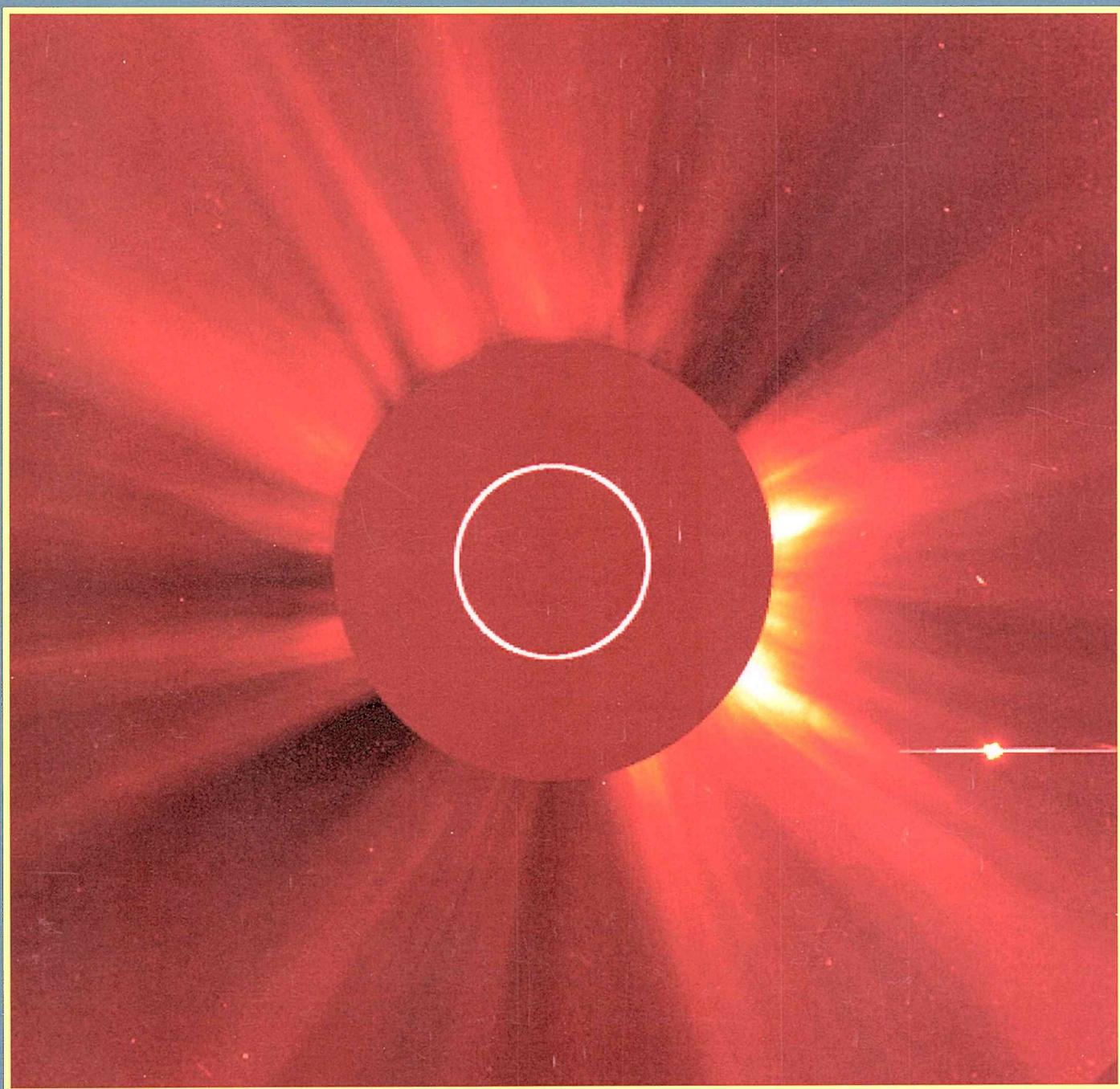


Číslo 4 * august – september 2014 * Ročník 45 * Cena 1,80 €

KOZMOS



Slniečny seminár 2014



**Pôrodné kľče
vesmíru**

Chýbajúci vesmír

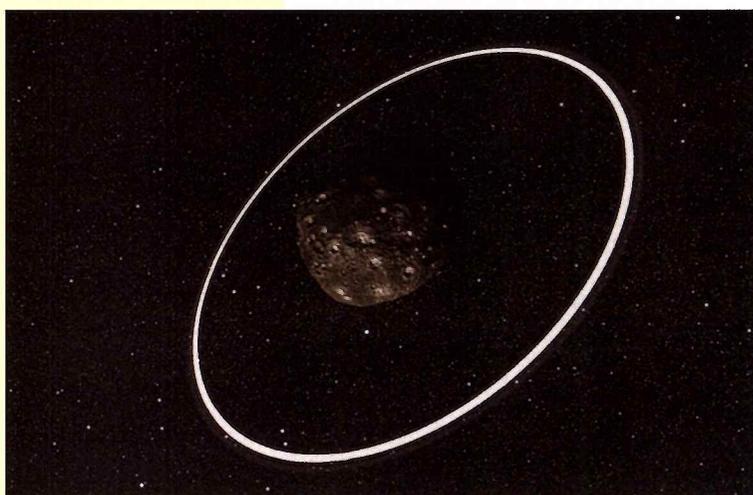
Phoebe

**Polovačka
na protohviezdy**

Kentaur Chariklo



Okolo asteroidu Chariklo krúžia dva úzke, husté prstence. Chariklo je najmenším telesom s prstencami v Slnecnej sústave. Okrem tohto asteroidu majú prstence iba štyri obrie planéty: Jupiter, Saturn, Urán a Neptún. Ilustrácie znázorňujú, ako prstence asi vyzerajú.



Chariklo je vzdialený asteroid. Zároveň ide iba o piaty objekt (pritom zďaleka najmenší), ktorý má dva prstence. Jeho pôvod je záhadou.

Najmohutnejší disk v Slnecnej sústave má Saturn. Menej nápadné prstence sa sformovali aj okolo Jupitera, Uránu a Neptúna. Okolo menších objektov nijaké prstence doteraz neobjavili. V júni minulého roku pozorovali viaceré observatóriá v Južnej Amerike prechod asteroidu 10199 Chariklo pred vzdialenou hviezdou. Všetci pozorovatelia zaznamenali prstence. Objav planetológov prekvapil. Nikto doteraz nepredpokladal, že aj takéto malé teleso môže mať prstence.

Chariklo je najväčším telesom spomedzi Kentaurov. Okolo Slnka obieha medzi Saturnom a Uránom. Zdanlivé zmiznutie hviezdy znamenalo sedem ďalekohľadov. Zákryt trval

má dva prstence



„Predstavili sme si, že stojíme na povrchu toho ľadového telesa, ktoré je také malé, že by na ňom dosiahlo únikovú rýchlosť (350 km/h) a odletelo do vesmíru aj športové auto. Stáli by sme so zaklonenými hlavami a pozerali sa na systém prstencov, široký 20 kilometrov, ktorý krúži okolo asteroidu v 1 000-krát menšej vzdialenosti ako Mesiac okolo Zeme!“

Vedci predpokladajú, že tento typ prstenca sa mohol sformovať najskôr po zrážke Charikla s iným telesom. Do dvoch úzkych prstencov ho však musel rozdeliť predpokladaný mesiačik.

Chariklo by mal mať teda najmenej jeden mesiačik, ale ten zatiaľ neobjavili.

Nie je vylúčené, že prstence sú iba prechodným úkazom. Onedlho sa z nich môže sformovať malý mesiac. Ide o proces, ktorý môže vysvetliť aj vznik nášho Mesiaca v ranom období vývoja Slnecnej sústavy.

Prstence medzičasom pokrstili. Pomenovali ich po riekach Oiapoque a Chuí, ktoré tečú pozdĺž hraníc Brazílie.

ESO Press Release

Detail dvojitého prstenca, krúžiaceho okolo asteroidu Chariklo. Predpokladá sa, že prstenc sa vytvoril po zrážke objektu s iným telesom. Podobný, ale oveľa mohutnejší prstenc sa vytvoril aj po zrážke mladej Zeme s inou planétou. Časom sa z neho sformoval Mesiac. Nie je vylúčené, že mesiačik sa formuje aj v tomto prstenci. Zatiaľ ho neobjavili, ale predpokladá sa, že by mal krúžiť v 9 km širokej medzere medzi oboma prstencami.

Poznámky:

- 1) Všetky telesá, ktoré obiehajú okolo Slnka a sú príliš malé (majú malú hmotnosť) na to, aby sa pod vplyvom vlastnej gravitácie sformovali do takmer guľatého tvaru, definuje Medzinárodná astronómická únia (IAU) ako malé telesá Slnecnej sústavy. Do tejto triedy zaradili väčšinu asteroidov, objektov NEO (telesá, ktoré sa dostávajú pravidelne do blízkosti Zeme), Trójanov zo sústav Marsu a Jupitera, väčšinu Kentaurov, väčšinu objektov za obežnou dráhou Neptúna (TNO) a kométy. Pojmy asteroid a malá planéta (planétka) považuje IAU za synonymá.
- 2) Centrum pre malé planéty pri IAU je ústredným pracoviskom detegovania malých telies Slnecnej sústavy. Nové objavy sa označujú číslom (obvyčajne ide o poradové číslo objavy) a dočasným názvom. O definitívnom názve rozhoduje zvláštna komisia IAU.
- 3) Kentaury sú malé telesá s nestabilnými dráhami vo vonkajšej Slnecnej sústave, ktoré krížia obežné dráhy obrích planét. Neustále poruchy ich obežné dráhy menia, takže iba niekoľko z týchto telies zotrvá milióny rokov na svojej pôvodnej dráhe. Kentaury sa odlišujú od asteroidov vnútorného pásu, väčšina z nich pochádza najskôr z Kuiperovho pásu. Názov je odvodený od mytologických bytostí, kentaurov (poločlovek, polokôň), pretože majú tak vlastnosti komét, ako aj asteroidov. Chariklo je pravdepodobne asteroid. Kometárnu aktivitu na jeho povrchu zatiaľ neobjavili.
- 4) Zákryt, ktorý viedol k objavu, predpovedali po analýze údajov z pravidelných pozorovaní na 2,2 m ďalekohľade MPG/ESO, na observatóriu La Silla, Čile.
- 5) Prstence Uránu a Neptúna objavili podobným spôsobom v rokoch 1977 a 1984. Na objave Neptúnových prstencov sa podieľali aj ďalekohľady ESO.

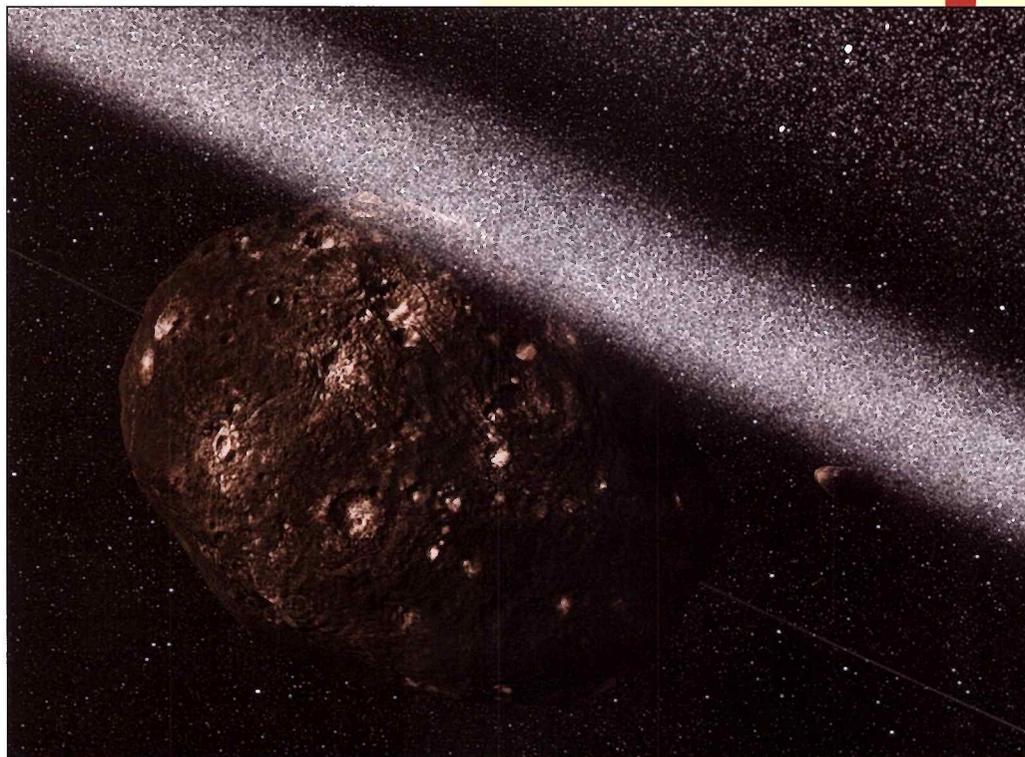
iba niekoľko sekúnd. Stalo sa však, čo nikto nečakal.

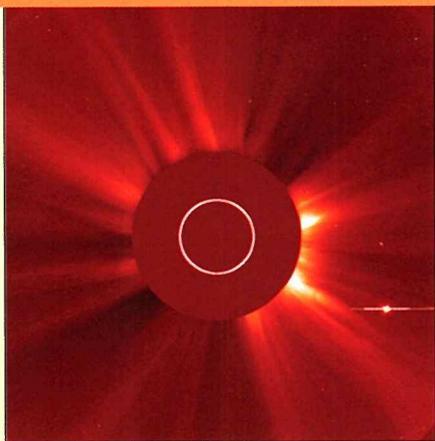
Niekoľko sekúnd pred zákrytom a niekoľko sekúnd po opätovnom objavení sa hviezdy znamenali vedci jej slabé, ale veľmi krátke poklesy jasnosti. To už nemohol spôsobiť asteroid. Tak objavili prstence.

Po porovnaní údajov z viacerých observatórií sa tímu okolo Dánskeho národného ďalekohľadu na La Silla (Čile) podarilo určiť nielen veľkosť a tvar asteroidu, ale určiť aj šírku, orientáciu a ďalšie vlastnosti objaveného prstenca.

Chariklo má priemer 250 kilometrov a dva ostro ohraničené prstence. Prvý má šírku 7, druhý 3 kilometre. Medzera medzi nimi má šírku 9 kilometrov.

Vedcov nadchlo najmä to, že dokázali rozlíšiť obe časti prstenca. Uffe Jørgensen, člen tímu:



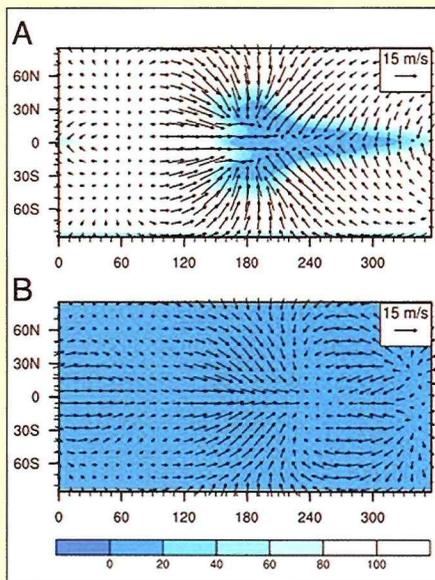


Sonda SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) zaznamenala 24. apríla 2014 na Slnku silné vzplanutie (trieda X), ktoré sprevádzali výrony koronálnej hmoty (CME). Jasná kružnica ohraničuje Slnko prekryté koronografom, vďaka čomu sa výrony a ich slabnutie smerom od Slnka naplno prejavili. Biela guľka vpravo dole je planéta Merkúr. Na 2D snímke sa na prvý pohľad zdá, akoby CME Merkúr zaplavila. V skutočnosti sa výron hmoty šírila pred planétou.

