bude stáť jeho konjunkcia s Regulusom (1,4 mag) 9. 9. ráno. Obe telesá bude deliť  $40'$  a v ďalekohľade vynikne žltkastý Merkúr vo fáze a biely Regulus.

**Venuša** ( $-3,9$  mag) je len niekoľko stupňov západne od Slnka, vychádza len krátko pred ním. Uhľovo sa k Slnku približuje a 16. 8. je v hornej konjunkcii. Po nej sa presunie na večernú oblohu, no geometrické podmienky nie sú príaznivé, a tak aj koncom septembra zapadá ešte pred koncom občianskeho súmraku. V posledných septembrových dňoch sa priblíži k Saturnu, no svetlá obloha bude toto pekné zoskupenie kazit.

**Mars** ( $1,4 - 1,3$  mag) sa konečne uhľovo vzdialil od Slnka, vychádza hodinu po polnoci, koncom augusta je na obzorom už v celej druhej polovici noci. Z Býka sa presunie cez Blížencov do Rakta, a aj keď jasnosťou nevyniká, zaujme svojim červenkastým sfarbením. 6. 8. prejde pol stupňa popod otvorenou hviezdkopou M 35 (5,1 mag) a koncom septembra bude tesne na okraji Jasličiek (M 44, 3,1 mag), čo by mohlo inšpirovať astrofotografov.



M 35 + Mars 5. - 8. 8.

Priblíži sa k nám z  $2,13$  na  $1,82$  AU a jeho uhľový priemer sa zväčší zo  $4,4$  na  $5,2''$ . Je to na pozorovanie albedových útvarov málo, no za dobrých pozorovacích podmienok azda zahliadneme aspoň ich náznaky.

Možno dostanete do svojej mailovej schránky fantastickú správu, že Mars bude v auguste veľký ako Mesiak. Tieto informácie sa, ziaľ, šíria kaž-

doročne už od veľkej opozície v roku 2003, no aj vtedy mal Mars len  $25''$ , čo je 75-krát menej ako uhľový priemer Mesiaca...

Zdanlivé približenie Marsu a Mesiaca uvidíme 25. 8. a 23. 9. Septembrové zoskupenie bude zaujímavejšie, v blízkosti už budú aj Jasličky v Rakovi.

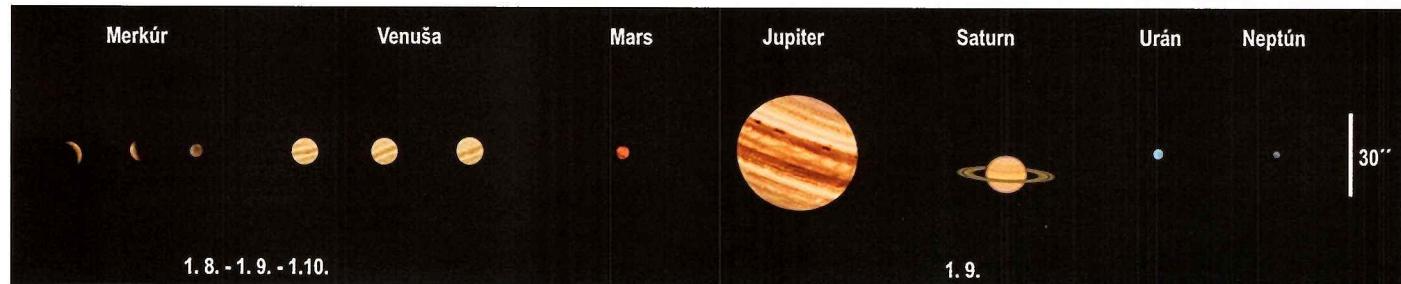
**Jupiter** ( $-2,4$  až  $-2,8$  mag) v Baranovi bude kraľovať nočnej oblohe, koncom septembra vychádza už počas nautického súmraku a kulminuje vysoko nad obzorom vo výške vyše  $50^{\circ}$ . Medzi hviezdami urobí elegantnú kľučku, 30. 8. je v zástavke a začne sa pohybovať späť (k západu). Konjunkcie s Mesiacom 20. 8. a 16. 9. nie sú najtesnejšie, no vzhľadom na jasnosť Jupitera upútajú aj napriek pomerne veľkej fáze Mesiaca.

