Číslo 6 * december 2013 – január 2014 * Ročník 44 * Cena 1,65 €

KOZMOS

Po stopách extrémofilov

LUCA a tri (štyri) veľvy života

Lovec nebezpečných asteroidov

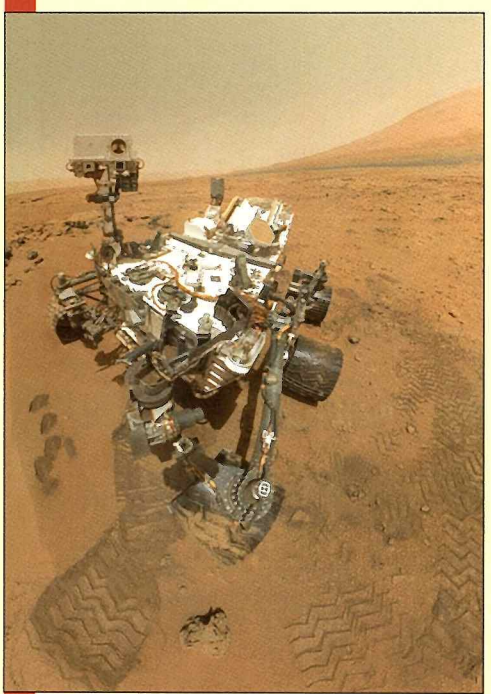
Zlaté dukáty z kozmu

SETI: ďalšie dejstvo

pátrania po mimozemšťanoch

Marťanská kôra

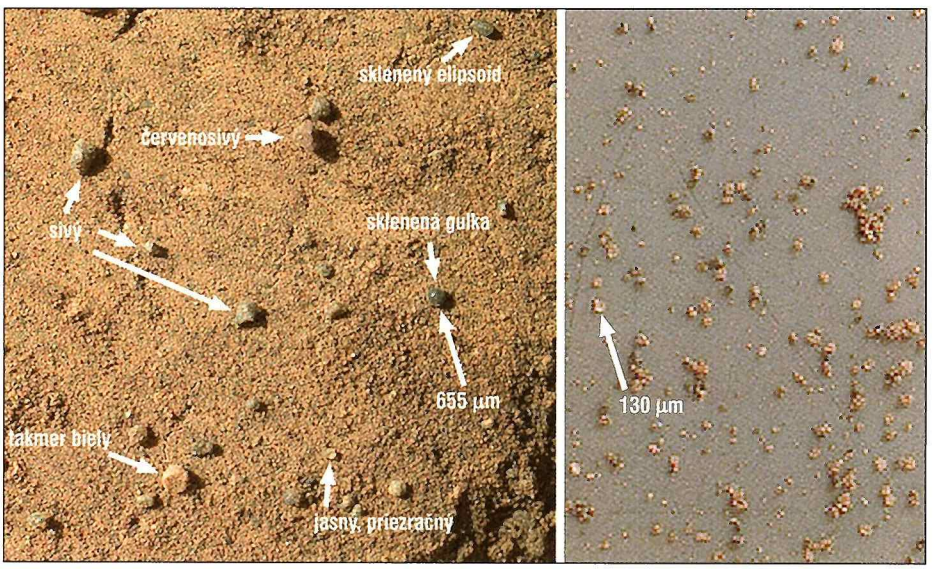
Jamky v sypkých materiáloch v Kamennom hniezde (Rocknest), odkiaľ rover Curiosity nabral prvé dve vzorky obsahujúce vodu.



Terén okolo Kamenného hniezda. Podobné horniny, prach, piesok a drobná drť pokrývajú väčšinu povrchu Marsu.

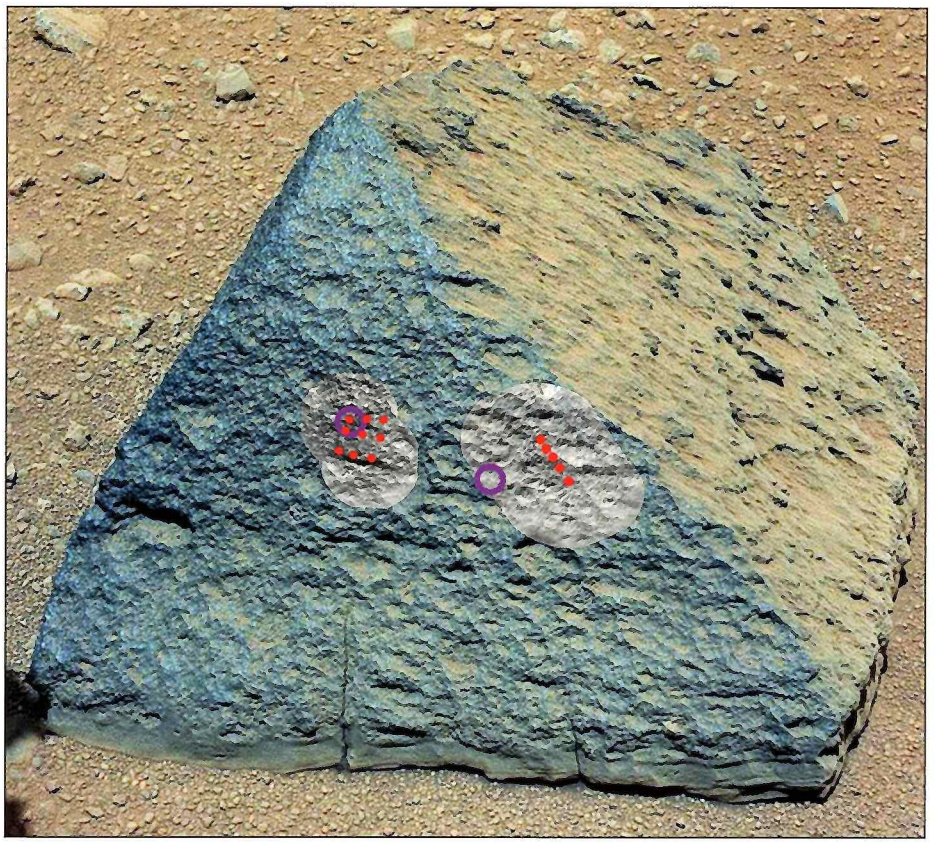
Dve pinty na kubickú stopu, teda asi 27 litrov na kubický meter horniny! Spektroskop SAM, jeden z desiatich prístrojov na palube roveru Curiosity, ktorý analyzoval horniny na lokalite Rocknest, objavil vo vzorkách okrem vody aj oxid uhličitý, najrozličnejšie kysličníky kremíka a sírany. Za mimoriadne dôležitú sa považuje aj detekcia deutéria, ktorý je jedným z izotopov vodíka. Množstvo deutéria v horninách zodpovedá jeho distribúcii v atmosfére. Vedci predpokladajú, že horniny obsahujúce vodu, fungujú ako špongia, ktorá nasáva z atmosféry vodík.

Lokalita Rocknest leží na trase medzi lokalitou Yellowknife Bay v kráteri Gale a úpätím hory Mount Sharpe, vzdialenej 8,5 kilometra.



Vľavo detail terénu v Kamennom hniezde. Materiál je sypký, rôznofarebný. Významnú časť tvoria staré, eróziou rozrušené vulkanické materiály. *Vpravo:* Materiál z tretej vzorky po vytriedení.

obsahuje množstvo vody



Na snímke balvan Jake Matvijevič, ktorý Curiosity preskúmala dvomi prístrojmi. Červené krúžky a škvrnky označujú miesta, ktoré prístroje skúmali. Farebné odtiene odlišujú rozličné horniny tvoriace balvan.

Počas výpravy k hore (rover zatiaľ prekonal asi pätinu vzdialenosti) detegoval laserový prístroj ChemCam prítomnosť vodíka v hornine pozdĺž celej trasy. Vzhľadom na to, že kôra s podobnou štruktúrou a zložením pokrýva až 50 miliónov štvorcových kilometrov Červenej planéty, je takmer isté, že v týchto oblastiach obsahujú horniny rovnaké množstvo vody ako na lokalite Rocknest. Vedci vypočítali, že kôra Marsu obsahuje zhruba 2 % vody, teda miliardy metrov kubických ľadu.

Táto voda v kôre pod povrchom však podľa všetkého nie je pitná. Už analýza údajov sondy Phoenix (v roku 2008 pristála neďaleko severného pólu) naznačila, že súčasťou marťanskej vody, aspoň tej tesne pod povrchom, sú škodlivé zlúčeniny chlóru. Najmä perchlorát. To znamená, že výskumníci Marsu sa nezaobídu bez výkonnej čističky.

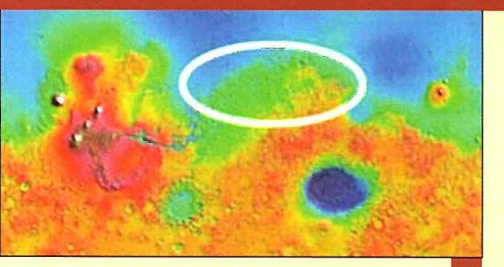
Pripomeňme si, že rover na viacerých miestach pozdĺž svojej trasy objavil aj rozsiahle polia sedimentov ílu a hliny, ktoré sa môžu ukladať iba v korytách živých tokov. Dlhodobú eróznu činnosť vody potvrdzuje aj nález okruhliakov vo vyschnutých riečištiach. No najväčšiu senzáciu (ešte pred objavom vody v lokalite Rocknest) vyvolal tvar a zloženie osamelého balvanu Jake Matvijević. (Pomenovali ho po členovi tímu, ktorý krátko po pristátí Curiosity umrel). Rovnaké balvany sa na Zemi nachádzajú aj na niektorých z hĺbky vyzdvihnutých ostrovoch, ale najmä na dne a svahoch hlbokých oceánskych prepadlín. Dno impaktného krátera Gale leží hlboko pod dnes virtuálnou hladinou niekdajšieho oceánu.

Curiosity má na palube 10 prístrojov, ktoré dodávajú na Zem lavínu rôznorodých údajov. Analýza už doteraz získaných informácií bude trvať niekoľko rokov.

Rover monitoruje aj prítomnosť metánu. Doteraz bez úspechu, hoci dávnejšie údaje z marťanských sond jeho prítomnosť v atmosfére prezradili v pomere 45 : 1 000 000 000. Metán môže byť produktom živých organizmov, hoci na Zemi existuje množstvo druhov baktérií, ktorých metabolizmy CH_4 neprodukujú. Metán však môžu produkovať aj geologické procesy, alebo impakty komét a asteroidov.

Nie je vylúčené, že sa metán zo slabých, sporadických zdrojov v atmosfére Marsu medzičasom natoľko rozptýlil, že ho spektrometer SAM pri súčasnom nastavení nedokáže detegovať. Vedci chcú zvýšiť citlivosť detektora tak, aby dokázal zaznamenať prítomnosť metánu aj vtedy, ak na miliardu molekúl pripadá menej ako 1 molekula CH_4. Ak by aj presnejšie merania prítomnosť metánu potvrdili, momentálne ho je v atmosfére Marsu 50 miliónkrát menej ako na Zemi (iba 10 až 20 ton).

NASA Press Release



Biela elipsa v oblasti Arabia Terra na Marse vymedzuje obrysy panvy, ktorá je pozostatkom prastarého supervulkánu.

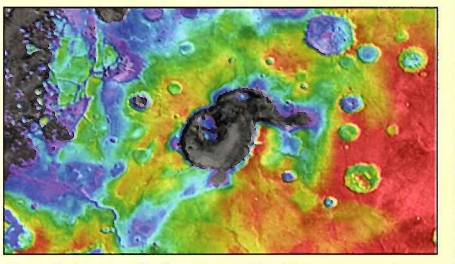
Supervulkán na Marse?

Nové fakty o Marse sa nedozvedáme iba od tímu Curiosity, ale aj od skupín, ktoré analyzujú údaje zo štyroch sond, krúžiacich okolo planéty: Mars Odyssey, Mars Global Surveyor, Mars Reconaissance Orbiter (všetky NASA) a Mars Express (ESA). Vari najzaujímavejším objavom na povrchu planéty je rozsiahla okrúhla panva, ktorú vedci donedávna považovali za impaktný kráter. Po podrobnej analýze zistili, že Eden Patera nie je impaktným kráterom, ale pozostatkom po výbuchu gigantického, starého supervulkánu.

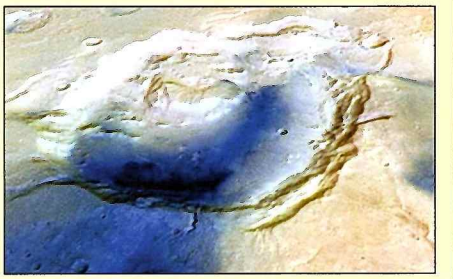
Mladý Mars, podobne ako ostatné terestrické planéty, mal za mladi veľmi tenkú kôru. Ak sa vo veľkých komorách magmy nahromadilo nadkritické množstvo plynu, tlak tenkú kôru prerazil a sopka vybuchla. Pri takýchto erupciách vychrlil vulkán oveľa viac popola a ďalšieho materiálu ako „mladé" sopky na planine Tharsis. Podobné vulkány vybuchli kedysi aj na Zemi: v parku Yellowstone na západe USA, na Sumatre (jazero Toba), či na Novom Zélande (jazero Taupo). Obrovské množstvo vyvrhnutého materiálu sa po výbuchoch rozptýlilo vysoko v atmosfére, čo spôsobilo výrazné zmeny teploty počas celých desiatok rokov.

V oblasti Arabia Terra, kde sa Eden Patera nachádza, neobjavili doteraz nijaké sopky. Na dlhotrvajúcou eróziou poznamenanom teréne je však množstvo impaktných kráterov, lemovaných typickými valmi. Eden Patera však nijaké valy nemá. Okolo kaldery neobjavili ani polia vyvrhnutého materiálu. Polia mladého materiálu sú pozostatkom po aktivite starej sopky v neskorších obdobiach.

NASA Press Release



Hore: **Kaldera veľkej sopky – Eden Patera vyzerá na prvý pohľad ako impaktný kráter.** *Dole:* **Modrá farba v okolí kaldery zvýrazňuje mladý materiál, pokrývajúci panvu Eden Patera. Znak pretrvávajúcej aktivity?**



Obálka

Gejzír Great Fountain, „Veľká Fontána", Yellowstone, v ktorom boli nájdené prvé hypertermofily a zároveň extrémofily v 1969, vrátane baktérie *Thermus aquaticus.* **Tento organizmus je zdrojom teplovzdorného enzýmu Taq DNA polymerázy, jedného z najdôležitejších enzýmov v molekulárnej biológii kvôli jeho použitiu v roznásobovaní DNA.**
K článku *Po stopách extrémofilov – od hĺbky mora až po oblaky* **na s.16 – 17.**
Foto: Michaela Musilová

Archeológia

Slovenský objav dvetisíc rokov starého mayského observatória v Guatemale

Keď si v roku 2008 Slovenský archeologický a historický inštitút (SAHI) ako hlavné miesto svojich budúcich vykopávok v Guatemale vyberal tzv. skupinu H Sever v starom a slávnom mayskom meste Uaxactún, ešte sme vôbec netušili, k čomu všetkému naše vykopávky povedú. Vedeli sme, že Uaxactún bol objavený už začiatkom 20. storočia a odvtedy bolo toto mayské mesto mnoho ráz systematicky preskúmané.

Milan Kováč s. 26 – 28

Slnečná sústava

Marťanská kôra obsahuje množstvo vody
NASA Press Release s. 2 – 3
Supervulkán na Marse s. 3
Zlaté dukáty z kozmu s. 6 – 7
GRB 130603B: kolízia, z ktorej vzniklo aj zlato s. 7
Kométa ISON ide do finále
Ján Svoreň s. 34 – 35
Vyzvednutí meteoritu z jezera
Martin Gembec, astro.cz s. 35
ISON pri Marse
astro.cz s. 35

Fyzika

Žiarenie z ničoty s. 8

SETI a rádioastronómia

SETI: ďalšie dejstvo pátrania po mimozemšťanoch
Astronomy, 2013/9 s. 22 – 25

Stelárna astronómia

HST objavil zdroje Magellanovho prúdu s. 5
Prvé planéty v hviezdokope s. 5
Stelárne čierne diery v M31 s. 9
Najchladnejší hnedí trpaslíci s. 9
Naše Slnko bolo kedysi čulým batoľaťom s. 10
Zvláštny zvyšok po najmladšej supernove s. 10
Najstarší dvojník Slnka s. 11
Dráma zrodu hviezdy s. 11
Záhady okolo kvazarov
Sky&Telescope, september 2013 s. 12 – 15

Servis Kozmosu

ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 17
Galaxia plná trpaslíkov – hnedých aj červených
Milan Rybanský s. 36 – 37
Slnečná aktivita (august – september 2013)
Milan Rybanský s. 37
POZORUJTE S NAMI
Obloha v kalendári (december 2013 – január 2014)
Pripravil Pavol Rapavý s. 40 – 43
Tabuľky východov a západov (december 2013 – január 2014)
Pavol Rapavý s. 43
Kalendár úkazov a výročí
Pavol Rapavý s. 44

Astrobiológia

Po stopách extrémofilov – od hĺbky mora až po oblaky

Prvé extrémofily boli objavené len pred 40 rokmi v termálnych vodách národného parku Yellowstone, USA. Ich životné prostredie môže byť fyzicky extrémne napríklad teplotou, žiarením alebo tlakom. Zároveň z geochemického hľadiska vytvárajú vysúšanie, slanosť a pH (kyslosť či zásaditosť roztoku), náročné útočiská pre život.

Michaela Musilová s. 16 – 17

LUCA a tři (čtyři) větve života
Jaroslav Petr s. 18 – 20
Mimozemské baktérie v stratosfére Zeme? s. 21

Rozhovor

Lovec nebezpečných asteroidov z vrcholu vyhasnutej sopky

Záujem o vesmír v ňom vzbudila jediná knižka o astronómii, ktorú mali doma. Očarenie z detstva postupne silnelo a nakoniec astronómiu vyštudoval. Observatórium v Modre vymenil za Havajské ostrovy, kde z vrcholu vyhasnutej sopky pátra po nebezpečných asteroidoch. Slovenský astronóm, objaviteľ viacerých komét, ktoré zatiaľ nenesú jeho meno, Peter Vereš.

S Petrom Verešom sa zhovára Štefan Kürti s. 30 – 33

Album pozorovateľa

Nova v súhvezdí Delfína 2013
Miroslav Znášik s. 45

Podujatia * Publikácie * Jubileum

Ohliadnutie za Astrofilmom 2013
Marián Vidovenec s. 29
EWASS 2013 v Turku – Fínsko
Ladislav Hric s. 44
Cesta Slnečnou sústavou a súhvezdiami
Mgr. Gabriela Kramáreková s. 45
Astronomická ročenka 2014 s. 45
Jubilant Štefan Očovský
Peter Poliak s. 45
XX. ročník – Tour de ESA
František Streicher s. 46
XXX. EBICYKL Česká půlkopa
Katarína Žilinská-Csereová s. 47

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis **Odborní posudzovatelia tohto čísla: RNDr. Leonard Kornoš, PhD. a doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc.**

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. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Ing. Teodor Pintér. * **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail **kozmos@nextra.sk** * **Redakčný kruh:** doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Leonard Kornoš, PhD., prof. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, DrSc. Predseda redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc. * **Tlač:** Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava. * **Vychádza:** 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. * **Cena** jedného čísla 1,65 € (41,30 CZK). Pre abonentov ročne 8,94 € (240 CZK) vrátane poštovného. * **Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk. * **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., PP 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. * Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. * EV 3166/09 * Zadané do tlače 15. 11. 2013 * **ISSN 0323 – 049X**

Časopis Kozmos si môžete objednať aj na e-mailovej adrese redakcie kozmos@nextra.sk (uveďte meno, adresu, prípadne telefonický kontakt).

HST objavil zdroje **Magellanovho prúdu**

Veľký a Malý Magellanov oblak (VMO a MMO), dve menšie galaxie, obiehajú okolo Mliečnej cesty. Astronómovia nedávno objavili, že oba hviezdne ostrovy spája veľký prúd plynu. Vedci už od začiatku 70. rokov o tomto prúde plynu vedia (objavili ho rádioteleskopy), ale nevedeli vysvetliť, odkiaľ sa také veľké množstvo plynu medzi týmito galaxiami vzalo. Pochádza z oboch, alebo len z jednej galaxie? To bola záhada.

Až nedávna analýza snímok z Hubblovho vesmírneho teleskopu (HST) ukázala, že väčšina plynu sa uvoľnila pred 2 miliardami rokov z Malého Magellanovho oblaku. V prúde však detegovali aj menšie množstvo plynu z Veľkého Magellanovho oblaku. Ten sa však z galaxie uvoľnil až oveľa neskoršie.

Zdroj plynu rozlíšil spektrograf COS na HST, ktorý zmeral výskyt ťažkých prvkov, kyslíka a síry, pozdĺž Magellanovho prúdu. COS pozoroval vzdialené kvazary, ktorých emisie týmto prúdom prechádzali a detegoval tieto prvky podľa toho, ako absorbujú ultrafialové žiarenie.

Tím z Vedeckého inštitútu HST v Baltimore (STScI) zistil, že namerané hodnoty kyslíka a síry pozdĺž väčšej časti prúdu sú približne rovnaké ako boli v Malom Magellanovom oblaku pred 2 miliardami rokov, keď sa prúd formoval. V blízkosti oboch oblakov sú však hodnoty síry v prúde oveľa vyššie. V týchto oblastiach je zloženie plynu veľmi podobné zloženiu Veľkého Magellanovho oblaku. Z toho vyplýva, že tento plyn sa uvoľnil oveľa neskôr.

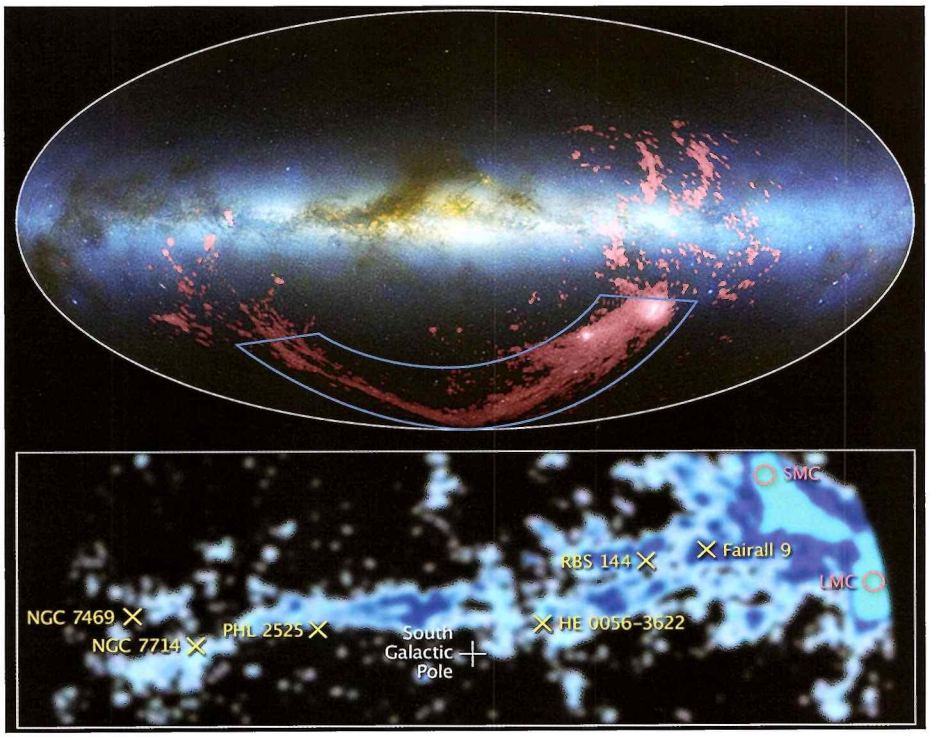
Takýto objav vedci neočakávali. Počítačové modely naznačovali, že prúd má pôvod v MMO, ktorý má podstatne slabšiu gravitáciu. Bez HST by vedci údaje o zložení plynu nezískali, pretože absorbčné čiary v spektre, z ktorých sa to dá vyčítať, sú všetky v UV oblasti. Ultrafialové žiarenie však atmosféra Zeme absorbuje. UV-spektrum dokážu získavať iba vesmírne ďalekohľady.

Astronómovia zvažujú, či a kedy sa oba oblaky ocitli v minulosti v blízkosti Mliečnej cesty, alebo či už boli s ňou gravitačne zviazané. Vedcov zaujalo, že všetky susedné galaxie Mliečnej cesty, okrem oboch Magellanových oblakov, sú prázdne. Svoj plyn už spotrebovali, alebo stratili. V Magellanových oblakoch, ktoré sú hmotnejšie, je však ešte plynu dosť. Vedci v nich pozorujú viacero oblastí s intenzívnou hviezdotvorbou.

Oba oblaky sa približujú k našej Galaxii: jej gravitácia na ne čoraz silnejšie pôsobí. Navyše už sa vnárajú do jej horúceho hala, ktorého tlak sa čoraz výraznejšie prejavuje. Tento proces spolu s gravitačnými interakciami oboch oblakov vytvorili Magellanov prúd. Gravitáciou vyčesaná hmota z oboch oblakov sa približuje k našej Galaxii.

Prúd plynu sa napokon navinie na disk Mliečnej cesty, kde podnieti tvorbu nových hviezd. Infúzie čerstvého plynu sú súčasťou procesu, ktorý v Mliečnej ceste spúšťa vznik hviezdnych zoskupení. Pre vedcov je objav Magellanovho prúdu vzácnym úlovkom. Procesy nasávania plynu veľkými galaxiami z malých, ktoré spomaľujú ich starnutie, sú v podstate neznáme. Až teraz sme sa dozvedeli, že nejde o krátke, sporadické epizódy. Mliečna cesta „tankuje" plyn z okolia neustále.

HST Press Release



Obe snímky znázorňujú Magellanov prúd, ktorý sa ovíja okolo polovice Mliečnej cesty. Spodná snímka je v podstatne vyššom rozlíšení. *Na hornej snímke* **(kombinácia rádiovej a optickej) vidíme ružový oblak. Mliečna cesta uprostred je modrá. Hnedé zhluky sú oblaky medzihviezdneho plynu v Galaxii. Magellanove oblaky sú jasné oblasti vpravo nad spodkom snímky.** *Na spodnom obrázku* **vidíte podrobnú, rádiovú mapu Magellanovho prúdu. Šesť oblastí, z ktorých vedci získali spektrá, potrebné na určenie chemického zloženia, sú označené znamienkom „x".**

V hviezdokope NGC 6811 objavili dve planéty menšie ako Neptún, ktoré krúžia okolo Slnku podobných hviezd.

Prvé planéty v hviezdokope

Väčšina hviezd, vrátane nášho Slnka, sa sformovala v malých skupinách, ktoré sa však rýchle rozpadli. Iné sa zrodili vo veľkých, hustých zhlukoch, vo hviezdokopách a udržali pokope celé miliardy rokov. V takýchto bohatých a hustých kopách hviezdy bojovali s tisíckami susediek o „životný priestor" v prostredí, kde silná radiácia a hviezdne vetry neustále premiestňovali materiál, z ktorého by sa mohli tvoriť planéty.

Preto je objav dvoch exoplanét v hviezdokope NGC 6811, vzdialenej 3000 svetelných rokov, istou senzáciou. Planéty sú o štvrtinu menšie ako Neptún a každá obieha hviezdu podobnú Slnku!

Staré hviezdokopy sú prostredím, ktoré sa podstatne odlišuje od materníc, v ktorých sa sformovalo Slnko a iné hviezdy s planetárnymi sústavami.

Obe exoplanéty vylovili z údajov, ktoré získal vesmírny ďalekohľad Kepler. Kepler detegoval planéty tak, že zaznamenával nepatrné zníženie jasnosti hviezd počas periodických prechodov planét. Z nameraných hodnôt rozdielov jasnosti hviezdy dokážu vedci vypočítať parametre planét. Exoplanéty Kepler-66b a Kepler-67b (miniNeptúny) sú bezmála 3-krát väčšie ako Zem.

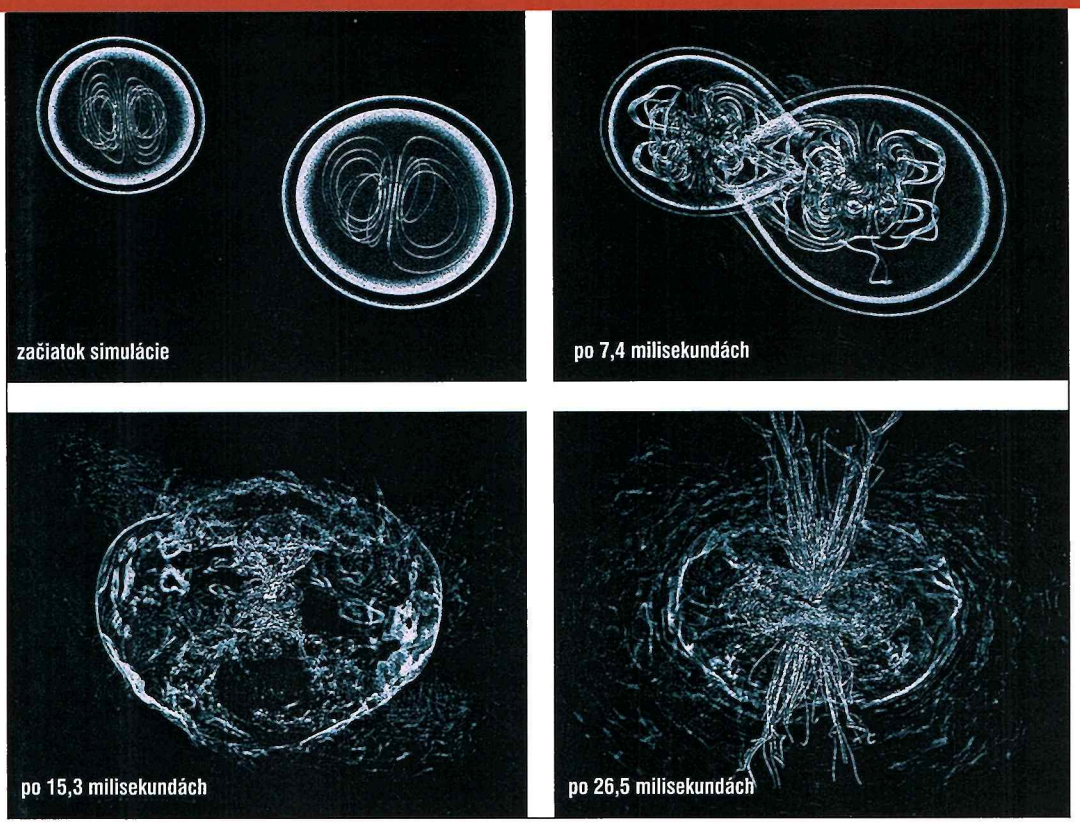
Z vyše 850 overených exoplanét objavili iba štyri v hviezdokopách. Všetky sú väčšie ako Jupiter. V prípade NGC 6811 ide o najmenšie planéty, aké sa kedy našli vo hviezdokopách, pričom po prvý raz sa planéty hviezdokope podarilo objaviť metódou, ktorá umožňuje vypočítať ich veľkosti.

Vedci z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics odhadli vek hviezdokopy na miliardu rokov. Obe exoplanéty zaradili preto do skupiny s presne určeným vekom, veľkosťou a vzdialenosťou.

Vzhľadom na počet hviezd, ktoré Kepler v hviezdokope NGC 6811 zmonitoroval, objav dvoch takýchto planét naznačuje, že výskyt a vlastnosti planét v otvorenej hviezdokope sú podobné ako u planét, ktoré v Mliečnej ceste obiehajú osamelé hviezdy. (Teda hviezdy, ktoré nie sú súčasťou hviezdokôp či iných zhlukov.)

„Tieto planéty sú kozmickými extrémofilmi," vraví vedúci tímu Soren Meibom. „Náš objav dokazuje, že planéty sa môžu sformovať a prežiť minimálne miliardu rokov aj v mimoriadne nehostinnom a chaotickom prostredí."

CfA Press Release



Simulácia zrážky dvoch neutrónových hviezd v počítači Inštitútu Alberta Einsteina v Potsdame. Zrážka vygeneruje vzplanutie žiarenia gama a reťazovú tvorbu ušľachtilých kovov.

Zlaté dukáty z kozmu

Kedysi, v dávnej minulosti Zeme, padali z neba „krúpy" zlata a platiny. Ušľachtile kovy dopravili na našu planétu aj meteority, ale takmer celý objem tohto kozmického „carga" vznikol dávno pred sformovaním Slnka a Slnečnej sústavy: počas gravitačného splývania neutrónových hviezd.

Ceny zlata na trhoch dosiahli pred dvomi rokmi rekordnú hodnotu: bezmála 2000 dolárov za trójsku uncu (šesťkrát viac ako desať rokov predtým). Odvtedy cena zlata klesá, aktuálne sa pohybuje okolo hranice 1 300 dolárov za trójsku uncu. Spôsobili to otrasy a špekulácie po krachu svetového finančného systému. Zlato sa ešte vždy považuje za najspoľahlivejšie uložený kapitál. Málokto z bankárov, špekulantov i klientov finančných inštitúcií si však uvedomuje, že takmer všetko zlato na Zemi vyprodukovali kataklizmatické procesy vo vesmíre.

Simulácie na najväčších počítačoch to jednoznačne potvrdili: brutálne kolízie dvoch neutrónových hviezd v binárnych systémoch vytvárajú ideálne podmienky na syntézu zlata. Pri tomto procese prebiehajú jadrové reakcie, ktoré vo veľkom produkujú ušľachtilé kovy. Vrátane zlata.

Veľa prvkov vzniká spájaním jadier atómov. Napríklad Slnko mení vodík na hélium, pričom sa uvoľňuje energia. Masívnejšie hviezdy produkujú ťažšie prvky, až po železo. Prvky, ktoré sú ťažšie ako železo, sú však produktom iných procesov, počas ktorých sú neutróny zo stredne hmotných jadier vyselektované, zachytené a kumulované. Toto lapanie neutrónov počas takzvaných rýchlych *r*-procesov, bolo donedávna pre atrofyzikov záhadou. (Znamienko *r* je skratkou slova rapid, rýchly.) Takýto proces sa rozbehne iba pri extrémne vysokej hustote neutrónov. Vedci síce vedeli, že práve takýmto procesom vzniká väčšina najťažších prvkov (medzi inými aj zlata, platiny, tória a uránu), netušili však, v akých objektoch tieto *r*-procesy prebiehajú.

Zlato z horúcich trosiek

Astrofyzici dlho podozrievali supernovy. Časom však vypočítali, že tieto explózie masívnych hviezd ani zďaleka neobjasňujú distribúciu ťažkých prvkov vo vesmíre. Na rozdiel od zrážok neutrónových hviezd, zložiek neutrónovej dvojhviezdy. Takáto kolízia je záverom milióny rokov trvajúceho vývoja, počas ktorého sa dve „mŕtve hviezdy", obiehajúce spoločné ťažisko k sebe približujú, až kým nesplynú. Vedci kombinovali simulácie týchto zrážok s výpočtami jadrových reakcií vyše 5 000 druhov jadier atómov, ktoré explózia po zrážke rozptýli do okolitého priestoru.

Po zrážke dvoch neutrónových hviezd slapové a tlakové sily počas jedinej tisíciny sekundy vymrštia do kozmu horúci materiál s hmotnosťou niekoľkých Jupiterov. Keď teplota plazmy klesne pod hodnotu 10 miliárd stupňov Celzia, rozbehnú sa jadrové reakcie r-procesu. Začínajú sa tvoriť ťažké prvky. Keď vedci vypočítali distribúciu týchto prvkov a skombinovali ich s odhadom kolízií neutrónových hviezd, vedeli, že majú v rukách dôkaz, ktorý hypotézu mení na teóriu: najťažšie chemické prvky sú produktom takýchto udalostí.

Zem sa počas vývoja stala terčom niekoľkých veľkých bombardovaní. Naša planéta sa začala formovať pred 4,567 miliardami rokov *(1)*. Vo zväčšujúcej sa Zemi sa tvorilo kovové jadro. Potom sa Zem zrazila s ďalšou protoplanétou *(2)*, z trosiek zrážky sa sformoval Mesiac. Kovy ako železo a zlato postupne klesli do jadra, v plášti sa ako produkt rádiokatívneho rozpadu hromadil wolfrám *(3)*. Táto fáza sa skončila zhruba pred 4,5 miliardami rokov. Približne 500 miliónov rokov dopadali na Zem planetoidy, jadrá komét a meteority, ktoré obohacovali plášť Zeme najrozličnejšími prvkami. Podiel wolfrámu sa zmenšoval *(4)*. V dnešnom plášti je wolfrámu relatívne menej, hoci v niektorých horninách plášťa sa jeho podiel udržal na úrovni pred bombardovaním *(5)*.

Zlato z prastarých objektov

Kedy tieto kozmické fabriky na zlato vyrobili pozemské zlato? Odhady sú zatiaľ iba približné. Isté je iba to, že tieto procesy prebehli nanajvýš 5 miliárd rokov pred sformovaním Slnečnej sústavy. Tak dlho totiž, necelých 10 miliárd rokov, existuje Mliečna cesta. Pozemské zlato je teda o 5 miliárd rokov staršie ako naša Zem.

Atómy zlata putovali galaxiou. Keď sa zrazili s hmotou prahmloviny, v ktorej sa formovalo Slnko, stali sa súčasťou materiálu, z ktorého sa sformovali planetezimály. Keď sa z týchto telies neskôr sformovala Zem a ďalšie planéty, bola Zem taká horúca, že ju pokrýval žeravý, hlboký oceán magmy. V oceáne sa rozličné ťažké prvky oddelili: tekuté železo kleslo do stredu Zeme, roztavené horniny však zotrvali vo vonkajších vrstvách mladej planéty. Siderofilné materiály – zlato, osmium a platina, ktoré sa môžu spájať so železom, museli tiež klesať smerom k jadru.

Vedci z Astrofyzikálneho inštitútu Maxa Plancka v Garchingu vypočítali, že v hĺbkach Zeme musí byť toľko zlata, že by jej povrch pokrylo vrstvou, hrubou 4 metre. Ušľachtilé kovy sa však vyskytujú aj v zemskej kôre. Dokonca v takom množstve, ktoré geofyzici dlho nedokázali vysvetliť. Britskí vedci nedávno uverejnili v časopise *Nature* článok, v ktorom túto záhadu objasňujú.

Najskôr analyzovali vzorky zemského plášťa s cieľom zistiť obsah wolfrámu. Aj tento kov patrí k siderofilným prvkom. Z nameraných hodnôt izotopu wolfrámu ^{182}W odvodili, aké procesy sa po vytvorení jadra Zeme odohrali.

Dôležitú rolu zohral ďalší izotop ^{182}Hf. Hafnium na rozdiel od wolfrámu so železom nereaguje. Preto tento prvok v čase, keď sa tvorilo jadro Zeme, zotrval v zemskom plášti. Hafnium, podobne ako wolfrám, zjednocuje v jadre 182 základných stavebných „kameňov" jadra – protóny a neutróny. Polčas rozpadu atómových jadier hafnia je 8 miliónov rokov, teda pomerne rýchly. Produktom tohto rozpadu je wolfrám.

Po uplynutí 50 miliónov rokov sa väčšina hafnia v zemskom plášti rozpadla. Zachoval sa v ňom iba pomerne vysoký podiel wolfrámu.

Presné merania izotopov wolfrámu dokázali, že množstvo tohto kovu vo väčšine vzoriek zemského plášťa je takmer konštantný. Iba vo veľmi starých vzorkách zo západného Grónska zistili ľahko zvýšené hodnoty. To naznačuje, že materiál týchto vzoriek pochádza z obdobia veľkého bombardovania, ktorému bola naša Zem vystavená.

Koncentrácia wolfrámu v plášti sa časom znižovala. Jednak preto, že v meteoritoch sa tento kov vyskytuje iba zriedka, ale aj preto, že veľký prísun materiálu z kozmu zemský plášť postupne zrieďoval. Najpádnejší dôkaz poskytujú analýzy chondritov. Tento typ meteoritov, ktoré sa sformovali v mladej Slnečnej sústave, obsahuje iba nepatrné prímesy wolfrámu, ale veľký podiel ušľachtilých kovov.

Vedci vypočítali, že veľké bombardovanie trvalo 500 miliónov rokov. Hmotnosť Zeme sa počas tohto obdobia zvýšila o 1 percento. Časť tohto prírastku tvoria ušľachtilé kovy.

Nature; BdW

GRB 130603B: kolízia, z ktorej vzniklo aj zlato

Koncom júna zaznamenali astronómovia krátke vzplanutie žiarenia gama (GRB). Pozorovania podopreli teóriu, podľa ktorej tento typ žiarenia gama generuje zrážka dvoch neutrónových hviezd. Mŕtvych jadier dvoch starých hviezd, ktorých život sa skončil výbuchom supernovy. Mimoriadne jasný dosvit, ktorý bol v polohe GRB pozorovateľný niekoľko dní po výbuchu, svedčí o tom, že sa v dôsledku zrážky vytvorilo veľké množstvo ťažkých prvkov vrátane zlata.

„Vypočítali sme, že množstvo zlata, ktoré vzniklo po kolízii dvoch neutrónových hviezd a bolo vyvrhnuté do okolitého priestoru, môže mať hmotnosť 10 hmotností Mesiaca," oznámil Edo Berger z CfA.

Vzplanutie žiarenia gama je záblesk žiarenia s vysokou energiou. Väčšina záblesko bola zaznamenaná vo vzdialenom vesmíre. Berger s kolegami študovali GRB 130603B vo vzdialenosti 3,9 miliardy svetelných rokov, čo je najbližšia GRB pozorovaná v ostatných rokoch.

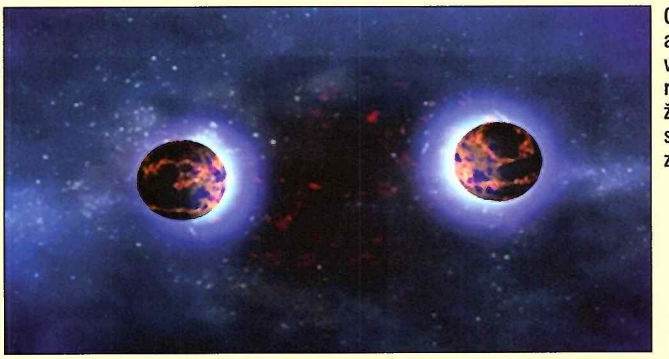
Poznáme dva typy žiarenia gama: dlhé a krátke. Rozlišujú sa podľa toho, ako dlho vzplanutie gama trvá. GRB 130603B, ktoré detegoval satelit Swift 3. júna 2013, trvalo iba dve desatiny sekundy.

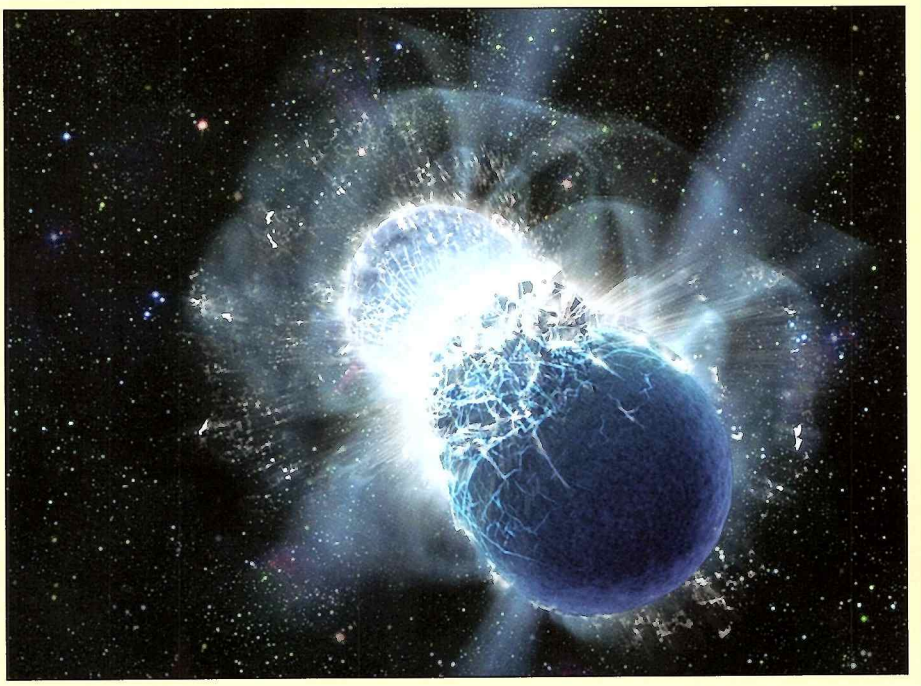
Vzplanutia gama rýchle pohasínajú, ale ich dosvit na rozličných vlnových dĺžkach možno pozorovať niekoľko dní. V prípade GRB 130603B najmä v infračervenej oblasti. Jasnosť a správanie sa tohto dosvitu (ten sa prejaví vtedy, keď prúd častíc s vysokou energiou vnikne do medzihviezdneho priestoru) však nebolo typické. Zdalo sa, že dosvit generovaný rádioaktívnymi prvkami, ktoré vznikli vďaka rýchlym neutrónom, pochádzajú z kolízie. Prvky sa rozpadajú a produkujú žiaru, ktorá sa najvýraznejšie prejavuje v infračervenej oblasti.

„Hľadali sme úkaz, ktorý by dokázal, že krátke vzplanutia žiarenia gama súvisia s kolíziami neutrónových hviezd," vysvetľuje Wen-fai Fong, člen tímu. Vedci vypočítali, že vzplanutie gama vyvrhlo do okolitého priestoru materiál s hmotnosťou 1/100 hmotnosti Slnka, pričom časť tohto materiálu je zlato. Po porovnaní množstva vyprodukovaného zlata krátkym vzplanutím žiarenia gama s celkovým počtom týchto explózií, ktoré sa odohrali vo vesmíre, dospeli k záveru, že všetko zlato vesmíru je produktom krátkych vzplanutí gama!

Carl Sagan svojho času vyhlásil: „Všetko, z čoho sa naše telo skladá, vrátane železa v hemoglobíne, vyprodukovali hviezdy." Naše zlaté šperky sú materiálom, ktorý vznikol po kolízii dvoch neutrónových hviezd.

Astrophysical Journal Letters





Obrázky znázorňujú zrážku a splynutie dvoch neutrónových hviezd. Zrážka je generátorom krátkeho vzplanutia žiarenia gama, počas ktorého sa tvoria ťažké prvky vrátane zlata.

Žiarenie z ničoty

V rámci dômyselného pokusu, ktorý napodobňuje silne vibrujúce zrkadlo, objavili fyzici fotóny vákua. Tak sa potvrdil pred viac ako 40 rokmi predpovedaný kvantový efekt.

„Z ničoho nemôže povstať niečo," vyhlásil svojho času rímsky filozof Lucretius. Vo zvláštnom svete kvantovej fyziky táto skúsenosť neplatí. Fyzikálne „nič" nie je celkom prázdne. Hmýria s v ňom virtuálne častice, ktoré sa prejavujú aj ako reálne.

Napríklad taký Casimirov efekt: dve paralelné zrkadlá vo vákuu sa priťahujú, pretože „tlak" virtuálnych, teda priamo nemerateľných častíc medzi nimi je menší ako v okolí zrkadla. Tento efekt, ktorý už v roku 1948 predpovedal holandský fyzik Hendrik Casimir, sa medzičasom podarilo veľmi presne zmerať.

To je však iba začiatok neuveriteľnej story: fyzik Gerald T. Moore z Brandeis University vo Walthame, (Massachusetts) už v roku 1970 predpovedal, že virtuálne častice by mohli byť reálne, keby ich reflektovalo zrkadlo pohybujúce sa rýchlosťou svetla. Americký fyzik Eli Yablonovitsch nazval tento fenomén v roku 1989 „Casimirovým efektom". A fyzici z tímu Crisa M. Wilsona a Pera Delsinga z Technickej univerzity v Göteborgu hveľkosť tohto efektu nedávno zmerali.

Nakoľko nie je možné, aby sa zrkadlo takouto rýchlosťou pohybovalo, museli experimentálni fyzici vymyslieť alternatívnu metódu. Pokúsili meniť elektrickú dĺžku (v podstate dráhu elektrónov) vo vlnovode. Vodič vĺn prepojili so špeciálnym, kvantovo-mechanickým prepínacím kruhom SQUID (Superconducting Quantum Interference Device), ktorý mimoriadne citlivo reaguje na magnetické polia. SQUID je supravodivý prstenec na jednom či dvoch miestach prerušený izolátorom. Tam sa môžu elektróny vďaka kvantovým efektom „pretunelovať".

Razantné oscilácie

Vedci chladili SQUID na 50 milikelvinov, teda takmer na hodnotu absolútnej nuly (mínus 273,15 stupňov Celzia). Vzápätí niekoľko miliárdkrát za sekundu menili smerovanie vonkajšieho magnetického poľa s frekvenciou 10,3 gigahertzov. Tak napodobnili zrkadlo, ktoré vibrovalo rýchlosťou $^1/_4$ rýchlosti svetla. A div sa svete: na otvorenom konci vlnovodu sa v blízkosti SQUIDu objavovali reálne páry fotónov vo forme merateľných vĺn. Presne tak, ako to pred 40 rokmi Gerald Moore predpovedal.

Vysvetlenie: SQUID preniesol energiu pohybu do vákua, čím sa zrodili fotóny. Ak sa priestor „krmi" energiou, musí sa jej aj zbavovať, vyžiariť. Virtuálne častice sa od pohybujúceho zrkadla odrazia a stanú sa reálnymi. Ak by sme dokázali napumpovať do vákua viac energie, „materializovali" by sa aj častice s kľudovou hmotnosťou. Napríklad elektróny.

Keď Wilson so svojim tímom merali frekvenciu mikrovĺn zistili, že spektrum ich energie bolo symetrické s polovičnou frekvenciou oscilujúcich fiktívnych zrkadiel. Všetky merania však boli v zhode s kvantovo-teoretickými predpoveďami. Vedci vylúčili možnosť chýb systému i tepelný šum meracieho aparátu. Takže: fotóny sa naozaj vynorili z prázdneho priestoru, z vákua.

Fyzikálna senzácia

Nadšení sú aj vedci, ktorí sa na pokuse nepodieľali. „Experiment je dômyselný a predstavuje veľký krok dopredu," komentoval prácu kvantový fyzik Federico Capasso z Harvard University v Cambridge, Massachusetts. „Za významný míľnik v dejinách fyziky" označil výsledky Wilsonovho tímu aj teoretický fyzik John Pendry z Imperial College v Londýne. Ďalšie tímy sa teraz pokúšajú „tvoriť" reálne fotóny aj pomocou iných metód: akustickými vlnami, nanomechanickými rezonátormi, alebo modulovaním elektrických vlastností vákuových rezonátorov.

Experimenty so svetlom z vákua sa budú dať využiť v oblasti kvantovej informácie. Hlavným prínosom je však lepšie pochopenie vlastností vákua, ktoré vo vývoji vesmíru zohráva rozhodujúcu úlohu. V roku 2011 udelili Nobelovu cenu za fyziku objaviteľom zrýchľujúceho sa rozpínania vesmíru, ktoré podľa všetkého generuje záhadná tmavá energia. Energia, ktorá vákuum rovnomerne vypĺňa.

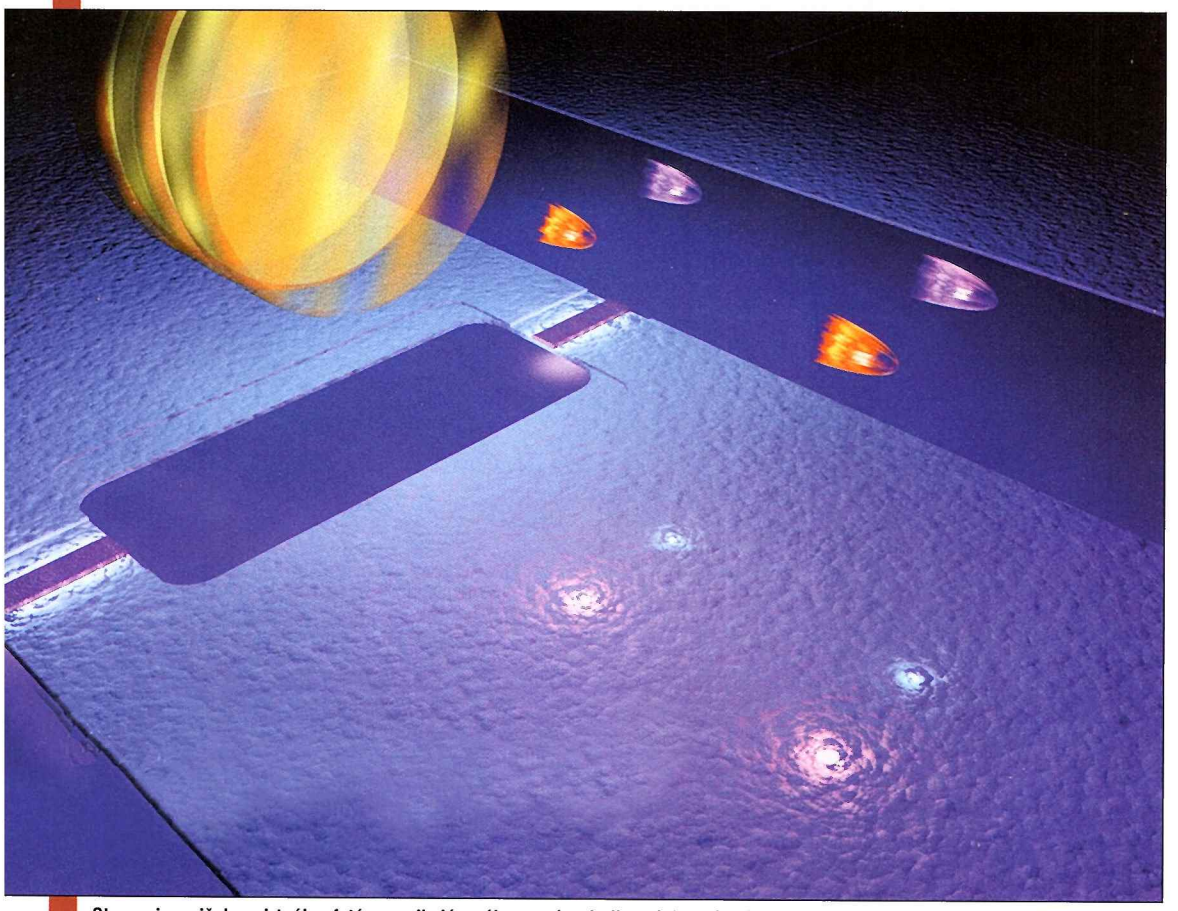
Z laboratória do vesmíru

„Dôkaz dynamického Casimirovho efektu je prelomom, ktorý umožní aj nové experimenty, objasňujúce produkovanie častíc počas rozpínania sa vesmíru či napodobenie vyparovania čiernych dier," predvída Diego Dalvit z Los Alamos National Laboratory v Novom Mexiku.

V roku 1974 objavil Stephen Hawking z Cambridge University, že kvantové efekty umožňujú aj unikanie častíc z čiernych dier. Aj tieto častice totiž pochádzajú z kvantového vákua a oslobodzujú sa z hrtanov časopriestoru.

Analogický efekt sa objavuje aj pri zrýchľujúcej sa expanzii vesmíru, ktorú generuje tmavá energia. Rozpínaním sa vytvára takzvaný „horizont energie", porovnateľný s horizontom udalostí nad čiernou dierou. Aj tento kozmický horizont (aspoň podľa výpočtov Hawkinga a Gibbonsa z roku 1977) dokáže totiž premeniť virtuálne častice na reálne.

Kvantová teória nás teda učí, že vákuum vonkoncom nie je „ničotou", prázdnom, ale bublajúcou realitou.



Stvorenie z ničoho: virtuálne fotóny vznikajú z vákua v pároch. Ilustrácia znázorňuje zrkadlo, ktoré vibruje bezmála rýchlosťou svetla. Zrkadlo ako symbol, pretože počas experimentu vedci nahradili zrkadlo kvantovomechanickým magnetickým senzorom (SQUID).

BdW

Stelárne čierne diery v M31

Analýza snímok z röntgenového vesmírneho ďalekohľadu Chandra ukázala, že v galaxii v Andromede, ktorá je susedom Mliečnej cesty, je nečakane veľa stelárnych čiernych dier. Sto päťdesiat pozorovaní počas trinástich rokov prispelo k objavu 35 kandidátov na stelárne čierne diery. Viac čiernych dier zatiaľ v nijakej inej galaxii mimo tej našej neobjavili. Obe galaxie sa o niekoľko miliárd rokov zrazia.

Vedci z CfA (Center for Astrophysics) v Cambridge (Massachusetts) sa nazdávajú, že ide iba o vrchol ľadovca. Čiernych dier bude v M31 oveľa viac. Prvým krokom k identifikácii čiernych dier v tomto hviezdnom ostrove bolo zmapovanie zoskupení hviezd v oblastiach zdrojov röntgenového žiarenia. Vedci využili novú techniku, ktorá umožňuje získať informácie o jasnosti a variabilite týchto zdrojov žiarenia z údajov Chandry. Nie však z centra galaxie, kde obvykle sídli supermasívna čierna diera, ale z veľkých zoskupení hviezd okolo centra, ktoré sa menia oveľa rýchlejšie. Vedci sa nazdávajú, že zmeny v jednotlivých zoskupeniach môžu spôsobovať stelárne čierne diery. (Tie vznikajú po kolapse masívnych hviezd, ktoré mali 5- až 10-krát väčšiu hmotnosť ako Slnko.)

Centrálna časť veľkej galaxie Andromeda (M31) na röntgenovej snímke satelitu Chandra.

Na to, aby mohli potenciálne zdroje röntgenového žiarenia označiť za čierne diery, museli identifikovať niekoľko charakteristických vlastností týchto objektov: sú jasnejšie ako priemerné zdroje röntgenového žiarenia a majú v tejto oblasti aj typickú farbu. Ani v jednom zo zdrojov, ktoré obsahujú neutrónové hviezdy (husté jadrá mŕtvych hviezd), ktoré by mohli byť alternatívnym vysvetlením týchto pozorovaní, tieto charakteristiky nepozorovali.

Objav podporili aj údaje z vesmírneho ďalekohľadu XMM Newton, ktorý získava spektrá röntgenového žiarenia s vysokou energiou, typické pre niektorých kandidátov na čierne diery.

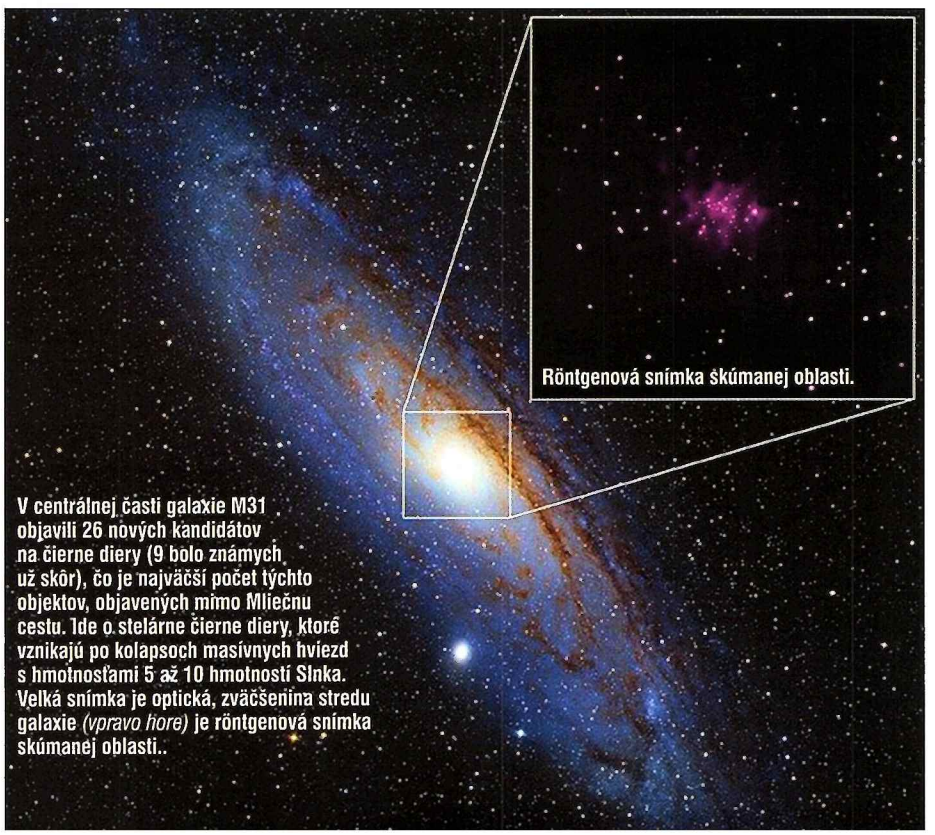
Vedci využili snímky exponované počas 13 rokov pozorovaní a vytvorili tak fotografiu s mimoriadne dlhou expozíciou, ktorá umožňuje rozlíšiť, či jednotlivé zdroje žiarenia sú neutrónové hviezdy, alebo čierne diery.

V políčku, ktorý monitorovala Chandra, objavili pôvodne 9 kandidátov na čierne diery. Dnes ich je už 35. Osem z nich sa nachádza v guľových hviezdokopách, v starých sférických zoskupeniach hviezd, ktoré sa vyskytujú nad stredom galaxie. Medzi guľovými hviezdokopami Mliečnej cesty objavili však zatiaľ iba jednu, ktorá má v strede stelárnu čiernu dieru.

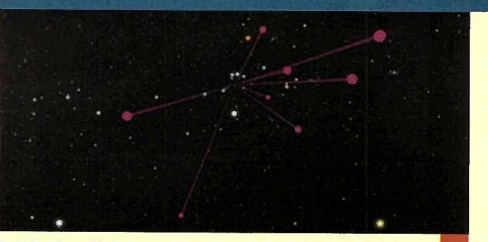
Sedem kandidátov na čierne diery sa nachádza vo vzdialenosti 1000 svetelných rokov od centra M31. Je ich tam oveľa viac, ako kandidátov s podobnými vlastnosťami blízko stredu našej Galaxie. Astronómov to neprekvapuje, lebo centrálna výduť Andromedy je podstatne väčšia.

Už dávnejšie pozorovania naznačovali, že tieto zvláštne zdroje röntgenového žiarenia sú objekty so stelárnymi čiernymi dierami uprostred, ktoré gravitačne pripútali hviezdy s nižšou hmotnosťou. Sedem kandidátov blízko stredu galaxie M31 túto hypotézu posilnilo.

The Astrophysical Journal



V centrálnej časti galaxie M31 objavili 26 nových kandidátov na čierne diery (9 bolo známych už skôr), čo je najväčší počet týchto objektov, objavených mimo Mliečnu cestu. Ide o stelárne čierne diery, ktoré vznikajú po kolapsoch masívnych hviezd s hmotnosťami 5 až 10 hmotností Slnka. Veľká snímka je optická, zväčšenina stredu galaxie *(vpravo hore)* je röntgenová snímka skúmanej oblasti..



Polohy hnedých trpaslíkov, ktorých objavil satelit WISE a zmapoval vesmírny ďalekohľad Spitzer. Polohu hnedých trpaslíkov vzhľadom k Slnku znázorňuje ilustrácia ako pohľad z bodu vzdialeného od Slnka 100 svetelných rokov. Imaginárny pozorovateľ sa z tohto bodu pozerá smerom k súhvezdiu Orión. Slnko *(uprostred)* vidíme ako škvrnku svetla. Dvoch hnedých trpaslíkov by pozorovateľ z tohto bodu nerozlíšil.

Najchladnejší hnedí trpaslíci

Astronómovia neustále poľujú na čoraz chladnejšie, hviezdam podobné objekty. Pred dvoma rokmi tím okolo vesmírneho ďalekohľadu WISE objavil dvoch hnedých trpaslíkov s parametrami, ktoré naznačovali, že by mohlo ísť o objekty nového typu.

Najnovšie údaje prezradili, že títo hnedí trpaslíci sú naozaj najchladnejšími voľne sa pohybujúcimi objektmi svojho druhu, ale teploty ich povrchov sú vyššie ako sa predpokladalo: majú 138 až 194 °C. Ak povrchová teplota objektov, ktoré chladnú celé miliardy rokov, má takéto hodnoty, potom ich hmotnosť by mala byť nanajvýš 5- až 20-krát vyššia ako hmotnosť Jupitera. Na rozdiel od Slnka jediným zdrojom energie v týchto telesách je gravitačné zmršťovanie, ktoré s ich hmotnosťami priamo súvisí.

„Ak by jedno z týchto telies krúžilo okolo nejakej hviezdy, možno by sme ho považovali za planétu," tvrdí Trent Dupuy z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. „Nakoľko je takmer isté, že sa títo hnedí trpaslíci nesformovali v protoplanetárnych diskoch, ale ako samostatné objekty v prachoplynových mračnách, nepovažujeme ich za planéty."

Presné údaje o vlastnostiach hnedých trpaslíkov sa získavajú ťažko, pretože sú malé, nejasné, chladné, pričom väčšina žiarenia, ktoré emitujú, sa prejavuje na infračervených vlnových dĺžkach."

Určenie presnej teploty povrchov oboch hnedých trpaslíkov je možné iba vtedy, ak vedci dokážu určiť ich vzdialenosti. Zatiaľ nevedia, či sú „chladnejší a slabší" preto, že sa nachádzajú vo veľkej vzdialenosti, alebo naopak, či sa javia ako teplejší a jasnejší preto, lebo sú relatívne blízko. Pomocou údajov z vesmírneho ďalekohľadu Spitzer vedci odhadli, že obe telesá sa nachádzajú vo vzdialenostiach 20 až 50 svetelných rokov.

Tím najskôr zmeral paralaxy oboch hnedých trpaslíkov: zmeny ich polohy v čase oproti hviezdam na pozadí oblohy.

„Paralaktický pohyb relatívne blízkych hnedých trpaslíkov je neveľký. Jeho presne zmeranie vyžaduje prístroj, ktorý dokáže rozlíšiť pohyb 2,5 cm veľkého objektu zo vzdialenosti 360 kilometrov," vysvetľuje Adam Kraus z Texaskej univerzity, člen tímu.

Nové údaje sú výzvou aj pre vedcov, ktorí študujú chladné, planétam podobné atmosféry. Na rozdiel od teplejších hnedých trpaslíkov a hviezd, vlastnosti týchto hnedých „zmrzliakov" nie sú príliš závislé od teploty. Významnejšiu rolu zohrávajú iné faktory, napríklad konvektívne miešanie ich atmosfér, ovplyvňujúce chemické pochody na povrchu. Zaujímavým objavom je aj uvoľňovanie a rozptyl alkalických prvkov, ktoré sa zhromažďujú v oblakoch.

Vedci zatiaľ vyhodnotili iba údaje, ktoré získal satelit WISE. Zásadnejšie stanovisko zverejnia až vtedy, keď zanalyzujú údaje z chladných objektov, objavených počas ostatných dvoch rokov.

CfA Press Release

Ilustrácia znázorňuje to, čo by sme videli, keby sme dokázali systém hviezdy TW Hydrae priblížiť. Vidíme, ako sa do polárnej oblasti vnárajú prúdy plynu z protoplanetárneho disku. Vedci zistili, že tento proces nie je rovnomerný. Hviezda niekoľko hodín či dní nasáva obrovské balíky a inokedy iba tenké vlákna plynu. Štúdovaním hviezdy TW Hydrae sa vedci dozvedajú, ako sa správalo Slnko, keď malo iba 10 miliónov rokov.

Naše Slnko bolo kedysi čulým batoľaťom

Keby mali solárni astronómovia možnosť využiť stroj času, väčšina z nich by sa chcela vrátiť do obdobia pred 4,5 miliardami rokov. Stali by sa tak svedkami zrodu Slnka a jeho planét a mohli by študovať aj vývoj mladých hviezd v jeho okolí. Z najnovších poznatkov vyplýva, že mladé Slnko bolo „v plienkach" mimoriadne aktívne. Zväčšovalo sa nerovnomerne, skokmi, pričom generovalo silné vzplanutia röntgenového žiarenia.

„O tom, čo sa s naším Slnkom v tom čase dialo, sa dozvedáme štúdiom hviezdy TW Hydrae," vraví Nancy Brickhouseová z Harward Smithsonian Center for Astrophysics. TW Hydrae, mladá hviezda, vzdialená 190 svetelných rokov, je oranžovou hviezdou typu K. Má iba 10 miliónov rokov a ešte vždy nabaľuje hmotu z akréčneho disku, v ktorom sa už možno formujú planéty. TW Hydrae má zatiaľ o pätinu nižšiu hmotnosť ako Slnko.

Nabaľovaním plynu z disku hviezda rastie. Materiál sa však nenabaľuje na povrch hviezdy rovnomerne a priebežne. Tvar disku je amorfný, premenlivý, takže sa stáva, že plyn z disku prúdi pozdĺž čiar magnetického poľa aj k obom pólom hviezdy.

Poloha hviezdy TW Hydrae umožňuje vedcom pozorovať jeden z jej pólov odspodku a sledovať akréčny proces do detailov.

Nabaľovaný materiál sa vnára do hviezdy. Nárazová vlna zahrieva nabaľovaný plyn na teplotu 2,7 miliónov °C. Plyn generuje intenzívne röntgenové žiarenie. Počas pohybu však chladne, takže začne žiariť aj na optických vlnových dĺžkach. Tím skombinoval údaje z röntgenového satelitu Chandra s údajmi pozemských optických ďalekohľadov. Tak sa im po prvý raz podarilo sledovať plyn počas celého procesu nabaľovania!

Ukázalo sa, že akrécia nie je stabilný proces. Objem nabaľovaného plynu sa mení. V priebehu niekoľkých dní sa môže zvýšiť až päťkrát! Alebo naopak... Časť nabaľovaného materiálu vytláča z krútňavy aj hviezdny vietor, podobný slnečnému vetru, ktorý vypĺňa našu Slnečnú sústavu. Časť plynu vynášajú z disku aj najrozličnejšie erupcie a ich sprievodné úkazy.

Slniečkari už dávno vedia, že mladé hviezdy majú oveľa vyššiu magnetickú aktivitu ako Slnko, ktoré je teraz v strednom veku. Po prvý raz však majú možnosť priamo skúmať interakcie medzi magnetickým poľom a protoplanetárnym diskom hviezdy.

Zdrojom magnetickej aktivity TW Hydrae je proces akrécie.

CfA Press Release

Zvláštny zvyšok **po najmladšej supernove**

V našej Galaxii zaznamenajú výbuch supernovy raz až dvakrát za storočie. Jednu z nich, či presnejšie zvyšok po jej výbuchu, objavili astronómovia v roku 2008. Tento zvyšok (G1.9+03), vzdialený 28 000 svetelných rokov, nachádza sa neďaleko stredu Mliečnej cesty. Vznikol pred 100 rokmi, keď doteraz „najmladšia" supernova našej Galaxie vybuchla. Úkaz mohli zaznamenať aj pozemskí pozorovatelia, ak ho v tom čase nezacláňali oblaky prachu a plynu.

Supernova vybuchla buď po gravitačnom splynutí dvoch bielych trpaslíkov, alebo po nabalení kritického množstva hmoty bielym trpaslíkom z inej hviezdy v binárnom systéme. Ide teda o supernovu typu Ia, ktorý astronómovia vďaka ich mimoriadnej jasnosti a stálosti využívajú ako jeden z „majákov", a pomocou nich odhadujú vzdialenosti.

Na snímkach zo satelitu Chandra vidíme pretrhnutý prstenec výbuchom vyvrhnutého materiálu. Röntgenové žiarenie s nízkou energiou sa javí ako červené, stredne silné žiarenie je zelené, žiarenie s vysokou energiou modré. Snímku z Chandry skombinovali s optickou fotografiou (zdroj: Digitized Sky Survey), na ktorej sú okolité hviezdy biele.

Analýza prezradila, že väčšinu röntgenového žiarenia tvorí „synchrotrónové žiarenie", generované extrémne energetickými elektrónmi, ktorých pohyb vlna po výbuchu urýchlila. Časť röntgenových emisií je produktom prvkov, ktoré vytvorila supernova. Z nich možno odhadnúť, o akú explóziu išlo.

Väčšina zvyškov po supernovách typu Ia má symetrický tvar, lebo výbuch obvykle rozptyľuje hmotu rovnomerne na všetky strany. Zvyšok G1.9+0,3 má však extrémne asymetrický tvar. Najsilnejšie röntgenové emisie kremíka, síry a železa, šíriace sa zo severného okraja zvyšku, spôsobili, že „prstenec" je roztrhaný.

Vedcov udivilo, že železo, ktoré vzniká vo vnútre dozrievajúcich hviezd a pohybuje sa pomerne pomaly, detegovali ďaleko od centra výbuchu. Častice Fe sa pohybujú rýchlosťou bezmála 6 miliónov kilometrov za hodinu a sú premiešané s časticami ľahších prvkov, ktoré sa normálne formujú skôr a vo väčších vzdialenostiach od hviezdy.