Foto: ESA&NASA/SOHO

Extrasolárne sústavy

- Vodná para v atmosfére horúceho jupitera s. 11
- Prvá snímka terestrickej planéty vo viditeľnom svetle s. 11
- Exoplanéta s bizarnou precesiou s. 24
- Našli prvého súrodca Slnka s. 24
- SuperZeme sú možno mŕtve telesá s. 37
- Počítačové simulácie gravitačne viazaných exoplanét s. 37

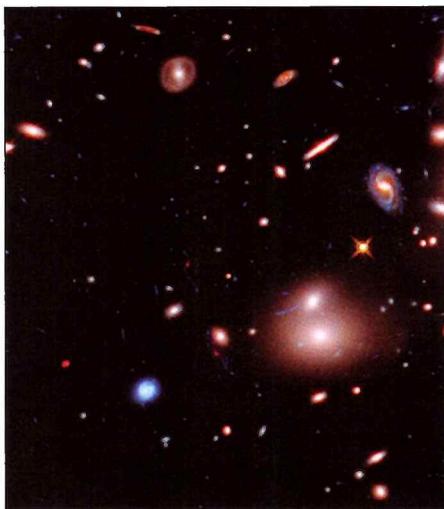


Stelárna astronómia...

- Leo P: trpasličia galaxia s minimom kovov s. 5
- Polovačka na protohviezdy** Bild der Wissenschaft s. 22 – 23
- Objavili hviezdú s najnižším obsahom železa s. 26
- Najväčšia žltá hviezda s. 26
- Čo prezradili „hviezdne hodiny“ v blízkej galaxii s. 27
- Ešte väčšia, ako sa predpokladalo s. 27
- Priame zmeranie rotácie čiernej diery s. 28

Kozmológia

- Dosvit big bangu je ďalším dôkazom, že vesmír nemá stred s. 5
- Pôrodné kľče vesmíru** Spiegel 2014/14 s. 6 – 10
- Chýbajúci vesmír** Astronomy, apríl 2014 s. 14 – 17



Servis Kozmosu

- ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 22
- Na vrchole havajskej sopky rastie najvýkonnejší slnečný ďalekohľad** Milan Rybanský s. 30 – 31
- Slnečná aktivita (apríl – máj 2014) Ivan Dorotovič s. 33
- POZORUJTE S NAMI
- Obloha v kalendári (august – september 2014) Pripravil Pavol Rapavý s. 42 – 45
- Kalendár úkazov a výročí Pavol Rapavý s. 45
- Tabuľky východov a západov (august – september 2014) Pavol Rapavý s. 45

Slnečná sústava

- Ako magnetické polia vplývajú na planéty s. 12 – 13
- Nezvyklá štruktúra asteroidu Itokawa s. 13
- Phoebe: mesiac so záhadnou minulosťou** Astronomy, marec 2014 s. 18 – 21
- Záhadný rozpad vzdialeného asteroidu s. 25
- Čo vyplýva z rôznorodosti asteroidov v hlavnom páse? s. 25
- Planétu X neobjavil ani ďalekohľad WISE s. 29
- Vodná para nad Jupiterovým mesiacom Európa s. 29

Vesmírna sonda ROSETTA – vedecké experimenty

- Ján Svoreň s. 38 – 39



Podujatia

- Slnečný seminár tentoraz na Orave** Július Koza s. 32 – 33
- Už 8. ročník Astronomickej olympiády na Slovensku sa konala v Nitre** Ladislav Hríc s. 46 – 47
- Konferencia o databázach Zoltán Garai s. 47

Nové knihy

- Zdeněk Kopal: Můj život Jiří Veselý s. 47
- Dejiny observatória na Trnavskej univerzite 1756 – 1785 už aj v angličtine Ladislav Druga s. 47
- Astronomický kalendár 2015 Ladislav Druga s. 47

Kozmonautika

- Kam se vydá ruská kozmonautika?** Tomáš Příbyl s. 34 – 36

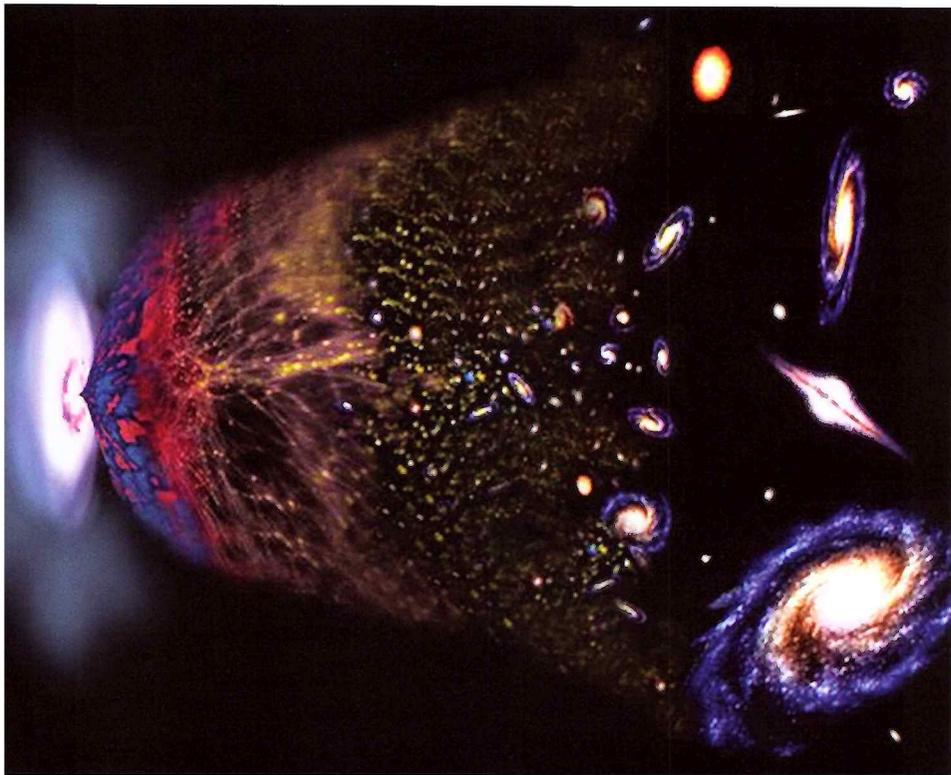
Sci-fi poviedka

- Relatívne dlho, relatívne krátko** Juraj Kaščák s. 40 – 41

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis Odborní posudzovatelia tohto čísla: doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc. a RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

Vydáva: Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hviezdáreň, 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 Mgr. Marián Vidovenec. * **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklarová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail kozmos@nexta.sk * **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hríc, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., 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 nevraciam. * **Cena** jedného čísla 1,80 € (45,00 CZK). Pre abonentov ročne 9,60 € (250 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@siposta.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. 7. 2014 * ISSN 0323 – 049X

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



Dosvit big bangu je ďalším dôkazom, že vesmír nemá stred

V roku 2011 udelili Nobelovu cenu za objav, podľa ktorého sa rozpínanie kozmu zrýchľuje.

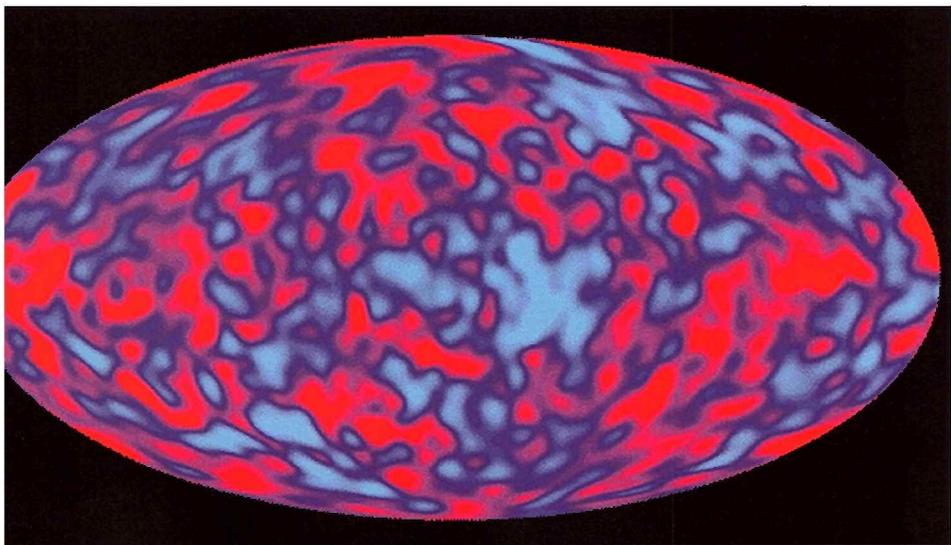
Podľa jednej z teórií toto zrýchľovanie generuje tmavá energia, ktorá tvorí tri štvrtiny hmoty vo vesmíre. Podľa inej, alternatívnej teórie je naša Slniečna sústava (vo vnútri Mliečnej cesty) stredom vesmíru. Táto teória síce protirečí predpokladu, že vesmír nemá stred, ale ak by platila, potom by sme zrýchľovanie kozmu mohli vy-

svetliť aj bez tmavej energie či nových fyzikálnych zákonov.

Vedci z Dartmouth College sa pokúsili vypočítať, ako by vyzeralo mikrovlnové žiarenie kozmického pozadia (CMB) vo vesmíre so stredom. Ukázalo sa, že namerané údaje CMB tento model úplne vylučujú. Na dolnej snímke (satelit COBE) vidíte mapu mladého vesmíru, krátko po tom, ako sa „vykľul z kozmického vajca“. Jednotlivé farby zviditeľňujú ostrovy s rozdielnou hustotou. Tie modré sú o 0,00015 kelvinov chladnejšie, tie ružové o 0,00015 kelvinov teplejšie ako teplota pozadia.

„Z výskumu jednoznačne vyplynulo, že sa nenachádzame v nejakej špeciálnej oblasti kozmu, čo vylučuje takéto vysvetlenie zrýchľovania expandujúceho vesmíru.

Dartmouth University Press Release,
NASA, WMAP



Mikrovlnové žiarenie kozmického pozadia na jednej z prvých snímok satelitu COBE.

Leo P: trpasličia galaxia s minimom kovov

Leo P je malá galaxia v súhvezdí Leva. Nemá veľa hviezd, ale jej súčasťou sú aj obrovské oblaky vodíka a hélia. Pomer prvkov v týchto oblakoch astronómov zaujal, pretože sa nazdávajú, že odzrkadľujú podmienky, aké panovali počas prvých minút po big bangu.

Teória big bangu opisuje ako sa v mladom vesmíre sformovali prvé atómy vodíka. Niektoré z týchto atómov sa zlučovali, a tak vznikli prvé atómy hélia. V rýchle chladnúcom vesmíre však tento proces trval iba 5 minút. V tom čase vesmír vyplňali iba atómy týchto dvoch prvkov. Meranie pomeru vodíka a hélia je jednou z mála možností priameho skúmania mladého vesmíru.

Tento oceán vodíka a hélia bol milióny rokov po big bangu „znečistený“, pretože prvá generácia hviezd robila to, čo hviezdy majú robiť: spaľovať vodík a hélium a meniť ich postupne na ťažšie prvky. V malých galaxiách, podobných Leo P, sa však sformovalo primárne hviezd, takže sú ťažšími prvkami znečistené iba minimálne. Takéto galaxie sú zriedkavé, ale pre astronómov sú priam ideálnym objektom na skúmanie pomeru vodík/hélium.

Tím astronómov z observatória Mount Graham (Arizona) zistil, že v galaxii Leo P pripadá na 12 atómov vodíka iba 1 atóm hélia. Písmeno P v názve galaxie znamená, že galaxia je „pristiná“ (po slovensky pôvodná, primitívna, primordiálna). Názov hélia je zasa odvodený od gréckeho boha Slnka (Helios), pretože ho (v roku 1868) objavili v spektre slnečného svetla.

Skúmanie hélia a ďalších prvkov vo hviezdach a galaxiách je súčasťou základného výskumu jadrových procesov i pôvodu prvkov. Tieto štúdie objasňujú, ako zákony fyziky fungujú. Aj tie, ktoré sa využívajú pri vývoji nových technológií.

Vedci už preskúmali milióny galaxií. Iba niekoľké z nich však majú vlastnosti porovnateľné s Leo P. Za desať rokov objavila v priemere iba jednu!

Trpasličia galaxia Leo P pripomína plochý koláčik. Jej dlhšia os má 3900 svetelných rokov, čo je zhruba 4 % priemeru Mliečnej cesty. Leo P je vzdialená od Zeme 5,7 miliónov svetelných rokov. (To je trikrát ďalej ako najväčšia z blízkych galaxií, galaxia v Andromede.) Po ukončení pozorovaní pomocou ďalekohľadu LBT (Large Binocular Telescope) pridili tímu z Mount Graham pozorovací čas aj na Hubblovom vesmírnom ďalekohľade. Ktovie, čo sa ešte vo vnútri galaxie Leo P, v tomto trezore času, skrýva?

University of Minnesota
Press Release

Pôrodné krčče



Základňa Amundsen-Scott na Južnom póle, v ktorej pracuje ďalekohľad BICEP2.



Fyzici z tímu Bicep2: zľava Clem Pryke, Jamie Bock, Chao-Lin Kuo a John Kovac.

Pomocou ďalekohľadu BICEP2 na Južnom póle zachytili astronómovia stopy po dávnych otrasoch v štruktúre časopriestoru, signály zrodu vesmíru. Senzačné údaje potvrdili najodvážnejšie predpovede astrofyzikov o tom, čo sa odohralo počas prvého zlomku sekundy po big bangu.

Andrej Linde triumfuje. Ruský fyzik, momentálne profesor na Stanford University, bol na dovolenke v Karibiku, keď mu jeho kolega Chao-Lin Kuo poslal esemesku. Linde si na displeji prečítal: „ $r = 0,2!$ “

Na svete nie je veľa ľudí, ktorí by tomuto posolstvu porozumeli. Linde však okamžite pochopil, že Kuo a jeho kolegovia zachytili pomocou rádioteleskopu v Antarktíde signál zrodu nášho vesmíru: r je zároveň aj parametrom, ktorý zároveň vyjadruje aj silu big bangu.

Vyššie tridsať rokov čakal Linde (66) na tento okamih. Tento geniálny fyzik je totiž jedným z otcov inflačnej teórie, ktorá opisuje, ako sa počas prvých sekúnd po big bangu nastavili výhybky jeho ďalšieho vývoja. Kuov objav túto teóriu s vysokou pravdepodobnosťou potvrdil.

Na tlačovke v audítóriu Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics sa koncom marca tohto roku zúčastnil výkvet svetových kozmológov

a astrofyzikov. Bol tam aj laureát Nobelovej ceny Robert Wilson (78), ktorému sa už pred 50 rokmi podarilo detegovať šuštanie mikrovlnového žiarenia kozmického pozadia (CMB).

John Kovac, vedúci experimentu BICEP2 na Južnom póle, povedal: „Dosiahli sme jeden z najdôležitejších cieľov kozmológie.“

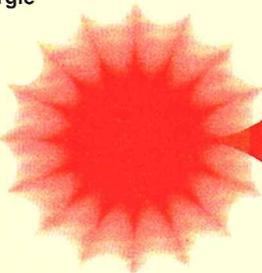
Vedci zmerali polarizáciu CMB a objavili stopy po otrasoch časopriestoru, ktoré sa v ňom zachovali od jeho vzniku. Rádioteleskop BICEP2 umožnil vedcom po prvý raz nahliadnuť „do dielne stvoriteľa“. Vedci počas analýzy týchto údajov prežívali bázeň, nadšenie i intenzívny stres.