Už triédrom uvidíme štvoricu jeho najjasnejších mesiacov a v ďalekohľade pri dostatočnom zväčšení sa pokocháme aj jeho mohutným oblačným systémom a Veľkou červenou škvornou.

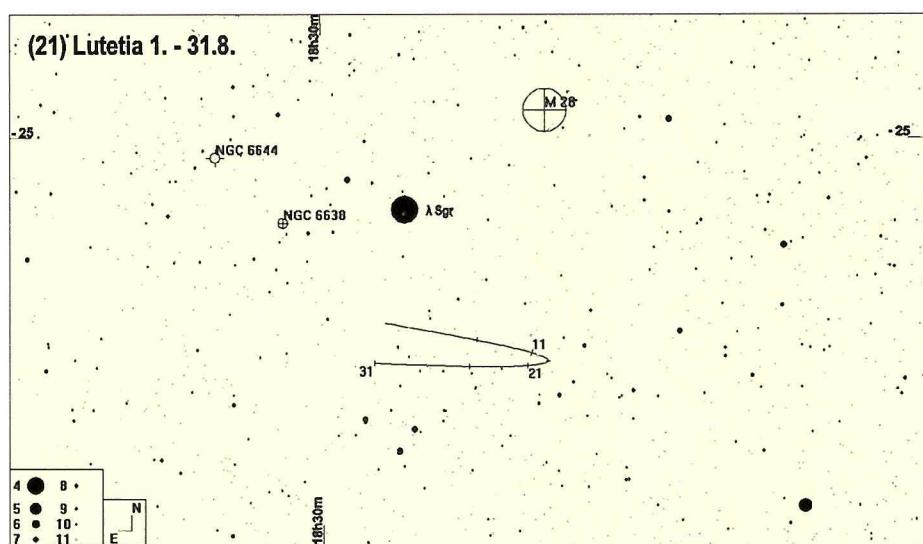
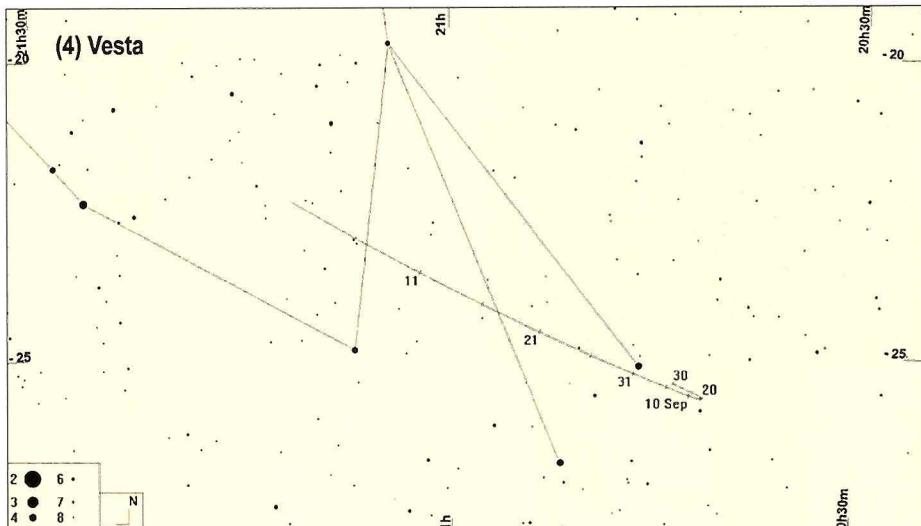
**Saturn** ( $0,9 - 0,8$  mag) v Panne je nad obzorom vo večerných hodinách, no jeho viditeľnosť sa skracuje. Na prelome mesiacov zapadá koncom nautického súmraku a začiatkom poslednej dekády sa začne strácať vo večernom súmraku. Je tu teda jedna z posledných príležitostí pozrieť si ďalekohľadom jeho mohutné prstence, na ktoré sa pozreáme zo severnej strany.