Vedci vzhľadom na nerovnakú distribúciu hmoty zvyšku a jeho extrémnu rýchlosť usúdili, že výbuch tejto supernovy bol neobyčajne zvláštny. Údaje porovnali s platnými teoretickými modelmi a vygenerovali niekoľko možných mechanizmov. Za najpravdepodobnejší považujú model „zadržanej detonácie", keď sa explózia uskutoční v niekoľkých fázach. Jadrové reakcie sa najskôr prejavia vo forme pomaly sa šíriaceho čela nárazovej vlny, v ktorej sa formuje železo a iné ťažšie prvky. Energia týchto reakcií generuje rozpínanie hviezdy, počas ktorého sa mení jej hustota. Tento proces umožňujú aj ďalšie detonácie, ktoré rýchlosť vyvrhnutej hmoty zvyšujú. V prípade, ak by išlo o mimoriadne asymetrickú explóziu, rozličné časti prstenca by sa museli pohybovať rozdielnymi rýchlosťami. Či je to tak, vyplynie z ďalších údajov satelitu Chandra.

Pozorovanie objektu G1.9+0.3 je pre astronómov nečakanou príležitosťou študovať mladý zvyšok po supernove, ktorý sa neobyčajne rýchle mení. Väčšinu týchto zmien generuje rádioaktívny rozpad prvkov, ktoré výbuch rozptýlil. Napríklad rádioaktívny rozpad kobaltu po výbuchu by mal vyprodukovať veľké množstvo antihmoty. Vzhľadom na odhadnuté množstvo železa (Fe vzniká rozpadom niklu na kobalt a kobaltu na železo) by sa malo vytvoriť 50 miliónov biliónov pozitrónov, ktoré sú náprotivkami elektrónov. Väčšina z nich by sa po kolíziách s elektrónmi okamžite anihilovala, takže priama detekcia antihmoty je v tomto prípade nepravdepodobná.

Chandra Press Release

G1.9+0.3, zvyšok po výbuchu „najmladšej" supernovy, zaznamenanej v našej Galaxii. Vybuchla zhruba pred sto rokmi vo vzdialenosti 28 000 svetelných rokov, neďaleko centra Mliečnej cesty. Nepravidelný tvar zvyšku (pretrhnutý prstenec) i ďalšie vlastnosti vyvrhnutej hmoty nezapadajú do platných modelov supernov typu Ia.

Najstarší **dvojník Slnka**

Astronómovia skúmajú Slnko pomocou ďalekohľadov iba 400 rokov. To je iba zlomok jeho veku: 4,6 miliardy rokov. Preto nie je ľahké rekonštruovať jeho minulosť a odhadnúť jeho budúcnosť. Slniečkárom sú však na dobrej pomoci zriedkavé hviezdy s rovnakými parametrami, ako má Slnko, ale pristihnuté v rozličných štádiách ich vývoja. Nedávno objavili hviezdu, ktorá je identická so Slnkom, ale je o 4 miliardy rokov staršia!

Prvého dvojníka Slnka objavili až v roku 1997. Odvtedy objavili iba niekoľko ďalších. Vďaka superkvalitným spektrám z ďalekohľadu VLT/ESO dokážu tieto dvojčatá preskúmať s doteraz nebývalou presnosťou.

Brazílsky tím (Universidade de Sao Paolo) študovalo dvoch slnečných dvojníkov: HIP 102 152, o ktorom si mysleli, že je staršie, a 18 Scorpii, o ktorom si mysleli, že je mladšie ako Slnko. Spektrograf UVES na VLT/ESO Paranal Observatory získal údaje, z ktorých vedci s mimoriadnou presnosťou určili chemické zloženie oboch hviezd a ich ďalšie vlastnosti. Zistili, že hviezda HIP 102 152 v súhvezdí Capricornus je doteraz najstarším dvojníkom Slnka: má 8,2 miliardy rokov. Hviezda 18 Scorpii je mladšia ako Slnko: má iba 2,9 miliardy rokov.

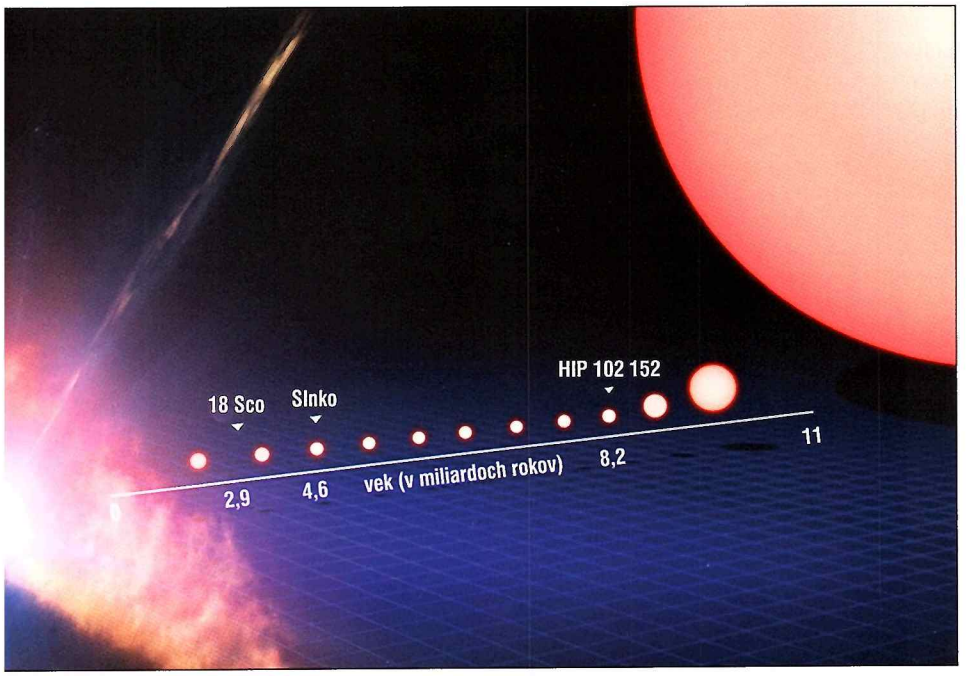
Aký bude osud Slnka? Vedci ho odhadujú z údajov o podieloch lítia. Lítium, tretí prvok v periodickej tabuľke, vznikol už počas big bangu, spolu s vodíkom a héliom. Stelárnici si už celé roky lámu hlavy, prečo majú niektoré hviezdy menej lítia ako iné. Údaje z HIP 102 152 prispeli k rozlúšteniu tejto záhady. Vedci vďaka nim objavili vzťah medzi vekom hviezd podobných Slnku a množstvom lítia, ktoré obsahujú.

Slnko má dnes presne 1 % lítia. Mladšie dvojníci Slnka ho majú podstatne viac, ale vedci nedokázali určiť, aký je vzťah medzi množstvom tohto prvku a vekom. Brazílčania zistili, že HIP 102 152 má veľmi nízke hladiny lítia. Tak získali dôkaz, že starší dvojníci Slnka majú ešte menej lítia ako Slnko a ostatní mladší dvojníci. To znamená, že tieto hviezdy počas starnutia lítium rozkladajú, takže Slnko ho má dnes presne toľko, koľko by malo mať. Proces zániku lítia je nejasný. Predpokladá sa, že sa časom z povrchu hviezdy prepadá do jej vnútra, kde zaniká.

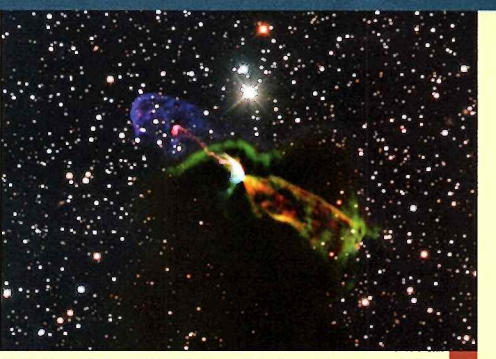
Mimoriadnu pozornosť vyvolali údaje, podľa ktorých má HIP 102 152 zvláštne chemické zloženie, ktoré sa podstatne odlišuje od iných dvojníkov Slnka. Je však takmer totožné s chemickým zložením našej hviezdy. V oboch prípadoch chýbajú prvky, ktoré nachádzame v meteoritoch dopadajúcich na Zem. Tento fakt považujú planetológovia za dôkaz, že hviezda HIP 102 152 by mala mať terestrické planéty.

Poznámka: Ak hviezde chýbajú prvky, ktoré sa hojne vyskytujú v skalnatých telesách, môže to byť indícia, že má terestrické, Zemi podobné planéty. Tieto prvky sa totiž počas formovania planét v disku na ne nabaľujú. Navyše, okolo hviezdy HIP 102 152 nekrúži v zelenej zóne nijaká obria planéta, takže existencia Zemi podobných planét je o to pravdepodobnejšia. Obrie planéty, obiehajúce hviezdu po blízkych dráhach, možnosť formovania menších planét podstatne znižujú. Plynoví obri sa totiž môžu sformovať iba za zelenou zónou, tam, kde je primerane nízka teplota, umožňujúca nabaľovanie primoridálneho materiálu s vysokým obsahom zamrznutých plynov. Ak sa po čase začnú po špirále približovať k hviezde, potenciálne terestrické planéty buď deštruujú, alebo ich postupne zo sústavy katapultujú.

ESO Press Release



Ilustrácia znázorňuje vývoj Slnku podobnej hviezdy od jej vzniku *(vľavo)*, až kým nezostarne a nezmení sa na červeného obra *(vpravo)*. Protohviezdu vľavo obaľuje hustý prachový disk. Časom sa zmení na Slnku podobnú hviezdu. Protohviezda môže byť až 2000-krát väčšia ako Slnko. Červený obor vpravo môže byť až 100-krát väčší. Štúdiom hviezdy HIP 102 152 môžu vedci odhadnúť osud nášho Slnka. Ilustrácia je približná: vek, veľkosti a farby jednotlivých objektov neznázorňuje v škále.



Snímka objektu HH 46/47 vznikla kombináciou rádiových pozorovaní (ALMA) so snímkami ďalekohľadu NTT/ESO, získaných na kratších vlnových dĺžkach viditeľného žiarenia. Vpravo dole vidíme veľký oranžový a zelený výtrysk, ktorý sa od nás vzďaľuje. Optické ďalekohľady by ho v oblaku prachu nerozlíšili. Vľavo vidíme viditeľnú časť protiľahlého výtrysku (ružová a purpurová), ktorý smeruje k nám.

Dráma **zrodu hviezdy**

Mladé hviezdy sú búrlivé objekty. Vyvrhujú hmotu rýchlosťou až milión kilometrov za hodinu. Keď tento materiál narazí na plyn v okolí, začne intenzívne žiariť. Tak vznikajú Harbigove-Harove objekty. Jeden z nich Harbig-Haro 46/47, vzdialený 1400 svetelných rokov od Zeme (v súhvezdí Vela), preskúmala aj ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array).

George Harbig a Guillermo Haro objekty, ktoré nesú ich meno, neobjavili. Boli však prví, ktorí získali a študovali ich podrobné spektrá. Zistili, že nejde iba o zhluky prachu a plynu, ktoré reflektujú žiarenie alebo žiaria pod vplyvom UV-žiarenia mladej hviezdy. Nedôverčivých kolegov presvedčili, že ide o nový typ objektov, ktoré vysokou rýchlosťou vyvrhujú hmotu do okolia formujúcej sa hviezdy.

Na snímke vidíme dva výtrysky. Jeden sa k Zemi približuje, druhý sa od nej vzďaľuje. Optické ďalekohľady nedokážu výtrysk rozlíšiť, pretože ho zahaľujú oblaky prachu obaľujúce mladú hviezdu. ALMA exponovala doteraz najostrejšie snímky takého objektu a z jej údajov dokázali vedci vypočítať aj rýchlosť vyvrhnutého materiálu.

Ukázalo sa, že výtrysky (presnejšie niektoré prúdy v nich) sa šíria rýchlosťami, aké doteraz zo žiadnej mladej hviezdy nezaznamenali. Učebnicový príklad modelu, podľa ktorého sú prúdy molekúl vo výtrysku urýchľované silnými hviezdnymi vetrami.

Na snímke vidíme unikátne detaily vývoja osamotenej hviezdy s malou hmotnosťou, počas formovania krátko po jej zrode. Vedci doteraz nikdy nepozorovali úkaz, keď výtrysk penetruje oblak prachu, ktorý mu stojí v ceste a prederie sa ním na opačnú stranu. Stelárnici, ktorí skúmajú vplyvy hviezdnych vetrov na mračná, v ktorých sa mladé hviezdy formujú, získali unikátnu možnosť tieto procesy dopodrobna preštudovať.

Mimoriadna rozlišovacia schopnosť ALMA umožnila objav nečakaného výronu, ktorý tryská z menšieho spolupútnika mladej hviezdy. Tento sekundárny výtrysk vyhĺbil do oblaku vlastný tunel. Astronómovia sú presvedčení: ALMA, po skompletizovaní sústavy antén otvorí novú etapu výskumu mladých hviezd.

ALMA Press Release

Záhady okolo

Neraz sa stalo, že jediné náhodné pozorovanie zmenilo naše predstavy o vesmíre. V roku 1610 zamieril Galileo malý refraktor na Jupiter a objavil jeho štyri veľké mesiace. Tento objav spôsobil, že Zem stratila svoje postavenie ako stred kozmu. V roku 1920 pozoroval Edwin Hubble premenné hviezdy v galaxii M32 a ďalších špirálových galaxiách. Zistil, že tieto nejasné objekty sú samostatnými galaxiami ďaleko za Mliečnou cestou. Dovtedy sme si mysleli, že okrem našej Galaxie žiadna iná neexistuje. Po Hubblovom objave sa vesmír i predstavy o ňom značne zmenili.

Čo je kvazar?

Pôvodný názov – kvázistelárny zdroj rádiového žiarenia skrátil astronóm Hong-Yee Chiu na kvazar. Pôvodná definícia kvazaru, bodový zdroj rádiového žiarenia, ktorý pripomína hviezdu vo viditeľnom svetle, sa však postupom čase spresnila. Dnes za kvazar považujeme supermasívnu čiernu dieru milión- až milardkrát väčšiu ako Slnko, hniezdiacu v strede galaxie a nasávajúcu plyn z akréčneho disku. Centrálna čierna diera, v porovnaní s diskom, ktorý okolo nej krúži, vyzerá tak, ako na pripojenom obrázku. Intenzívne žiarenie horúceho, krúžiaceho plynu je 100 000-krát jasnejšie ako žiarenie všetkých hviezd v hostiteľskej galaxii. Ak má kvazar výtrysky, tie sa šíria pozdĺž osi rotácie čiernej diery, pričom emitujú rádiové vlny a ďalšie typy žiarenia, ktoré môže prevýšiť žiarenie z disku.

Pred 50 rokmi Maarten Schmidt, mladý profesor z Caltechu, zmeral spektrum vzdialeného objektu, ktorý považoval za masívnu hviezdu. Využil v tom čase najväčší ďalekohľad, 5-m Hale na Palomarskom observatóriu, a zistil, že takúto „hviezdu" ešte nikto nevidel. O tri roky neskoršie sa jeho objav objavil na obálke týždenníka Time. Napriek tomu, že vedci sa ešte vždy dohadovali, o aký objekt vlastne ide, predstavy o vesmíre sa opäť zásadne zmenili. Vedci už vedeli, že kvázistelárne teleso-kvazar sa nachádza na samom „dne" vtedy pozorovateľného vesmíru. Teda rádovo ďalej ako všetky dovtedy známe galaxie.

Čo sa vykľulo z kvázihviezdy?

Objav kvazarov bol plodom revolučného rozvoja rádioastronómie. Vývoj radaru počas Druhej svetovej vojny umožnil náhodnú detekciu prírodných zdrojov rádiového žiarenia medzi hviezdami. Zdroj bol známy i jeho poloha, ale zdroje sa dlho nedarilo zviditeľniť aj v optickej oblasti. Vedci netušili, o aké zdroje ide.

Do 70. rokov boli rádioteleskopy pomerne primitívne prístroje. Pred nasadením prvých interferometrov dokázali určiť iba približnú polohu zdrojov. Prielom v optickej oblasti urobil astronóm Cyril Hazard. Kľúčom boli zákryty rádiových zdrojov Mesiacom. Zdroj rádiového žiarenia vo chvíli, keď ho Mesiac prekryje, okamžite za jeho limbom vyhasne. Keď sa zdroj objaví na opačnej strane, jeho poloha na limbe sa nepatrne zmení. Z týchto údajov možno vypočítať presnú polohu zdroja.

Hazardov tím pozoroval tri lunárne zákryty rádiového zdroja 3C 273. Jeho polohu určili s presnosťou pod hodnotou 1 oblúkového stupňa. (Bol to vtedy 273. zo všetkých rádiových zdrojov archivovaných v katalógoch.) Z neskorších pozorovaní vyplynulo, že zdroj je totožný s dvomi optickými zdrojmi: zdroj 3C 227A bol výtryskom zo zdroja 3C 273B, relatívne jasného, hviezde podobného objektu. Stelárnikom sa však nepozdávalo, prečo sa hviezda (ak je to hviezda) spodobila na fotografiách ako rozmazaná machuľa.

Schmidt túto „machuľu" študoval pomocou ďalekohľadu Hale. Nakoľko poznal jej presnú polohu, využil najefektívnejší diagnostický nástroj astronómie – spektroskopiu. Z optického spektra však nezmúdrel. Spektrálne čiary zdroja 3C 273B boli celkom neznáme. Inými slovami: dovtedy nikto takéto spektrum z nijakého objektu nedetegoval.

Prvé povedomé čiary v spektre objavil Schmidt až po niekoľkých týždňoch. Bola to Balmerova séria čiar vodíka. Čiary však boli posunuté o 16 % smerom k červenému okraju spektra. *(Pozri rámček na nasledujúcej strane.)* To znamenalo, že zdroj sa od nás vzďaľuje.

Oblasti, v ktorých sa rodia hviezdy i planetárne hmloviny, majú rovnaké spektrá. Navyše, rovnaké čiary pozorujeme aj v spektrách Seyfertových galaxií, pomerne blízkych špirál s jasnými jadrami, z ktorých sa neskôr vyvinú slabšie, podvyživené sesternice kvazarov.

Schmidtov objav bol epochálny. Podujal sa interpretovať fotografické spektrá v roku 1963, čo bolo v tom čase skôr umelecké ako vedecké podujatie. Ak porovnáme spektrá z ďalekohľadu Hale so súčasnými spektrami toho istého objektu, zistíme, že slabšie čiary sa v tom čase takmer nedali rozlíšiť. Schmidt teda lúštil iba čiary s vysokým kontrastom.

Ďaleký a jasný zdroj

Prečo 16-percentný červený posun astronómov tak prekvapil? Astronómovia vedeli, že vzdialené objekty v rozpínajúcom sa vesmíre majú spektrá s červeným posunom. Vedeli aj to, že najvzdialenejšie objekty sa od nás čoraz rýchlejšie vzďaľujú. Už začiatkom 60. rokov študovali vedci vzdialené kopy galaxií s väčším ako 20% červeným posunom. Teda vyšším ako červený posun zdroja 3C 273.

Lenže tieto zdroje nemali ani zďaleka takú intenzitu ako 3C 273. Vzdialenejšie objekty by predsa mali žiariť slabšie. Takže, ak sa zdroj naozaj nachádzal iba vo vzdialenosti 2 miliárd svetelných rokov, potom by mal žiariť 40-krát jasnejšie ako vtedy najvzdialenejšie známe galaxie.

Schmidt usúdil, že ak je výtrysk 3C 273 naozaj produktom zdroja 3C 273B, mal by mať dĺžku 160 000 svetelných rokov. To by sa však musel šíriť rýchlosťou svetla. Tak rýchle sa však šíriť nemohol, takže musel byť starší.

Z výpočtov vyplynulo, že ak si zdroj po celý čas udržal rovnakú jasnosť, celková vyžiarená energia by prekonala výkon 100 supernov!

Astronomická obec však neuverila, že by vo vesmíre mohol existovať objekt, ktorý by bol po taký dlhý čas zdrojom takej gigantickej energie. S objavom ďalších kvazarov pochybnosti narastali. Najmä potom, keď sa zistilo, že ich jasnosť sa mení nielen z roka na rok, z mesiaca na mesiac, ale dokonca zo dňa na deň. Začali špekulovať, ako môže také množstvo energie generovať jadro objektu, ktorý nemá väčší priemer ako niekoľko svetelných dní. (To je priemer našej Slnečnej sústavy.) Ako môže toľko energie vygenerovať taký malý priestor?

Kvazary na optických snímkach vyzerajú ako bodové zdroje žiarenia. Pripomínajú hviezdy. Ilustrácia znázorňuje jednu z najväčších štruktúr, ktoré dokážeme rozlíšiť: výtrysk, ktorý vynáša hmotu do vzdialenosti tisícok svetelných rokov od čiernej diery rýchlosťou, ktorá sa blíži rýchlosti svetla.

kvazarov

Vedci usúdili, že červené posuny kvazarov spôsobuje čosi iné, ako rozpínanie vesmíru. Možno, že kvazary nie sú od nás také vzdialené, ako sa zdajú byť. Možno sú dokonca súčasťou Miestnej skupiny galaxií. Ak by to tak bolo, kvazary by museli spĺňať jednu z troch podmienok:

1. buď by boli lokálnymi objektmi pohybujúcimi sa bezmála rýchlosťou svetla;
2. alebo by červené posuny žiarenia emitovaného kvazarmi spôsobovala silná gravitácia čiernej diery, z ktorej žiarenie uniká;
3. alebo ide o úkaz, ktorý vyplýva z nejakej „neznámej fyziky".

Všetky tri možnosti stáli na vratkých nohách.

Prvá: Ak by sa kvazary pohybovali naozaj rýchlosťou blízkou svetlu, v dôsledku relativistických efektov by sa tie s modrým posunom (teda nie vzďaľujúce sa, ale približujúce kvazary) mali detegovať ľahšie. Dovtedy však ani jeden modrý kvazar nebol objavený.

Druhá: Ak by červený posun žiarenia z kvazarov spôsobovala gravitácia, objavil by sa paradox. Veľké oblaky riedkeho plynu, ktoré produkujú emisné čiary, by sa museli nachádzať v takom silnom gravitačnom poli, že by nahustená hmota emisné čiary už produkovať nedokázala.

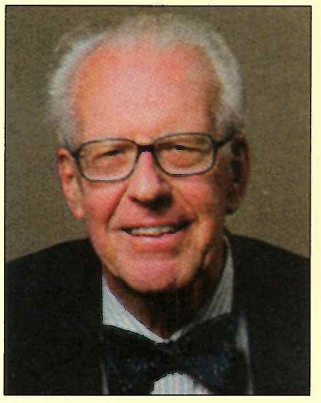
Tretia: „Novú fyziku" v tom čase všetci odmietli.

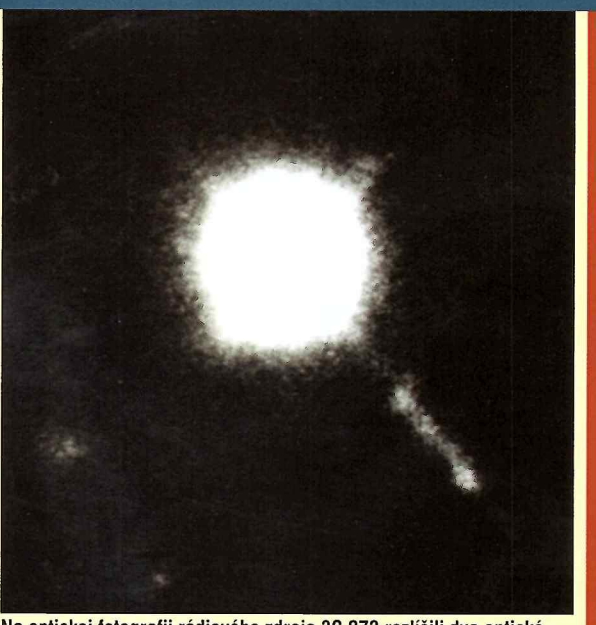
Nejasnosti okolo červených posunov trvali 15 rokov po Schmidtovom objave. Až v roku 1978 sa objavili hodnoverné dôkazy, že kvazary sú vzdialené objekty. Alan Stockton z Havajskej univerzity zistil, že v okolí väčšiny kvazarov sa nachádzajú normálne galaxie s rovnakým červeným posunom. Navyše v oveľa väčšom počte, ako sa očakávalo.

Objavili sa aj ďalšie dôkazy. Dennis Walsh z Jodrell Bank Observatory po prvý raz objavil kvazar, ktorý bol pozorovateľný iba vďaka gravitačnej šošovke, galaxii, ktorá sa nachádzala medzi ním a Zemou. O niečo neskoršie, v roku 1982, tím z Palomar Observatory študoval „rozmazané" okolie kvazaru 3C 48 a zistil, že rozmazanosť objektu – „machule" spôsobuje žiarenie jeho materskej galaxie!

Čo je motorom kvazarov?

Ak sú červené posuny kvazarov kozmologické, potom čo je zdrojom ich energie? Nech by to už bolo čokoľvek, zdroj by musel generovať neuveriteľné množstvo energie. Ako to dokazujú pozorovania, kvazary sú veľmi kompaktné objekty, ktoré vyžarujú obrovské množstvo energie. Ich jasnosť sa môže meniť v priebehu niekoľkých dní, čo znamená, že ich veľkosť nemôže byť väčšia ako vzdialenosť, ktorú prejde svetlo za niekoľko dní. Ak by boli väčšie, ich rôzne časti by nemohli navzájom komunikovať.





Na optickej fotografii rádiového zdroja 3C 273 rozlíšili dva optické zdroje: výtrysk a objekt podobný hviezde.

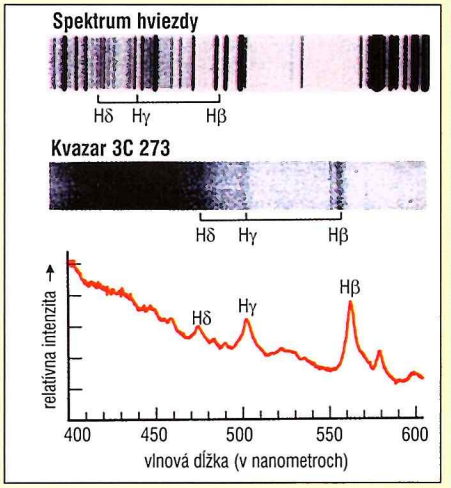
Objav kvazarov

Až do roku 1960 sa astronómovia nazdávali, že všetky hviezdy na oblohe patria do Mliečnej cesty. Mýlila ich iba povaha takzvaných rádiových hviezd. Niekoľko z týchto záhadných objektov objavili už v 50. rokoch minulého storočia. O niekoľko rokov neskôr Alan Sandage z Carnegie Observatories identifikoval jeden z nich ako hviezdu 16 magnitúdy a nazval ju 3C 48. Bola to zvláštna „hviezda". V optickom spektre mala dovtedy neznáme emisné čiary, podobne ako ďalší stelárny exot 3C 273, „hviezda" 13. magnitúdy. Maarten Schmidt *(na snímke hore)* študoval túto hviezdu pomocou vtedy najväčšieho ďalekohľadu Hale s cieľom nájsť ďalšie spektrum s neurčitými čiarami.

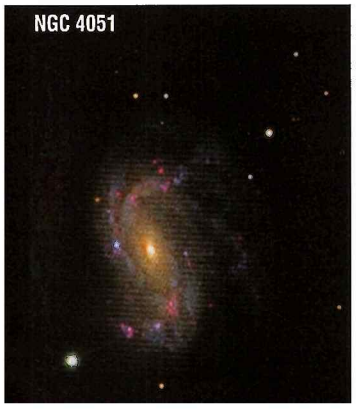
Schmidt: „Keď som o niekoľko týždňov emisné čiary opäť analyzoval, pôvodnú správu som opravil. Zarazilo ma, že regulárne čiary, tie smerom k modrému koncu spektra, boli menej intenzívne a hustejšie. Keď som po čase kvôli istote ešte raz zmeral polohu každej emisnej čiary, zistil som, že majú typické vlastnosti čiary atómu vodíka. Ibaže na moje veľké prekvapenie, každá čiara bola posunutá smerom k červenému koncu spektra: $z = 0{,}158$. Taká hodnota zodpovedala objektu, ktorý sa od nás vzďaľuje rýchlosťou 44 000 kilometrov za sekundu (16 % rýchlosti svetla)! S predpokladom, že červený posun spôsobilo rozpínanie vesmíru, nameraná hodnota zodpovedala vzdialenosti 2 miliárd svetelných rokov."

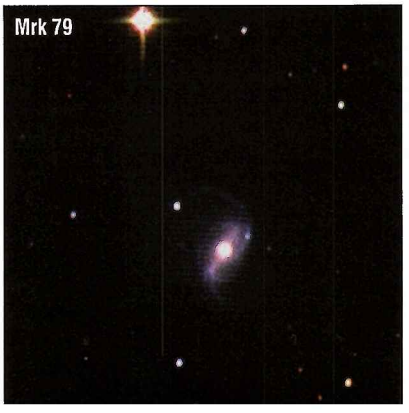
Vyššou rýchlosťou ako 600 km/s sa pohybuje iba málo hviezd. Tie, ktoré sa pohybujú rýchlejšie, skôr či neskôr z Galaxie uniknú. Zodpovedajúca hodnota červeného posunu bežnej hviezdy ($z = 0{,}002$) bola v porovnaní s objektom 3C 273 80-krát nižšia. Teda, zdrojom nemohla byť blízka hviezda. Už som vedel, že to musí byť nejaký vzdialený, galaxii podobný objekt. Niečo však nehralo: objekt mal vzhľadom na vzdialenosť extrémnu jasnosť. Hviezda, ktorá žiari jasnejšie ako celé galaxie, nemôže existovať.

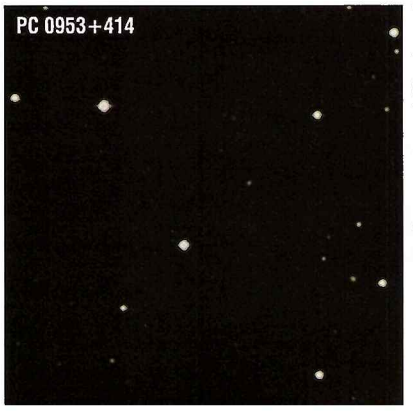
Objekty, pre ktoré sa neskôr ujal pojem kvazary, boli však také výnimočné, že podaktorí astronómovia sa pokúsili o iné interpretácie červeného posunu. Roky trvalo, kým sa astronomická obec zjednotila na názore, že kvazary sú mimoriadne vzdialené, superjasné objekty, ktoré však nie sú hviezdami.



Hore: **Optické spektrum hviezdy má tmavé čiary tam, kde vodík v atmosfére absorbuje jej žiarenie.** *V strede:* **Spektrum z objektu 3C 273 má rovnaké, hoci rozmazané čiary, posunuté o 16 % smerom k neurčitým vlnovým dĺžkam.** *Dole:* **Súčasné, moderné spektrum objektu 3C 273 zviditeľňuje relatívnu intenzitu každej vlnovej dĺžky, takže aj nejasné a rozmazané čiary sa dajú ľahšie detegovať.**

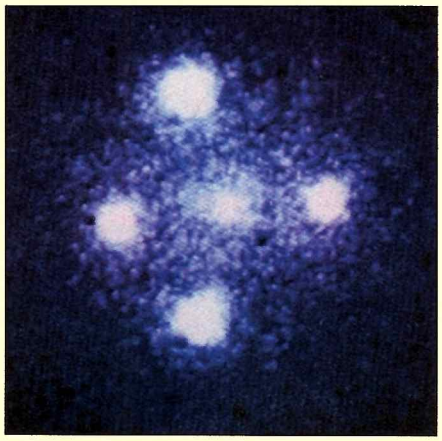






V každej z týchto troch galaxií hniezdi čierna diera. Všetky tri majú rovnakú zdanlivú jasnosť, ale ich vzdialenosti sa podstatne odlišujú. Galaxia v strede je 10-krát vzdialenejšia a 100-krát jasnejšia ako galaxia vľavo. Galaxia vpravo je zasa 10-krát vzdialenejšia a 100-krát jasnejšia ako galaxia v strede.

Takto vyzerá kvazar pri pohľade zboku. Opona prachu blokuje väčšinu žiarenia, ktoré generuje plyn rútiaci sa v akrečnom disku do čiernej diery.



Einsteinov kríž. Gravitačné šošovky umožnili dôkaz, že kvazary sú naozaj veľmi vzdialené objekty. Galaxia v popredí (objekt v strede) pôsobí ako gravitačná šošovka. Jej gravitácia rozkladá svetlo kvazaru, ktorý leží v 20-krát väčšej vzdialenosti. Náhodný zákryt oboch objektov v zornom lúči pozemského pozorovateľa vytvára 4 virtuálne, zdanlivé obrazy vzdialeného kvazaru, ktoré sa okolo galaxie sformovali do takmer dokonalého kríža.

vať gigantické množstvo energie v priestore nie väčšom ako Slnečná sústava.

Riešenie navrhlo niekoľko astrofyzikov: Rusi Jakov Zeldovič, Igor Novikov a Edwin Salpeter v roku 1964(!) a Donald Lynden-Bell (Cambridge University) v roku 1968 navrhli, že prijateľným vysvetlením úkazu je plyn, špirálujúci do čiernej diery miliónkrát hmotnejšej ako Slnko! Hoci čierne diery nemôžu (prinajmenšom spod horizontu udalostí) emitovať žiarenie, stávajú sa, ak majú dosť „potravy", kozmickými majákmi vtedy, keď nasávajú plyn, ktorý v akrečnom disku nadobudne takú vysokú rýchlosť a teplotu, že začne žiariť v celej šírke elektromagnetického spektra.

V roku 1984 Martin Rees (Cambridge University) dokázal, že akákoľvek aktivita v jadre galaxie nevyhnutne vyústi do formovania masívnej čiernej diery. Jeho teóriu vedecká komunita odobrila napriek tomu, že sa v tom čase procesy okolo čiernych dier v jadrách galaxií nedali priamo pozorovať. S lepším vysvetlením však nikto nevyrukoval.

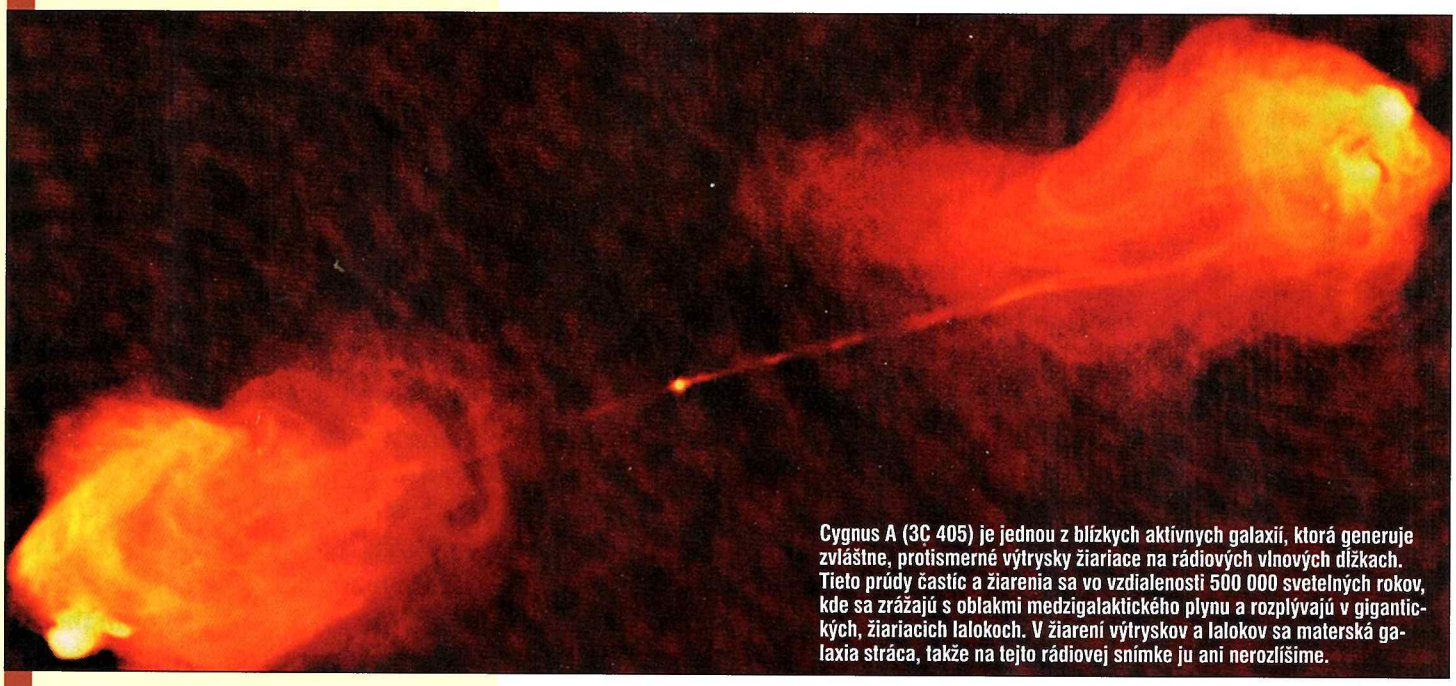
Paradoxne, prvý silný dôkaz o existencii supermasívnych čiernych dier neposkytli kvazary, ale ich neaktívni bratia. Gigantické krútňavy plynu a hviezd v jadrách bezmála všetkých masívnych galaxií hostia vo svojom strede supermasívne čierne diery. Jediným rozdielom medzi kvazarmi a normálnymi galaxiami je, či čierne diery, ktoré hniezdia v ich jadrách, majú dosť potravy. Keď sa potrava, plyn a prach z rozpadajúcich sa hviezd dočasne alebo navždy minie, aj najjasnejší kvazar vyhasne.

Kvazarová paradigma

Celé roky trvalo astronómom, kým poskladali základnú predstavu o kvazaroch, o tom, ako sa vyvíjali a ako asi vyzerajú. Prv, než táto predstava vznikla, museli objaviť a preštudovať množstvo týchto telies.

Najprv vďaka rádioteleskopom rozlíšili kvazary od obyčajných hviezd. Zistili, že emisie generujú jasné výtrysky šíriace sa z jadier galaxií do medzigalaktického priestoru. Neskôr objavili aj ďalšie ich vlastnosti: zvláštne spektrá, variabilitu i emisie v röntgenovej oblasti. Zistili, že hlučné kvazary (v rádiovej oblasti) predstavujú iba 5 až 10 % populácie.

Začiatkom 80. rokov minulého storočia sa vrece roztrhlo: vedci postupne objavili desaťtisíce kvazarov v čoraz väčších vzdialenostiach. Iba počas ostatných ôsmich rokov detegovali v rámci Sloan Digital Sky Survey viac ako



Cygnus A (3C 405) je jednou z blízkych aktívnych galaxií, ktorá generuje zvláštne, protismerné výtrysky žiariace na rádiových vlnových dĺžkach. Tieto prúdy častíc a žiarenia sa vo vzdialenosti 500 000 svetelných rokov, kde sa zrážajú s oblakmi medzigalaktického plynu a rozplývajú v gigantických, žiariacich lalokoch. V žiarení výtryskov a lalokov sa materská galaxia stráca, takže na tejto rádiovej snímke ju ani nerozlíšime.

120 000 týchto objektov, takže predstavy o nich sú čoraz vieryhodnejšie.

Podľa platnej teórie sa počet kvazarov v jadrách galaxií začal zvyšovať, keď mal vesmír iba miliardu rokov. Populácia kvazarov dosiahla najväčší počet po ďalších 3 miliardách rokov. Neskôr sa ich počet začal zmenšovať, pretože supermasívne čierne diery v ich jadrách postupne vysali všetok prach a plyn z najbližšieho okolia. Galaxie sa vyprázdnili, zostarli a svetlo kvazarov vyhaslo. Zlatý vek kvazarov vyvrcholil pred 10 miliardami rokov. Odvtedy driemu v centrách masívnych galaxií a vzplanú iba sporadicky, vtedy, keď sa do blízkosti centrálnej diery dostane väčší oblak prachu a plynu.

Najnovšie ďalekohľady dokážu dnes rozlíšiť aj malé štruktúry v najvzdialenejších kvazaroch. Počas ostatných 50 rokov vyvinuli vedci celý rad nepriamych metód, umožňujúcich zistiť, ako vyzerajú. Jedno majú všetky kvazary spoločné: generátorom žiarenia sú mohutné akréčne disky, ktoré dopravujú hmotu do pažeráka masívnych čiernych dier uprostred galaxií. Čím sa hmota v disku pohybuje rýchlejšie, tým je horúcejšia. Po prekonaní istej hranice začne intenzívne žiariť. Detaily týchto procesov však zatiaľ nepoznáme.

Jedno je isté: väčšinu kvazarov s nižšou jasnosťou obaľujú mohutné záclony prachu a plynu. Tieto hrubé prstence môžu vznikať buď rozšírením akréčnych diskov, nie je však vylúčené, že ich formujú najmä silné vetry šíriace sa od diskov. Každopádne, tieto zoskupenia hmoty sa môžu tvoriť iba v značnej vzdialenosti od horúcich vnútorných oblastí disku, kde ich silné žiarenie a vysoká teplota nerozloží.

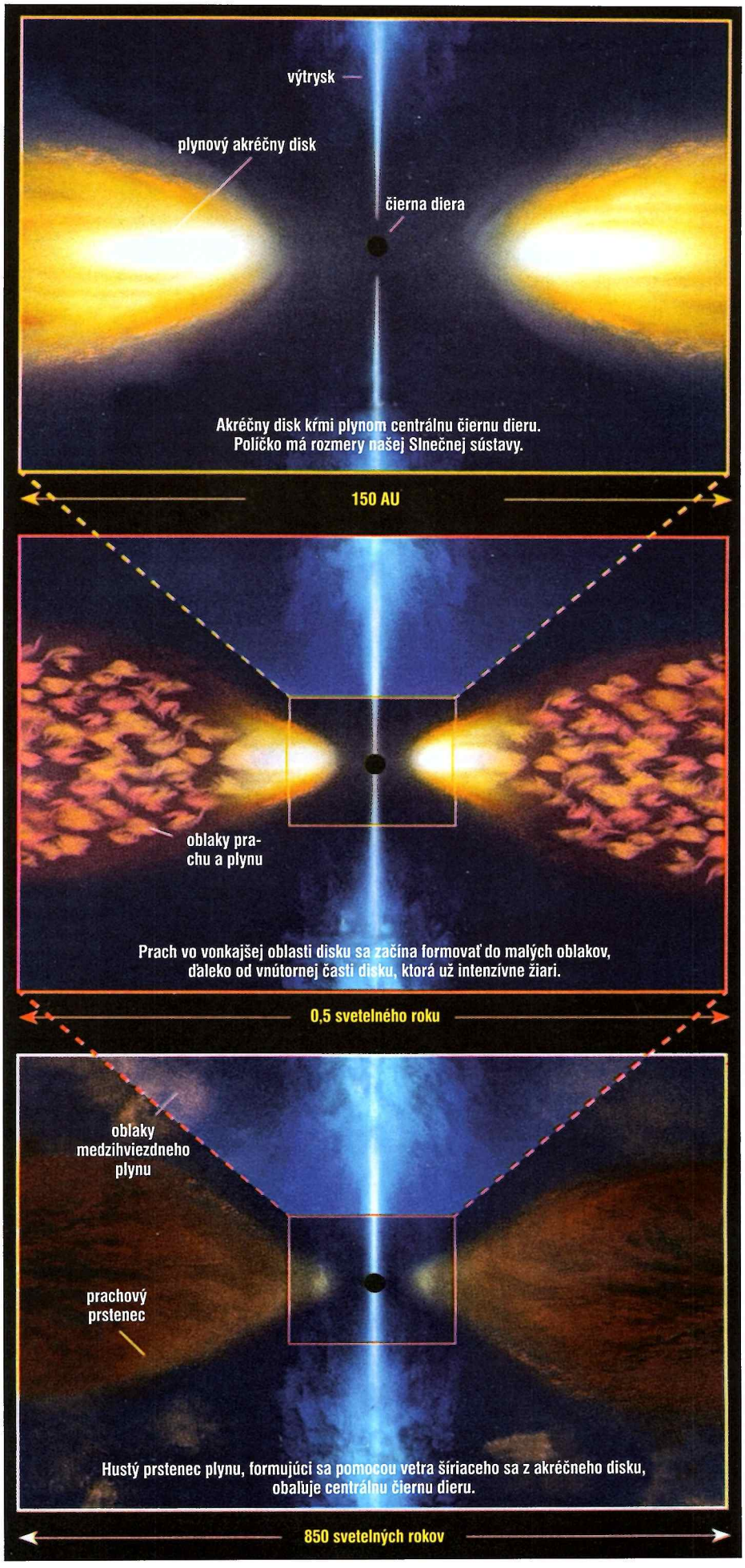
Kvazar skrytý za takouto oponou vyzerá celkom inakšie ako kvazar, ktorý možno pozorovať priamo. Väčšina útvarov, podľa ktorých kvazary rozlišujeme, napríklad široké emisné čiary, sa priamo získavať nedajú. Na druhej strane prítomnosť prachu napomáha vysvetliť pôvod celej palety zdrojov v populácii kvazarov.

Astronómovia dnes rozlišujú jednotlivé typy kvazarov podľa niekoľkých kľúčových parametrov: hmotnosť centrálnej čiernej diery, množstvo plynu, ktorý čierna diera konzumuje, a uhol, pod ktorým celý systém pozorujú. Napriek tomu, že údajov pribúda, kvazary sú ešte vždy zahalené tajomstvom. Nikto nevie vysvetliť, ako dokázali pôvodné čierne diery v takom krátkom čase (keď mal vesmír iba niekoľko stoviek miliónov rokov) nabaliť toľko hmoty, že sa premenili na supermasívnych obrov. Záhadou je aj fakt, prečo niektoré kvazary intenzívne žiaria na rádiových vlnách, zatiaľ čo iné sú pasívne. O vnútorných štruktúrach kvazarov či o prúdoch plynu v nich máme iba približné predstavy, takže diskusie kvazarológov, debatujúcich o vplyve týchto telies na okolie, sú čoraz búrlivejšie.

Jedno je isté: nasledujúce polstorčie výskumu kvazarov bude rovnako vzrušujúce ako uplynulé.

Sky&Telescope, september 2013

•



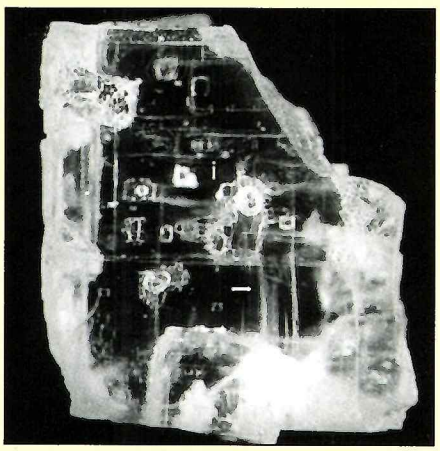
Tri panely znázorňujú jednu z verzií súčasného modelu kvazarov. Na hornom paneli vidíme centrálnu čiernu dieru, ktorá nasáva hmotu z akréčneho disku. Na ďalších dvoch paneloch vidíme štruktúry prachu a plynu vo väčšom zornom poli.

Pre Kozmos píše Michaela Musilová

Po stopách extrémofilov – od hĺbky mora až po oblaky

Z rímskeho superlatívu „extremus“ (byť na okraji) a gréckeho „philia“ (láska) vzniklo pomenovanie pre organizmy, ktoré prosperujú v extrémnych podmienkach škodlivých pre väčšinu bytostí na Zemi. Prvé extrémofily boli objavené len pred 40 rokmi v termálnych vodách národného parku Yellowstone, USA. Ich životné prostredie môže byť fyzicky extrémne napríklad teplotou, žiarením alebo tlakom. Zároveň z geochemického hľadiska vytvárajú vysúšanie, slanosť a pH (kyslosť či zásaditosť roztoku), náročné útočiská pre život. Naopak, organizmy, ktoré žijú v miernych podmienkach, sa volajú mesofily a neutrofily. Z taxonomického hľadiska pokrývajú extrémofily všetky tri domény života, sú to najmä mikróby. Avšak aj niektoré mnohobunkovce, ako tučniaci a polárne medvede, sú taktiež považované za extrémofily.

Hydrotermálne jazero v národnom parku Yellowstone, USA, s pH 11 – ríša alkalifilov, „milovníkov zásaditosti“. Foto: Michaela Musilová



Soľné kryštály, v ktorých boli najdené baktérie vzkriesené zo spánku trvajúceho 250 miliónov rokov. Foto: Russell H. Vreeland

Teplota – niekto to rád až príliš horúce

Tekutá voda je dôležitá ako reaktant či produkt v metabolických procesoch pre život, taký, ako ho poznáme. Preto je teplota kritický parameter, lebo určuje, či voda je prítomná v kvapalnej, pevnej či plynnej forme. Teplota zároveň ovplyvňuje rozpustnosť plynov vo vode, a tak spôsobuje problémy pre vodné organizmy potrebujúce O_2 alebo CO_2.

Zmrznutie vnútrobunkovej vody je skoro vždy smrteľné: či už je to roztrhanie bunkových membrán ľadovými kryštálmi, alebo zastavenie roztokovej chémie bez prítomnosti tekutej vody. Najnižšia zaznamenaná teplota pre aktívne organizmy je –18 °C u himalájskeho komára, ktorý dokáže vytvoriť „nemrznúce“ bielkoviny, schopné zníženia bodu mrazu o 18 °C. Psychrofily, extrémofily žijúce len pod 15 °C, používajú zvýšenie pomeru nesaturovaných tukov k saturovaným tukom na zachovanie potrebnej flexibility membrán, ktoré by ináč stuhli. Zvieratá, ako určité druhy žaby, korytnačky a jeden druh hada, zase zamrazujú vodu na vonkajšku ich buniek, aby tak ochránili vlastné bunky.

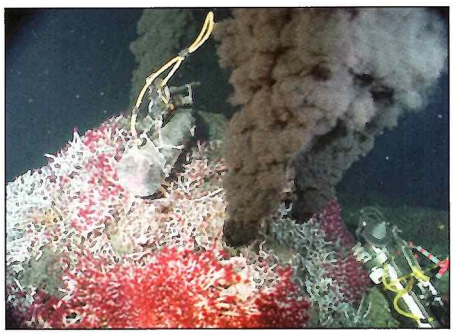
Kryofily,teda organizmy, ktoré sú schopné rastu a rozmnožovania v teplotách –15 °C až +10 °C, sa najčastejšie nachádzajú v polárnych ľadových prostrediach: v permafroste, v morskom ľade, a dokonca vytvárajú tzv. „krvavý“ sneh na ľadovcoch (spôsobený zelenými riasami).

Na druhom konci spektra, vysoké teploty nad 100 °C, permanentne ničia bielkoviny a DNA, a zároveň smrteľne zvyšujú tekutosť bunkových membrán. Chlorofyl sa degraduje nad 75 °C, znemožňujúc fotosyntézu nad touto teplotou. Napriek tomu sa gejzíry, fumaroly a hydrotermálne jazerá hmýria hypertermofilnými extremofilmi, ktorých optimálna teplota pre život je nad 80 °C. Prvé hypertermofily a zároveň extrémofily boli nájdené v Yellowstone v 1969. Rekordéri sú Archaea *Methanopyrus kandleri* z hydrotermálneho sopúcha, podvodného gejzíra, v Kalifornskom zálive. Na porovnanie, maximálna teplota pre cievnaté rastliny (stromy a domáce rastliny) je len 48 °C. Spôsob, ktorý používajú tieto jedinečné bytosti na prežitie, je zhromažďovanie rôznych solí na ochranu pred denaturalizáciou a chemickou zmenou ich DNA.

pH – extrémy zásaditosti a kyslosti v Yellowstone

Kyslosť a zásaditosť sú mierky koncentrácie protónov (pH je $-\log_{10}[H+]$). Čím je nižšie pH, tým je kyslejšie prostredie a naopak vyššie pH označuje zásaditosť. Biologické procesy sa odohrávajú väčšinou v strede pH spektra okolo pH 7. Podobne vnútrobunkové prostredie a „normálne“ prírodne prostredia, ako morská voda, majú taktiež stredné pH.

Nízke pH je ríša acidofilov, „milovníkov kyseliny“. Ak hľadáte šampióna acidofilov, tak zabudnite na ryby a sinice, ktoré sa nenachádzajú pod pH 4, ani rastliny a hmyz neprežijú pod pH 2. Hlavné extrémofily tohto druhu sú jednobunkové červené riasy *Cyanidium caldarium* (nachádzajúce sa v hydrotermálnych jazerách, napríklad v Yellowstone s pH 0,5) a Archaea *Ferroplasma acidarmanus* (rastúce v pH 0 v kyslých výtokoch pri bani Iron Mountain, Kalifornia).



Čierny sopúch Sully v hlbočinách Tichého oceána, obkľúčený najpočetnejšími extrémofilmi v tých končinách: trubicovými húsenicami. Sondy vedľa sopúcha merajú miestnu teplotu, tlak a iné extrémne podmieky na dne oceána. Foto: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Vysoké pH je typické pre zásadité jazerá, ktoré sa taktiež nachádzajú v Yellowstone, a ich extrémne mikróby sa nazývajú alkalofily. Optimálne žijú v pH medzi 8,5 – 11 a sú súčasťou všetkým domén života: archaea, baktérie a eukaryoty.

Organizmy dokážu prežiť v oboch extrémoch tým, že si udržujú skoro neutrálne pH ich cytoplazmy (tekutiny a materiály vo vnútri ich buniek). Príkladom sú *Cyanidium caldarium* a *Dunaliella acidophila*, ktoré sa síce nachádzajú v pH 0,5, ale ich cytoplazma zostáva pri pH 7. Nápomocné sú im aj bielkoviny na povrchu buniek, ktoré sú schopné tolerovať kyseliny.

Vysúšanie a slanosť – dôležitosť vody pre život

Podobne ako pri vysokých a nízkych teplotách je voda v kvapalnej podobe nevyhnutná pre život. Bez vody sa tuky, bielkoviny a DNA štrukturálne poškodzujú. Takto je prostredie limitované vodou extrémnym prostredím, ako sú napríklad púšte. Najsuchšie podmienky sú však vo vesmíre a prispôsobenie sa nedostatku vody je kritické pre medziplanetárne premiestňovanie bytostí.

Organizmy, od baktérií po krevety *Artemia salina* (známe ako „morské opice“), sú schopné tolerovať extrémne vysúšanie tým, že prejdú do stavu anabiózy. V tom stave ich bunky fungujú na minimálnom množstve vody a ich metabolizmus sa zastaví. Podobným spôsobom reagujú bunky na zvýšené množstvo soli v prostredí. Aby zabránili „exodu“ vody z bunky, halomilné („milujúce soľ“), tak ako suchomilné extrémofily, kompenzujú zvýšenú soľ v okolí bunky tým, že

v bunke nazbierajú zložky ako draslík a glycínbetain. Vďaka tomu sa vyrovná pomer soli vo vnútri a mimo bunky, čo zabraňuje vode, aby unikla z bunky (v prípade, že by vonku bola vyššia koncentrácia soli).

Preto sú Archaea, sinice a zelené riasy *Dunaliella salina* schopné života po úroveň 33 % saturovanej soli. Hyperslané prostredia sú napríklad soľné planiny, vyparené mláky od soli a v hĺbke niektorých morí, ako panva Atalante na dne Stredomoria. Akoby v mikrobiálnej verzii rozprávky Šípková Ruženka: jeden druh halomilných extrémofilov bol vzkriesený zo spánku trvajúceho 250 miliónov rokov. Doteraz vedci debatujú, či sú mikróby nájdené v roku 2000 v Novom Mexiku, USA, najstaršie žijúce bytosti na Zemi, ktoré boli schopné prežiť v anabióze, skryté v soľných kryštáloch.

Tlak – hranice života sa ešte hľadajú

Extrémny život možno nájsť aj v skrytých útrobách zeme. V marci 2013 oznámili vedci objav života v najhlbšom bode pozemských oceánov, v Mariánskej priekope Tichého oceánu (10 898 metrov pod morom). Podobne aj britský tím z Národného oceánografického centra a Univerzity v Southamptone študoval najhlbšie známe sopúchy v Beebe, hydrotermálnom poli v Karibiku. Americký tím z Oceánografického inštitútu Woods Hole (WHOI) zasa začal skúmať nový hydrotermálny systém 6 500 metrov pod morom vo vyvýšenine Mid-Cayman, tiež v Karibiku, dúfajúc, že nájde ešte exotickejšie bytosti v tejto neprebádanej časti morského dna.

Hlbočiny mora sú príkladom prostredí s vysokým tlakom a studenými teplotami (1 – 2 °C), s výnimkou blízkosti sopúchov (kde voda má až 400 °C). Ich obyvatelia sú takzvaní obligatórni piezofilovia („milovníci tlaku“), lebo sú to organizmy schopné žiť len vo vysokých tlakoch (70 – 80 MPa) a nie pod 50 MPa. Sú to najmä mikróby a bezstavovce, ktoré by neprežili rýchlu zmenu tlaku – efekt, ktorý dobre poznajú potápači. Je to tým, že tlak zhustí molekuly v tukových membránach, čím stratia flexibilitu. Tlak je aj nebezpečný pre DNA a bielkoviny, ktoré môže ľahko poškodiť. Na prežitie potrebujú bunky rýchle mechanizmy na opravu narušených látok.

Na druhej strane, život sa dokázal adaptovať doslova životu v oblakoch. Vie sa, že existujú mikróby vo vzduchu, ale nie je jasné, či je to funkčný ekosystém alebo len poletujúce bunky vo vetre. Títo cestovatelia môžu preletieť stovky až tisícky kilometrov okolo sveta v atmosfére.

Extrémy ako z vesmíru

Najzaujímavejšie extrémofily sú však tie, ktoré na Zem vôbec nepatria. *Deinococcus radiodurans*, známy ako „baktérium Conan“, má najvyššiu dosiaľ zaznamenanú odolnosť voči ionizačnému žiareniu. Tretina jeho jedincov ožiarenej kolónie prežije dávku 20 000 grayov (Gy), pričom 5 Gy zabije človeka. Našťastie, na Zemi nemáme také silné žiarenie, a preto je existencia jeho schopností doteraz záhadou pre vedcov. Žiarenie toho druhu rozruší jeho genóm na malé kusy, ale „Conan“ ho dokáže zotaviť za jeden deň použitím unikátneho mechanizmu opravy poškodených a rozkúskovaných častí DNA.

Bunka baktérie *Deinococcus radiodurans*. Na obrázku je zdôraznený okrúhly gén COM, ktorý by mohol spôsobovať červené zafarbenie buniek tohto mikroorganizmu. Foto: Levin-Zaidmann

Vedci sa dokonca snažia znásobiť jeho genóm, aby ho mohli použiť pri odstraňovaní následkov toxických a rádioaktívnych nehôd.

Ďalší otužilci sú pomalky (tardigrady či „vodné medvede“), schopné prežiť teploty –253 °C až 151 °C, röntgenové žiarenie a vzduchoprázdno. Háčik je v tom, že to prekonávajú v hibernácii, a tak aj žiarenie lepšie znášajú než „Conan“.

Je jasné, že existuje ešte omnoho viac fyzických a chemických extrémov, ako: plyny (červená riasa Cyanidium rada žije v čistom CO_2); jedovatosť (*Geobacter metallireducens* znesie ponorenie v toxických odpadoch); a napríklad aj xenobiotické – syntetické výrobky (výskyt mikróbov v jadrových reaktoroch). Nové druhy a poddruhy extrémofilov sa nachádzajú dennodenne, a stále vedcov prekvapujú ich unikátnosťou a schopnosťou prežiť v nemožných podmienkach.

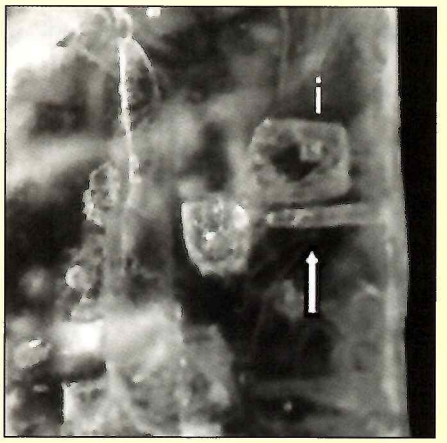
Štúdium týchto výnimočných bytostí má v sebe viac než fascináciu typu Guinnessovej knihy rekordov. Výskum o extrémofiloch dokonca získal aj Nobelovu cenu, za vynález polymerázovej reťazovej reakcie (PCR) použitím enzýmu z termofilu *Thermus aquaticus*. Tento organizmus dokáže tolerovať vysoké teploty a tým je zdrojom teplovzdorného enzýmu Taq DNA polymerázy, jedného z najdôležitejších enzýmov v molekulárnej biológii, kvôli jeho použitiu v roznásobovaní DNA.

Podobným spôsobom sa látky ako enzýmy z extremofilov dajú použiť aj v priemysle. Príkladom sú enzýmy od psychrofilov, ktoré sa používajú v potravinárstve na jedlo, ktoré treba skladovať v chladničke. Prírodné prípravky proti vysokým hladinám žiarenia sú zasa používané v medicíne, vo vývoji zbraní, a dokonca vo výskume vesmíru. Na to, aby ľudia mohli cestovať na Mars a aj sa tam usadiť, budú musieť astronauti tolerovať vysoké dávky UV a kozmického žiarenia. Napokon, extrémofily sú užitočné aj pre astrobiológiu, štúdium života vo vesmíre. Astrobiológov zaujímajú extrémofily, ktoré žijú v podmienkach podobných tým, ktoré možno nájsť na iných planetárnych telesách. Napríklad Mars by mohol mať mikróby skryté v podzemnom rezervoári ľadu. Mesiac Jupitera, Európa, a mesiac Saturnu, Enceladus, majú pravdepodobne oceány pokryté ľadom, v ktorých by mohli existovať psychrofily a piezofily.

Zem nám ponúka úžasné zoskupenie adaptácií života. Rozhodne, výskum extrémofilov na zemi nám môže poskytnúť náznak toho, aký by E.T. mohol byť, alebo aspoň toho, čo môže jesť a dýchať.

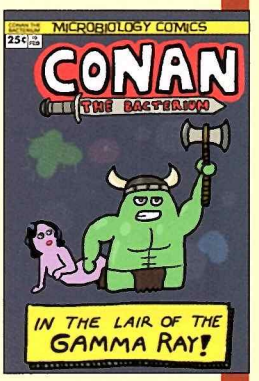
MICHAELA MUSILOVÁ

Akoby v mikrobiálnej verzii rozprávky Šípková Ruženka, jeden druh halomilných extrémofilov bol vzkriesený zo spánku trvajúceho 250 miliónov rokov. Doteraz vedci debatujú, či sú mikróby nájdené v roku 2000 v Novom Mexiku, USA, najstaršie žijúce bytosti na Zemi, ktoré boli schopné prežiť v anabióze, skryté v soľných kryštáloch.



Detail soľného kryštálu – pod písmenom „i“ boli nájdené baktérie a nad šípkou je viditeľný vrt do kryštálu. Veľkosť bublinky s baktériami je približne 3×3×1 mm. Foto: Russell H. Vreeland

Tretina baktérií *Deinococcus radiodurans* známych ako „baktérium Conan“ prežije v ožiarenej kolónii dávku 20 000 grayov (Gy), pričom 5 Gy zabije človeka.



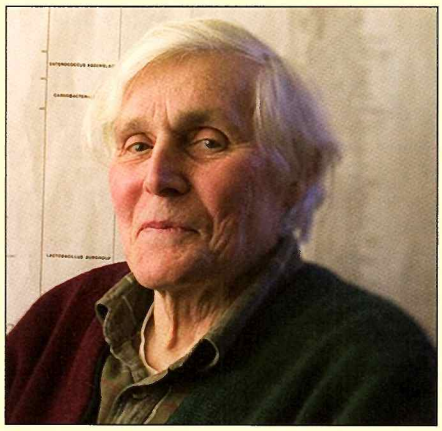
***Deinococcus radiodurans*, prezývaný „baktérium Conan“ má najvyššiu známu odolnosť voči ionizačnému žiareniu. Vedecká komunita z neho dokonca spravila hrdinu v komiksoch.** Foto: Panda-Diablo

Pomalky, známe ako tardigrady či „vodné medvede“, sú najotužilejšie bytosti na svete, ktoré extrémy prekonávajú v hibernácii. Foto: Nicole Ottawa a Oliver Meckes

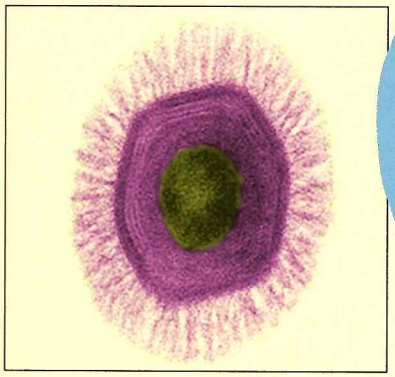
Pre Kozmos píše Jaroslav Petr

LUCA a tři (čtyři)

Fakt, že všechny známé pozemské organismy sdílejí jeden a tentýž genetický kód, je pádný argument ve prospěch představy, že veškeré formy pozemského života vzešly z jediného společného předka. Nemusel to být nutně první organismus, který oživil povrch do té doby mrtvé Země. Život se mohl nějakou dobu nerušeně vyvíjet, nabírat na složitosti i mnohotvárnosti. Z pestré sbírky dávných organismů mohli nakonec přežít jen zástupci jedné větve, zatímco ostatní vyhynuli bez jakýchkoli následníků. Nic to nezmění na naší touze vědět, jak tento společný předek všech forem současného pozemského života vlastně vypadal a jakými cestami se ubíraly jeho další evoluční osudy. Původně jednoduchý příběh vývoje života na Zemi se v poslední době poněkud komplikuje a „strom života" se košatí natolik, že už typický strom ani příliš nepřipomíná.



Carl Woese, americký mikrobiológ, ktorý spolu s kolegom George Foxom rozdelili prokaryotnú vetvu života na vetvu baktérií a archaeí.



Mimivirus je tretím najväčším vírusom spomedzi tých, ktoré zatiaľ objavili. Aj s vláknami má priemer 400 nanometrov. (Názov mimivirus dostal preto, pretože napodobňuje (mimikruje) baktérie. Preto ho vyše 10 rokov považovali za baktériu). Jeho genóm obsahuje 1,18 miliónov bázových párov DNA.

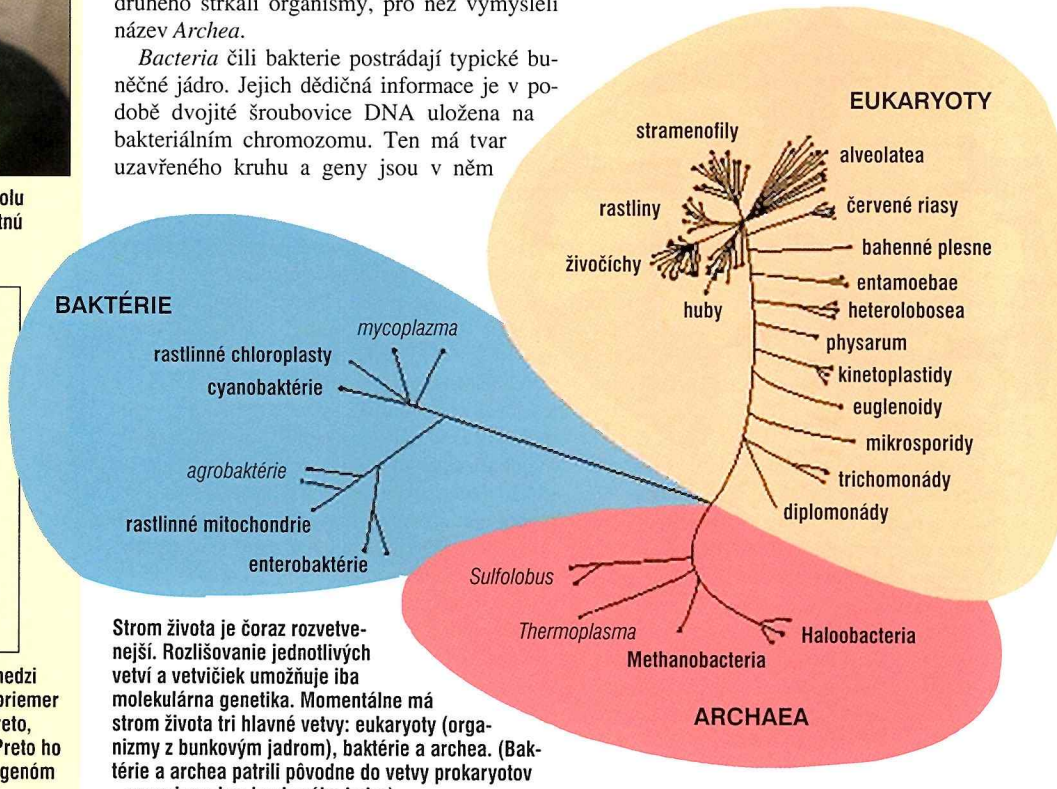
Tři větve života

Pro společného předka používají vědci akronym LUCA vzniklý zkrácením anglického označení „last universal common ancestor" čili „poslední universální společný předek". Při pátrání po organismu sedícího na patě kmene současného „stromu života" vycházejí vědci z toho, jak vypadají větve tohoto stromu dnes. Dlouho se zdálo, že strom pozemského života má jednu velkou „rozsochu" a ta dělí živé tvory na dvě velké větve – organismy s buňkami, jež mají dědičnou informaci uloženou v buněčném jádru, a organismy, které buněčné jádro postrádají. Organismům vybaveným buněčným jádrem se dostalo označení *Eukarya* či *Eukaryota* neboli jaderní. Organismům bez buněčného jádra jsme říkali *Prokarya* či *Prokaryota* čili prvojaderní.

V sedmdesátých letech minulého století rozvrátili tyto představy američtí mikrobiologové Carl Woese a George Fox, když rozdělili prokaryotní větev života na dvě – Bacteria a Archea. Na první pohled k tomu nebyl důvod, protože zástupci těchto větví vypadají velmi podobně. Jsou jednobuněční a chybí jim buněčné jádro. Woese a Fox se nespokojili s pohledem na Prokaryota pomocí mikroskopů a podívali se na ně prizmatem molekulární genetiky. Provedli důkladný rozbor klíčových částí dědičné informace a došli k závěru, že se některé prokaryotní organismy liší od zbytku prvojaderných organismů tak výrazně, že je už nelze všechny házet do jednoho pytle. Ty pytle musí být dva. Na jeden připevnili Woese a Fox nálepku *Bacteria*. Do druhého strkali organismy, pro něž vymysleli název *Archea*.

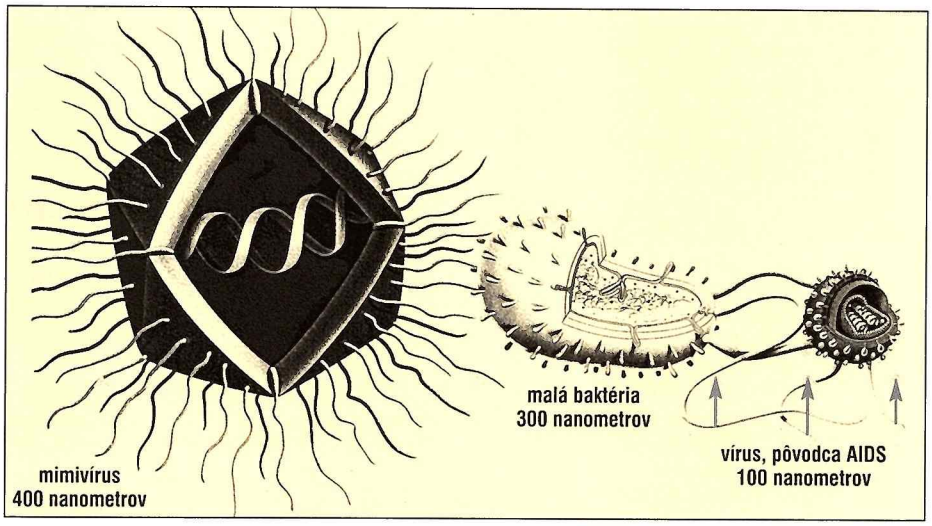
Bacteria čili bakterie postrádají typické buněčné jádro. Jejich dědičná informace je v podobě dvojité šroubovice DNA uložena na bakteriálním chromozomu. Ten má tvar uzavřeného kruhu a geny jsou v něm uloženy poměrně úsporně bez dlouhých „vycpávek", jaké známe z dědičné informace většiny eukaryotních organismů. Vedle toho mívají bakterie dědičnou informaci doplněnou menšími „kroužky" z DNA, v kterých se skrývá často jen několik genů. Tyto „doplňky" dědičné informace se označují jako plazmidy. Bakterie si je mohou navzájem poměrně snadno vyměňovat a tím dochází k výměně dědičné informace i mezi příslušníky různých bakteriálních druhů. Z praktického hlediska jsou významné plazmidy, které zajišťují bakteriím odolnost k antibiotikům. Jejich přenosem mezi původci různých chorob vznikají bakteriální kmeny vyvolávající choroby, jejichž léčba je velmi obtížná. Příkladem takových vysoce rezistentních bakterií jsou některé kmeny bakterie *Staphylococcus aureus* nebo původce tuberkulózy *Mycobacterium tuberculosis*. Choroboplodné bakterie však představují v druhovém spektru této větve pozemského života pouhou hrstku. Většině bakterií je člověk celkem lhostejný a o náš organismus nejeví zájem.