Sála plná astrofyzikov a kozmológov z celého sveta vybuchla nadšením:

„Ide o jeden z najväčších objavov v dejinách vedy,“ nadchýnal sa kozmológ Max Tegmark z Massachusetts Institute of Technology (MIT). „Významnejší ako objav Higgsovho bozónu,“ doplnil ho špecialista na gravitáciu Karsten Danzmann. „Tento objav si zaslúži Nobelovu cenu.“ Takto lakonicky ocenil objav ďalší fyzik z MIT Alan Guth, pričom do istej miery myslel aj na seba, pretože práve on, spolu s Andrejom Lindem, uviedli do kozmológie teóriu inflácie.

Big bang

Nepredstaviteľné množstvo energie sa sústredilo v nekonečne malom bode. Priestor, čas a hmota ešte nejestvovali.



Vznik priestoru a času

Americký astronóm Edwin Hubble v roku 1922 dokázal, že sa galaxie od seba vzdalujú. Objav sa stal jedným z dôležitých dôkazov big bangu.



Inflácia produkuje vlny

Počas zlomku prvej sekundy sa vesmír zväčšil o mikroskopickejších na kozmické dimenzie. Vedci toto rozpoznanie nazvali infláciou. Počas inflácie otriasali vesmírom gravitačné vlny.

vesmíru

Po tlačovke sa pred kamery novinárov postavili Linde, Guth a Wilson, hoci adeptov na „nobelovku“ je po objave viac. (Cenu však môžu dostať iba traja.)

Mnohé z veľkých záhad fyziky sa zrazu vynorili v novom svetle. Čo to bola za prasila, ktorá pôsobila na prvopočiatku vesmíru? Ako sa z nej vyvinuli ostatné sily, ktoré v ňom pôsobia dodnes? A predovšetkým: akú úlohu zohrala pritom najslabšia, najúčinnejšia a zároveň najzáhadnejšia z týchto síl – gravitácia?

Na počiatku bola kniha

Už na univerzite si John Kovac prečítal knihu *Prvé tri minúty*, ktorú pre laikov napísal fyzik Steven Weinberg. Klasik modernej fyziky v nej vysvetľuje, ako je možné mikrovlnové žiarenie kozmického pozadia zachytiť a odvodiť z neho neuveriteľne podrobnú kroniku big bangu.

Kovaca nadchlo, ako Robert Wilson spolu s Arnom Penziasom po prvý raz toto tajomné šušťanie vesmíru detegovali, hoci ho spočiatku považovali za poruchu meracích prístrojov. Poruchu však napriek veľkému úsiliu neobjavili.

Až po istom čase sa ukázalo, že Wilson a Penzias objavili čosi ako ozvenu big bangu, ktorá vznikla 380 000 rokov po veľkom tresku. Až po rokoch začali vedci na Princeton University uvažovať o detektore mikrovln a už vtedy rozhodli, že by tento prístroj mal stáť na južnom póle. John Kovac sa stal jedným z členov tímu. Na jedno z najnehostinnejších miest na Zemi zateľ odvetdy 23-krát.

Vedeckú základňu Amundsen-Scott na južnom póle využívajú glaciológovia, geofyzici, meteorológovia, klimatológovia, fyzici vysokých energií i astronómia. Kovacova kariéra na základni sa začala v roku 1990. V čase, keď sa niekoľko skupín astrofyzikov zapojilo do nevyhlásenej súťaže o to, kto ako prvý objaví štruktúru mikrovlnového žiarenia kozmického pozadia. Všetci sa sústredili na to, či to šušťanie, ktoré svojho času Wilson s Penziasom detegovali, je naozaj také rovnomeré, ako sa zdalo, alebo sa v ňom dajú zaznamenať isté nepatrné rozdiely. Fyzikov zaujímalo najmä to, či sa vytvárali už v tejto fáze nehomogenity, otravčeky zahustenej

plazmy, ktoré sa stali neskôr zárodkami galaxií a kóp galaxií.

Posádka z Južného pólu ťahala spočiatku za kratší koniec. Satelit COBE získal prvé snímky mikrovlnového žiarenia kozmického pozadia, ktoré vyvolali hotovú senzáciu. Nehomogenity na mapách CMB (ktoré vo väčšom rozlíšení detegoval neskôr aj satelit WMAP) predpovede teoretikov potvrdili. Súboj medzi posádkami okolo pozemských ďalekohľadov a sondami, ktoré CMB monitorovali z obežnej dráhy okolo Zeme, sa však vyostroval. Najmä po nedávnom vypustení sondy Planck z dielne Európskej vesmírnej agentúry (ESA), ktorá zmapovala CMB ešte vo väčšom rozlíšení.

Kovacova rola sa však po zverejnení údajov z COBE zmenila. V tom čase už bol v tejto oblasti skúseným veteránom, vedúcim pozemského tímu. Očakávalo sa, že údaje zo sondy Planck rozhodnú súťaž v prospech satelitov. Ich analýzu však dokončia až začiatkom jesene, takže nakoniec bol Kovacov tím rýchlejší.

Satisfakcia pre Alana Gutha

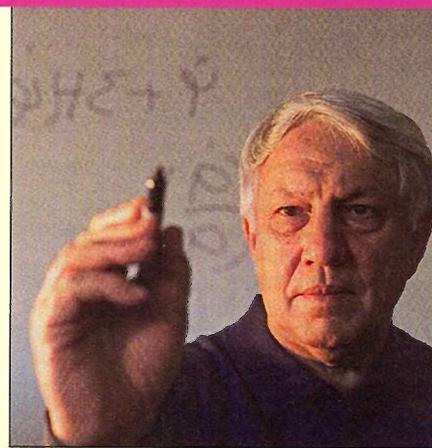
Po zverejnení údajov o polarizácii CMB bol Alan Guth na koni. Vyše 35 rokov bol jeho život spojený s myšlienkou, ktorú údaje tímu BICEP2 potvrdili. S ideou inflácie.

Koncom 70. rokov bol Guth teoretickým fyzikom na Cornell University v štáte New York. Jeho cieľom bolo vysvetliť nezrovnalosti platného modelu big bangu. Napríklad prečo bol/je vesmír všade rovnomerý, homogénny. (Alebo sa takým iba zdal?) Teoretici túto záhadu nedokázali vysvetliť.

Gutha posmelila prednáška, ktorú Steven Weinberg, autor slávnej knihy *Prvé tri minúty*, predniesol na pôde Cornell University. Weinberg sa v tejto práci nezamýšľal iba nad prvou sekundou existencie vesmíru, ale o prvej miliardtine miliardtiny tejto sekundy. Guth Weinbergovi uveril: „Tento muž sa nemôže myliť.“

Guth opakovane preveroval rovnice jedného z jeho modelov vesmíru. Zrazu dostal nápad: „Pochopil som, že kozmos sa rozpína exponenciálne.“ Počas nezmerateľného zlomku sekundy nadobudol gigantickú veľkosť. Tak sa zrodila Guthova inflačná teória.

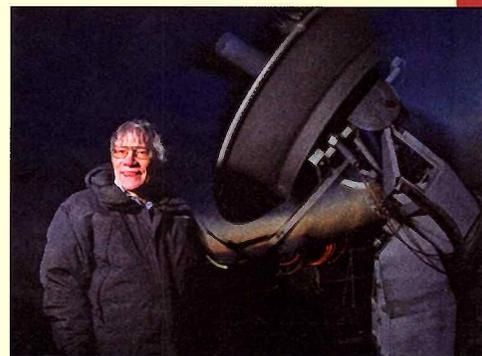
Nad rovnicami strávil Guth celú noc. Tak nadobudol presvedčenie, že iba inflačné rozpínanie sa kozmu môže odstrániť všetky nedostatky



Andrej Linde, jeden z otcov inflačnej teórie.



Steffen Richter, člen tímu BICEP2, ktorý počas troch polárnych zim zabezpečoval merania na južnom póle.



Alan Guth: fyzik, ktorý infláciu pred 35 rokmi „vy-počítal“.

Formovanie častíc a antičastíc

Inflácia sa končí. Počas neustálych interakcií vznikajú elementárne častice ako kvarky či elektróny a ich antičastice.

Anihilácia častíc a antičastíc

Vždy z troch kvarkov sa formujú protóny a antiprotóny, ktoré sa okamžite anihilujú. Vďaka nepatrné väčšiemu množstvu kvarkov sa normálna, baryonická hmota zachová. Z tej sa vyvinie náš dnešný vesmír.

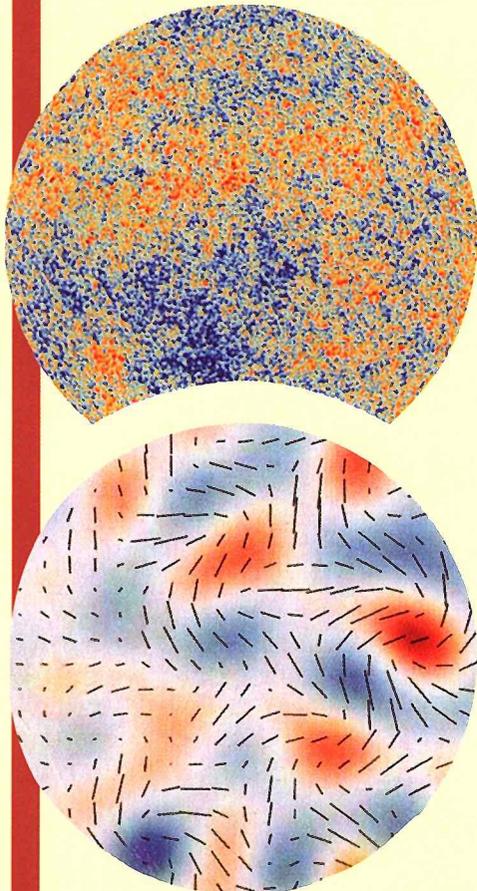
Prvé jadrá atómov

Vesmír má v tomto čase teplotu 1 miliardá °C. Časť protónov a neutrónov sa pospája a vytvorí jednoduché jadrá atómov.

Vesmír, ktorý 380 000 rokov po big bangu chladol, bol nepriehľadný. Gravitáčne vlny sa v ňom však mohli bez prekážok šíriť.

Portrét mladého vesmíru

Až 380 000 rokov po big bangu sa stal vesmír viditeľným. Na snímke jedna z máp CMB, zviditeľňujúca ostrovčeky hmoty s nerovnakou hustotou a teplotou. Z tohto obdobia pochádza aj CMB (mikrovlnové žiarenie kozmického pozadia), zvyškové žiarenie po big bangu, ktoré sa v rádioteleskopoch prejavuje šuštaním.



Vzorka vo vzorke

Gravitačné vlny podľa fyzikov vytvorili v tomto šuštaní vzorku. Túto vzorku zviditeľnil ďalekohľad BICEP2. Mimochodom: táto vzorka je o 380 000 rokov staršia ako CMB, v ktorom je otláčaná.

starého modelu. Pozorovaná homogenita, rovnodosť vesmíru sa zrazu zdala byť celkom prirodzená.

„Už na sklonku tejto noci som si uvedomil, že mám pravdu,“ priznáva Guth dnes. Takú veľkú dôveru v ňom vzbudila elegancia a krása jeho vzorcov. Uveril, že objavil hlbokú pravdu o vesmíre.

Väčšinu kolegov zo skeptickej obce astrofyzikov a kozmológov však o svojom objave nepresvedčil. Jeho inflácia doslova rozmetala všetky predstavy, ktoré vedci v tom čase o vesmíre mali. Počas nepredstaviteľne malého zlomku sekundy sa vesmír zo subatomárnej podoby zväčšil do kozmických rozmerov. Bola takáto groteskná výpoveď zmysluplná? Navyše: dala sa vôbec niekedy dokázať?

Mnohí teoretici o tom pochybovali. Tvrdili, že Guthova dobrodružná teória podkopala pevné, overiteľné základy klasickej fyziky a premenila ju na špekulatívnu, neoveriteľnú metafyziku. So skutočnosťou, ktorej opis je základnou úlohou fyziky ako vedy, nemal podľa nich takýto tvoriteľský mysticismus nič spoločného.

Skeptici sa mýlili

Na svete sú experimentálne dôkazy platnosti inflačnej teórie. Celé tri roky zbieral ďalekohľad BICEP2 na Južnom póle hodnoverné dôkazy. Údaje otvorili pohľad na explozívne sa rozpínajúci vesmír v čase, keď jeho vek bol iba zlomok sekundy.

Rozhodnutie, že ďalekohľad BICEP2 bude operovať na Južnom póle, malo praktické dôvody. Astrofyzici sa pre Južný pól rozhodli preto, lebo na Zemi niet suchšej oblasti a na antarktíckom ľadovci, bezmála vo výške 3 000 metrov, rušia pozorovania iba bezvýznamné atmosférické poruchy.

Okrem toho: na Južnom póle leží pól oblohy presne v zenite. Sĺdlice krúžia okolo vrcholu nebeskej klenby. Vedci si preto mohli zvoliť taký bod, na ktorom oblohu v mikrovlnovej oblasti iba v minimálnej miere znečisťoval prach v rovine Mliečnej cesty, takže „túto južnú dieru“ mohli pozorovať vždy, keď boli vhodné podmienky.

Ďalekohľad BICEP2 (priemer 26 cm), mieril na túto dieru hodinu po hodine celé tri roky.

Počas antarktického leta pracovali na základni špecialisti, ktorí prístroj testovali a ošetrovali. V zime prístroje obsluhoval iba Steffen Richter.

Na základni strávil tri polárne zimy. Jediný z astronomického tímu. (Okrem neho zotrvalo počas zimných mesiacov na základni iba niekoľko ľudí, ktorý tento „ostrov vedy“ udržiavali aj počas treskúcich mrazov, dosahujúcich až mínus 60°C.) Richter však túto osamelú službu prežíval ako zázračné dobrodružstvo.

Raz za tri dni musel sa prebrodiť závejmi z ubikácií k budove ďalekohľadu. Tam doplnil kvapalnú hélium, ktoré prístroje chladí, a odstránil snehové náveje na štíte observatória. Iba obliekanie do polárneho „skafandra“ mu trvalo dvadsať minút.