Konjunkcie s Mesiacom 4. 8. a 31. 8. sú nevýrazné, vzdialenosť neklesne pod  $7''$  a druhá bude ešte aj na svetlej oblohe. 2. 9. prejde Saturn  $4'$  južne od hviezdy 44 Vir (5,8 mag) a môžeme si teda všimnúť jeho vlastného pohybu. Konjunkcia s Venušou 30. 9. ( $1,3''$ ) nastane len  $12^{\circ}$  od Slnka, planétu západnú ešte za súmraku. Môžeme sa však pokúsiť, aj keď to bude tvrdý oriešok, najšť obe planéty v zornom poli ďalekohľadu počas dňa.

**Urán** ( $5,8 - 5,7$  mag) v Rybách má dobré podmienky viditeľnosti, nakolko 26. 9. je v opozícii a o deň skôr v prízemí (19,08 AU). Kulminuje vo výške  $42^{\circ}$  a za dobrých pozorovacích podmienok ho nájdeme aj voľným okom. V ďalekohľade ho uvidíme ako malý zelenkastomodrý kotúčik s priemerom necelé  $4''$ . Konjunkcie s Mesiacom (17. 8.







Pozornosť si v prvej septembrovej dekáde určitee zaslúží (15) Eunomia (9,6 mag), ktorá bude v blízkosti jasnej difúznej hmloviny Kalifornia v Perzeovi (5,0 mag).

(1036) Ganymed (10,0 – 9,1 mag) sa tri septembrové týždne bude presúvať juhovýchodne súviedzím Kasiopea s množstvom objektov, prevažne otvorených hviezdomok a 14. 9. tesne (9') minie modrú γ Cas (2,2 mag).

### Komety

V médiach pretriasaná C/2010 X1 (Elenin) sa uholivo približuje k Slnku, je nepozorovateľná, začadá krátko po Slnku. Perihéliom prejde 10. 9. a lepšie pozorovacie podmienky budú až začiatkom októbra, nakoľko v posledný septembrový deň bude na začiatku občianskeho súmraku vo výške len 3° ako objekt s jasnosťou okolo 6 mag.

Argentínsky astronóm Sergio Toscano „odborník na mimozemské formy života“ sa vyjadril, že kométa, ktorá sa k Zemi priblíží v polovici októbra na 0,23 AU, prinesie so sebou aj mimozemskú civilizáciu... Existuje aj predpoklad, že sa jedná o záhadnú planétu Nibiru s obežnou doboou asi 3 500 rokov. A aby toho nebolo málo, mimozemšťania sa už negatívne prejavili júnovou aktivitou sopky Puyehue. Nám je len ľutô, že toto číslo Kozmosu nevychádza začiatkom apríla!

C/2009 P1 (Garradd) pomaly zjasňuje, podľa nominálnej predpovede bude začiatkom tohto obdobia jasnejšia ako 9 mag a teda v dosahu silnejších

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
<b>Efemerida kométy C/2009 P1 (Garradd)</b>				
1. 8.	21 <sup>h</sup> 36,6 <sup>m</sup>	+12°15,7'	8,8	146,8
6. 8.	21 <sup>h</sup> 19,2 <sup>m</sup>	+13°53,6'	8,7	148,9
11. 8.	21 <sup>h</sup> 00,0 <sup>m</sup>	+15°25,3'	8,5	148,7
16. 8.	20 <sup>h</sup> 39,7 <sup>m</sup>	+16°46,9'	8,4	145,8
21. 8.	20 <sup>h</sup> 18,8 <sup>m</sup>	+17°55,2'	8,3	141,0
26. 8.	19 <sup>h</sup> 57,9 <sup>m</sup>	+18°47,8'	8,2	134,8
31. 8.	19 <sup>h</sup> 37,6 <sup>m</sup>	+19°24,5'	8,1	127,9
5. 9.	19 <sup>h</sup> 18,7 <sup>m</sup>	+19°46,3'	8,1	120,8
10. 9.	19 <sup>h</sup> 01,4 <sup>m</sup>	+19°55,7'	8,0	113,7
15. 9.	18 <sup>h</sup> 45,9 <sup>m</sup>	+19°55,6'	8,0	106,7
20. 9.	18 <sup>h</sup> 32,4 <sup>m</sup>	+19°48,9'	8,0	100,1
25. 9.	18 <sup>h</sup> 20,7 <sup>m</sup>	+19°38,2'	8,0	93,8
30. 9.	18 <sup>h</sup> 10,8 <sup>m</sup>	+19°25,7'	8,0	87,9