Typická je pro bakterie stavba jejich povrchové membrány a vnějšího obalu z peptodoglykanů, který bakteriální buňky dále zpevňuje. Mnohé bakterie vylučují do svého okolí ještě slizovité látky, které jsou s to vytvořit komplikovaný systém kanálků, komůrek a chodbiček. Bakterie ukryté společně v této slizovité hmotě vytvářejí tzv. biofilmy. Často jsou v biofilmu zastoupeny bakterie hned několika druhů, které si vzájemně poskytují nejrůznější látky a vytvářejí

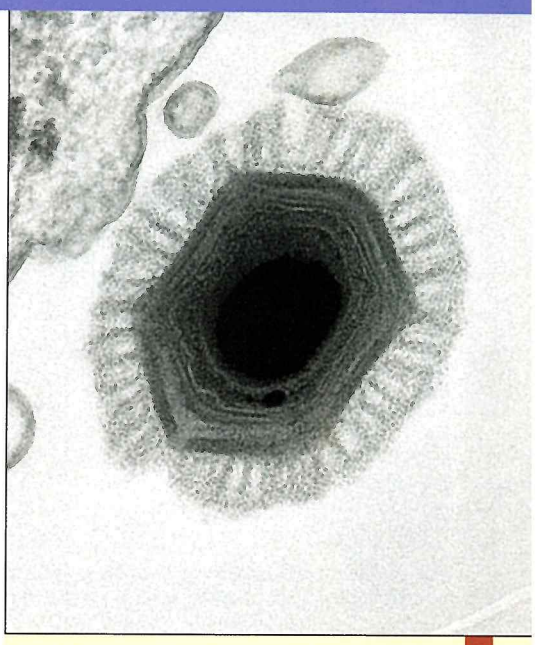


Strom života je čoraz rozvetvenejší. Rozlišovanie jednotlivých vetví a vetvičiek umožňuje iba molekulárna genetika. Momentálne má strom života tri hlavné vetvy: eukaryoty (organizmy z bunkovým jadrom), baktérie a archea. (Baktérie a archea patrili pôvodne do vetvy prokaryotov – organizmy bez bunkového jadra).

větve života



Mimivírus je väčší ako niektoré baktérie. V porovnaní s vírusom, ktorý vyvoláva AIDS, je hotovým obrom.



Na snímke genóm Megavirus chilensisa, donedávna považovaný za najväčší vírus, má 1 200 génov. S priemerom 500 až 600 nanometrov a 1,25 milónmi bázových párov DNA je väčší ako mimivírus i ako niektoré baktérie, napríklad mykoplazma. Navyše napádajú ho aj iné vírusy. Jedným z nich je virusofág (vírus parazitujúci na vírusoch) Sputnik. Ten sa replikuje v bunkách améb, ktoré bývajú infikované aj iným obrím vírusom – mamavírusom.

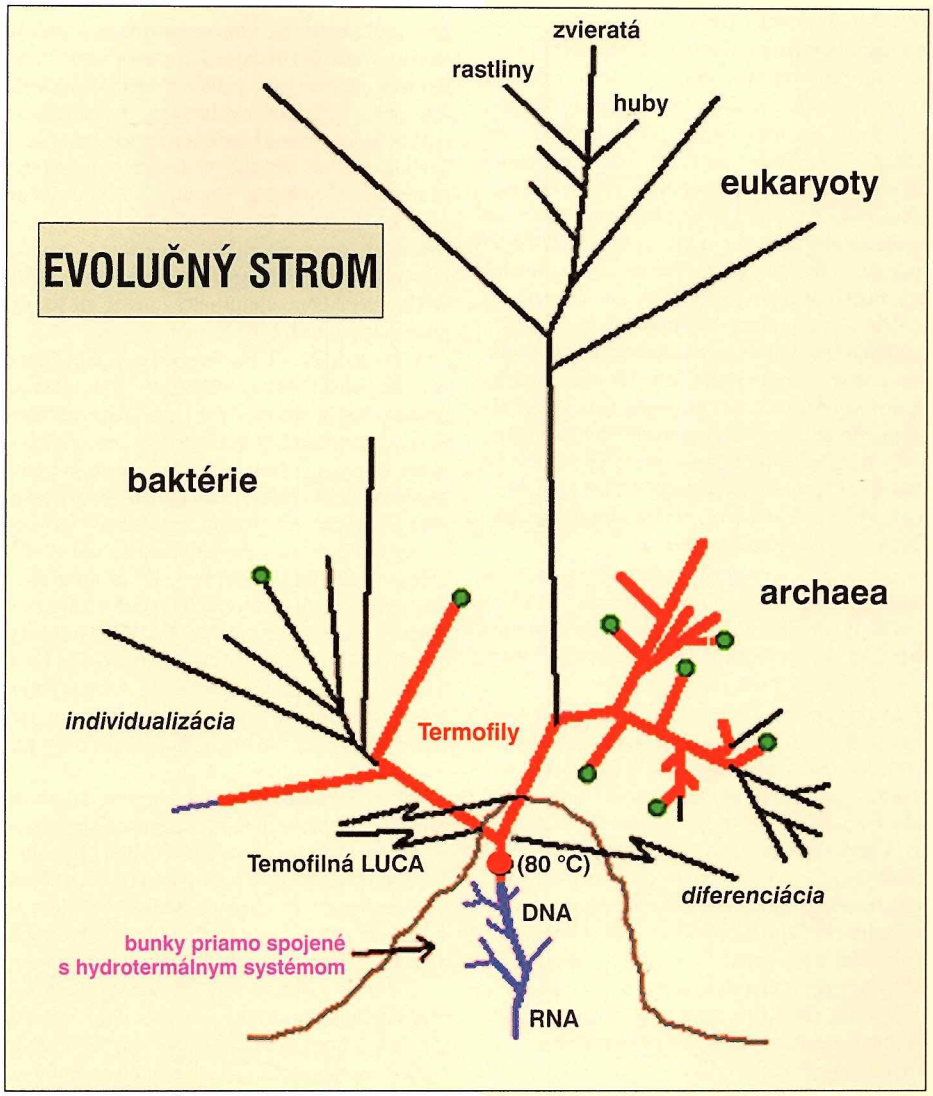
tak složitě fungující společenství. Vlastnosti bakterií vázaných v biofilmu jsou nejednou velmi odlišné od vlastností bakterií, které žijí volně. Nebezpečné jsou například biofilmy choroboplodných bakterií, protože slizovité látky skýtají mikrobům celkem spolehlivou ochranu proti lékům. Typickým biofilmem je např. zubní plak pokrývající povrch našich zubů.

Archea sdílejí s bakteriemi absenci buněčného jádra a chybí jim i mnoho dalších rysů typických pro eukaryota. Zpočátku byli jejich zástupci považováni za exoty, protože byla známa jen ta archea, která žijí v extrémních podmínkách. Teprve později se ukázalo, že archea obývají i celkem tuctová prostředí, jako je půda nebo mořská voda. Archea se odlišují od bakterií kromě dědičné informace i chemickým složením buněčné membrány a ochranné buněčné stěny. Zvládají také některé metabolické procesy, které jsou jiným organismům zapovězeny.

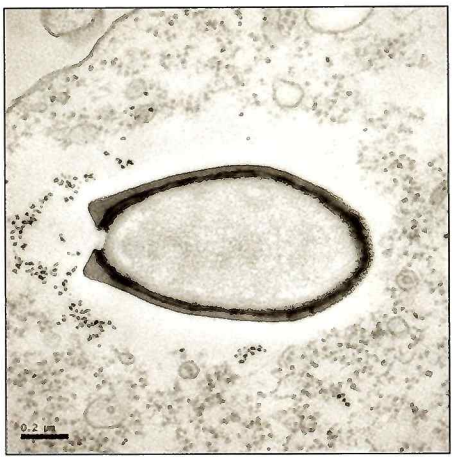
Eukaryota

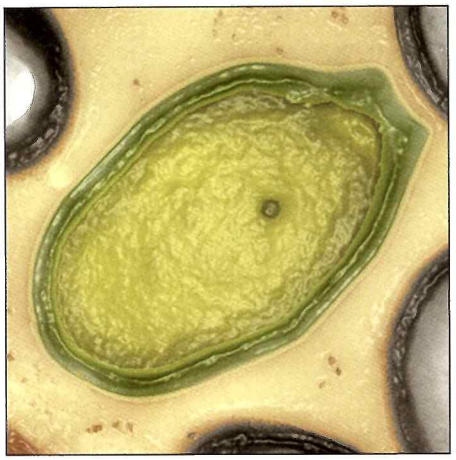
Tato větev má pro nás zvláštní kouzlo, protože k ní sami patříme. Pro její představitele, od jednobuněčných organismů, jako je trepka či původce malárie zimnička, až po plejtváka obrovského, který je největším organismem, jaký kdy žil na naší planetě, jsou typické buňky s buněčným jádrem. Další typický rys eukaryotních buněk představuje různě pestrá a početná kolekce buněčných organel, jako jsou mitochondrie, plastidy, endoplasmatické retikulum nebo Golgiho aparát. K charakteristické výbavě eukaryot patří i složité bílkovinné „lešení“ vyplňující nitro buňky, tzv. cytoskelet.

Zrod eukaryot je spojován s hypotetickým organismem skrývajícím se za akronymem LECA. Název vznikl zkratkou z anglického slovního spojení „last eukarytic common ancestor“ a do češtiny ho lze přeložit jako „poslední eukaryotní společný předek“.



Spoločným predkom prvých mikroorganizmov (eukaryotov, baktérií i archaeí) v koreni stromu života sú organizmy LUCA (akronym anglického názvu: last universal common ancestor/posledný univerzálny spoločný predok). Štruktúru LUCA na strome života označujeme červeným krúžkom.





Ešte väčšími vírusmi sú nedávno objavené pandoravírusy. Majú priemer 700 nanometrov, 1 000 génov a ich genómy obsahujú 2,5 miliónov bázových párov DNA.

Jak LECA vypadal? Jeho dědičná informace byla jakousi směskou genů typických pro archea a bakterie. Částečně za to mohla čilá výměna dědičné informace mezi zástupci obou prokaryotních větví života. Částečně to byl důsledek čile fungující genetické burzy mezi LECA a jeho prokaryotními „prarodiči". Tento tzv. horizontální přenos genů probíhal velmi čile. Jednou z mnoha příležitostí, při kterých k horizontálnímu přenosu genů docházelo, byly pokusy buněk o vzájemné pozření. Často dokázala vítězná buňka zkonzumovat svou oběť jen zčásti a některé geny oběti se jí „vmáčkly" do dědičné informace.

Taková „genová burza" fungující na úsvitu pozemského života má za následek, že „strom života" nabírá ve srovnání s větvovím skutečných stromů poněkud atypické tvary. Nemusel by se za ně stydět ani velmi ambiciózní pěstitel bonsají. Zatímco větve stromu se v drtivé většině jen rozdvojují a prakticky nikdy znovu nesrůstají, strom života před vznikem eukaryot i po jejich vzniku připomíná svými vzájemně propojenými větvemi spíše husté síťoví. Jeho větve se rozdělují, aby se následně opět propojily tam, kde si zástupci do té doby samostatných větví vyměnily kusy dědičné informace. I proto je pátrání po „posledních společných předcích" tak komplikované. Větve života tvoří složitě propletené bludiště, v němž není těžké se ztratit.

Z toho, jak vypadají dnešní eukaryoti však můžeme celkem spolehlivě usuzovat, že jejich společný předek LECA měl dobře vyvinuté buněčné jádro, mitochondrie, cytoskelet a zřejmě i další rysy eukaryot, jako jsou bičíky.

O tom, jak vzniklo buněčné jádro vedou vědci spory. Podle jedněch je pozůstatkem polapení „velké kořisti", kdy jedna buňka spolkla druhou. Vnitřní „uvězněná" buňka v sobě nashromáždila většinu dědičné informace a proměnila se v jádro. Vnější „věznitelská" buňka se naopak většiny dědičné informace zbavila – buď si ji nastěhovala do tvořícího se jádra nebo ji jednou pro vždy vyhodila. Podle konkurenční teorie si buňka jádro vybudovala sama z vlastních zdrojů jako bezpečný úkryt pro to nejcennější a nejchoulostivější, co má – pro svou dědičnou informaci. Podobné nejasnosti panují v představách o vzniku dalšího typického rysu eukaryot – cytoskeletu. Naopak, v otázce vzniku mitochondrií panuje shoda. Vznikly poté, co jedna prokaryotní buňka zajala buňku pradávné jednoduché bakterie.

Prapodivné viry

Viry byly z pozemských organismů vždycky vyčleňovány, protože nemají buňku a nejsou s to si zajistit základní životní procesy, jako je tvorba nové dědičné informace. Viry zneužívají pro tyto základní životní procesy mašinérie hostitelské buňky. Jejich primitivní dědičná informace byla proto považována za jakousi „hackerskou instrukci", jež nemá jiný účel, než ošálit buňku, aby zapomněla na vlastní prospěch a začala sloužit potřebám dědičné informace viru. Virus byl tedy vnímán jako zvlčilá a sobecká dědičná informace vzniklá evolučním nedopatřením z dědičné informace buněčných organismů. Této „vzbouřenecké" dědičné informace není zapotřebí mnoho. Viry běžně vyjdou s 5 000 písmeny genetického kódu. Ke spočítání jejich genů stačí často jen prsty na rukou. Například neblaze proslulý virus HIV vyvolávající onemocnění AIDS má dědičnou informaci z necelých 10 000 písmen genetického kódu a v ní 9 genů.

V posledních deseti letech jsme měli hned několik příležitostí zapochybovat o tom, zda tato představa platí pro všechny viry. Vědci nacházejí viry, které se běžným představám o virech zcela vymykají. Jsou tak velké, že si je vědci zpočátku pletli s bakteriemi. I proto dostaly první objevené obří viry jméno mimiviry odvozené z anglického „microbe mimicking virus" čili „virus napodobují mikroby". První mimivirus objevili francouzští mikrobiologové v měňavce žijící ve vodě vodojemu. Měl dědičnou informaci tvořenou 1 180 000 písmen genetického kódu a nesl si v ní více než 900 genů. V dědičné informaci mimivirů najdeme i geny, které jsou typické pro buněčné organismy, např. geny pro vlastní syntézu bílkovin.

Původ evolučně pokročilých genů mimivirů zajišťujících základní buněčné funkce představuje záhada. Viry si je mohly omylem „přibalit", když se jejich dědičná informace potkala s dědičnou informací hostitelské buňky. Problém je v tom, že geny mimivirů jsou krajně nezvyklé a neznáme buňky, které by měly podobné geny „na skladě". Tím se otevírá donedávna těžko představitelná možnost, že mimiviry vznikly z buněk s kompletní dědičnou informací. Tyto buňky se přizpůsobily cizopasnému způsobu života a v hostitelských buňkách už nacházely mnohé životně důležité molekuly hotové. Nepotřebovaly si je vyrábět svépomocí a mohly si dovolit ztrátu genů, jež jsou k tvorbě těchto molekul zapotřebí. Tím by se jejich dědičná informace zjednodušila do dnešní podoby.

Pátrání po organismech, které mohly dát vzniknout mimivirům, proběhlo ve všech třech stávajících doménách života a vypadá beznadějně. Archea, bakterie ani eukaryota nedisponují ničím, co by byť jen vzdáleně připomínalo geny mimivirů. Pokud tedy stály u zrodu mimivirů buněčné organismy, patřily do další domény života. Zástupci této čtvrté větve pozemského života buď do dneška nepřežili, nebo jsme je v záplavě pozemských jednobuněčných organismů zatím neodhalili.

Čtvrtá, pátá, šestá ... větev života?

O tom, že ani čtvrtou doménou života nemusí výčet větví stromu pozemského života končit, svědčí nedávný objev pandoravirů. Jeden z nich má dědičnou informaci tvořenou 2 500 000 písmeny genetického kódu a v nich schovává více než 2 500 genů. Tento pandoravirus už trumfne velikostí genomu nejen bakterie či archea, ale vyrovná se dokonce i velmi jednoduchým zástupcům eukaryotů. Nejmenší bakterie *Carsonella ruddii* mají genomy o 160 000 písmenech genetické informace a disponují 182 geny. Nejmenší z archeí *Nanoarcheum equitans* má asi 500 000 písmen genetického kódu a 500 genů. K nejmenším eukaryotům patří cizopasný prvok *Encephalitozoon cuniculi* z 2 900 000 písmeny genetického kódu a 2000 genů.

Pandoraviry vyhlížejí exoticky nejen ve srovnání s běžnými viry, archei, bakteriemi či eukaryoty, ale prapodivně se vyjímají dokonce i vedle mimivirů. Jejich geny nemají mezi dosud známými formami pozemského života obdoby.

„Je to, jako kdybychom objevili yettiho," komentovala objev pandoravirů americká viroložka Elodie Ghedinová z University of Pittsburg v rozhovoru pro vědecký týdeník Science.

Pokud i pandoraviry vznikly degenerací buněčných organismů, pak se jejich předek neřadil mezi archea, bakterie ani eukaryota a nepatřil ani do čtvrté domény života reprezentované jednobuněčnými předky mimivirů. Znamenalo by to, že musíme nechat stromu pozemského života vyrašit pátou větev. To před nás staví znepokojivou otázku, kolik takových větví ještě přibude. Zatím se to dá jen těžko odhadnout. Zdá se, že v odhalování úžasného „zvěřince" obřích virů stojíme na samém počátku. První dva zástupce pandoravirů našli vědci v Austrálii a v Chile. Jeden žil v mořském bahně, druhý obýval místní rybníček. Jejich objevitel Jean-Michel Claverie to komentoval slovy: „Podle všeho jsou úplně všude."

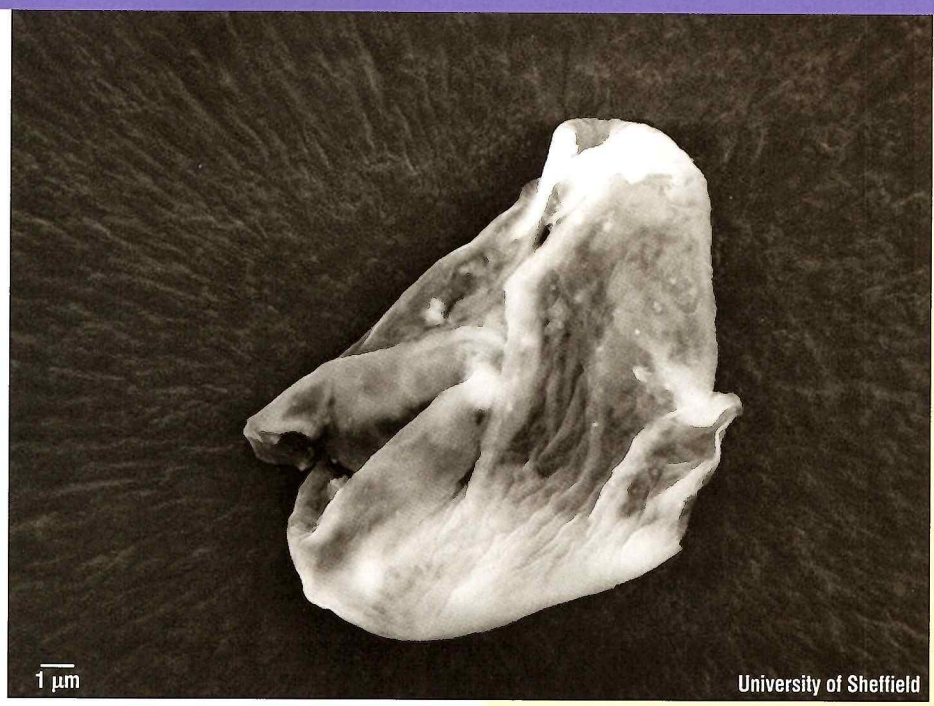
Mnozí vědci viděli zřejmě mimiviry, pandoraviry a další virové obry dávno předtím, než je Claverie a spol. popsali. „Zdravý rozum" jim ale zabránil uvěřit vlastním očím. Například němečtí vojenští mikrobiologové pozorovali cosi nápadně podobného pandoravirům v měňavkách, které odhalili na zanícené oční rohovce jednoho pacienta oční kliniky. Ani ve snu je nenapadlo, že se dívají na „virového yettiho".

„Tyto viry mohou předznamenávat existenci nejen čtvrté domény života, ale i páté, šesté, atd.," tvrdí Jean-Michel Claverie.

JAROSLAV PETR

•

Mimozemské baktérie v stratosfére Zeme?



Jeden z organizmov zachytených balónovou sondou.

Vedci z University of Sheffield oznámili, že vo vzorkách z výšky 27 000 metrov objavili zvláštne organizmy. V správe (Journal of Cosmology) sa píše, že pozemské organizmy mohol do takej výšky vyniesť iba nezvyčajný proces. Napríklad silná vulkanická erupcia. Počas posledných troch rokov však vulkanológovia taký silný výbuch sopky nezaznamenali. Teda: organizmy by mohli mať mimozemský pôvod!

Profesor Milton Wainwright, vedúci tímu, pracuje na Oddelení molekulárnej biológie a biotechnológie pri Sheffieldskej univerzite. Na okraj objavu píše: „Nazdávame sa, že Zem je oddávna a priebežne infikovaná životom z vesmíru. Máme takmer stopercentnú istotu, že organizmy, ktoré sme objavili, nevznikli na Zemi."

Vedci vypustili do stratosféry balón, ktorý vo výškach 22 000 až 27 000 metrov monitoroval meteorický dážď Perzeíd (presnejšie: prach z rozpadajúcich sa meteoroidov). Mikrofotografie, ktoré exponoval špeciálny mikroskop, vysielala sonda na Zem. Vedci na snímkach identifikovali neznáme organizmy, pričom kontamináciu biologickým materiálom zo Zeme vylúčili.

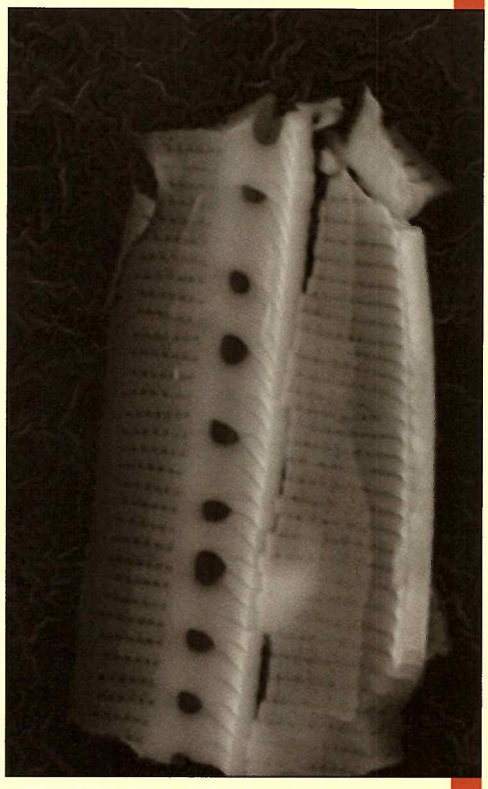
Chris Rose a Alex Baker z Leonard Centre for Tribology (súčasť Sheffieldskej univerzity), vypustili koncom októbra balón, ktorý monitoruje periodickú spŕšku meteorov, fragmentov kométy Halley. Získané vzorky po návrate na Zem preskúmajú v rámci špeciálneho experimentu. Ak sa dokáže, že podiel istých izotopov je rovnaký ako na Zemi, objavili neznáme, ale pozemské organizmy. Ak budú podiely izotopov rozdielne, organizmy majú mimozemský pôvod. Profesor Wainwright tvrdí: „Tie organizmy sú na 95 % mimozemšťania."

Organizmy na mikrofotografiách sú podľa všetkého mŕtve, ale možno sa v nich uchovala DNA. V baktériách, ktoré objavili vo vzorkách z predchádzajúcich sond, objavili chemikálie, ktoré sú základnými stavebnými kameňmi pozemského života.

Objav vyvolal veľký záujem, ale aj veľké pochybnosti. Napriek tomu, že Chandra Wikramasinghe z Buckingamskej univerzity (Centre for Astrobiology), jeden z najrenomovanejších astrobiológov, kolegov zo Sheffieldskej univerzity podporil. Dokonca na významnej konferencii, ktorá sa konala koncom septembra v San Diegu. Napriek tomu otáznik za titulkom predbežne nechávame.

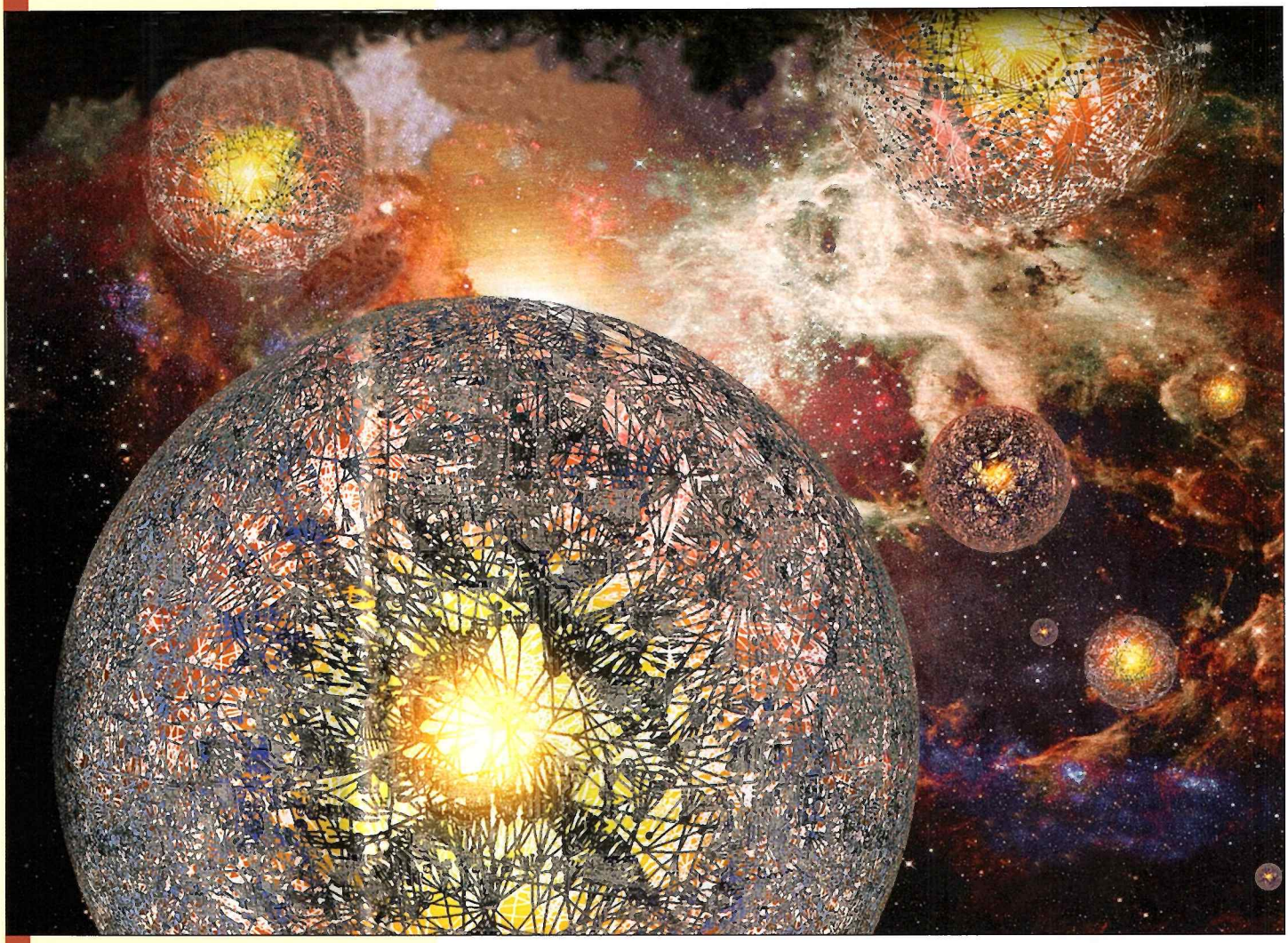
University of Sheffield Press Release; Cosmological Journal

Aj tento organizmus je mimozemšťan?


Fragment rozsievky, ktorý má podľa vedcov zo Sheffieldskej univerzity kozmický pôvod.

Balónovú sondu vypustili v auguste, keď kulminujú Perzeidy.

SETI: ďalšie dejstvo pátrania



Galaxia plná Dysonových sfér, sústav, ktoré zachytávajú a menia väčšinu slnečnej energie pre potreby rozvinutých civilizácií. Takéto galaxie by vyžarovali viac infračerveného ako viditeľného žiarenia. Astronómovia už takéto galaxie začali hľadať.

Dnešní lovci signálov mimozemšťanov využívajú Dysonove sféry, infračervené signály i laserovú komunikáciu. Staré metódy lokalizácie iných civilizácií dožívajú.

SETI využíva v ostatných rokoch aj Robert C. Byrd Green Bank Telescope v Západnej Virgínii, ktorý zaznamenáva rádiové zdroje z najrozličnejších planét (podľa katalógu vesmírneho ďalekohľadu Kepler), ktoré majú parametre zlučiteľné so vznikom a vývojom života.

Aj program Pátrania po mimozemskej inteligencii (SETI) využíva technický pokrok. Doposiaľ sa lovci ET zameriavali najmä na hľadanie takých signálov, ktoré dokážu detegovať a odlíšiť od záplavy hlukov a zvláštnych emisií z kozmu.

Väčšina klasických stratégií pátrania v ostatnom čase využíva najmä rádiové a laserové signály v rámci možností existujúcich technológií. Tieto pokusy sú v plnom prúde. Prístroje novej generácie vysielajú k najbližším planetárnym sústavám čoraz silnejšie signály.

Najnovšie programy využívajú odlišné stratégie. Pátrajú po vysoko rozvinutých civilizáciách nielen v Mliečnej ceste, ale aj mimo nej. Bez ohľadu na dobu, kedy dosiahli toto štádium, ako dlho rozvíjajú, či na ich schopnosť a odhodlanie prejaviť svoju prítomnosť.

Nové stratégie pátrania po ET vychádzajú z predpokladu, že akákoľvek rozvinutá civilizácia, bez ohľadu na to, aké biologické bytosti ju vytvorili, musí na istom stupni rozvoja spotrebúvať veľké kvantá energie, využívať základné fyzikálne zákony a expandovať do svojho okolia. Samozrejme, iba vtedy, ak tá-ktorá civilizácia nezačala upadať, stagnovať, alebo sa z nejakých dôvodov celkom nezrútila.

Každá expandujúca civilizácia spotrebúva čoraz väčšie množstvo energie. Ak sa zdroje energie na materskej planéte minú, aj mimozemšťania sa pokúsia získavať ich na ďalších planétach a mesiacoch v materskej sústave a zároveň využívať čoraz mohutnejšie a efektívnejšie solárne zariadenia, využívajúce energiu lokálneho slnka či slnk.

Tieto predpoklady zverejnil už začiatkom 60. rokov fyzik a matematik Freeman Dyson z Inštitútu pre pokročilé štúdie v Princetone (New Jersey). Dyson je autorom koncepcie gigantických solárnych elektrární, krúžiacich okolo materských hviezd a tvoriacich sieť takzvanej „Dysonovej sféry".

Tieto zariadenia môžu zachytiť a premeniť značnú časť žiarenia hviezdy. Energia sa však,

po mimozemšťanoch

ako vieme, nestráca, ale mení na iné formy. V Dysonovej sfére sa zmení na teplo, ktoré by sme mohli detegovať ako infračervené žiarenie. Pozemšťania by však mohli zachytiť aj viditeľné žiarenie iba čiastočne blokované ozrutnými sústavami, krúžiacimi okolo materskej hviezdy. Vedci, ktorí Dysonovu koncepciu odobrili, sa nazdávajú, že väčšina Dysonových sfér nebude celkom nepriepustná. Bude to skôr mozaika segmentov s mnohými medzerami.

Časť nových programov SETI sa zameria na vyhľadávanie takýchto sfér. Prístroje budú hľadať ich špecifické znaky. Zároveň sa rozbehne aj pátranie po komunikáciách civilizácií, ktorých technologická úroveň a inteligencia ďaleko prevyšuje tú našu. Pomocou nových stratégií vedci začnú už počas najbližších rokov hľadať prejavy inteligencie v rádovo väčších oblastiach priestoru ako v minulosti.

Stojíme na prahu úplne novej éry medzihviezdnej, ba medzigalaktickej špionáže.

Geoffrey Marcy

z Kalifornskej univerzity (Berkeley) začal nedávno dva rozličné projekty. Každý potrvá dva roky. V rámci prvého budú vedci pátrať po najpriamejšom dôkaze existencie Dysonových sfér: po úplných či čiastkových zákrytoch žiarenia hviezdy. Zatmení, ktoré sa pravidelne opakujú v závislosti od obežnej dráhy technologických štruktúr.

Marcy, dodnes najúspešnejší lovec exoplanét, (objavil ich vyše 230), vyvinul so svojím tímom softvér, pomocou ktorého vyhľadáva v katalógu vesmírneho ďalekohľadu Kepler „najpodozrivejšie hviezdy". Kepler počas štyri roky trvajúcej misie preveroval priebežne zhruba 150 000 hviezd, až kým porucha na gyroskopoch neznemožnila presné merania.

Kepler v 3 000 prípadoch zaznamenal nepatrné, periodické poklesy intenzity žiarenia z monitorovaných hviezd. Najpravdepodobnejšou príčinou týchto čiastočných zákrytov by mali byť exoplanéty. Opatrný Marcy však tieto hypotetické telesá považuje predbežne (kým ďalšie tímy a prístroje ich totožnosť nepotvrdia) iba za kandidátov na planéty. Vedci v súčasnosti z tohto súboru kandidátov vyberajú systémy, kde sa prítomnosť planét potvrdila. Teraz sa Marcyho tím zameria na výrazne odlišné druhy zákrytov.

Aj astronóm Andrew Howard z Havajskej univerzity je členom Marcyho tímu: „Vytvorenie komplexnej, úplnej Dysonovej sféry je vrcholný inžiniersky výkon. Úplne komplexná sféra sa asi ani nedá vytvoriť. To je výhodné, lebo sféra s medzerami sa dá ľahšie detegovať. Kepler počas misie opakovane detegoval aj také prechody, ktoré pozemskí lovci detegovať nedokázali: mimoriadne krátke či dlhé, alebo výstredné." (Zákryty hviezdy príliš vzdialenými planétami sa opakujú až po rokoch, zákryty planét na výstredných dráhach sú iba vzácne periodické.)

Ak pred hviezdou prechádza iný objekt ako planéta (napríklad veľká sústava solárnych antén), svetelná krivka má iný tvar. Preto tím musí vyvinúť softvér, pomocou ktorého dokážu vytipované hviezdy študovať podrobnejšie. Doteraz sa nikto nepokúsil preskúmať hviezdy z Keplerovho katalógu tak dôkladne. Je viac ako pravdepodobné, že v takom malom súbore hviezd ani Marcyho kolegovia Dysonovu sféru neobjavia. Vedci však dúfajú, že vedľajším produktom programu bude objav nových nečakaných fyzikálnych fenoménov.

Dolovanie údajov

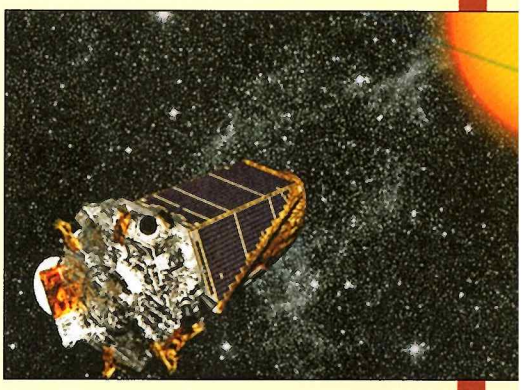
Údaje z Keplera využívajú aj ďalšie tímy. Jeden z nich vedie Lucianne Walkowiczová z Princeton University. Vedci sa zameriavajú na vyhľadávanie „stelárnych majákov" a na identifikovanie hľadaných signálov využívajú algoritmy inžinierov-strojárov. Walkowiczová: „Sledujeme, ako sa jednotlivé úkazy združujú, i to, ako a čím sa odlišujú. Najdôležitejšie sú údaje o narastaní a poklese intenzity žiarenia, vďaka čomu možno indikovať čokoľvek: od krátkych laserových vzplanutí, až po väčšie štruktúry Dysonovej sféry."

Tím nehľadá vopred definované signály. Algoritmy, ktoré vedci vyvinuli, sa podobajú tým, čo využívajú veľké spoločnosti, zaznamenávajúce údaje o konzumentoch. Napríklad tam, kde sa rozhoduje o tom, aký produkt si ten-ktorý zákazník kúpi.

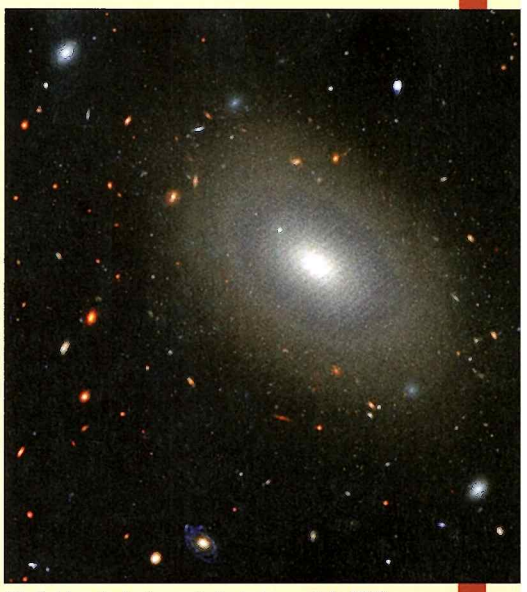
Samotná metóda nie je nová, ale dnešné prístroje rádovo zvyšujú jej efektívnosť.

Richard Carrigan, časticový fyzik z Fermi National Accelerator Laboratory v Batavii (Illinois), zdokonalil staršiu metódu detekcie mimoriadnych infračervených udalostí na úroveň, ktorá nemá vo svete obdoby. Preveril údaje o zdrojoch v katalógu Infrared Astronomical Satelitte (IRAS), ktorý v roku 1983 monitoroval oblohu na infračervených vlnových dĺžkach. Zameral sa najmä na hviezdy, ktorých infračervené emisie

⇨⇨

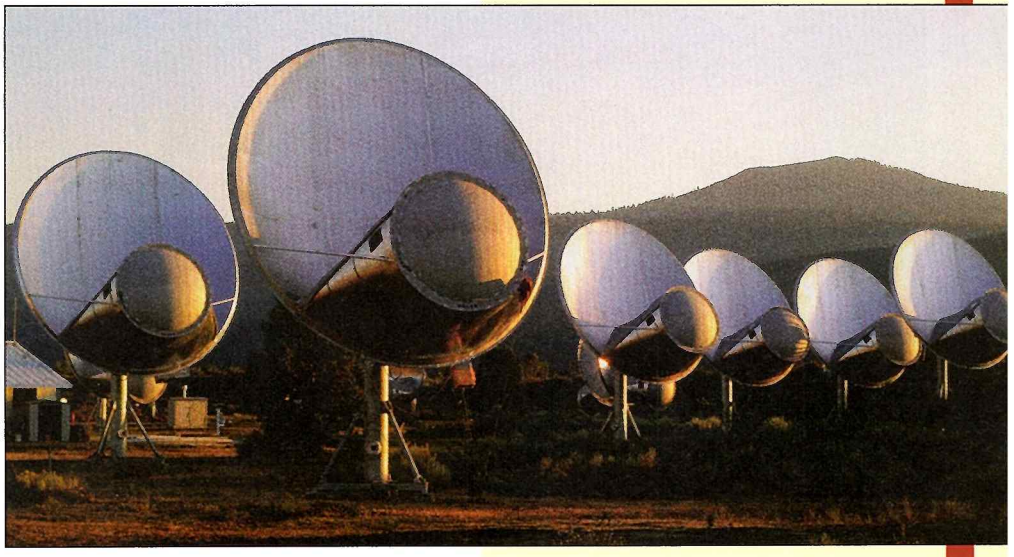


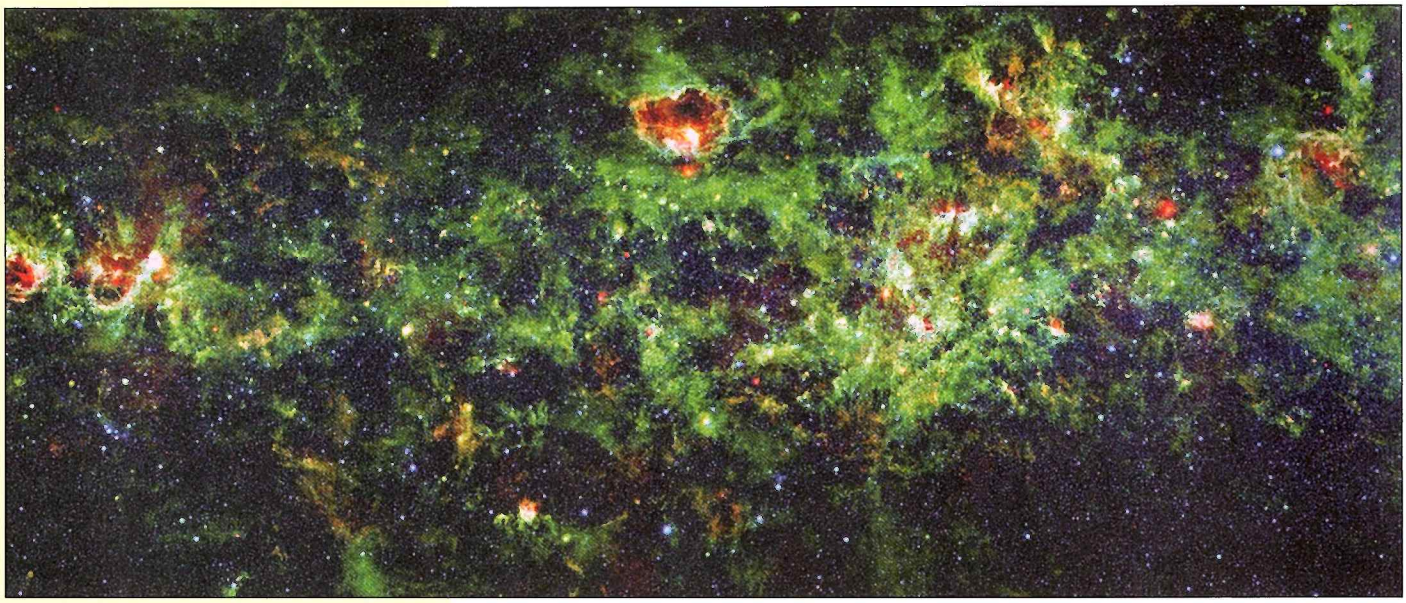
Vesmírny ďalekohľad Kepler objavil v našej Galaxii zhruba 3000 kandidátov exoplanét. Viaceré z nich využije SETI pri hľadaní Dysonových sfér.



Eliptické galaxie (na snímke jedna z nich, NGC 1152) sú najvhodnejšími objektmi pre astronómov, ktorí pátrajú po mimozemšťanoch. Eliptické galaxie s Dysonovými sférami by sa mali od svojich „jalových" sestier výrazne odlišovať.

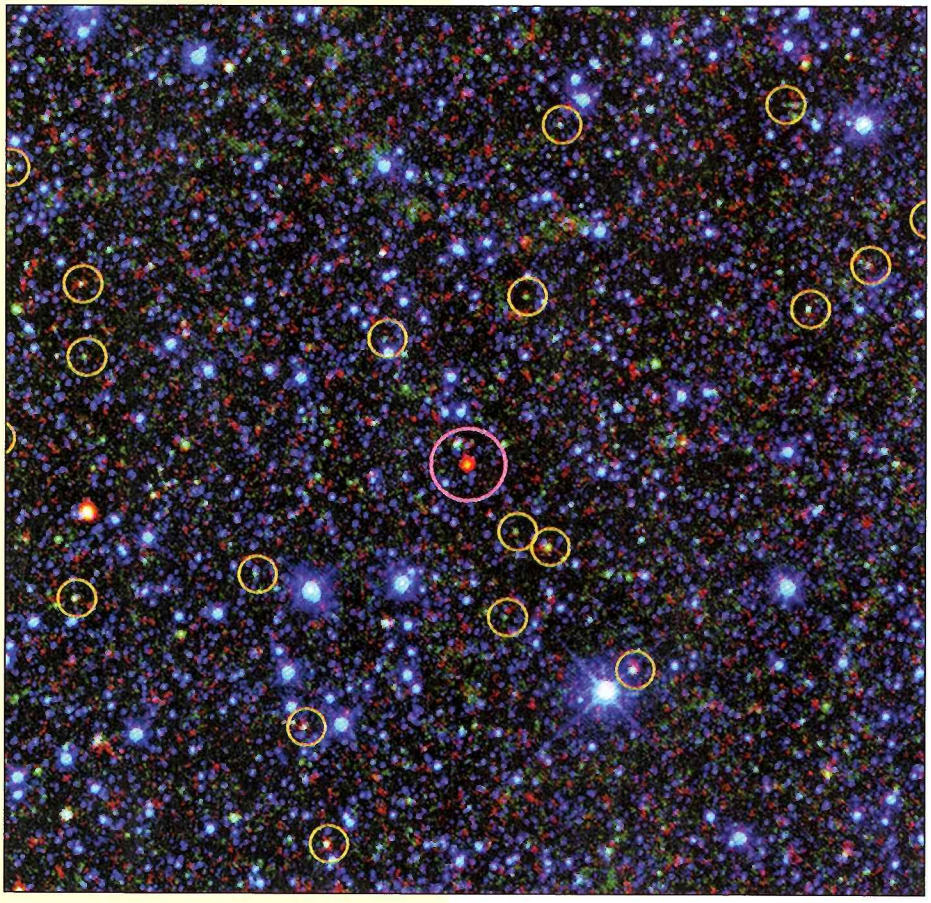
Allen Telescope Array v Severnej Kalifornii tvorí sústava 42 antén, ktoré hľadajú signály mimozemšťanov. Richard Carrigan využíva toto zariadenie na zachytávanie signálov z hviezd, ktoré sú nápadne červené, takže by sa v nich mohli vyskytovať Dysonove sféry. Zatiaľ taký signál nezaznamenal.





Segment z infračervenej mapy oblohy, ktorú zhotovili pomocou údajov satelitu Wide-field Infrared Survey Explorer. Mozaika znázorňuje Mliečnu cestu v súhvezdiach Cepheus a Cassiopeia. Na takýchto snímkach hľadá tím Jasona Wrighta zdroje mimoriadneho infračerveného žiarenia, potenciálne Dysonove sféry obklopujúce hviezdy.

Na snímkach z prehliadky Wide-field Infrared Survey Explorer vyhľadávajú vedci galaxie, ktoré sú mimoriadne jasné v infračervenej oblasti spektra (jedna z nich je v ružovom krúžku). Žlté kruhy označujú galaxie, v ktorých hniezdia aktívne čierne diery.



boli v porovnaní s optickým žiarením výrazne vyššie. Presne takto by sa mali prejaviť Dysonove sféry.

Carrigan spomedzi 17 hviezd vytipoval niekoľko zaujímavých kandidátov. Ani jedna z odlišností sa však neprejavila ako úkaz, ktorý by nemal astrofyzikálny pôvod. Neskôr využil aj Allen Telescope Array (ATA), sústavu 42 rádioantén (každá s priemerom 6 m), vyvinutú v prvých etapách SETI, a opäť svojich kandidátov preskúmal. Očakával, že neobvyklé infračervené emisie súvisia s nejakým nezvyklým rádiovým signálom. Bez úspechu. Viaceré „podozrivé" zdroje sa však nachádzajú na južnej oblohe, mimo dosahu ATA.

Odpočúvanie konverzácie mimozemšťanov

Marcyho tím prepojil projekt SETI s programom vyhľadávania Dysonových sfér. Nejde pritom o odpočúvanie „lokálnych" posolstiev vo vnútri civilizácie, ale signálov určených iným obyvateľom planetárnych sústav. Mohla by to byť komunikácia prostredníctvom modulovaných laserových lúčov. Nie je vylúčené, že aj Zem sa nachádza na „linke" týchto komunikácií.

Laser je jednou z najefektívnejších metód komunikácie na veľké vzdialenosti. Tieto lúče by mali mať výrazný signál – ostrý vrchol vo frekvencii, aký nemá nijaký známy fenomén v prírode.

Na tejto technike pracuje Paul Horowitz z Harvard University a jeho tím už pätnásť rokov. Vedci hľadajú záblesky laserov, ktoré, ak by boli emitované krátkymi pulzmi, mohli by byť v niektorých pásoch vlnových dĺžok až tisíckrát silnejšie ako žiarenie Slnku podobnej hviezdy. Takýto výkon by mohlo mať aj zariadenie na báze známych pozemských technológií.

Marcyho tím využíva spektroskop (s cieľom rozložiť žiarenie na jednotlivé vlnové dĺžky) i fotometer (merajúci intenzitu žiarenia). Tak dokáže rozlíšiť nielen pulzy v čase, ale aj čistotu laserového spektra. Úzke vrcholky „umelých" emisií by mali mať neprirodzený profil aj vtedy, keď celková intenzita žiarenia nebude vyššia ako žiarenie centrálnej hviezdy.

Howardov tím má na muške viac sľubných terčov. Ďalekohľad Kepler objavil niekoľko desiatok hviezd s viac ako jednou exoplanétou. Marcyho tím spresňuje pre Howarda relatívne polohy planét v týchto sústavách. Jedným z cieľov je vystihnúť okamih, keď sa dve planéty v sústave ocitnú na zornej línii s pozemským pozorovateľom. Takto by sa Zem (ak v systéme žijú inteligentné bytosti, ktoré už osídlili viac telies a navzájom komunikujú) stala periférnou súčasťou výmeny informácií medzi dvomi planétami.

Milióny sfér

Carrigan už niekoľko rokov vyvíja aj iné spôsoby pátrania. Jeden z nich je mimoriadne ambi-

R. Weberová aj. využili pokroku metod seismické analýzy k novému zpracování údajů ze **seismometrů**, které na Měsíci umístily v letech 1969 – 1972 posádky astronautů při přistáních modulů *Apolla 12, 14, 15 a 16* a které fungovaly až do konce r. 1977. Zjistili tak, že *vnitřní jádro* Měsíce o poloměru 240 km je tuhé, zatímco *vnější jádro* o tloušťce 90 km (tvořící 60 % objemu převážně železného jádra) je kapalné. Nad ním se nachází částečné natavená *přechodová vrstva* o tloušťce 150 km a průměrné teplotě 1 650 K. To znamená, že po vzniku Měsíce docházelo k **diferenciaci hornin** podle hustoty. V jádře se dnes nachází téměř výhradně železo s 6 % příměsí lehčích slitin.

Podle V. Kaydashe fotometrie povrchu Měsíce sondou **Lunar Reconnaisance Orbiter** (*LRO*) vykazuje v místech přistání modulů *Apollo* anomální zbarvení vyvolané tryskami raketových motorů a stopami vozítek i šlápotami astronautů. Sonda také nalezla místo, kam dopadl 3. stupeň rakety, která k Měsíci vynesla posádku poškozeného *Apolla 13*. (Dopad raketového stupně zaznamenal seismometr *Apolla 12*.) NASA nyní uvažuje o tom, že místa přistání automatických sond i astronautů by měla být *chráněna jako památky*; dokonce tam někde leží i golfový míček odpálený A. Shepardem. Nejzajímavější by však bylo prozkoumat *organické zbytky*, které na Měsíci zanechali astronauti, tj. zda některé typy baktérií v odpadu ještě přežívají.

Jak uvedli T. Murphy aj., sovětská automatická sonda *Luna 17* vysadila na Měsíci v listopadu 1970 robotické vozítko **Lunochod 1**, na jehož víku byl francouzský zrcadlový koutový odražeč. Ten se však nedal použít pro měření vzdálenosti Měsíce laserem, protože jeho poloha byla známa s chybou 5 km. Orbitální sonda *LRO* však v březnu 2010 určila polohu sondy *Luna 17* s chybou 100 m, což stačilo na zaměření koutového odražeče laserem z observatoře *Apache Point* v *Novém Mexiku*, kde se pro příjem laserových ozvěn používá zrcadlo o průměru 3,5 m. Tak se podařilo postupně *polohu odražeče upřesnit na 50 mm* a následkem toho je dnes ozvěna odtud až 4× silnější než od odražeče na *Lunochodu 2*. *Odražeč na Lunochodu 1* se navíc nachází poblíž okraje viditelného disku Měsíce, takže ozvěny citlivě reagují na aktuální *libraci Měsíce* a velmi podstatně tak zvyšují celkovou účinnost přesných měření vzdálenosti Měsíce i jeho libračního kolébání.

Detailní snímky povrchu Měsíce sondou *LRO* s rozlišením až 0,5 m poskytují vynikající údaje o četných *malých impaktních kráterech, proměnnosti regolitu, neobvyklých geologických útvarech a také o rozložení balvanů* na povrchu našeho nejbližšího kosmického průvodce. Američtí odborníci proto uveřejnili v říjnu 2010 výzvu k počítačové veřejnosti z celého světa, aby se zájemci zapojili do dalšího projektu **ZOO Universe**, v jehož rámci lze na adrese: *www.moonzoo.org* klasifikovat útvary na více než 1,2 mil. snímků, které mj. zobrazují na 4,3 mil. kráterů a dalších geologických rysů. Do projektu se již zapojilo přes 20 tis. nadšenců z více než 100 zemí světa.

M. Le Feuvre a M. Wieczorek zjistili, že největší **četnost impaktních kráterů** na Měsíci vykazuje oblast měsíčního apexu, tj. rovník na 90° západní selenografické délky. Nejmenší četnost se pozoruje na 90° východní délky v rozmezí do 65° jižní i severní selenografické šířky. Mezi velkými krátery je nejmladší *Tycho*, který vznikl impaktem před 109 mil. let, zatímco *Copernicus* je starý 800 mil. roků. Mnohem starší jsou měsíční pánve *Oceán bouří* (3,15 mld. let), *Moře nepokojů* (3,22 Gr), *Moře deštů* (3,30 Gr), *Moře hojnosti* (3,41 Gr), *Moře klidu* (3,58 Gr) a *Moře jasu* (3,75 Gr). Nejstarší datované oblasti Měsíce jsou *Apenniny*, okolí kráteru *Fra Mauro* (místo přistání Apolla 14) a kráteru *Descartes* (Apollo 16) – 3,85 mld. let.

M. Jutzi a E. Asphaug simulovali **srážku již existujícího Měsíce** s menším tělesem o průměru 1 270 km a hmotnosti 4 % hmotnosti Měsíce, jež by se vychýlilo z pásma *Trojanů* soustavy Země – Měsíc a narazilo do Měsíce šikmo pod úhlem 45° rychlostí 2,4 km/s. Podle názoru autorů samotný vznik Měsíce nárazem impaktoru *Theia* do Země byl doprovázen vznikem řady menších těles, která postupně Měsíc vysbíral. Nejdéle (desítky milionů let) mu odolávala tělesa v libračních bodech L_4 a L_5, ale i ta nakonec na Měsíc vlivem poruch spadla, ovšem malou (podzvukovou) rychlostí. Za těchto okolností by se větší část hmoty největšího Trojanu *roztekla po odvrácené polokouli Měsíce*, která má jen horské hřebeny a žádné impaktní pánve. To by vysvětlilo i rozdílné chemické složení obou polokoulí Měsíce. K ověření domněnky bychom potřebovali vzorky hornin z odvrácené strany Měsíce, což se ovšem hned tak nepodaří.

L. Borg aj. využili nových metod radiochronologického datování měsíčních vzorků posbíraných posádkou *Apolla 16* k revizi hodnoty **stáří** těchto relativně nejstarších hornin v kůře Měsíce. Ve vzorku *anorthositu FAN 60025* tak dostali stáří od jeho krystalizace 4,360 mld. let s chybou ±3 mil. let. To je méně, než se dosud udávalo pro stáří utuhlé kůry Měsíce (4,43 mld. let). Pokud bychom tuto změnu v datu vzali vážně, znamenalo by to buď vážnou ránu pro domněnku o srážkovém původu Měsíce nárazem objektu Theia do Země, anebo bychom museli opustit představu, že na povrchu rozžhaveného Měsíce se původně rozprostíral *globální magmatický oceán*. Jak patrno, pokroky v údajích o našem nejbližším kosmickém sousedu přinášejí více otázek než definitivních odpovědí, takže se jen můžeme domýšlet, jak to ve skutečnosti vypadá s našimi současnými znalostmi o vzdálenějších objektech ve vesmíru...

1.1.4. Mars

N. Dauphas a A. Pourmand využili radiochronologie ($^{182}Hf/^{182}W$) **meteoritů SNC** z Marsu ke zjištění, že *Mars vznikl srážkami planetárních embryí o průměru řádu 1 tis. km velmi rychle*, tj. nejpozději za 4 mil. let od vzniku Sluneční soustavy. Dovnitř migrující *Jupiter* mu totiž posbíral další stavební materiál, a proto zůstala hmotnost Marsu tak nízká. C. Fassett a J. Head shrnuli, že *raný Mars měl dostatek vody* na to, aby mohly vzniknout minerály bohaté na vodu, tj. *fylosilikáty*. Vyznačoval se dále *tekutým kovovým jádrem*, což vedlo k dynamovému efektu a vzniku globálního magnetického pole. Na další geologický vývoj Marsu pak mělo vliv *těžké bombardování* spojené se vznikem obřích impaktních pánví *Argyre, Isidis* a *Hellas*. V té době se však už dynamo v nitru Marsu zastavilo a magnetické pole se vytratilo. Podle B. Ehlmanna aj. se před 3,7 mld. let vlivem eroze a přívalových vod z vulkanického ohřevu podpovrchového ledu vytvořily *tisíce kilometrů dlouhé kaňony*.

R. Craddock se zřejmě inspiroval domněnku o vzniku *Měsíce* u *Země*, když přišel s myšlenkou, že s Marsem se na počátku jeho existence srazila *planetesimála o hmotnosti 2 % hmotnosti Marsu*, vypařila se i s malou částí kůry Marsu a vytvořila kolem planety *cirkumplanetární plynný a později kapalný disk*. Kapky v disku nakonec utuhly a jejich akrecí vznikly miniaturní měsíce **Phobos** a **Deimos**. K tomu poznamenal P. Rosenblatt, že oba měsíce jsou hodně (30 – 60 %) porézní, takže není vyloučeno, že vznikly přímo u Marsu, nikoliv zachycením planetek.

G. Salamunicar aj. uveřejnili souhrnný **katalog kráterů** na Marsu, obsahující údaje o více než 57 tis. útvarech. V databázi však už

mají na 130 tis. kráterů a tento seznam je úplný pro krátery s průměrem větším než 2 km. Nejmenší katalogizovaný kráter má průměr 0,9 km. A. McEwen aj. objevili pomocí sondy *MRO* **sezónní změny** v mírných jižních areografických šířkách 32 – 48° na svazích kráterů se sklonem 25 – 40°. V té době se na svazích objeví protáhlé tmavší skvrny (**stružky?**) o šířce 0,5 – 5 m a délce až 100 m, které při vyšší teplotě rostou a pak při snížení teploty zase zmizí. Jelikož v té době teplota na těchto svazích dosahuje 250 – 300 K, je možné, že jde o tekoucí slanou (?) vodu. *Průměrná teplota* na povrchu Marsu však činí jen 218 K (–55 °C), takže při této teplotě i slaná voda zmrzne.

Velkým překvapením je však objev L. Maltaglatiho aj., kteří pomocí spektrometru *SPICAM* na družici *Mars Express* (ESA) zjistili, že *atmosféra Marsu ve výškách 20 – 50 km je přesycená vodní párou*, která nemůže zkondenzovat, protože tomu brání velká mračna ledových krystalků. Vodní pára je tak postupně disociována na vodík a kyslík a vodík uniká do kosmu, což může být další důvod, proč je Mars na povrchu s výjimkou polárních čepiček víceméně suchý. D. Reiss aj. zkoumali **vzdušné víry** (*tančící derviše*) na Marsu a zjistili, že jejich průměry dosahují až 800 m. Tak mohutné víry mají též nejdelší životnost až jeden a čtvrt hodiny. Naproti tomu nejmenší pozorovaný derviš o průměru pouhých 19 m trval necelé 3 minuty. Navzdory rozdílným teplotám a hustotám atmosféry se tedy tančící derviši na Marsu podobají svou životností svým kolegům na *Zemi*, kde jejich trvání se pohybuje v rozmezí od minut po cca 7 hodin.

V květnu 2010 uskutečnila *NASA* poslední pokus o komunikaci s laboratoří **Phoenix** na povrchu Marsu. Sonda překročila svou plánovanou životnost 90 solů (dnů na Marsu), když vysílala data po dobu 157 solů. Krátce potom se uskutečnila poslední relace s vozítkem **Spirit**, které uvízlo v písečné duně a celkem najezdilo po Marsově povrchu necelých 8 km. Naproti tomu vozítko **Opportunity** je stále čilé, ujelo od místa přistání v kráteru *Victoria* už 21 km, po cestě mimo jiné narazilo na 6 železných meteoritů a v srpnu 2011 začalo zkoumat vnější okraj kráteru *Endeavour* o průměru 22 km. V červenci 2011 vybrala *NASA* za cíl přistání pokročilého roveru **Curiosity** (cena 2,5 mld. dolarů) dno *kráteru Gale* o průměru 154 km. Rover o hmotnosti 900 kg bude mít za úkol vyšplhat se ze dna kráteru až na vrchol centrální hory vzniklé ze sedimentů a vysoké plných 5 km. Její stáří se odhaduje na stovky milionů let, zatímco samotný kráter vznikl před více než 3,5 mld. let.

1.1.5. Jupiter

H. Wilson a B. Militzer uskutečnili náročné **kvantově-mechanické výpočty stavu hmoty** v nitru Jupiteru, kde panuje teplota daleko vyšší než na povrchu *Slunce* (16 kK) při extrémních tlacích řádu 4 TPa. Oxid hořečnatý (MgO) se za těchto podmínek rozpouští v kapalině H/He, takže se může nakonec stát, že *v obřích plynných planetách pozře jejich jádro samo sebe*!

K. Khurana aj. získali pomocí měření změn v magnetických polích *Jupiteru* a jeho družice *Io* magnetometrem na sondě *Galileo* v letech 1999 – 2000 důkazy o tom, že plášť **Jupiterovy družice Io** nemůže být tuhý, ale tekutý. Jádro družice má poloměr 600 – 900 km, nad nímž se prostírá plášť, který nakonec přechází ve více než 50 km tlustou vrstvu roztaveného magmatu o teplotě 1,5 kK, jež nejméně *stokrát převyšuje objem magmatu produkovaného všemi vulkány na Zemi*. Teprve nad globálním oceánem magmatu se nalézá tuhá kůra o tloušťce zhruba 40 km, kterou však prorážejí četné sopky.

G. Orton aj. ukázali, že po *dopadu planetky na Jupiter 19. 7. 2009* se atmosféra planety ohřála na západ od místa dopadu o 6 K a tlak v nižší stratosféře se zvýšil o 70 hPa. Z troposféry Jupiteru se přesunulo do stratosféry minimálně 2.10^{12} kg plynu. Protože ve spektru úkazu byl silně zastoupen křemík, šlo tedy spíše o **planetku o průměru 200 – 500 m** a se střední hustotou 2,5násobku hustoty vody než o jádro komety. L. Fletcher aj. sledovali pátý den po dopadu jeho následky v atmosféře pomocí 8,2m teleskopu *Gemini-S* (*Cerro Pachón* v *Chile*) v infračervených pásmech 8 – 13 μm a 17 – 25 μm. Odhadli množství plynu, jenž se přesunul z troposféry do stratosféry jen na 10^{10} kg, ale z toho bylo nejméně 7.10^9 kg amoniaku. Stratosféra byla i po té době ještě o 3,5 K než je standard. Energii impaktu odhadli na 100 EJ, čemuž odpovídá průměr tělesa 70 – 510 m a potvrdili výskyt krystalického i amorfního křemíku v infračerveném spektru, takže zcela jistě šlo o planetku. K. Fast aj. využili *3m IRTF NASA* ke sledování Jupiterovy atmosféry ještě 23 dnů po impaktu a objevili v jovigrafické jižní šířce 56,5° zvýšené zastoupení ethanu, aerosolů a sazí. Porucha se pohybovala východním směrem (prográdně) rychlostí 21 m/s.

V září 2011 ohlásili astronomové z observatoří na *Mt. Palomaru* v *Kalifornii* a *CFHT* na *Havaji*, že se jim podařilo dvě další **družice Jupiteru,** které se pohybují retrográdně v oběžných dobách 724 a 589 dnů. Podle dráhových parametrů i nízké absolutní hvězdné velikosti 16,6 a 17,5 mag jde zajisté o nepravidelné družice, čili o zachycené planetky, s předběžným označením *S/2010 J 1 a J 2*.

1.1.6. Saturn

L. Fletcher aj. popsali vývoj nečekaně brzké **obří bouře** na Saturnu, která se začala vyvíjet jako malá bílá skvrnka počátkem prosince 2010. Tyto sezónní bouře na severní polokouli planety se vyskytovaly vždy v období letního slunovratu, tj. jednou za 30 let. Tentokrát však bouře začala už zjara. Snímky ze sondy *Cassini* i z teleskopu *VLT ESO* ukázaly, že během měsíce se bouře rozšířila na celou severní polokouli v intervalu šířek 20 – 50°, což se projevilo výraznými změnami v teplotě, chemickém složení i směru a síle větru v atmosféře planety. Troposférické poruchy pronikaly stovky kilometrů vysoko do stratosféry až k tlakové hladině 100 Pa. V dané šířce kolísaly teploty rovnoběžně s rovníkem až o 16 K. Zcela se porušila atmosférická cirkulace působením vertikálním proudů, změnami v tryskovém proudění, zvýšením turbulence a vznikem nového anticyklonálního oválu v centru poruchy na 41° severní šířky. Opticky se bouře projevila velkou bílou skvrnou, která dosáhla největších rozměrů koncem února 2011. Je to teprve pátá bílá skvrna za 130 let teleskopických pozorování a přišla s předstihem 10 let před letním slunovratem.

Výskyt těchto bouří souvisí v principu s podstatně vyšším sklonem *rotační osy Saturnu* k normále oběžné dráhy (27°) v porovnání s Jupiterem (3°). Paradoxně však nelze přímo pozorovat **blesky** v bouřkách kvůli vysokému jasu od Saturnových prstenců, ačkoliv dle A. Sáncheze-Lavegy aj. k nim určitě dochází, jak vyplývá z měřitelného rádiového praskotu doprovázejícího elektrické výboje nad oblastmi o rozměrech řádu 10 tis. km. Podle G. Fischera aj. *převyšuje energie blesků na Saturnu pozemské výboje minimálně o 4 řády*

a četnost se pohybuje kolem 10 výbojů za sekundu! Není divu, že průměrná teplota atmosféry Saturnu v té době stoupla o 8 K. Autoři se domnívají, že příčinou této mimořádné aktivity je třeba hledat ve zvýšené produkci vnitřního zdroje tepla planety.

E. Turtleová aj. ukázali na základě snímků sondy *Cassini*, že v březnu 2009 jezero *Ontario Lacus* poblíž jižního pólu největší Saturnovy družice **Titan** ustoupilo o 10 km oproti svému rozsahu v červnu 2005. Podobně se zmenšilo i další jižní jezero *Arrakis Planitia*. Naproti tomu v dubnu 2010 došlo v suché oblasti rovníku *Titanu* pokryté písečnými dunami k bouřkám a methanovým dešťům, po nichž se změnil vzhled rovníkové oblasti o ploše asi půl milionu čtv. kilometrů. Deště se znovu opakovaly v září a říjnu téhož roku.

P. Schinder aj. využili zákrytů sondy *Cassini* Titanem v r. 2006 k prozkoumání **teplotního profilu atmosféry** *Titanu* pomocí rádiového záření ze sondy. Zjistili, že ve středních jižních šířkách teplota těsně nad povrchem *Titanu* dosahuje 93 K, ale v tropopauze klesá na 70 K. S. Hörstová aj. zkusila v laboratorních podmínkách napodobit *atmosféru Titanu* obsahující převážně dusík s příměsí methanu. Působením ultrafialového záření a elektrických výbojů tak získala nejenom částice aerosolů o rozměrech řádu 0,1 μmm ale i uhlovodíky a dokonce všechny čtyři nukleotidy (ACGT).

W. Pryor aj. objevili **elektrodynamickou vazbu** mezi kryovulkanismem na družici **Enceladus** a polárními zářemi Saturnu. F. Postberg aj. totiž ukázali, že gejzíry na *Enceladu* obsahují vesměs slané krystalky, čili že pod jeho povrchem se nachází *oceán slané vody*, která je elektricky slabě vodivá. V prstenu kolem planety je asi 6 % soli NaCl. Tepelný výkon oceánu se odhaduje na 16 GW, což činí z *Encelada* nadějný objekt pro astrobiologii, protože to silně připomíná slané pozemské oceány – pravděpodobnou kolébku života zde na Zemi. P. Hartogh aj. využili *Herschelova teleskopu* k důkazu, že existuje vodní torus spojující *Encelada* se Saturnem, takže slaná voda se dostává do vrchní atmosféry Saturnu, bohužel nikoliv na *Titan*...

1.1.7. Uran a Neptun

J. Kavelaars aj. přišli s překvapivým tvrzením, že Uran a Neptun dodávali materiál pro výstavbu *Oortova oblaku komet* a svůj názor opírají o poměr deuteria k vodíku u Saturnovy družice *Enceladus*. Tento poměr se totiž nápadně podobá hodnotě, kterou dostáváme pro panenské komety přicházející ke *Slunci* z *Oortova oblaku* poprvé. Uran a Neptun mají totiž větší hmotnost, než by jim příslušela, kdyby jejich vznik akrecí probíhal v těch vzdálenostech od *Slunce*, kde jsou dnes. To znamená, že byly v době vzniku Sluneční soustavy blíže ke *Slunci*, tj. rozhodně blíž než 12 AU. Jak ukázali K. Walsh aj., *Jupiter* nejspíš vznikl ve vzdálenosti 3,5 AU od *Slunce* a nejprve migroval směrem k němu, čímž vyčistil pás ve vzdálenosti 2 – 4 AU od většiny materiálu, takže zde nevznikla planeta, ale jen málo hmotný *hlavní pás planetek*. Odvržený materiál však obohatil oblast, kde tehdy nabírali planetesimály Uran s Neptunem (8 – 13 AU). *Jupiter* by byl býval nakonec spadl na Slunce a jakoby mimochodem by byl zlikvidoval všechny terestrické planety, ale naštěstí tomu zabránil *Saturn*, když se jejich oběžné doby dostaly do rezonance 3:2, a tak odtáhl *Jupitera* zpět až do dnešní vzdálenosti 5,2 AU. Souběžně s tím se od *Slunce* vzdalovaly také Uran a Neptun. To, co nestačily vychytat, se tak dostalo do *vnějšího (transneptunského) pásu planetek* i do *Oortova oblaku*.

Mimochodem, teprve 10. července 2011 se uzavřela eliptická dráha **Neptunu** od jeho objevu J. Gallem a H. D´Arrestem 24. září 1846. Oběžná perioda Neptunu totiž obnáší 164,79 roku. K objevu planety předpovězené U. Le Verrierem jim stačil 0,23m refraktor (a vlastní velmi dobré mapy hvězdné oblohy). Jak známo, dávno před nimi zakreslil Neptun *Galileo* 28. 12. 1612 a 27. 1. 1613 při svých pozorováních *Jupiteru*, ale změny jeho polohy vůči ostatním hvězdám si nevšiml. Totéž se později přihodilo ještě *J. Herschelovi* (14. 7. 1830) a skotskému astronomovi *J. von Lamontovi* (1805 – 1879), jenž během svého působení v Německu spatřil Neptun dvakrát v r. 1845 a potřetí v r. 1846, ale rovněž si nevšiml, že se vůči hvězdám pohybuje.

Jak uvedli J. Horner a P. Lykawka, Neptun spojuje s *Jupiterem* ještě ta výsada, že teoreticky může mít v Lagrangeových bodech L_4 a L_5 planetky, kterým se říká u Jupiteru **Trojani**. První Jupiterův Trojan §*(588) Achilles*§ byl objeven již v r. 1906 a dnes známe už tisíce Jupiterových Trojanů. U Saturnu a Uranu Trojani být nemohou, neboť dynamicky jde o nestabilní dráhy, ale u Neptunu byl první Trojan (**2001 QR322**) objeven už před více než desetiletím a v současně době jich známe skrovných sedm.