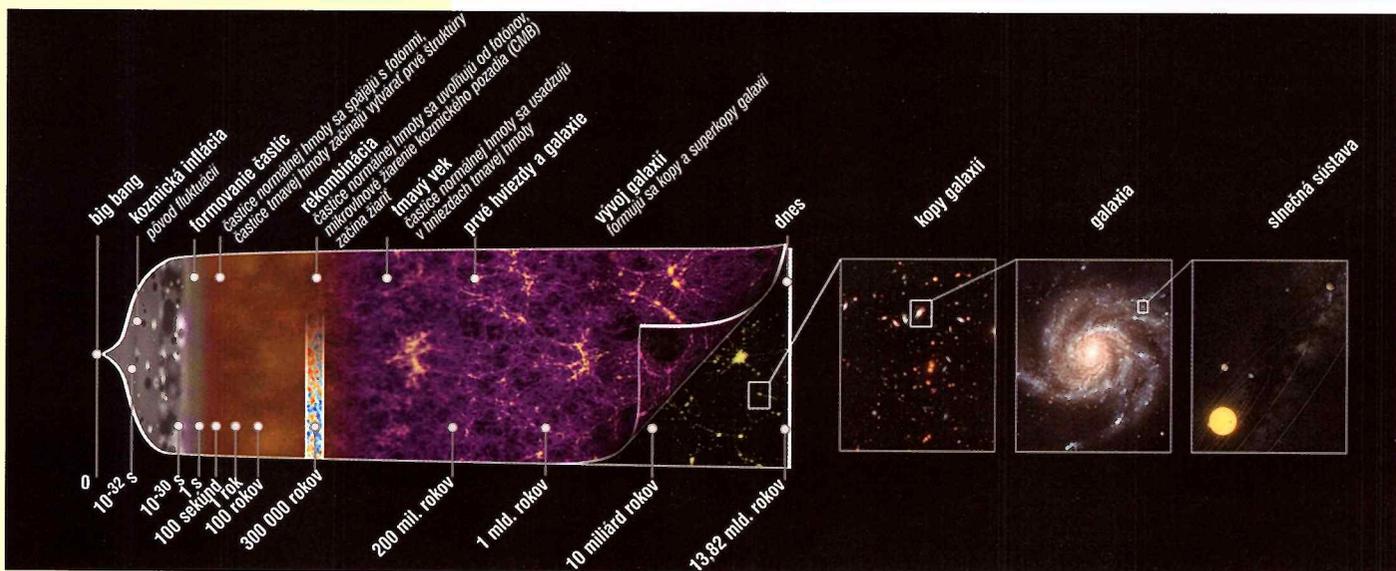
Vykonať všetky požadované úkony v takej nízkej teplote si vyžaduje plánovitý postup. V hrubých palčiakoch to nejde. Aj v obyčajných rukaviciach začínajú prsty už po dvoch minútach omŕzať. Bez rukavíc by prsty ku kovu prímrzli.

Problémy boli aj so snežným skútom. Kým Richter robil, čo treba, vodič skútra musel okolo neho krúžiť, pretože v takom mraze by motor vychladol a nikto by ho už nenaštartoval. Napriek všetkému dokázal Richter samotou vychutnávať. Hviezdami posiatu oblohu, južnú polámu žiaru i surové prostredie zimnej Antarktídy.

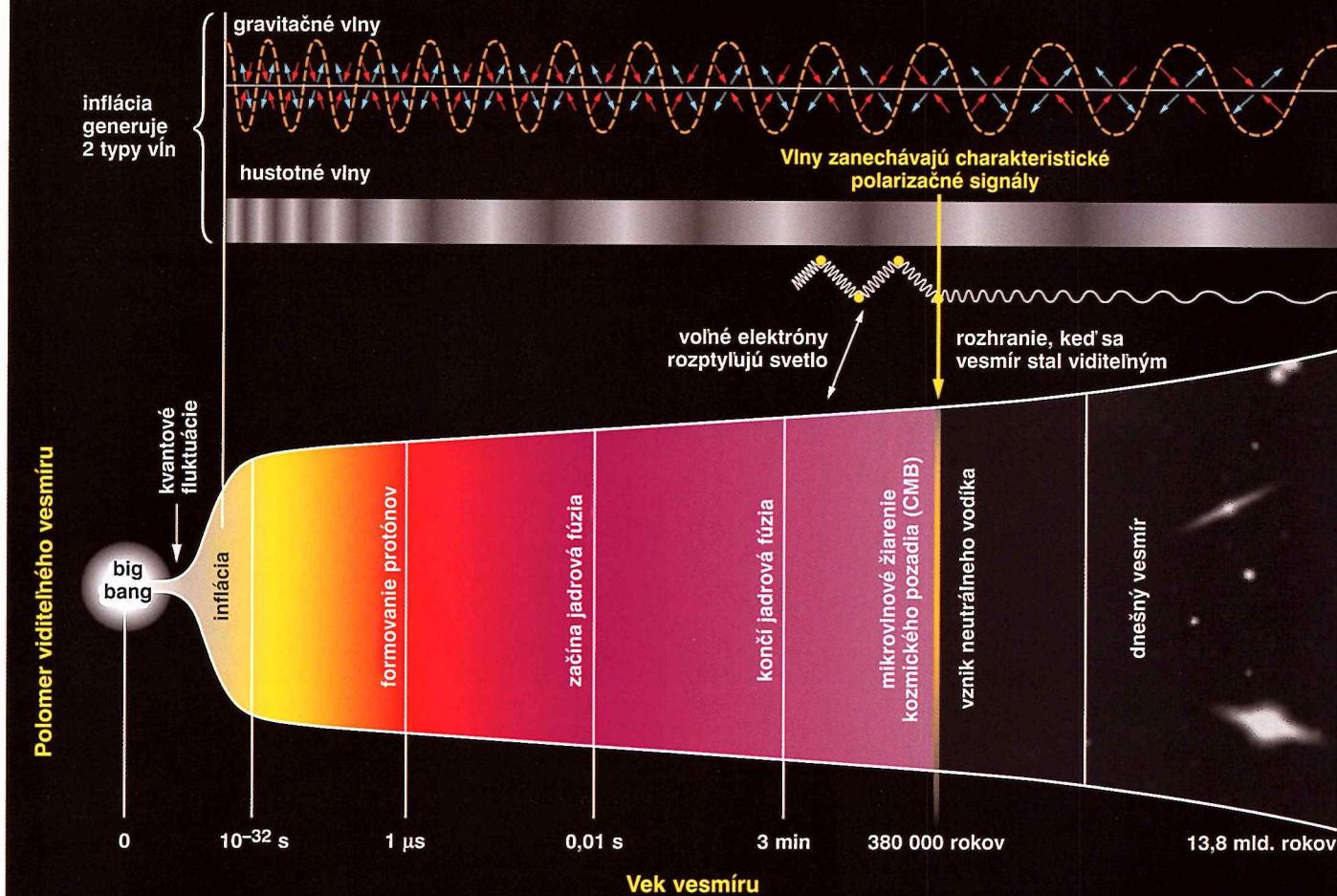
Ďalekohľad spoľahlivo pracoval, ale kým vedci zistili, že z údajov sa vynárajú stopy toho, čo hľadajú, ubehlo niekoľko rokov. Richter údaje posielal do centra v Harvard University. Netušil, že v tejto záplave dát je aj vzorec, ktorý všetci hľadajú. Dokonca aj John Kovac považoval spočiatku tieto údaje za chybu merania. Rovnako ako Robert Wilson pred polstoročím. Ani tentokrát sa však záhadný signál nestrácal. Až pred rokom sa začali vedci domnievať, že údaje by mohli byť reálne. Istotu však nemali.

John Kovac údaje znovu a znovu preveroval. Zo všetkých testov však vyplynulo iba jediné: nešlo o chybu v meraní, ani o artefakt vytvorený prístrojom, ani o hru náhody. Vedci naozaj zachytili posolstvo z obdobia, ktoré Guth predpovedal. Z obdobia, keď sa z nepatrných kvantových fluktuácií rozvinul vesmír.

Signál bol neveriteľne jednoznačný. Nikto z fyzikov neveril, že citlivosť zariadenia BICEP2 postačí na to, aby ho vôbec rozpoznali. A zrazu



História vesmíru



Spodná časť ilustrácie znázorňuje škálu vesmíru v čase. Dôležitým rozhraním je vznik neutrálneho vodíka 380 000 rokov po big bangu. V tomto čase sa v dôsledku vzájomných interakcií medzi časticami hmoty (elektrónmi) a žiarením/svetlom (fotónmi), stal vesmír priehľadným. Po tejto rekombinácii sa fotóny (v tejto fáze už ako mikrovlnové žiarenie kozmického pozadia - CMB) začali voľne šíriť. Fluktuácie (teda rozdiely jednotlivých škvŕniok s rozličnou hustotou a teplotou) v distribúcii hmoty zanechali vo fotónoch CMB otlačok. Hustotné vlny sa prejavujú ako polarizácia teploty a elektrického „E-módu“. Gravitačné vlny zanechávajú v CMB polarizácii charakteristický otlačok: magnetické „B-módy“. Tak hustota, ako aj gravitačné vlny vygenerovali kvantové fluktuácie, ktoré inflácia giganticky zväčšila v čase, keď fotóny CMB boli vyžiarené.

sa ukázalo, že signál bol dokonca silnejší, ako predpovedali aj tie najsmelšie prognózy.

Podľa výpočtov teoretikov mala by inflácia zanechať v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia (CMB) špecifickú stopu. Táto stopa mala byť tým výraznejšia/silnejšia, čím hustejšia bola energia počas inflačnej expanzie kozmu. Hodnota tejto hustoty je parametrom, ktorý fyzici označujú písmenom r .

Po vyhodnotení údajov sa ukázalo, že $r = 0,2$, čo prekonalo všetky očakávania. Inflácia naozaj zanechala po sebe v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia jednoznačnú a neprehliadnuteľnú stopu. Kovac: „Hľadali sme ihlu v kope sena. Namiesto ihly sme našli podkovu.“

Gravitačné vlny

John Kovac, samozrejme, predpovede teoretikov poznal. Jedno je však pochopiť ich rozumom, iné je dokázať, že údaje z jeho rádioteleskopu BICEP2 tieto prognózy dokazujú. Vo chvíli, keď zazrel povedomý (dovtedy iba virtuálny) polarizačný vzorec na snímkach ďalekohľadu, bolo mu jasné, že vidí jasnú správu o prvopočiatku kozmu.

Podľa scenárov, ktoré vypracovali fyzici, na prahu prvej sekundy rozkmitali vesmír gigantické otrasy, počas ktorých došlo k expanzii. Roztriasol sa a rozvibroval samotný časopriestor.

Gravitačné vlny boli všadeprítomné a šírili sa všetkými smermi.

Existenciu gravitačných vln, ktoré fyzikov tak fascinujú, predpovedal Einstein už pred sto rokmi. Akákoľvek hmota podľa Einsteinovej všeobecnej teórie relativity časopriestor vo svojom okolí viac či menej deformuje. Ak táto hmota nadobudne rýchlosť, vytvorí záhyb, vlnu, ktorá sa rýchlosťou svetla pohybuje štruktúrou časopriestoru.

Gravitačné vlny s takýmto pôvodom sú však extrémne slabé. Produkuje ich aj naša Zem počas krúženia okolo Slnka, ale ich sila nedosahuje ani výkon 60 wattovej žiarovky. Sú také slabé, že ich (zatiaľ) nedokážeme zmerať.

Astronómovia sa preto zameriavajú na oveľa silnejšie zdroje gravitačných vln: na výbuchy supernov, alebo na páriky neutrónových hviezd či čiernych dier, obiehajúcich okolo spoločného ťažiska. Ale aj takéto zdroje otravos časopriestoru sú príliš slabé na to, aby podopreli dôkaz, ktorý je možno najväčšou výzvou pre súčasnú meraciu techniku. Fyzici vypočítali, že sa rameno existujúceho pozemského meracieho zariadenia, dlhé vyše kilometra, môže pod vplyvom gravitačných vln zdeformovať o niekoľko tisícín priemeru atómového jadra!

Najmodernejšie interferometre by mohli takúto presnosť dosiahnuť. Fyzici okolo detektorov

LIGO (USA), VIRGO (Taliansko) či GEO600 (Nemecko) veria, že ich prístroje už onedlho takýto dôkaz prinesú.

Práca astrofyzikov by bola oveľa jednoduchšia, keby svoje merania mohli konať vo vesmíre, ktorý by mal vek iba niekoľko zlomkov sekundy. Zrod univerza totiž vygeneroval oveľa silnejšie otrasy časopriestoru ako výbuch supernovy. Počas 13,8 miliardy rokov od big bangu však pôvodné gravitačné vlny zoslabli až natoľko, že ich dnešné meracie zariadenia nedokážu zaznamenať.

Posádka okolo BICEP2 však našla spôsob, ako tie pôvodné otrasy nepriamo dokázať: 380 000 rokov po big bangu, keď vzniklo CMB (toto súostrovie zhlukov hmoty s nerovnakou hustotou a teplotou) boli ešte všadeprítomné gravitačné vlny také silné, že zanechali svoje stopy v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia.

Výsledkom je charakteristický (predpovedaný) polarizačný vzorec, ktorý vedci okolo BICEP2 nedávno svetovej verejnosti predstavili.

Návrat ku kráse

Guth a Linde, duchovní otcovia inflačnej teórie, sa pod vplyvom nameraných údajov vrá-



tili ku svojim dávnym rovniciam. Oboch mimoriadne šokovala vysoká hodnota parametru r . Vyplýva z nej totiž, že inflácia bola dokonca oveľa razantnejšia a turbulentnejšia, než predpokladali aj tí najsmelší prívrženci tejto teórie. Kovac pripomenul, že signál by pri nižšej hodnote r už nebol merateľný.

Na druhej strane časticoví fyzici okolo CERNu sú sklamaní, pretože sa ukázalo, že inflačná fáza vesmíru sa dostáva do oblasti energií, ktoré sú aj pre najväčšie urýchľovače predbežne nedosiahnuteľné. Guth a Linde sa samozrejme radujú, pretože vysoká hodnota r znamená, že najjednoduchšie a najkrajšie varianty inflačného scenára sa dokonale rehabilitovali.

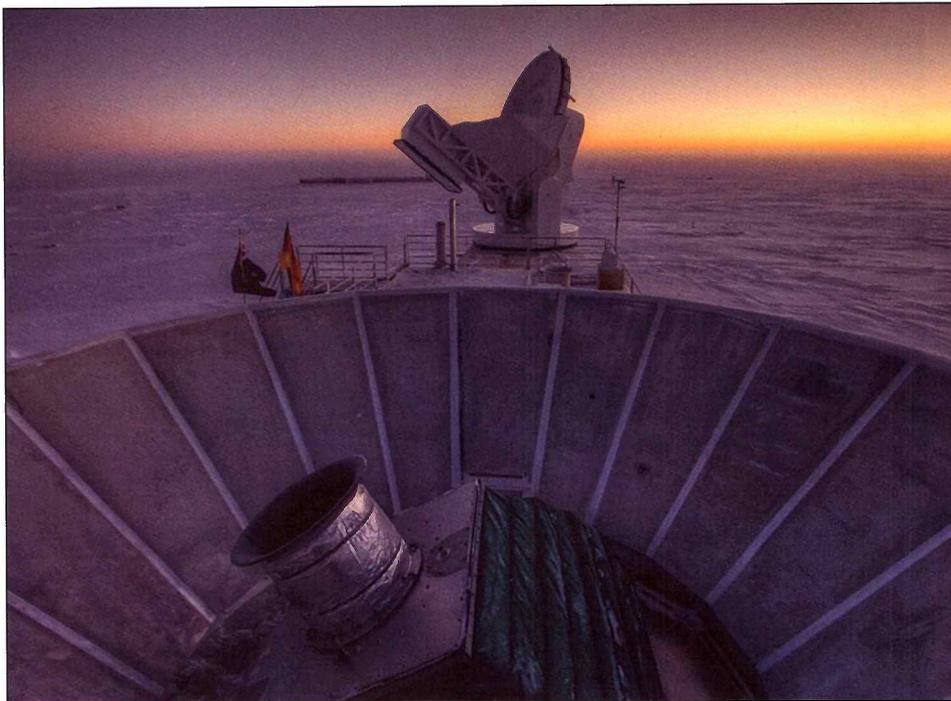
Na bežnej konferencii v MIT sa zúčastňuje v priemere 40 fyzikov. Na Kovacovej konferencii sa zúčastnilo desaťkrát viac vedcov, pretože si nikto nechcel nechať ujsť takú (nielen pre kozmológiu, ale aj astrofyziku a fyziku) významnú chvíľu. V laviciach sa tiesnilo nebývalé množstvo laureátov Nobelovej ceny.