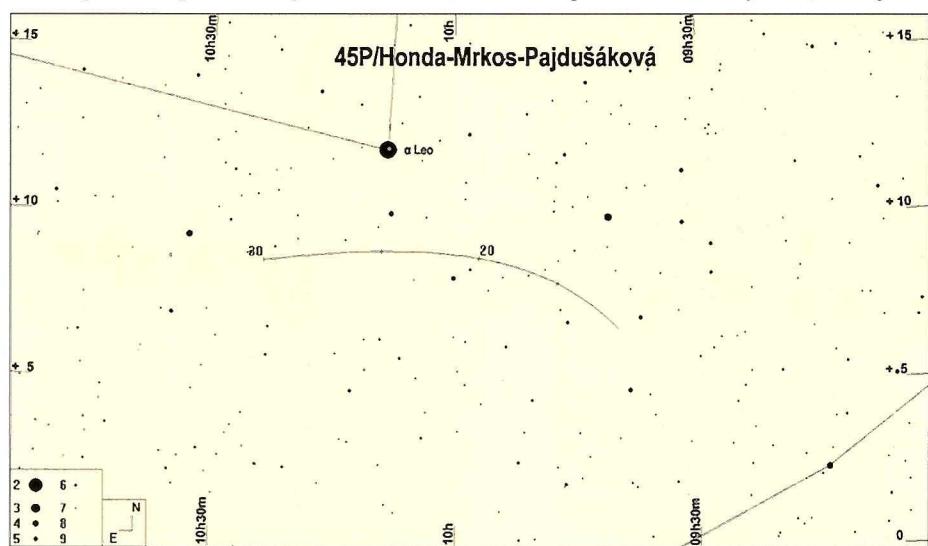
<b>Efemerida kométy 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková</b>				
10. 9.	09 <sup>h</sup> 39,9 <sup>m</sup>	+06°28,8'	7,9	22,8
15. 9.	09 <sup>h</sup> 47,4 <sup>m</sup>	+07°53,1'	7,6	25,8
20. 9.	09 <sup>h</sup> 57,0 <sup>m</sup>	+08°38,9'	7,3	28,4
25. 9.	10 <sup>h</sup> 09,1 <sup>m</sup>	+08°51,2'	7,3	30,4
30. 9.	10 <sup>h</sup> 23,5 <sup>m</sup>	+08°33,7'	7,5	31,8

má 10,5 mag, no vychádza len koncom astronomickej súmraku. Jej elongácia nelesne pod 20° a už koncom augusta sa dostane pod 12 mag.

Je možné, že bude pozorovateľná aj periodická kométa 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková, ktorú objavil 3. 12. 1948 M. Honda a 6. 12. ráno nezávisle v Hydre aj A. Mrkos a L. Pajdušáková na Skalnatom plese. K Slnku sa približuje na 0,58 AU, jej sklon je pomerne malý, iba 4,2° a 15. 8. sa k Zemi priblíží len na 9 miliónov kilometrov. V roku 1935 sa priblížila na 0,08 AU k Jupiteru, čo zmenilo jej obežnú dobu z 5,53 na súčasných 5,25 roka. Aktuálne pozorovania chýbajú, posledné sú predperiheliové z júna 2006, keď mala asi 13 mag.

### Meteor

Koncom júla boli v maxime južné Piscidy, južné δ Akvaridy a α Kaprikormidy, ktorých spoločná prepočítaná frekvencia je 20 – 30 meteorov za hodinu. Keďže maximá týchto rojov nie sú ostré, vyššie frekvencie budú pozorovateľné ešte aj začiatkom augusta. Mesiac je krátko po novu a tak pozorovacie podmienky sú veľmi dobré. Relatívne blízkosť radiantov však býva problémom pri určovaní rojovej príslušnosti, navyše situáciu komplikuje aj veľká plocha radiantu antiheliénového zdroja, ktorá je práve medzi radiantami týchto rojov. U Kaprikormínd nám pomôže ich malá rýchlosť, ktorá je len