E. Karkoschka znovu prohlédl snímky, které pořídila sonda *Voyager 2* při těsném průletu u Neptunu v srpnu 1989. Podařilo se mu tak v jeho atmosféře nalézt 10 stabilních útvarů, které jsou pozorovatelné dosud. Odtud pak vychází o něco kratší **rotační perioda** Neptunu 15,9663 h v porovnání s tabulkovou hodnotou 16,108 h. Z této změny vyplývá, že hmota Neptunu je více koncentrována směrem do jádra, než se dosud uvádí. Je docela pravděpodobné, že podobná nepřesnost postihuje i udávanou rotační periodu Uranu.

1.2. Meziplanetární látka

1.2.1. Trpasličí planety, transneptunská tělesa (TNO)

B. Sicardy aj. analyzovali pozorování zákrytů anonymní hvězdy 12,5 mag **Plutem** i **Charonem** dne 22. 6. 2008 z *Austrálie* a ostrova *La Réunion* v *Pacifiku*, čímž zpřesnili délku velké poloosy dráhy *Charonu* na 19 636 km. Současně zpřesnili údaje o hmotnosti *Pluta* ($1{,}31.10^{22}$ kg) a průměru *Charonu* (1 210 km). B. Sicardy aj. využili rovněž zákrytu anonymní hvězdy 17 mag v souhvězdí *Velryby* trpasličí planetou **(136199) Eris** z 6. 11. 2010 ke zpřesnění některých parametrů tělesa, které svými rozměry konkuruje Plutu (*Pluto* s průměrem 2 390 km je menší než 7 přirozených družic u Jupiteru, Saturnu, Země a Neptunu). Ze zmíněných měření vyplývá, že dokonalá koule *Eris* má průměr 2 326 km; je však poměrně velmi jasná, za což může *nevídaně vysoké albedo* jejího povrchu (96 %!). Jelikož je však *Eris* o 27 % hmotnější než *Pluto*, jak ukázalo pozorování dráhy jejího průvodce **Dysnomia**, plyne z toho poněkud překvapující závěr, že *průměrná hustota Eris dosahuje 2,5násobku hustoty vody, čili musí mít poměrně velké kamenné jádro*. Na rozdíl od Pluta však prakticky nemá žádnou atmosféru.

A. Alvarez-Candal aj. studovali pomocí spektrografu *X-shooter UT2 VLT ESO* složení povrchu na kost zmrzlé (36 K) trpasličí planety *Eris*. Zjistili tak, že povrch tělesa má heterogenní vzhled, vyvolaný tím, že led methanu je místy rozředěn ledy jiných chemických sloučenin. *Eris* se ovšem liší od Pluta daleko vyšší excentricitou dráhy e = 0,44, takže zatímco v přísluní bývá jen 38,4 AU od *Slunce*, v odsluní se vzdaluje až na 97,6 AU, takže její oběžná doba dosahuje 557 let. V současnosti je poblíž odsluní v 96 AU od *Slunce*. Výrazné změny vzdálenosti od *Slunce* se zajisté podepisují na fyzikálních poměrech na povrchu tělesa.

E. Lellouch aj. našli pomocí *VLT ESO* v **atmosféře Pluta** kromě dusíku také nepatrné příměsi methanu (0,6 %) a oxidu uhelnatého (0,05 %). Zastoupení CO v atmosféře při teplotě 90 K se shoduje s jeho zastoupením na povrchu Pluta. Snímky okolí Pluta v červnu a červenci 2011 pořízené kamerou *WFC3 HST* a následně archivní snímek z června 2010 vedly k objevu 4. družice Pluta **S/2011 (134340) 1** o jasnosti 26 mag, jejíž průměr obnáší kolem 20 km. Družice obíhá kolem Pluta po kruhové dráze o poloměru 59 tis.km (tj. mezi *Nixem* a *Hydrou*) v periodě 32 d.

R. Canupová aj. tvrdí na základě počítačových simulací, že **soustava družic Pluta** vznikla při tečné srážce Pluta s Charonem, takže i další družice Pluta vznikly při tomto gigantickém nárazu. Ve prospěch domněnky svědčí *nápadně vysoký souhrnný moment hybnosti* celé této prapodivné soustavy (*Charon* má zhruba 10 % hmotnosti Pluta, takže jde spíše o trpasličí dvojplanetu).

M. Brown aj. ukázali, že *TNO* **2007 OR10** se může stát 5. trpasličí planetou, neboť tomu nasvědčují spektra z 6,5m *Baadeova teleskopu* na observatoři *Las Campanas*. Těleso je nápadně červené, takže jde nejspíš o velkou kouli převážně z vodního ledu.

A. Parker aj. se zabývali sedmi **páry transneptunských planetek**, jež jsou nápadné velkými roztečemi (až 22 % *Hillova poloměru*, který je definován jako vzdálenost, kdy se ještě dvě složky páru těles udrží dlouhodobě pohromadě díky vlastní gravitaci) mezi zhruba stejně velkými složkami. Jde vesměs o páry s nízkými sklony drah k ekliptice, z toho 4 obíhají prográdně a 3 retrográdně. Z pozorování 8m dalekohledy *Gemini-N* a *VLT* a 6,5m teleskopem *Magellan* v letech 2008-2011 dokázali určit jejich albeda (9 – 30 %) a odtud i jejich rozměry a hmotnosti. Nejnižší hmotnosti 2.10^{17} kg mají složky páru **2000 CG105;** největší rozteč 0,22 % mezi složkami charakterizuje pár **2001 QW322** a nejvyšší dráhovou výstřednost 0,9 nalezli pro pár **2006 CH69**. Z těchto měření autoři odhadli, že až *třetina větších transneptunských těles s nízkými sklony drah k ekliptice je tvořena širokými páry se zhruba shodnými složkami*, takže jejich vznik i existence svědčí o speciálním způsobu samotného vzniku v raných fázích vývoje Sluneční soustavy. Autoři se proto domnívají, že tyto páry vznikaly souběžným zhroucením dvou rovnocenných gravitačně vázaných zárodků, přičemž proces gravitačního hroucení proběhl astronomicky vzato velmi rychle. Navzdory tomu trvanlivost jejich svazku není valná, protože stačí i menší srážka jedné složky s třetím tělesem, aby se takový gravitačně slabě vázaný pár rozpadl.

1.2.2. Planetky hlavního pásu a Trojani

V polovině července se kosmická sonda NASA *Dawn* dostala na oběžnou dráhu kolem jedné z nejhmotnějších planetek Sluneční soustavy **(4) Vesta**. Po větší část letu od startu koncem září 2007 ji poháněl iontový motor a v blízkosti Vesty má setrvat celý rok. Počátkem srpna pořídila sonda první snímek povrchu Vesty ze vzdálenosti 5 200 km. Ještě předtím však přinesli V. Reddy aj. důkaz o tom, že při obřím impaktu, jenž se odehrál na Vestě v dávné minulosti Sluneční soustavy, se odštípl úlomek v podobě planetky **(237422) = 1999 TA10**, který má blízké infračervené spektrum shodné s vnějším pláštěm Vesty. *Impaktní kráter* byl objeven na snímcích *HST* v r. 1996. Má průměr 460 km a hloubku 13 km. Autoři se domnívají, že kráter vznikl nárazem 80km projektilu rychlostí ≈5 km/s. První snímky Vesty zblízka potvrdily, že její povrch je geologicky velmi pestrý, jak o tom ostatně svědčí vzorky tří druhů meteoritů, které byly při impaktech vymrštěny z Vesty a nakonec dopadly na Zemi v podobě *shergottitů, nakhlititů* a *chassignyitů*.

Podle C. Raymondové aj. je jisté, že *Vesta má kovové jádro,* jak vyplývá z měření tvaru dráhy oběžné sondy *Dawn* kolem planetky, odkud vyplynula proměnná hustota planetky pod jejím povrchem. B. Weiss a R. Fu pak dokázali, že na Vestě fungovalo dynamo produkující magnetické pole i na povrchu Vesty. Velký meteorit **Millbillillie** pocházející z Vesty, jenž dopadl na západě *Austrálie* v říjnu 1960 a jehož úlomky byly nalezeny o 10 let později, vykazuje podle nejnovějších měření *fosilní magnetické pole*.

J. Laskar aj. zjistili, že dráhy trpasličí planety **(1) Ceres** a planetek **(2) Pallas** i **Vesta** podléhají poměrně rychle dráhovému chaosu následkem častých těsných přiblížení také s planetkami *(7) Iris* a *(324) Bamberga*. Proto se dráhy Ceresu a Vesty nedají spočítat na více než 400 tis. let od současnosti. Také **změny výstřednosti dráhy Země** jsou z téhož důvodu spolehlivě spočitatelné na dobu menší než 60 mil. let. To bohužel ovlivňuje i kalibraci údajů o geologických epochách na Zemi. Planetky (1), (2) a (4) ruší dráhu **Marsu** o celé kilometry, ačkoliv mají souhrnnou hmotnost jen 700 $pM_{\odot}$, čili jen 10 % hmotnosti trpasličí planety *Pluto*. Dokonce existuje možnost, že se během několika miliard let srazí Ceres s Vestou, i když pravděpodobnost takové srážky nedosahuje 1 %.

D. Jewitt aj. potvrdili, že „kometa" **P/2010 A2** byla ve skutečnosti *srážkou dvou planetek*, jak vyplynulo z rozboru snímků, jež od konce ledna do konce května 2010 pořídily kamery *HST*. Větší z planetek měla průměr 120 m a tělísko, které se s ní srazilo, byla miniplanetka o průměru 5 m. Autoři soudí, že k vlastnímu nárazu došlo již během února či března 2009, jak vyplynulo z předobjevových snímků z robotického teleskopu *LINEAR* z listopadu a prosince 2009. Rozpad sám nemohl být pozorován, protože se odehrál v době, kdy byla planetka úhlově příliš blízko Slunce. Dráhové parametry planetky *2010 A2* (jde o první případ, kdy se z komety stala planetka; mnohem častější je případ opačný) ukazují na miniplanetku hlavního pásu s délkou velké poloosy 2,3 AU, výstředností 0,12 a sklonem 5?

Podobným překvapením byl objev rozmazaného vzhledu planetky **(596) Scheila** na snímku S. Larsona z 11. 12. 2010, kdy byla planetka asi 13 mag. *Scheila* je planetkou hlavního pásu s velkou poloosou dráhy 2,9 AU, výstředností 0,16 a sklonem 15°. Má lineární průměr 113 km a rotuje v periodě 16 h. Její zjasnění zavinil podle D. Bodewitse aj. patrně kamenný projektil o průměru <100 m, jenž se s ní srazil rychlostí asi 5 km/s. Za zmíněné rozmazání je proto odpovědný pouze prach o celkové hmotnosti 660 kt; nikoliv plyn. K podobnému závěru dospěli D. Jewitt aj. rozborem vzhledu snímků planetky, jež pořizoval *HST*. Jádro „komety" bylo totiž stále bodové, kdežto v „komě" o průřezu 22 000 km^2 se nacházely prachové částice o úhrnné hmotnosti 40 kt; tento odhad je ovšem o více než řád nižší, než údaj Bodewitsův. Do třetice se o odhad uvolněného prachu pokusili M. Ishiguro aj., kterým vyšlo 300 kt, což je zlatá střední cesta. Tito autoři také odhadli rozměry impaktního kráteru na Scheile na průměr 500 – 800 m. Prachová koma výrazně zeslábla do 4. 1. 2011. Autoři odhadli střední hustotu planetky na 2,0× hustotu vody.

B. Yang a H. Hsieh pořizovali infračervená spektra **Scheily** pomocí kamery *IRCS* 8,2m teleskopu *Subaru* již od 11. prosince a pokračovali v sledování pomocí 3m teleskopu *IRTF* až do 5. 1. 2011. Spojité spektrum planetky neobsahovalo žádné čáry, takže připomínalo povrch meteoritu *Tagish Lake*, čili téměř určitě nešlo o kometu. Jak uvedli N. Moreno aj., rychlé vymizení prachového chvostu je důkazem, že šlo o následek srážky dvou kamenných těles. Průměrné rozměry částic 0,5 – μm a rychlosti 50 – 80 m/s jejich vymrštění z planetky to potvrzují. Náraz byl téměř určitě šikmý (45°) a došlo k němu na konci listopadu 2010.

V r. 2007 přišli W. Bottke aj. s domněnkou, že úlomek z rodiny planetek **(298) Baptistina** mohl dopadnout na Zemi před 65 mil.

let a způsobit známou impaktní katastrofu. V r. 2011 tuto domněnku kritizovali V. Reddy aj., protože Baptistina má zcela odlišné mineralogické vlastnosti v porovnání s mineralogií na rozhraní křídy a paleogenu.

J. Baer aj. spočítali z astrometrie **hmotnosti 26 planetek hlavního pásu**. Vyjádřeno v jednotkách 10^{-10} hmotnosti Slunce ($M_\odot \approx 2.10^{30}$ kg) je nejhmotnější **Ceres** (4,76), dále **Juno** (1,44), **Vesta** (1,30) a **Pallas** (1,01). Nejmenší ověřené hmotnosti planetek jsou však dokonce až o 4 řády nižší. Autoři dále u 50 planetek zkoumali, jak dalece jsou porézní. Tak se jim podařilo ukázat, že tzv. *hromady sutě* mohou mít rozměry až do 300 km – nad tímto rozměrem už jde o hustá kamenná tělesa. Obecně jsou poréznější planetky typu C (uhlíkaté) než S (silikátové). *Nejvyšší naměřená porozita* dosahuje plných 60% objemu planetky.

H. Sierks aj. využili průletu sondy **Rosetta** (10. 7. 2010) kolem planetky **(21) Lutetia** ke zjištění střední hustoty planetky 3,4× vyšší než voda, takže jde evidentně o kompaktní kamenné těleso. Podle všeho jde o původní planetesimálu, pokrytou na severním pólu tlustou vrstvou regolitu. Není tedy ani hromadou sutě, ani úlomkem větší planetky. Její střední rozměr činí 98 km, ale ve skutečnosti je lépe vystižen trojrozměrným elipsoidem s osami 121×101×75 km^3. Její hmotnost dosahuje $1{,}7.10^{18}$ kg.

Ke shodným údajům dospěli nezávisle z týchž měření také M. Pätzold aj. A. Coradini aj. odvodili z pozorování povrchu v optické a blízké infračervené oblasti spektra, že *průměrná teplota povrchu* Lutetie v té době dosáhla –28 °C a teplotní setrvačnost stejná jako u měsíčního prachu potvrzuje domněnku, že jde vskutku o planetesimálu. P. Vernazza aj. poukázali na podobu povrchu planetky s enstatickými chondrity, což jsou typické materiály, z nichž se tvořila Země. Autoři proto usoudili, že planetesimála *Lutetia* se původně nacházala poblíž dráhy Země a do hlavního pásu se dostala vinou gravitačních poruch od protoplanet, popř. poruchami od Jupiteru v době, kdy se migrací dostal až ke dráze Marsu.

M. Shepard aj. dokázali radarem v *Arecibu* v pásmu 2,5 GHz (126 mm) určit rozměry planetek **(64) Angelina** a **(69) Hesperina**. První z nich má průměr 56 km a druhá 110 km, což je o 15 % méně, než se podařilo svého času určit nepřímo z měření infračervené družice *IRAS*. *Angelina* rotuje v periodě 8,75 h, kdežto větší *Hesperina* to stihne za 5,7 h.

P. Descamps aj. objevili pomocí adaptivní optiky u *Keckova 10m teleskopu* během opozice planetky **(216) Kleopatra** (typ M; střední průměr 135 km) v září 2008, že kolem ní obíhají dva průvodci. To umožnilo spočítat hmotnost celé soustavy 5.10^{18} kg. Z radarových pozorování a měření *Spitzerova teleskopu* ovšem vyplývá, že planetka o střední hustotě 3,6krát hustota vody je silně (≈ 40 %) porézní; jde tedy o hromadu sutě ve tvaru „kosti pro psa" o typických rozměrech 217×94×81 km^3.

P. Rojo a L. Margot využili systému adaptivní optiky u *VLT ESO* k rozlišení průvodce planetky (702) Alauda, jenž obíhá kolem mateřského tělesa ve vzdálenosti 1,2 tis. km v periodě 4,9 d. Odtud se podařilo změřit hmotnost soustavy 6.10^{18} kg a hustotu planetky 1,6násobek hustoty vody.

Překvapivě účinným pomocníkem při studiu planetek se stala infračervená přehlídková družice **WISE**, jež pracovala od prosince 2009 do února 2011 na polární dráze synchronní se Sluncem ve výšce 525 km nad Zemí. Její zrcadlový teleskop měl průměr 0,4 m a infračervené detektory chlazené kapalným vodíkem snímaly každých 11 sekund zorné pole o průměru 47´ s rozlišením 6" ve čtyřech filtrech v pásmech 3,4 – 22 μm. Byla tak citlivější a měla lepší úhlové rozlišení než družice *IRAS* a *COBE* a dokázala opakovaně (minimálně desetkrát) sledovat objekty ve Sluneční soustavě i ve vzdáleném vesmíru s teplotou povrchu >70 – 100 K. Celkem tak družice pořídila během 10 měsíců „chladného" provozu 1,5 mil. snímků oblohy.

NASA pak rozhodla ještě o prodloužení její činnosti pod názvem **NEOWISE** od října 2010 do února 2011 a také na vytěžení archivu všech pozorování s cílem najít planetky hlavního pásu, křižiče, *Kentaury, Trojany* a komety. Tak se podařilo identifikovat >157 tis. planetek včetně >500 křižičů z toho 33 tis. předtím planetek předtím neznámých, nové **Trojany** a na 120 komet. Podle A. Mainznera aj. tak známe již 980 křižičů s průměrem >1 km, což je asi 90 % jejich celkového počtu. Značně nebezpečná by byla však i srážka s tělesy >140 m, kterých je asi 20 tisíc, ale jejich objevování není snadné, takže většinu z nich dosud nemáme kontrolou.

Speciálními případy mezi planetkami jsou právě **Trojani**, kteří se mohou vyskytovat v libračních bodech L_4 (vedoucí) a L_5 (následující) soustavy Slunce-planeta. Zatím však nic nevíme o případných Trojanech Merkuru a Venuše. Zásluhou družice *WISE* objevili M. Connors aj. prvního Trojana Země **2010 TK7** teprve v létě 2011 v L_4. *Trojany Marsu* lze zatím spočítat na prstech obou rukou, ale zato *Trojanů Jupiteru* známe už téměř 5 tisíc. *Saturn* a *Uran* jsou na tom stejně jako *Země*, ale *Neptun* asi jako *Mars*.

S. Mottola aj. proměřovali světelné křivky **80 Trojanů** *Jupiteru* a tak zjistili, že jejich rotační periody se pohybují od 5 h po minimálně 14 d. Největší amplitudu změn jasnosti 0,5 mag vykazuje Trojan **(3240) Lacoon**. M. Brož a J. Rozehnal ukázali, že údajné rodiny Trojanů jsou vesměs nereálné, s výjimkou jediné rodiny kolem Jupiterova Trojanu **(3548) Eurybates**. Jak uvedli T. Grav aj. rozborem údajů o více než 2 tis. Trojanech z přehlídky *NEOWISE*, je populace Jupiterových Trojanů překvapivě homogenní pro objekty s rozměry >10 km. Mají vesměs nízké albedo kolem 7 %; populace bodu L_4 je asi 40 % početnější než populace bodu L_5. Zatím není příliš jasné, odkud se Trojané rekrutují; ve hře je více možných scénářů jejich původu a dalšího osudu.

D. Nesvorný aj. se zabývali osudy **zodiakálního prachu**, jehož existence je ohrožována na jedné straně roztavením a vypařením u Slunce a na druhé straně vymrštěním ze Sluneční soustavy do mrazivých hlubin vesmíru. Ukázali, že nejvíce sporadických meteorů ve směru helionu a antihelionu pochází od *Jupiterovy rodiny krátkoperiodických komet*. *Země* tak získává během roku od částic s rozměry 5 μm – 10 mm asi 15 kt hmoty. Naproti tomu drcení v hlavním pásu planetek a roztroušení jemného prachu komet přináší do zodiakálního oblaku 10 – 100 t každou sekundu.

1.2.3. Křižiči

Návrat vzorků z planetky **(25143) Itokawa** v polovině června 2010 (s tříletým zpožděním proti plánu!) se podařil zřejmě lépe, než čekali i největší optimisté. Japonská sonda *Hajabusa* se totiž při návštěvě u planetky potýkala s velkými technickými problémy: selhaly ji dva ze tří gyroskopů, takže k orientaci se muselo používat cenné palivo v pomocných raketách, další palivo uniklo samovolně před zpáteční cestou, v akumulátorech docházelo ke zkratům, porušená orientace způsobila, že sluneční panely přestaly dodávat elektřinu a sonda včetně paliva se podchladila. To, že japonští technici dokázali všechny tyto vážné závady na dálku vykompenzovat, svědčí o jejich obdivuhodné zdatnosti a rychlém i správném rozhodování v krizových situacích.

Po prvním ohledání návratového pouzdra tak mohli odborníci s úlevou konstatovat, že v pouzdře sondy se nachází přes 1,5 tis.

mikroskopických zrníček vesměs menších než 180 μm. Zatím jich japonští badatelé prozkoumali 50, takže – jak patrno – půjde o mnohaletou záležitost. Z prvních výsledků pečlivých analýz plyne, že zrnka se svými fyzikálními i chemickými charakteristikami podobají *kamenným meteoritům typu LL,* což potvrzuje vztah mezi meteority a tímto téměř prvotním stavebním materiálem těles *Sluneční soustavy*. O tom, že zkoumaná zrnka pocházejí opravdu z regolitu planetky, svědčí také jejich kosmické zvětrání vyvolané radiací a slunečním větrem, který je doslova opálil.

Jak uvedli T. Nakamura aj., je *Itokawa* slepenec z různě zpřeházených zbytků vnitřku zaniklé větší planetky. Podle H. Yurimota aj. má každé těleso Sluneční soustavy unikátní zastoupení nuklidu ^{16}O, což umožňuje v principu najít mateřskou planetku ke každému dopadlému meteoritu. M. Ebihara aj. zjistili, že v zrníčkách se nachází *olivín, troilit* i *kovy*. Siderofilní chemické prvky zkondenzovaly již ve sluneční pramlhovině a tak se dostaly do chondritů v regolitu planetky. T. Noguchi aj. objevili u poloviny zkoumaných vzorků výrazné kosmické zvětrání, za což podle K. Nagaoa aj. mohou nuklidy He, Ne a Ar ze slunečního větru. Ty dokáží *obrousit povrch planetky o desítky centimetrů za pouhý milion roků*. A. Tsuchyiama aj. pak pomocí rentgenové mikrotomografie určili hustotu regolitu na 3,4násobek hustoty vody. Regolit nevykazuje žádné známky tavení; terén planetky je mimořádně hladký díky seismickým rázovým vlnám při impaktech větších rychlých těles.

A. Christou a D. Asher zjistili, že planetka **2010 SO16** o průměru ≈ 300 m, objevená v polovině září 2010 infračervenou družicí *WISE*, se vůči Zemi pohybuje ve dráze tvaru podkovy, což je teprve 5. známý případ takové relativně velmi stabilní dráhy tělesa v blízkosti *Země*. Proto se hovoří o **kvazisatelitech**, neboť se pohybují v blízkosti *Země* po dobu desítek až tisíce let, aniž by hrozilo nebezpečí, že se s ní srazí. Podle výpočtu autorů jde zatím o *největší kvazisatelit*, jenž se vyznačuje mimořádně stabilní drahou po dobu >12 tis. let. Pohybuje po mírně výstředné (e = 0,08) dráze se sklonem 15° a velké poloose a = 1,000 39 AU.

J. Fangová aj. objevili po dvou satelitech u dvou blízkozemních planetek **2001 SN263** a **1994 CC**. První planetka má hmotnost 1.10^{13} kg a její vnitřní satelit obíhá ve vzdálenosti trojnásobku poloměru planetky v periodě 3 d. Vnější satelit je vzdálen 13 poloměrů planetky a obíhá v periodě 6,2 d. Jejich hmotnosti představují po řadě 1 % a 2,5 % hmotnosti hlavního tělesa. Druhá z planetek má hmotnost 3.10^{11} kg s její satelity obíhají ve vzdálenostech 5,5 a 19,5 poloměrů planetky v periodách 1,2 a 8,4 d. Zajímavé je, že roviny drah satelitů v dané soustavě nejsou koplanární; v prvním případě jsou navzájem odkloněny o 14°, ve druhém o 16°. Vnější satelit u planetky *CC* má poměrně výstřednou dráhu (e = 0,2). V obou soustavách se přímky apsid drah satelitů stáčejí. Asi není třeba zdůrazňovat, že srážka takové trojice se Zemí by měla velmi katastrofální účinky, protože by se těžko dalo předem spočítat, kam které těleso dopadne a tři takové nárazy v krátkém sledu by byly mimořádně zničující.

Dne 9. listopadu 2011 proletěla kolem *Země* planetka *2005 YU55* o typickém rozměru 300 m (337×324×267 m^3) ve vzdálenosti 330 tis. km od *Země*, což bylo *nejtěsnější přiblížení rizikového tělesa k Zemi od r. 1976*. V té chvíli se jevila jako objekt 11 mag a byla sledována jednak infračerveným *Herschelovým kosmickým teleskopem* a jednak *Keckovým desetimetrem* na *Havaji*.

M. Kozubal aj. popsali fotometrické sledování prvního křižiče v historii astronomie (**2008 TC3**) dříve, než se srazil se Zemí. Pozorování na *Clayove observatoři* v *Brookline* (*Mass., USA*) započali ihned po začátku astronomického soumraku, takže do chvíle, než mikroplanetka vstoupila do stínu *Země*, mohli měřit její jasnost po dobu 2 h. Během té doby se projektil přiblížil ze vzdálenosti 82 tis. km do vzdálenosti jen 29 tis. km od *Země* a jeho fázový úhel (zlomek povrchu osvětlený Sluncem) se zmenšil z 15° na pouhé 3°. Jeho jasnost však kolísala o 0,8 mag zřejmě vinou nepravidelného tvaru a rotace v periodě 99 s. Albedo povrchu mikroplanetky dosáhlo 5 % a jeho střední průměr činil jen 4 m. Při objemu balvanu 28 m^3 tomu odpovídala vstupní hmotnost 51 t, tj. hustota 1,8násobku hustoty vody.

Počátkem února proletěla v blízkosti Země mikroplanetka **2011 CQ1** ve vzdálenosti 12 tis. km, což je druhé největší přiblížení k Zemi v dosavadní historii astronomických přehlídek. Její nepatrná jasnost však ukázala, že šlo o těleso s průměrem jen ≈ 1,5 m, což je rekordně miniaturní projektil.

T. Müller aj. určili základní vlastnosti miniplanetky **(162173) 1999 JU3**, o níž se uvažuje jako o možném cíli pro studium blízkozemních planetek kosmickou sondou. Má průměr asi 900 m, albedo povrchu dosahuje 7 % a rotuje kolem své osy retrográdně v periodě 7,6 h. M. Mueller aj. využili „teplého" *Spitzerova teleskopu* ke změření základních fyzikálních parametrů 65 křížičů, které různé kosmické agentury mají v hledáčku pro vyslání robotických sond, ale možná i pro pilotovaný let. Do konce roku 2011 pak změřili albedo a rozměry celkem *700 křížičů*.

Ve světle nových poznatků o planetkách křižujících nebo těsně míjejících dráhu *Země* lze podle J. Tonryho shrnout, jak čelit případnému **nebezpečí srážky nadlimitní planetky se Zemí**. Srážka s planetkou větší než 2 km je v tomto století prakticky vyloučena. U menších těles pak pravděpodobnost střetu s klesajícím rozměrem planetky přirozeně roste, protože pozemní přehlídkové dalekohledy mají svá technická omezení a kosmická patrola s infračervenými teleskopy na dráze někde v okolí dráhy Venuše se v dohledné budoucnosti sotva uskuteční. Téměř každoročně dochází někde nad Zemí k explozi *kamenné miniplanetky s průměrem řádově 10 m*, přičemž se uvolní energie ekvivalentní 50 kt TNT, což je zhruba energie tří atomovým pum, které zničily *Hirošimu*. Přesto se však autor domnívá, že s relativně skrovnými prostředky by šlo vybudovat *varovný systém ATLAS*, jenž by dokázal dvakrát denně prohlédnout celou oblohu na severní i jižní polokouli.

Takový systém by byl schopen nalézt každou *planetku o průměru 140 m* (taková planetka by explodovala s energií ekvivalentní výbuchu 100 Mt TNT) na kolizní trajektorii se Zemí s předstihem 3 týdnů a *planetku s průměrem 50 m* (energie výbuchu <10 Mt TNT, tj. zhruba ekvivalent *Tungského meteoritu*) s předstihem týdne. To by umožnilo evakuovat příslušné území v případě, že by projektil směřoval do obydlených oblastí, ale materiálním škodám by se přirozeně zabránit nedalo. *ATLAS* by samozřejmě souběžně získával údaje o proměnnosti hvězd, gravitačních mikročočkách, novách v naší i sousedních galaxiích, supernovách i v kosmologických vzdálenostech a o změnách jasnosti milionů kvasarů či aktivních jádrech galaxií, takže by sloužil i jako skvělá databáze pro standardní astronomii, aniž by tím byla jakkoliv omezena jeho primární varovná úloha.

1.2.4. Komety

V r. 2011 byly zveřejněny výsledky pozorování komety **103P/Hartley 2** získané 4. listopadu 2010 při průletu kosmické sondy *EPOXI* (původně *Deep Impact*; k přesměrování k novému cíli došlo 4. 11. 2010) v minimální vzdálenosti pouhých 694 km od jádra

komety. Během desetiminutového průletu byla sonda zasažena jen 9 mikroskopickými zrnky z komety, která se v té chvíli nalézala 1,06 AU od *Slunce*. Jak uvedli M. A´Hearn aj., soustavné sledování jádra komety započalo již 5. září a skončilo 26.listopadu 2010. Kometa byla sledována ve viditelném i blízkém infračerveném pásmu kamerou s vysokým rozlišením která poskytla podrobné údaje především o bizarním tvaru jádra, přezdívanému *„kost pro psa"*. Centrální část „kosti" má průměr jen 700 m, zatímco hlavice kosti až 2,3 km. V přepočtu na kulový objem by byl průměr jádra komety 1,2 km. Jádro rotuje kolem nejdelší osy „kosti" v periodě buď 28 h, nebo 55,5 h. ale rotační osa opisuje precesní kužel v periodě 18 h. Střední hustota jádra dosahuje jen 22 % hustoty vody, což však bohatě stačí, aby jádro drželo navzdory vysoké poréznosti pohromadě.

Tmavý povrch jádra (albedo 4 %) je překvapivě hladký; rozsah terénních vln nedosahuje ani 100 m ale *téměř odevšad tryskají mikroskopické částice i větší ledové úlomky o rozměru až desítek milimetrů* urychlované vodní parou a CO_2. Až pětina hmotnosti úlomků se však pohybuje po balistických drahách, takže se nakonec na povrch jádra vrátí. Kometa *Hartley* tak navzdory svým malým rozměrům patří mezi hyperaktivní komety typu *21P/Giacobini-Zinner*, nebo *46P/Wirtanen*, což je dáno jednak vysokým podílem CO_2 vůči CO, ale především extrémně vysokým podílem vody v jádře komety.

P. Hartogh aj. zjistili z pozorování *Herschelova infračerveného teleskopu* v polovině listopadu 2010, kdy byla kometa *103P* jen 0,2 AU od *Země*, že poměr deutéria k vodíku v kometě $1{,}6.10^{-4}$ se prakticky shoduje s týmž poměrem v pozemských oceánech. Naproti tomu pro komety *Oortova oblaku* vychází tento podíl téměř dvojnásobný. Protože kometa *Hartley* patří ke kometám *Edgeworthova-Kuiperova pásu*, lze odtud usoudit, že **voda v pozemských oceánech** sem v průběhu éry těžkého bombardování dodaly právě kometami z tohoto pásu.

S. Ipatov a M. A'Hearn uveřejnili výsledky pozorování komety **9P Tempel 1** během experimentu *Deep Impact*, kdy 4. 7. 2005 narazil 370 kg projektil na její jádro. Kamery na sondě *Deep Impact* sledovaly jádro po dobu 13 minut. Z jádra se velkou rychlostí uvolňovala ledová zrnka s průměry <3 μm. V 10 s po zmíněném nárazu se proud částic z místa impaktu nápadně zvýšil a jeho těžiště se posouvalo. Nejvíce jasně svítících částic se objevilo v intervalech 1 – 3 s a 8 – 60 s po nárazu projektilu. Následkem impaktu došlo v 10. sekundě po nárazu k *silnému výbuchu*, který dozněl v 72. sekundě. Výbuch lze vysvětlit tím, že pod povrchem jádra se nacházely dutiny vyplněné plyny. Ty dokonce mohou způsobit, že se jádra některých komet rozpadají sama od sebe. K výrazném snížení výronu ledových zrnek pak došlo ve 115. sekundě po impaktu. V polovině února 2011 proletěla kolem téže komety v nejmenší vzdálenosti pouhých 178 km přesměrovaná kosmická sonda **Stardust** s cílem najít vlastní kráter po impaktu, který byl během snímkování v r. 2005 zahalen oblakem vyvržených ledových zrnek. Impaktní kráter má průměr 150 m a vyznačuje se i tradičním centrálním vrcholkem, jak to známe u velkých kráterů na Měsíci.

M. Knight aj. změřili periodu rotace jádra krátkoperiodické (5,2 r) komety Jupiterovy rodiny **10P/Tempel 2** v období od dubna 1999 do března 2000. Kometa tehdy prošla přísluním 8. září 1999 ve vzdálenosti 1,5 AU od *Slunce* a byla v červenci téhož roku nejblíže k Zemi (≈ 0,7 AU). Jelikož byla před průchodem přísluním mdle aktivní, využili autoři k měření periody období od dubna do června 1999, kdy byl obraz jádra jen nepatrně ovlivněn slabou komou. Tak zjistili, že *rotace jádra* se měřitelně zpomalila o 32 s proti hodnotě z předešlého příznivého průchodu komety u Slunce v r. 1988, kdy jádro rotovalo v periodě 8 h 55 min 55 s. Autoři proto předpověděli, že při dalším průchodu přísluním komety 4. 7. 2010 se její rotace prodlouží opět o 32 s, pokud zpomalování rotace souvisí s plynulou ztrátou plynu z jádra komety v retrográdním směru, a nikoli s nějakým jednorázovým výbuchem.

J. Li aj. zveřejnili údaje o výbuchu komety **7P/Holmes** získané zobrazovacím systémem *SMEI* (*Solar Mass Ejection Imager*, jehož 3 kamery pokrývají celou oblohu) na vojenské družici *Coriolis* vypuštěné v lednu 2003. Předností údajů je jejich podrobné pokrytí celého průběhu výbuchu, aniž by přitom došlo k saturaci detektorů. Kometa byla poprvé zachycena na snímku z 24. 10. 2007 v 6:37 h UT, kdy její jasnost v pásmu R dosáhla 4,25 mag. (První známky výbuchu komety pozorovali týž den od 1:40 h UT vizuálně J. Santana a R. Naves, když kometa dosáhla jasnosti 7,3 mag a bleskově se nadále zjasňovala.) Série snímků *SMEI* ukazuje na prudký nárůst jasnosti, který vyvrcholil 1,2 dne po prvním pozorování. Tehdy kometa ztrácela 300 t prachu za sekundu, přičemž prach se od jádra o poloměru 1,7 km vzdaloval rychlostí až 0,5 km/s. Naposledy byla pozorována 6. 4. 2008. Autoři odhadli celkovou hmotnost komy na 100 mil. tun, což představuje minimálně 0,2 % hmotnosti jádra, nebo též hmotnost slupky na povrchu jádra o minimální tloušťce 1 m. Kinetická energie částic vyvržených během výbuchu dosáhla ekvivalentu 30 Mt TNT, tedy stejné jako velkorážová vodíková puma.

Příčinou výbuchu byla zřejmě **krystalizace hluboce zanořeného amorfního ledu** vlivem velmi pomalého přestupu tepla z povrchu jádra ozářeného v přísluní *Slunce* do hloubky, kde se amorfní led nacházel v dostatečném množství. Samotná energie výbuchu kolem 140 PJ (!) je příliš velká, než aby šlo jen o energii tepelného ohřevu. Přestup tepla byl tedy jen rozbuškou pro krystalický proces, při němž se *z 1 kg amorfního ledu uvolní energie 100 kJ*. Kometa byla v té době 1,6 AU od *Země* a pohodlně viditelná očima, ačkoliv její jasnost před výbuchem, když se už vzdalovala od *Slunce*, činila jen 17 mag. V každém případě jde o *největší výbuch komety, který kdy astronomové pozorovali*. Kometa *Holmes* patří do *Jupiterovy rodiny komet* s délkou velké poloosy dráhy 3,6 AU, výstředností 0,4 a sklonem dráhy k ekliptice 19°. Zatímco v přísluní bývá 2 AU od *Slunce*, v odsluní se vzdaluje až na 5 AU, přičemž její oběžná doba činí 6,9 roku.

K. Kossacki a S. Szutowiczová připomněli, že kometa *Holmes* prodělala v uplynulých 125 letech minimálně tři velké výbuchy (listopad 1882, leden 1993 a říjen 2007), které se pokaždé odehrály po jejím průchodu přísluním s prodlevou po řadě 144, 216 a 172 dnů ve vzdálenostech 2,39; 2,64 a 2,44 AU. Podle jejich názoru nestačí k mocnosti výbuchu energie uvolněná krystalizací amorfního ledu; dalším zdrojem kinetické energie výbuchu je *tlak ohřátého plynu CO*, který může pod povrchem jádra komety překročit hodnotu 10 kPa.

Překvapivě úspěšný byl průlet technologické sondy **Deep Space 1** vypuštěné *NASA* v říjnu 1998, která měla za úkol vyzkoušet v dlouhodobém provozu možnosti iontového pohonu v podmínkách meziplanetárního prostoru ve velkých vzdálenostech od *Země*. Jak známo, sonda proletěla ve vzdálenosti 26 km od planetky **(9969) Braille** koncem července 1999, ale pořízené snímky byly neostré. Naproti tomu průlet kolem jádra komety **19P/Borrelly** koncem září 2001 se povedl skvěle, jak dokládá práce I. Richtera aj. zveřejněná zjara 2011. Sonda proletěla kolem jádra komety v minimální vzdálenosti 2,2 tis. km a přestože neměla žádný ochranný štít, nebyla poškozena žádnou srážkou s částicemi vystřelovanými ve výtryscích z jádra, ačkoliv kometa byla v té době vzdálena jen

1,4 AU od *Slunce*. Pořídila do té doby vůbec *nejkvalitnější portrét jádra komety*. Díky plazmovému detektoru na své palubě objevila také *obloukovou rázovou vlnu* ve vzdálenosti 147 tis. km od jádra komety a změřila i maximální indukci jeho magnetického pole 83 nT.

Autoři tak mohli porovnat výsledky z průletů různých kosmických sond v blízkosti komet *21P/Giacobini-Zinner, 1P/Halley, 26P/Grigg-Skjellerup a 19P*, jež se odehrály v heliocentrických vzdálenostech 0,9 – 1,4 AU při rychlostech průletů sond 14 – 68 km/s. Indukce magnetického pole na povrchu jader se pohybovala v rozmezí 57 – 71 nT. Před konstruktéry i operátory kometárních sond *NASA, ESA* i *JAXA* nezbývá než smeknout; museli překonat nesmírné technické problémy letů do hlubin Sluneční soustavy a vypořádat se na dálku s řadou záludných technických závad, a přesto dokázali téměř ve všech případech získat unikátní výsledky jak pro samotné komety, tak i pro širší poznatky zejména v oboru fyziky plazmatu, kosmogonie a chemie exotických sloučenin.

G. Szabó aj. využili *2,2m teleskopu* na observatoři *La Silla* v *Chile* k pořízení 10 snímků komety **C/1995 O1 (Hale-Bopp)** v rekordní vzdálenosti 30,7 AU od *Slunce*. Kometa vykazovala aktivitu ještě ve vzdálenosti 25,7 AU, takže teprve na nejnovějších snímcích ze 4. 12. 2010 se podařilo zobrazit její holé jádro s albedem 4 % jako objekt 23 mag v pásmu R. Odtud vyplývá, že jde o suverénně *největší kometární jádro dosud astronomy pozorované*, neboť má průměr 130 km! Ve zmíněné vzdálenosti je ovšem zmrzlé na kost při teplotě 50 K. Předešlý rekord pro nejvzdálenější portrét komety drželi O. Hainaut aj., kteří v březnu 2003 spřáhli tři 8,2m dalekohledy *VLT ESO* na *Paranalu* k sledování jádra komety *1P/Halley* v době, kdy byla od *Slunce* vzdálena 28,1 AU. Tehdy mělo její holé jádro jasnost 28,2 mag. I tato kometa prodělala ovšem počátkem r. 1991 *stonásobné zjasnění* ještě ve vzdálenosti 14,2 AU od *Slunce*, nejspíš z podobného důvodu, jako již zmíněná kometa *Holmes*.

Na Štěpána 2010 si krakovský student M. Kusiak vykoledoval **jubilejní komety** s pořadovým číslem 1999 a 2000, které objevil na webu kamery *LASCO§* vytrvalé sluneční družice *SOHO* (*ESA a NASA*), jež pracuje v Lagrangeově bodě L_1 soustavy *Země–Slunce* již od počátku r. 1996. Od té doby se jakoby mimochodem stala *nejúspěšnější lovkyní komet v dějinách astronomie*. Zatímco na objev prvního tisíce komet v blízkosti Slunce potřebovala 10 roků, druhou tisícovku stihla nalézt za poloviční čas. Zčásti jde jistě o zvyšující se zkušenosti pátračů po kometách na webu družice, ale mnozí odborníci soudí, že za to částečně může také nárůst četnosti komet s přísluním v blízkosti *Slunce*. Kupříkladu těsně před Kusiakovými nálezy *objevila zmíněná družice v intervalu 10 dnů před Vánoci 2010 celkem 25 nových slunečních komet*. Není proto úplně vyloučeno, že se brzy dočkáme sluneční maxikomety...

Ostatně docela mimořádným úkazem se stala na konci roku 2011 podivuhodná sluneční kometa **C/2011 W3** Kreutzovy rodiny, objevená australským astronomem-amatérem T. Lovejoyem koncem listopadu jako mlhavý objekt 13 mag ještě ve velké úhlové vzdálenosti od *Slunce*. *SOHO* ji začala pozorovat 14. prosince, kdy už byla dobře známa její retrográdní dráha (sklon 134°), s průchodem přísluním 16,01. prosince ve vzdálenosti 830 tis. km od centra *Slunce*, tj. pouhých 140 tis. km nad sluneční fotosférou! V té době se pohybovala vůči Slunci rekordní rychlostí téměř 540 km/s a po dobu celé hodiny byla vystavena milionovým teplotám ve sluneční koróně. Od počátku prosince ji pak postupně sledovaly kosmické sondy (*STEREO A i B, SOHO, SDO, Hinode a PROBA2*). Kometa se vyznačovala úzkým chvostem o délce několik stupňů a zejména pak vysokou vizuální jasností až –3 mag.

Patrně nikdo nepředpokládal, že by *kometa Lovejoy* tak nebezpečný průlet sluneční korónou mohla přežít, ale kupodivu se to stalo a kometa sice přitom přišla o svůj chvost, ale vynořila se znovu a už po několika hodinách si jako ještěrky pořídila chvost nový, dlouhý asi 0,2°, ale sama kometa měla stále jasnost kolem –1 mag. První pozemní snímky komety po průchodu přísluním získali 17. 12. J. Černý aj. pomocí robotického teleskopu *FRAM* na observatoři *Pierra Augera* v *Argentině*. Kometa na těchto snímcích vypadala zcela jinak než před průchodem přísluním. Měla velmi jasnou centrální kondenzaci, z níž vybíhal protáhlý chvost jasnější po svém obvodu. O dva dny později se právě uprostřed osy chvostu objevil úzký jasnější centrální paprsek. Tato unikátní pozorování využil pak pro podrobnou analýzu interakce komety se Sluncem náš krajan Z. Sekanina.

P. Dobczynski a M. Królikowská studovali **vývoj drah 64 dlouhoperiodických komet**, jež přišly do blízkosti *Slunce* z *Oortova oblaku*. Pokud je jejich současné přísluní uvnitř dráhy Jupiteru ve vzdálenostech 3 – 4 AU, tak na jejich dráhy téměř v polovině případů působí negravitační síly. Autoři současně ukázali, že na poruchách kometárních drah se měřitelně podílejí dokonce i *slapové síly od jádra Galaxie*! Naproti tomu poruchy od současných hvězd blízkých ke Slunci jsou zcela zanedbatelné. Původní přísluní zmíněných komet se nacházela mezi drahami Saturnu a Uranu, tj. přibližně kolem 15 AU, ale další poruchy jim pak dovolily protnout bariéru gravitace Saturnu a Jupiteru. M. Fouchard aj. ukázali, že největší **dráhové poruchy** jader komet v *Oortově oblaku* působí těsná setkání Slunce s (velmi vzácnými) hmotnými hvězdami. Podle počítačových simulací dokáže taková hmotná hvězda zvýšit tok paneských komet ve vnitřních částech Sluneční soustavy až o 40 % proti normálu.

Příznivce domněnky o velmi vzdálené hmotné planetě Sluneční soustavy kdesi v *Oortově oblaku* komet jistě potěší studie J. Mateseho a D. Whitmira. Podle jejich vyhodnocení obsáhlých údajů o distribuci planetek v hlavním i *Edgeworthově-Kuiperově pásu* získaných infračervenou družicí *WISE* se tam nachází obří planeta o hmotnosti až čtyřnásobku hmotnosti Jupiteru! Autoři tím rovněž chtějí vysvětlit existenci transneptunské planetky *(90377) Sedna* s pozoruhodnými dráhovými elementy (přísluní 76 AU; odsluní 937 AU; výstřednost 0,85; sklon dráhy 12°). Sám bych však na věrohodnost jejich domněnky nevsadil ani jednu stravenku na oběd.

Naproti tomu má téměř určitě pravdu I. Bertini, když ukázal na základě neustále přibývajících nových pozorování, že se zřejmě podařilo rozlišit **nový typ kosmických těles Sluneční soustavy** v podobě komet, které obíhají v hlavním pásu planetek. *Komety hlavního pásu* totiž představují jakési hybridy mezi klasickými kometárními jádry a kamennými planetkami; zastoupení ledu v jejich jádrech je totiž nižší a zastoupení hornin naopak vyšší než u klasických komet.

H. Hsieh aj. to ukázali na příkladu planetky **(118401) LINEAR** objevené v r. 1999, která z hlediska dynamiky své dráhy jasně patří mezi planetky hlavního pásu (a = 3,2 AU; e = 0,2; i = 0°; P = 5,7 r), ale koncem roku 2005 byla po dobu měsíce obdařena krátkým prachovým chvostem, který však v r. 2006 zase zmizel. Planetka protáhlého tvaru s poměrem hlavních os 2:1 rotuje v periodě 22 h a dostala kvůli své občasné kometární aktivitě, jež se vyskytuje vždy po průchodu přísluním hybridní označení jako periodická kometa **176P**. Jak uvedli S. Sonnettová aj., první takové hybridy byly rozpoznány již v r. 1966. Vypadají téměř stejně jako planetky, ale čas od času se obklopují komou, z níž vybíhá krátký chvost. Jsou od Slunce vesměs vzdáleny více než 2,5 AU a představují asi 2 promile planetek hlavního pásu s průměrem >150 m. V hlavním pásu se podobných hybridů nachází nanejvýš 400 tis. v rozsahu absolutních hvězdných velikostí H 18 – 21 mag.

1.2.5. Meteory

P. Wiegert předpověděl, že rojem roku 2011 se stanou **Drakonidy**, jež – jak známo – souvisejí s krátkoperiodickou kometou *21P/Giacobini-Zinner* s oběžnou dobou 6,6 roku, jejíž nejbližší průchod přísluním nastal v únoru 2012. Autor odhadl, že zenitová hodinová frekvence roje by mohla dosáhnout až 1 000 meteorů. Předpověď se kvalitativně – byť ne kvantitativně – vyplnila, jak ukázala pozorování videokamerami a spektrometry mnoha skupin profesionálních i amatérských astronomů z řady zemí (včetně našich odborníků) rozesetých na stanovištích od *Švédska* až po *Itálii*. Ostré *maximum činnosti roje* nastalo ve 20 h UT 8. října s frekvencí 400 met/h.

P. Vereš aj. dokázali na základě pozorování videokamerami v japonské síti *SonotaCo* za období let 2007 – 2009, že kometa **C/1917 F1 Mellish** je zdrojem dvou slabých, ale pravidelných meteorických rojů, prosincových *Monocerotid* a listopadových ξ *Orionid*, přičemž *Monocerotidy* jsou mladší než *Orionidy*. Existence dvou rojů je důsledkem velké příčné složky rychlosti >100 m/s úlomků vyvržených z komety v okolí přísluní ve vzdálenosti jen 28 mil. km od *Slunce*. Mateřská kometa roje byla v r. 1917 viditelná po dobu 96 d a svými dráhovými parametry (a = 27,6 AU; e = 0,9931; i = 33°; P = 145 r) patří mezi periodické komety typu *Halley*. I. Williams uvedl, že **nejstarší astronomický déšť** popsaný v čínské kronice, jenž se odehrál 23. března 687 př. n.l., patřil na základě soudobých poruchových výpočtů minulých drah *Halleyově kometě* a nesouvisel tedy s dnešními *Lyridami*, jejich mateřským tělesem je dlouhoperiodická kometa *Thatcher (1861 G1)* s oběžnou dobou 415 let.

J. Kero aj. zveřejnili první výsledky **nového radaru** pro výzkum střední a vysoké atmosféry *MU* na japonské observatoři Shigaraki. Radar je schopen zaznamenávat čelní ozvěny, které pak slouží jak k určení směru letu meteoroidu, tak i jeho geocentrické rychlosti a brzdění v atmosféře *Země*. Pozorování od června 2009 do prosince 2010 tak přinesla bohatou úrodu 10 tis. čelních ozvěn, z nichž plných 600 patřilo říjnovým *Orionidám* ve třech nocích kolem maxima činnosti roje (33 h pozorovacího času) v r. 2009. Tak určili přesně polohu radiantu roje α = 6 h 19 min; δ = +15,4° i geocentrickou rychlost meteoroidů 66,9 km/s. Odtud se podařilo ukázat, že toho roku se *Země* potkala převážně s prachem vyvrženým z *Halleyovy komety* při jejím průchodu přísluním v r. 1266 př. n.l.!

J. Kikaya aj. zpracovali vícestaniční **fotografická pozorování trajektorií 107 meteorů** v intervalu jasnosti 2,5 – 6,0 mag a pro 4/5 z nich se jim podařilo změřit jejich brzdění v atmosféře. Odtud pak mohli určit přibližnou *hustotu každého meteoroidu* v porovnání se standardní hustotou vody. Zjistili tak, že *většina meteoroidů má hustotu 4,2, takže pochází nepochybně z planetek*. Naproti tomu meteoroidy od rojů z *Jupiterovy rodiny* krátkoperiodických komet mají hustoty o něco nižší (3,1), podobně jako meteoroidy z roje ι *Akvarid* (3,2) od známé komety **P2/Encke**. Naproti tomu nízké hustoty svědčící o silné poréznosti materiálu mají meteoroidy z obou rojů komety **1P/Halley** (0,4 – 1,5) i nejznámějších *Perseid* (0,6) s mateřskou kometou **P109/Swift-Tuttle**.

D. Nesvorný aj. se vrátili k výsledkům sledování proslulé komety **C/1995 O1 Hale-Bopp**, která nepochybně dorazila ke Slunci z *Oortova oblaku* poprvé. Autoři ukázali, že cesta Oortových komet ke Slunci je docela strastiplná. Jak se na kost zmrzlé jádro komety postupně prohřívá, dochází pod jeho povrchem k fázovým přechodům uvolňujícím značnou energii, což může jádro komety zčásti či úplně rozmetat. Uvolněné části s průměrem <10 μm se vymetou ze Sluneční soustavy tlakem záření. Podobně se k Zemi nedostanou částice s rozměry >1 mm. Naopak částice s typickými rozměry ≈ 100 μm skončí vlivem *Poyntingova-Robertsonova efektu* (tlaku slunečního záření na částice v určitém intervalu velikostí částic) na drahách s velkou poloosou kolem 1 AU. Tyto částice se pak často střetávají se zemskou atmosférou čelně, tj. ve směru od apexu zemské dráhy a pozorujeme je jako významnou složku v rozložení radarových meteorů.

P. Jenniskens aj. popsali novou soustavu kamer *CAMS* pro sledování **slabých meteorických rojů** po celé obloze. Jde o tři stanice v *Kalifornii* ve vzájemných vzdálenostech 37, 66 a 85 km, které jsou osazeny 60 videokamerami, jež dokáží zachytit meteory s jasností vyšší než 4 mag. Při pozorováních v listopadu 2010 zaznamenali za 17 nocí přes 2,1 tis. přesných drah meteorů a určili tak radianty 6 známých rojů s přesností 0,3° a rychlosti s chybou na 0,5 km/s. Nejnovější oficiální **katalog meteorických rojů** příslušné komise IAU obsahuje sice již 365 rojů, ale pro slabé meteory (>5 mag) se těžko odlišuje sporadické pozadí od rojových meteorů.

Podobně R. Musci aj. popsali první výsledky kanadského projektu *CAMO* za období od června 2009 do srpna 2010, v němž se z více stanic pozorují meteory jasnější než R = 5 mag, což odpovídá meteoroidům s hmotností >0,2 μg. Získali tak dosti přesné trajektorie pro více než **1,7 tis. meteoroidů** s chybou ±30 m kolmo ke směru dráhy a také jejich rychlostí s přesností lepší než 1,5% a radianty s přesností lepší než 0,4°. Z těchto údajů pak dokázali určit geocentrickou rychlost, která pro 22 meteoroidů dala slabě hyperbolické dráhy, ale jen ve dvou případech s odchylkou více než trojnásobek střední chyby od dráhy parabolické. Autoři z toho usuzují, že v jejich souboru nejsou *žádné interstelární meteoroidy*; stanovili však zatím nejostřejší horní mez pro jejich eventuální přítok na Zemi.

1.3. Sluneční soustava kdysi a dnes

Kosmické sondy **Voyager 1 a 2** dosáhly takové vzdálenosti od *Slunce*, že patrně již přecházejí z klasické heliosféry do tzv. *magnetické pochvy* (*heliosheath*), jež tvoří přechod mezi heliosférou a interstelárními magnetickými poli. Střední rychlost elektricky nabitých částic, které sonda potkává, mají totiž vstřícnou rychlost rovnou heliocentrické rychlosti sond, což znamená, že vůči Slunci jsou přibližně v klidu. **Sluneční vítr** se zde ohřívá střetáváním jeho částic s mezihvězdným větrem a pozvolna se rozplývá. Podle S. Krimigise aj. prošel *Voyager 1* terminální rázovou vlnou slunečního větru již v polovině prosince 2004, kdy se vítr vzdaloval od *Slunce* rychlostí 70 km/s. Jelikož v r. 2010 byl již o dalších 22 AU dále od *Slunce*, pozoruje sonda od té doby zmíněnou klidový stav okolního plazmatu vůči Slunci. Tuto rozsáhlou přechodovou vrstvu předtím nikdo nepředpokládal. Přístroje sondy pozorují nyní převážen nízkoenergetické protony o energiích 53 – 85 keV.

G. Aielli aj. využili experimentu **ARGO-YBJ**, při němž se studuje rozložení elektricky nabitých částic kosmického záření na vysokohorské (4 300 m n.m.) observatoři *Yangbajain* v *Tibetu* k určení proměnnosti magnetické indukce **meziplanetárního magnetického pole** na základě stínu v intenzitě kosmického záření vytvářeného Sluncem. Částice kosmického záření mají převážně klad-

ný elektrický náboj a meziplanetární magnetické pole je proto odklání týmž směrem. Tyto částice se ovšem pohybují téměř rychlostí světla a reagují během pouhých 8 minut spirálovitými změnami směru během letu podél stínu na okamžitý stav interplanetární magnetického pole od příslušné heliocentrické délky sluneční fotosféry až k Zemi. Jelikož sluneční vítr přináší k Zemi magnetické pole sluneční fotosféry se zpožděním kolem 4,5 dne, nabízí se tak možnost předvídat případné silné **geomagnetické bouře** s předstihem. S ohledem na rotaci *Slunce* činí tento předstih prakticky asi 1,6 dne. Experiment využil okolnosti, že poslední minimum sluneční činnosti bylo velmi dlouhé, takže se podařilo dobře určit klidové hodnoty magnetického pole na Slunci. Kolísání indukce magnetického pole vyvolané sluneční aktivitou dosahuje amplitudy 2 nT, což lze dobře změřit umělými družicemi. K tomu, aby se této metody dalo prakticky využít, je ovšem nutné zvýšit výkon aparatury v *Tibetu*, a to se již chystá konstrukcí detektoru *LHASSO*.

K. McKeegan aj. a B. Marty aj. uveřejnili výsledky izotopové a chemické analýzy **vzorků slunečního větru**, získaných sondou Genesis přesto, že pouzdro sondy při návratu na Zemi havarovalo. Tak mohli poprvé určit zastoupení nuklidů ^{17}O, ^{18}O a ^{15}N v protoplanetárním disku, protože vzorky prachu ze Země, Měsíce, Marsu a meteoritů se vlivem různých výběrových efektů od složení sluneční pramlhoviny liší. Odtud plyne, že *kamenná tělesa ve vnitřní části Sluneční soustavy mají vyšší zastoupení zmíněných izotopů vůči ^{16}O, resp. ^{14}N, než jaké bylo v protoplanetárním disku*. Svědčí to o výrazné nehomogenitě protoplanetárního disku.

S. Okozumi aj. se zabývali problémem, jak mohou ze submilimetrových zrn chomáčů prachu vzniknout **kilometrové planetesimály**, aniž by tomu bránil nahromaděný elektrostatický náboj. Prachové částice se totiž převážně nabíjejí záporně, protože se podstatně častěji srážejí s elektrony než s ionty. Hromadící se elektrický náboj tak zabrání dalšímu srůstání zrn a celá oblast dostatečně hustého disku tak doslova „zamrzne". Pro hvězdy slunečního typu se zamrzlé zóna prostírá ve vzdálenostech 1 – 100 AU od hvězdy. V 1 AU dosahují zrna maximálního rozměru jen 1 μg, kdežto ve 100 AU se dokáže spojit jen několik atomů. Pozorování mladých proměnných hvězd*typu T Tauri* v infračerveném oboru spektra však naznačuje, že tuto bariéru lze zrušit díky *silným turbulencím* v zamrzlé zóně během milionu roků a radiálním transportem rostoucích zrn směrem ke hvězdě. Tak mohou nakonec vzniknout docela rychle i **kamenné (terestrické) planety**.

K. Walsh aj. využili bohatých údajů o migraci exoplanet k simulaci pravděpodobného scénáře **vývoje rané Sluneční soustavy** poté, co během několika málo milionů let po jejím vzniku se utvořily obří planety *Jupiter* a *Saturn*, které byly v době svého vzniku podstatně blíže (2 – 5 AU) ke Slunci než dnes. Navíc během pouhých 100 tis. let migrovaly směrem ke Slunci, takže *Jupiter* se přiblížil ke Slunci na pouhých 1,5 AU, Původní protoplanetární disk se prostíral jen do vzdálenosti 1 AU od *Slunce* a vznik terestrických planet se proto vinou Jupiteru pozdržel. Teprve když zásluhou rezonance mezi oběžnými periodami Jupiteru a Saturnu se začaly obě obří planety od *Slunce* vzdalovat, mohly během následujících 30 – 50 mil. let vzniknout **terestrické planety** a ve vzdálenostech kolem 3 AU se stabilizoval **hlavní pás planetek**.

K podobným výsledků dospěli rovněž A. Pierens a S. Raymond, kteří využili k hydrodynamickým simulacím interakcí migrujících obřích planet s planetesimálami znalostí o dnešních drahách terestrických planet a také o mezerách v drahách planetek hlavního pásu. *Jupiter* je tedy viníkem mimořádně nízké hmotnosti Marsu (0,1 M_Z), protože svou přítomností vyčistil od planetesimál oblast, v níž mohl následně vzniknout jejích akrecí *Mars*. Autoři navíc zjistili, že *Jupiter* i *Saturn* mají z té doby pravděpodobně kamenná jádra o hmotnostech kolem 10 M_Z.

Další pás planetek se původně nacházel ve vzdálenostech 8 – 13 AU, ale následkem přibližování Jupiteru a Saturnu se rozptýlil, tj. část těchto těles spadla nakonec na *Slunce* a zbytek se usadil na periférii planetární soustavy, tj. v oblasti dnešních **transneptunských objektů**. Tento scénář nezávisle potvrdili také O. Guilera aj., podle nichž *obří planety Sluneční soustavy vynikly velmi rychle z planetesimál* o typickém rozměru <1 km. Nejvíce převážně ledových planetesimál se utvořilo ve vzdálenostech 5 – 14 AU od *Slunce* a soustředilo se postupně do plochého disku ve vzdálenostech 16 – 30 AU. Hmotnost disku odhadli na 40 M_Z. Také C. Agnor a D. Lin dokázali rozborem ze sekulárního výskytu rezonančních vazeb mezi terestrickými a obřími planetami, že v rané Sluneční soustavě docházelo k migracím Jupiteru a Saturnu jak směrem ke Slunci, tak i v protisměru a tato kritická epizoda, která rozhodla o dlouhodobé stabilitě planetárních drah, skončila nejpozději 100 mil. let po vzniku Sluneční soustavy.

D. Nesvorný však upozornil, že migrace velkých planet Sluneční soustavy se nutně musí týkat také *Uranu* a *Neptunu*. Kdyby totiž byly vznikly ve svých současných drahách (20 a 30 AU od Slunce), nemohly by mít hmotnosti ≈ 25 M_Z, protože v těchto vzdálenostech nebylo dost materiálu k jejich akreci. Autor na základě rozsáhlých simulací proto ukázal, že daleko nejpravděpodobněji vzniklo ve vzdálenosti <15 AU od Slunce dokonce **pět obřích plynných planet**, protože v této blízkosti od Slunce bylo k jejich vzniku dost stavebního materiálu. Následné migrace odsunuly *Uran* a *Neptun* do dnešních drah a „přebytečná" *5. velká planeta byla při těsném přiblížení k Jupiteru záhy vyvržena ze Sluneční soustavy* rychlostí vyšší než únikovou, takže od té doby putuje vesmírem jako *nomád*.

J. Fernández se věnoval spekulacím, že ve velké vzdálenosti od *Slunce* by se mohla nacházet **dosud neobjevená planeta** s hmotností srovnatelnou či dokonce větší než má *Jupiter*. Podle současných zkušeností by se takové těleso dalo nejlépe nalézt v infračerveném oboru spektra, jak tomu nasvědčují skvělé výsledky infračervené družice *WISE* při detekci planetek. Autor ukázal, že pokud by hmotnost vzdáleného průvodce *Slunce* byla větší než 5 M_j, byl by už soudobými přehlídkami objeven, popř. též nepřímo ze svého gravitačního působení na *Oortův oblak* komet. Naproti tomu těleso s hmotností ≈1 M_j by se našlo jedině s notnou dávkou šťastné souhry okolností. Těleso o hmotnosti srovnatelné s Neptunem by pak uniklo zcela naší pozornosti, pokud by obíhalo kolem *Slunce* ve vzdálenosti větší než 1 tis. AU.

Když tak přehlížíme nejnovější výsledky ve studiu dávné minulosti Sluneční soustavy, nelze si nevšimnout, že *počáteční fáze její výstavby byly až dramaticky bouřlivé v porovnání se současnou idylou*, kdy terestrické planety mají téměř kruhové dráhy v bezpečných vzdálenostech od *Slunce* i od obřích planet. Krátkodobý **dráhový chaos** postihuje pouze drobná tělesa v hlavním pásmu planetek a dále v pásmu těles transneptunských, např. stabilita dráhy *Pluta* je zaručena jen na nějakých 5 milionů let. Obecně však platí, že *tělesa s výstřednějšími drahami zažila v minulosti, anebo mohou očekávat v budoucnosti dramatické chvíle*. Pokud jde o minulost, tak se to týká především Neptunovy družice **Nereidy** s dráhovou výstředností 0,75, ale také těles transneptunského pásu, kde je dosavadní přebornicí planetka **(90377) Sedna** s výstředností dráhy 0,855, jež v době objevu byla od *Slunce* vzdálena 90 AU, ale jejíž odsluní se nachází v neuvěřitelné vzdálenosti 937 AU (5,4 světelného dne), zatímco přísluní má v 76 AU. *Sedna* oběhne

Slunce za více než 11 tis. let, ale přísluním projde už v r. 2076. Jedině komety z *Oortova oblaku* mají ještě výstřednější dráhy, takže jejich dráhové elementy jsou přirozeně velmi nejisté, neboť tyto komety byly zatím vesměs pozorovány jen jednou v krátkém oblouku silně protáhlé eliptické dráhy v blízkosti přísluní.

1.4. Slunce

P. Foukal aj. ukázali, že **dlouhá minima sluneční činnosti** (*Spörerovo a Maunderovo*) v 15. a 17. stol. n.l. nemohou vysvětlit tehdy pozorované klimatické ochlazení sníženým zářivým výkonem Slunce, i když je pravda, že Slunce zářilo o něco méně, než je standard vinou globálního ochlazení fakulových polí na svém povrchu. Podobně vyšší sluneční činnost ve 20. stol. nestačí na vysvětlení tempa současného globálního oteplování. Autoři však soudí, že odezva zemského klimatu na změny zářivého výkonu *Slunce* může být silně nelineární, ale nebude jednoduché něco takového opravdu prokázat.

G. Kopp a J. Leanová zveřejnili nově kalibrovaná data o střední hodnotě **sluneční konstanty**, založená na měření monitorem *TIM* družice *SORCE*, která ve výšce 645 km nad Zemí měří od r. 2003 dosud nejpřesněji v širokém pásmu vlnových délek (1 – 1 000 nm) kolísání celkového *ozáření Země* Sluncem (**TSI** – *Total Solar Irradiance*) během cyklu sluneční činnosti. Navazuje tak na dřívější přesné údaje (od listopadu 1978) z družic *NIMBUS7, SMM, ERBS. UARS, SOHO a ACRIMSAT*. Autoři ukázali, že všechna předešlá měření přeceňovala absolutní hodnotu sluneční konstanty v průměru o 0,34 % vinou zanedbání vlivu rozptýleného záření na detektorech. Nová střední hodnota sluneční konstanty tedy činí jen **(1360,8 ±0,5) W m^{-2}** a během cyklu sluneční činnosti kolísá nanejvýš o 0,1 %. Nikterak to ovšem neznamená, že by *Slunce* nyní svítilo méně; jde o systematickou chybu předešlých kalibrací.

Jak uvedli D. Preminger aj., poslední tři cykly sluneční činnosti (č. 21 až 23), kdy jsou k dispozici přesná data o kolísání hodnoty *TSI*, svědčí o tom, že všechny variace *TSI* v rozsahu od dnů do desítek let způsobuje kolísající **magnetická aktivita Slunce**. Výskyt radionuklidu ^{14}C v minerálech na zemském povrchu umožnil L. Vieirovi aj. proměřit *variace sluneční konstanty* během holocénu za posledních 11,5 tis. let. Dlouhodobé změny nepřesáhly ±1 W m^{-2}.

A. Abdo aj. využili dlouhého minima sluneční činnosti ke studiu **galaktického kosmického záření**, jež v tomto intervalu proniká do nitra Sluneční soustavy nejhlouběji. Použili k tomu cíli širokoúhlou aparatury *LAT* družice *Fermi*, jež po dobu 1,5 roku sledovala intenzitu a rozložení záření gama, jež vzniká díky interakci plazmatu Sluneční soustavy s galaktickým kosmickým zářením. Zjistili, že toto výsledné záření gama se skládá ze dvou složek: téměř *bodového zdroje* slunečního disku a *plošného zdroje* v heliosféře. Integrální tok v energetickém pásmu >100 MeV z disku byl sedmkrát vyšší, než vyplývá z modelování příslušné interakce. Plošný zdroj vzniká díky Comptonovu rozptylu elektronů v kosmickém záření na fotonech v heliosféře a jeho tok je v souladu s modelováním.

Jak známo, **minimum sluneční činnosti** mezi 23. a 24. cyklem nastalo počátkem ledna 2008, kdy se objevila první skupina skvrn 24. cyklu. Náběh nového cyklu byl však extrémně pomalý; plných 267 dnů roku 2008 a dalších 260 dnů roku 2009 zůstávalo *Slunce* zcela bez skvrn. (Podle údajů *SICD Report* bylo ovšem *Slunce* souvisle beze skvrn jen mezi 30. 7. až 1. 9. 2009, tj. jen 32 dnů. Nejdelší souvislé období, kdy na Slunci nebyla žádná skvrna, bylo zaznamenáno v intervalu 8.4. až 8.7. 1913 – 91 dnů v minimu mezi 13. a 14. cyklem.). P. Watson aj. zjistili pomocí aparatury *MIDI* družice *SOHO*, že plocha **umbry slunečních skvrn** představuje v průměru 30 % celkové plochy skvrn nezávisle na fázi cyklu. Zatímco po maximu klesá indukce *magnetického pole* ve skvrnách obvykle tempem 2,4 mT/r, v případě závěru 23. cyklu byl pokles daleko prudší (7,0 mT/r).

D. Nandy aj. oznámili, že v minimu mezi 23. a 24. cyklem byl **meridionální tok plazmatu** na povrchu *Slunce* mimořádně slabý kvůli velmi nízké hodnotě indukce magnetického pole v okolí pólů a tím lze objasnit loudavý nástup nového cyklu. K. Mursula a I. Virtanem k tomu přidali další příčinu – *asymetrii rozložení globálního magnetického pole* vůči oběma polokoulím; magnetické pole na severní polokouli je slabší než magnetické pole na polokouli jižní, jak ukázala poprvé měření kosmické sondy *ULYSSES*. Tato asymetrie v účincích globálního magnetického pole kolísá v periodě 200 roků. M. Perryman a T. Schulze-Hartung *vyvrátili dlouho tradovanou domněnku, že intenzita sluneční činnosti závisí na vzdálenosti barycentra Sluneční soustavy od středu Slunce*.

J. Pasachoff aj. zpracovali pozorování sluneční **bílé koróny** během úplného zatmění *Slunce* ze dne 11. 6. 2010 na dvou stanovištích, *Velikonočním ostrově* a na atolu *Tatakoto* ve *Francouzské Polynézii*. Využitím metody H. a M. Druckmüllerových se podařilo snímky koróny pořízené s časovým odstupem 83 min. přesně navázat a tak zachytit změny, které v koróně v tomto mezidobí nastaly. Snímky koróny jsou mnohem kvalitnější než snímky pořizované na družicích a dobře ukázaly, jak se koróna změnila nástupem 24. cyklu sluneční činnosti.

S. Habbal aj. použitím téže metody pro spektrální snímky z atolu *Tatakoto* zjistili na základě proměření vodíkové čáry Hα a vysoce ionizovaných čar Fe (IX-XIV) i Ni XV, že většina koróny měla v té době *teplotu kolem 1 MK*, což také odpovídá elektronové teplotě zjištěné z průběhu magnetických siločar v koróně. Jen velmi malé úseky koróny měly teploty <500 kK, nebo naopak >2,5 MK. Podařilo se jim totiž sledovat teploty korónu s rozlišením ±100 kK v rozsahu 1,0 – 3,0 $R_{\odot}$, když pokryli poprvé oblast 1,05 – 1,5 $R_{\odot}$, jež byla až dosud nepřístupná jak ze *Země*, tak z kosmického prostoru. Potvrdili také, že v koróně se vyskytují dutiny s deficitem plazmatu, ale nalezli také různá zvlnění a pruhy v její struktuře. Údaje o bílé koróně byly též potvrzeny pomocí experimentu *SWAP* na družici *PROBA2* (*ESA*), jenž poskytl data o extrémně ultrafialovém záření z koróny.

S. Ilonidis aj. studovali údaje z aparatury *MDI* družice *SOHO* v místech, kde se posléze vynořily sluneční skvrny. Našli tak známky **akustických oscilací** s periodami 12 – 16 s vystupujících z hloubek až 66 tis. km pod povrchem *Slunce* (dno konvektivní zóny je však až v hloubce 200 tis. km) s předstihem plných 10 h před vynořením aktivní oblasti AR 10488 na okraji slunečního disku.V té chvíli na daném místě začal rychle stoupat lokální magnetický tok.