Pre experimentálnych fyzikov nastane po tomto objave stresujúce obdobie. Podarí sa údaje z BICEP2 nezávisle overiť? Testovanie nebude trvať dlho: vo svete sa sformovalo najmenej šesť tímov, ktoré sa zameriavajú na detekciu polarizačných signálov z CMB. Jeden tím pracuje dokonca na južnom póle; tri v čílskej púšti Atacama; jeden na kanárskej sopke El Teide. Dva detektory vypustili do stratosféry pomocou balónov.

Nuž a napokon je tu aj Planck. Vesmírna sonda, nasledovníčka sond COBE a WMAP. Údaje, ktoré za vyše roka nazbierali nemeckí vedci už analyzujú. A koncom augusta výsledky analýzy zverejnia. Zatiaľ však nie je isté, či prístroje na satelite dokážu zobrazit polarizáciu CMB na celej oblohe.

Ak by sa to podarilo, na svete by bola mapa, ktorá by zobrazovala spektrum gravitačných vln: od nudných podielov, ktoré sa zrodili z najskorších momentov inflácie, až po tie krátke, ktoré vznikli na jej konci.

„Takéto spektrum by bolo „filmom o inflácii“, vysvetľuje Kovac. „V tom najväčšom meradle.“



Západ slnka nad rádioteleskopom BICEP2 (v popredí). Vzadu South Pole Telescope. Vzorky polarizácie v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia získali vedci počas trojročného skenovania 2 % oblohy nad južným pólom.

Vesmír, kozmos, multiverzum

Zdá sa, že teoretickí fyzici si nedajú pokoja. Akonáhle sa jedna z ich bláznivých predpovedí dokáže, hneď vymýšľajú ďalšie, ešte bláznivejšie. Tak aj teraz: heslom dňa sa stáva multiverzum. Z viacerých modelov inflácie totiž vyplýva, že neopisujú iba vznik jediného vesmíru, ale ako nevyhnutný sprievodný jav aj zrod nekonečného počtu iných vesmírov.

Náš vesmír sa zrodil vtedy, keď sa istá spontánna fluktuácia inflačne „nafúkla“. Inými slovami: počas zlomku sekundy mimoriadne zväčšila svoj objem. Čosi podobné môže prebiehať neprestajne. Vzorcu opisujú neprestajné premeny, série vznikov a zánikov v celej štruktúre sveta. Teoreti-

ci si multiverzum predstavujú ako hmiec s vriacou, bubľajúcou vodou, v ktorom sa miesto bublínek vzduchu tvoria a vyvíjajú nové vesmíry.

Pôvab týchto konceptov spočíva okrem iného v tom, že v každom vznikajúcom kozme sa tvoria iné prírodné zákony. Ak je to tak, potom by sa mala čo nevidieť vyriešiť aj jedna z najväčších záhad: Prečo sú prírodné zákony skonštruované tak, aby za istých podmienok mohol vzniknúť a rozvíjať sa život?

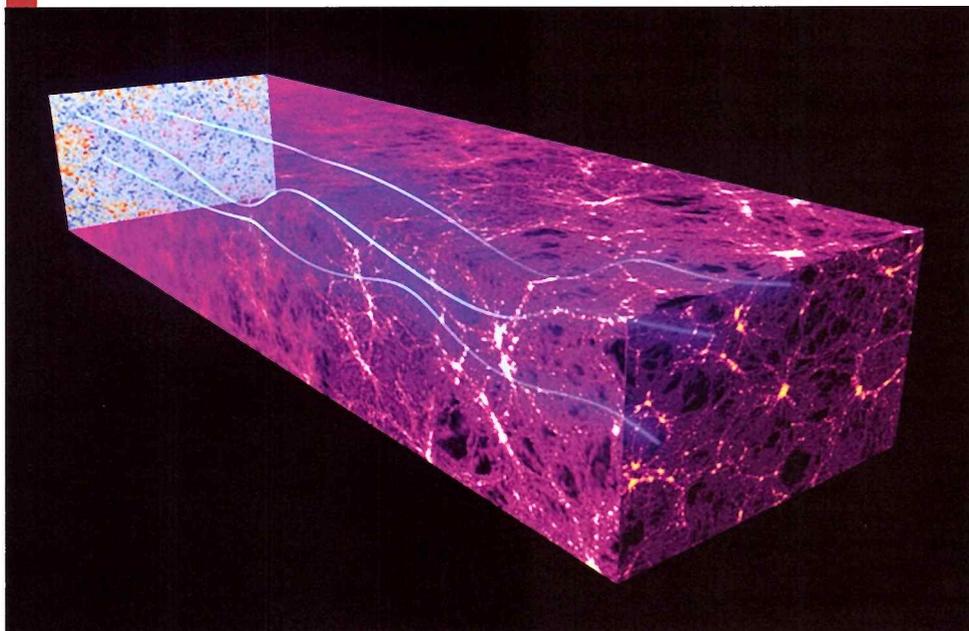
Ak by sme čo len jeden z mnohých parametrov nepatrne zmenili, nijaký život by v našom vesmíre nevznikol. Nikdy by sa v ňom nevyvinuli rozumné bytosti, ktoré sú schopné uvažovať o týchto problémoch.

Prívrženci multiverza hovoria: našu existenciu umožnila náhoda. Nuž a fakt, že sme sa ocitli práve v tom vesmíre, v ktorom sa táto náhoda odohrala, nie je nijaký div. Práve naopak: v nijakom inom vesmíre by sme sa nemohli ani zrodit, ani vyvíjať.

Keď Alan Guth v diskusii po prezentácii údajov o polarizácii vyslovil tento názor, v sále to zašumelo. Najostrejší mu zakontroval jeden z členov tímu BICEP2 – Clem Pryke: „Som experimentálny fyzik. Verím iba tomu, čo sa dá experimentálne potvrdiť.“

Guth a Linde si názory skeptikov vypočuli, ale príliš ich to neznepokojilo. Skeptici kuvikali aj vtedy, keď po prvý raz prezentovali svetu teóriu inflácie. A ukázalo sa, že sa mylili.

Tak, či onak: John Kovac sa dostane do učebnice fyziky, rovnako ako jeho kolega Robert Wilson, ktorý CMB pred 50 rokmi po prvý raz zachytil. Za jasných nocí neraz vystúpi na strechu Astrofyzikálneho inštitútu, kde stavajú pre svojich študentov detektory mikrovln, ktoré sa dnes dajú zohnať aj za sto dolárov.



Ilustrácia znázorňuje, ako na pohyb fotónov v mladom vesmíre pôsobí gravitačný efekt masívnych kozmických štruktúr.

Vodná para v atmosfére horúceho jupitera

Vedci z Caltechu vyvinuli technológiu, pomocou ktorej dokážu zistiť, koľko vodných planét podobných Zemi existuje v skúmateľnom vesmíre. Prítomnosť vodných pár na exoplanétach sa podarilo zaznamenať už vo viacerých prípadoch, ale iba za priaznivých okolností. Najmä počas prechodov planéty pred kotúčom hviezdy. V prípade planéty, krúžiacej na vzdialenejšej obežnej dráhe, možno jej atmosféru skúmať aj pomocou analýzy jej fotografií.

Atmosféry väčšiny exoplanét však nemožno spoľahlivo skúmať ani jednou z týchto metód. Geofrey Blake z Caltechu, planetológ a chemik, si všimol údaje o nedávnej detekcii oxidu uhoľnatého na exoplanéte tau Boo b. Napadlo mu, že podobne by sa dala detegovať aj voda.

Podľa tejto metódy sa pri detekcii CO využíva technika merania radiálnej rýchlosti (RV). (Táto technika sa využíva najmä vo vizuálnej oblasti spektra v prípadoch, keď nedokážeme priamo pozorovať prechody planét pred hviezdami. Pomocou Dopplerovho efektu sa dajú vypočítať zmeny rýchlosti pohybu hviezdy pod vplyvom gravitačného pôsobenia planéty. Hviezda sa nepatrne pohne opačným smerom ako planéta krúžiaca okolo nej, čo sa prejaví v spektre. V prípade obrích planét i tých, čo krúžia okolo hviezd po blízkych obežných dráhach, je posun čiar v spektre výraznejší.)

Blake využil údaje o oxide uhoľnatom a využil RV techniku v infračervenej oblasti, aby odvodil obežnú dráhu exoplanéty tau Boo b okolo materskej hviezdy a využil aj analýzy spektier žiarenia. Nakoľko molekula každej prvku žiari v odlišných vlnových dĺžkach, vedci dokážu rozlíšiť molekuly v atmosfére planéty.

Pomocou prístroja NIRCPEC (Near Infrared Echelle Spectrograph) na observatóriu Keck (Havajské ostrovy), vedci dokázali porovnať čiaru vody v spektre vyžiarenom planétou. A zistili, že voda v atmosfére je.

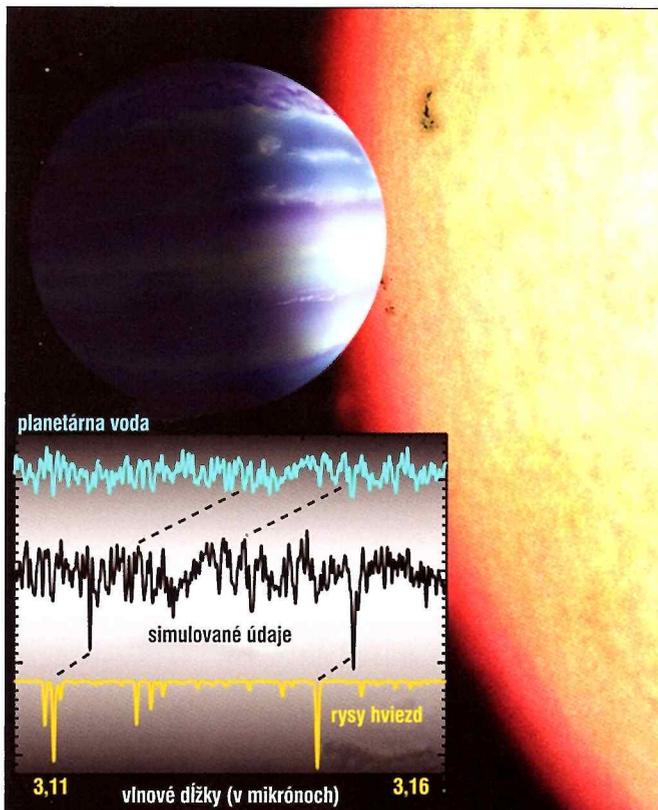
Pomocou tejto metódy možno získať nielen údaje o zložení atmosfér, ale aj údaje, z ktorých sa dá vypočítať hmotnosť exoplanét... Keď narábate s údajmi o prítomnosti vody v atmosfére, zároveň sledujete aj 3D pohyb hviezdy a planéty

v systéme. S údajmi o týchto pohyboch, aj poznáte hmotnosť hviezdy, môžete odvodiť aj hmotnosť exoplanéty.

Podľa dávnejších metód merania radiálnej rýchlosti bolo možné odvodiť iba minimálnu hmotnosť skúmaných objektov. A tá mohla byť podstatne nižšia ako skutočná hmotnosť. Najnovšia metóda umožňuje určiť skutočné hmotnosti hviezd i planét, čo je na dobrej pomoci planetológom, skúmajúcim formovanie a vývoj planetárnych sústav.

Aj táto technika však má svoje limity: hodí sa najmä na výskum horúcich jupiterov, podobných exoplanéte tau Boo b, ktoré sú veľké a krúžia okolo hviezd po blízkych obežných dráhach.

Techniku limituje veľkosť zrkadla i rozsah vlnových dĺžok toho-ktorého ďalekohľadu, takže aj Keck na vrchole Mauna Kea so svojím ozrutným zrkadlom dokáže analyzovať iba horúce planéty, krúžiace okolo jasných hviezd. Technika však má budúcnosť, pretože už onedlho budú infračervené spektrográfy podstatne citlivejšie.

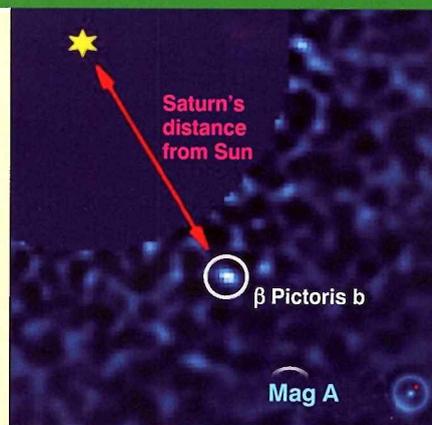


Obrázok znázorňuje podstatu metódy, pomocou ktorej detegujú prítomnosť vodnej pary v atmosfére okolo horúceho jupitera v systéme tau Boo b. V tomto prípade bol pôvodný signál podstatne zosilnený. Prerušované čiary znázorňujú modré a červené posuny spektrálnych čiar hviezdy i planéty, podľa pohybov oboch objektov v sústave.

Vtedy vedci dokážu spresniť a prehĺbiť aj poznatky aj o chladnejších planétach a slabších hviezdach. A v atmosfére tau Boo b detegovať aj molekuly ďalších prvkov.

Ani Keck zatiaľ nedokáže detegovať Zemi podobné planéty pri hviezdach s parametrami Slnka. O to úspešnejší je však pri štúdiu superZemí, krúžiacich okolo hviezd s nízkou hmotnosťou. Aj v prípadoch, že zo Zeme nemôžeme zaznamenať ich prechody.

Caltech Press Release



Túto snímku exoplanéty β Pictoris b exponovali pomocou Magellanovej adaptívnej optiky. Planéta je má 100 000-krát slabšiu jasnosť ako materská hviezda a krúži okolo nej približne v takej vzdialenosti ako Saturn okolo Slnka.

Prvá snímka terestrickej planéty vo viditeľnom svetle

Na svete je nová metóda objavovania exoplanét. Špeciálna CCD kamera umožňuje objavovať tieto objekty priamo zo Zeme v optickej oblasti spektra. S cieľom podrobnejšie preskúmať terestrické planéty s parametrami Zeme.

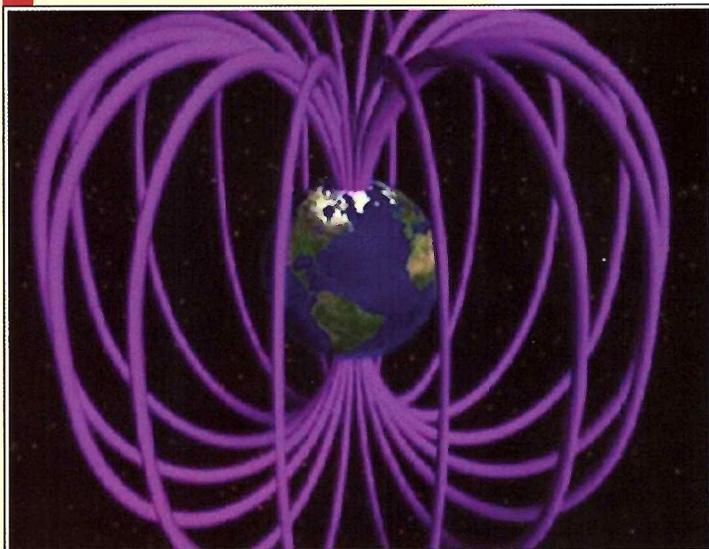
Doteraz sa exoplanéty, najmä tie na blízkych obežných dráhach, dali pozemskými ďalekohľadmi snímať iba IR-kamerami, ktoré reagujú na ich teplo. Táto technológia bola najúčinnejšia v prípade planetárnych obrov, masívnych a horúcich jupiterov, obiehajúcich okolo svojej hviezdy po blízkych dráhach. Naopak, staršie, obyčajné terestrické planéty, ktoré už vychladli, sa zobrazujú na IR-snímke iba nezreteľne. Optické snímky prezrádzajú oveľa viac informácií. Cieľom vedcov je exponovať najmä bledé, modré kotúčiky. Veď aj Zem je modrá. Nová technológia umožňuje detekciu terestrických exoplanét, ktoré reflektujú modré svetlo.