## Expedícia na pozorovanie meteorov

**LYRIDY 2011**

V dňoch 20. – 24. apríla 2011 usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach jarnú expedíciu na chatu na Kamencu nad Zemplínskou Štravou pre členov nášho ATM (Astro Team Michalovce) zameranú najmä na pozorovanie meteorov z roja Lyridy. Na expedícii sa zúčastnili 4 členovia ATM a dvaja pracovníci hvezdárne. Počasie bolo slnečné a teplé, a tak nám tento velkonočný čas vyšiel na pozorovanie počas troch nocí zo štyroch. Získali sme takmer 150 záznamov o prelete meteorov. Venovali sme sa aj príprave našich súťažiacich na krajské kolo súťaže Čo vieš o hviezdoch, ich zaučovaniu v pozorovaní meteorov a zdokonaľovaniu v poznávaní oblohy. Pozorovania meteorov sme spracovávali pomocou nového programu WIMPS na platforme Windows, ktorý vytvoril jeden z našich krúžkarov (Michal Štefančík) v rámci svojej práce SOČ (pozri samostatný článok). Spracované pozorovania boli po návrate odoslané do IMO (International Meteor Organization) a môžete ich nájsť spolu s ostatnými pozorovaniami z celého sveta na stránke: <http://www.imo.net/live/lyrids2011/>. Občas sme pozerali aj televíziu, a zahrali sme si karty a šachy. Naexponovali sme aj množstvo obrázkov oblohy digitálnej zrkadlovou na statíve, vrátane tzv. časozberných snímkov vhodných na zostavenie animácie. Expedícia rýchlo ubehla a už budeme rozmyšľať o augustovom Letnom astronomickom praktiku (LAP). Video vytorené M. Štefančíkom z časozberných snímkov si môžete pozrieť na adresu: [http://www.youtube.com/watch?v=iLBZx\\_gcAL8&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=iLBZx_gcAL8&feature=player_embedded).

Snímky oblohy fotografoval digitálnou zrkadlovou Canon 500 so základným objektívom 18–55 mm nás krúžkar Michal Štefančík expozičiou 30 sekúnd pri nastavenej citlivosti 1600 resp. 3200 ASA a clone 2,8.

RNDr. Zdeněk Komárek

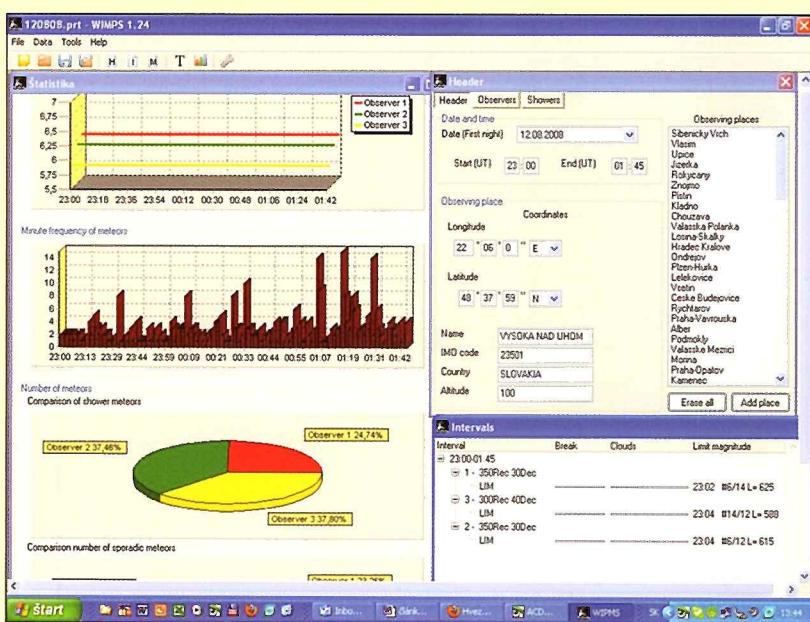


Hvezdokopa vo Vlasoch Bereniky.



Meteor za stromom.