S. McIntosh aj. prokázali existenci dlouho marně hledaných **Alfvénových vln** (driftující oscilace iontů v magnetickém poli) v přechodové vrstvě mezi sluneční chromosférou a korónou. Snímky aparaturou *AIA* americké družice *SDO* v kadenci 12 s a s lineárním rozlišením 1 tis. km ukázaly, že amplituda oscilací vln činí 20 km/s (v koronálních dírách až 25 km/s, zatímco v aktivních oblastech je výrazně nižší!) a jejich perioda dosahuje hodnot 100 – 500 s. Autoři odtud odvodili, že tyto vlny jsou schopny ohřát korónu na pozorované vysoké teploty řádu MK. Na rozdíl od Alfvénova průkopnického výpočtu oscilací v homogenním prostředí se na Slunci tyto vlny totiž generují v prostředí výrazně nehomogenním. **Ohřívání koróny** pomocí *Alfvénových vln* prokázali teoreticky pomocí

hydrodynamického modelování ve 3D A. van Ballegooijen aj. Vyšla jim sice malá amplituda vln 2 km/s, ale perioda 60 – 200 s za předpokladu, že indukce magnetického pole ve skvrnách dosahuje hodnoty 0,1 T. Přenos energie do koróny přičítají turbulentnímu proudění v *Alfvénových vlnách*.

B. De Pontieu aj. popsali na základě údajů z družic *Hinode* a *SDO*, jak se asi dokáže rozpálit sluneční koróna. Jak známo, v chromosféře je běžně pozorovatelný „les" malých krátkožijících výběžků (**spikulí**), mezi nimiž je při vyšším rozlišení vidět vějířovité výtrysky hustého plazmatu (o dva řády hustšího, než sluneční vítr) s teplotou až 1 MK. Žhavé plazma v těchto spikulích nového typu je na rozdíl od běžných spikulí urychlováno natolik, že se nevrací zpět do chromosféry, ale uniká do koróny, kterou může ohřát na dosud nevysvětlené extrémně vysoké teploty. To je v souladu s nezávislým rozborem údajů z družice *Hinode* T. Bergerem aj. Při studiu protuberance z 22. 6. 2010 zjistili, že koronální dutina přilehlá k protuberanci vydává rentgenové záření o teplotách 0,25 – 1,2 MK.

N. Savani aj. využili možností stereoskopického sledování **koronálních výtrysků hmoty** (*CME – Coronal Mass Ejection*) kosmickými sondami *STEREO* k popisu geometrického vzhledu *CME* v závislosti na heliocentrické vzdálenosti od Slunce. *CME* má při svém vymrštění z koróny v podstatě tvar válce s kruhovým průřezem, přičemž osa válce směřuje přibližně radiálně od Slunce. Poměr průměru válce k jeho délce je na heliocentrické vzdálenosti nezávislý a činí obvykle 1:5. Podle měření A. Joshiho a N. Srivastavy se *CME* nejvíce urychlují ve vzdálenostech $<2\ R_{\odot}$. Zrychlení probíhá plynule pro ty výtrysky, které souvisejí s protuberancemi, zatímco v ostatních případech dojde ke zrychlení ve dvou oddělených vlnách. Svědčí to o různých mechanismech urychlování ve zmíněných konfiguracích.

Y. Liu aj. získali díky sondám *STEREO* jedinečné údaje o velkém *CME* z 3. 4. 2010, neboť mohli plynule sledovat jeho pohyb od chvíle, kde *CME* odstartoval ze sluneční koróny po erupci klasifikované jako B7.4. V místě startu došlo totiž k dramatickému zeslabení koróny a současně byly pozorovány krátké záblesky v pásmech rádiovém i EUV. *CME* pohybující se radiální rychlostí až 1 100 km/s doprovázela *extrémně silná rázová vlna* ve slunečním větru.

Ve vzdálenosti 0,75 AU od *Slunce* se však *CME* zbrzdil na 800 km/s a touto rychlostí dospěl k Zemi. Zde způsobil silnou geomagnetickou bouři a vpád vysoce energetických částic zaznamenaných postupně sondou *MESSENGER* a družicí *WIND* (v Lagrangeově bodě L_1) i geostacionární družicí *GOES*. Energetické částice *CME* dočasně vyřadily z provozu ovládání telekomunikační družice *Galaxy 15*, která neřiditelně opustila svou polohu nad 133° západní délky a hrozilo nebezpečí, že se časem srazí s některou jinou geostacionární družicí. Riziko se podařilo odvrátit až koncem r. 2010 a přesně po roce od svého napadení částicemi *CME* se družice opět usadila ve svém původním hnízdě.

Y. H. Yang aj. odhadli gradient elektrického pole **gigantické sluneční erupce** z 29. 10. 2003, klasifikované intenzitou X17, jež dokonce dostala vlastní jméno *Halloween*. Na základě jejího sledování družicemi *RHESSI* a *TRACE* zjistili, že spád napětí elektrického pole v erupci dosahoval až několik kV/m. O 19 h později zasáhla *CME* Zemi a kosmonauti na *ISS* ukrytí v centru kosmické stanice pozorovali při zavřených očích četné „hvězdičky" vzniklé interakcí elektricky nabitých částic se sítnicí jejich očí. Podle M. Kretzschmera aj. dosáhla teplota v erupci během impulzní fáze 9 kK, což je pro erupce typické. Ještě intenzívnější erupce vzplanula na Slunci 4. 11. 2003, neboť byla klasifikována jako X34, ale příslušná *CME* Zemi minula. Americká družice *SDO* sledovala erupci z 3. 11. 2010 ještě mnoho hodin po vlastním vzplanutí. Tak se ukázalo, že ve skutečnosti *erupce vyzařuje v té době daleko více energie než během počáteční (řádově minutové) impulzní fáze*.

Díky novým družicím se C. Schrijverovi aj. podařilo zatím nejpodrobněji v historii popsat ve 3D průběh **velké sluneční erupce X2**, která se odehrála 15. 2. 2011 v aktivní oblasti AR 11158. Na záběrech z družic jsou vidět rozpínající se smyčky, v nichž se sluneční plazma adiabaticky ohřívá. Dokládají to profily čar 6 – 20krát ionizovaného železa v ultrafialové oblasti slunečního spektra.

D. Baker a J. Green připomněli v přehledovém článku mimořádné **polární záře** ve dnech 28. – 29. 8. 1859, která se v ještě větším rozsahu opakovaly ve dnech 2. – 4. 9. I v krajinách nedaleko od rovníku (*Kuba, Bahamy, Havajské ostrovy*) byly tehdy pozorovány nádherné polární záře a indukce elektrických proudů vyvolaná aktivitou *Slunce* byla taková, že tehdejší telegrafy jiskřily a zapalovaly tak telegrafní blankety. I když telegrafy obsluha odpojila od baterií, stále fungovaly a odesílaly zprávy! Britský astronom R. Carrington zakresloval 1.9. na své soukromé observatoři v projekci *obrovskou skupinu slunečních skvrn*, když v 11:18 h GMT spatřil uprostřed skupiny jasný záblesk, který se rozšířil do tvaru malé ledvinky a trval asi pět minut. Byla to první (a zatím jediná vizuálně pozorovaná) **bílá sluneční erupce** pozorovaná astronomy na Zemi. Obdobně silná erupce od té doby ještě nikdy Zemi netrefila. Svědčí o tom i fakt, že tehdejší koronální výtrysk (*CME*) dospěl k Zemi v dosud nepřekonaném rekordně krátkém čase 17 h. Tak dramaticky začal výzkum nejenergetičtějšího projevu sluneční činnosti, který mívá nezřídka silnou odezvu v zemské ionosféře, ale i na povrchu Země.

Zatímco obecně v astronomii platí, že s rostoucím poznáním se zdánlivě výjimečné astronomické jevy a tělesa stávají spíše běžnými a doslova tuctovými, se Sluncem je tomu naopak. Není to tak dávno, kdy bylo **Slunce** jako žlutý trpaslík považováno za podprůměrnou, doslova tuctovou hvězdu. Postupně však převládlo mínění, že *Slunce* je typická průměrná hvězda. Nejnovější výsledky astronomických přehlídek velkých souborů hvězd však ukazují, že *Slunce* je svou hmotností silně nadprůměrná hvězda, protože *nejčetnější hvězdy ve vesmíru – červení trpaslíci – mají jen pětinu hmotnosti Slunce*. Podobě se **osamělost Slunce** jako hvězdy jeví čím dál tím více jako anomálie; většina hvězd žije ve dvojicích či vícenásobných soustavách, jak o tom svědčí případ nejbližšího systému α *Cen*, jenž se skládá z těsné dvojvězdy žlutého a oranžového trpaslíka a vzdálené třetí složky *Proximy Centauri*, která je momentálně natočená blíže k Zemi, ale evidentně obíhá po velmi rozsáhlé dráze kolem hmotnější dvojhvězdy.

2. Hvězdný vesmír

2.1. Extrasolární planety a hnědí trpaslíci

Když jsem si před více než 46 lety začal během roku vypisovat z odborné literatury poznámky pro první Žeň objevů, bylo těch výpisků za rok asi 150. V r. 2011 se mi o něco více poznámek nashromáždilo o jediném tématu – extrasolárních planetách a hnědých trpaslících! Poprvé jsem téma zařadil do přehledu za r. 1985, kdy jsem měl v nově zavedené přihrádce 13 výpisků o vesměs neús-

pěšných pokusech nějakou exoplanetu najít. V r. 1992 bylo těch poznámek 18, z toho polovina se týkala debaty, zda Wolszczanův a Frailův objev exoplanety u milisekundového pulsaru **1257+12** je reálný nebo není. V r. 1995 stoupl počet mých výpisků na 25. Týkaly se hlavně pochybností kolem objevu exoplanety u hvězdy **51 Pegasi** M. Mayorem a D. Quelozem a dále objevu prvních hnědých trpaslíků **Teide 1** a **Gliese 229B**.

Je zřejmé, že ze současného přívalu údajů o exoplanetách i hnědých trpaslících mohu vybrat nepříliš soustavně jen zlomek zajímavých údajů. V současné době se totiž těmito objekty zabývá zhruba každý desátý profesionální astronom a k tomu i mnoho zdatných astronomů-amatérů, přestože naprostá většina pozorování exoplanet se děje nepřímo; přímých zobrazení exoplanet je stále jako šafránu.

2.1.1. Tranzitující exoplanety a hnědí trpaslíci

Nesmírnou výkonnost při objevování tranzitujících exoplanet začala vykazovat velmi důmyslně zkonstruovaná družice NASA *Kepler* vypuštěná na sluneční dráhu počátkem března 2009, která v rychlém sledu pozoruje opakovaně jasnosti >150 tis. hvězd v souhvězdích *Labutě* a *Lyry*. Do konce r. 2010 se jí podařilo odhalit již 400 kandidátů na exoplanety a tak není divu, že jejich následné soustavné pozorování pozemními přístroji odhaluje nesmírnou pestrost vlastností exoplanet i konfigurací jednotlivých planetárních soustav. Za tímto úspěchem stojí zejména tvrdohlavost průkopníka metody hledání tranzitů exoplanet pomocí družic inženýra W. Boruckiho, jenž projekt družice prosadil po několika marných pokusech přesvědčit o jeho uskutečnitelnosti jednak samotné astronomy a jednak vedení NASA.

Bombou roku 2011 se stal nepochybně objev L. Doylea aj., že těsná dvojhvězda **Kepler-16** (*Cyg*; 11,5 mag; 60 pc), skládající se dvou trpasličích složek (sp. K a M; 0,6 a 0,2 $R_\odot$; 0,7 a 0,2 $M_\odot$), obíhajících kolem sebe v periodě 41 d po výstředné (e = 0,16) dráze s velkou poloosou 0,2 AU, se může pochlubit exoplanetou obíhající obě složky po kruhové dráze o poloměru 0,7 AU v periodě 229 d. Planetě „dvou sluncí" se začal neoficiálně říkat *Tatooine* podle svého fiktivního prototypu z Hvězdných válek. Vznikla zřejmě z cirkumbinárního prachoplynného disku, protože obíhá v téže rovině jako zmíněné složky dvojhvězdy. Její hmotnost dosahuje 0,3 M_j a poloměr 0,8 R_j, takže má hustotu stejnou jako voda v pozemských podmínkách.

Jelikož podmínkou pro stabilitu cirkumbinární planetární dráhy je její dostatečný rozměr (aspoň 7× větší než je poloosa dráhy „mateřské" těsné dvojhvězdy), je očividné, že *Tatooine* by vůbec neměla existovat, protože její dráha musí být silně rušena. Ostatně už teď podle D. Overbyeho víme, že již v r. 2014 skončí její tranzity přes menší sekundární složku a v r. 2018 ustanou i tranzity přes složku primární! Znovu se tranzity objeví až po r. 2042... Čerstvému objevu tedy – jak patrno – přály všechny kosmické sudičky. J. Winn aj. odhadli stáří celé soustavy na ≈3 mld. let a zdůraznili, že jde o nejpřesněji změřený poloměr exoplanety vůbec (±3 %) právě proto, že exoplaneta v současné době přechází přes disky obou složek mateřské dvojhvězdy.

N. Batalhaová aj. oznámili objev dosud nejmenší exoplanety (**Kepler-10b**, Dra; 11 mag) o poloměru jen 1,4 R_Z, která obíhá kolem mateřské hvězdy vzdálené od nás 170 pc za pouhých 20 h ve vzdálenosti 2,5 mil. km. Není divu, že je její povrch rozpálen na 1,8 tis. °C, takže je zřejmě pokryt žhavou lávou. Exoplaneta o hmotnosti 4,6 M_Z je zřejmě z větší části kovová, protože její střední hustota činí 8,8násobek hustoty vody v pozemských podmínkách. Objev vzápětí potvrdila spektroskopická pozorování hvězdy *Kepler-10* pomocí *Keckova 10m teleskopu*. Mateřská hvězda se podobá *Slunci* svou teplotou 5,6 kK, hmotností 0,9 $M_\odot$ a poloměrem 1,1 $R_\odot$. Liší se však stářím, které je určitě vyšší než 7,5 mld. let; pravděpodobně však plných 12 mld. roků.

Hned následně objevená planetární soustava hvězdy **Kepler-11** je po všech stránkách pravým opakem své předchůdkyně v katalogu veleúspěšné družice. Jak zjistili J. Lissauer aj., kolem hvězdy (poloha *1948+4155*; 5,7 kK; 1,1 $R_\odot$; 0,95 $M_\odot$; obvodová rotační rychlost >0,4 km/s; sluneční metalicita) obíhá celkem 6 tranzitujících exoplanet s poloměry 2,0 – 4,5 R_Z o hmotnostech 2,3 – 8,4 M_Z, které se vyznačují mimořádně nízkými průměrnými hustotami v rozmezí 0,7 – 3,1násobku hustoty vody. K hvězdě nejbližších pět exoplanet (*b* – *f*) obíhá v krátkých periodách 10 – 46 d; poslední *g* však má periodu 118 d. Tomu také odpovídají střední vzdálenosti od hvězdy 14 – 69 mil. km; tj. všechny by se pohodlně vešly dovnitř dráhy *Venuše* ve Sluneční soustavě. Dráhy všech exoplanet jsou prakticky koplanární – rozptyl sklonů drah dosahuje jen 1,3° a trvání tranzitů se pohybuje od 4,0 do 9,6 h. Předběžné výpočty dráhového chaosu ukazují, že soustava je stabilní po dobu minimálně 200 mil. let. Neméně zajímavá je další planetární soustava **KOI 730**, která sestává ze čtyř exoplanet, jejichž oběžné periody jsou s přesností na 1 promile doslova uzamčeny v poměrech 8:6:4:3.

B. Demory aj. našli vysvětlení pro rozpor mezi teorií a pozorováním exoplanety u hvězdy **Kepler-7** spočívající v tom, že podle teoretických úvah mají mít horcí jupiteři v těsné blízkosti mateřských hvězd nízké albedo, ale zmíněná exoplaneta ho má překvapivě vysoké (32 %), takže je srovnatelné například se Zemí. Mateřská hvězda má přitom poměrně vysokou hmotnost 1,4 $M_\odot$ a poloměr 2,0 $R_\odot$ a je stará něco přes 3 mld. let. Exoplaneta o hmotnosti 0,4 M_j a poloměru 1,6 R_j obíhá kolem hvězdy po kruhové dráze v periodě necelých 5 dnů, takže poloměr její dráhy činí jen 9 mil. km a hustota 14 % hustoty vody; je tedy pětkrát řidší než *Saturn*! Podle názoru autorů lze nečekaně vysoké albedo exoplanety vysvětlit nejspíš výskytem světlých mračen, anebo deficitem sodíku a draslíku v její atmosféře, případně kombinací obou jevů.

V prosinci 2011 pak oznámili W. Borucki aj., že se jim konečně podařil kapitální úlovek v podobě exoplanety u hvězdy podobné *Slunci* **Kepler-22** (11 mag; sp. dG5; 1,0 $R_\odot$; 1,0 $M_\odot$; vzdálené od nás 184 pc. Exoplaneta o poloměru 2,4 R_Z má totiž na straně přivrácené ke hvězdě ideální pokojovou teplotu 21 °C a rovnovážnou teplotu –11 °C. Kolem mateřské hvězdy obíhá v periodě 290 d (škoda, že její poloměr odpovídá spíše *Neptunu* než *Zemi*).

Koncem r. 2011 se tak mohla **družice Kepler** pochlubit skalpy již více než 2 300 kandidátů na exoplanety. Z tak obsáhlé statistiky lze již usoudit, že *nejtypičtější exoplanety jsou o něco větší než Země a o něco menší než Neptun*, které se obvykle označují jako superzemě. Jde o exoplanety na drahách většinou velmi blízkých mateřské hvězdě, což však může být výběrový efekt (kratší periody tranzitů se dají snadněji zjistit a také odchylka roviny oběžné dráhy od zorného paprsku může být větší než u tranzitujících exoplanet od hvězdy vzdálenějších). Typická superzemě má obvykle poměrně nízkou hustotu, což svědčí o tom, že je z větší části plynná a má jen malé kamenné jádro. A. Howard dokonce tvrdí, že vlastnosti superzemí jsou tak rozmanité, že připomínají spíše planetární džungli než upravenou zoologickou zahradu.

D. Kipping a D. Spiegel zjistili, že horký jupiter u hvězdy **TrES-2** (sp. G0 V) je ze všech dosud objevených exoplanet vůbec nej-

tmavší, protože jeho albedo v optické části spektra (400 – 900 nm) činí jen 2,5 %. Jelikož přitom denní polokoule sama trochu svítí, dosahuje albedo na temné straně extrémně nízké hodnoty <1 %, jak vyplynulo ze soustavného sledování hvězdy družicí *Kepler* během celé oběžné dráhy s periodou 2,5 d. Proto také kontrast mezi osvětlenou a neosvětlenou polokoulí exoplanety je vůbec nejmenší – fázový rozkmit jasnosti má amplitudu jen 6.10^{-6}. Pozorování souhlasí s modely atmosfér horkých jupiterů I. Hubeného, které předvídají silné absorpce jejich optického záření vinou silné absorpce světla v křídlech čar sodíku a draslíku.

S. Csizmadia aj. nalezli pomocí družice *CoRoT* dosud nejstarší exoplanetu u hvězdy **CoRoT-17** (Sct; 15,5 mag; G2 V; 5,7 kK; 1,6 $R_\odot$; 1,0 $M_\odot$; 920 pc). Hvězda je totiž stará plných 10,7 mld. roků, takže představuje podstatně starší sestru *Slunce*. Dosud se mělo za to, že v době zrodu takto starých hvězd nebylo ještě ve vesmíru potřebné množství těžších prvků („kovů") k výstavbě planet. Exoplaneta o hmotnosti 2,4 M_j a poloměru 1,0 R_j obíhá kolem své mateřské hvězdy v periodě 3,8 d po kruhové dráze o poloměru 7 mil. km. Její střední hustota 2,3× vody však jednoznačně svědčí o tom, že jde o kamenné těleso.

A. Silvio-Valio a A. Lanza se věnovali podrobnému rozboru průběhu světelné křivky hvězdy **CoRoT-2**, kolem níž obíhá tranzitující exoplaneta v periodě 4,5 dne. Zkoumáním průběhu křivek pro 77 tranzitů zjistili, že samotná hvězda má na svém povrchu tmavé skvrny, které se však vyhýbají oblasti kolem jejího rovníku. Celkem tak dokázali na hvězdě identifikovat téměř 400 skvrn v různých asterografických šířkách, takže hvězda vykazuje podobně jako *Slunce* diferenciální rotaci.

B. Tingley aj. oznámili na základě pozorování obřím 10,4m teleskopem *GTC* na ostrově *La Palma*, že tři exoplanety s hmotnostmi superzemí a s oběžnými periodami v poměru 1:2:5, obíhající kolem hvězdy **KOI-806**, vykazují variace v časech svých tranzitů, a to až o 1,7 h od nominální hodnoty. Je zřejmé, že za tato kolísání mohou právě zmíněné dráhové rezonance.

I. Boisse aj. zjistili, že kolem hvězdy **CoRoT-7** (*Mon*, 12 mag; G9 V; 0,8 $R_\odot$; 0,9 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; 150 pc; stáří 2 Gr) obíhají dvě exoplanety; *b* má hmotnost 6 M_z a *c* 13 M_z. S. Ferraz-Mello aj. však dostali pro zmíněné exoplanety hmotnosti 8 a 14 M_z a o něco nižší stáří soustavy 1,5 mld. let. Za nejistoty v těchto údajích může hvězda, která jeví silnou činnost větší než *Slunce*. A. Léger aj. se zabývali fyzikálními poměry na exoplanetě *b* o poloměru 1,6 M_z, jež kolem mateřské hvězdy obíhá ve vzdálenosti jen 2,5 mil. km po kruhové dráze v periodě 20,5 h, takže je vystavena silným účinkům ultrafialového záření hvězdy a jejího hvězdného větru. Jak ukázali, jde o kamenné těleso prakticky bez atmosféry, kde na denní straně dosahuje teplota povrchu exoplanety 2,5 kK, takže se zde taví i silikáty a vzniká magmatický oceán, který se odpařuje destilací. Takto vznikající atmosféra má však jen nepatrný tlak u povrchu <1 Pa. Naproti tomu teplota noční strany exoplanety, jež má pravděpodobně synchronní rotaci, klesá pod 75 K. Autoři odtud usuzují, že podobných tepelně namáhaných exoplanet s oceány tekutého magmatu bude hodně, ale jejich trápení brzo skončí. Maně mi přichází na mysl závěr 35. kosmické písně z proslulé básnické sbírky Jana Nerudy:

Země krouží slábnouc, slábnouc v letu,
jak když orel těžce postřelený
ve spirále děsně obrovité
dolů letí – letí – letí.

Dopadne Země k Slunci zpět,
ze Slunce šlehne plamův květ
jak života na úsvitě,
a vzdálené hvězdy a širý Svět
zví, že se tu naposled – naposled
líbají matka a dítě.

Podobný osud čeká zřejmě také nově objevenou exoplanetu *e* u jasnější složky vizuální hvězdy **55 Cnc A** (6 mag; K0 IV/V; 5,2 kK; 0,9 $R_\odot$; 0,95 $M_\odot$; Z = +0,3; 12 pc), kterou J. Winn aj. objevili po nepřetržitém dvoutýdenním sledování kanadskou družicí *MOST* díky jejím tranzitům v trvání 1,6 h s rekordně krátkou oběžnou periodou 17,8 h. Navzdory blízkosti k mateřské hvězdě (2,3 mil. km) má však značně výstřednou dráhu (*e* =0,17). Poloměr exoplanety 2,0 R_z; její hmotnost 8,5 M_z a střední hustota 6krát vyšší než voda z ní činí typickou představitelku superzemí. To prakticky znamená, že se skládá částečně z kovů, ale také z hustých hornin. Má pravděpodobně atmosféru i vodní oceány. Od r. 1997, kdy byla u zmíněného žlutého trpaslíka poněkud menšího než Slunce objevena první exoplaneta *b*, se soustava nyní honosí pěti exoplanetami, z nichž nejvzdálenější o hmotnosti >4 M_j obíhá po téměř kruhové dráze ve vzdálenosti 5,7 AU v periodě 14,2 roku. K obdobným údajům o soustavě *55 Cnc A* dospěli také B. Demory aj. na základě pozorování tranzitů exoplanety *e Spitzerovým kosmickým teleskopem* v infračerveném pásmu 4,5 μm. N. Kaib aj. však upozornili, že na stabilitu drah soustavy má rušivý vliv červený trpaslík *55 Cnc B* (13 mag; 0,3 $R_\odot$; 0,13 $M_\odot$), vzdálený od složky A ≈1 kAU, který se složkou A sdílí shodný vlastní pohyb. Je proto pravděpodobné, že koplanární oběžná rovina pěti exoplanet svírá s rotační osou hvězdy A úhel 50? a vykonává vůči rotační ose precesní pohyb.

Vzápětí A. Smith aj. objevili, že exoplaneta u proměnné hvězdy (typu δ Sct) **WASP-33** (=HD 15082; *And*; 8 mag; sp. A5-F4; 7,4 kK; 1,5 $R_\odot$; 1,5 $M_\odot$; hustota 0,4× vody; Z = 0,1; 120 pc; stáří 100 Mr) má na osvětlené straně jasovou teplotu 3,6 kK, což znamená, že tam neprobíhá významný přenos energie mezi denní a noční polokoulí planety. Transity a zákryty planety trvají 2,7 h a oběžná doba jen 1,2 d, takže poloměr kruhové dráhy dosahuje pouhých 3,5 mil. km! Není divu, že efektivní teplota povrchu exoplanety je dosud rekordní – 2,7 kK a její poloměr činí 1,5 R_j při hmotnosti <4 M_j.

Vůbec největší dosud známou exoplanetu nalezli D. Anderson aj. u hvězdy **WASP-17** (*Sco*; 12 mag; F6 V; 300 pc;) pomocí infračervené fotometrie *Spitzerovým teleskopem*. Její poloměr 2,0 R_j a hmotnost 0,5 M_j z ní činí nejřidší známou exoplanetu o hustotě <0,2× vody. Další zvláštností nafouklé planety, obíhající kolem mateřské hvězdy v periodě 3,7 d po lehce výstředné dráze o velké poloose 8 mil. km, je opačný smysl pohybu vůči směru rotace hvězdy, čili jde o naprosto záhadnou retrográdní dráhu! To vše přispívá k silnému *slapovému tření* uvnitř exoplanety, která je proto po celém povrchu nezvykle horká s průměrnou teplotou téměř 2 kK.

C. Hellier aj. zjistili, že exoplaneta u hvězdy **WASP-43** (sp. K7 V; 0,6 $M_\odot$) patří mezi horké jupitery o poloměru 0,9 R_j a hmot-

nosti 1,8 M_j, přičemž obíhá hvězdu v periodě jen 19,5 h, což je pro tak obří exoplanety nový rekord. Od své mateřské hvězdy je vzdálena jen 2,1 mil. km! Je tedy otázkou, jak dlouho může v tak malé vzdálenosti vůbec přežít.

G. Maciejeski aj. určili vlastnosti exoplanety u hvězdy **WASP-10** (*Peg*; sp. K5 V; 4,7 kK; 0,7 $M_\odot$; 90 pc; stáří 800 Mr), jež hvězdu obíhá v periodě 3,1 d. Při poloměru 1 R_j má hmotnost 3,1 M_j, tj. vysokou střední hustotu 3,2krát vyšší než voda. Z toho plyne, že musí mít obrovské kamenné jádro o hmotnosti ≈400 M_z (kamenné jádro našeho Jupiteru nemělo více než 50 M_z). Povrch exoplanet je ohřát na 950 K.

K. Batygin aj. přišli s novým vysvětlením, *proč jsou obří plynné planety v blízkosti mateřských hvězd vesměs nafouklé*. Tvrdí, že v jejich atmosférách vzniká rovnoběžné s rovníkem silné tryskové proudění rychlostí kolem 1 km/s, jež se zvyšující se teplotou vede k nadprodukci iontů alkalických prvků, čímž se zvyšuje elektrická vodivost atmosféry. Díky elektromagnetické indukci se pak vytvářejí proudové smyčky mezi nitrem a atmosférou, které působí *ohmický ohřev* nitra i vnější atmosféry planety a tím se zvyšuje teplota povrchu až na 1,8 kK, což vede k nadmutí jejího rozměru proti klasickým modelům. Ztráta plynu přetokem přes příslušnou Rocheovu mez může během několika málo miliard let zcela obnažit kamenné jádro obří exoplanety.

I. Thies aj. pak ukázali, že *mnohé planetární soustavy vznikají v daleko drsnějším prostředí než naše relativně spořádaná Sluneční soustava*. Množství hustějších plynných chuchvalců v akreujícím obalu kolem cirkumstelárního disku může sklonit rovinu ekliptiky i do protisměru, což by mohlo vysvětlit dokonce i retrográdní oběžné dráhy planet. Právě takové poměry panují totiž ve velmi mladých hvězdokupách, což je mj. právě případ exoplanety *WASP-17b*.

J. Winn aj. zjistili s využitím Rossiterova-McLaughlinova efektu, že exoplaneta **HAT-P-14b** rotuje kolem své osy retrográdně, tj. v protisměru k oběžnému pohybu kolem mateřské hvězdy. V naší Sluneční soustavě to, jak známo, platí pro *Venuši*; kromě toho *Uran* se kolem *Slunce* kutálí prakticky naležato. Další případ toho druhu našli G. Hébrard aj. pomoci spektrografu *SOPHIE* na observatoři *OHP* ve *Francii* v podobě exoplanety u hvězdy **HAT-P-6**. V tomto případě svírá úhel mezi rotačními osami hvězdy a exoplanety 166°. Aby toho nebylo málo, objevili E. Simpson aj. pomocí téhož efektu, že exoplaneta u hvězdy **WASP-1** obíhá téměř kolmo k rovníku mateřské hvězdy pod úhlem 79°, čili téměř po polární dráze. Zatím se zdá, že *asi 2/3 dosud objevených exoplanet obíhá prográdně, ale zbytek retrográdně*. Poměr však závisí na hmotnostech: exoplanety s hmotnostmi >4 M_j obíhají vesměs prográdně, ale jejich rotační osy nebývají souosé s rotační osou mateřské hvězdy.

D. Anderson aj. analyzovali údaje o tranzitech hnědého trpaslíka o hmotnosti 61 M_j, jenž obíhá po kruhové dráze o poloměru 8 mil. km kolem hvězdy **WASP-30** (*Aqr*; 13 mag; F8 V; 6,2 kK; 1,2 $M_\odot$; 1,3 $R_\odot$; hustota 0,54× vody; metalicita –0,03; stáří 1,5 mld. let) v periodě 4,2 dne. Z trvání tranzitu hnědého trpaslíka (15 min) vychází jeho poloměr 0,9 R_j a při své velké hmotnosti také naprosto neuvěřitelná hustotu 116krát vyšší než voda! Vlivem blízkosti k mateřské hvězdě je jeho povrch ohřát na 1,4 tis. K. Podobně F. Bouchy aj. našli tranzitujícího hnědého trpaslíka o hmotnosti 63 M_j u hvězdy **CoRoT-15** (sp. F7 V; rotační per. ≈3,0 d), jenž má patrně vázanou rotaci, protože obíhá kolem hvězdy v periodě 3,06 d. Trpaslík je buď velmi mladý a/nebo nafouklý ohřevem od hvězdy, což je ostatně pro podobné konfigurace zřejmě typické.

2.1.2. Objevy exoplanet z křivek radiálních rychlostí

A. Santerne aj. nalezli v ve veřejně přístupném archivu družice *Kepler* exoplanetu s tranzity před mateřskou hvězdou **KOI-196** i se zákryty za ní s oběžnou periodou 1,86 d. Tak se jim podařilo určit oběžnou dobu s udivující přesností na ±0,6 s. Pomocí spektrografu *SOPHIE* u 1,9m reflektoru *Observatoře Haute Provence* získali pro hvězdu přesnou křivku změn radiálních rychlostí, takže následně mohli odvodit velmi přesné parametry celé soustavy. Mateřská hvězda sp. třídy G6 V má efektivní teplotu 5,6 kK; poloměr 1,0 $R_\odot$; hmotnost 1,1 $M_\odot$; stáří 650 Mr a metalicitu 2× vyšší než *Slunce*. Exoplaneta o poloměru 0,9 R_j, hmotnosti 0,55 M_j a střední hustotě 1,1× vody obíhající kolem mateřské hvězdy nyní označené **Kepler-41** ve vzdálenosti jen 4,5 mil. km je na přivrácené polokouli rozžhavena na 1,7 kK, ale přesto má dosti vysoké albedo 0,2 a vůbec není nafouklá, jako jiní horcí jupiteři.

S. Curiel aj. objevili 4. exoplanetu (*e*) v planetární soustavě jasné hvězdy **υ And** (F8; 1,6 $R_\odot$; 1,3 $M_\odot$; 13,5 pc; rotační per. 12 d; stáří 5 Gr). Oběžné doby exoplanet ve směru od hvězdy činí po řadě 4,6; 241; 1 276 a 3 849 dnů a výstřednosti drah 0,03; 0,26; 0,30 a 0,01. Spodní meze hmotností jednotlivých exoplanet se pohybují od 0,7 do 4,4 M_j.

R. Klement aj. pozorovali pomocí spektrografu *FEROS* u 2,2m teleskopu na *La Silla* změny radiální rychlosti hvězdy **HIP 13044** (*For*; 10 mag; sp. F2 III; vzdálenost 700 pc) v periodě 16 d. Odtud odvodili existenci exoplanety o hmotnosti >1,3 M_j, jež obíhá kolem hvězdy po protáhlé dráze (e = 0,25) o velké poloose 0,12 AU. Spektrum mateřské hvězdy se vyznačuje extrémně nízkým zastoupením „kovů" (metalicita hvězdy se pohybuje na úrovni několika málo procent metalicity*Slunce*) a samotná hvězda se nachází na vzácně obsazené vodorovné větvi *Hertzsprungova-Russellova diagramu*, takže už prošla fází červeného obra. Právě tehdy nejspíš zlikvidovala ostatní exoplanety kolem ní obíhající a objevená exoplaneta migrovala vlivem poruch a odporujícího prostředí dovnitř na současnou výstřednou dráhu. Hvězda patří do tzv. *Helmiho proudu* přivandrovalců do naší *Galaxie*, čili i exoplaneta pochází zřejmě z dávnověké trpasličí galaxie, jež byla *Galaxií* posléze pohlcena. E. Bear aj. změřili metalicitu mateřské hvězdy o hmotnosti 0,8 $M_\odot$ a poloměru 7 $R_\odot$, která je více než o dva řády nižší než metalicita Slunce. Odtud též určili hmotnost její exoplanety 7,5 M_j, což vysvětluje, že exoplaneta mohla přežít héliové záblesky hvězdy ve fázi červeného obra a nehrozí ji ani spirála smrti zakončená v dohledné budoucnosti pádem na hvězdu.

Naproti tomu byla zpochybněna v r. 2010 ohlášená existence 6. exoplanety *g* u červeného trpaslíka **Gl 581** (*Lib*; 10,5 mag; dM3 V; 6 pc). Pro exoplanetu se dokonce ujal název *Zlatovláska*, protože její dráhové parametry (poloosa 0,15 AU; oběžná doba 37 d) naznačovaly, že se nachází v ekosféře mateřské hvězdy za předpokladu, že má atmosféru se silným skleníkovým efektem. To bylo skutečně možné, jelikož z pozorování vycházela její hmotnost jen 3 – 4 M_z a poloměr 1,3 – 2,0 R_z. Objevitelé předešlých exoplanet u této hvězdy T. Forveille aj. a M. Tuomi aj. však existenci *Gl 581g* z vlastních měření radiálních rychlostí hvězdy pomocí ultrapřesného spektrografu *HARPS ESO* na *La Silla* nepotvrdili ani po zahrnutí nezávislých údajů ze spektrografu *HIRES Keckova teleskopu*. P. Gregory uveřejnil revidované hodnoty oběžných dob z dat *HARPS* pro pět prokázaných exoplanet u trpasličí hvězdy *Gl 581*, jež činí po řadě: 3,2; 5,4; 13; 67 a 399 dnů. Tomu odpovídají hmotnosti 2; 16; 5; 7; 7 M_z.

Samotnou hvězdu **Gl 581** (= §*HO Lib*§) zkoumali K. von Braun aj., neboť měli po ruce přesnější údaje, získané interferometrem *CHARA* (poloměr 0,3 $R_{\odot}$; efektivní teplota 3,5 kK; hmotnost 0,3 $M_{\odot}$; vzdálenost 6,25 pc; svítivost 0,013 $L_{\odot}$; metalicita –0,14). Mohli tak zpřesnit polohy ekosféry hvězdy vůči oběžným drahám pěti exoplanet. Velké poloosy drah exoplanet *b* až *f* se pohybují v rozmezí 6,2 – 114 mil. km. Bohužel ani jedna z nich se nenalézá v ekosféře, přičemž autoři uvažovali dvě mezní situace: nulové vyrovnávání teplot na osvětlené a neosvětlené straně exoplanety a dokonalé vyrovnávání teplot po celém povrchu exoplanety. O něco optimističtější byli Y. Hu a F. Ding i L. Kalteneggerrová aj., kteří zjistili, že exoplaneta *d* (kruhová dráha o poloměru 0,22 AU, tj. 33 mil. km; hmotnost >6 M_Z; poloměr 2 M_Z) by mohla být v ekosféře, pokud by vykazovala silný skleníkový efekt díky masivnímu zastoupení CO_2 v atmosféře. Naproti tomu exoplaneta *c* (velká poloosa 10,5 mil. km) by byla příliš horká vinou překotného skleníkového efektu. Podobně optimisticky vyhlíží výpočty R. Wordsworthe aj., kteří pro exoplanetu *d* s pravděpodobně synchronní rotací spočítali, že při dostatečném výskytu CO_2 by mohla mít povrchovou teplotu těsně nad 0 °C.

X. Dumusque aj. uveřejnili již 30. pokračování seriálu o exoplanetách pozorovaných ultrapřesným (±0,5 m/s) spektrografem *HARPS* u *3,6m teleskopu ESO* na *La Silla*. Tentokrát šlo o pět exoplanet u hvězd, které se svými magnetickými cykly činnosti podobají *Slunci*, i když jejich spektrální třídy se od *Slunce* odlišují (většinou rané K, v jednom případě F8). Vzdálenosti mateřských hvězd od nás činí 27 – 39 pc. Vesměs jde o exoplanety s poměrně dlouhými oběžnými dobami 0,9 – 11 roků, které kolem svých mateřských hvězd obíhají ve vzdálenostech 0,9 – 5,0 AU. Jejich dráhy jsou vesměs dosti výstředné v rozmezí 0,2 – 0,8! Ve dvou případech jde o exoplanety s hmotností podobnou *Jupiteru*, ale další tři objekty mají hmotnosti v rozmezí 67 – 92 M_Z, tj. o něco nižší než *Saturn* (95 M_Z). Zdá se, že exoplanet s tímto rozmezím hmotnosti je v *Galaxii* nadprůměrně mnoho.

G. Chauvin aj. využili koronografů u teleskopů *CFHT* na *Havaji* a *VLT ESO* na *Paranalu*, jakož i systému adaptivní optiky k podrobné analýze těsné dvojhvězdy **HD 196885**, jež se skládá z jasné složky A (6,4 mag; F8 V; 6,3 kK; Z = 0,3; 33 pc) a červeného trpaslíka B (M1 V; 0,45 $M_{\odot}$) vzdáleného úhlově jen 0,7", tj. 21 AU Trpaslík B obíhá kolem primáru A v periodě 72 let. Po 14 letech soustavného sledování této soustavy spektrografy *ELODIE, CORALIE* a *CORAVEL* se jim podařilo odhalit, že kolem složky A obíhá po velmi protáhlé dráze (*e* = 0,5) s velkou poloosou 2,6 AU exoplaneta o hmotnosti >3 M_j v periodě 3,6 roků. Autoři se proto zabývali stabilitou celé třísložkové soustavy, protože velká výstřednost dráhy exoplanety naznačuje, že je ovlivňována nepříliš vzdáleným červeným trpaslíkem. Tak se ukázalo, že systém je překvapivě stabilní, o což se stará tzv. *Kozaiův mechanismus* typický pro trojsložkové soustavy, které nejsou koplanární, tj. rovina dráhy těsné dvojice je šikmo skloněná vůči rovině dráhy složek A a B.

Jak uvedli N. Santos aj., nový spektrograf *HARPS* u *3,6m teleskopu ESO* na *La Silla* dosahuje v současnosti pro pozdní trpaslíčí hvězdy přesnosti měření radiálních rychlostí lepší než ±1 m/s, tedy rychlosti pomalé chůze v rovinatém terénu. To rozšiřuje možnosti objevovat jednak exoplanety o hmotnostech srovnatelných se *Zemí*, ale také obří plynné exoplanety ve velkých vzdálenostech od mateřské hvězdy. Autoři zjistili, že obří exoplanety se čím dál častěji objevují i u hvězd s velmi nízkou metalicitou, i když je zřejmé, že s rostoucí metalicitou mateřských hvězd vzrůstá velmi rychle i četnost výskytu exoplanet kolem nich obíhajících.

C. Tinney aj. využili spektrografu u teleskopu *AAT* v *Siding Spring* k objevu plynné exoplanety u hvězdy **HD 38283** (*Men*, 6,7 mag; G0 V; 6,0 kK; 2,4 $L_{\odot}$; 1,1 $M_{\odot}$; 38 pc; Z = –0,2). Nalezená exoplaneta se vyznačuje oběžnou dobou 363 dnů a délkou velké poloosy dráhy 1 AU, což jsou kupodivu hodnoty u exoplanet zatím téměř nepozorované, ačkoliv technika pro takové parametry už delší dobu existuje. Její dráha je ovšem silně výstředná (*e* = 0,4), ale hmotnost není nijak závratná (>0,34 M_j). V periastru se tak dostává k mateřské hvězdě na vzdálenost 0,6 AU, kdežto v apastru se vzdaluje na 1,4 AU. Autoři přirozeně uvádějí, že se samotná exoplaneta do ekosféry hvězdy během svého oběhu nevejde, neboť ekosféra se v tomto případě prostírá v rozmezí 1,5 – 2,1 AU. Uvažují však o tom, že exoplaneta by mohla mít provázena několika exosatelity o menší hmotnosti, husté atmosféře a vlastním magnetickém poli, což by takový exosatelit kvalifikovalo pro život možná podobný pozemských jednobuněčným organismům.

Podle K. von Brauna aj. kyne větší naděje pro dlouhodobý pobyt v ekosféře planetě *f* u blízké jasné hvězdy **55 Cnc A** (=HD 75732; 6 mag; K0 IV/V; 5,2 kK; 0,9 $R_{\odot}$; 0,6 $L_{\odot}$; 0,95 $M_{\odot}$; Z = +0,3; 12 pc; stáří 10 mld. let). V jejím planetárním systému známe již 5 exoplanet, z nichž nejblíže ke hvězdě obíhá exoplaneta *e* (0,015 AU) a nejdále *d* (5,7 AU). Exoplaneta *f* s hmotností 0,16 M_j obíhá po výstředné (*e* = 0,3) dráze s velkou poloosou 0,78 AU v periodě 260 d. Má tedy periastrum ve vzdálenosti 0,55 AU a apastrum ve vzdálenosti 1,0 AU. Podle výpočtu autorů se přitom ekosféra hvězdy rozprostírá v rozmezí 0,67 – 1,32 AU. Tyto údaje sice svědčí o tom, že po většinu své oběžné doby se exoplaneta *f* v ekosféře nachází, ale její velká hmotnost svědčí proti výskytu tekuté vody na jejím povrchu. Kdyby náhodou měla u sebe satelit o hmotnosti srovnatelné se Zemí, tak by naděje pro život na satelitu byla zajisté posílena. Jelikož je celá soustava téměř dvakrát starší než Sluneční, můžeme se domýšlet, že tam by mohl vývoj života daleko předeběhnout naši současnou technickou civilizaci. Vzhledem k tomu, o jak blízkou hvězdu jde, je s podivem, že nás *f-55cancerani* dosud nekontaktovali.

2.1.3. Zobrazování hnědých trpaslíků a exoplanet

Když se koncem roku 2008 podařilo pomocí adaptivní optiky u teleskopů *Keck* a *Gemini-N* zobrazit tři exoplanety *(b,c,d)* u jasné nízkometalické proměnné hvězdy **HR 8799** (*Peg*; 6 mag; sp. A5/G0 V; vzdálenost 39 pc; stáří 30 – 60 mil. let), byla to celosvětová senzace. Nyní T. Currie s využitím adaptivní optiky u teleskopů *VLT, MMT a Subaru* jednak potvrdili existenci všech tří exoplanet, ale navíc objevili ještě čtvrtou exoplanetu *e*, obíhající ve vzdálenosti 15 AU od hvězdy. Podařilo se jim určit i jejich hmotnosti, které jsou docela vysoké. Exoplanety *c, d, e*, mají dokonce 8,5 M_j a teploty až 1,2 kK, což svědčí o skleníkovém efektu, resp. výskytu světlých oblaků v jednotlivých atmosférách. To přímo dokázali T. Barman aj., když našli pomocí spektroskopie kamerou *OSIRIS* u *Keckova 10m teleskopu* pracujícího v blízké infračervené oblasti opticky tlustá mračna v atmosféře exoplanety *b*. Tato exoplaneta má hmotnost 0,7 M_j; poloměr 0,75 R_j a efektivní teplotu 1,1 kK, takže její zářivý výkon činí 50 μ $L_{\odot}$. Zastoupení kovů v její atmosféře převyšuje o řád jejich podíl v atmosféře našeho Slunce.

R. Soummer aj. upozornili, že ve zmíněné planetární soustavě se nalézá v rozmezí 6 – 15 AU pás relativně teplých planetek a pak na periférii ve vzdálenostech 90 – 3 00 AU analogie *Edgeworthova-Kuiperova pásu* studených těles. Dráhy čtyř zobrazených exo-

planet zabírají pásmo 15 – 68 AU, přičemž jejich oběžné doby se pohybují v rozmezí 50 – 500 roků. Periody oběhu nejdříve objevených planet vykazují v pořadí *d,c,b* rezonance 1:2:4.

B. Femenía aj. pozorovali v letech 2000 – 2010 pomocí adaptivní optiky na *4,2m teleskopu WHT* na ostrově *La Palma* pár hnědých trpaslíků u vizuální dvojhvězdy **GJ 569** (vzdálenost 10 pc), jejíž složky A (sp. M2.5 V) a B jsou od sebe úhlově vzdáleny 5". Adaptivní optika v kombinaci s metodou vybíraného zobrazování (*lucky imaging* – z kratičkých [0,1 s] expozicí hvězdy se v počítači vybere a následně složí asi 1 % těch nejkvalitnějších snímků) umožnila rozložit složku B (14 mag) na zmíněný pár (Ba + Bb; sp. M8.5 + M9) v úhlové rozteči 0,1". Dostali tak elementy oběžné dráhy tohoto páru: a = 9 AU; e = 0,3; i = 30° a hmotnosti složek (0,08 + 0,06) $M_{\odot}$.

R. Neuhäuser aj. měřili pomocí *HST* a *VLT ESO* po dobu 11 let polohy průvodce jasné hvězdy **HR 7329 A** (= η *Tel A*; 5 mag; sp. A0; stáří 12 mil. let; vzdálenost 48 pc) a tak prokázali, že obě složky vizuálního páru mají stále týž vlastní pohyb. Sekundární složka B je od hvězdy vzdálena úhlově 8", ale je o 6 mag slabší (J = 12 mag) než složka A. Celá soustava patří do skupiny téměř 70 hvězd kolem známé hvězdy β *Pic*, jež proslula svým mohutným akrečním diskem dobře patrným v infračerveném pásmu spektra. Podobně i hvězda A je obklopena akrečním diskem o vnějším poloměru 24 AU. Průvodce B kolem ní obíhá po velmi protáhlé dráze s výstředností 0,47, takže v periastru se k hvězdě A přiblíží na 71 AU, zatímco v apastru se vzdálí na 200 AU, tj. délka velké poloosy soustavy činí 136 AU. Autoři dále odhadli hmotnost průvodce sp. třídy dM7 na 20 – 50 M_j, takže jde téměř určitě o hnědého trpaslíka s povrchovou teplotou <2,8 kK a úhrnnou svítivostí jen 2,4 $mL_{\odot}$. Prohlídka už žádné další těleso v této hierarchické soustavě nenalezla.

M. Ireland aj. využili adaptivní optiky u *5,1m Haleova teleskopu* na *Palomaru* a *Keckova 10m* na *Mauna Kea* k zobrazení velmi vzdálených exoplanet, resp. hnědých trpaslíků o hmotnostech kolem 14 $M_{\odot}$ u dvou trpasličích hvězd **GSC 0621-0021** (12 mag; sp. M0 V; 0,6 $M_{\odot}$) a **1RXS 1609-2105** (11 mag; K7 V; 075 $M_{\odot}$) ve hvězdné asociaci *Horního Štíra* (vzdálenost 145 pc). Průvodci se nacházejí ve vzdálenostech >320 AU od svých mateřských hvězd a sdílejí s nimi společný vlastní pohyb. Autoři z těchto pozorování odhadují, že asi 4 % trpasličích hvězd slunečního typu má u sebe ve vzdálenostech 200 – 500 AU průvodce s hmotnostmi poblíž rozhraní mezi obřími exoplanetami a hnědými trpaslíky. Další páry hnědých trpaslíků nalezli C. Gellino aj. pomocí adaptivní optiky u *Keckova teleskopu*. Objekty **WISE 1841+7000** (sp. T5 + T5; rozteče drah >2,8 AU; oběžné doby ≈11 r; vzdálenost 40 pc) a **0458+6434** (T8.5 + T9; rozteče >5 AU; oběžné doby ≈70 r; 10 pc) jsou staré přibližně miliardu roků.

K. Luhman aj. oznámili, že se jim podařilo pomocí kamery *IRAC SST* v rámci programu vyhledávání substelárních objektů objevit v blízkém okolí *Slunce* uchazeče o titul nejchladnějšího hnědého trpaslíka. Jde o průvodce bílého trpaslíka **WD 0806-66** (19 pc; stáří 1,5 Gr), jenž je o 1 mag slabší než dosud nejslabší hnědý trpaslík třídy T. Při hmotnosti ≈7 M_j to ovšem může být také obří exoplaneta vzniklá v disku bílého trpaslíka. V každém případě jde o objekt s téměř pokojovou teplotou 225 °C. Průvodce je od bílého trpaslíka vzdálen >2,5 tis. AU a sdílí s ním společný vlastní pohyb. Bílý trpaslík mohl vzniknout jako hvězda o hmotnosti ≈2 $M_{\odot}$, takže v jejím cirkumstelárním disku bylo dost materiálu na vznik obří planety či hnědého trpaslíka, jenž se během doby dostal na dnešní vzdálenou dráhu.

Ještě téhož roku však M. Liu aj. našli pomocí adaptivní optiky u *Keckova 10m teleskopu* průvodce B objektu **CFBDSIR J1458+1013** (*Boo*; vzdálenost 32 pc) a zjistili, že má hmotnost 6 – 15 M_j a jeho teplota dosahuje jen 95 °C. Složka A je rovněž hnědý trpaslík o teplotě 480° a nalezený pár obíhá kolem společného těžiště ve vzdálenosti >2,6 AU v periodě 20 – 35 let.

Podobně M. Cushing aj. objevili v datech z infračervené družice **WISE** celkem sedm velmi chladných (500 – 300 K) hnědých trpaslíků, v jejichž atmosférách jsou patrné pásy vody, methanu a amoniaku. Čtyři z nich mají spektra pozdnější než dosud rekordní hnědý trpaslík *UGPS 0722-05* s klasifikací T9, takže nový nízkoteplotní rekord (≈300 K) nyní patří objektu **WISEP 1828+2650** (Lyr; J = 23,6 mag; 14 pc), jenž má spektrum Y2. Ostatně už v r. 1999 navrhl J. Kirkpatrick, aby potenciální velmi chladné substelární objekty byly klasifikovány spektrální třídou Y, což je jedno z posledních dvou volných písmen latinské abecedy pro spektrální klasifikaci (v předstihu navrhuji, aby objekty s teplotou 0 K byly klasifikovány písmenem *Z* jako *„zero"*, čili nula).

J. Kirpatrick aj. ohlásili díky postupnému zpracovávání údajů z družice *WISE* objev 100. hnědého trpaslíka, z nichž jeden má pozdní spektrum třídy M, 8 patří do třídy L, ale zato 89 do třídy T a 6 ke třídě Y. Celkem 80 z uvedené stovky má spektrum pozdnější než T6. Horní detekční mez pro hnědé trpaslíky spektrálních tříd T a Y přitom činí jen 10 pc, takže *jich nakonec v Galaxii může být klidně více než hvězd.*

2.1.4. Atmosféry exoplanet a hnědých trpaslíků

T. Santapaga aj. využili objevu vzdáleného (220 AU) průvodce (B) hvězdy **HD 189733A** (*Vul*; K2 V; 0,8 $R_{\odot}$; 0,8 $M_{\odot}$; vzdálenost 19 pc), kolem níž obíhá v malé vzdálenosti 4,5 mil. km exoplaneta (Ab) v oběžné době 2,2 d, k nezávislému určení stáří celé soustavy, protože původní údaj o stáří jen ≈800 mil. roků neodpovídal fyzikálním parametrům primární hvězdy A. Ta totiž rotuje kolem své osy za 12 d, tj. dvakrát rychleji než *Slunce*, jež je staré 4,5 mld. let. Přitom obecně platí, že rotace osamělých hvězd se během doby brzdí. Jak však autoři ukázali, rotace složky A je zrychlována slapovou a magnetickou vazbou s blízkou exoplanetou **HD 189733Ab** o hmotnosti 1,2 M_j a poloměru 1,1 R_j, takže skutečné stáří soustavy lze určit právě z věku průvodce B, jenž je od soustavy (A + Ab) dostatečně daleko, takže jeho stáří >5 mld. let není žádnými interakcemi s ní měřitelně ovlivňováno. Exoplaneta ovšem na roztáčení hvězdy doplácí postupnou ztrátou momentu hybnosti, sestupuje po spirále směrem ke hvězdě a nakonec zanikne slapovými silami pod hranicí Rocheova poloměru. Jde o první případ, kdy se podařilo záhadu malého stáří objasnit, a zároveň o vodítko, jak postupovat při rozlousknutí podobných záhad u jiných planetárních soustav.

M. Abukerov aj. zjistili, že velikost poloměru exoplanety *HD 189733Ab* závisí nepřímo úměrně na vlnové délce, což je důkazem existence husté atmosféry exoplanety. To se vzápětí potvrdilo díky spektrografu *NICMOS HST* a *Spitzerovu kosmického teleskopu*, takže již máme docela dobré údaje o chemickém složení její atmosféry, což by ještě před několika lety mohlo odborníkům připadat jako naprosté sci-fi. Jak uvedli O. Mousis aj., dvě hlavní domněnky o tom, jak obří planety vznikají buď z planetesimál, anebo přímým gravitačním smršťováním meziplanetárního plynu, předpovídají, že zastoupení kovů (prvků počínajících uhlíkem) v atmo-

sférách planet by mělo být vyšší, nebo v nejhorším případě stejné jako u mateřské hvězdy, která si uchovává chemické složení hvězdné pramlhoviny. Proto byli astrofyzici udiveni, když se ukázalo, že zastoupení uhlíku v atmosféře zmíněné exoplanety bylo nižší, zatímco kyslíku vyšší než u mateřské hvězdy, která má chemické složení velmi podobné slunečnímu. Autoři propočítali řadu možných modelů, z nichž vyplynulo, že v obalu exoplanety je přítomno díky výběrovým efektům 20 – 80 M_Z (!) v podobě astrofyzikálních kovů. Nečekaně nízké zastoupení uhlíku lze vysvětlit výskytem polycyklických aromatických uhlovodíků a sazí ve vnějších vrstvách atmosféry exoplanety.

Uhlík může ovšem způsobit, že exoplaneta se stane největším přírodním drahokamem, jak ukázali M. Bailes aj. při studiu exoplanety o hmotnosti 1,2 M_j u milisekundového pulsaru **J1719-1438** (*Ser/Oph*; pulsní perioda 6 ms; vzdálenost 1,2 kpc), která kolem mateřské neutronové hvězdy obíhá v periodě 2,2 h po kruhové dráze ve vzdálenosti necelých 7 mil. km. Jelikož však poloměr exoplanety činí jen 4,5 R_Z, vyplývá z toho, že střední hustota exoplanety dosahuje 23násobek hustoty vody, což prakticky znamená, že *jde o obří diamant*! Nejspíš jde o pozůstatek červeného obra, který byl původně členem dvojhvězdy, v níž druhá složka vybuchla jako supernova třídy II a její hustá pecka se gravitačně zhroutila na neutronovou hvězdu. Ta pak začala z obřího průvodce vysávat plyn, který ji roztočil na vysoké obrátky (180 Hz). Nakonec z červeného obra zbyl jen miniaturní hustý oblázek tvořený převážně krystalickým uhlíkem vzniklým v nitru obra během posloupnosti termonukleárních reakcí.

D. Spiegel aj. upozornili na **mlhavost hranice mezi exoplanetami a hnědými trpaslíky**, která je běžně definována tak, že teplota v nitru exoplanet nikdy nedosáhla hodnoty potřebné pro termonukleární reakci přeměny vodíku na deutérium. Obvykle se tato hranice definuje hmotností objektu 13 M_j. Autoři však ukázali, že tato mez závisí nejenom na hmotnosti objektu, ale též na poměrném zastoupení hélia, počátečním obsahu deutéria, jakož i na jeho metalicitě. Tím se hranice rozmývá do intervalu 11,0 – 16,3 M_j.

2.1.5. Objevy exoplanet pomocí gravitačních čoček

Exoplanety v blízkosti mateřských hvězd to mají těžké, jak ukázali E. Adamsová aj, když zjistili, že tranzitující exoplaneta **OGLE-TR-113b** (*Car*; 550 pc; >1 M_j; oběžná doba 1,4 d), objevená pomocí metody gravitačních mikročoček, zkracuje svou oběžnou dobu kolem hvězdy tempem 60 ms/r. Za zkracování periody mohou slapy od hvězdy, která rotuje kolem své osy pomaleji, než za jak dlouho ji exoplaneta oběhne. To má opačný následek než slapy *Země* pro dráhu *Měsíce*, protože *Země* rotuje rychleji, než ji *Měsíc* obíhá; jinými slovy exoplaneta se v tomto případě pohybuje po zužující spirále a podle výpočtu autorů jíž za 2 miliony roků se její oběžná perioda zkrátí na 11 h a to bude stačit na její roztrhání do prstenu trosek v blízkosti hvězdy. Hvězdný vítr a ohřev zbytků způsobí, že se prsten poměrně rychle rozptýlí.

V. Batista aj. dokázali, že exoplaneta **MOA-2009-BLG-387Lb**, jež se projevila jako velmi dlouhý a vysoký „zub" na světelné křivce hvězdné mikročočky, představuje dosavadní rekord v hmotnosti obří exoplanety obíhající kolem trpasličí hvězdy sp. třídy M. Vzdálenost této soustavy od nás činí 3,5 – 7,9 kpc a exoplaneta obíhá kolem červeného trpaslíka v periodě 4 – 8 let, takže délka velké poloosy dráhy činí 1 – 3 AU. Odtud vyplývá při pravděpodobné hmotnosti červeného trpaslíka 0,2 $M_\odot$ hmotnost exoplanety 2,6 M_j.

N. Miyake aj. pozorovali pomocí aparatury *MOA-II* exoplanetu o hmotnosti nižší než *Saturn* na základě sledování světelné křivky gravitační mikročočky **MOA-2009-BLG-319Lb**. Předností aparatury je vysoká kadence opakování snímků příslušného hvězdného pole ve vnitřní části disku naší *Galaxie*, takže autoři mohli již 24 h před maximem zjasnění informovat na 20 různých skupin s robotickými dalekohledy a tím získat údaje o hmotnosti exoplanety (50 M_Z) i její vzdálenosti (2,4 AU) od mateřské hvězdy o hmotnosti 0,4 $M_\odot$. Vzdálenost soustavy od nás činí plných 6 kpc, takže v těchto vzdálenostech už ostatní metody objevování exoplanet selhávají. Není divu, že jde teprve o 11. exoplanetu objevenou metodou gravitačního čočkování. Metoda již předtím stačila k objevu exoplanety s hmotností jen 3 M_Z. Hmotnosti příslušných mateřských hvězd jsou v průměru velmi nízké, tj. 0,08 – 0,67 $M_\odot$. Je to tím, že hvězdy těchto hmotností jsou v Galaxii suverénně nejpočetnější.

Pomocí gravitačních mikročoček bylo do r. 2011 objeveno sice teprve 12 exoplanet, ale předností metody je možnost objevovat i **exoplanety-nomády**, což žádná jiná metoda zatím nedokáže. Zatím se zdá, že *nomádů o hmotnostech 3 – 15 M_j je v naší Galaxii přinejmenším dvakrát více než hvězd* , jak o tom svědčí dosud vzácné kratičké mikročočkové úkazy, pozorované současně a nezávisle alespoň dvěma různými projekty, obvykle *MOA-II* a *OGLE-III*. T. Sumi aj. prohlédli záznamy o 50 milionech hvězd v centrální výduti *Galaxie* v archivu přehlídek *MOA* a *OGLE* za léta 2006 – 2007 a našli tak celkem 474 mikročoček, z toho 10 případů s trváním kratším než dva dny. Za předpokladu, že *Galaxie* obsahuje úhrnem na 300 mld. hvězd, tak odtud plyne, že *nomádů v uvedeném rozsahu hmotností bude v Galaxii řádově bilion!*

2.1.6. Souhrnné studie exoplanet a hnědých trpaslíků

A. Boss se zabýval otázkou, který z dosud uvažovaných dvou **scénářů vzniku obřích planet** je významnější. Podle domněnky o *akreci plynu na kamenné jádro* vzniklé koagulací planetesimál mohou vznikat obří planety tím, že kamenná jádra na sebe pak velmi efektivně nabalují zbylý meziplanetární plyn. Naproti tomu je také možné, že obří plynné planety vznikají *gravitačními instabilitami rovnou z prachoplynového protoplanetárního disku*, tj. gravitačním hroucením. Podle Bosse fungují oba mechanismy, ale v různých vzdálenostech od mateřské hvězdy. Ve vzdálenostech <3 AU od mateřské hvězdy roste zastoupení obřích planet úměrně hmotnosti hvězdy, což svědčí pro scénář akrece na kamenné jádro. Naproti tomu ve vzdálenostech 20 – 120 AU od hvězdy není dost stavebního materiálu pro vznik kamenných jader, takže tam se obří plynné planety s hmotnostmi 1 – 5 M_j tvoří zřejmě díky zmíněným instabilitám. To je určitě případ již zmíněné soustavy čtyř obřích exoplanet u hvězdy **HR 8799**. Podle modelových simulací pro disky sahající od 20 AU až po 60 AU od hvězdy a obsahující 0,03 – 0,21 $M_\odot$ plynu se vinou gravitačních instabilit vytvářejí husté chuchvalce plynu, které se nakonec zkoncentrují na obří planety ve vzdálenost 30 – 70 AU od hvězdy na kruhových až středně protáhlých drahách (e <0,3).

D. Baylis a P. Sackettová zjišťovali, jaká je skutečná **četnost horkých jupiterů**, tj. obřích plynných exoplanet silně ohřívaných mateřskou hvězdou. Po dobu tří let sledovali zorné pole o ploše 0,66 čtv. stupně s cílem najít tranzity takových exoplanet u trpasličích

hvězd hlavní posloupnosti. Tak našli 10 případů s oběžnými periodami v intervalu 1 – 10 d. Odtud vychází, že *jen 0,1 % trpaslíků má horké jupitery,* což je ještě nižší zastoupení, než jaké vyšlo z podobné statistiky získané metodou radiálních rychlostí. Není však vyloučeno, že oba statistické soubory se ve skutečnosti týkají odlišných hvězdných populací, takže si budeme muset na spolehlivější statistiky ještě nějakou dobou počkat.

Jedním z nejvýznamnějších objevů éry zkoumání exoplanet je nepochybně skutečnost, že od času zformování obřích plynných či ledových exoplanet začínají tato tělesa *migrovat ve směru k mateřské hvězdě, ale také ve směru opačném*. Ještě před objevem první exoplanety přišli s touto domněnkou P. Goldreich a S. Tremaine v r. 1980 a dále D. Lin a J. Papaloizou v r. 1986. Objevy exoplanet o hmotnosti *Jupiteru* v těsné blízkosti centrální hvězdy pak změnily domněnky v solidní skutečnost, což se týká i obřích planet *Sluneční soustavy* od *Jupiteru* po *Neptun*. Nyní B. Bromley a S. Kenyon ukázali, že prakticky **všechny vznikající planety nutně migrují**, protože vznikají v cirkumstelárním prachoplynovém disku kolem mateřské hvězdy koagulací planetesimál a planetárních embryí, takže se zpočátku pohybují v odporujícím prostředí.

Autoři ukázali pomocí simulací, že když zárodky planet dosáhnout hmotností 0,1 M_Z, začnou být intervaly mezi srážkami zárodků delší než tempo migrace, jež dosahuje hodnot 10^{-7} – 10^{-4} AU/r. Obřím planetám tak stačí na průchod napříč protoplanetárním akrečním diskem krátká doba 0,1 – 1 mil. roků, zatímco *vzdálenost terestrických planet od hvězdy se mění jen málo*, protože je brzdí jen plynná složka akrečního disku, která poměrně záhy vymizí. Další migrační vývoj obřích planet je však důležitý pro zachování či zánik terestrických planet. Migrace totiž vedou dříve či pozdějí k **dráhovým rezonancím**, na které mohou méněhmotné planety doplatit srážkami, pádem na hvězdu, anebo vymrštěním z planetárního systému. Proto je pro současnou existenci terestrických planet ve *Sluneční soustavě* klíčovou skutečností, že *Saturn* díky rezonanci s *Jupiterem* dokázal změnit směr migrace a doslova odtáhl *Jupiter* včas od *Slunce* zpět, takže *Jupiter* nemohl způsobit více škody; pouze připravil *Mars* o stavební materiál. Proto má *Mars* o řád menší hmotnost než *Země* nebo *Venuše*.

H. Wilson a B. Militzer se zabývali otázkou, co se děje v **jádrech obřích plynných planet** při tlacích až 1 – 4 TPa a teplotách 3 – 16 kK, *když se vodík stává kovem*. Podle současných představ o akreci obřích planet jako je Jupiter začínají totiž tyto planety nabalovat plynný vodík s příměsí hélia na husté kamenné jádro o hmotnosti až 18 M_Z (s hlavní složkou MgO) pokryté tlustou vrstvou vodního ledu. Když planeta rychlou akrecí plynu dostatečně ztloustne, mění se stlačený vodík nad ledovou slupkou v kov a autoři pomocí kvantově-mechanických výpočtů ukázali, že *vodní led i MgO z kameného jádra se začínají v plášti kovového vodíku rozpouštět*. Rozpouštění je tím účinnější, čím větší je hmotnost celé planety. Obří planety si tedy svá jádra doslova rozpustí v kovovém vodíku.

S. Elser aj. spočítali pravděpodobnost, že **terestrické exoplanety** budou mít poblíž **velký satelit** o hmotnosti 1/45 – 1/4 hmotnosti vlastní exoplanety. Vyšlo jim, že každá dvanáctá terestrická exoplaneta takový satelit asi má. Jak známo, poměrně hmotný *Měsíc* u naší *Země* silně přispívá ke stabilizaci sklonu rotační osy *Země* vůči ekliptice a tato okolnost se považuje za důležitou podmínku pro rozvoj života na *Zemi*.

A. Boss se odvážil vykročit na třaskavé pole, jak **definovat exoplanetu**. Vzpomeňme na r. 2006, kdy se na kongresu Mezinárodní astronomické unie v Praze účastníci vášnivě přeli o definici planety *Sluneční soustavy* kvůli tomu, že bylo potřeba z definice vyloučit *Pluto* a dát mu jiný status. Tehdy také dospěli k závěru, že pro definici planet mimo *Sluneční soustavy* ještě nenazrál čas. Boss tedy navrhuje, aby se za (exo)planetu považovalo každé těleso, které má hmotnost <13 M_J, takže v něm neproběhlo jaderné slučování deutéria v nitru a obíhá kolem hvězdy, nebo jejího pozůstatku. Zatím je definice jakžtakž vyhovující, ale až jednou budou pozorovány tranzity plutin nebo planetek u cizích hvězd, problém s *definicí spodní meze pro planety* se jako bumerang opět vrátí.

D. Veras aj. zjišťovali, co se stane s exoplanetami, když jejich *mateřská hvězda zestárne*. Ve všech případech ztrácejí hvězdy ke konci svého života významně hmotu, což mění výrazně parametry planetárních drah. To pak nutně vede především k vymrštění planet rychlostí vyšší než únikovou, takže se z nich stávají **galaktičtí nomádi**. Pokud planeta zůstane u hvězdy, může se zvětšovat výstřednost její dráhy, anebo naopak se výstředná dráha změní na kruhovou. Při výbuchu supernov II. typu s hmotnostmi 7 – 20 $M_\odot$ se rozletí i zbylé stádo planet, takže nomádů musí být v každé galaxii velmi mnoho. Hvězdy s nižšími hmotnostmi přijdou ve fázi asymptotické obří větve o svá **Oortova oblaka komet**. Pokud jde o velmi hmotné hvězdy >20 $M_\odot$, které se nakonec zhroutí rovnou na černé díry, mohou planety na svých drahách přežít, ale může je také odhodit na hyperbolické dráhy závěrečná hvězdná větrná bouře. Je zkrátka zřejmé, že *stárnoucí hvězdy silně přispívají k rozmnožení planetárních nomádů v každé galaxii*.

D. Abbot a E. Switzer se zabývali možnostmi, že by terestrické planety-nomádi potloukající se osaměle Galaxií jako *„stepní vlci“* mohli být vhodnými objekty pro doslova **podzemní živo**. Ukázali, že pokud má stepní vlk hmotnost >3,5 M_Z a obsahuje podpovrchový vodní oceán krytý shora izolační kamennou vrstvou tlustší >8 km, pak kapalný oceán díky přísunu tepla z radioaktivních hornin nezmrzne po dobu 1 – 5 mld. let. Jak ukazuje zkušenost s hydrotermálními vyvěry na dnech pozemských oceánů, v jejich okolí se i bez slunečního svitu vytvářely už dávno bohaté kolonie obrovitých červů využívajících k látkové výměně energie horké vody a chemických prvků jako je síra. Autoři dále odhadli, že *stepní vlky by šlo opticky odhalit pomocí slunečního záření rozptýleného a odraženého od jejich (ledového) povrchu až do vzdálenosti 1 kAU od Slunce*.

Oba autoři však zdaleka nejsou první, kdo se vyhlídkami života na nomádech zabývali. Již. v r. 1958 uveřejnil významný americký astronom H. Shapley úvahu o tom, *jaké vlastnosti nomádů by byly příznivé pro život*. Podle jeho tehdejšího názoru měli mít takoví nomádi tlustou atmosféru s hmotností alespoň o dva řády vyšší než má atmosféra pozemská. Jejich atmosféra by musela obsahovat zejména methan, ethan a oxid uhličitý. Na jejich povrchu by se pak měl rozkládat oceán vody, amoniaku a ethanu, což poněkud připomíná poměry na Saturnově obří družici *Titanu*.

2.2. Vznik hvězd a prahvězdy

P. Clark aj ukázali, že prvotní prahvězdy (**populace III**) vznikaly velmi často rozpadem zárodečných disků na více složek, čili na těsné dvojhvězdy i vícenásobné hvězdné soustavy. Tím se postupně snižuje pravděpodobnost vzniku osamělé hvězdy již v nejstarším pokolení převážně velmi hmotných hvězd. Podle A. Stacyové aj. musely tyto velmi hmotné hvězdy vznikající již v časech kolem 180 mil. let po velkém třesku velmi rychle rotovat; na rovníku *rychlostmi řádově tisíce km/s*! Tato úděsná rychlost má přirozeně zásadní vliv i na promíchávání látky v jejich nitru, což prakticky znamená, že prvky vzniklé termonukleárními reakcemi v jejich

nitru se snadno dostávají i do vnějších vrstev. Naprostá většina těchto monstrózních hvězd žije neobyčejně krátkou dobu a pak vybuchují jako záblesková zdroje záření gama (*GRB*), popř. jako *hypernovy*. Proto tak rychle obohacují interstelární prostor o prvky těžší než vodík a hélium.

Ke shodnému závěru o rychlé rotaci prvotních hvězd dospěli nezávisle také C. Chiappiniová aj., když zkoumali hvězdy ve velmi staré kulové hvězdokupě **NGC 6522** a zjistili, že nejstarší hvězdy s hmotnostmi až 125 $M_{\odot}$ a obvodovou rotační rychlostí až 800 km/s mají ve svých spektrech nadbytek stroncia a yttria, což jsou produkty pomalého zachycování neutronů při výbuchu supernov nebo *GRB*. Autoři spočítali, že tento proces byl u velmi hmotných hvězd populace III o čtyři řády účinnější, než je tomu dnes u hvězd následných dvou populací.