Exoplanéta Beta Pictoris b (hmotnosť 12_J) obieha okolo materskej hviezdy, vzdialenej 63,4 svetelných rokov, v 9-krát väčšej vzdialenosti ako Zem okolo Slnka, pričom jej jasnosť je 100 000-krát nižšia. Ide teda o najslabší objekt/exoplanétu exponovanú optickou kamerou s takým vysokým kontrastom, s prihliadnutím na relatívnu vzdialenosť od hviezdy. Nové snímky potvrdili údaje o teplote atmosféry tejto planéty: 1 700 kelvinov.

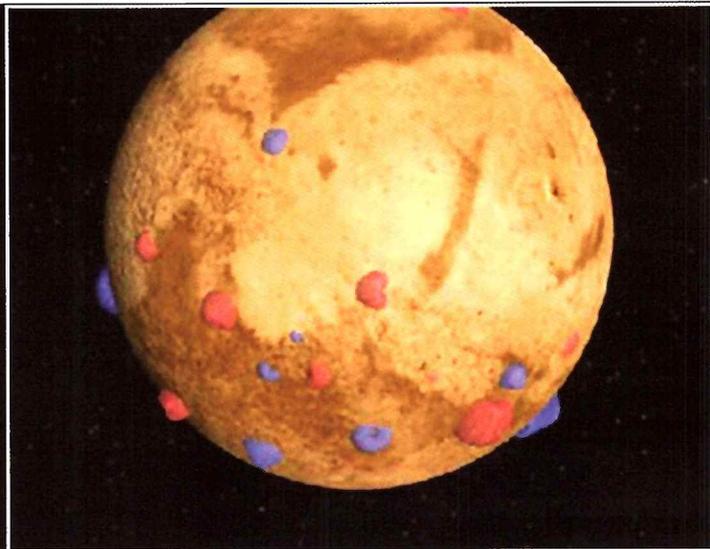
Úspech umožnila technológia Magellan Adaptive Optics, ktorá dokonale odstraňuje turbulencie v atmosfére Zeme. Kľúčovým segmentom je špeciálne zrkadlo, ktoré v priebehu každej sekundy dokáže až 1 000-krát zmeniť svoj tvar! Arizonské observatória využívajú adaptívnu optiku už viac ako 20 rokov. Najnovšie na Veľkom binokulárnom ďalekohľade.

Arizonský tím snímali exoplanétu pomocou dvoch kamier MagAO, ktoré paralelne zabezpečujú (kvôli porovnaniu a kontrastu) dve úplne rovnaké fotografie toho istého objektu v infračervenom i modrom svetle. Dôležitou súčasťou spracovania signálov je overovanie, či modrá bodka/kotúčik je naozaj planéta. Optickú snímku porovnávajú s infračervenou, na ktorej horúca planéta jasne žiari.

V prípade exoplanéty Beta Pictoris b dokážu vedci detegovať jej jasnosť aj preto, že je ešte mladá a horúca. Ak by bola terestrická exoplanéta staršia a chladnejšia, ani pomocou tejto technológie by ju nedokázali spoľahlivo identifikovať. V takom prípade požiadajú o čas na špecializovanom vesmírnom ďalekohľade. University of Arizona Press Release



Zem (vľavo) chráni pred žiarením z vesmíru a zo Slnka silné magnetické pole. Mars globálne magnetické pole nemá. Uchovali sa iba početné magnetické hniezda v jeho kôre.



Prierez telesom Marsu znázorňuje veľké chladnúce jadro.

Ako magnetické polia vplývajú na planéty

Ak by ste zabúdili na Marse, kompas vám nepomôže. Na Marse totiž nepôsobí jedno, ale hneď niekoľko desiatok magnetických polí. Sú to malé, ale silné polia, sústredené v kôre, rozptýlené po celom povrchu Červenej planéty.

Tam, kde nie sú, strelka sa nepohne. Tam, kde pôsobia, strelky sa bláznivo točia, ukazujú na rozličné strany. Ako tieto magnetické polia chránia planétu, je záhada. Presnejšie, jedna zo záhad, ktorú by mala vyriešiť sonda MAVEN, ktorá už letí k Marsu.

Vieme, že pred 3,5 miliardami rokov by kompas na Marse ešte fungoval. Dovtedy mal Mars plastické jadro s prúdiaci cirkulujúcej, roz-tavenej hmoty. Procesy konvekcie ochladzovali jadro a generovali činnosť vulkánov na povrchu. Láva zo sopiek, bohatá na železo, zaplavovala ich okolie. Preto má Mars červenastý povrch.

Železo vo vnútri Marsu rozhýbalo elektróny, ktoré vytvorili planetárne dynamo. Mechanizmus, ktorý mení mechanickú energiu na elektrickú. Elektrické polia generujú magnetické polia. Veľké magnetické polia môžu byť štítom proti slnečnému vetru. Aspoň dovtedy, kým sa planéta uchová vo svojom vnútri dosta-tok roz-tavenej horniny.

Aj veľké magnetické polia sa však rozpadajú. Miliardu rokov po sformovaní Marsu jeho vnútro vychladlo, konvekcia ustala, pretože železo stuhlo a dynamo sa zastavilo. Vulkanizmus začal slabnúť. Posledné ložiská železa na povrchu označujú hniezda magnetizmu, (anomálie v kôre), ktoré sa nachádzajú najmä na južnej pologuli.

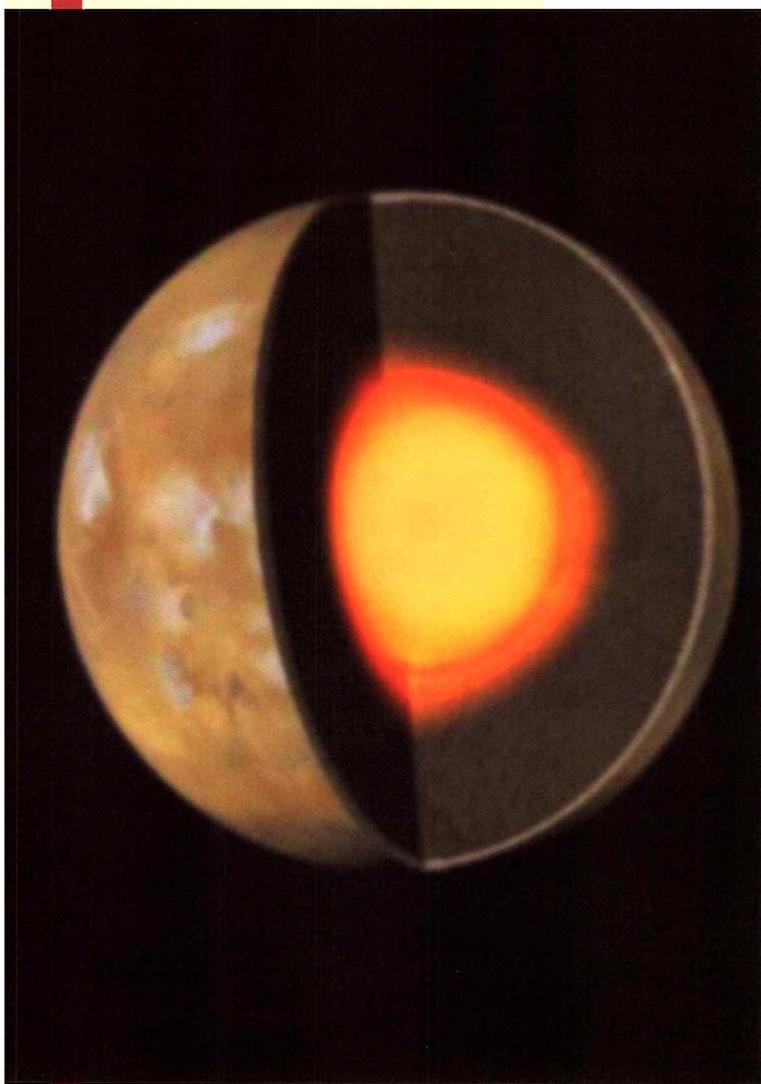
„Mars je planétou, ktorá sa nachádza na rozhraní medzi zmagnetizovanými a nezmagnetizovanými objektmi,“ vraví Janet Luhmann, vedúca tímu okolo sondy MAVEN.

Zvláštnosti magnetických polí na Marse nám prezradili údaje sond, ktoré merali jeho interakcie so slnečným vetrom. V roku 1965 sonda Mariner 4 obletela Mars vo vzdialenosti 8 000 kilometrov. Z tejto vzdialenosti nijaké magnetické polia neobjavila. (Magnetické pole Zeme dokázu magnetometre zmerať aj zo vzdialenosti 60 000 km.) Sonda Mariner však nezaznamenala ani to, že sa slnečný vietor nad viacerými oblasťami vetra ohýba.

V roku 2001 potvrdila sonda Mars Global Surveyor prítomnosť zvyškových magnetických polí na Marse. Výlučne v jeho starej kôre. Hniezda hornín bohatých na železo sa vytvorili ešte predtým ako dynamo vyhaslo. Sonda MAVEN, ktorá letí k Marsu, po prvý raz preskúma, aká je hustota martánskej atmosféry nad magnetickými anomáliami i mimo nich. Zároveň bude merať aj silu slnečného vetra nad týmito oblasťami. Výsledkom nebude iba presnejšia mapa magnetických polí, ale aj to, do akej miery tieto anomálie brzdia únik atmosféry.

Podľa niektorých scenárov môžu minimagnetosféry ochraňovať atmosféru pred slnečným vetrom, ktorý ich neutralizuje. Podľa iných scenárov sa minimagnetosféry prepájajú s magnetickými poliami slnečného vetra a vytvárajú „oblaky“ ionosféry, ktoré potom hviezdny vietor vytláča z atmosféry. Tím okolo MAVEN skúma práve takéto prípady.

Dva magnetometre sondy s vysokým rozlíšením (MAG) mapujú zvyšky magnetosféry.



Deväť senzorov napája solárne panely, veľké ako autobus. Tie generujú lokálne magnetické polia, ktoré chránia MAG pred vplyvmi vlastného magnetického poľa sondy. Aj kvôli tomu oba magnetometre umiestnili na koncoch solárnych panelov. Znalci toto zariadenie považujú za mimoriadne dôvtipný inžiniersky výkon.

Rovnakú ochranu majú aj prístroje LPW (Langmuir Probe and Waves). Tieto detektory vyvinuli v roku 1924, keď sa Irwing Langmuir pokúšal zmerať teplotu a hustotu elektrónov i energiu plazmy (voľne sa pohybujúce protóny a ióny), ktoré tvoria väčšinu ionosféry. Deväťdesiat rokov po Langmuirovi merajú LPW hustotu a teplotu elektrónov ako funkciu výšky nad povrchom.

Elektróny s vyššou teplotou prispievajú k úniku iónov kyslíka z atmosféry. Vytlačujú ich do vyšších vrstiev, odkiaľ ich ďalej, do okolitého priestoru, strháva slnečný vietor. Podobný proces prebieha neustále aj v atmosfére Zeme, ale na Marse asi pôsobí oveľa silnejšie. Napriek tomu, že sa tieto interakcie odohrávajú v oveľa väčšej vzdialenosti, teplota elektrónov v marťanskej ionosfére môže byť prekvapujúco vysoká: okolo 727 °C. (Na Zemi nanajvýš 300 °C). Tam, kde sa na Zem viazaný ión kyslíka rekombinuje, stáva sa neutrálnym a zotrúva v atmosfére. Rovnaký ión kyslíka na Marse si po zrážke s energetickejšími marťanskými elektrónmi náboj udrží. Preto ho slnečný vietor strhne.

Ďalší prístroj na sonde MAVES – STATIC (Super-Thermal and Thermal Ion Composition) meria ióny ešte pred rekombináciou a únikom z atmosféry Marsu. Unikátna konštrukcia tohto prístroja umožňuje merať ióny prichádzajúce zo všetkých strán s meniacou sa citlivosťou v rozsahu faktora 1000 a v rozsahu energií 100 000. STATIC meria rozloženie pozitívne nabitých častíc (iónov), ich rýchlosť (teda energiu plus smer) a hmotnosť.

STATIC dokáže zmerať, koľko iónov z tých, ktoré ho obliehajú, dosiahne únikovú rýchlosť. Tieto merania bude vykonávať v rozličných výškach, aby kvantifikoval, ktoré časti atmosféry sa stratili a v akom rozsahu. Keď sa slnečná aktivita mení, STATIC zmeria, koľko

iónov dosiahne únikovú rýchlosť. Zároveň, bude skúmať aj rozdiely medzi vonkajšou vrstvou marťanskej plazmy a slnečným vetrom vo chvíli, keď budú interagovať a produkovať superteplé ióny, prúdiace z ionosféry.

Superteplé ióny podľa všetkého prispievajú k miznutiu marťanskej atmosféry. Tam, kde sa magnetosféra stretáva so slnečným vetrom, častice sa sformujú do útvaru, pripomínajúceho vodu, ktorá obteká provu lode. Túto časť magnetosféry nazývame nárazovou vlnou.

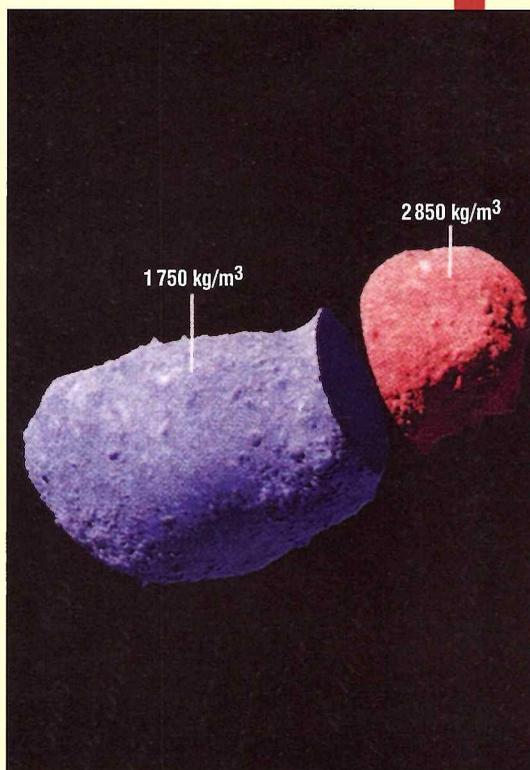
V nárazovej vlně tlak slnečného vetra donúti častice plazmy rotovať v rovnakom smere ako planéta. To ich pohyb urýchľuje. Keď urýchlené ióny nadobudnú najvyššiu teplotu, slnečný vietor ich z dennej strany Marsu vytlačí do nočnej strany. Chvosty plazmy sa oviňajú okolo planéty v hale a pripomínajú dlhé plápolajúce vlasy, ktoré sa strácajú v priestore smerom od Slnka. Tieto chvosty sú zložené z molekúl kyslíka, oxidu uhličitého a vody, ktoré sú súčasťou atmosféry Marsu.