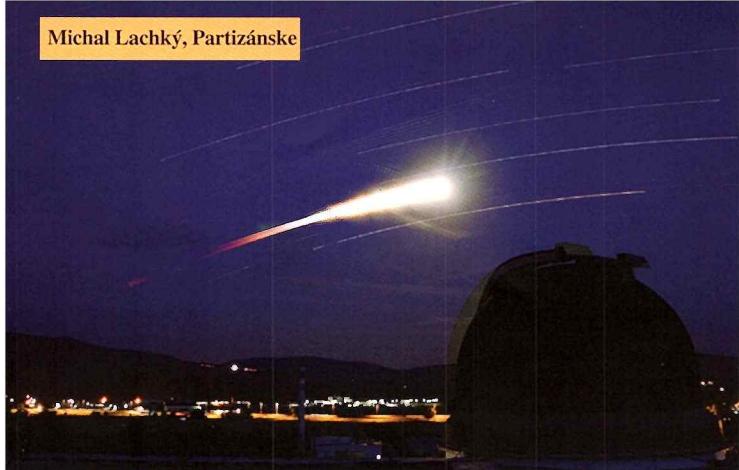
## Úspešná práca SOČ



Dlhoročný člen astronomického krúžku pre stredoškolákov pri Hvezdárni v Michalovciach (tzv. ATM = Astro Team Michalovce) Michal Štefančík (na snímke) vytvoril u nás v rokoch 2009 – 2010 prácu Stredoškolskej odbornej činnosti (SOČ), ktorej konzultantom bol pracovník menovaný hvezdárne. S touto prácou SOČ sa na jar 2011 umiestnil v krajskom kole na 1. mieste a v celoštátnom kole obsadił 2. miesto. Ide o program nazvaný WIMPS (WIndows Meteor Processing Software) na spracovanie vizuálnych pozorovaní meteorov, ktorý i graficky zobrazí výsledky pozorovaní. Umožní ich potom aj exportovať vo formáte html, alebo txt. Program bol vyvinutý pod programovým prostredím Delphi 7 a plynulo funguje aj pod 64-bitovým systémom Windows 7. Obsahuje asi 15 000 riadkov zdrojového kódu a niekoľko interaktívnych databáz. Celý program (zatiaľ okrem „Helpu“) je v anglickom jazyku a je náhradou za zastaraný program IMOPROT napišaný pod operačným systémom MS DOS.

Program si môžete stažiť na adrese:  
<http://www.ulozto.sk/8948874/wimps-.zip>  
 Stažnutý súbor wimps.zip rozbalte a zložku WIMPS preneste/nakopírujte napr. do „Program files“.

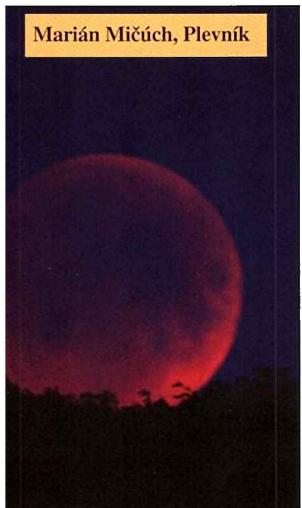
RNDr. Zdeněk Komárek



Posielam vám pár svojich snímkov zatmenia Mesiaca. Pozorovali sme na Hvezdárni v Partizánskom kde nam vyšlo skvelé počasie. Moon trail (snímka hore) je fotoná Canonom EOS 550D 520×1,3 s, ISO 800, F/3,5 a zložená v programe Star trail. Ostatné snímky sú robené Olympusom C5060 afokálne cez Newton 256/1170+32 mm okulár. Olympus je fotoný aj záber na techniku.



Marián Mičúch, Plevník



Snímka vľavo: Mesiac vo fáze úplného zatmenia, keď vychádzal nad najvyšší vrch na okolí (Malý Manín) o 22,15 LSEČ. Fotografované cez Newton 200/1200, exp. 2,5 sek, ISO 1600. Uprostred: Mesiac vo fáze čiastočného zatmenia (naexponovaný aj s tieňom zakrytou časťou) o 23,30 LSEČ. Fotografované Newtonom 200/1000, exp. 0,6 sek, ISO 400. Vpravo: Mesiac vo fáze čiastočného zatmenia o 23,52 LSEČ. Fotografované Newtonom 200/1000, exp. 1/200 sek, ISO 400.