E. Treister aj. se zabývali osudy hvězd populace III, které se naopak zhroutily do **černých děr** a posléze splynuly v zárodcích galaxií s aktivními jádry (*kvasary*) na černé veledíry. Podle archivních údajů z rentgenové družice Chandra měly **černé veledíry** v nejstarších kvasarech časech 640 – 940 mil. let po velkém třesku hmotnosti řádu 1 $GM_{\odot}$. Zářivý výkon materiálu, který na ně v té době padal téměř rychlostí světla, dosahoval v rentgenovém pásmu hodnot $>3.10^{37}$ W. Pozorování družice *Chandra* téměř 200 raných galaxií v energetickém pásmu 3,5 – 14 keV však ve skutečnosti odpovídá červeně posunutému lokálnímu rozsahu vyzařovaných energií tvrdých rentgenových fotonů 14 – 56 keV. Je naprosto zřejmé, že tak obrovské zářivé výkony stačily k ukončení kosmologického **šerověku** díky úplné *reionizaci vesmíru*, jež proběhla necelou miliardu let po velkém třesku.

J. Bestenlehrer aj. nalezli pomocí spektrografu *FLAMES VLT ESO* osamělou hvězdu **VFTS 682**, která se nachází 29 pc od známé kupy obřích hvězd *R136* v mlhovině *Tarantule* ve *Velkém Magellanově mračnu*. Když její spektrum ukázalo, že jde o Wolfovu-Rayetovu hvězdu třídy WN5h, podařilo se jim určit její efektivní teplotu 52 K a neuvěřitelně vysokou svítivost 3 $ML_{\odot}$, takže její současná hmotnost musí dosahovat rekordních 150 $M_{\odot}$. Autoři proto soudí, že jde spíše o typ **LBV** (svítivá modrá proměnné hvězda typu η *Car*), který skončí jako dlouhý zábleskový zdroj záření gama (*LGR* B).

Velkou pozornost však vyvolala i studie E. Caffauové aj., když se ukázalo, že v halu naší *Galaxie* dosud září hvězdy, které mají zcela zanedbatelné množství prvků, které ve vesmíru vznikají termonukleárními reakcemi v nejstarší populaci hmotných hvězd. Autoři pomocí spektrografů *X-Shooter a UVES* u teleskopů *VLT ESO* totiž objevili hvězdu **SDSS J1029+1729** (17 mag), která má o pět řádů méně železa než *Slunce*, dále pak patrně i zcela zanedbatelné množství uhlíku a vůbec žádné lithium! Jde přitom o trpaslíčí hvězdu s hmotností <0,8 $M_{\odot}$. Téměř nepochybně nejde o ojedinělý případ a tak je astrofyzika postavena před další záhadu, kde se v raném vesmíru vzali trpaslíci téměř výhradně z vodíku a hélia, protože teoretické modely pro hvězdy populace III tomu protiřečí.

První přímý doklad o tom, jak se z *hvězdných embryí* vytvářejí v současnosti hvězdy, přinesli P. Hartigan aj. na základě čtrnáctiletého sledování dvou **Herbigových-Harových objektů 47 a 111** pomocí kamery *WFPC2 HST*. Oba relativně velmi jasné útvary se vyznačují výskytem plynných výtrysků, jejichž vzhled ve světle čar H_{α} a [S II] se v uplynulém období zřetelně změnil. Zatímco ve vodíkové čáře se výtrysky zkoncentrovaly do několika úzkých vláken, v zakázané čáře ionizované síry se výtrysky rozšířily a rozpadly na ohraničené chuchvalce. Ve výtryscích jsou patrné i obloukové rázové vlny a jejich osy se během čase mírně „viklají". Tyto úkazy podporují model, v němž akrece plynu v protostelárním disku na centrálního zárodek hvězdy probíhá v čase zcela nestabilně.

Družice **Kepler** zasahuje rovněž do výzkumu samotných hvězd, protože fotometrií hvězdných oscilací lze získat potřebné podklady pro *asteroseismologii*, tedy také pro měření průměrů a hmotností osamělých hvězd. Před vypuštěním družice *Kepler* byla k dispozici asteroseismologická měření stěží pro tucet hvězd, ale dle W. Chaplina aj. jsou nyní dostupné údaje o hvězdných oscilacích s periodami 1,5 – 20 min pro minimálně 500 hvězd. Zatímco takto získané rozměry hvězd odpovídají astrofyzikálním modelům, jejich hmotnosti jsou v porovnání s modely soustavně nižší. T. Beddingovi aj. se navíc podařilo pomocí měření period oscilací pro **400 červených obrů** rozpoznat, o jaký druh termonukleárního hoření v dané hvězdě jde. Pokud se periody oscilací pohybují kolem 50 s, probíhá termonukleární *hoření vodíku ve slupce* kolem inertního jádra hvězdy. Naproti tomu periody oscilací 100 – 300 s svědčí o hoření hélia v jádře obří hvězdy.

Podobně W. Chaplin aj. zpracovali asteroseismologické měření družice *Kepler* pro 500 hvězd slunečního typu konaná po dobu 7 měsíců a odtud se jim podařilo určit jejich rozměry i hnmotnosti. Zatímco změřené rozměry dobře odpovídají teoretickým modelům, u hmotností je souhlas horší, za což patrně mohou případy, kdy hvězda slunečního typu není ve skutečnosti osamělá, ale má svého zatím nerozpoznaného průvodce. Asteroseismologie, jak známo, umožňuje, podobně jako seismologie pro *Zemi*, zkoumat i vnitřní stavbu hvězd jak pro hvězdy hlavní posloupnosti s hmotnostmi <2 $M_{\odot}$, tak pro červené obry.

Y. Tang aj. získali pomocí asteroseismologie parametry velmi staré (9,5 mld. let) hvězdy **τ Ceti** – první hvězdy zkoumané počátkem 60. let minulého století v projektu *OZMA* (hledání umělých rádiových signálů u hvězd slunečního typu; proto také novější zkratky zněly nejprve *CETI*, resp. později *SETI* a nyní *SETL* – hledání života). Hvězda má však na rozdíl od *Slunce* poloměr jen 0,8 $R_{\odot}$; hmotnost 0,8 $M_{\odot}$; svítivost 0,5 $L_{\odot}$ a teplotu 5,3 kK. Také její metalicita (Z = –0,5) je výrazně nižší než sluneční.

M. Bazot aj. využili přesného spektrografu *HARPS* u *3,6m teleskopu ESO* na *La Silla* a inteferometru *CHARA* se základnou až 330 m na *Mt. Wilsonu* v *Kalifornii* k přesnému určení hmotnosti a poloměru hvězdy **18 Sco** (V = 5,5 mag) – zatím nejlepšího analogu *Slunce*. Změřili tak během 12 nocí v červenci 2009 její poloměr 1,01 $R_{\odot}$; hmotnost 1,02 $M_{\odot}$; teplotu 5,8 kK i metalicitu (Z = 0,04) s chybami nanejvýš 3 %. Podobně M. Castro aj. zkoumali **10 analogů Slunce** v otevřené hvězdokupě *M67 (Cnc)* staré (3,9 ±0,7) Gr. Jejich metalicita se téměř neliší od sluneční (Z = 0,01).

X. Che aj. změřili pomocí interferometrů *CHARA a MIRC* parametry rychle rotujících jasných hvězd **β Cas** (sp. F2 IV; rotační perioda 22 h) a **α Leo** (*Regulus*; sp. B7 V; per. 14 h!). Podobr β Cas s osou rotace skloněnou pod úhlem 20° k zornému paprsku má rovníkový poloměr 3,8 $R_{\odot}$, ale polární jen 3,0 $R_{\odot}$, takže teplota na rovníku dosahuje 6,2 kK, kdežto na pólech 7,2 kK. Svítivost hvězdy činí 22 $L_{\odot}$, hmotnost 1,9 $M_{\odot}$ a její stáří 1,1 mld. let. *Regulus* má osu rotace téměř kolmou (87°) k zornému paprsku a jeho rovníkový poloměr 4,2 $R_{\odot}$ je o 1 $R_{\odot}$ větší než polární. Podél rovníku má teplotu 11 kK, zatímo na pólech je až o 3 kK teplejší. Hvězda má svítivost 380 $L_{\odot}$, hmotnost 3,5 $M_{\odot}$ a je stará teprve 70 mil. let. Obě hvězdy rotují téměř kritickými rychlostmi 92 %, resp. 96 % (při 100 % by se hvězdy rozpadly odstředivou silou). Autoři zdůrazňují, že právě *rychlost rotace hvězdy je třetím důležitým parametrem* (po hmotnosti a metalicitě), jenž určuje osudy každé hvězdy. Bohužel zatím chybí možnosti, jak rychlosti rotace masově měřit, protože u osamělých hvězd málokdy známe sklon její rotační osy k zornému paprsku.

ciózny: pátra po Dysonových sférach v blízkych galaxiách. Ak Dysonove sféry obklopujú iba časť hviezd v galaxiách, potom emisie šíriace sa z nej (prinajhoršom ich časť) by sa mali prejavovať oveľa výraznejšie v infračervenej než viditeľnej oblasti žiarenia. Carrigan sa zameriava najmä na eliptické galaxie. Prečo? Carrigan: „Znalci galaxií ma upozornili, že každá špirálová galaxia je iná. Eliptické sa na seba podobajú ako vajce vajcu. Takže som si dal poradiť."

Základnou koncepciou je predpoklad, že každá civilizácia, ak už dokáže vytvoriť Dysonovu sféru, pokúsi sa o expanziu do vesmíru. Takáto civilizácia sa dokáže v galaxii prejaviť (v porovnaní s vekom materskej galaxie) iba počas relatívne krátkej doby. „Civilizácia, ktorá neskolabuje môže počas niekoľkých desiatok miliónov rokov preskúmať a osídliť väčšinu vhodných telies materskej galaxie," tvrdí Carrigan. „V takom prípade by sme mali objaviť celý rad Dysonových sfér."

Carriganov pôvodný zámer detegovať údaje z galaxií nebude taký komplexný, ako pôvodne zamýšľal. Aj eliptické galaxie sú totiž rôznorodé. Niektoré z nich však majú parametre, ktoré z nich robia vhodných kandidátov pre vedcov zo SETI.

Lovcov ET inšpirovali najmä najnovšie údaje. Astronóm Jason Wright z Pensylvania State University vedie tím, ktorý vyhľadáva extrémne červené objekty. Zdrojom údajov sú katalógy z prehliadky satelitu Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE), monitorujúceho oblohu s vysokým rozlíšením v štyroch odlišných čiarach infračerveného žiarenia. NASA postupne vydáva katalógy, v ktorých je momentálne 500 miliónov zdrojov. Tie najčervenšie vyhľadáva Wrightov tím.

Vedci najskôr vylúčia galaxie, ktoré sa zdajú byť červené iba preto, že sú veľmi vzdialené a ich žiarenie sa kvôli rozpínaniu vesmíru posunulo k červenému okraju spektra. Ich rozmery a spektrá umožňujú spoľahlivé rozpoznávanie a výber. Pri galaxiách, ktorých spektrá sa budú prekrývať so štyrmi infračervenými čiarami spektrálneho etalónu WISE (vedci vedia, že takých je najviac), je podľa Wrighta najvyššia nádej, že sú tam aj hviezdy s Dysonovou sférou.

„Ak je každá hviezda pokrytá Dysonovou sférou spolovice, alebo ak polovica hviezd je ňou pokrytá úplne, môžeme mať úspech," tvrdí Wright. Samozrejme, galaxie so sférami sú vzácne, pretože teoretický čas na ich kolonizáciu je relatívne krátky.

V ďalšej etape sa Wrightov tím sústredí na hľadanie Dysonovych sfér v Mliečnej ceste. Bude skúmať najmä mimoriadne červené hviezdy. Pozorovanie sťažuje skutočnosť, že väčšina týchto objektov hniezdi v prachových obálkach. Cieľom výskumu je katalóg, v ktorom budú objekty „červenšie ako hocijaký iný prirodzený astrofyzikálny objekt".

Sme sami?

Čo ak vedci ani po dvoch rokoch nezískajú nijaké konkrétne výsledky? Čo ak nenájdu ani jedinú Dysonovu sféru, o galaxiách plných takýchto sfér ani nehovoriac?

Jednou z odpovedí na tieto otázky je, že sme vo vesmíre naozaj sami, hoci sa nikdy nedozvieme, na koľkých planétach civilizácie vznikli, ale nikdy nedosiahli technicky vysokú úroveň.

Existujú však aj iné vysvetlenia: „Vo vesmíre môžu existovať civilizácie, ktoré sa vyvíjajú bez toho, aby využívali väčšinu energie svojej hviezdy. Ak pozemská civilizácia bude existovať aj o milióny rokov tak, že bude využívať iba jedno percento slnečnej energie, potom musíme pripustiť, že sa podobne vyvíjajú aj iné civilizácie, ktoré však nikdy neobjavíme.

Wright takú možnosť nepripúšťa, iba ak by také civilizácie ovládli fyziku, ktorú my zatiaľ nepoznáme. Fyziku, ktorá by umožnila produkovať energiu napríklad využívaním neutrín, čo by sa neprejavilo v podobe očakávaných infračervených emisií.

Najjednoduchším vysvetlením však je, že okrem nás vo vesmíre nijaké civilizácie nie sú. S tým sa však astronómovia, a nie iba tí, čo pracujú na programoch SETI, nikdy nezmieria.

Astronomy, 2013/9

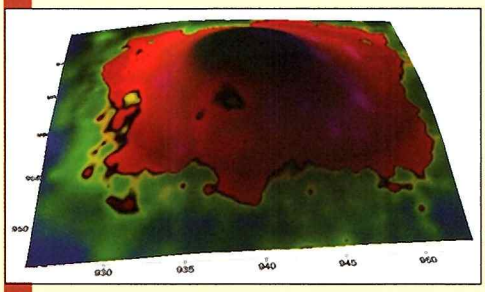
●

Ak nejaká civilizácia kolonizuje inú planétu v materskej sústave, musí vytvoriť aj systém komunikácie. Astronómovia hľadajú známky komunikácie pomocou laserových pulzov v systémoch, kde sa dve planéty ocitnú zavše na zornom lúči s pozemským pozorovateľom.

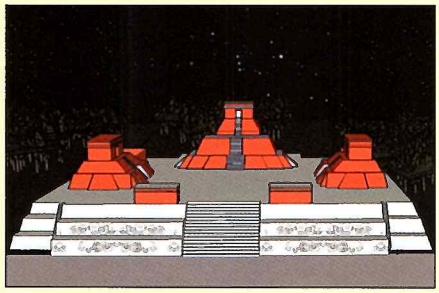
Pre Kozmos píše Milan Kováč

Slovenský objav dvetisíc rokov starého

Pyramída H I, nad ktorou sa v predklasickom období objavoval Orión, odfotená počas vykopávok vedených slovenským archeológom Martinom Hanušom, ktorý stojí na vrchole pyramídy. Foto: Pavol Spišák



Radiálna pyramída H XV odhalená pod príkrovom zeminy pomocou geofyzikálnych prístrojov slovenského tímu. Kresba: Peter Milo



Rekonštrukcia čelného pohľadu na triadický komplex H sever so štukovými maskami na priečelí. Nad najvyššou pyramídou v strede sa pozoroval Orión. Kresba: Jan Szymanski a Marcel Križan

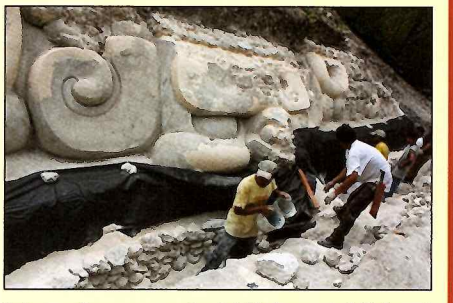
Keď si v roku 2008 Slovenský archeologický a historický inštitút (SAHI) ako hlavné miesto svojich budúcich vykopávok v Guatemale vyberal tzv. skupinu H Sever v starom a slávnom mayskom meste Uaxactún, ešte sme vôbec netušili, k čomu všetkému naše vykopávky povedú. Vedeli sme, že Uaxactún bol objavený už začiatkom 20. storočia a odvtedy bolo toto mayské mesto mnoho ráz systematicky preskúmané. Posledný veľký výskum tu robil Juan Antonio Valdés v 80-tych rokoch 20. storočia. Objavil neskoropredklasické (z obdobia asi 3. až 1. stor. pr. Kr.) centrum mesta s ústredným námestím a komplexom krásnych budov zdobených zachovanými maskami zo štuky. Pre celý tento komplex sa vžilo označenie Skupina H Juh a stal sa pre mayské dejiny neprehliadnuteľným pojmom. Ale hneď vedľa neho stáli ďalšie pahorky porastené džungľou, ktoré skrývali susedné námestie, označované ako H Sever. Tam sa Valdés už nedostal a jeho význam a funkcia zostali pre vedu skryté. Práve túto oblasť si dal za hlavný cieľ výskumu slovenský projekt, ktorý sa v Guatemale rozbehol v r. 2009 a trvá dodnes.

V dejinách skúmania mayskej astronómie zohrávali Uaxactún, Dzibilchaltún a Chichén Itzá vždy dominantné postavenie. Už v prvých dekádach 20. storočia bolo v Uaxactúne objavené výpravou Franza Boasa slnečné astronomické observatórium nazývané E 7, ktoré sa veľmi rýchlo preslávilo a je považované za prototyp schopností ranej mayskej astronómie. Je z uvedených najstaršie, pochádza približne z 1. – 2. storočia po Kr. a umožňuje pomerne dokonale sledovať slnovraty a s istými pochybnosťami, ktoré formuloval známy archeoastronóm Anthony Aveni, aj rovnodennosti. Ide teda o slnečné observatórium, ktorého funkčnosť už bola mnoho ráz preverená a pri určitých typoch pozorovaní vykazuje aj dostatočnú presnosť. Jeho zmenšenou kópiou môže byť observatórium na uaxactúnskej architektonickej skupine D, ktoré bolo skúmané počas krátkych vykopávok v deväťdesiatych rokoch. Jeho presnosť, ktorú už overoval slovenský tím, však bola, vzhľadom k vzdialenostiam, oveľa menšia. Preto malo zrejme viac symbolickú ako praktickú funkciu O rozvinutej tradícii observatórií a pozorovaniach kozmu v Uaxactúne od najstarších čias teda vôbec nemusíme pochybovať. Hoci Juan Antonio Valdés neobjavil na skupine H Juh žiadne zreteľne astronomické funkcie budov, jeho nálezy boli Lindou Schele a ďalšími mayológmi intepretované ako reprezentácie stvorenia sveta. David Freidel identifikuje v maske objavenej Valdésom *Yax Hal Witz*, „Prvú Pravú Horu" so znakmi stredu sveta. Symbolicky označuje prvé vyzdvihnutie a rozdelenie sveta na zem, oblohu, more a kráľovstvo Uaxactún. Triadické zoskupenie, ktorého je motív súčasťou, tam reprezentujú tri miniakropoly, ktoré symbolizujú podľa neho tri kamene stvorenia. Tieto informácie predstavovali pre nás hneď od začiatku veľkú motiváciu k pokusom o pochopenie mayských predklasických predstáv o vzťahoch medzi človekom a kozmom.

mayského observatória v Guatemale

Porovnanie časti priečelia triadickej skupiny H sever so štukovou výzdobou s ľudskou postavou.
Foto: Milan Kováč

Ústredná časť tváre štukovej masky na priečelí triadickej skupiny H sever. Foto: Milan Kováč

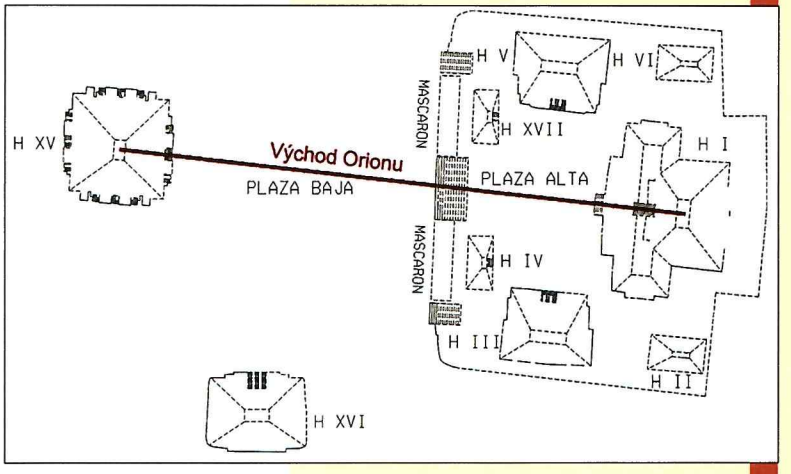


Práce na konzervovaní najväčšej mayskej štukovej masky objavenej slovenským tímom na priečelí triadickej skupiny H sever. Foto: Milan Kováč

Z praktického hľadiska bolo dôležité, že sme vykopávkami pomerne rýchlo zistili, že námestie H Sever má väčšinou iba jedinú stavebnú fázu, a pomocou uhlíka C 14 a keramiky sme jeho osídlenie datovali do poslednej fázy neskoropredklasického obdobia, pravdepodobne medzi roky 100 pr. Kr. až 150 po Kr. (na porovnanie s našou časovou priamkou, približne v strede tohto obdobia vládol v Rímskej ríši vôbec prvý cisár – Augustus). Skutočnosť jedinej stavebnej fázy predstavuje veľké zjednodušenie nášho výskumu (oproti výskumom na námestí H Juh), pretože odpadla zložitá práca prieskumu predchádzajúcich stavebných fáz pomocou tunelov. Šťastím tiež bolo, že sme hneď v roku 2009 narazili na monumentálne štukové masky na priečelí, čo nás nesmierne povzbudilo k ďalším vykopávkam.

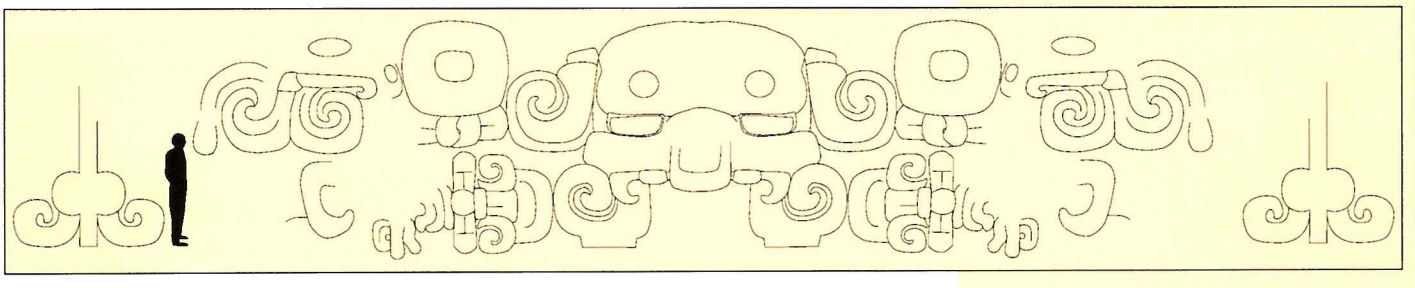
Celý komplex H sever má spolu 13 pyramíd, ak nerátame vzdialenejšie Kamenné námestie (áno, nazvali sme ho podľa toho bratislavského...), tak spolu urbanisticky vzájomne súvisí 9 budov. Z toho až 7 sa nachádza na 5 m vyvýšenej platforme. Centrálna a najvyššia z nich H I predstavuje vrchol trojuholníka, ktorého ramenami sú dve ďalšie vysoké pyramídy. Takémuto útvaru hovoríme „triadická skupina". Mayovia ich stavali iba v najstaršom období svojich dejín, predstavovali sídlo vládcov a dnes už máme dostatok dôkazov o tom, že boli pozemskou reprezentáciou hviezdneho zoskupenia v Orióne (len jedna z nich však patrí do tzv. Orionovho pásu). Tieto tri hlavné pyramídy umiestnené v rovnoramennom trojuholníku sú doplnené v blízkom okolí symetrickými menšími stavbami, dvoma vpredu a dvoma vzadu. Celkovo sa tak triadická skupina vzhľadom k 5-metrovému násypu platformy a ďalším 12 metrom výšky centrálnej pyramídy, majestátne týči nad úrovňou terénu a z jej vrcholov je možné pozorovať nekonečnú

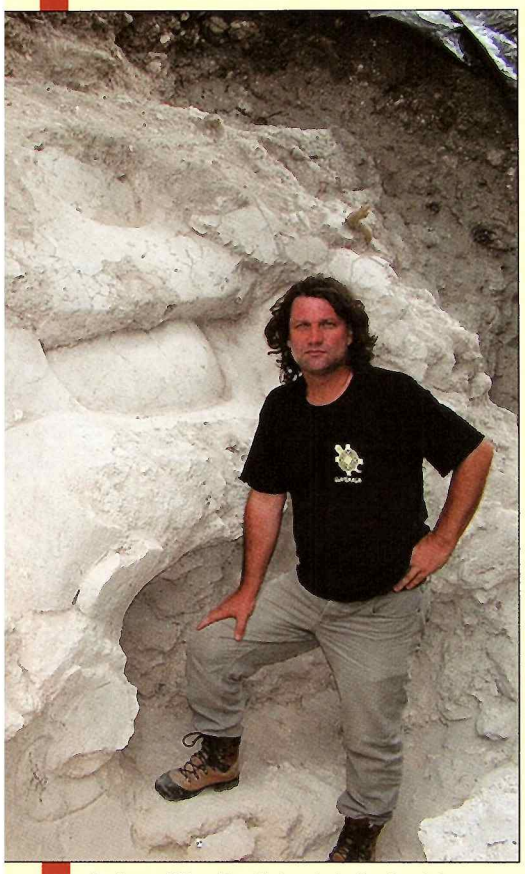
⇨⇨



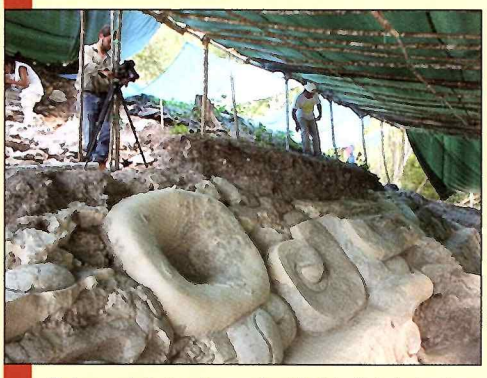
Plánik skupiny H sever, na ktorom vidno os medzi pyramídou HI a H XV, na ktorej koncoch vychádzal a zapadal Orión.
Kresba: Matúš Riečan

Ideálna rekonštrukcia jednej z dvoch štukových masiek triadického komplexu H sever.
Kresba: Marcel Križan a Milan Kováč





Profesor Milan Kováč, ktorý riadi vykopávky Slovenského archeologického a historického inštitútu v Guatemale pred štukovou maskou na fasáde triadického komplexu. Foto: Edy Barrios



Dokumentačné práce na fasáde triadickej skupiny H sever. Foto: Milan Kováč

Reštaurovanie priečelia triadického komplexu s novobjavenými štukovými reliéfmi. Foto: Milan Kováč

džungľu desiatky kilometrov na východ od Uaxactúnu. Celá platforma, na ktorej stojí, má asi 60 m široké priečelie otočené na západ, ktoré má jedno ústredné, asi 10 m široké schodisko a dve menšie bočné schodiská na okrajoch. Celému priečeliu dominujú štukové reliéfy masiek, ktoré lemujú celé schodisko. Šírka každej z masiek je až 20 metrov a patria k najväčším, aké kedy boli v mayskom svete objavené. Pravdaže, tento obraz nás nečakal po príchode na lokalitu, ale je výsledkom 5 rokov trvajúcich intenzívnych vykopávok slovenského tímu.

Obraz by nebol úplný bez dvoch pyramíd, ktoré sa nachádzajú obďaleč. A to na západ od platformy, teda o 5 m nižšie, na rozľahlom námestí, ktoré bolo, zdá sa, voľne prístupné verejnosti. Ústrednou budovou tu je H XV, ktorú predstavuje takmer 8 m vysoká radiálna pyramída. Radiálna znamená, že má schodiská na všetkých štyroch stranách, jedno ústredné a dve bočné, takže na jej vrchol vedie až 12 schodísk. Takéto pyramídy sú pomerne vzácne, neslúžili ako obydlia, lebo na vrchole býva iba plošina bez budovy. Na základe výskumov vieme, že radiálne pyramídy mali rituálnu funkciu. A ešte aj astronomickú, ktorá s ňou bývala spojená. Nie náhodou aj stavba E7, ktorá Uaxactún preslávila ako astronomické observatórium už takmer pred sto rokmi, bola tiež radiálnou pyramídou. Ďalšia budova H XVI mala takisto rituálny význam, lebo sme v nej našli vybudovanú svätyňu s množstvom obetín. Hoci aj jej astronomická funkcia je viac ako pravdepodobná, pre jednoduchosť sa tu sústredíme iba na vzťah radiálnej pyramídy k budovám na platforme, ktoré sa týčia pred ňou na východe. Predovšetkým k triadickej skupine.

Obyčajne sa radiálne pyramídy nestavali pred triadickými skupinami, ale pred podlhovastým objektom s tromi budovami v jednej línii, tak ako je to u E7. Boli spočiatku zrejme určené na pozorovanie slnovratov, neskôr sa astronomický význam zabudol alebo stratil a boli budované len ako čisto rituálne stavby bez ohľadu na astronomickú orientáciu. V takom ranom období, keď bola postavená H XV, sme však astronomický význam museli predpokladať. Na druhej strane bolo veľmi mätúce, že radiálna pyramída nestála pred obvyklým lineárnym útvarom z troch budov, ale pred trojuholníkom z troch budov. Vedeli sme, že tento trojuholník reprezentoval v mayskej symbolike tri hviezdy zo súhvezdia Orión, napriek tomu sme uskutočnili merania, ktoré mali potvrdiť tradičný výklad orientácie na slnovraty, aj keď nezameraný na tri lineárne budovy, ale netradične na triadickú skupinu. Na to, aby to fungovalo aj na našej skupine H sever, nám však prekážala 6° výchylka ústrednej osi medzi H I y H XV, ktorá sa nedala nijako obísť ani vysvetliť. Obrátili sme sa preto s celou sústavou dát nameraných pomocou kvalitných totálnych staníc na známeho slovenského archeoastronóma Vladimíra Karlovského. Ten vo svojich výpočtoch lakonicky uviedol:

„Hlavný smer celého komplexu, smer od vrcholu pyramídy H XV na vrchol pyramídy H 1, má nasledovné parametre: rozdiel výšok pyramíd 8 metrov, vzdialenosť 130,5 metra. Tento smer má výškový uhol 3° 30´ 28.78´´±19.6 ´´ (chyba v určení výšky 0.2 metra) a azimut 96° 27´ ±6´(chyba z merania plánu). Na tomto smere vychádza hviezda zeta Orionis (Alnitak). Pre danú výšku bol azimut východu tejto hviezdy v roku 150 po Kr. 96° 7´ 13´´ a jasnosť bola 4,39 magnitúdy, bola teda zreteľne viditeľná voľným okom. Rozdiel medzi zmeraným azimutom a vypočítaným azimutom je vzhľadom na presnosť určenú z plánu 20´. Táto presnosť zodpovedá jednoduchým meraniam voľným okom. Záver merania sa ukázal byť jednoznačný: Hlavný smer komplexu smeruje k trom jasným hviezdam z pásu súhvezdia Orión."

Karlovského výpočty sa ukázali byť absolútne hodnoverné jednak po technickej či astronomickej stránke, jednak po významovej. Je napokon logické, že nad trojuholníkom reprezentujúcom architektonicky Orión by sa mal pozorovať ten istý skutočný Orión. Napokon o triadických skupinách sa to predpokladá už od čias Dennisa Tedlocka, pretože ako prvý identifikoval na základe etnografických a historických výskumov s hviezdami Orionu: Rigel, Saiph a Alnitak tzv. ohnisko troch kameňov stvorenia, pričom Alnitak je súčasťou Orionovho pásu, ďalšie dve hviezdy na ňu nadväzujú po bokoch, v mayskej optike trochu inak, než sme zvyknutí. Uprostred trojuholníka ohniska sa nachádza hmlovina M 42, viditeľná voľným okom, zrejme reprezentovala samotný prvý oheň, kým hviezdy boli kameňmi ohniska. Na tomto mieste sa podľa starých Mayských záznamov v ohni zrodil náš súčasný vesmír.

Ešte významnejší než heliaktický východ Oriónu, pozorovateľný na tej istej osi, musel byť jeho heliaktický západ. Pre skúmané obdobie Orión zmizol z oblohy, pozorovaný z radiálnej pyramídy H XV (tradične slúžili ako observatóriá) presne nad ústrednou pyramídou triadickej skupiny H I dňa 2. mája. Nebude asi náhoda, že s týmto dátumom sa u Mayov spája začiatok obdobia dažďov a najdôležitejší agrárny úkon – siatie kukurice. Zmiznutie Oriónu preto označilo najdôležitejší agrárny sviatok roka (schovanie kukuričného zrna do tmavej zeme) a rituály s ním spojené, ktoré mali zaistiť určite bohaté zrážky a následné vzídenie kukurice. Prípadné suchá by znamenali hladomor. Zhoda architektonického a kozmického modelu, heliaktický západ Oriónu, začiatok obdobia dažďov a siatie kukurice v tom istom bode a v tom istom momente sú veľmi silné argumenty, ktorými môžeme podporiť náš objav nového mayského observatória. Je tým významnejšie, že je to prvé potvrdené mayské observatórium zamerané na Orión. Keďže podobne ako my, predtým s podobnou symbolikou a astronomickou orientáciou spojenou s poľnohospodárskymi rituálmi nikto nepočítal (paradoxne, napriek jej frekventovanému zastúpeniu v mayskej mytológii), je veľmi pravdepodobné, že sa dodnes veľmi slabo preskúmané orientácie mayských stavieb budú overovať aj v tomto duchu a z hlbín pralesa sa ešte vynorí niekoľko ďalších observatórií zameraných na mayské miesto stvorenia sveta v súhvezdí Orión.

MILAN KOVÁČ

Ohliadnutie za **Astrofilmom 2013**

Už siedmy raz boli Piešťany dejiskom festivalu astronómie a filmu Astrofim. Konal sa od 9. do 11. októbra 2013 tradične v priestoroch kultúrno-spoločenského centra Fontána. O tom, že Astrofilm má už vybudované svoje pozície, svedčí aj to, že Aupark v Piešťanoch ponúkol svoje priestory na časť sprievodných aktivít festivalu.

Oficiálny program Astrofilmu sa začal 9. októbra o 17:00 hod., keď bola vernisáž výstavy fotografií RNDr. Daniely Rapavej *Tajomstvo svetla a vody*. Následne prišlo na rad slávnostné otvorenie festivalu s bohatým kultúrnym programom. Na záver úvodného ceremoniálu bola udelená špeciálna cena a čestné členstvo Slovenského zväzu astronómov dvom nestorom slovenskej astronómie, manželom Antónii a Ladislavovi Oravcovcom z Nitry. Ich prínos do slovenskej astronómie ocenili viaceré generácie špičkových odborníkov. Potom prišla na rad prezentácia o digitálnych planetáriách, ktorých distribútorom v Česku a na Slovensku je firma Future Technology System, s. r. o., ktorá sponzorovala aj úvodnú recepciu. Vďaka Future Technology System, s. r. o., mali návštevníci, ktorých zaujíma problematika planetárií, možnosť hovoriť aj priamo so zástupcami firmy Evans & Sutherland z USA, jedného z najväčších výrobcov digitálnych planetárií na svete, ktorí poctili svojou návštevou tohtoročný Astrofilm.

Stalo sa tradíciou, že úvodné slovo na Astrofilme patrí osobnosti z oblasti astronómie. Tento rok bol venovaný nášmu blízkemu vesmíru, ktorý predstavil moderovanou prednáškou RNDr. Juraj Tóth, PhD. Jeho prednáška bola zameraná na možné vesmírne kolízie planét a asteroidov. Po jeho prednáške sa dostal na rad film s podobnou tematikou, ktorý bol ocenený na Astrofime 2011 – *Hrozba z nebies*. Záver večera patril milovníkom sci-fi, ktorí si mohli pozrieť film *Star Trek: Do temnoty 3D*.

Po minulé ročníky Astrofilmu sa veľkej obľube tešili verejné pozorovania nočnej aj dennej oblohy ďalekohľadmi. Počasie však tento rok outdoorovým aktivitám neprialo, počas konania Astrofilmu bolo zamračené, tak azda na budúci rok si prídu na svoje aj milovníci astronomických pozorovaní.

Oproti minulým rokom sme zaznamenali mierny úbytok súťažných filmov. Tento rok sa do súťažnej sekcie prihlásili len autori zo Slovenska. Projekcia súťažných filmov bola realizovaná trikrát, vo štvrtok dopoludnia pre školy a vo štvrtok a piatok pre širokú verejnosť. Cenu diváka si tento rok odniesol autor Martin Huba z Krajskej hvezdárne a planetária Žiar nad Hronom za film *Mesiac v mýtoch a skutočnosti – v znamení mesačného králika*. Cenu primátora získal film *Slnečná sústava* Viliama Kolivošku z Krajskej hvezdárne a planetária v Prešove.

Návštevníkov Astrofilmu zaujal blok prednášok o výskume Marsu, kde Mgr. Martin Hajduch, PhD., porozprával o adaptácii rastlín na radiáciu v Černobyle v súvislosti s prípravou na osídľovanie Marsu. Následne prof. RNDr. Jozef Masarik, DrSc., príťažlivou formou predstavil práce na výskume Marsu, ktorých sa aj osobne zúčastňoval na pracoviskách NASA. Večer ukončil Mgr. Karol Petrík multimediálnym programom *Laboratórium Zem*.

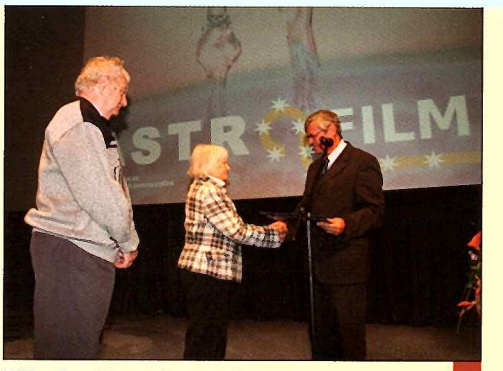
Novinkou tohtoročného Astrofilmu bola ponuka na spoluprácu zo strany Auparku. V priestoroch ich obchodného centra v Piešťanoch boli nainštalované výstavy o kozmonautike *Vesmírne observatóriá* a *Pozvali nás do vesmíru* Valentína Korínka, z Hvezdárne v Partizánskom a *výstava modelov kozmických sond* RNDr. Ján Mäsiara z Krajskej hvezdárne v Žiline – Kysuckej hvezdárne v Kysuckom Novom Meste a multimediálna *výstava víťazných prác súťaže Astrofoto*. Úspešná bola aj prednáška Mgr. Stanislava Kanianskeho *Expedícia Zodiak* o expedícii na juhoamerické observatóriá a sledovaní zodiakálneho svetla na púšti Atakama v Južnej Amerike.

Vzhľadom na to, že autorom po minulé roky chýbala spätná väzba na ich tvorbu, pokúsili sme sa tento nedostatok napraviť. Na piatok 11. októbra 2013 sme pripravili workshop, ktorý bol venovaný tvorbe dokumentárnych filmov. Viedla ho doc. Mgr. Ingrid Mayerová, ArtD., vedúca Ateliéru dokumentárnej tvorby na VŠMU v Bratislave. Účastníkov oboznámila so základmi dokumentárnej tvorby, vzťahu medzi autorom, dielom a divákom. Taktiež z pohľadu profesionálneho tvorcu zhodnotila jednotlivé súťažné filmy. Počas workshopu predstavila firma Inove, s. r. o., produkty z oblasti počítačového modelovania Slnečnej sústavy.

Záverečný ceremoniál bol ovplyvnený nepriaznivým počasím, čo sa odrazilo na nižšom záujme zo strany verejnosti. Záverečný koncert sa potom už niesol v komornej atmosfére, čo však nijako neubralo na kvalite predvedenej hudobno-vizuálnej produkcie zoskupení Tattooed Meteor a Psychedelic Cirkus.

Siedmy ročník Astrofilmu môžeme hodnotiť ako úspešný, celkovo jednotlivé podujatia vrátane výstav videlo vyše 1 000 ľudí. Na jeho úspechu sa podieľali organizátori zo Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove, mesta Piešťany a Mestského kultúrneho strediska Piešťany. Poďakovanie patrí firme Tromf, ktorá sa už tradične podieľa na organizovaní festivalu, sponzorovi úvodného večera firme Future Technology System s. r. o., firmám Nowatron Elektronik a Mapcards.net, ktoré poskytli vecné dary pre účinkujúcich, firme SES Global Access Services za zapožičanie náučných filmov o satelitnom vysielaní. Ostáva veriť, že nám okolnosti umožnia aj budúci rok priniesť do Piešťan prostredníctvom Astrofilmu ešte zaujímavejší a atraktívnejší program.

Marián Vidovenec



RNDr. Pavol Rapavý odovzdáva ocenenie Antónii a Ladislavovi Oravcovcom. Foto: Viera Dusíkuvá

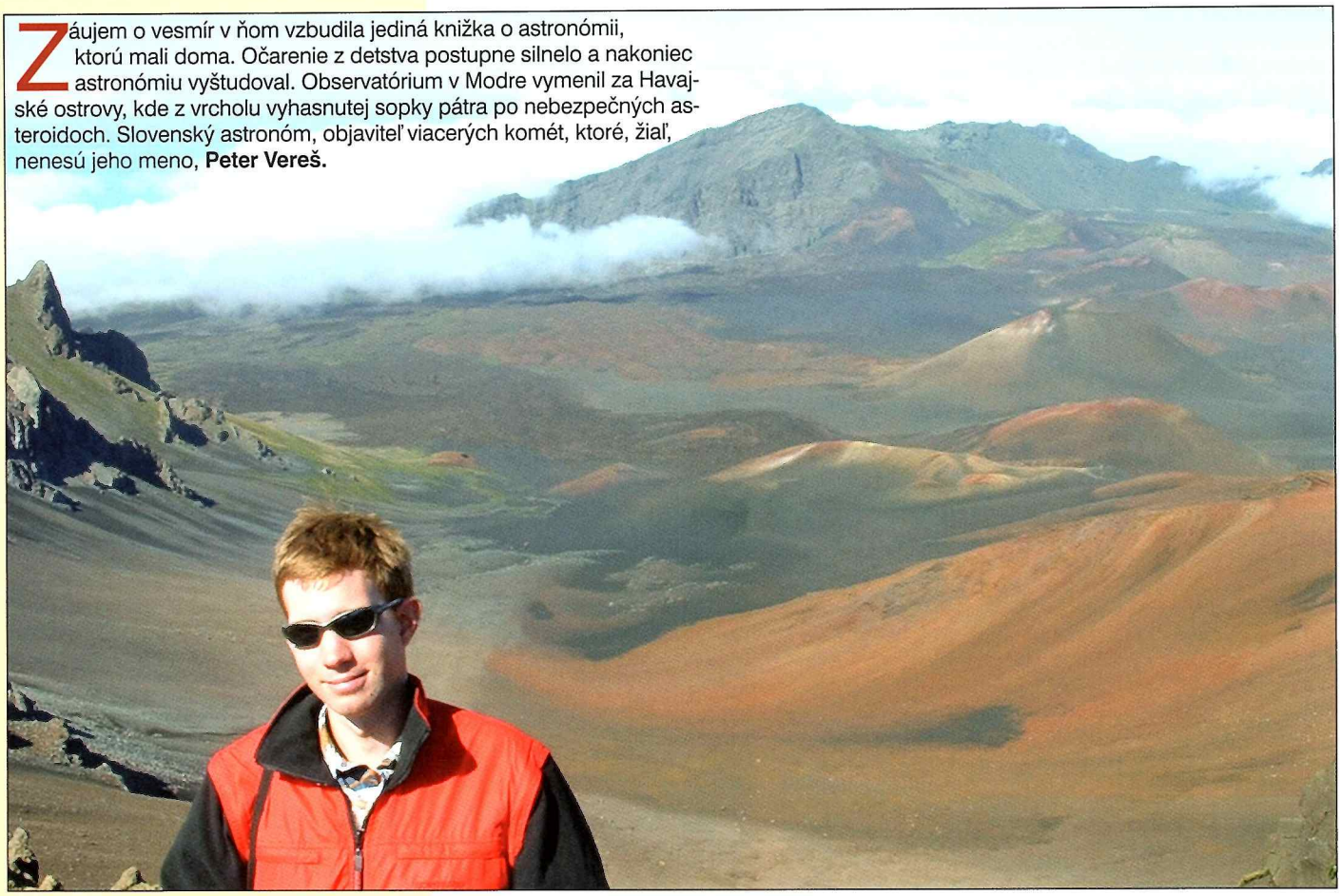
RNDr. Juraj Tóth, PhD. a Marek Makara počas prednášky o hviezdnych kolíziách. Foto: Viera Dusíkuvá

RNDr. Daniela Rapavá predstavuje jednotlivé práce svojej výstavy.

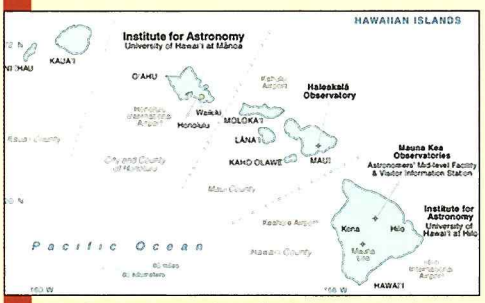
Prednáška Mgr. Stanislava Kanianskeho v Auparku v Piešťanoch. Foto: Viera Dusíkuvá

Lovec nebezpečných asteroidov

Záujem o vesmír v ňom vzbudila jediná knižka o astronómii, ktorú mali doma. Očarenie z detstva postupne silnelo a nakoniec astronómiu vyštudoval. Observatórium v Modre vymenil za Havajské ostrovy, kde z vrcholu vyhasnutej sopky pátra po nebezpečných asteroidoch. Slovenský astronóm, objaviteľ viacerých komét, ktoré, žiaľ, nenesú jeho meno, **Peter Vereš.**



Peter Vereš na vrchole sopky Haleakala.
Foto: archív P. Vereš



Mapka astronomických inštitúcií na Havajských ostrovoch.
Foto: Institute of Astronomy, University of Hawaii

Observatórium AGO Modra. Foto: P. Vereš

Pracuješ na Astronomickom ústave University of Hawaii v Honolulu, kde sa venuješ výskumu asteroidov, čo je nepochybne práca snov mnohých astronómov. Každá cesta však má svoj začiatok. Aké bolo tvoje prvé stretnutie s astronómiou?

Nepamätám si to presne, mohol som mať asi sedem rokov. Ale spomínam si, že som bol chorý. Bola neskorá jeseň či skorá jar, pretože bola tma a ešte nedávali večerné správy v televízii. Samozrejme, že som bol znudený, čo je pre dieťa v takom stave normálne. Otec sa pokúšal zahnať moju nudu knihami z vrchnej police našej knižnice, kde sa nachádzali objemné encyklopédie. V ten večer som dostal do rúk knihu, ktorá pravdepodobne zmenila môj život. *Obloha na dlani* od autorov Eduarda Pitticha a Dušana Kalmančoka bola prvou knihou o astronómii, ktorú som čítal, a jediná, ktorú sme o astronómii doma mali. Hoci som v tom veku mnoho vecí z knihy nechápal, zaujala ma a začal som zisťovať, čo všetky tie neznáme slovíčka o vesmíre znamenajú.

Väčšina profesionálnych astronómov začína ako amatéri, ako to bolo u teba?

Okrem binokulára sme doma iný astronomický ďalekohľad nemali. Môj otec zostrojil jednoduchý teleskop z papierovej trubice a dioptrických šošoviek, ktorým som pozoroval Mesiac. Našťastie v Žiline, v mojom rodnom meste, bola hvezdáreň, ktorú som začal navštevovať. Tam som mal možnosť pozorovať oblohu cez väčší ďalekohľad. Postupne som si zháňal knihy o astronómii a túžil na vlastné oči vidieť všetky tie objekty, o ktorých som čítal. Často som žiadal nasmerovať ďalekohľad na cieľ, ktorý bežne návštevníkom neukazovali. Neskôr som si zohnal použitý okulár, ktorý sa hodil k 70-mm objektívu zo sovietskeho fotoaparátu. Túto skladačku som pripevnil na požičaný drevený stojan a takto som trávil mnoho času pozorovaním oblohy.

Počas stredoškolského štúdia som začal vizuálne pozorovať meteory a zúčastnil som sa na niekoľkých meteorických výpravách. Meteory sa stali tiež témou mojej práce v SOČ, s ktorou som sa dostal až do celoštátneho finále súťaže. Odvtedy som sa zameral na blízkozemské telesá – asteroidy, kométy a medziplanetárny „odpad", ktorý tieto objekty po sebe zanechávajú.

Mnohí z tých, čo nakoniec na profesionálnu dráhu astronóma nevykročili a uprednostnili inú kariéru, mali obavy z uplatnenia po skončení štúdia, prípadne dali prednosť finančne lepšie ohodnoteným povolaniam. Nemal si podobnú dilemu?

Kompromis medzi výškou platu a vedeckou kariérou v astronómii je evidentný a existuje aj v krajinách, akými sú Spojené štáty americké. Dilema je tam vždy, a ani ja som zatiaľ nevylúčil možnosť, že kariéru vedca vymením za niečo iné. Obzvlášť v súčasnosti, keď sa súkromné spoločnosti začínajú zaoberať komerčnými letmi do vesmíru, výskumom asteroidov a ťažbou nerastných surovín z nich. Ale nikdy som neoľutoval svoje rozhodnutie pre akademickú dráhu. Dokonca mi to dáva veľmi dobrú

z vrcholu vyhasnutej sopky

šancu získať skvelú prácu v priemysle alebo v súkromnom sektore. Na druhej strane, vedecká práca mi dáva viac voľnosti a nezávislosti a taktiež šancu podieľať sa na vzdelávaní budúcich vedcov.

Neuvažoval si o inej profesii?

Počas štúdia na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského (FMFI UK) v Bratislave som zvažoval aj prácu v iných oblastiach. Hoci astronómia bola hlavným dôvodom, prečo som sa zapísal na túto fakultu, lákali ma aj ďalšie oblasti. Uvažoval som o jadrovej fyzike, geofyzike, meteorológii a neskôr som zistil, že experimentálna fyzika a fyzika kondenzovaných látok predstavujú veľmi užitočný odbor, cez ktorý sa dá ľahko uplatniť v priemysle ako vysoko kvalifikovaný odborník. Tiež som si zvolil prednášky z ekonómie, aby som získal základy z inej oblasti a rozšíril svoje obzory. Dokonca som takmer rok pracoval pre softvérovú spoločnosť. Neskôr som dostal pracovnú ponuku pre manažéra grantových projektov, ktorú som však odmietol.

Akú si mal predstavu o práci astronóma v čase, keď si sa rozhodoval pre budúce povolanie?

Mal som dve odlišné predstavy o práci astronóma – prvá ako pozorovateľ: vedec, ktorý pozoruje nočnú oblohu cez ďalekohľad, analyzuje dáta, objavuje nové objekty. Druhá predstava bola o teoretickom fyzikovi, ktorý analýzou napozorovaných dát mení či zdokonaľuje existujúce teórie a hypotézy. Vždy som túžil po kombinácii pozorovania a následného vysvetlenia pozorovaného javu teóriou. A v ideálnom prípade využiť vlastné pozorovania na charakteristiku pozorovaných objektov a vytváranie nových teórií.

V skutočnosti to bolo počas môjho štúdia iné – prednášky boli zamerané na teóriu s minimom praktických pozorovaní, často zastarané a nevenovali sa najnovším objavom. Je jasné, že pred samotným pozorovaním potrebujete získať teoretické základy, predovšetkým z vyššej matematiky, fyziky, programovania, astronómie a astrofyziky. Povedal by som, že na Slovensku je štúdium astronómie zamerané najmä na teóriu a chýba praktická astronómia.

V západných krajinách majú študenti prístup k výkonným astronomickým prístrojom, a dokonca pozorujú s najväčšími ďalekohľadmi, môžu sa podieľať na vedeckom výskume s kolegami a s uznávanými vedcami. Na druhej strane im však môžu chýbať vedomosti, ktoré na Slovensku získame štúdiom teórie. Preto som bol nesmierne šťastný, že som počas svojho doktorandského štúdia mohol dva roky pracovať na Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu Univerzity Komenského v Modre (AGO) ako pravidelný pozorovateľ a zároveň dokončovať svoju dizertačnú prácu. Na rozdiel od väčšiny spolužiakov som takto získal cennú pozorovateľskú prax.

V roku 2006 si obhájil diplomovú prácu a následne si pokračoval v doktorandskom štúdiu. Medzitým, ešte ako VŠ študent, si sa zúčastnil na konferencii vo Viedni venovanej výskumu asteroidov a komét. Bola to tvoja prvá účasť na medzinárodnom fóre?

MACE bola relatívne malá konferencia poloprofesionálnych a profesionálnych astronómov z Európy. Bola venovaná malým telesám Slnečnej sústavy. Pre mňa to bola prvá účasť na takomto podujatí, a hneď som tam mal prednášku, kde som odprezentoval výsledky svojej diplomovej práce.

Bol som medzi prvými študentmi astronómie na FMFI UK, ktorý chcel ísť niekam von, robiť niečo zaujímavé, prezentovať a podobne. Dovtedy sa slovenskí študenti prakticky vôbec nevysielali na konferencie. Asi som mal šťastie na mladých kolegov, ktorí mi dovolili „vystrčiť rožky" a zapliesť sa medzi „pánov profesorov".

Čo ti účasť na konferencii dala?

Účasť na konferenciách dáva možnosť stretnúť osobne ľudí, ktorých mená poznáš z článkov, máš možnosť sa s nimi porozprávať, popýtať sa, či len počúvať ich debaty. Takéto rozhovory možno oceníš neskôr, pretože nikdy nevieš, kedy dostaneš nový nápad práve vďaka takejto diskusii. Na konferenciách často vznikajú priateľstvá, nadväzuje sa medzinárodná spolupráca, môžu takto vzniknúť zárodky budúcich spoločných projektov.

Popri výskumnej práci si sa venoval aj prekladateľskej činnosti – preložil si z angličtiny do slovenského jazyka niekoľko kníh. Ako si sa k tomu dostal?

Spýtali sa ma, či by som nemal záujem o preklad populárnej knihy pre deti. Súhlasil som. Chcel som novú skúsenosť a oceňoval som to, že knihy a texty o vede a vesmíre sú prekladané, alebo aspoň konzultované s odborníkmi. Pretože nie je podstatné, aký si dobrý prekladateľ, bez dobrej znalosti odboru mechanický preklad nemusí byť správny a výsledkom môže byť úplný nezmysel. Vôbec to nie je ľahká práca. Musíš nielen preložiť slovíčka, ale vytvoriť zmysluplné vety a frázy.

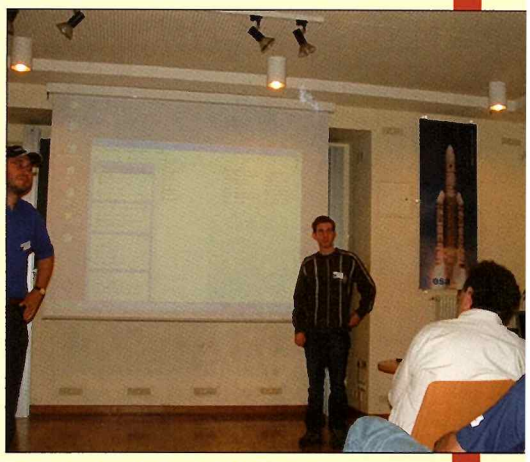
To si vyžaduje dobré ovládanie angličtiny. K takej jazykovej zdatnosti nepostačuje zopár vyučovacích hodín v škole. Ako si sa dopracoval na takú vysokú úroveň?

Angličtinu som sa učil od 9 rokov. Avšak ako dieťa som nemal kvalitných učiteľov ani rodených Angličanov. Aj keď sme vedeli gramatiku a trocha štylistiku, nemali sme takmer žiadnu skúsenosť s konverzáciou, čítaním anglických kníh, či počúvaním rozhlasu alebo pozeraním filmov. Dnes si myslím, že všetky tieto možnosti sú k dispozícii a je oveľa ľahšie naučiť sa cudzí jazyk. Pre mňa bolo najlepšou školou čítanie vedeckých článkov v angličtine, cestovanie po svete, účasť na konferenciách, prednášanie a niekoľkomesačné (neskôr niekoľkoročné) pobyty v zahraničí.

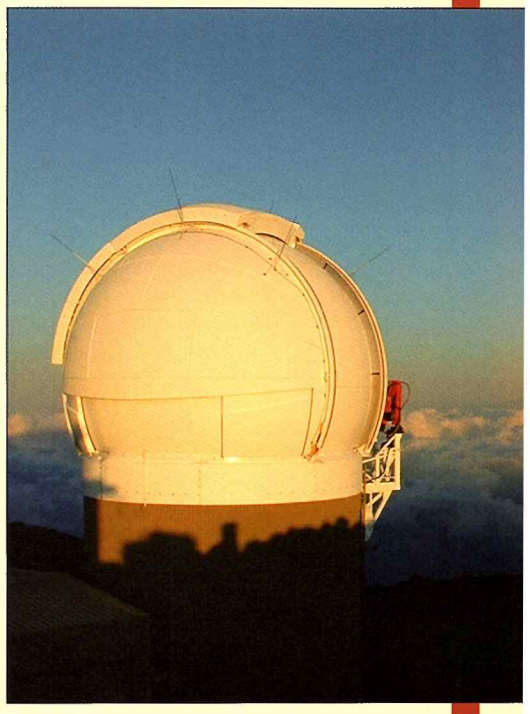
V roku 2010 si bol v tíme, ktorý hľadal a našiel úlomky meteoritu Košice. Jedným z nálezcov si bol aj ty. Aký to bol pocit držať v ruke kúsok kameňa, ktorý donedávna krúžil vo vesmíre?

Počas výskumu na Univerzite Komenského, pri písaní diplomovky a dizertačnej práce, náš tím vyvinul celooblohovú komoru na sledovanie meteorov a následné výpočty dráh. V súčasnosti systém pozostáva z troch staníc. Navyše za predpokladu, že zostatková hmotnosť meteoroidu nie je nulová, dokáže tento systém fyzikálnymi a dráhovými

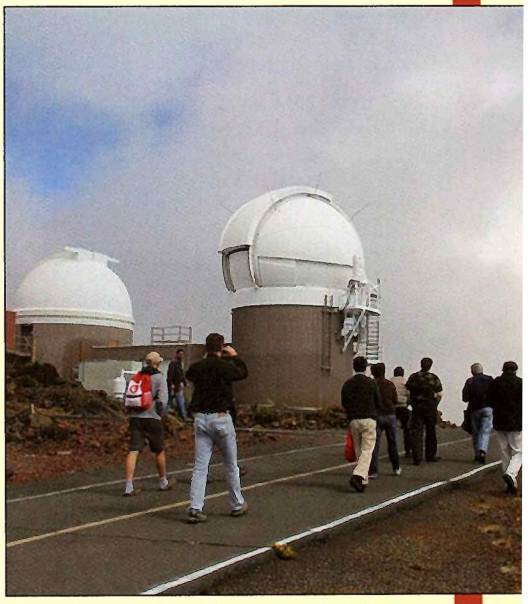
⇨⇨



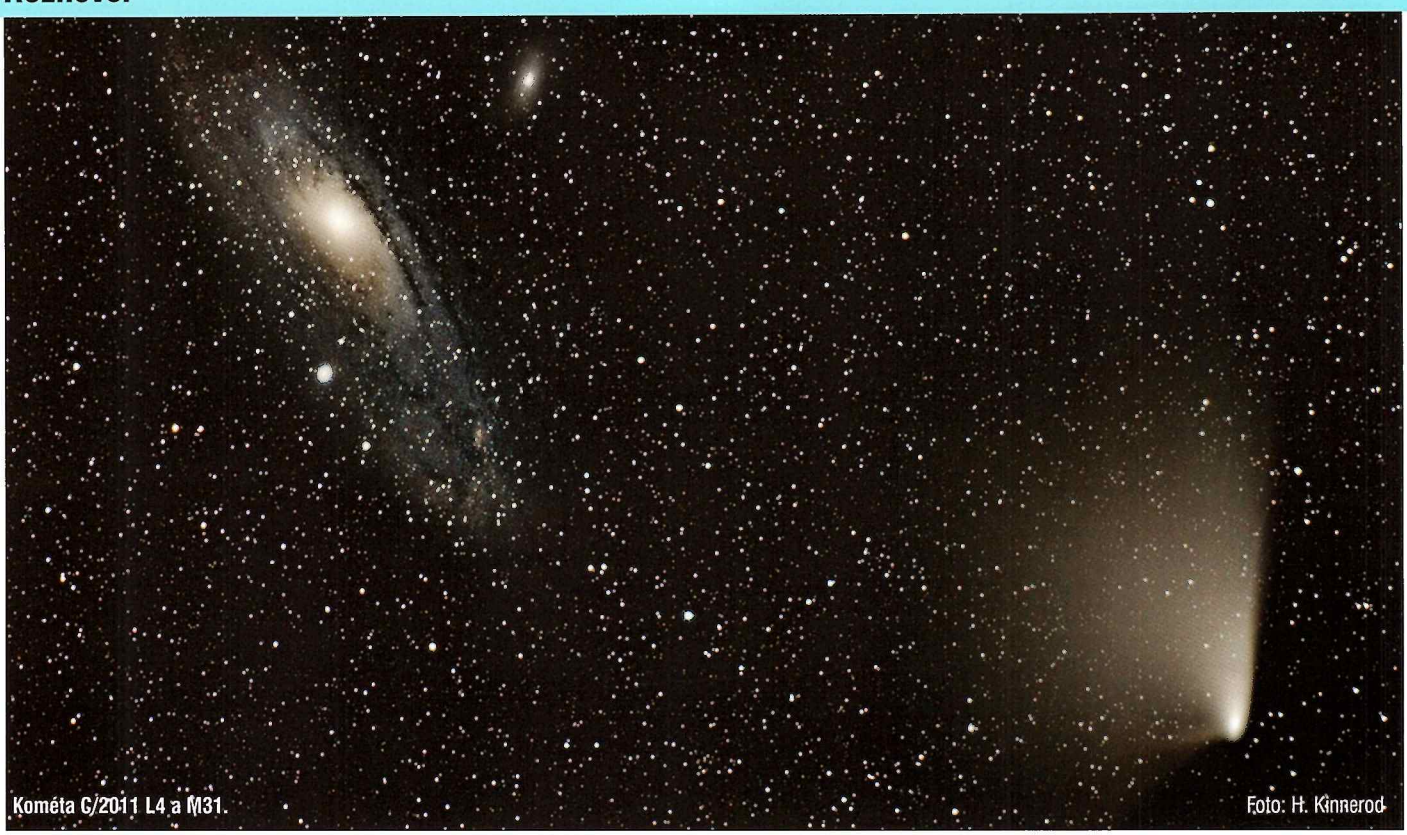
Peter Vereš na konferencii MACE 2006.
Foto: archív P. Vereš



Pan-STARRS observatórium PS1 nad oblakmi.
Foto: P. Vereš



PS1 a PS2 + návštevníci. Foto: D. P. Finkbeiner



Kométa C/2011 L4 a M31. Foto: H. Kinnerod

charakteristikami priniesť zásadné informácie o pozorovanom telese. V posledných rokoch bolo zaznamenených niekoľko pádov na Slovensku, avšak všetky boli nedostatočne hmotné, od niekoľkých gramov po stovky gramov, všetky s predpokladaným dopadom do zložitého terénu. Zorganizovali sme pátracie expedície, žiaľ, neboli úspešné.

Okrem výnimočného pádu pri Košiciach, kde zostatková hmotnosť bola o rád vyššia, ako sme boli zvyknutí, a dopadová oblasť bola pomerne veľká, v relatívne dostupnom teréne. Bola to výborná skúsenosť a úspech, keď ja sám som našiel tri malé úlomky. S nájdenými úlomkami sme narábali veľmi opatrne, v rukaviciach, uložili ich do plastových vreciek a uskladnili v suchom prostredí. Snažili sme sa nepoškodiť čerstvo spečený povrch fragmentov. Nálezy meteoritov krátko po páde sú veľmi zriedkavé – v čase tohto dopadu iba 14 meteoritov v histórii bolo nájdených na základe pozorovanej dráhy v atmosfére s následným výpočtom dráhy telesa. Takéto nálezy nie sú kontaminované mikroorganizmami, poškodené pozemským počasím a radiáciou a poskytujú nám vzorku pôvodného materiálu, z ktorého vznikla Slnečná sústava.

Od leta 2011 si na postdoktorandskom pobyte na Havajských ostrovoch, kde pracuješ s najmodernejšou generáciou teleskopov Pan-STARRS. Ale už v roku 2008 si tam pobudol pol roka. Ako si sa tam dostal?

Počas postgraduálneho štúdia som aktívne hľadal možnosti získania zahraničnej praxe a pátral po nadchádzajúcich konferenciách. To, čo bolo celkom bežné a žiaduce v západných krajinách, bolo na Slovensku novinkou – študent dostal šancu ísť na zahraničný pobyt alebo zúčastniť sa na medzinárodnej konferencii len výnimočne. Bol som dostatočne aktívny a zároveň mal aj šťastie – získal som financie a zúčastnil sa niekoľkých krátkodobých pobytov na astronomických pracoviskách v Taliansku a Japonsku, a tiež som prezentoval svoje výsledky na konferenciách. V roku 2008 som získal grant zo SAIA na šesťmesačnú stáž na Astronomickom ústave University of Hawaii, USA.

V tom čase tam pracovali na vývoji Pan-STARRS ďalekohľadu a keďže moja diplomová práca sa venovala návrhu jednoduchého systému na objavovanie asteroidov v blízkom okolí Zeme, práca s najväčším prehliadkovým prístrojom sveta bola výzva. Na Havaji som vytvoril simuláciu, ako by mohol Pan-STARRS objavovať impaktory, a publikoval som článok, ktorý sa neskôr stal súčasťou mojej dizertačnej práce. Po získaní doktorátu na Slovensku a takmer roku pôsobenia na univerzite v Bratislave som sa rozhodol hľadať prácu v zahraničí. Práve vtedy sa objavila voľná pracovná pozícia na University of Hawaii, opäť u Pan-STARSS, v oblasti výskumu malých telies Slnečnej sústavy. Bola to perfektná zhoda ponuky a mojej predstavy – práca v rovnakom tíme, s tým istým prístrojom, s ktorým som už mal skúsenosť.

Pamätáš si na prvý pohľad na južnú oblohu?

V skutočnosti som južnú oblohu v plnej kráse doteraz nevidel. Najjužnejšie položené miesto na Zemi, na ktoré som sa dostal, sú Havajské ostrovy, ktoré sa nachádzajú len mierne pod obratníkom Raka. Odtiaľto vidieť celé súhvezdie Škorpióna, Južný kríž, či Centaurus. Prvý krát to bolo v roku 2008. Ale pamätám si na pocit, keď na pravé poludnie bolo Slnko priamo nad hlavou a pritom nikde žiadny tieň!

Čo je hlavnou náplňou tvojej práce?

Mojou úlohou bolo zdokonaliť identifikáciu stôp, ktoré na snímkach Pan-STARRS zanechávajú blízkozemské asteroidy, a vytvoriť detekčný softvér. Istý čas som sa zaoberal fotometriou pozorovaných asteroidov a komét. Medzitým som sa stal členom objaviteľského tímu asteroidov a komét. Doteraz sme objavili vyše 600 blízkozemských asteroidov, 38 komét a viac než 10 000 planétok hlavného pásu. V súčasnosti využívam fotometrické údaje z našich pozorovaní (ktoré sú najkvalitnejšie čo do presnosti zo všetkých súčasných i minulých prehliadok) na presnejšie stanovenie veľkostí známych asteroidov a ich parametra G.

Ako vyzerá tvoj bežný pracovný deň?

Ráno zvyčajne skontrolujem čerstvé údaje z ďalekohľadu Pan-STARRS a hľadám nové blízkozemské objekty. Proces je prevažne automatizovaný, avšak ľudská spoluúčasť je stále potrebná. Ak zistíme nového kandidáta, zasielame údaje na web stránku MPC (Minor Planet Center), kde sa potvrdzujú NEO objekty a čakáme na potvrdenie objavu z ďalších observatórií. Vďaka teleskopom CFHT (Canada-France-Hawaii Telescope) a UH2.2 (Univesrity of Hawaii 2.2.-meter Telescope) na Mauna Kea máme aj vlastné kapacity na potvrdzovanie objavov. Ale kvôli počasiu a technickým problémom nedokážeme v každom prípade robiť následné pozorovania a sme vždy vďační za pomoc ďalších pozorovateľov. A občas sa stáva, že nové telesá sú príliš slabé, a teda mimo dosahu iných teleskopov, a objekty strácame.

Zvyšný pracovný čas sa stretávam s kolegami, preberáme aktuálne otázky, ktoré máme pri písaní vedeckých článkov. Keďže pracujem na jednom z najväčších astronomických ústavov sveta, vždy sú tu nejaké konferencie, prednášky a prezentácie študentov, na ktorých sa zúčastňujem. Z času na čas cestujem na konferencie, kde prezentujem výsledky svojej práce.

Hovoríš, že pozorovania vyhodnocuje softvér, ten však zrejme nezachytí všetky objekty. Počas jednej noci sa získajú tisícky CCD záberov, čo nie je možné prezrieť vizuálne. Nemohli by tu podať pomocnú ruku amatéri a hľadať objekty, ktoré automatický systém prehliadol?

Skutočne, detekčný systém Pan-STARRS chrlí milióny detekcií každú noc. Tie zahŕňajú aj falošné identifikácie ako difrakčné hroty, kozmický šum a záblesky, ktoré sa objavia v našej optickej zostave s veľkým zorným poľom. Samotná kamera je zložená zo 64×64 CCD čipov, každá s rozmermi 600×600 pixelov. Preto je konečný obraz zloženou mozaikou, pričom medzery medzi jednotlivými čipmi znižujú efektívnu plochu zorného poľa. Pohybujúce sa telesá sú vyhodnocované pomocou tzv. Moving Object Processing Pipeline, ktorý je veľmi efektívny pri spájaní jednotlivých pozorovaní ako

aj pri identifikácii známych objektov. Kvôli veľkému počtu falošných detekcií má systém viacero kontrolných mechanizmov.

Vycvičené ľudské oko však stále dokáže identifikovať aj slabšie objekty ako počítač. Pri pozorovaní v okolí opozície počas jednej hodiny zvyčajne zachytíme do 10 000 asteroidov. Ak pozorujeme v rámci programu „Prehliadky Slnečnej sústavy", z každých 20 políčok jedno políčko dáme k dispozícii na vizuálnu kontrolu študentom stredných škôl v rámci programu International Astronomical Search Collaboration (IASC), kde môžu hľadať asteroidy, ktoré náš softvér nenašiel. V súčasnosti napozorované nespracované dáta a ani ďalšie dátové výstupy nezverejňujeme, ale predpokladám, že v budúcnosti bude obrovský archív pozorovaní Pan-STARRS voľne prístupný na prehľadávanie.

Pracovisko máš v Honolulu, v hlavnom meste Havajských ostrovov, a samotné observatórium Pan-STARRS sa nachádza na ostrove Maui, na vrchole vulkánu Haleakala. A na susednom ostrove Hawaii, na ďalšom vulkáne Mauna Kea, sa nachádza hneď viacero observatórií. Sú tieto výlučne vyhradené pre vedcov, alebo sú prístupné i pre turistov?

Observatóriá na vrcholoch Maui a Hawaii sú výlučne profesionálne. Prístroje patria medzi najväčšie a najdrahšie na svete. Ich výstavbu vždy financovalo viacero inštitúcií či štátov. Pretože pozorovacie podmienky sú tam vynikajúce a počet fotometrických nocí počas roka vysoký, počas noci nie je žiaduce, aby sa v okolí observatórií pohybovali ľudia alebo svietiace autá. Napriek tomu observatóriá na Mauna Kea je možné navštíviť vlastným terénnym autom. Každé popoludnie sa môžete pripojiť k astronómovi v základnom tábore, ktorý sprevádza návštevníkov a ukáže im zvnútra aspoň jedno observatórium. Základný tábor je na polceste k vrcholu sopky, v nadmorskej výške 2800 m a návštevníkom sa kvôli aklimatizácii odporúča ostať tam aspoň dve hodiny.

Okrem informačného centra s množstvom upomienkových predmetov, zameraných na astronómiu, sa tu každú noc stretáva niekoľko amatérskych astronómov, ktorí sledujú tmavú nočnú oblohu. Základný tábor tiež poskytuje ubytovacie kapacity pre technikov a pozorovateľov, kancelárie, jedáleň a spoločenské miestnosti. Paradoxne, voľným okom uvidí človek viac v základnom tábore ako z vrcholu Mauna Kea. V nadmorskej výške nad 4000 m už ľudské oko pociťuje nedostatok kyslíka a vidí omnoho horšie.

Na vrchol Haleakala vedie výborná spevnená cesta a je prístupný nonstop. Ide totiž o národný park. Observatóriá tam ale nemajú žiadne centrum pre návštevníkov a keďže sa tam nachádzajú aj vojenské objekty, pohyb v okolí observatórií je monitorovaný a určite uvidíte zákazové značky.