Chvosty plazmy, teploty elektrónov i magnetické polia, to všetko vplyva na marťanskú atmosféru. Všetky tri prístroje na sonde MAVEN budú merať, ako každá z týchto zložiek reaguje na rozličné typy energií, na zmeny sily slnečného vetra, na slnečné búrky.

Sonda MAVEN začne pracovať v období, keď slnečná aktivita bude klesať. Vtedy nastáva najpriaznivejšie obdobie na pozorovanie najmocnejších síl, spôsobujúcich únik atmosféry: koronálnych výronov hmoty (CME). Viac a dlhších CME vedci pozorujú vtedy, keď aktivita Slnka klesá.

Nakoľko Mars nemá dynamo, nie je na ňom možná navigácia pomocou kompasu. Jeho atmosféra je taká riedka, že sa sonda bude môcť do nej podľa potreby, aj vysokou rýchlosťou vnárať. Aj do takých hĺbok, kde doposiaľ iné sondy nepracovali. Údaje zo sondy využijú inžinieri na plánovanie robotických misií. Údaje o interakciách CME s magnetickými poliami v kôre Marsu umožnia naprojektovať ideálne miesto pristátia pre prvú misiu s kozmonautmi. Podrobné magnetické mapy Marsu umožnia navyše vyvinúť pre túto planétu funkčný systém navigácie, podobný GPS na Zemi.

MAVEN Press Release



Po skombinovaní údajov o rotácii asteroidu Itokawa s údajmi sondy Hayabusa vedci zistili, že asteroid 25143 Itokawa sa skladá z dvoch celkom odlišných častí.

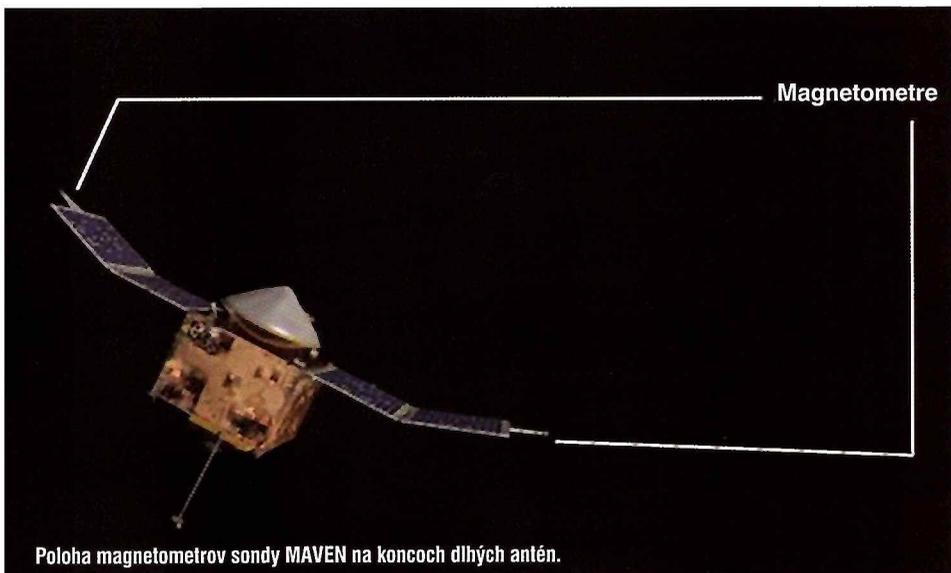
Nezvyklá štruktúra asteroidu Itokawa

Podrobná štúdia o blízkozemnom (near-Earth) asteroide 25143 Itokawa spôsobila vo svete planetológov rozruch. Vnútorňa štruktúra tohto burský oriešok pripomínajúceho telesa vedcov prekvapila. Po analýze údajov, ktoré získali od roku 2001 zistili, že Itokawa je pozliepaná z najrôznorodnejších materiálov.

Astronómia z University of Kent merali premenlivú jasnosť asteroidu a tak odvodiť parametre jeho rotácie. Vzhľadom na jeho tvar a topografiu povrchu (údaje získala japonská sonda Hayabusa, ktorá navštívila Itokawu v roku 2005) vedci očakávali, že sa jeho rotácia v priebehu 12 rokov spomalí. Opak je pravdou: rotácia telesa sa každých rok zrýchľila o 0,045 sekundy! Takéto zrýchľovanie je možné iba vtedy, keď asteroid tvoria dva úplne odlišné segmenty s rozdielnymi hustotami. V tomto prípade asteroid vznikol po zrážke dvoch celkom odlišných telies. Pôvodne si vedci mysleli, že asteroid je homogénny.

Štúdia je významná aj preto, že sa takto vôbec po prvý raz, podarilo zistiť zloženie vnútra asteroidu. V budúcnosti podobnou metódou preskúmajú aj vnútra ďalších vytipovaných asteroidov.

Astronomy & Astrophysics



Poloha magnetometrov sondy MAVEN na koncoch dlhých antén.

Chýbajúci vesmír

Väčšina astronómov sa nazdáva, že vo vesmíre dominuje neviditeľná hmota, ktorá sa prejavuje iba gravitáciou. Podaktorí vedci si však myslia, že ide o omyl, vyplývajúci z toho, že gravitácii sme zatiaľ celkom neporozumeli.

Tmavá hmota sa po prvýkrát vynorila z kôp galaxií, takých ako Abell 2744. Na snímke Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu vidíme stovky galaxií. Gigantické, 100-krát väčšie ako Mliečna cesta, i trpasličie. Fakt, že sa takéto zoskupenie galaxií udržalo pohromade v priebehu miliárd rokov svedčí o tom, že na ne pôsobí neznámy zdroj gravitácie. Možno tmavá hmota...

Vieme, že problém tmavej (skrytej, chýbajúcej) hmoty zaviedol slávny švajčiarsky fyzik Fritz Zwicky. Bol to on, kto prvý predvídal aj existenciu neutrónových hviezd či supernov. V roku 1933 skúmal rýchlosti galaxií v kope galaxií Coma. Zistil, že všetky galaxie v kope sa pohybujú tak rýchlo, že by sa kopa dávno rozpadla, keby galaxie nedržala pokope gravitácia neznámej, neviditeľnej hmoty v centre kopy. V priebehu niekoľkých rokov vedci zistili, že aj galaxie v ostatných kopách sa správajú rovnako. Hypotéza, že súdržnosť kóp galaxií spôsobuje gravitácia neznámej substancie, sa ujala. Ujala sa aj pojem „tmavá hmota“, ktorého autorom je tiež Zwicky.

Objav Jana Oorta

Približne v rovnakom čase objavil rovnaké efekty aj holandský astronóm Jan Oort. Nie však vo vzdialených kopách, ale v Mliečnej ceste. Podľa logiky by sa hviezdy krúžiace okolo jadra Galaxie mali pohybovať rýchlejšie ako hviezdy na jej periférii. To by malo platiť aj pre našu Slnecnú sústavu: Merkúr obieha okolo Slnka za tri mesiace, Pluto za 250 rokov. Gravitácia so vzdialenosťou podstatne slabne, takže vzdialenejšie objekty sa musia pohybovať pomalšie. Ibaže ani v našej, ani v iných galaxiách nič podobného nepozorujeme.

Výnimkou sú iba hviezdy, ktoré obiehajú okolo supermasívnej čiernej diery v jadre Mliečnej cesty. Zvyšok Galaxie rotuje tak, akoby urýchlovač každej hviezdy po dosiahnutí istej rýchlosti prestal pôsobiť. Slnko obieha okolo jadra Galaxie rýchlosťou 220 km/s. To isté platí pre všetky hviezdy v Mliečnej ceste. I pre tie vzdialenejšie, i pre tie bližšie. Inými slovami, rotačná krivka Galaxie je plochá. Také niečo je možné iba vtedy, ak sa Mliečna cesta vyvinula v gigantickom oblaku neviditeľnej hmoty, ktorého hmotnosť je prinajmenšom 6-krát vyššia ako hmotnosť všetkej hmoty vo vnútri Galaxie.

Takže žijeme vo vesmíre, kde všetko generuje viac gravitácie (a má teda väčšiu hmotnosť), ako by vyplývalo z logického úsudku. Túto záhadu nazvali vedci „problémom chýbajúcej hmoty“.

Prešli desaťročia. Niektorí astronómovia problém ignorovali, iným nedal spávať. Rozmýšľali: Vo vesmíre je viac hmoty ako pozorujeme. Ako je to možné? Možno je tam



Štyri veľké kopy galaxií v kope Abell 2744 sa k sebe už 350 miliónov rokov približujú. Oblaky horúceho plynu (červená farba), žiaria v röntgenovej oblasti. Predpokladané rozloženie tmavej hmoty je znázornené modrou farbou.

Známa hmota vesmíru

Ťažké váhy: baryóny, teda kvarky, z ktorých sa formujú protóny a neutróny. Základné stavebné kamene normálnej hmoty.

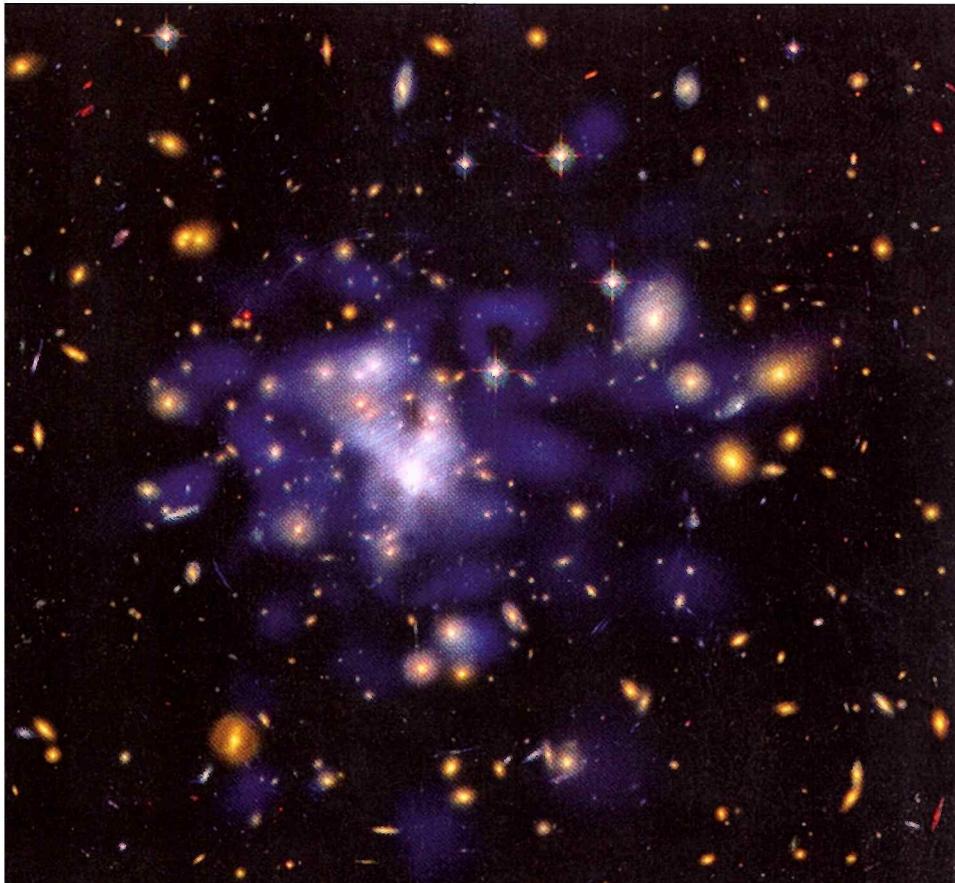
Stredné váhy: leptóny, napríklad elektróny. Elektrón má 1836-krát nižšiu hmotnosť ako protón.

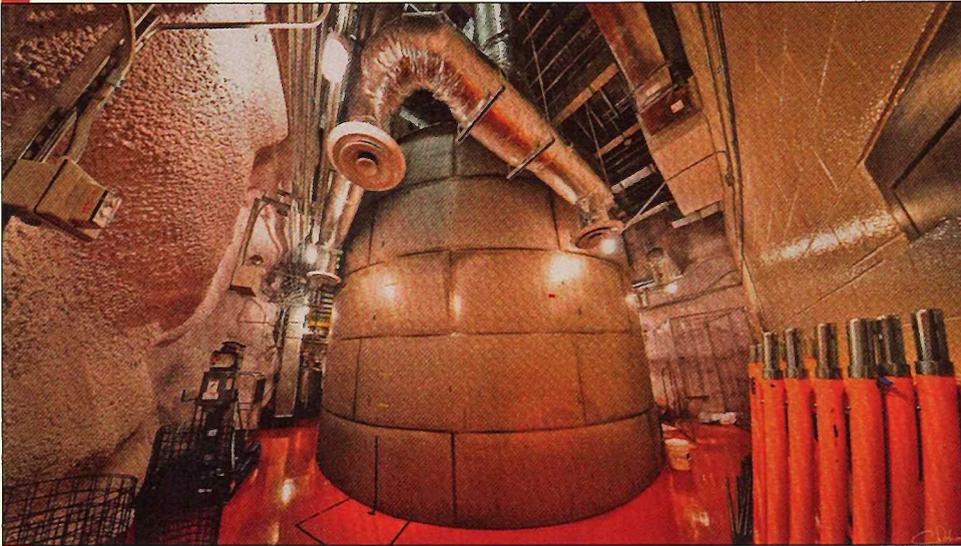
Lahké váhy: neutrína, všadeprítomné častice s takmer nulovou hmotnosťou.

Každá častica má dvojníka v antihmote, ktorý má rovnaké vlastnosti, ale opačný náboj.

Bezpočet nestabilných častíc s najrozličnejšími hmotnosťami, ktoré sa priebežne objavujú a zanikajú.

Vedci okolo HST zmapovali predpokladané rozloženie tmavej hmoty (modrá) aj v kope galaxií Abell 1689. Mapu vytvorili na základe údajov o gravitačnom vplyve kopy na vzdialenejšie galaxie.





Častice tmavej hmoty sa pokúšajú detegovať dômyselné prístroje v rámci početných experimentov. Na snímke Large Underground Xenon experiment v jednej z chodieb zlatej bane v Black Hills (Južná Dakota).

Päť stavov hmoty

Hmota sa vyskytuje v podobe plazmy, plynu, kvapaliny, pevnej látky a Bose-Einsteinových kondenzátov.

Kvarky (vždy po troch) sa kombinujú na protóny a neutróny, z ktorých sa formujú jadrá atómov. Jadrá atómov drží pohromade silná sila. Jadrá s elektrónmi vytvárajú atómy, ktoré drží pohromade elektromagnetická sila.

Oblak elektricky nabitých jadier atómov (ióny) a elektrónov je plazma.

Keď sa atómy voľne pohybujú, vzniká plyn.

Keď sú interakcie atómov so susedmi slabé, vzniká najzriedkavejšie skupenstvo hmoty, kvapalina.

Keď sú atómy silne zviazané, formuje sa pevná látka.

Pri teplotách, ktoré sú nižšie ako na ktoromkoľvek prirodzenom mieste vo vesmíre, atómy môžu náhle splynúť do podoby Bose-Einsteinovho kondenzátu.

Rotačná krivka galaxie porovnáva rýchlosti hviezd v disku s ich vzdialenosťami oproti centru galaxie. Pozorované krivky sú ploché, čo svedčí o tom, že tak halo neviditeľnej hmoty, ako aj gravitácia sa v slabých poliach správajú odlišne. Keby nebolo tmavej hmoty alebo keby pôsobila teória MOND, krivka by stúpala.

oveľa viac hviezd a oveľa viac prachoplynových oblakov či hmlovín. Možno sú neviditeľným zdrojom gravitácie čierne diery.