Daniela Rapavá, Rimavská Sobota

V Rimavskej Sobote boli podmienky podpriemerné so silným zákalom.

Po 11. rokoch Mesiac znova prechádzal stredom zemskej tieňa a tak zatmenie bolo neobyčajne dlhé, trvalo više 100 min. Bolo tmavé, so silným gradientom k stredu, čo je dôsledkom množstva sôpečného prachu v atmosfere z čílskej sopky Puyehue, ktorá explodovala 4. júna.



Mesiac krátko pred koncom úplnej fázy (22:00 SEČ, exp. 15 s) a po konci úplného zatmenia (22:12 SEČ, exp. 5 s).

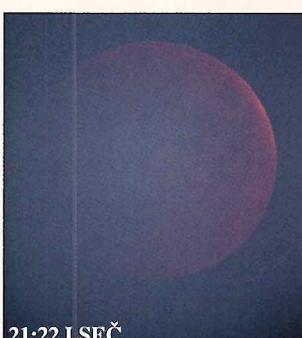
Foto: D. Rapavá

## Úplné zatmenie Mesiaca 15. 6. 2011

Daniel Tóth, Iža



21:15 LSEČ



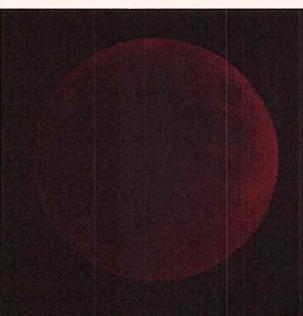
21:22 LSEČ



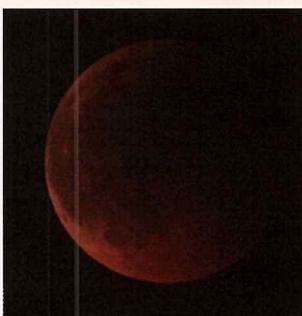
21:33 LSEČ



21:51 LSEČ



22:10 LSEČ



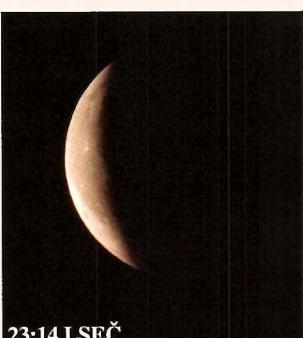
22:55 LSEČ



23:02 LSEČ



23:08 LSEČ



23:14 LSEČ



23:32 LSEČ

Všetky snímky boli zhotovené fotoaparátom Canon EOS 450D.

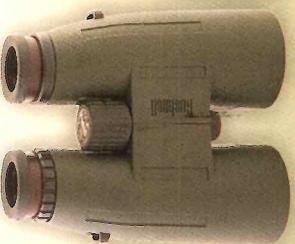
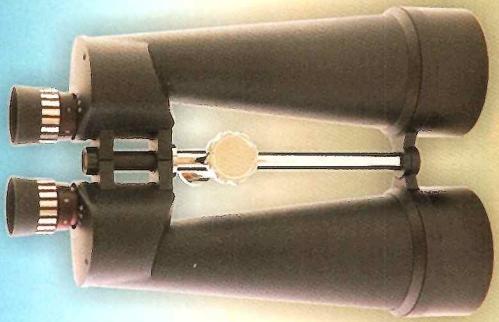
# TROMF® PIAROVÁ

## DISTRIBÚTOR ZNAČKOVEJ POZOROVACEJ OPTIKY

Juditka Piarová - Tromf, Partizánska cesta 80, 97401 Banská Bystrica, tel.: 048/4142332, e-mail: tromf@tromf.sk, web/shop: www.tromf.sk, predajňa otvorená v pracovných dňoch od 9 do 17 hodiny. Pred nákupom astronomickej dalekohľadu si prosím dohodnite konzultáciu vopred.

Vásé malé a veľké sny  
o dalekohľadoch...

premeníme na skutočnosť



4x30  
výška 70 mm

8x25  
10x32  
10x42  
10x50

15x70

25x30

25x100  
výška 443 mm

Rishmali®  
TACTICAL

KONUS

VORTEX

CELESTRON

Nikon

Chadwick

Vixen