Keďže astronómia je v USA veľmi populárna, náš inštitút má neziskovú organizáciu Priatelia IfA (Friends of the Institute for Astronomy), ktorá príspevkami sponzoruje študentov a rôzne aktivity pre verejnosť. Ako odmenu pre našich sponzorov robíme exkluzívne exkurzie na vybrané observatóriá a pozorovania nočnej oblohy. Aj to je jedna z možností, ako sa dostať hore a dotknúť Kecku, Subaru alebo Gemini na Mauna Kea.

V roku 2013 mal byť podľa pôvodných plánov spustený do prevádzky aj druhý teleskop PS2. Bude to tak a dočkáme sa vybudovania všetkých 4 teleskopov?

V polovici júla uzrel prvé svetlo aj teleskop Pan-STARRS2. Ďalekohľad je postavený a pripravený na prácu. Predpokladám, že to potrvá pol roka až rok, kým nabehne na plnú prevádzku. Ďalekohľady PS1 a PS2 sú samostatné a identické teleskopy, postavené v samostatných kupolách, vedľa seba. Hoci pôvodný plán bol otestovať novú technológiu na jednom teleskope a postaviť 4 takéto prístroje na Mauna Kea, ale kvôli súčasnému kráteniu rozpočtu a existujúcej konkurencii (LSST a 30-m teleskop) si nemyslím, že sa štyri Pan-STARRS teleskopy na jednej montáži stanú realitou. Jedine, ak by LSST alebo 30-m teleskop neboli realizované v horizonte 10 rokov.

Od roku 2012 je Pan-STARRS na čele rebríčka v počte objavov blízkozemských objektov. Nedávno PS1 objavil 10 000-ci blízkozemský asteroid, ktorý dostal označenie 2013 MZ5. Podieľal si sa na tomto objave?

Asteroid 2013 MZ5 nahlásil môj kolega Bryce Bolin. Kvôli veľkému objemu dát máme rozdelenú prácu medzi niekoľkých, ktorí ráno kontrolujú napozorované dáta. Teleso 2013 MZ5 sa ukázalo ako klasický asteroid typu Amor, nič, čo by bolo pre nás obzvlášť zaujímavé. Pohyboval sa takmer priamo zo severu na juh v relatívne nízkej deklinácii (–26 stupňov) blízko opozície. V čase objavu mal jasnosť +21 mag a bol zachytený na 4 snímkach v rozpätí jednej hodiny.

Ktorý z objavov Pan-STARRS považuješ za najzaujímavejší objekt?

Pre verejnosť bola doteraz najzaujímavejším objektom kométa C/2011 L4 Pan-STARRS, ktorá bola viditeľná voľným okom. Mohli sme mať aj kométu C/2012 S1 ISON, avšak našli sme ju neskôr na predobjavových snímkach. Z môjho pohľadu sú zaujímavé objekty tie, ktoré sa tesne približujú k Zemi, Kentaury a TNO objekty. Pátrame aj po čerstvých zrážkach medzi asteroidmi (doteraz sme žiadnu takúto udalosť nepozorovali). Okrem toho Pan-STARRS objavil množstvo hnedých trpaslíkov a pozoroval exoplanéty či gravitačné šošovky vo vzdialenom vesmíre.

Začiatkom marca, keď sa kométa C/2011 L4 Pan-STARRS prehupla na severnú oblohu, mnohí sa ju snažili pozorovať. Na južnej pologuli ste mali túto výhodu skôr, podarilo sa ti vidieť kométu na vlastné oči?

Kométu Pan-STARRS som videl na vlastné oči, keď sa stala viditeľná na večernej oblohe na Havaji. Pre verejnosť sme urobili večerné pozorovanie na pláži – prišlo takmer tisíc ľudí a kométu krátko po západe Slnka sme mohli vidieť aj my. Hoci bola viditeľná voľným okom, nadšení z nej boli asi iba astronómovia. Omnoho väčšie divadlo očakávame od kométy C/2012 S1 ISON. Ale aj tak bolo zaujímavé pozorovať bez ďalekohľadu objekt, ktorý sme my, ako prví ľudia vôbec, videli viac než o rok skôr ako malú bodku s komou na CCD snímkach.

Vlani rozšíril zoznam objaviteľov komét zo Slovenska amatérsky astronóm Tomáš Vorobjov, máme nádej, že raz pribudne i kométa Vereš?

To nie. Pan-STARRS je obrovský projekt a preto objavový kredit získava tím, nie jednotlivec. Objavil som viacero komét, avšak všetky takto nádejné kométy sú pomenované podľa názvu projektu ako Pan-STARRS (podobne ako SOHO či Catalina). Inak, počet „novoobjavených" komét, ktoré by mohli mať moje meno, je 14, ďalej mám na „konte" 94 objavených blízkozemských objektov a 4910 ďalších asteroidov.

Naša planéta je z vesmíru neustále bombardovaná. Kým tie najmenšie čiastočky nám prinášajú estetický zážitok v podobe meteorov a bolidov, väčšie telesá už môžu znamenať lokálnu, ba až globálnu katastrofu. Na výskum takýchto nebezpečných objektov vznikol na Univerzite Komenského v Bratislave projekt ADAM (Automatic Detection of Asteroids and Meteorids). Zúčastnil si sa na vypracovaní projektu?

Autormi projektu sme vlastne dvaja – ja a Juraj Tóth. Pripravil som a vytvoril systém, ale nedokázal by som to bez skúseností na ozajstnom prehliadkovom ďalekohľade. Projekt je odlišný od existujúcich prehliadok – namiesto hľadania vzdialených objektov budeme pozorovať jasnejšie, ale bližšie telesá, pohybujúce sa v tesnom okolí Zeme. Nápad je pomerne starý, Juraj Tóth s ním prišiel pred 10 rokmi a ja som bol jeho prvý študent, ktorý si zvolil za tému diplomovej práce hľadanie menších blízkozemských asteroidov. V tom čase bolo známych len niekoľko objektov tejto kategórie a všetko to boli náhodné objavy. Chceli sme ich cielene vyhľadávať a určiť veľkosť ich populácie. Pôvodný nápad sme veľmi nezmenili a hoci pracujem v tej istej oblasti, viac som sa venoval výskumu meteorov pochádzajúcich z asteroidov a neskôr prehliadke Pan-STARRS.

Európska vedecká rada, v ten istý deň ako zažiaril meteorit nad Čeľjabinskom, odmietla podporiť váš projekt. Aký bude ďalší osud tohto prehliadkového systému, ktorý by bol schopný zachytávať objekty unikajúce ostatným prehliadkam?

Naďalej hľadáme finančné zdroje a žiadame o granty. V porovnaní s existujúcimi prehliadkami, tento náš by bol rádovo lacnejší, ale stále by bol významný a schopný objavovať asteroidy a kométy, a taktiež by prinášal aj iné vedľajšie výsledky. Len čo sa nám podarí získať financie, začneme s realizáciou, zamestnáme ľudí, zakúpime prístroje a pripravíme samotné miesto na observatóriu AGO v Modre. Spolupracujem na podobnom projekte ATLAS, ktorý sa v súčasnosti vyvíja na astronomickom ústave Havajskej univerzity. Princíp ATLAS-u je veľmi podobný nášmu projektu a hoci vznikol neskôr, astronómovia dokázali získať zdroje na jeho vybudovanie oveľa rýchlejšie.

Svoju prednášku na spomínanej konferencii vo Viedni si ukončil výzvou „Nájdime ich!". Budeme môcť niekedy tvrdiť, že sa to podarilo a že nám nehrozí žiadna zrážka s telesom, ktoré by mohlo spôsobiť globálnu katastrofu?

Pravdepodobne nikdy. Dokážeme objaviť takmer všetky asteroidy do určitého rozmeru v nejakom časovom horizonte, ale vždy zostanú objekty skryté na špeciálnych dráhach, ktoré sa objavujú veľmi ťažko. V nasledujúcom desaťročí pribudnú teleskopy na obežnej dráhe okolo Zeme, alebo na obežnej dráhe okolo Slnka (v blízkosti dráhy Venuše) pátrajúc po asteroidoch, ktoré hravo predbehnú všetky pozemské prehliadky a rozšíria databázu NEO objektov. Nebezpečenstvo však bude naďalej hroziť od dlhoperiodických komét, ktoré objavujeme len niekoľko rokov pred ich priblížením k Zemi.

ŠTEFAN KÜRTI
Honolulu – Nové Zámky, 19. 8. 2013

•

Pre Kozmos píše Ján Svoreň

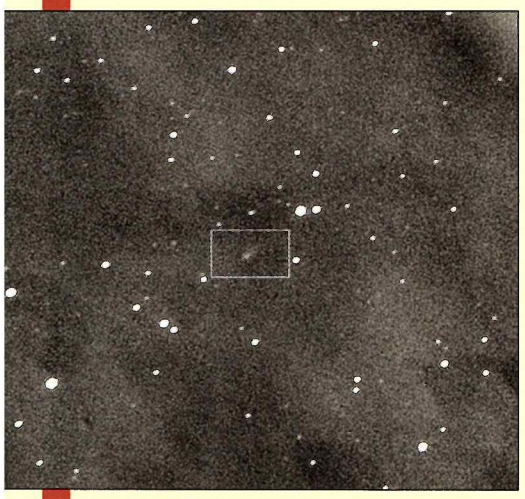
Kométa ISON ide do finále

Kométa ISON 8. októbra 2013. Foto: Dennis Whitmer, 35-cm Celestron

V Kozmose 1/2013 sme publikovali naše očakávania o veľmi jasnej kométe ISON, ktorú netrpezlivo očakávame koncom roka. V čísle 4 sme si priblížili vývoj od objavu do polovice roka 2013, keď sa kométa skryla v lúčoch Slnka a takmer na štvrťroka prestala byť zo Zeme pozorovateľná. Povedzme si teraz, aký je stav pred priblížením kométy k Slnku a ako sa zmenili naše očakávania. Nezmenilo sa to, že stále očakávame kométu, ktorá po prechode perihéliom 28. novembra nám pripraví nádherné vesmírne divadlo. Dnes už vieme, že kométa je približne o 2 magnitúdy slabšia, ako bola pôvodná predpoveď. To by ešte stále nebola žiadna katastrofa a finálová jazda v decembri a januári by stála za to. Môže sa však stať aj to, čo si nik z astronómov nechce pripustiť ani v zlom sne – kométa na svoje odvážne priblíženie k Slnku doplatí tak, že sa rozpadne na menšie časti, ktoré nemusia byť zo Zeme pozorovateľné nielen voľným okom, ale ani menšími ďalekohľadmi. V ďalšom sa budeme zaoberať len optimistickým variantom vývoja – kométa prechod perihéliom prežije a my uvidíme niečo, na čo budeme dlho spomínať.

Po období nepozorovateľnosti pre polohu na oblohe blízko k Slnku pozoroval kométu ISON ako prvý ráno 12. augusta 2013 amatérsky astronóm Bruce Gary z Herefordu v Arizone pomocou 28-centimetrového ďalekohľadu Celestron len 6 stupňov nad východným obzorom. Kométu nevidel očami, ale zaznamenal jej obraz naskladaním viacerých záberov CCD kamery. Zistil, že kométa ISON je o dve magnitúdy slabšia, než by mala byť podľa efemeridy. Takže je možné, že by sme mali naše očakávania na december a začiatok januára korigovať. Nemožno ani vylúčiť, že jasnosť vôbec nedosiahne hodnoty pozorovateľné voľným okom. Vzhľadom na nízku predvídateľnosť jasnosti komét môžu však optimisti stále dúfať aj v to, že uvidia kométu storočia.

Skúmaním jasnosti kométy ISON sa podrobne zaoberal známy kometárny fyzik Ignacio Ferrín z Kolumbie. Z jeho analýzy vyplýva, že kométa ISON sa chystá zoslabnúť alebo dokonca rozpadnúť.



Kométa ISON 12. augusta 2013.
Foto: Bruce Gary, 28-cm Celestron

Upravená efemerida kométy pre polnoc svetového času:

deň	rektascenzia	deklinácia	vzdialenosť od Zeme	vzdialenosť od Slnka	celková jasnosť
2013 11 07	11 47	+01 48	1,07	0,85	7,4
2013 11 12	12 25	–03 14	0,96	0,71	6,4
2013 11 17	13 13	–09 26	0,88	0,56	5,2
2013 11 22	14 16	–16 18	0,86	0,38	3,5
2013 11 27	15 35	–22 05	0,92	0,15	–0,4
2013 12 02	16 17	–11 59	0,83	0,22	1,2
2013 12 07	16 12	–02 39	0,69	0,44	3,6
2013 12 12	16 11	+07 30	0,58	0,60	4,6
2013 12 17	16 11	+19 54	0,50	0,75	5,3
2013 12 22	16 15	+35 16	0,45	0,88	5,7
2013 12 27	16 23	+52 59	0,43	1,01	6,2
2014 01 01	16 41	+70 38	0,45	1,12	6,8
2014 01 06	18 32	+85 10	0,51	1,24	7,4

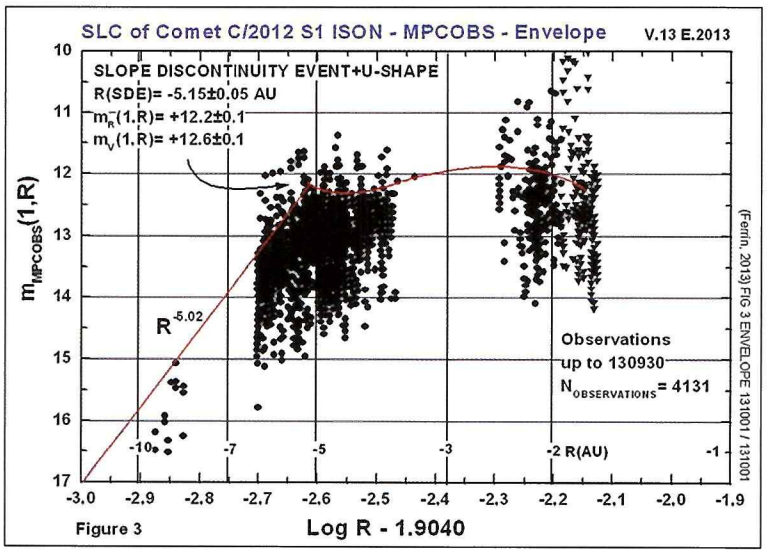


Figure 3

Obrázok (prevzatý z práce Ferrín I: Letter – The Impending Demise of Comet C/2012 S1 ISON) znázorňuje 4131 odhadov a meraní jasnosti kométy až do 30. septembra 2013. Magnitúdy sú opravené o vplyv geocentrickej vzdialenosti a redukované na Δ = 1 AU. Priebeh jasnosti odráža veľmi zvláštne správanie kométy ISON. Kométa ISON bola veľmi jasná vo vzdialenosti okolo 5,1 AU pred prechodom perihéliom. Horšie však je, že svetelná krivka sa splošťuje. Ak sa sploští, kométa nemôže byť jasná v blízkosti perihélia. Toto je podľa Ferrína hlavný zdroj očakávaných problémov s budúcim vývojom jasnosti.

Kométa ISON 10. októbra 2013.
Foto: Usa Slooh robotic telescope

Skúsme teraz ešte načrtnúť, aké dôsledky by mal pokles o 2 magnitúdy (kométa by žiarila asi 6-krát slabšie, než sme očakávali):

- Obdobie dobrej pozorovateľnosti. t.j. keď bude kométa jasnejšia ako 7^m, by sa skrátilo o 4 týždne z pôvodného intervalu (28. 10. 2013 – 18. 1. 2014) na interval 9. 11. 2013 – – 2. 1. 2014.
- Na posledné pozorovanie v súmraku pred priblížením k Slnku 20. 11. 2013 by bol potrebný malý ďalekohľad – pri jasnosti cca $4{,}5^m$ kométa nebude viditeľná v blízkosti Slnka voľným okom.
- 28. 11. 2013 prejde kométa popri Slnku pri jasnosti -11^m, pozorovateľná bude len v koronografoch.
- 29. 11. 2013 pri jasnosti -5^m až -3^m by ešte napriek tomu mohla byť viditeľná na dennej oblohe v blízkosti Slnka (jasnosť Venuše je v tomto intervale, a tá je cez deň pozorovateľná).
- Keďže zníženie jasnosti nemá, samozrejme, žiadny vplyv na dráhu, a teda ani na polohu na oblohe, od Vianoc do konca pozorovateľnosti malými ďalekohľadmi bude z našich zemepisných šírok cirkumpolárna, pričom 8. 1. 2014 prejde len 3° od Polárky.

Doc. RNDr. JÁN SVOREŇ, DrSc.
Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica

Vyzvednutí meteoritu z jezera

Potápěči konečně vyprostili z bahna jezera Čebarkul v Čeljabinské oblasti v Rusku meteorit, jehož vyzvednutí bylo dlouho očekáváno. Největší úlomek má totiž hmotnost přes půl tuny.

Vyzvednutí meteoritu je pověstným završením práce mimo jiné i českých astronomů Jiřího Borovičky a Pavla Spurného, kteří z pozorované dráhy tělesa na obloze určili, že největší úlomek by mohl mít velikost asi 0,5 metru a hmotnost mezi 200 až 500 kg. Meteorit vytvořil po dopadu v ledu jezera Čebarkul velkou díru.

Jak je patrné, meteorit je to skutečně impozantní. Co do velikosti by měl zřejmě patřit mezi deset největších meteoritů nalezených na Zemi. Protože se jedná o kamenný meteorit s malou příměsí železa, jeho hmotnost je výrazně nižší, než u velkých železných meteoritů. Přesto se mu podařilo odhadnout váhu, kterou měřili jeho hmotnost. Navíc z něj při vážení odpadly větší úlomky, takže kdoví, zda má pořád zbylý kus alespoň půl tuny. Poslední údaj, který byl na váze vidět, byl 570 kg.

Martin Gembec, astro.cz

ISON pri Marse

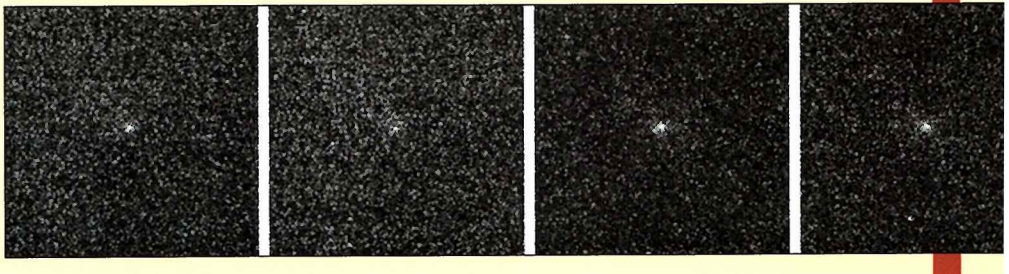
Kometa ISON se 1. října na cestě k Zemi a Slunce nejvíce přiblížila k planetě Mars, a to na 11,2 milionů kilometrů.

Bez ohledu na nynější „shutdown" federální vlády USA a vládních organizací všechny sondy NASA pracují normálně a Mars Reconnaissance Orbiter (na snímce), rovery Curiosity a Opportunity se pokoušely v posledních dnech získat co nejlepší snímky komety od Marsu.

První pozitivní detekci komety ISON získala kamera HiRISE na sondě Mars Reconnaissance Orbiter už 29. září 2013. Na snímcích o velikosti 256×256 pixelů kamera HiRISE zaznamenala kometu jako malou, leč nápadnou světlou skvrnu, pohybující se oproti okolním hvězdám. Rozlišení snímku je 13,3 km na pixel. Koma komety se na snímcích jeví velmi slabá.

Nízká kometární aktivita je však dobrá pro odhadování velikostí vlastního jádra komety. Další snímky byly pořízeny 1. a 2. října 2013. Jak je to v profesionální astronomii obvyklé, ty vědecky nejcennější snímky nejsou na pohled nic moc úžasného, a to platí i zde.

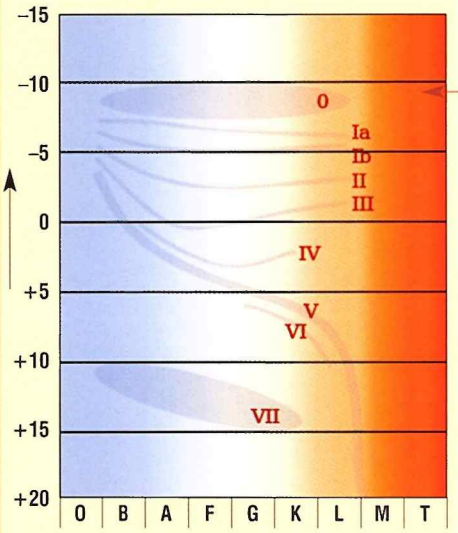
astro.cz



Galaxia plná trpaslíkov -

Pred necelými tromi rokmi sme v článku o počte hviezd v Galaxii (Kozmos 2/2011) tvrdili, že ich počet môže dosahovať aj viac ako 500 miliárd (v literatúre sa uvádza 150 – 200 miliárd). Mnohým sa tento odhad zdal premrštený. Avšak už vtedy snímali oblohu v infračervenej oblasti spektra mnohé pozemské aj kozmické ďalekohľady, a dnes sa objavujú prvé analýzy, ktoré náš odhad ešte prekonávajú.

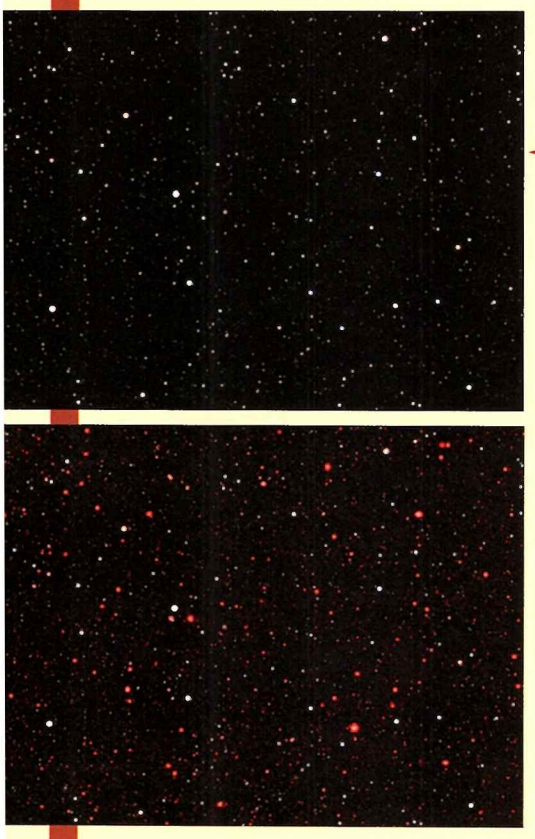
V prvej časti tohto článku budeme hovoriť o *červených trpaslíkoch* v súvislosti s odhadom počtu planét, ktoré ich obiehajú, a v druhej časti o objave sústavy dvoch *hnedých trpaslíkov* v „blízkosti" Slnečnej sústavy.



Červení trpaslíci sú malé, pomerne chladné hviezdy na hlavnej postupnosti Herzsprungovho-Russelovho diagramu, K, alebo M, s teplotou povrchu 2 500 až 3 500 K *(pozri obrázok vľavo)*. Jedným z najznámejších červených trpaslíkov je aj naša najbližšia hviezda – Proxima Centauri. Vyžarujú len málo svetla, iba okolo 1/10 000 žiarivého výkonu Slnka. Ide o najčastejšie sa vyskytujúce hviezdy v Galaxii, aj keď ich pozorovanie je pre ich malý žiarivý výkon ťažké. Napr. Proxima Centauri, napriek svojej veľkej blízkosti Zemi, dosahuje jasnosť len 11^m, a preto ju nemožno pozorovať voľným okom ani triédrom.

Slnečná sústava je obklopená množstvom červených trpaslíkov, veľmi chladných a veľmi tmavých hviezd, neviditeľných voľným okom. Z našich 20 najbližších hviezd je až 13 červených trpaslíkov. Medzi červených trpaslíkov patrí aj hviezda s najväčším známym vlastným pohybom, Barnardova hviezda. Odhaduje sa, že v Galaxii môže byť okolo 100 miliárd takých hviezd.

Trpasličie hviezdy (červené aj hnedé) sú aj primárnym cieľom projektu vyhľadávania blízkych extrasolárnych planét. Pretože tieto hviezdy majú veľmi malú hmotnosť, dá sa pri nich ľahšie objaviť kmitavý vlastný pohyb, spôsobený prítomnosťou planéty, ako pri masívnejších hviezdach. Platí to aj pre meranie kmitavého radiálneho pohybu z Dopplerovho posunu.



Obrázky ukazujú rozdiel v počte pozorovaných hviezd vo vizuálnej a infračervenej oblasti spektra. Je to jeden z výsledkov spomínaného projektu vyhľadávania extrasolárnych planét. Podľa pôvodných odhadov (rok cca 2005) by 6 % takýchto hviezd mohla obiehať planéta veľkosťou podobná Zemi v tzv. obývateľnej zóne, t. j. v takej vzdialenosti, aby z centrálnej hviezdy dostávala dostatok tepla. Odhaduje sa to na 25 –150 % žiarenia, ktoré dostáva Zem od Slnka. V súčasnosti, po dodatočných pozorovaniach a analýzach, sa toto percento zvýšilo na 100 %!

Pozrime sa podrobnejšie, ako sa k tomuto odhadu vedci dopracovali:

Do novembra 2012 bolo detegovaných viac ako 800 planetárnych sústav okolo hviezd a viac ako 2 000 kandidátov, objavených v projekte KEPLER čaká na potvrdenie. Pre budúce prieskumy oblohy z hľadiska hľadania extrasolárnych planét pomocou prechodov alebo radiálnych rýchlostí boli vypracované definície obývateľnej zóny (OZ) pre extrasolárne planéty s hmotnosťou 0,3 – 10 hmotností Zeme. Veľa sa očakáva hlavne od vypustenia nového kozmického ďalekohľadu *James Webb Space Telescope* v roku 2018, ktorý bude schopný detegovať planéty zemského typu práve okolo trpasličích hviezd. OZ je tradične určená kruhovou oblasťou okolo centrálnej hviezdy s atmosférou CO_2-H_2O-N_2, v ktorej je v rovnováhe obsah CO_2 z hľadiska skleníkového efektu a voda v tekutej konzistencii. Pre našu sústavu sú tieto hranice 0,95 – 1,67 AU.

Prof. Ragozzine z univerzity v Terste uvádza, že pri týchto odhadoch sa neberú do úvahy výsledky prieskumov založených na meraní radiálnych rýchlosti (projekt HARPS a pod.), lebo v tom prípade ide o kandidátov, a nie o skutočné planéty.

Ďalej uvádza, že ak tvrdí, že odhadujú rovnaký počet OZ planét veľkosti Zeme ako je počet M trpaslíkov, neznamená to, že pri každom červenom trpaslíkovi sa nachádza takáto planéta. Zo súčasných prieskumov vyplýva, že okolo týchto hviezd sa nachádza 3 – 5 planét, a ak v priemere 20 % červených trpaslíkov má planetárnu sústavu, potom OZ planét môže byť toľko, ako M hviezd.

Objav dvojhviezdnej sústavy hnedých trpaslíkov

Pomocou prieskumov v rozšírenom pásme spektra do infračervenej oblasti zisťujeme, čo všetko sa nachádza v okolí extrasolárnej sústavy. Už v spomínanom článku (Kozmos 2/2011) sme uviedli, že počet hviezd do vzdialenosti 10 pc stúpol v rozsahu rokov 2000 – 2010 z 200 na 344.

V marci t. r. oznámili vedci z Pennsylvánskej univerzity objav dvojhviezdnej sústavy hnedých trpaslíkov. Pri nameranej paralaxe 0,496", t. j. vzdialenosti od Slnka 2,0 pc, ide o tretiu najbližšiu hviezdnu sústavu.

Sústavu pomenovali WISE J104915.57-531906, lebo ju objavili v programe astrometrickej analýzy NASA WISE (Wide Field Infrared Survey Explorer) pod vedením prof. K. Luhmana. Binárna povaha objektu bola zistená pomocou ďalekohľadov GMOS (Gemini Observatory's Multi-Object Spectrographs).

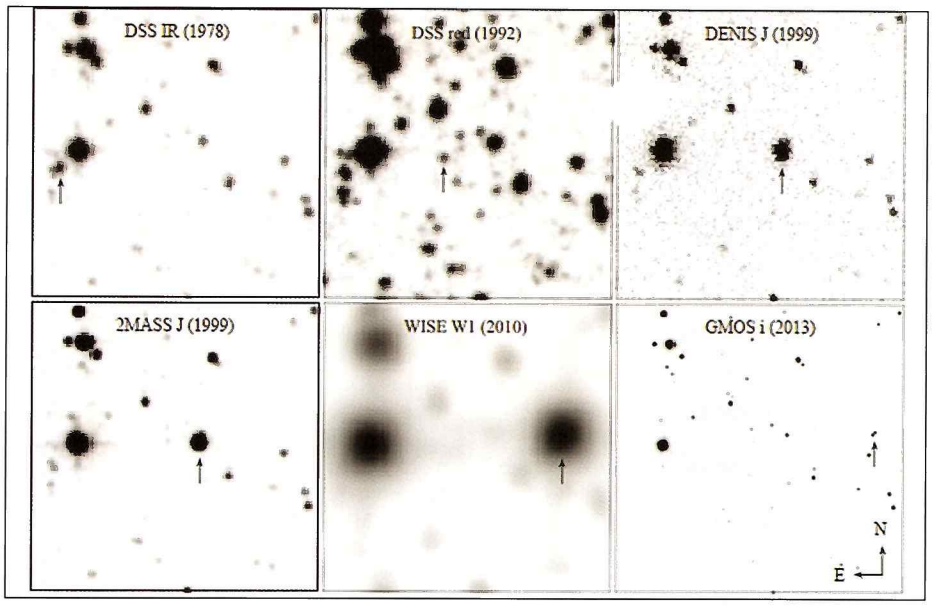
Objaviteľ, prof. Luhman, extrapoláciou určil, kde by sa objekt mal nachádzať v starších infračervených prehliadkach oblohy. Výsledok je *na obrázku 1*. Objekt sa nachádza v súhvezdí Vela na južnej oblohe ($\alpha = 10^h\ 49^m\ 15{,}57^s$; $\delta = -53^\circ\ 19'\ 06"$) blízko galaktického rovníka, a tak pre množstvo absorpcie mohol uniknúť pozornosti výskumníkov pri predchádzajúcich prehliadkach.

Na obrázku v predposlednom štvorci je snímka z programu WISE, posledná je z GMOS. Ostatné snímky sú z predchádzajúcich prieskumných kampaní.

Objav takej blízkej sústavy sa naposledy podaril E.E. Barnardovi v roku 1916. Mimochodom, Barnardova hviezda, vo vzdialenosti 1,84 pc, bola predmetom mnohých falošných a kontroverzných tvrdení o objave extrasolárnej planéty v polovici 20. storočia.

Našou najbližšou hviezdnou sústavou (zatiaľ) je sústava Centauri, objavená v roku 1835 vo

hnedých aj červených



Obr. 1. **Snímky z rôznych infračervených kampaní. Šípkou je označený objekt WISE 1049-5319. Každý štvorec má rozmer 2'×2'.**

vzdialenosti 1,35 pc. V roku 1915 sa ukázalo, že sústava má ešte slabého sprievodiča, ktorý je teraz známy ako Proxima Centauri, a je vo vzdialenosti 1,29 pc. V minulom roku (2012) bola v tejto sústave objavená naša najbližšia exoplanéta.

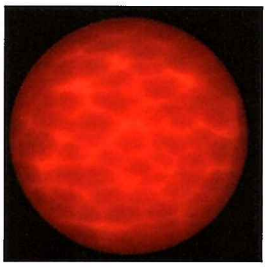
Pri hľadaní blízkych hviezd si astronómovia všímajú vlastný pohyb. Vychádzajú z úvahy, že blízke hviezdy budú mať veľký vlastný pohyb. Takto aj F. Bessel vybral pre meranie paralaxy hviezdu 61 Cygni, ktorá bola v tom čase známa ako „Piazziho lietajúca hviezda", s vlastným ročným pohybom 4,2". Pre predstavu o ako malý pohyb ide, urobíme porovnanie. Mesiac v splne vidíme pod uhlom okolo 1 800". Hviezde WISE 1049-5319 s ročným vlastným pohybom 3" by trvalo 600 rokov, kým by sa presunula o takú vzdialenosť.

Objav binárneho charakteru objektu bol neočakávaným bonusom. Postaral sa oň ostrý obraz z ďalekohľadu Gemini. Sú to vlastne dvaja hnedí trpaslíci, obiehajúci jeden okolo druhého. Ich uhlová vzdialenosť je 1,5", čo pri danej vzdialenosti sústavy (2 pc) zodpovedá 3 AU a obežnej dobe 25 rokov.

Hnedí trpaslíci sú hviezdy, ktorých hmotnosť je príliš malá (pod 75 hmotností Jupitera – M_J) na to, aby v nich mohla prebiehať obvyklá premena vodíka na hélium. V takých objektoch, pokiaľ je ich hmotnosť väčšia ako 13 M_J, prebieha podobná reakcia za účasti deutéria. Vyžarujú najmä v infračervenej oblasti. Boli pre nich vytvorené nové spektrálne triedy za triedou M – L, T a Y.

V spektrách hviezd triedy L sa vyskytujú čiary alkalických kovov a kovových hydrátov a povrchová teplota je v medziach od 1 300 do 2 000 K. Trieda T má povrchovú teplotu 700 – 1300 K a v spektre pozorujeme najmä metán. V triede Y je povrchová teplota pod 700 K.

Podobné objavy neustále dopĺňajú náš pohľad, najprv na blízke okolie Slnečnej sústavy, neskôr aj na vzdialenejšie oblasti Galaxie. Postupne objavujeme veľký počet stelárnych objektov, o ktorých sme donedávna ani netušili. Tento pokrok umožnili také projekty ako WISE alebo 2MASS. *Obrázok* ukazuje umelcovu predstavu povrchu hnedého trpaslíka triedy L.



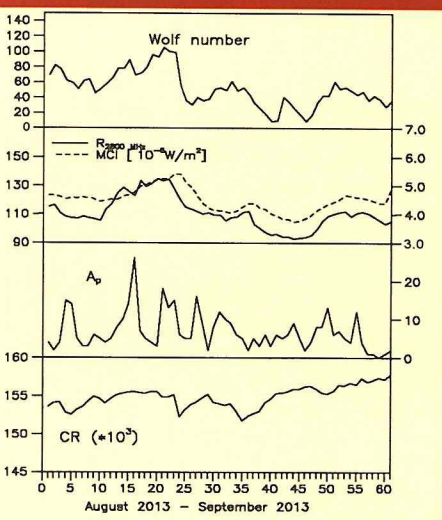
Projekt WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) bol podrobnejšie opísaný v článku *Hnedí trpaslíci majú boom* (Kozmos 2/2012). V skratke: ide o 40-cm ďalekohľad na obežnej dráhe okolo Zeme vo výške cez 500 km, so zorným poľom 47', ktorý od decembra 2009 získava snímky oblohy v štyroch infračervených oblastiach spektra: 3,4, 4,6, 12 a 22 m.

Projekt 2MASS (2 Micron all Sky Survey) používal dva automatické ďalekohľady s priemerom 1,3 m, jeden v Arizone a jeden v Čile. Každý ďalekohľad bol vybavený trojkanálovou kamerou 256×256 px, citlivou na infračervenú oblasť spektra (technológia HgCdTe). Kamera mohla súčasne snímať v troch vlnových pásmach J-1240 nm, H-1660 nm a K_S-2160 nm. Severná obloha bola skenovaná v rokoch 1997 – 2000, južná v rokoch 1998 – 2001.

Budovaný kozmický ďalekohľad James Webb, ktorý bude pozorovať aj v infračervenej oblasti, určite rozšíri tieto informácie. Prof. Luhman predpokladá, že budú objavení hnedí trpaslíci aj bližšie ako je Proxima Centauri.

Podobné objavy nás privádzajú k úvahám o ďalšom osude takýchto hviezd pri chladnutí. Akým spôsobom chladnutie prebieha a čo je jeho výsledkom? Koľko vychladnutých hviezd je v našom okolí a v Galaxii? Ako ich pozorovať? Určite sa tieto otázky dotknú aj kozmológie.

MILAN RYBANSKÝ

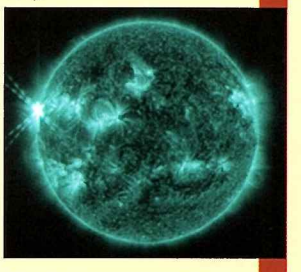


Slnečná aktivita

Priebeh slnečnej aktivity podľa obrázku má stále charakter prechodného obdobia a zodpovedá fáze cyklu v období jeho poklesu. Prudký pokles aktivity nastal po zapadnutí skupiny slnečných škvŕn 23. augusta, a na nižšej úrovni aktivita zotrvala až do konca septembra.

Po zhromaždení dostatočného množstva pozorovaní z orbitálneho observatória SDO (vypustené 2010) pozorujeme v súčasnosti prudký nárast publikácií o slnečných erupciách. Iba za september 2013 som napočítal 14 rozsiahlych prác na túto tému. Určite to súvisí s rozšírením priestorového a časového rozlíšenia pozorovania pomocou prístroja AIA na družici SDO v kombinácii so širokospektrálnym pozorovaním na družici RHESSI (Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager), vypustenej 5. februára 2002.

Je to prvá družica NASA, nazvaná podľa iniciátora – Dr. R. Ramaty (1937 – 2001).



Na obrázku je najsilnejšia erupcia zaregistrovaná v súčasnom 24. cykle. Snímka je zo SDO a je urobená cez filter 13,1 nm, kde žiaria čiary ionizovaného železa FeVIII, FeXX a FeXXIII, o 16:05 UT (maximum). Erupcia bola klasifikovaná hodnotou X2.8. To znamená, že v maxime sa na geostacionárnej družici GOES namerala v pásme 0,1 – 0,8 nm inenzita $2{,}8.10^{-4}$ W/m^2.

Záujem o slnečné erupcie je pochopiteľný. Ide o energeticky najvýznamnejší prejav slnečnej aktivity. Najsilnejšie erupcie produkujú počas približne 20 minút žiarenie a častice s energiou až okolo 5.10^{25} J. Pre porovnanie – ide o takú energiu, ktorú vyžiari celé Slnko za 0,13 s. Niekedy sa uvádza, že rovnakú energiu dostaneme pri súčasnom výbuchu 30 000 megatonových vodíkových bômb. Hoci od pozorovania prvej erupcie v roku 1859 uplynulo už 154 rokov, mechanizmus nahromadenia a náhleho uvoľnenia energie zatiaľ nepoznáme, modely sú stále na úrovni hypotéz.

Klasifikácia mohutnosti erupcií bola donedávna (cca 1990) založená na pozorovaní v čiare vodíka H_α s vlnovou dĺžkou 656 nm. Triedy S, 1, 2, 3 a ešte so znamienkami + a –. V súčasnosti je mohutnosť erupcie určovaná podľa úrovne röntgenového žiarenia v pásme 0,1 – 0,8 nm, nameraného na družiciach GOES, ktoré sa umiestňujú na geostacionárnu dráhu od roku 1986. Rozsahy tried B, C, M a X sú uvedené v tabuľke.

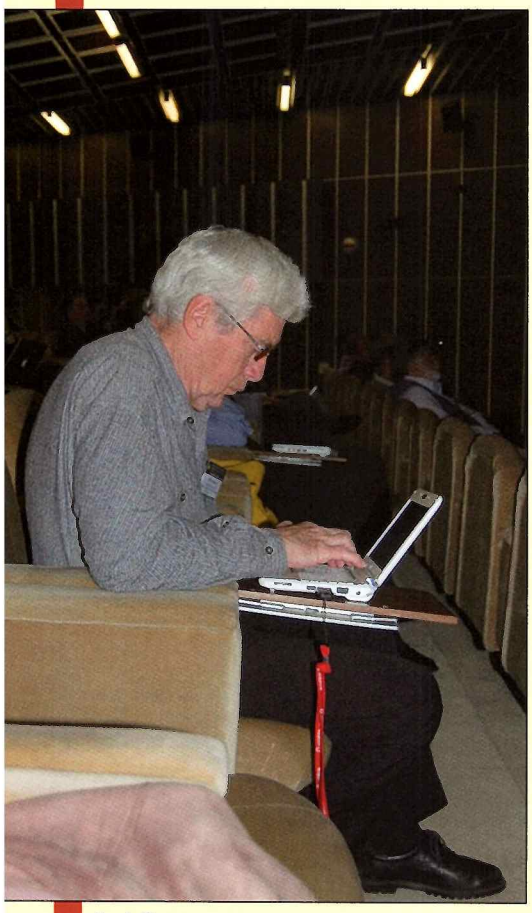
Trieda	rozsah energie [W/m^2]
B	$< 10^{-6}$
C	$10^{-6} – 10^{-5}$
M	$10^{-5} – 10^{-4}$
X	$> 10^{-4}$

Za triedou sa ešte uvádza číslo od 1 do 9; napríklad označenie M3.2 znamená, že v maxime sme pre takú erupciu namerali tok $3{,}2.10^{-5}$ W/m^2.

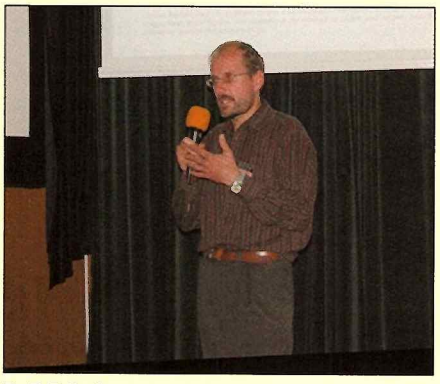
Milan Rybanský

Menší dalekohledy bodovaly ve Staré Lesné

Teprve dva roky uplynuly od prestižního 282. sympozia Mezinárodní astronomické unie, jež bylo věnováno těsným dvojhvězdám a exoplanetám, a do Vysokých Tater se sjelo opět početné mezinárodní publikum na konferenci, která měla zdánlivě daleko skromnější ambice, neboť její plný název zněl *„Pozorovací metody, přístroje a věda u dalekohledů metrového průměru“*. V přednáškovém sále hotelu *Akademia* ve Staré Lesné ve dnech 23. – 26. září 2013 k překvapení pořadatelů, jimiž byly Astronomický ústav SAV, Přírodovědecká fakulta Univerzity P. J. Šafaříka v Košicích a Slovenská astronomická společnost, zasedala totiž bezmála stovka astronomů z 28 států všech kontinentů (kromě Antarktidy).



Dr. J. Grygar.



Dr. T. Pribulla.

Už samotný fakt, že prakticky všichni ohlášení účastníci přijeli, byl znamením, že mezinárodní vědecký organizační komitét vedený Dr. Theodorem Pribullou zvolil výborné aktuální téma pro plodné setkání i kuloárové debaty. Plenární zasedání se soustředila na tři hlavní tématické okruhy:

A) Pozorovací metody a přístroje (10 příspěvků, 4 vývěsky).
B) Věda pomocí malých teleskopů (35 příspěvků, 29 vývěsek).
C) Rozsáhlé přehlídky, síťová pozorování, flotily družic a robotické teleskopy (8 příspěvků, 2 vývěsky).

Hned úvodní příspěvek *Iliana Ilieva* poukázal na široký vějíř možností prvotřídních výzkumů pro menší dalekohledy, které se jen zdánlivě krčí ve stínu současných desetimetrových obrů. Ve skutečnosti však pozorování obřími dalekohledy otevírají nové příležitosti pro hbité menší stroje počínaje sledováním komet a planetek přes exoplanety, proměnné hvězdy nejroztodivnějších typů a chování až po objevování nov v naší i v sousedních galaxiích, monitorování supernov a dokonce i galaxií s aktivními jádry (AGN).

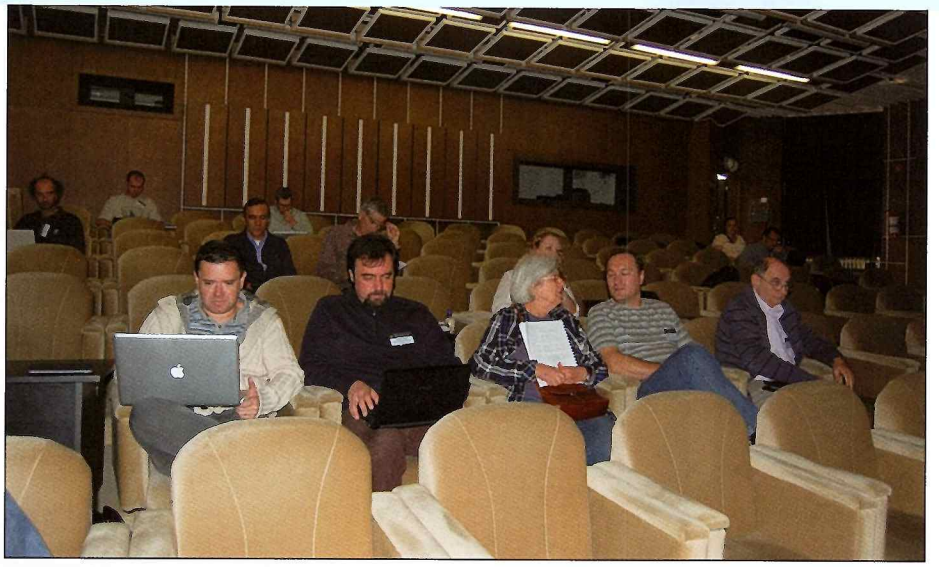
Další řečníci pak zdůrazňovali, že moderní optika včetně výkonných spektrografů ve spojení s digitálními vysoce citlivými detektory pro různé obory spektra může účinně doplňovat a systematicky rozvíjet pozorování, na která u obřích strojů není dost pozorovacího času ani možností nepřetržitého pokrytí během jednoho dne. *Reed Riddle* z Caltechu ukázal, že i robotické dalekohledy menších rozměrů lze vybavit laserovou adaptivní optikou za přijatelnou cenu, takže například známý 1,5 m reflektor na Mt. Palomaru je s to během noci fotometrovat více než 200 objektů s úhlovým rozlišením na difrakční mezi zrcadla (0,12”). Na podobné téma hovořila také *Izabela Spaleniaková* ze Sydney, která ukázala, že pro širokoúhlé stroje lze místo adaptivní optiky využít možností fotoniky a vláknové optiky, což se zejména uplatňuje v blízké infračervené oblasti spektra.

Vůbec nejlacinější a přitom dostatečně výkonná je i metoda výběrového zobrazování (*lucky imaging*), jak o tom na konferenci referovali *Rainer Koehler* z Heidelberku, *Gyula Szabo* z Budapešti, *Christian Ginski* z Jeny aj. Princip metody spočívá v dlouhé sérii velmi krátkých expozic o trvání několika desetin sekundy, protože výzkumy ukázaly, že na takovou dobu se občas atmosféra opravdu uklidní. Na konci sledování souhrnné expozice daného objektu se většina (kolem 99 %) roztřesených snímků v počítači zahodí a sečtou se ty vybrané. Jak prokázaly praktické zkoušky na observatořích Calar Alto a La Silla, jsou výsledky takového zobrazování mimořádně příznivé. *Miloš Zejda* z Brna překvapil tvrzením, že ke kvalitní fotometrii lze využít i opravdu miniaturního téměř kapesního dalekohledu s optikou o průměru 30 mm (!). Ukázal, že přesnost měření takovým tintítkem si nijak nezadá s rozptylem dat z přístrojů metrového průměru optiky.

Pestré tématické zaměření konference nelze nijak snadno shrnout v krátké zprávě, takže jen souhrnně mohu zmínit, že na konferenci se hovořilo o fotometrii Uranu a Neptunu, potvrzování existence a zpřesnění parametrů exoplanet v rozsáhlých datech z veleúspěšné družice Kepler, pochopitelně též o těsných interagujících dvojhvězdách, symbiotických a chemicky pekuliárních hvězdách, kvaziperiodických oscilacích jasných hvězd, trpasličích i klasických novách, o bílých trpaslících, červených obrech, supernovách, ale i o blazarech, celosvětových přehlídkách mladých tranzitujících exoplanet (YETI), přehlídce celé oblohy WET (Whole Earth Telescope), blazarů v programu WEBT (Whole Earth Blazar Telescope), studiu exoplanet obíhajících kolem dvojhvězd (Dwarf a Solaris) a univerzální přehlídce ASAS (All Sky Automated Survey), k čemuž inspiroval organizátory projektu nesmírný úspěch programu gravitačních mikročoček (OGLE).

Mimochodem, autor projektu Solaris *Maciej Konacki* z Varšavy připomněl, že polský spiso-

Dr. L. Leedjärv a dr. D. Chochol.



V popredí členovia maďarskej delegácie.

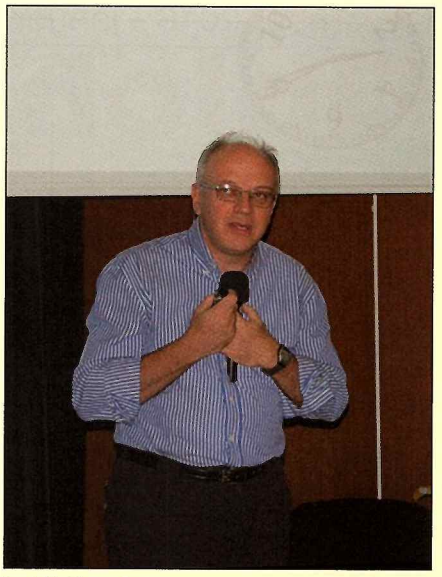
Členovia ruskej delegácie.

vatel sci-fi Stanislav Lem psal o planetě dvou sluncí již v r. 1961 v knize Solaris, jež byla přeložena do mnoha jazyků včetně angličtiny (1970) a podle níž byly natočeny celkem tři filmy v letech 1968, 1972 a 2002. Naproti tomu planeta dvou sluncí Tatooine se objevila ve Hvězdných válkách poprvé až v r. 1977, a mnozí astronomové si právě na ni vzpomněli po objevu exoplanety obíhající kolem těsné dvojhvězdy Kepler-16 v r. 2011.

Z jednání konference jasně vyplývá, že menší dalekohledy mají před sebou velmi příznivou budoucnost jak díky návaznosti na programy u obřích strojů a umělých družic Země, tak také proto, že velké dalekohledy jsou přetížené požadavky: obvyklý převis poptávky nad nabídkou činí 4- až 6-násobek dostupného pozorovacího času! Kromě toho i v nejlepším astronomickém klimatu občas znemožní pozorování silný vítr, cirry, či dokonce i nižší oblačnost, občas nastanou i technické prostoje, a hlavně komise pro přidělování pozorovacího času ve snaze uspokojit co nejvíce kvalifikovaných žadatelů drobí pozorovací směny na krátké časové intervaly. Naproti tomu střední a malé dalekohledy mají možnost rychlé změny pozorovacího programu (doslova *last-minute*), lze s nim však pracovat soustavně na konkrétním výzkumném úkolu třeba i řadu desetiletí, a to je valuta v astronomii naprosto nezbytná. Rovněž množství malých a středních dalekohledů se rychlým tempem zvyšuje, přibývá robotických strojů dokonce i mezi astronomy-amatéry, takže celková sběrná plocha malých dalekohledů představuje významný podíl na celkové sběrné ploše všech dalekohledů na Zemi i v kosmickém prostoru.

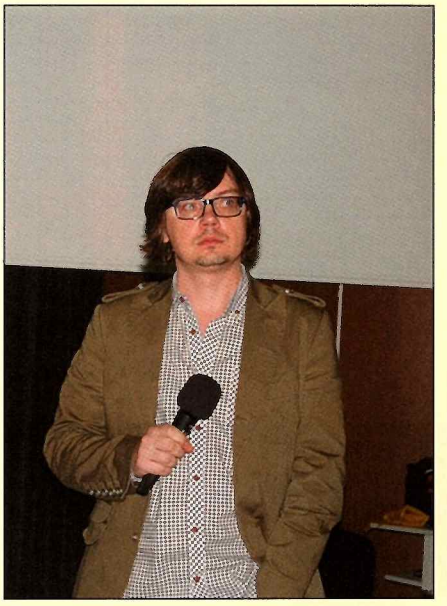
Organizátoři konference nyní připravují sborník všech prací a sylaby vývěsek, který, pochopitelně, daleko lépe než tato zpráva osloví zajisté četné zájemce o vědecký výzkum v astronomii jak u nás doma, tak i v daleké cizině. Při té příležitosti nemohu vynechat poznámku, že k hladkému průběhu konference, při níž se odborníci mohli opravdu intenzivně věnovat své profesi, přispěl významnou měrou i organizační výbor konference, vedený Martinem Vaňkem. Mladí pracovníci ze slovenských i českých astronomických pracovišť tak měli pohodlnou možnost setkat se v nabitých pracovních zasedáních s evropskou i světovou špičkou, a to se zajisté odrazí v jejich budoucí vlastní vědecké práci.

JIŘÍ GRYGAR
Fyzikální ústav AV ČR, Praha
Foto: Dr. N. Katysheva



Prof. U. Munari.

Prof. I. Iliev.

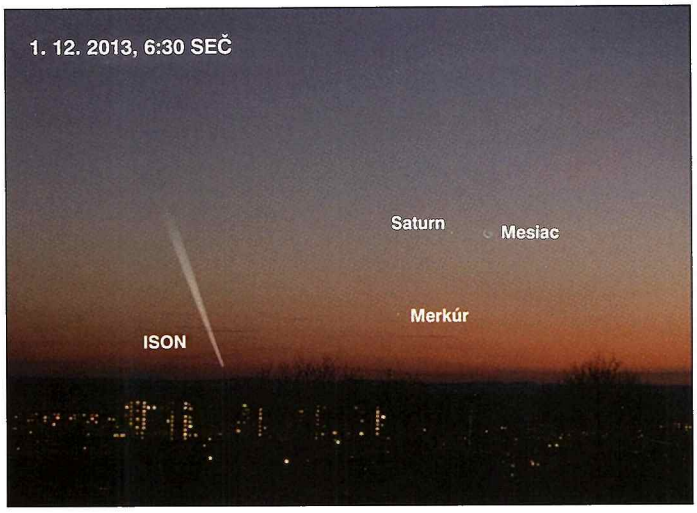


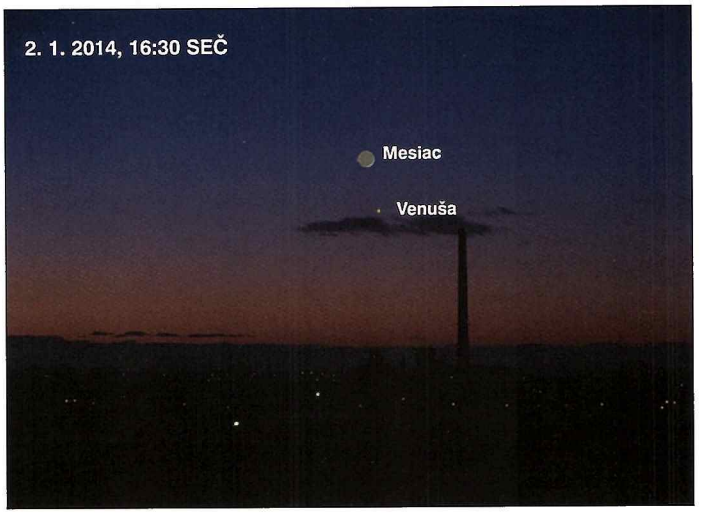
Prof. M. Konacki.

December 2013 – január 2014

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári





Pred nami sú najdlhšie noci v roku a s nimi aj množstvo zaujímavostí na oblohe. Čakajú nás však aj noci najchladnejšie, napriek tomu, že začiatkom januára budeme k Slnku najbližšie.

U Merkúra je večerná viditeľnosť vynikajúca, po západe Slnka zažiari brilantná Venuša. Mars zjasňuje, nad obzor sa dostane v druhej polovici noci, Jupiter je v opozícii a zlepšuje sa aj viditeľnosť Saturna. V opozícii bude aj Ceres a asteroidy budú mať rande so zaujímavými objektmi nočnej oblohy. Z meteorov nás začiatkom januára čakajú aktívne Kvadrantidy s výbornými pozorovacími podmienkami nerušenými svitom Mesiaca. Jednoznačným trhákom však bude jasná kométa ISON, no je tu aj niekoľko ďalších, ktoré sú v dosahu aj malých ďalekohľadov.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

1. 12., 18:48	18. 12., 17:48	3. 1., 1:05	17. 1., 22:28
2. 12., 4:43	19. 12., 3:43	3. 1., 20:57	18. 1., 18:19
3. 12., 0:34	19. 12., 23:35	4. 1., 6:52	19. 1., 4:15
3. 12., 20:26	20. 12., 19:26	4. 1., 16:48	20. 1., 0:06
4. 12., 6:21	21. 12., 5:21	5. 1., 2:43	20. 1., 19:57
5. 12., 2:13	22. 12., 1:13	5. 1., 22:35	21. 1., 5:53
5. 12., 22:04	22. 12., 21:04	6. 1., 18:26	22. 1., 1:44
7. 12., 3:51	23. 12., 6:59	7. 1., 4:21	22. 1., 21:35
7. 12., 23:42	23. 12., 16:55	8. 1., 0:13	23. 1., 17:27
8. 12., 19:33	24. 12., 2:51	8. 1., 20:04	24. 1., 3:22
9. 12., 5:29	24. 12., 22:42	9. 1., 0,25	24. 1., 23:14
10. 12., 1:20	25. 12., 18:33	10. 1., 1:51	25. 1., 19:05
10. 12., 21:11	26. 12., 4:29	10. 1., 21:42	26. 1., 5:01
11. 12., 7:07	27. 12., 0:20	11. 1., 17:33	27. 1., 0:52
12. 12., 2:58	27. 12., 20:11	12. 1., 3:29	28. 1., 16:35
12. 12., 22:49	28. 12., 6:07	12. 1., 23:20	29. 1., 2:30
13. 12., 18:40	29. 12., 1:58	13. 1., 19:11	29. 1., 22:22
14. 12., 4:36	29. 12., 21:49	14. 1., 5:07	30. 1., 18:13
15. 12., 0:27	30. 12., 17:40	15. 1., 0:58	31. 1., 4:09
15. 12., 20:18	31. 12., 3:36	15. 1., 20:50	31. 1., 24:00
16. 12., 6:14	31. 12., 23:27	16. 1., 6:45	
17. 12., 2:05	1. 1., 19:18	16. 1., 16:41	
17. 12., 21:57	2. 1., 5:14	17. 1., 2:37	

Planéty

Merkúr je na tom veľmi dobre, večerné pozorovacie podmienky budú v roku 2014 len o niečo lepšie v druhej polovici mája.

1. 12. vychádza ráno koncom astronomického súmraku ako objekt –0,6 mag. Nad Merkúrom nájdeme slabší Saturn (0,6 mag) a úzky kosáčik Mesiaca, no a vľavo nad obzorom bude skvelá kométa ISON *(obrázok vľavo hore)*. Toto mimoriadne fotogenické zoskupenie iste nenechá ľahostajným žiadneho majiteľa fotografickej techniky. O deň neskôr bude situácia veľmi podobná, Mesiac však bude nízko nad obzorom a prekvapivo tenký.

Merkúr sa však uhlovo k Slnku približuje, jeho viditeľnosť sa pomaly zhoršuje. V polovici mesiaca sa dostane nad obzor až na začiatku občianskeho súmraku (–0,8 mag) a neskôr sa stratí na presvetlenej oblohe. 29. 12. je v hornej konjunkcii a po nej sa presunie na večernú oblohu. V polovici januára ako objekt –1 mag zapadne necelú hodinu po Slnku a podmienky sa ďalej zlepšujú. V posledný januárový deň je v najväčšej východnej elongácii (18,4°) a zapadne až koncom astronomického súmraku takmer o 2 hodiny neskôr ako Slnko. Pri jeho jasnosti –0,6 mag bude príjemným spestrením večernej oblohy a nad obzorom bude aj s uzulinkým kosáčikom Mesiaca len 19 hodín po nove. Ďalekohľadom môžeme nájsť 4° východne aj Neptún, a tak v dostatočne veľkom zornom poli môžeme uvidieť obe planéty súčasne.

Tesná konjunkcia (0,2°) s Mesiacom 1. 12. nastáva pred polnocou, a tak do rána sa obe telesá vzdialia na 4° a v ešte väčšej vzdialenosti bude konjunkcia 1. 2.

Venuša (–4,9; –4,3; –4,8 mag) bude mimoriadne výrazným objektom večernej oblohy a zaujme už na prvý pohľad. Do Vianoc zapadá až počas astronomickej noci. Na prelome rokov je nad obzorom ešte 1,5 hodiny po Slnku, no potom sa jej viditeľnosť bude rýchlejšie skracovať. Pred koncom prvej januárovej dekády zapadne už počas občianskeho súmraku, neskôr sa stratí na presvetlenej oblohe a presunie sa na oblohu rannú. 11. 1. je v dolnej konjunkcii. Nakoľko má kladnú ekliptikálnu šírku, pri tejto dolnej konjunkcii ju nájdeme na večernej aj rannej oblohe. 14. 1. zapadá súčasne so Slnkom, ráno vychádza už koncom nautického súmraku a jej ranná viditeľnosť sa rýchlo zlepšuje. Na konci januára vychádza už zase počas astronomickej noci dve hodiny pred Slnkom.

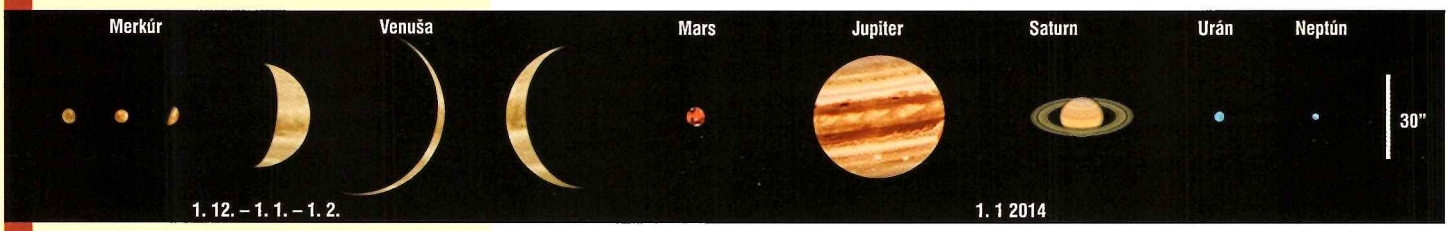
Jej vlastný pohyb si môžeme všimnúť hneď v prvý decembrový deň, keď bude tesne nad dvojicou hviezd 51 a 52 Sgr (5,6 a 4,6 mag) a 13. 1. medzi υ a ρ^1 Sgr (4,6 a 3,9 mag). Pohybuje sa východne, 20. 12. je v zastávke a začne sa pohybovať spätne až do konca januára.

Konjunkcia s Mesiacom 5. 12. bude síce len vo vzdialenosti 7°, no vzhľadom na jasnosť oboch telies zaujme. Tesnejšie priblíženie bude 2. 1. počas dňa, no ešte aj večer bude fotogenické a podobná situácia, tentokrát však už ráno, nastane 29. 1.

Uhlový rozmer sa zväčší z 37 na 60´´ v dolnej konjunkcii a 52´´ koncom januára. Môžeme sa pokúsiť o snímku Venuše v dolnej konjunkcii, bude 6° severne od Slnka a jej kosáčik bude prekvapivo úzky s pekne pretiahnutými rohmi. Pri pozorovaní je potrebná opatrnosť, aby sme si nepoškodili techniku alebo zrak. Vizuálne pozorovanie je možné, no náročnejšie z dôvodu vysokého jasu oblohy. Ak sa budete pozerať na Venušu počas Vianoc, spomeňte si, že pred 35 rokmi na nej úspešne pristála Venera 11.

Mars (1,2 – 0,3 mag) je v Panne a príjemne zjasňuje, jeho vzdialenosť od Zeme sa zmenší z 1,664 na 1,076 AU a uhlový priemer zväčší z 5,6 na 8,8´´.

Nad obzorom je v druhej polovici noci, vychádza pol hodiny po polnoci a do konca januára sa podmienky zlepšia, nad obzor sa dostane hodinu pred polnocou. Zaujme svojim červenkastým sfarbením a pokojným svitom, spočiatku bude v polovici medzi bielym Regulom a Spikou. Pohybuje sa východne, jeho pohyb medzi hviezdami si všimneme porovnaním s jasnejšími hviezdami Panny, koncom januára bude 5° nad Spikou. Na pozorovanie albedových útvarov je ešte jeho priemer pomerne malý, no pri dostatočnom zväčšení



Zákryty hviezd Mesiacom (december 2013 – január 2014)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
5. 12.	15 26 43	R	26843	3,9	–66N	280	79	–72
11. 12.	22 41 32	D	1415	4,4	+47S	111	37	–144
11. 12.	23 31 32	R	1415	4,4	–56S	214	23	22
22. 12.	1 51 3	D	14350	5,5	–68S	135	82	–89
22. 12.	3 10 26	R	14350	5,5	+72S	275	107	–46
13. 1.	0 49 56	D	6543	5,0	+10S	159	–28	–276
23. 1.	1 3 34	R	19127	5,7	+41N	342	20	–80

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

si môžeme všimnúť jeho fázu. Konjunkcie s Mesiacom okolo poslednej štvrti nastanú 25. 12. a 23. 1., vzdialenosť však bude vyše 4°. 25. 1. uplynie 10 rokov od pristátia sondy Opportunity (Mars Exploration Rover-B) na povrchu tejto červenej planéty.

Jupiter (–2,6 až –2,7 mag) je viditeľný takmer celú noc, keďže je 5. 1. v opozícii. Bude neprehliadnuteľným objektom v Blížencoch, začiatkom decembra vychádza v neskorších večerných hodinách, na prelome rokov krátko po Slnku a koncom januára zapadne až ráno pred 6. hodinou

10. 12. bude štvrť stupňa od δ Gem (3,5 mag) a 7. 1. len 5′ nad 44 Gem (6,0 mag).

Už v maličkom ďalekohľade uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace, vo výkonnejšom prístroji zaujme jeho sploštený disk, tmavé rovníkové pásy aj Veľká červená škvrna. Deň pred opozíciou je k nám najbližšie (4,210 AU) a jeho rovníkový uhlový priemer bude mať 47″. Prvé skvelé snímky Jupitera vyslala sonda Pioneer 10, ktorá 3. 12. 1973 obletela tohto plynného obra. Konjunkcie s Mesiacom 19. 12. a 15. 1. budú vo vzdialenosti takmer 6° a náš spolupútnik bude v splne.

Saturn (0,6 – 0,5 mag) je vo Váhach, medzi hviezdami sa pohybuje východne. Vychádza ráno na začiatku astronomického súmraku, jeho viditeľnosť je stále lepšia, uhlovo sa od Slnka vzďaľuje. Koncom januára sa dostane nad obzor už poldruha hodiny po polnoci. Hneď v prvý decembrový deň len necelé 3° vpravo jeho prítomnosť skrášli tenký kosáčik Mesiaca. Tesne nad severným okrajom Mesiaca nás v ďalekohľade zaujme dvojhviezda $\alpha^{1,2}$ Lib (2,7+5,2 mag). Nižšie nad obzorom bude Merkúr a ešte pred koncom nautického súmraku vychádza aj kométa ISON.

Ďalšie konjunkcie s Mesiacom nastanú 29. 12. a 25. 1. Tesnejšia je síce tá januárová, no nastáva už pod obzorom.

V ďalekohľade si vychutnáme Saturnove mohutné prstence, ktoré pozorujeme z ich severnej strany, zaujme aj tmavé Cassiniho delenie a najjasnejšie mesiace Saturna.

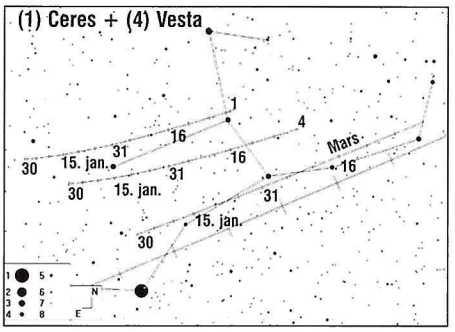
Urán (5,8 – 5,9 mag) je v Rybách a pohybuje sa západne. 18. 12. je v zastávke a začne sa medzi hviezdami pohybovať v priamom smere na východ. Začiatkom decembra vychádza necelé dve hodiny po polnoci, do konca januára sa jeho viditeľnosť skráti a zapadne 2 hodiny pred polnocou.

Uvidieť túto planétu aj bez ďalekohľadu je možné, jej jasnosť je na to dostatočná, no musíme sa dobre zorientovať podľa vhodnej mapky hviezdnej oblohy. A mohli by sme aj uspieť, nakoľko sa Urán nachádza v oblasti pomerne chudobnej na hviezdy. V ďalekohľade ho uvidíme ako malinký, zelenkastomodrý, pokojne svietiaci kotúčik s priemerom 3,5″.

Konjunkcie s Mesiacom 11. 12. a 7. 1. sú len vo vzdialenosti viac ako 2°, vhodnejšia je tá januárová.

Neptún (7,9 – 8,0 mag) sa vo Vodnárovi pohybuje východne. Začiatkom decembra zapadne necelé dve hodiny pred polnocou, jeho večerná viditeľnosť sa skracuje, koncom januára zapadne už koncom astronomického súmraku. Na jeho spoľahlivú identifikáciu medzi hviezdami už budeme potrebovať triéder, výkonnejším ďalekohľadom sa nám bude javiť ako kotúčik s priemerom 2″.

Konjunkcie s Mesiacom 8. 12., 5. 1. sú len vo vzdialenosti 4 – 5°.



Trpasličie planéty

(1) Ceres (8,7 – 8,2 mag) je v Panne, medzi hviezdami sa presúva smerom na východ a svoju púť začne necelý stupeň nad červenou hviezdou δ Vir (3,4 mag). Vychádza 1,5 hodiny po polnoci, koncom januára už hodinu pred polnocou. Uhlovo sa od Slnka vzďaľuje, podmienky sa teda zlepšujú a v polovici apríla bude v opozícii.

Efemerida (1) Ceres

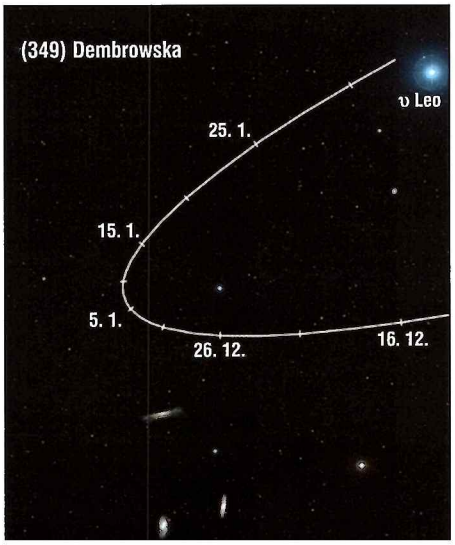
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$12^h54,8^m$	+04°08,6′	8,7	58,2
11. 12.	$13^h09,0^m$	+03°01,9′	8,7	64,6
21. 12.	$13^h22,5^m$	+02°04,0′	8,6	71,1
31. 12.	$13^h35,0^m$	+01°16,0′	8,6	78,0
10. 1.	$13^h46,3^m$	+00°38,9′	8,5	85,1
20. 1.	$13^h56,3^m$	+00°13,6′	8,4	92,6
30. 1.	$14^h04,6^m$	+00°00,8′	8,2	100,6

(134340) Pluto (14,4 mag) v Strelcovi je na prelome rokov v konjunkcii so Slnkom a je teda nepozorovateľné. 3. 1. je od nás najďalej 33,55 AU.

Asteroidy

V opozícii do 11 mag budú: (64) Angelina (6. 12.; 10,6 mag), (505) Cava (8. 12.; 10,6 mag), (532) Herculina (23. 12.; 9,4 mag), (51) Nemausa (2. 1.; 10,4 mag), (19) Fortuna (8. 1.; 9,7 mag), (11) Parthenope (11. 1.; 9,9 mag), (18) Melpomene (28. 1.; 9,3 mag), (32) Pomona (30. 1.; 10,8 mag).

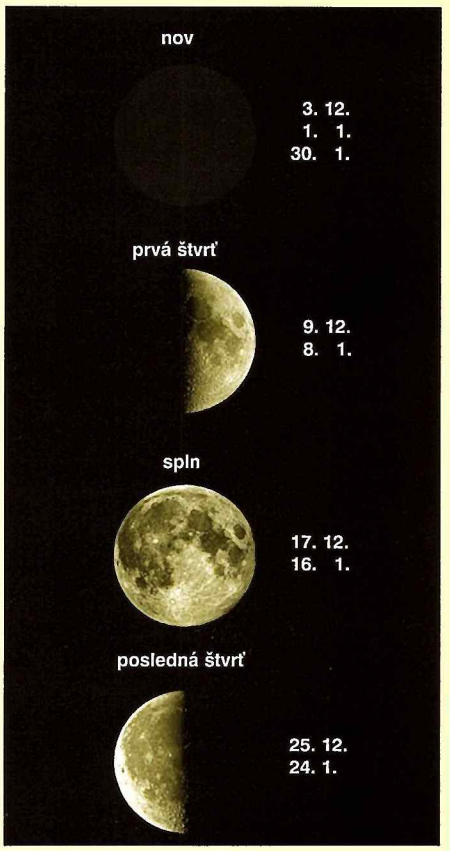
⇨⇨

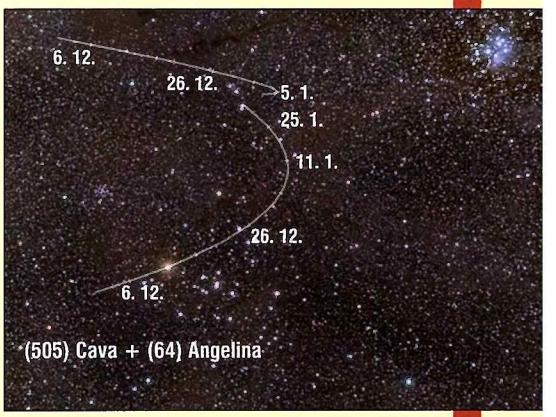


Fázy Mesiaca

nov	3. 12., 1:23	1. 1., 12:14	30. 1., 22:38
prvá štvrť	9. 12., 16:12	8. 1., 4:39	
spln	17. 12., 10:28	16. 1., 5:52	
posledná štvrť	25. 12., 14:48	24. 1., 6:19	

Mesiac bude 16. 1. v splne a súčasne v odzemí, jeho zdanlivý uhlový priemer bude len 29,5′.



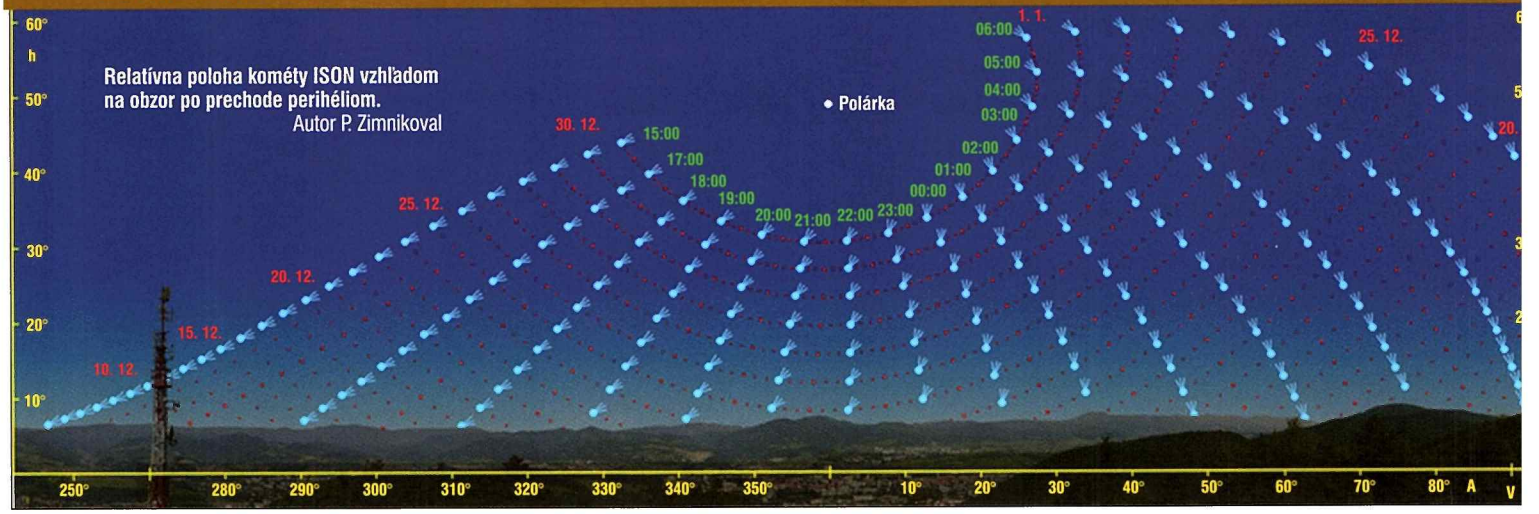


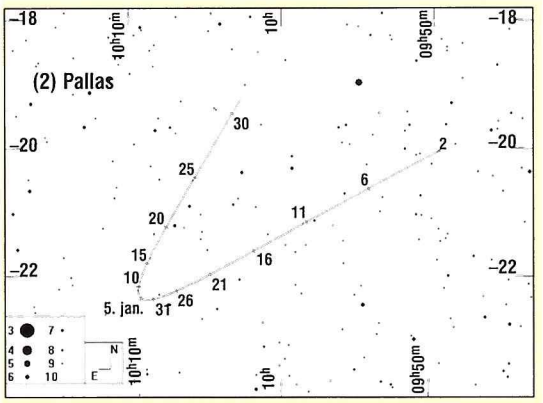
Efemerida asteroidu (2) Pallas

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$09^h49,5^m$	–20°03,8′	8,4	91,1
11. 12.	$09^h58,3^m$	–21°12,2′	8,3	97,4
21. 12.	$10^h04,8^m$	–22°01,1′	8,1	104,3
31. 12.	$10^h08,6^m$	–22°23,7′	8,0	111,9
10. 1.	$10^h09,6^m$	–22°11,8′	7,8	120,2
20. 1.	$10^h07,7^m$	–21°16,5′	7,6	129,1
30. 1.	$10^h03,2^m$	–19°30,0′	7,4	138,5

Efemerida asteroidu (4) Vesta

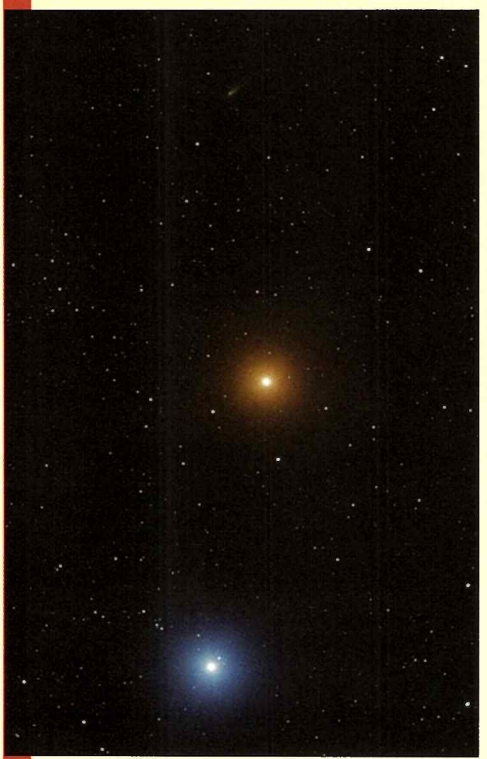
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$12^h31,9^m$	+02°35,4′	8,0	62,6
11. 12.	$12^h47,2^m$	+01°23,4′	7,9	68,7
21. 12.	$13^h01,9^m$	+00°19,5′	7,8	75,1
31. 12.	$13^h15,7^m$	–00°34,6′	7,7	81,7
10. 1.	$13^h28,4^m$	–01°17,4′	7,6	88,6
20. 1.	$13^h39,9^m$	–01°47,5′	7,4	95,8
30. 1.	$13^h49,7^m$	–02°03,3′	7,3	103,4



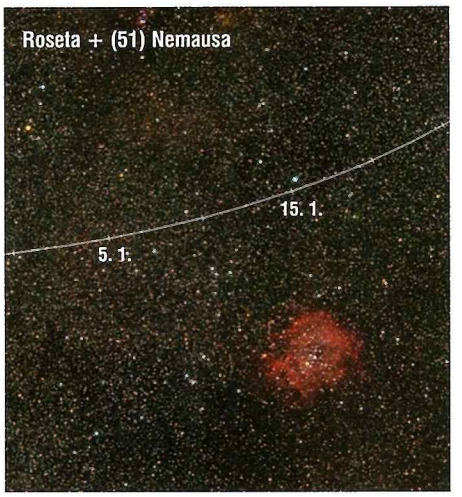


Efemerida kométy LINEAR (C/2012 X1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$14^h55.6^m$	+17°21,0'	12,9	45,2
11. 12.	$15^h25.2^m$	+15°21,4'	12,6	46,4
21. 12.	$15^h55.3^m$	+13°19,9'	12,4	47,2
31. 12.	$16^h25.7^m$	+11°18,2'	12,2	47,6
10. 1.	$16^h56.2^m$	+09°18,5'	12,0	48,0
20. 1.	$17^h26.3^m$	+07°22,0'	11,9	48,2
30. 1.	$17^h55.9^m$	+05°30,1'	11,7	48,6



Skvelá fotografia Martina Gembeca zo 14. 10. 2013 (modrý Regulus, červený Mars a kométa ISON).



Najjasnejším asteroidom je (4) Vesta a koncom januára bude len o desatinu magnitúdy slabšia (2) Pallas v strednej časti Hydry, kde urobí elegantnú kľučku, nakoľko je 6. 1. v zastávke.

2. 12. prejde (4) Vesta medzi galaxiami NGC 4527 (11,3 mag) a NGC 4536 (11,1 mag), ktoré sú od seba len 0,5°.

Obloha nám počas týchto dvoch mesiacov ponúka niekoľko pekných zoskupení asteroidov s hviezdami či objektmi nočnej oblohy.

(505) Cava (10,6 – 11,9 mag) a (64) Angelina (10,6 – 11,9 mag) sa budú pohybovať na zaujímavom pozadí Býka s Hyádami, (349) Dembowska ako objekt 11 mag bude koncom roka nad fotogenickými galaxiami M 65, M 66 a NGC 3628, čo možno zaujme aj astrofotografov.

(18) Melpomene prejde v polovici januára necelé 2° pod M 67 a v tomto čase nájdeme asteroid (51) Nemausa 2° nad skvelou Rosettou v Jednorožcovi.

(8) Flora na konci januára prejde medzi zaujímavou trojicou medzi $\psi^{1,2,3}$ Aqr (4,2; 4,4; 5,0 mag).

Kométy

Tentokrát si to s kométami užijeme, takéto plodné obdobie s viacerými jasnejšími kométami tu už dlho nebolo.

Medzi pozorovateľmi komét nastal rozruch 21. októbra, keď H. Sato našiel kométu C/2012 X1 (LINEAR) po konjunkcii so Slnkom v nečakanej jasnosti. Objekt, ktorý mal mať jasnosť okolo 14 mag, sa mu na snímkach CCD kamery javil ako mimoriadne jasný 8,5 mag. Mimoriadne zjasnenie pripomínalo, aj keď v menšej miere, výbuch kométy 17P/Holmes z roku 2007. Pozorovania ukazujú, že kométa by mohla v marci atakovať aj jasnosť 6 mag a byť skvelým objektom večernej oblohy. Či išlo v tomto prípade o megavýbuch alebo len prebudenie väčšej aktivity kométy, ukážu až ďalšie pozorovania. Jasnosti v efemeride sú nominálne, no zdá sa, že hodnoty môžu byť až o 5 – 6 mag jasnejšie.

Efemerida kométy Lovejoy (C/2013 R1)

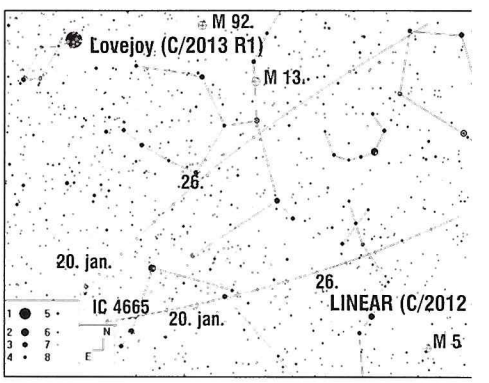
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$14^h49.9^m$	+40°40,2'	6,1	66,5
6. 12.	$15^h43.1^m$	+36°53,6'	6,2	61,4
11. 12.	$16^h18.5^m$	+33°01,9'	6,4	57,4
16. 12.	$16^h43.1^m$	+29°29,6'	6,6	54,2
21. 12.	$17^h01.1^m$	+26°18,2'	6,8	51,5
26. 12.	$17^h15.0^m$	+23°24,6'	7,0	49,2
31. 12.	$17^h26.3^m$	+20°45,4'	7,3	47,4
5. 1.	$17^h35.8^m$	+18°18,6'	7,6	46,1
10. 1.	$17^h44.1^m$	+16°02,8'	7,9	45,3
15. 1.	$17^h51.4^m$	+13°57,1'	8,2	45,0
20. 1.	$17^h58.1^m$	+12°00,7'	8,5	45,3
25. 1.	$18^h04.1^m$	+10°13,0'	8,9	46,1
30. 1.	$18^h09.6^m$	+08°33,3'	9,2	47,4

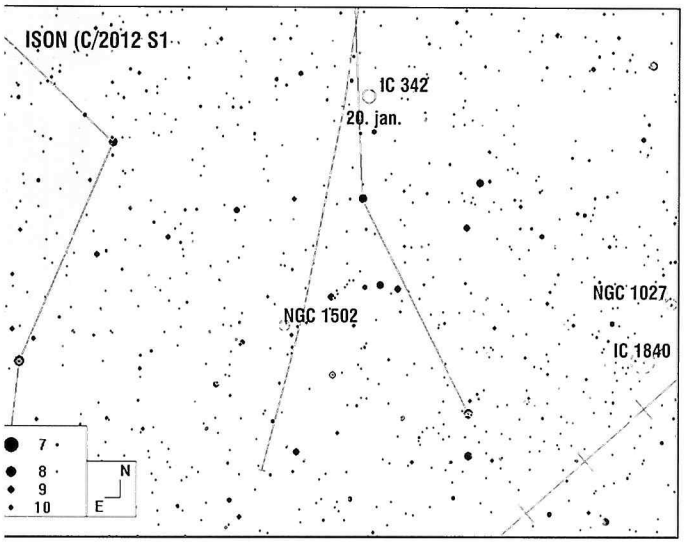
Efemerida kométy 154/Brewington

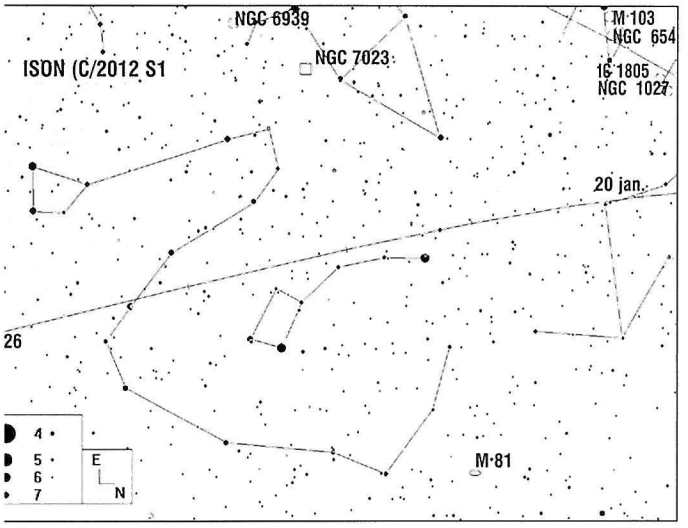
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$22^h41.7^m$	+09°27,7'	9,1	96,6
6. 12.	$22^h50.7^m$	+10°56,0'	9,1	94,3
11. 12.	$23^h00.3^m$	+12°24,9'	9,1	92,2
16. 12.	$23^h10.6^m$	+13°53,9'	9,2	90,3
21. 12.	$23^h21.4^m$	+15°22,8'	9,3	88,4
26. 12.	$23^h32.7^m$	+16°51,2'	9,4	86,7
31. 12.	$23^h44.5^m$	+18°18,9'	9,5	85,0
5. 1.	$23^h56.8^m$	+19°45,4'	9,6	83,4
10. 1.	$00^h09.5^m$	+21°10,4'	9,8	81,9
15. 1.	$00^h22.6^m$	+22°33,4'	9,9	80,4
20. 1.	$00^h36.0^m$	+23°53,9'	10,1	78,9
25. 1.	$00^h49.8^m$	+25°11,6'	10,3	77,5
30. 1.	$01^h03.9^m$	+26°26,0'	10,4	76,0

Efemerida kométy ISON (C/2012 S1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$16^h19.2^m$	−13°59,1'	1,4	8,1
6. 12.	$16^h12.8^m$	−04°28,5'	3,6	20,1
11. 12.	$16^h10.5^m$	+05°22,4'	4,5	32,1
16. 12.	$16^h10.9^m$	+17°15,0'	4,9	45,3
21. 12.	$16^h13.8^m$	+32°00,7'	5,3	60,6
26. 12.	$16^h20.4^m$	+49°23,7'	5,6	77,3
31. 12.	$16^h35.3^m$	+67°17,9'	6,1	93,4
5. 1.	$17^h39.7^m$	+82°46,1'	6,6	105,9
10. 1.	$02^h32.8^m$	+83°38,2'	7,3	113,8
15. 1.	$03^h37.1^m$	+74°42,1'	7,9	117,6
20. 1.	$03^h54.0^m$	+67°51,4'	8,4	118,6
25. 1.	$04^h03.7^m$	+62°39,8'	9,0	117,8
30. 1.	$04^h11.2^m$	+58°39,2'	9,5	115,8







Predošlá kométa možno prekvapí a možno nie, no na decembrovej oblohe bude ešte v slušnej kondícii kométa C/2013 R1 (Lovejoy), ktorá bola objavená fotograficky 20-cm reflektorom 7. 9. 2013 T. Lovejoyom v juhozápadnej časti Jednorožca ako objekt 14,4 mag s výraznou centrálnou kondenzáciou. V polovici novembra mala 9 mag a na začiatku decembra by mohla mať aj 6 mag a byť teda skvelým objektom aj pre triéder. 20. 11. bola k Zemi najbližšie (0,397 AU). Pozorovacie podmienky sú dobré, zdá sa, že je jasnejšia ako nominálna predpoveď. Jasnosti, ktoré udávame pri jej efemeride sú jasnosti očakávané podľa najnovších pozorovaní, a tak sa môžeme tešiť na ďalšiu jasnú kométu.

Na konci januára budú obe kométy od seba na oblohe len necelé 4°.

V mimoriadnej priaznivej situácii je aj kométa s najkratšou periódou 2P/Encke, ktorá hneď začiatkom decembra bude mať 6,5 mag, no je len 10° od Slnka, a teda si ju neužijeme, vhodnejšie podmienky už boli. V ďalšom období sa uhlovo k Slnku ešte približuje a slabne. Perihéliom prešla 21. 11. a zo Zeme bude zdanlivo najbližšie k Slnku 24. 12., len 5,2°.

Periodická kométa 154P/Brewington bude mať na začiatku decembra len 9 mag, a tak v porovnaní s tými ďalšími je pomerne nevýrazná, no inokedy by bola takmer klenotom oblohy. Jej pozorovacie podmienky sú veľmi dobré, je nad obzorom v prvej polovici noci.

Najväčšie očakávania sú však jednoznačne spojené s kométou ISON (C/2012 S1), ktorá 28. 11. prešla perihéliom v tesnej blízkosti Slnka. Ak by tesné priblíženie prežila, bude skvelým objektom večernej oblohy po západe Slnka. Bude síce nízko nad obzorom, no jej jasnosť bude dostatočná na to, aby sme ju pohodlne videli. Nakoľko deklinácia kométy je väčšia ako Slnka, nájdeme ju na oblohe večer aj ráno a od 23. 12. je dokonca cirkumpolárna. Po prechode perihéliom jej jasnosť klesá, no uhlovo sa od Slnka vzďaľuje, a teda relatívne pozorovacie podmienky sa zlepšujú. 19. 12. bude od spomínanej kométy Lovejoy uhlovo vzdialená len 10° a bez ďalekohľadu by sme ju na tmavej oblohe mohli uvidieť až do Vianoc, keď bude k Zemi najbližšie (26. 12., 0,4292 AU = 64,2 milióna km). Po perihéliu sa pohybuje smerom na sever, 29. 12. prejde 0,5° od η Dra (2,7 mag) a 7. 1. 2,5° od Polárky. Do konca januára zoslabne na 10 mag a teda ostane ešte v dosahu aj menších prístrojov. 12. 1. prejde Zem cez prachové častice uvoľnené z tejto kométy, teda nie je vylúčené, že budeme mať možnosť aj v tomto ročnom období pozorovať nočné svietiace oblaky! Viac informácií je v článku J. Svoreňa *Kométa ISON ide do finále* v tomto čísle.

Podrobnejšie informácie o kométe ISON a možnostiach jej pozorovania sú na stránke *http://www.szaa.org/ison/*.

Meteory

V činnosti je niekoľko slabších rojov, no v polovici decembra majú maximum činnosti Geminidy, jeden z najaktívnejších hlavných rojov. Prepočítaná frekvencia (ZHR) dosahuje 120 meteorov za hodinu, no v tomto roku bude pozorovanie možné len na presvetlenej oblohe, nakoľko Mesiac je len krátko pred splnom. Podobná situácia je aj u vianočných Ursíd, no keďže je radiant cirkumpolárny, má dostatočnú výšku nad obzorom už po súmraku, a tak pozorovanie je možné v maxime až do východu Mesiaca okolo 21. hodiny.

Výborné pozorovacie podmienky sú počas maxima Kvadrantíd, ktorých ostré maximum nastane 3. 1. o 20:30, teda pri dolnej kulminácii radiantu. Kvadrantidy majú veľa jasných meteorov, a tak ich pozorovanie je skutočným zážitkom, nakoľko ZHR dosahuje 120.

Pavol Rapavý

Meteorické roje (december 2013 – január 2014)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
Monocerotidy (MON)	27. 11. –17. 12.	9. 12.	257°	100°	+08°	42	3,0	2
σ Hydridy (HYD)	3. 12. –15. 12.	12. 12.	260°	127°	+02°	58	3,0	3
Geminidy (GEM)	4. 12. – 17. 12.	14. 12.	262,2°	112°	+33°	35	2,6	120
Koma Berenicidy (COM)	12. 12. – 23. 12.	16. 12.	264°	175°	+18°	65	3,0	3
dec Leo Minoridy (DLM)	5. 12. – 4. 2.	19. 12.	268°	161°	+30°	64°	3,0	5
Ursidy (URS)	17. 12. – 26. 12.	22. 12.	270,7°	217°	+76°	33	3,0	10
Kvadrantidy (QUA)	28. 12. – 12. 1.	3. 1.	283,16°	230°	+49°	41	2,1	120

Tabuľky východov a západov
(december 2013 – január 2014)

Slnko

			Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 12.	7:10	15:48	6:34	16:23	5:55	17:03	5:18	17:41
6. 12.	7:16	15:46	6:40	16:22	6:00	17:02	5:23	17:40
11. 12.	7:22	15:45	6:45	16:21	6:05	17:02	5:27	17:40
16. 12.	7:26	15:46	6:49	16:22	6:09	17:03	5:31	17:41
21. 12.	7:29	15:48	6:52	16:24	6:12	17:05	5:34	17:43
26. 12.	7:31	15:51	6:54	16:27	6:14	17:08	5:36	17:46
31. 12.	7:32	15:55	6:55	16:31	6:15	17:11	5:37	17:50
5. 1.	7:31	16:00	6:55	16:36	6:15	17:16	5:37	17:54
10. 1.	7:30	16:06	6:53	16:42	6:14	17:21	5:37	17:59
15. 1.	7:27	16:12	6:51	16:48	6:12	17:27	5:35	18:04
20. 1.	7:23	16:20	6:48	16:55	6:09	17:34	5:32	18:10
25. 1.	7:18	16:27	6:43	17:02	6:05	17:40	5:28	18:17
30. 1.	7:12	16:35	6:38	17:09	6:00	17:47	5:24	18:23

Mesiac

	Východ	Západ
1. 12.	5:00	14:49
6. 12.	9:58	20:08
11. 12.	12:30	0:59
16. 12.	15:26	6:13
21. 12.	20:05	9:30
26. 12.	0:17	11:37
31. 12.	6:01	15:15
5. 1.	9:38	21:34
10. 1.	12:06	2:09
15. 1.	15:59	6:26
20. 1.	21:02	8:51
25. 1.	1:26	11:16
30. 1.	6:21	16:28

Merkúr

	Východ	Západ
1. 12.	5:47	15:07
6. 12.	6:10	15:06
11. 12.	6:33	15:08
16. 12.	6:56	15:13
21. 12.	7:17	15:21
26. 12.	7:35	15:33
31. 12.	7:50	15:49
5. 1.	8:01	16:09
10. 1.	8:09	16:33
15. 1.	8:13	17:01
20. 1.	8:12	17:29
25. 1.	8:07	17:55
30. 1.	7:57	18:15

Venuša

	Východ	Západ
1. 12.	10:33	18:34
6. 12.	10:20	18:33
11. 12.	10:03	18:28
16. 12.	9:43	18:20
21. 12.	9:19	18:08
26. 12.	8:51	17:52
31. 12.	8:19	17:30
5. 1.	7:45	17:04
10. 1.	7:09	16:35
15. 1.	6:33	16:05
20. 1.	6:01	15:36
25. 1.	5:33	15:10
30. 1.	5:10	14:46

Mars

	Východ	Západ
1. 12.	0:32	13:06
6. 12.	0:26	12:51
11. 12.	0:21	12:36
16. 12.	0:15	12:22
21. 12.	0:08	12:07
26. 12.	0:01	11:52
31. 12.	23:52	11:38
5. 1.	23:44	11:22
10. 1.	23:36	11:07
15. 1.	23:27	10:51
20. 1.	23:17	10:35
25. 1.	23:06	10:20
30. 1.	22:54	10:04

Jupiter

	Východ	Západ
1. 12.	18:29	10:16
6. 12.	18:07	9:55
11. 12.	17:45	9:34
16. 12.	17:22	9:12
21. 12.	16:59	8:50
26. 12.	16:36	8:28
31. 12.	16:13	8:07
5. 1.	15:51	7:45
10. 1.	15:28	7:23
15. 1.	15:04	7:01
20. 1.	14:41	6:39
25. 1.	14:19	6:17
30. 1.	13:57	5:55

Saturn

	Východ	Západ
1. 12.	5:07	14:53
6. 12.	4:50	14:34
11. 12.	4:33	14:16
16. 12.	4:16	13:58
21. 12.	3:59	13:40
26. 12.	3:43	13:22
31. 12.	3:25	13:03
5. 1.	3:08	12:45
10. 1.	2:50	12:26
15. 1.	2:32	12:08
20. 1.	2:15	11:49
25. 1.	1:57	11:31
30. 1.	1:39	11:12

Urán

	Východ	Západ
1. 12.	13:15	1:49
6. 12.	12:55	1:29
11. 12.	12:35	1:09
16. 12.	12:15	0:49
21. 12.	11:56	0:29
26. 12.	11:37	0:10
31. 12.	11:17	23:47
5. 1.	10:57	23:28
10. 1.	10:38	23:09
15. 1.	10:18	22:49
20. 1.	9:59	22:30
25. 1.	9:40	22:12
30. 1.	9:20	21:53

Neptún

	Východ	Západ
1. 12.	12:05	22:28
6. 12.	11:46	22:09
11. 12.	11:27	21:50
16. 12.	11:07	21:31
21. 12.	10:47	21:11
26. 12.	10:28	20:52
31. 12.	10:08	20:33
5. 1.	9:49	20:14
10. 1.	9:30	19:56
15. 1.	9:10	19:37
20. 1.	8:51	19:18
25. 1.	8:31	18:59
30. 1.	8:12	18:40

Kalendár úkazov a výročí
(december 2013 – január 2014)

dátum	SEČ	
1. 12.	23,4	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 0,2° severne)
1. 12.	9,8	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,1° severne)
3. 12.	1,4	Mesiac v nove
3. 12.		40. výročie (1973) obletu Jupitera sondou Pioneer 10
4.12.	11,2	Mesiac v prízemí (360 065 km)
5.12.	23,4	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 7° južne)
6. 12.		asteroid (64) Angelina v opozícii (10,6 mag)
6.12.		110. výročie (1903) narodenia F. C. Powela
8. 12.		asteroid (505) Cava v opozícii (10,6 mag)
8. 12.	14,1	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4,5° južne)
9. 12.	16,2	Mesiac v prvej štvrti
9. 12.		maximum meteorického roja Monocerotidy (ZHR 2)
11. 12.	6,9	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 2,4° južne)
11. 12.		150. výročie (1863) narodenia A. J. Cannonovej
12. 12.		maximum meteorického roja σ Hydridy (ZHR 3)
14. 12.		100. výročie (1913) narodenia V. J. Stepanova
14. 12.	6,7	maximum meteorického roja Geminidy (ZHR 120)
14. 12.		510. výročie (1503) narodenia M. Nostradamusa
15. 12.		100. výročie (1913) narodenia M. Rukeysera
16. 12.		maximum meteorického roja Koma Berenicidy (ZHR 3)
17. 12.	10,5	Mesiac v splne
17. 12.		110. výročie prvého letu lietadla bratov Wrightovcov
18. 12.	2,4	Urán v zastávke, začne sa pohybovať priamo
19. 12.	6,5	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,7° severne)
19. 12.		maximum meteorického roja dec. Leo Minoridy (ZHR 5)
20. 12.	0,9	Mesiac v odzemí (406 271 km)
20. 12.	20,6	Venuša v zastávke, začne sa pohybovať spätne
21. 12.		35. výročie (1978) pristátia Venery 12 na Venuši
21. 12.	18,2	zimný slnovrat, začiatok astronomickej zimy
21. 12.		45. výročie štartu Apolla 8 (Borman, Lovell, Anders)
22. 12.	0,9	Merkúr v odslní (0,4667 AU)
22. 12.	15,0	maximum meteorického roja Ursidy (ZHR 10)
23. 12.		asteroid (532) Herculina v opozícii (9,4 mag)
23. 12.		kométa ISON sa stáva cirkumpolárnou
24. 12.		50. výročie (1963) založenia Deep Space Network
25. 12.	13,3	Merkúr najďalej od Zeme (1,44542 AU)
25. 12.		35. výročie (1978) pristátia Venery 11 na Venuši
25. 12.	14,8	Mesiac v poslednej štvrti
25. 12.	23,2	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,9° severne)
26. 12.		110. výročie (1903) narodenia W. Gleißberga
26. 12.		kométa ISON najbližšie k Zemi (64,2 milióna km)
29. 12.	0,7	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,4° severne)
29. 12.		60. výročie (1953) narodenia L. Kulčára
29. 12.	7,6	Merkúr v hornej konjunkcii
1. 1.	12,2	Mesiac v nove
1. 1.	14,3	Pluto v konjunkcii so Slnkom
1. 1.	14,8	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 5,8° južne)
1. 1.	22,0	Mesiac v prízemí (356 923 km)
2. 1.		asteroid (51) Nemausa v opozícii (10,4 mag)
2. 1.	12,4	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,1° južne)
2. 1.		55. výročie (1959) štartu Luny 1
3. 1.	1,4	Mars v odslní (1,66607 AU)
3. 1.		260. výročie (1754) narodenia J. Pasquicha
3. 1.	20,5	maximum meteorického roja Kvadrantidy (ZHR 120)
3.1.		kométa 276P/Vorobjov najbližšie k Zemi (3,281 AU; 19,9 mag)
3. 1.	23,7	Pluto najďalej od Zeme (33,55545 AU)
4. 1.	11,8	Zem najbližšie k Slnku (0,98333 AU)
4. 1.		10. výročie (2004) pristátia MER-A (Spirit) na Marse
4. 1.	19,3	Jupiter najbližšie k Zemi (4,21044 AU)
5. 1.	1,3	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4,6° južne)
5. 1.		45. výročie (1969) štartu Venery 5
5. 1.	22,1	Jupiter v opozícii
6. 1.		205. výročie (1809) narodenia O. Petzvala
7. 1.	12,1	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 2,0° južne)
8. 1.	4,7	Mesiac v prvej štvrti
8. 1.		asteroid (19) Fortuna v opozícii (9,7 mag)
10. 1.	20,8	Venuša najbližšie k Zemi (0,26612 AU)
10. 1.		45. výročie (1969) štartu Venery 6
11. 1.		asteroid (11) Parthenope v opozícii (9,9 mag)
11. 1.	13,4	Venuša v dolnej konjunkcii
15. 1.	6,0	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,6° severne)
16. 1.	2,9	Mesiac v odzemí (406 533 km)
16. 1.	5,9	Mesiac v splne
16. 1.		(20000) Varuna v opozícii (42,72 AU; 20 mag)
23. 1.	3,5	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,2° severne)
24. 1.	2,8	Venuša v prísln (0,71845 AU)
24. 1.	6,3	Mesiac v poslednej štvrti
25. 1.		20. výročie (1994) štartu mesačnej sondy Clementine
25. 1.		10. výročie pristátia MER-B (Opportunity) na Marse
25. 1.	15,6	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,2° severne)
28. 1.		asteroid (18) Melpomene v opozícii (9,3 mag)
29.1.	2,7	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 3,0° severne)
30. 1.		asteroid (32) Pomona v opozícii (10,8 mag)
30. 1.	11,0	Mesiac v prízemí (357 080 km)
30. 1.	22,6	Mesiac v nove
31. 1.	10,7	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (18,4°)
31. 1.	20,2	Venuša v zastávke, začne sa pohybovať priamo
1. 2.	5,7	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 3,1° južne)
1. 2.	11,0	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 4,0° južne)

EWASS 2013
v Turku – Fínsko

Určite sa už mnohí čitatelia Kozmosu stretli so skratkou EWASS a pravdepodobne aj vedia, že označuje každoročné astronomické podujatia v Európe. Aby sme však hlbšie pochopili jej význam, musíme sa pozrieť do histórie. V roku 1990, po významných politických zmenách v Európe, bola založená Európska astronomická spoločnosť (EAS), ako obdoba jednotlivých národných astronomických spoločností. To ale znamená, že EAS združuje všetky astronomické spoločnosti v Európe, prípadne aj ďalšie, ktoré o to požiadajú. Aj naša Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV (SAS pri SAV) je členom EAS. Z mimoeurópskych členov môžeme spomenúť Arménsku astronomickú spoločnosť (ARAS) alebo Tureckú astronomickú spoločnosť (TAD). Úlohou EAS je presadzovanie pokroku a rozvoja astronómie v Európe. Každý astronóm sa môže stať jej členom, bez ohľadu na krajinu pôvodu a zameranie svojej práce. Okrem toho sa organizačnými členmi EAS môžu stať aj rôzne spoločnosti, vydavateľstvá, prípadne neziskové organizácie podporujúce astronomický výskum.

Od roku 1992 EAS organizuje každoročné vedecké stretnutia *JENAM* (Joint European and National Astronomical *Meeting*), vždy s niektorou národnou astronomickou spoločnosťou. Prvé takéto stretnutie sa konalo v Belgicku v meste Liège. Dobre sa pamätám, že na tomto stretnutí sa zúčastnilo aj veľa astronómov zo Slovenska. Tradícia týchto konferencií pokračuje až do súčasnosti, len s tou zmenou, že od roku 2009 dostali nový názov EWASS (European Week of Astronomy and Space Science). No a práve takýto týždeň sa tohto roku od 8. do 12. júla konal v univerzitnom meste Turku na brehu Baltického mora.

Počas 22-ročnej tradície sa tieto stretnutia stali veľkou ukážkou rozvoja európskej astronómie, modernizácie a vývoja nových astronomických prístrojov a observatórií a v neposlednom rade aj veľmi nákladných kozmických projektov. Na každom takomto stretnutí sa zúčastňujú stovky astronómov z Európy, no nechýbajú ani účastníci z mnohých štátov zo zámoria. V Turku sa stretlo 598 astronómov z 51 krajín, ktorí predniesli stovky referátov a prezentovali stovky posterov. Význam a rozsah tejto akcie dokumentuje aj jej bohatý program. Počas 5 dní sa v priestoroch kongresového centra LOGOMO uskutočnilo 12 tematických sympózií, 14 špeciálnych zasadnutí, 9 pracovných stretnutí, zaznelo 6 plenárnych prednášok a uskutočnilo sa jedno valné zhromaždenie. Bol som rád, že na tejto významnej konferencii bolo zastúpené aj Slovensko, aj keď len štyrmi účastníkmi (Dr. Ivan Dorotovič, PhD., Dr. Rudolf Gális, PhD., Dr. Marián Lorenc a Dr. Ladislav Hric, CSc.). Do programu sme však prispeli dostatočne, celkovo sme prezentovali 8 posterov a ja som pre členov výboru EAS predniesol návrh na konanie EWASS. V rámci SAS pri SAV sme si podali prihlášku na usporiadanie takejto významnej konferencie pre rok 2015. Naším návrhom sme výberovej komisii poriadne zamiešali karty, keďže naša prezentácia pozývala európskych astronómov do našich Vysokých Tatier do hotela Bellevue, ktorý by zvládol aj takúto náročnú akciu. Napriek veľkému záujmu o náš návrh zvíťazili kolegovia z Kanárskych ostrovov, ktorí mohli ponúknuť ešte viac. Nám vytýkali nedostatočné letecké spojenie so svetom, ktoré je potrebné pre účasť astronómov z takého veľkého množstva krajín z celej zemegule. Nevadí, v budúcnosti môžeme našu kandidatúru zopakovať a na Kanárske ostrovy sa tiež radi pozrieme.

V rámci kultúrneho programu som privítal možnosť navštíviť observatórium Tuorla, ktoré leží v typických fínskych lesoch, 12 km východne od Turku. Observatórium bolo založené v roku 1952 ako náhrada za staré observatórium v blízkosti centra mesta, kde už začalo prekážať svetelné znečistenie z rozvíjajúcej sa priemyselnej oblasti. Dnes je observatórium časťou oddelenia fyziky a astronómie na Univerzite Turku. Pod observatóriom sa nachádza 51 m dlhý tunel, v ktorom sú zariadenia na veľmi presné brúsenie astronomických zrkadiel. Podľa informácií od pracovníkov observatória sa v ich optických laboratóriách dosahuje najvyššia presnosť na svete pri brúsení a leštení zrkadiel (5 nm), a preto to boli práve oni, ktorí v roku 2004 až 2005 vyrobili zrkadlo s priemerom 3,5 m pre satelit Herschel. Aj ich ďalšie zrkadlá sa používajú najmä na astronomický výskum z kozmického priestoru. Na výrobu zrkadiel sa používa veľmi tvrdý karbid kremíka (SiC), ktorý je však veľmi pevný a tým hmotnosť zrkadiel klesla pod 30 kg na meter štvorcový plochy zrkadla, čo sa cení najmä pre využitie v prípade kozmických ďalekohľadov.

Pracovná atmosféra tohtoročného EWASS ma príjemne prekvapila a odporúčam ho každému aj na budúce leto, keď sa bude konať v Ženeve vo Švajčiarsku.

Dr. LADISLAV HRIC, CSc.
Astronomický ústav SAV

Jedinými účastníkmi zo Slovenska boli: zľava Dr. Marián Lorenc, Dr. Ivan Dorotovič, PhD., Dr. Rudolf Gális, PhD. a Dr. Ladislav Hric, CSc.

Účastníci EWASS 2013 počas prestávky v oddychovej zóne LOGOMO.

Betónová veža v Observatóriu Tuorla ukrýva 1 m ďalekohľad.

Nova **v súhvezdí Delfína 2013**

O nove v súhvezdí Delfína som sa dozvedel 15. augusta 2013 zo stránky ČASu, žiaľ, až po príchode z letného astronomického tábora vo Vrchteplej (mal som tam prednášku) a nasledujúcom pozorovaní planétkového zákrytu na pozorovateľni Na Malom dieli (spolu s A. Šiserom). V ten deň som sa popoludní navyše vrátil z pozorovania meteorov z Valachova a okolo polnoci som mal všetkého dosť; už nebolo sily, ktorá by ma dostala späť k ďalekohľadu.

Vynahradili sme si to nasledujúci večer. V piatok 16. 8. 2013 sme už po druhý raz v tomto roku v spolupráci s Považským múzeom v Žiline organizovali v rámci nočnej prehliadky hradu Strečno večerné verejné pozorovanie „pojazdnou" hvezdárňou. Kým asi dve stovky nadšených návštevníkov pozorovali Saturn a Mesiac, urobil som statickou kamerou (Canon 550D) niekoľko snímok súhvezdia Delfín a okolia novy. Postupne som skúšal ohniskovú vzdialenosť (objektívom Canon 18-135 mm/f 3,5 – 5,6) a expozície, kým sa neprejaví zdanlivý pohyb oblohy. Pohľadu neprial ani Mesiac tri dni po prvej štvrti a ani riedka vysoká oblačnosť, preto nie div, že pri voľbe parametrov zvíťazili extrémy: ISO 1600, ohnisko 18 mm (ekvivalentné 29 mm na 24×36) a čas 5 sekúnd pri clone f/4,5 („plnú dieru" zvládnu iba „lepšie" objektívy, bez ohľadu na značku...). Na prezentačné snímky som zvolil dvojnásobnú expozíciu. Nova je na nich zreteľne viditeľná, vďaka vysokej oblačnosti a blízkosti Mesiaca však nebola pozorovateľná voľným okom. Ako sa ukázalo neskôr, aj pri čase 5 sekúnd bola hviezda pre DSLR fotometriu príliš exponovaná a snímky sú na hranici použiteľnosti...

Ďalšie, pointované snímky, som získal až v nedeľu, 18. augusta večer na pozorovateľni na Malom dieli. Opäť som experimentálne našiel vhodné ohnisko (50 mm) a expozíciu (10 sekúnd pri ISO 1600, f/8) na spracovanie a aj na prezentáciu. Nova pre jasný blízky Mesiac však opäť nebola pozorovateľná voľným okom.

V nasledujúci pracovný deň mi napadlo, že z 96 snímok kvázi „rybím okom" (Sigma 3,5/8 mm, clonených na f/4,5), získaných medzi 11. a 15. augustom na pozorovaní Perzeíd by niektoré mohli byť ešte bez novy a iné s ňou! Posledná „predobjavová" snímka bola exponovaná 12. 8. o 21:33 UT minútovou expozíciou, a na nej nova ešte nie je. Potom nasledoval deň a noc nepriazne počasia a môj prvý poobjavový obrázok je zo 14. 8. od 21:41 UT, opäť minútová expozícia. Aj bez merania je na ňom zrejmé, že jasnosť novy je asi 6,0 mag. (Pozri na *http://www.aavso.org/sites/default/files/Nova%20Del%202013%20Binocular%20chart.png*)

V tejto súvislosti mi prišla na um otázka, ktorú môže čitateľ chápať aj ako výzvu: **Nova Del 2013 bola objavená 14. 8. o 14:00 UT. Nemá niekto vo svojom archíve snímku súhvezdia Delfína z rána 14. augusta?** Na Valachove sme denne držali pohotovosť až do 02:00 SELČ (00:00 UT), ale nevyjasnilo sa. Vzostup jasnosti napr. N Sgr 2011 o jednu magnitúdu (pred maximom jasnosti) trval až 1,5 dňa a tak podobnou jednoduchou fotografickou zostavou bola nova možno registrovateľná už 14. augusta ráno. Podľa dostupných informácií od objaviteľa, na snímke z predchádzajúceho dňa (13. 8.) nova ešte nie je...

Prehľadať fotografické archívy z tohtoročných Perzeíd by preto možno stálo za pozornosť.

Miroslav Znášik, Krajská hvezdáreň v Žiline

Cesta **Slnečnou sústavou a súhvezdiami**

V poslednú septembrovú nedeľu usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach 22. ročník tradičného zábavno-náučného podujatia Cesta Slnečnou sústavou a súhvezdiami venovaného deťom od 3 do 12 rokov. Deti v sprievode rodičov prichádzali do michalovského lesoparku na Hrádku, kde postupne prechádzali jednotlivými stanovišťami a plnili rôzne úlohy súvisiace s vesmírnymi objektmi. Na Mesiaci zbierali horniny a odnášali ich do rakety, vyskúšali si chôdzu v „kozmonautických" galošiach. Červou dierou prechádzali z jedného vesmíru do druhého. Na Marse, ktorý je bohom vojny, absolvovali prekážkovú bojovú dráhu a mohli si poprezerať vojenské autá, zbrane a veľké delo. Na Povozníkovi sa vozili na lanovke, Drakovi loptičkami stínali hlavy, na meteorite skákali na trampolíne a na Strelcovi si mohli zastrieľať zo skutočného luku a kuše. Na Malom voze mali k dispozícii vozíky, na ktorých ich mohli rodičia povoziť. Na Slnku triafali do slnečných škvŕn a na Saturne si zacvičili s prstencom hula-hop. Tímovú spoluprácu si mohli vyskúšať pri úlohe s balansovníkom, kde sa snažili obrie planéty umiestniť do správnych prstencov. Spolupracovať museli medzi sebou aj pri hre s psychomotorickými padákmi, kde sa zahrali na čiernu dieru. Na Veľkom voze roznášali hviezdičky a na trojsúhvezdí Havran, Pohár a Hydra prenášali po slalomovej dráhe živú vodu. Dievčatá zo Základnej umeleckej školy v Michalovciach namaľovali deťom podľa ich želania na tvár znamenia Zvieratníka a na terase deti skladali puzzle z náučných obrázkov. Deti, ktoré prišli na podujatie vo vesmírnych maskách, sa porote predviedli na terase pred hvezdárňou a tá vybrala štyri masky s najlepším nápadom a prevedením, ale odmenené boli všetky masky. Kupola na hvezdárni bola prístupná všetkým návštevníkom, ktorí si mohli pozrieť Slnko ďalekohľadom. V posluchárni sa premietali rozprávky a počas podujatia dvakrát odznel blok zaujímavých rozprávaní z astronómie. Každý detsky účastník dostal aj balíček sladkostí.

Podujatia sa zúčastnilo 650 detí a aspoň toľko rodičov, ktorí ich na ceste sprevádzali, čiže viac než 1 300 ľudí. Okrem hlavného organizátora, ktorým je Hvezdáreň v Michalovciach – kultúrne zariadenie KSK, ochotne pomohli vojaci z vojenského útvaru v Michalovciach a tiež dobrovoľníci z radov krúžkarov a ich priatelia, ktorí usmerňovali návštevníkov.

Podujatie bolo podporené finančnou čiastkou z programu Terraincognita, vďaka čomu mohla byť opravená terasa pred hvezdárňou a doplnené ďalšie zaujímavé stanovištia, ktoré budú využité aj v ďalších rokoch. Aj mesto Michalovce podporilo finančne toto podujatie. Poďakovanie patrí aj Technickým službám Michalovce, ktoré pomohli s prípravou areálu, cukrárni Ivéria a cukrárni Sladký svet za krásne tortičky pre deti v maskách, veľkoobchodu s potravinami Labaš za časť balíčkov sladkostí a tlačiarni Burať.

Mgr. Gabriela Kramáreková

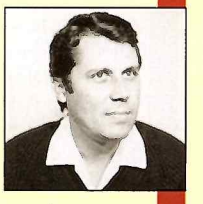
Astronomická ročenka 2014

Zostavil: RNDr. Eduard Pittich

Publikácia je najnovším titulom Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove. Obsahuje základné časové a polohové údaje nebeských objektov na oblohe od januára do decembra 2014. Sú v nej aktuálne informácie o pohyboch Slnka, Mesiaca a planét na oblohe, o meteorických rojoch, kométach, trpasličích planétach a planétkach, Galileiho mesiačikoch, zatmeniach Slnka a Mesiaca, premenných hviezdach a pod. Obsahuje aj mnohé poučné články: Novinky z meteorickej astronómie, Zákryty hviezd a planét Mesiacom, Jednoduchý seizmograf pre astronomické krúžky, Astronomické a fyzikálne údaje a Časové signály. Je užitočnou pomôckou pre všetkých záujemcov o pozorovanie hviezdnej oblohy.

Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese: Slovenská ústredná hvezdáreň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo (tel. 035/2451102, 035/2451108, 035/2451109 fax: 035/7602487, e-mail: suh@suh.sk, suhlib@suh.sk), alebo priamo zakúpiť vo všetkých hvezdárňach a planetáriách na Slovensku. (Cena: 2,66´ euro)

Jubilant



Nedávno oslávil významné životné jubileum – **80 rokov veku** – dlhoročný astronóm amatér a popularizátor astronómie a kozmonautiky **Štefan Očovský** zo Zlatých Moraviec. Narodil sa 19. 9. 1933 a v uvedenom meste už vyše štyridsať rokov vyvíja dobrovoľné aktivity medzi záujemcami o astronómiu i medzi širokými vrstvami obyvateľov.

Prvé organizované kroky v oblasti amatérskej astronómie však urobil v Hlohovci, kde bol v roku 1969 prijatý za člena MO SZA a o rok neskôr vstúpil aj do radov členov SAS pri SAV.

V roku 1972 založil a viedol astronomický krúžok dospelých pri ZK ROH Calex v Zlatých Moravciach. Keďže astronómia si získavala čoraz viac prívržencov aj medzi mládežou, našiel si čas a v roku 1974 založil a odborne riadil krúžok mladých pri Odbornom učilišti Calex v Zlatých Moravciach. Neskôr inicioval i založenie krúžku pri Gymnáziu Janka Kráľa v Zlatých Moravciach, kde aktívne pomáhal odbornými radami, bohatými vedomosťami a praktickými skúsenosťami. Úzko spolupracoval s hvezdárňami v Hlohovci a v Nitre. Dlhé roky neúnavne propagoval a popularizoval astronómiu a kozmonautiku, organizoval podujatia pre členov krúžkov i pre širokú verejnosť a uskutočnil množstvo prednášok, besied, tematických večerov a verejných pozorovaní objektov na oblohe astronomickými ďalekohľadmi.

V súčasnosti sa venuje stavbe optických astronomických prístrojov. Zhotovil niekoľko ďalekohľadov, z ktorých si najviac cení reflektor Newton 152/1210 na paralaktickej montáži s elektrickým posuvom, kde pri realizácii uplatnil niekoľko vlastných nápadov a vylepšení.

K významnému životnému jubileu mu prajeme veľa zdravia, šťastia a ešte mnoho dní a nocí venovaných astronómii.

Mgr. Peter Poliak

Ebicykel Slovenských Astronómov

XX. ročník – Tour de ESA

Je za nami jubilejný XX. ročník podujatia ESA s naplánovanou trasou cez tri krajiny – Slovensko, Česko a Rakúsko. Konal sa v termíne od 20. do 26. júla 2013 na trase Partizánske – Veselí na Moravou – Brno – Třebíč – Znojmo – Závod – Slovenský Grob – Partizánske. Okrem etapových miest sme navštívili aj astronomické observatórium v Modre. Celý ročník sa niesol v znamení pekného a slnečného počasia.

Aj tento ročník sme začali vo Hvezdárni Partizánske, odkiaľ ráno vyrážala relatívne veľká skupinka desiatich cyklistov, ku ktorým sa postupne po trase pridávali ďalší. Prvý oddych bol v Bánovciach nad Bebravou na autobusovej zastávke, potom sme sa vyhli hlavnej ceste cez Držkovce a Dubodiel. Za Trenčianskou Turnou sme pokračovali smerom na hrad Beckov, ktorý je jednou z najimpozantnejších kultúrnych pamiatok Slovenska. Pokračovali cez pohorie Bielych Karpát smerom na Veľkú Javorinu s nadmorskou výškou 968 metrov n. m., kadiaľ prechádza štátna hranica medzi Slovenskom a Českom. Spustili sme sa cez Vápenky a Boršice u Blatnice. Odtadiaľ to bolo do Veselí nad Moravou už len pár kilometrov. Niektorí ebicyklisti dorazili do cieľa až pri západe slnka. Táto trasa bola najdlhšia z celého výletu, bezmála 150 kilometrov, a zároveň aj s najväčším prevýšením. Pán riaditeľ Ľubomír Kazík nás vo hvezdárni srdečne privítal. Nocľah bol v priestoroch prednáškovej sály a pozorovateľne, kde je umiestnený hlavný ďalekohľad MADE LX200 Schmidt-Cassegrain so zrkadlom o priemere 355 mm. Priemer tejto kupoly je 5 metrov. Náplňou práce tejto hvezdárne je hlavne popularizácia a vzdelávacia aktivita v oblasti astronómie a príbuzných prírodných vied. Taktiež sa zaoberajú fotografovaním jasných meteorov, tzv. bolidov. V tomto smere spolupracujú s astronomickým ústavom Akadémie vied ČR so sídlom v Ondřejove.

Na druhý deň ráno sme vyrazili do najväčšieho mesta Moravy a druhého najväčšieho mesta Čiech, Brna. Táto etapa bola o čosi kratšia ako predchádzajúca, ale kopcov bolo celkom dosť. Urobili sme ranný nákup a vyrazili cyklocestou cez lesy do Ratíškoviec. Nasledovali Velké Hostěrádky a Bošovice. V tom čase už bolo Brno na dohľad, ale ešte stále dosť ďaleko. Pelotón sa cestou postupne roztrhal, takže sme do Brna neprišli všetci spolu. Vzhľadom na fakt, že Brno je veľké mesto a niektorí účastníci ho vôbec nepoznali, museli sa plne spoliehať na svoje navigačné prístroje a mapy. Nakoniec sme to všetci úspešne zvládli a stretli sa v internáte VŠ priamo pod hvezdárňou. Toto mesto disponuje aj patričným observatóriom a planetáriom. Hvezdáreň predstavuje audiovizuálne centrum pre popularizáciu najrôznejších vied, predovšetkým v oblasti živej a neživej prírody. Hneď pri vstupe do exploratória si návštevníci môžu zmerať svoju hmotnosť na rôznych astronomických telesách, ako sú planéty Slnečnej sústavy, ale aj iných slnečných sústav, asteroidy, kométy, alebo Jupiterove a Saturnove mesiace. Majú aj rozsiahlu zbierku meteoritov, skamenelín, dokonalé vymodelovanú najväčšiu sopku na Marse Olympus Mons a mnoho iných zaujímavých vecí.

AGO Modra.

Hvezdáreň Veselí nad Moravou.

Pri HaP Brno.

Tretí deň nás čakala trasa dlhá približne 80 km. Vstali sme skoro ráno, naložili batožinu, najedli sa a vyrazili sme k Brnenskej priehrade. Odtiaľ sme pokračovali cestou do Veverskej Bitýšky. Tu niektorí z nás obdivovali kostol svätého Jakuba, chránený ako kultúrna pamiatka Českej republiky. Potom sme zamierili cyklotrasou do doliny Bieleho potoka a nasledovala takpovediac pamätná etapa celého podujatia, keď sme sa museli brodiť cez množstvo malých potôčikov. V Pribyslaviciach sme sa napojili na asfaltku, ktorá nás zaviedla do vytúženej reštaurácie vo Veľkej Bíteši na obed. Nasledovalo ďalšie mesto, Námnešť nad Oslavou a kúpanie vo vodnej nádrži Rathan. Pokračovali sme ďalej cez Vladislav, až sme ešte pred západom slnka dorazili do Třebíča. Ubytovanie bolo vybavené v DDM pri hvezdárni. Stará pozorovateľňa bola postavená v roku 1957 zakladajúcimi členmi miestneho astronomického krúžku. Po vykradnutí a zničení hlavného ďalekohľadu v roku 1959 bola dvadsať rokov opustená a chátrala. Nová, pôvodne provizórna pozorovateľňa hvezdárne v Třebíči, bola postavená pre ďalekohľad Meniscas-Cassegrain 150/2200 na konci roku 1985. Robia sa tu klasické pozorovania nočnej oblohy a v prípade nepriaznivého počasia prebieha simulácia javov na zariadení v učebnej sále hvezdárne.

Štvrtá etapa mala cieľ v obci Suchohrdly. Väčšia prestávka nás čakala v obci Jaroměřice nad Rokytnou. Cesta ubiehala po príjemnej asfaltke relatívne rýchlo. Prešli sme cez Pavlice a skratkou po poľnej ceste smerom k vodnej nádrži Vranov do ktorej priteká rieka Dyje. Pokračovali sme cez Čížov a Lukov. Do Znojma to bolo už len približne 10 km. Tešili sme sa na očistu, večeru a príjemný večer strávený v obci Suchohrdly. Ubytovanie bolo zaistené v telocvični na základnej škole. Netrvalo dlho a všetci sme pospali ako muchy.

Piaty deň už bola na niektorých z nás vidieť únava. Dlho sme sa nezdržovali. Po raňajkách sme opustili Znojmo a vydali sa na cestu do Chvaloviec a Jaroslavíc. V blízkosti rieky Dyje sa nachádza pechotné hniezdo MJ-S 15 známe aj pod označením „Závora". Toto opevnenie bolo zahrnuté do celkovej obrany štátu proti Rakúsku spolu s ďalšími niekoľkými ľahšími priľahlými objektmi. Pri Hevlíne sme prekročili hranice, aby sme pokračovali cyklotrasami cez sever Rakúska a naspäť na Slovensko cez hraničný priechod Hohenau. V Moravskom Svätom Jáne padlo vhod posledné kúpanie celého tohto ročníka, a tak sme si to naplno užili. Do Závodu nám chýbalo už iba nejakých 10 kilometrov. Tak ako predchádzajúci deň sme sa ubytovali v priestoroch základnej školy v telocvični. Predtým sme ešte absolvovali návštevu u Martina Horváta, nášho vodiča sprievodného vozidla. Tu sme si mohli pozrieť vlastnoručne skonštruovaný ďalekohľad. Je to NEWTON s priemerom zrkadla 315 mm, ohniskovou vzdialenosťou 1 540 mm na paralaktickej montáži s hľadáčikom 100/450. Celý tento systém je poháňaný automaticky systémom GOTO. Bolo vidieť, že na zhotovenie takéhoto prístroja boli potrebné veľké odborné znalosti ako v oblasti optiky, tak aj strojárstva a elektrotechniky.

Predposledný deň, štvrtok, bolo zrána zamračené a aj trocha mrholilo. Vyzeralo to, že pôjdeme v daždi, ale mraky sa rýchlo roztrhali a my sme sa opäť mohli tešiť zo slnka. Vybrali sme sa smerom na Malacky cez Veľké Leváre. Cesta ubiehala po hlavnej ceste rýchlo aj preto, že táto etapa bola najkratšia zo všetkých. V Rohožníku sme sa radšej zastavili v pohostinstve na doplnenie tekutín, pretože nasledoval horský úsek cez Malé Karpaty do Modry, presnejšie do 12 km vzdialenej hvezdárne. Tu nás jeden z ebicykistov – Jozef Világi, ktorý tu pracuje, previedol celým areálom tohto astronomicko-geofyzikálneho observatória. Srdcom tohto komplexu je administratívna a riadiaca budova s kupolou priemeru 8 m a 600 mm zrkadlovým ďalekohľadom firmy Zeiss so CCD kamerou a 200 mm ďalekohľadom na spoločnej paralaktickej montáži. Vyššie položená „horná budova" s 5-m kupolou obsahuje 240-mm ďalekohľad s CCD kamerou na vzdelávacie účely a 280-mm Schmidt-Cassegrain, taktiež s CCD kamerou na pozorovanie tranzitujúcich exoplanét. Mohli sme sa pozrieť aj do 60-mm chromosférického ďalekohľadu Lunt cez filter v čiare H-α. Do Modry nás čakal zjazd, pri ktorom sme niektorí dosiahli rýchlosť takmer 80 km/h. V kultúrnom dome v Pezinku sme si pozreli zaujímavú výstavu obrazov manželky jedného z ebicyklistov – Františka Erbena.

Záverečný siedmy deň sme mali pred sebou 130 km cestu do Partizánskeho. Vyrazili sme smerom na Viničné, kde sme sa napojili na hlavnú cestu vedúcu do Senca, pokračovali cez Sládkovičovo a Sereď do Nitry. Tu sa naše cesty rozišli. Niektorí ebicyklisti ostali v Nitre, ostatní pokračovali po skupinkách do Partizánskeho. Známa cesta „pod horou" bola našim vodítkom domov. Do Partizánskeho sme dorazili okolo tretej hodiny popoludní.

V podvečer sme si vo hvezdárni vyzdvihli batožinu. Nasledovala rozlúčka s ukončeným XX. ročníkom ebicykla. Zopár defektov nás nemohlo vyviesť z miery a celý ročník sa skončil úspechom, nikto sa nezranil a všetci sme v zdraví dorazili do cieľa. Tento rok sme najazdili úctyhodných 750 km a tešíme sa na ďalší ročník.

František Streicher

Expedícia na bicykloch od hvezdárne ku hvezdárni jubiluje

XXX. EBICYKL Česká půlkopa

(20. – 28. 7. 2013)

Memoriál Róberta Rosu, Václava Slavíka, Lišáka Oldřicha Navrátila, Kúzelníka Žita, PaeDr. Josefa Bartošku, Dušana Krchu, Freddyho Vaclíka a Kosmasky Ing. Evky Krchovej

Přátelé jsou jako hvězdy, nejsou sice občas vidět, ale aj tak jsou stále ZDE....
Motto z knihy Na kole ke hvězdám

Jubilejný 30. ročník Ebicykla je v čase, keď píšem tieto riadky, už iba milou spomienkou na letnú dovolenku. Dovolenku, ktorá pozná iba aktívnu formu oddychu, bicyklovanie v každom počasí, nocovanie na nafukovačke a v lepšom prípadne na žinenke v telocvični. Dovolenku povestnú plienením našich hostiteľov alebo kolegov, nuž husitské tradície sú známe našim národom a našou povinnosťou je ich dodržiavanie. Ale teraz vážne, priznávam, že aj keď doterajšie slová sú pravdivé, moje spomienky sú hlavne o zážitkoch na super partiu priateľov, ochotných pomôcť vždy, keď treba.

Ako a prečo vznikol Ebicykel?

Prvým impulzom bola známa stávka RNDr. J. Grygara s dramaturgom seriálu STV „Okná vesmíru dokorán" s RNDr. Jaroslavom Čorbom. Druhým, rozhodujúcim, bolo publikovanie fejtónu v Technickom magazíne s príznačným názvom „Kolo se mi polámalo". Následná korešpondencia Jiřího Grygara s mladým čitateľom Jaroslavom Soumarom, duchovným otcom Ebicyklu, vyústila v r. 1984 do realizácie nápadu bicyklovať počas letných prázdnin od hvezdárne ku hvezdárni.

Keď sa rozhodlo, že Ebicykl 2013 sa bude trasovať podobne ako historicky 1. ročník, spomínam si na rozpačité reakcie „starých ebipiklov". To, že v r. 1984 tzv. „Českomoravská Pálava" nebola žiadnou prechádzkou po „ordinácii v ružovej záhrade", žiaľ, potvrdzovali etapy s minimálnou dĺžkou 120 km a posledná mala úctyhodných 175 km. Preto nečudo, že aj repríza po tridsiatich rokoch sľubovala slušné 100-kilometrové porcie. Napokon sa problém pridlhých trás vyriešil napríklad aj tak, že moravskú časť ročníka 1984 sme absolvovali v ročníku 2012, v „Moravskom Džbánku".

Jubilejná Expedícia na bicykloch bola slávnostne otvorená na Gymnáziu s planetáriom v Chebe. Po oficiálnom otvorení na nás čakalo niekoľko milých prekvapení. Asi najväčším bol umelecký výtvor Ládu Šmelcera, nadrozmerné leporelo kresieb s karikatúrami ebicyklistov, ktoré boli zvečnené na nových tričkách.

V poradí prvá etapa nám bola predstavená ako ***Železná.*** Jej prvá časť z Chebu do Tachova viedla totiž pozdĺž bývalej „Železnej opony". V cieli etapy nás čakala astronomická zaujímavosť, rodný dom astronóma Josepha Johanna Litrowa (1781 až 1840). Ako bonus nám hostitelia ponúkli dokument NASA, o družiciach STEREO (A+B) a o stereoskopických pohľadoch na Slnko v 3D.

Druhá etapa bola pomenovaná podľa ***Meditačnej záhrady*** alebo Pamätníka obetiam zla v Plzni. Založil ju plukovník Ľuboš Hruška (1927 až 2007), komunistickou totalitou perzekvovaný MUKL (Muž Určený K Likvidácii). V Chebe sme mali možnosť stretnúť sa s jeho synom, farárom Petrom Hruškom. Etapa mala dve astronomické zastávky, hvezdáreň v Plzni a v Rokycanoch. Cestu do cieľa etapy v Rokycanoch viacerí absolvovali až za tmy, ale napriek tomu sa našlo veľa tých, čo neodolali ponuke riaditeľa hvezdárne Karla Halířa pozrieť si Mesiac či Jupiter. Väčšina počas nasledujúceho dopoludnia absolvovala prehliadku vynovenej hvezdárne a skontrolovala, čo sa nové deje na Slnku.

Tretia etapa ***Sadilova*** začala hromadným presunom k Pamätníku demarkačnej čiary medzi americkou a sovietskou armádou v Rokycanoch. Postupne nás zaviedla do svojho cieľa, do Sedlčan, kde sme sa od hostiteľov dozvedeli čo-to o zakladateľovi hvezdárne Josefovi Sadilovi (1919 až 1971). Treba však pripomenúť, že medzi významné osobnosti Sedlčan patrí aj Miroslav Plavec (1925 – 2008), jeden z najvýznamnejších českých astronómov XX. storočia.

Prečo bola etapa pomenovaná ***kochacia***? Obce Křečovice a Osečany sa vďaka režisérovi Menzelovi preslávili ako jeho netradičná filmová „Vesničko má středisková". Veď kto by si nepamätal výroky bodrého vidieckeho doktora, majstrovsky stvárneného Rudolfom Hrušinským st., ktorý

V Mačoviciach u Pavla Kleczka sa slavnostne delí ČSR.

Havlovice: Nastupovať! Najbližšia zastávka je pri rybníku! **Foto: Jiří Říha**

Plienenie v Plzni u Poupů: „kto si dá řízeček?"

namiesto šoférovania sa kochal a kochal... A tak aj my, okrem šliapania do pedálov sme sa kochali a obdivovali okolitú krajinu. Nakoľko táto etapa bola najkratšia zo všetkých, na hvezdárni vo Vlašimi sa mohlo uskutočniť pasovanie nováčikov a pri táboráku do noci spomínať na krásne časy minulé. Veď aj správca hvezdárne Jan Urban patril medzi tých, čo na vlastnej koži zažili 1. ročník, a poznal príhody, na ktoré sa nezabúda.

Je veľmi ťažké stručne opísať aktivity, ktorým sa venoval ***barón Arthur Kraus*** (1854 – 1930). V r. 1912 založil prvú ľudovú hvezdáreň v Čechách, vlastnil prvý motocykel a písací stroj v celej monarchii. Sponzoroval prvý let Jána Kašpara z Pardubíc do Prahy, ale aj cyklistický závod okolo Pardubíc. Na hvezdárni v Úpici sme pozorovali refraktorom zhotoveným na objednávku pre barón Krausa, a hoci je ďalekohľad zánovný kus, stále poskytuje veľmi kvalitný obraz. V súčasnosti nesie jeho meno hvezdáreň v Pardubiciach.

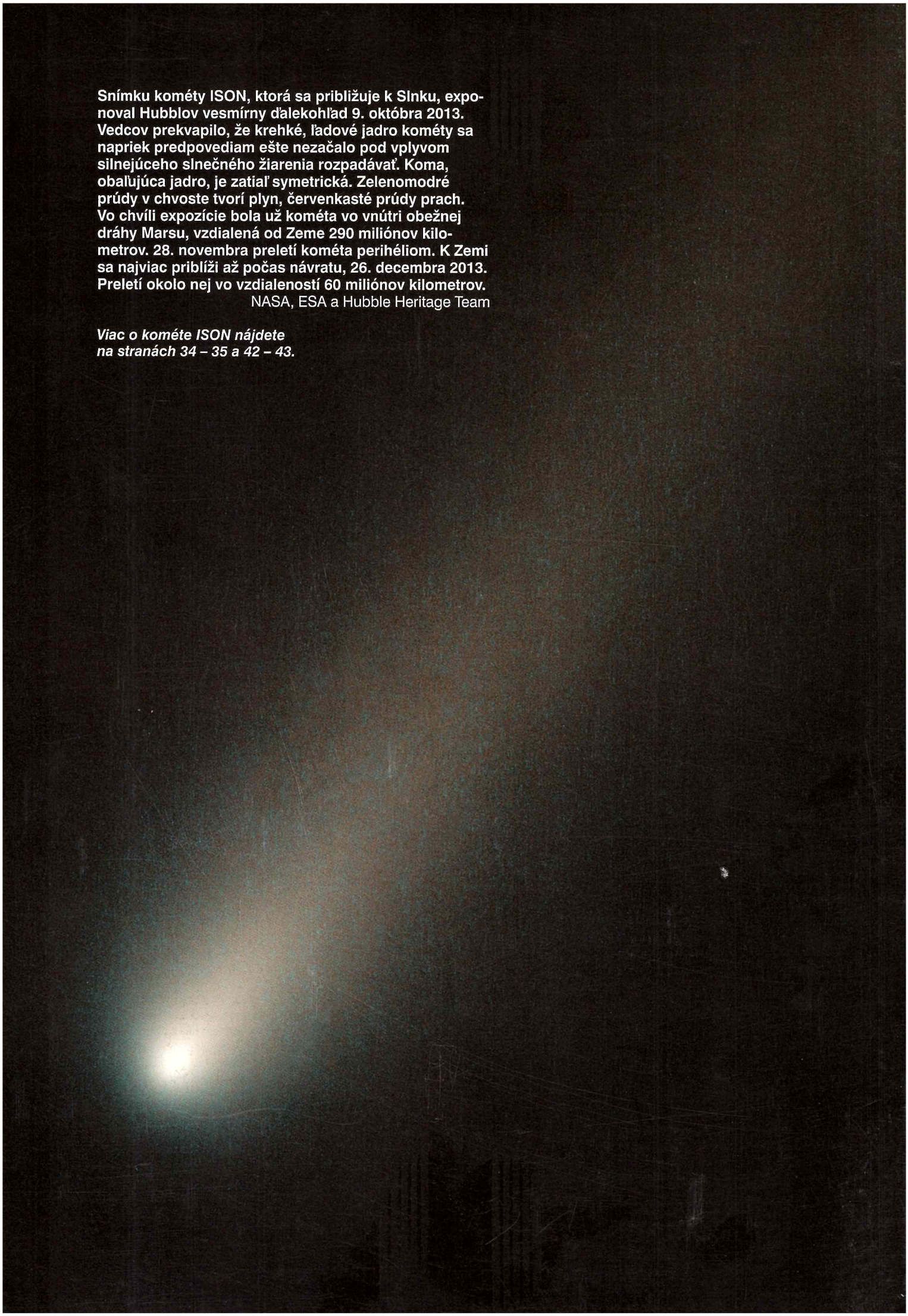
Pomenovať etapu ***krajina rozprávok Karla Čapka*** sa ukázalo opodstatnené, pretože cyklotrasa nás nasmerovala k toku rieky Labe, Úpy, Babičkiným údolím, okolo lesa Krákorka, ktorý je nepochybne domovom Hejkala, lesných víl a iných bytostí. V Havloviciach pri Úpici nás oficiálne prijal starosta obce Ing. Pavel Dvořák a neoficiálne Čapkov rozprávkový zelený mužíček, havlovický vodník. Aj to bol dôvod, že na hvezdáreň v Úpici, ktorá je pre nadšencov astronómie nerozlučne spätá s meteorickými expedíciami, sa väčšina pelotónu škriabala do neskorých nočných hodín, a tak stretnutie s riaditeľom hvezdárne Ing. Bělikom alebo pánom Ladislavom Křivským niektorí „ebipikli" nestihli a radšej išli spať, lebo hodín bolo veľa a cesta do zajtrajšieho cieľa ďaleká...

Sobotňajšia ***záverečná, podhorská*** etapa sa kľukatila z Úpic do Rtyně v Podkrkonoší, kde bola možnosť navštíviť hvezdáreň Jiřího Drbohlava, cez Horný Kostelec s možnosťou zastávky na súkromnej pozorovateľni astrofotografa Jana Hovada. Ďalšie cesty-necesty pelotón Ebicyklu pomaly približovali k svojmu cieľu, do Sloupnice u Českej Třebovej a nášmu hostiteľovi Ing. Jiřímu Veselému.

S odstupom času môžem konštatovať, že všetko dopadlo nad očakávanie dobre a dôkazom tohto faktu sú záverečné oslavy okrúhleho jubilea v Sloupnici na Morave, ktoré trvali až do rána bieleho.

Dnes už Ebicykel 2013 „Česká Půlkopa" patrí histórii. Nič to preto, o rok sa napíše jej ďalšie pokračovanie.

Katarína Žilinská-Csereová



Snímku kométy ISON, ktorá sa približuje k Slnku, exponoval Hubblov vesmírny ďalekohľad 9. októbra 2013. Vedcov prekvapilo, že krehké, ľadové jadro kométy sa napriek predpovediam ešte nezačalo pod vplyvom silnejúceho slnečného žiarenia rozpadávať. Koma, obaľujúca jadro, je zatiaľ symetrická. Zelenomodré prúdy v chvoste tvorí plyn, červenkasté prúdy prach. Vo chvíli expozície bola už kométa vo vnútri obežnej dráhy Marsu, vzdialená od Zeme 290 miliónov kilometrov. 28. novembra preletí kométa perihéliom. K Zemi sa najviac priblíži až počas návratu, 26. decembra 2013. Preletí okolo nej vo vzdialenosti 60 miliónov kilometrov.

NASA, ESA a Hubble Heritage Team

Viac o kométe ISON nájdete na stranách 34 – 35 a 42 – 43.