Ibaže všetky hviezdy žiaria, najmä tie najmasívnejšie. A nezrelých, degenerovaných hviezd (hnedých trpaslíkov) zasa nie je až tak veľa. Chýbajúca hmota nie je ani v prachoplynových oblakoch, ktoré všeličo zahaľujú (vyplyva to z čoraz dôkladnejšej inventúry, ktorú umožňujú prístroje novej generácie, prenikajúce do ich vnútra), ani v čiernych diarach, ktoré síce nevidíme, ale dokážeme vypočítať ich hmotnosť z pohybu telies, ktoré okolo nich obiehajú.

Poznámka: Podľa posledných údajov sú populácie malých hviezd i hnedých trpaslíkov oveľa početnejšie, ako vedci donedávna predpokladali.

Odvrátená tvár hmoty

Vo vesmíre je teda oveľa viac gravitácie ako by malo byť. Čo ju generuje? Aká zvláštna, neznáma substancia?

Väčšina astronómov sa nazdáva, že tmavú hmotu (TH) tvoria neznáme častice, ktoré s planétami a hviezdami takmer neinteragujú. Vedci obľubujú akronymy, takže im dali meno WIMPy (Weak Interacting Massive Particles/Slabo interagujúce masívne častice).

Najpočetnejšími časticami vo vesmíre sú neutrína. Aj tie sú neviditeľné. Týchto častíc s beznáma nulovou hmotnosťou je bezpočet, ale ich interakcie s normálnou hmotou sú tiež veľmi slabé. Každú sekundu preletí každým nechtom na vašej ruke bilión neutrín.

Iba nedávno sa dokázalo, že aj neutrína majú nenulovú hmotnosť. Ale aj tak (vzhľadom na namerané gravitačné efekty v galaxiách) by sa väčšina neutrín mala nachádzať v halách, ktoré obaľujú každý hviezdny ostrov. Lenže aj tmavá hmota by mohla byť všadeprítomná. Mala by zdieľať s nami priestor, v ktorom žijeme.

Častice tmavej hmoty, na rozdiel od neutrín, museli by mať najmenej takú hmotnosť ako atóm olova. A každú sekundu by naším telom muselo preniknúť aspoň sto takýchto častíc. Mali by byť základným stavebným materiálom vesmíru a spoluformovať jeho štruktúry. A vesmír tmavej hmoty by musel koexistovať spolu s naším bez toho, aby nám pomáhal či škodil.

Gravitačný twist

Už niekoľkokrát sa vedci nazdávali, že sú na stope tmavej hmoty, ale jednoznačný dôkaz doteraz nikto nezverejnil. Preto niekoľko skupín vedcov začalo hútať o tom, či sa bez tmavej hmoty nezaobídeme. Tak sa zrodila teória MOND.

Pred 31 rokmi zverejnil The Astrophysical Journal článok izraelského fyzika Mordechaja Milgroma, ktorý ponúkol alternatívne vysvetlenie bláznivého správania sa galaxií: Namiesto hľadania chýbajúcej hmoty, ktorá pôsobí na všetko, Milgrom matematicky dokázal, že rovnaký efekt sa prejaví aj vtedy, keď sa gravitácia správa inakšie. Napríklad, keď vo veľkých škálach zoslabne. Na papieri, popísanom matematickými vzorcami, mu to vyšlo.

Modifikáciu Newtonovho gravitačného zákona by väčšina vedcov prijala. Čo ak existuje spodný limit, pod ktorý gravitácia nemôže zoslabnúť? Čo ak gravitácia, ktorej sila nepriamoúmerne slabne so štvorcem vzdialenosti pôsobí silnejšie, ako očakávame v oblastiach, kde pôsobí najslabšie. Napríklad na perifériách galaxií? (Mimočodom, už Einstein v rámci teórie relativity ukázal, že v najsilnejších poliach sa gravitácia správa ináč, ako si Newton myslel.) Ak by mal Milgrom pravdu, bez tmavej hmoty by sme sa zaobišli.

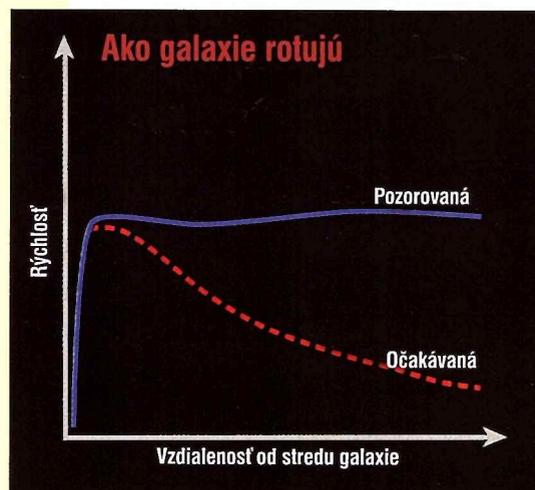
Teória MOND (MODified Newtonian Dynamics) otvára fyzikom dvere k vzťahu Tully/Fisher.

Vzťah objavili už v roku 1977 americkí astronómovia Brent Tully a Richard Fisher. Podľa tohto vzťahu závisí rýchlosť rotácie galaxie od jej jasnosti. Jasnejšie galaxie rotujú rýchlejšie. Má to logiku, pretože v jasnejších galaxiách je viac hviezd, a teda aj viac hmoty. Pôsobí v nich teda aj silnejšia gravitácia.

Objav, že vzťah Tully/Fisher platí vo všetkých galaxiách, dokonca aj vtedy, keď jasnosť ich povrchu sa mení, podporuje skôr teóriu MOND ako existenciu tmavej hmoty! A naozaj, rotačné krivky do takej miery podporujú teóriu MOND, že aj podaktorí prívrženci tmavej hmoty už prešli do jej tábora.

Jedna z nich, Stacy McGaugh, hovorí: „Verila som v tmavú hmotu, tak ako väčšina kolegov. Ibaže čo je jednoduchšie? Uveriť v existenciu neznámych častíc, ktoré do štandardného modelu fyziky nepasujú a zatiaľ sme ich nenašli, alebo sa zmieriť s tým, že jedna zo štyroch síl, gravitácia, sa správa za istých podmienok inakšie, ako sme očakávali?“

V porovnaní s tromi ďalšími základnými silami





Galaxia M51, tak ako iné špirálové galaxie, pôsobí 10-krát väčšou gravitáciou, ako by mala pôsobiť, keby sme spočítali hmotnosti jej viditeľných objektov. Buď túto galaxiu obaluje tmavá hmota, alebo gravitácia pôsobí inakšie, ako sa väčšina vedcov nazdáva.

mi vesmíru je gravitácia najzáhadnejšia. Nikto nevie, prečo pôsobí tak ako pôsobí, a nikde nie je napísané, že jej sila musí klesať so štvorcem vzdialenosti na každej mozgnej úrovni sily či zrýchlenia.

Vedci zameraní na tmavú hmotu preskúmali množstvo galaxií, ktorých jasnosť sa mení. Výsledky boli zakaždým iné, rozporuplné, nejednoznačné. Jedna zo skupín na základe údajov z týchto galaxií urobila na počítači tisíc simulácií, až kým nezistili, že iba v jedinom prípade boli údaje v zhode s predpokladmi. Prípadom to pokusy starovekých a stredovekých astronómov, ktorí sa snažili zosúladiť obehy planét s doktrínou, podľa ktorej všetky obiehajú okolo Zeme. V prípade epicyklov to dokonca fungovalo, ale iba vtedy, keď jednotlivé údaje v priebehu času upravovali.

Ako otestovať neotestovateľné

Teóriu MOND svojho času väčšina astrofyzikov neprijala. V poslednom čase však niektorí svoj názor zmenili. Prínajmenšom v tom, že MOND treba otestovať. Napríklad tak, že

prístroje umiestnime v dostatočnej vzdialenosti od akéhokoľvek gravitačného poľa, teda najmenej vo vzdialenosti desiatiny svetelného roka (zhruba 7000 AU). Ibaže, aj keby sme sondu s takou aparatúrou vyslali zajtra, na výsledky by sme museli čakať dlho. Sonda Voyager sa počas viac ako 30 rokov vzdialila od Zeme iba na 127 AU.

Mondisti však čelia námietkam skeptikov. Prečo by mala mať gravitácia takú malú intenzitu? Podľa teórie MOND možno síce spoľahlivo predpovedať ako galaxie rotujú, ale nedokáže vysvetliť pohyby vo väčších škálach, napríklad medzi kopami galaxií. Takže väčšina astrofyzikov zotrúva v tábore prívržencov tmavej hmoty.

Jedným z nich je Hong-seng Zhao z University of St. Andrews vo Veľkej Británii. Zhao upozorňuje, že MOND zlyhá na najväčších škálach. Mondisti sú však presvedčení, že sa kopy galaxií správajú tak, akoby známe hviezdy a hmloviny ovplyvňovali ich pohyb. To je absolútny nezmysel. MOND medzi galaxiami nefunguje.

Prívrženci tmavej hmoty prirovnávajú

mondistov k učencom, ktorí (v staroveku i v stredoveku) tvrdohlavo bránili predstavu, že Zem je plochá. Ibaže v roku 2012 uverejnil The Astronomical Journal článok, v ktorom McGough presvedčivo dokazuje, že vzťah Tully/Fisher v galaxiách s malou hmotnosťou platí. Okrem toho vlni v rotačných krivkách pre galaxiu v Andromede objavili, v zhode s predpoveďami MOND, dve trpasličie galaxie. Rovnako v minulom roku vedci zistili, že sa aj hviezdy v Mliečnej ceste, nachádzajúce sa vysoko nad i hlboko pod diskom galaxie, sa pohybujú podľa predpovedí MOND.

Tak, alebo onak, zvláštna gravitácia podľa teórie MOND sa stáva, prínajmenšom pokiaľ ide o blízky vesmír, vážnou alternatívou k teórii tmavej hmoty. Vo veľkých škálach zatiaľ platí teória tmavej hmoty, hoci jej prívrženci s údajmi dosť čarujú. Spory medzi dvomi tábormi budú trvať celé roky. Spory skončia buď objavom častíc tmavej hmoty, alebo experimentom, ktorý dokáže teóriu MOND.

Astronomy, apríl 2014

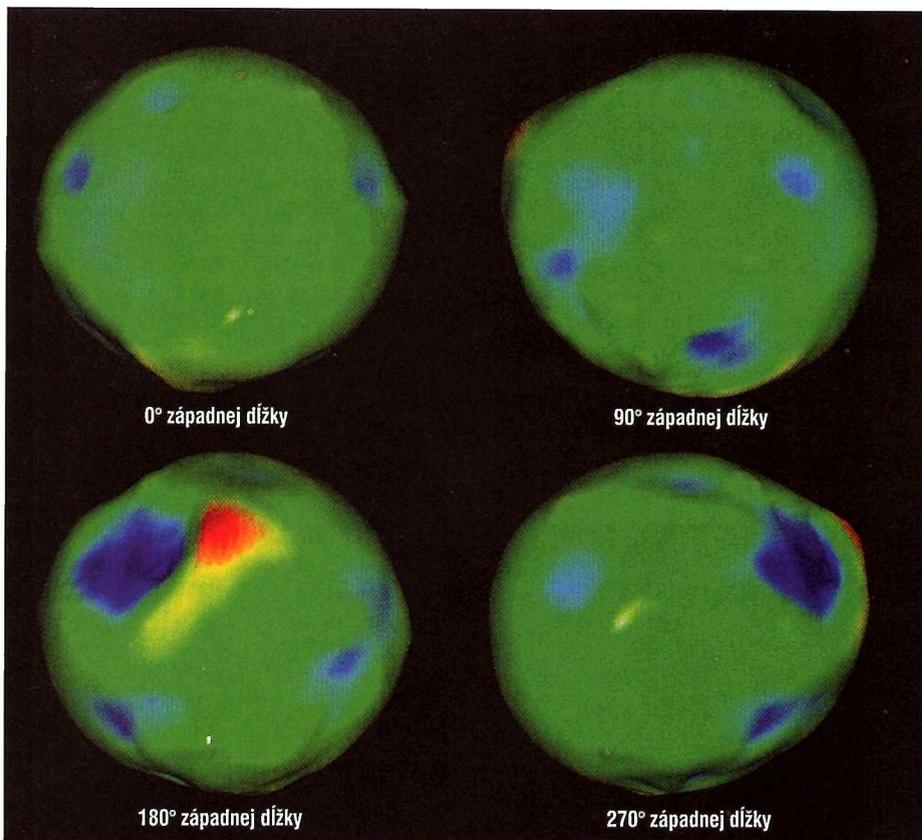
Phoebe:

mesiac so záhadnou minulosťou

Všetky telesá Slniečnej sústavy sa sformovali v rotujúcom prachoplynovom disku počas záverečnej fázy kolapsu pôvodnej solárnej hmloviny. V strede rotujúceho disku hmota hustla, až kým sa nenarodila naša hviezda – Slnko. Slnko nabaľovalo čoraz viac hmoty, pretože jeho gravitácia sa zväčšovala. Paralelne sa zvyšovala aj rýchlosť rotácie disku.

Z nepravidelných zlepcov prachu a plynu, ktoré sa pohybovali v disku, sa sformovali asteroidy, jadrá komét a planéty. Terestrické planéty – Merkúr, Venuša, Zem a Mars – sa usadili vo vnútri Slniečnej sústavy. Horúca mladá hviezda vytlačala hviezdnyimi vetrami do okolia množstvo prchavých látok s nízkym bodom varu. Vo väčších vzdialenostiach, kde nebolo také búrlivé a horúce prostredie, začali zárodoky objektov (z ktorých sa neskôr vyvinuli Jupiter a Saturn) nasávať z okolitého prostredia vodík a hélium. Možno už vtedy vzdialenejšie protoplanéty, Urán a Neptún, začali nabaľovať vodu a premenili sa na ľadových obrov.

Phoebe je zvláštnym mesiacom Saturna. Je guľatá, má viaceré vlastnosti planéty. Podľa vedcov mohli v dávnej minulosti z jej povrchu tryskať gejziry prchavých látok, čo prispelo k ideálnemu zagulateniu jej tvaru.



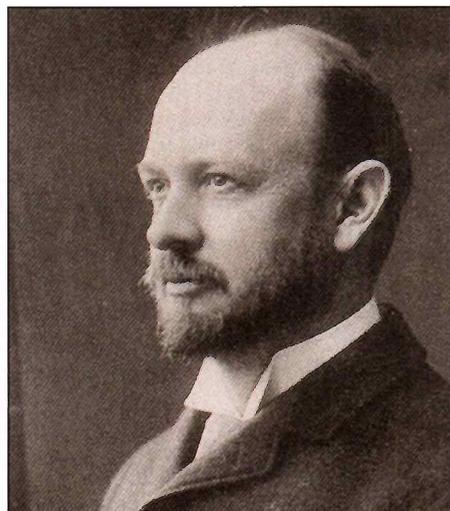
Hoci je povrch Phoebe na pohľad zvlnený a hrboľatý, v skutočnosti má mesiac tvar gule. Štyri digitálne portréty Phoebe (každý zobrazuje iný segment mesiaca) vyhotovili vedci pomocou údajov sondy Cassini.

Planetológovia sa naučili odhadovať aj vnútra planét a najväčších mesiacov. Ale až vtedy, keď zistili, ako funguje diferenciácia. Proces, ktorý spôsobuje, že ťažšie prvky sa usadzujú v jadre a okolo neho, zatiaľ čo z tých ľahších sa sformuje kôra telesa. Diferenciácia však v telesách s menšou hmotnosťou a gravitáciou nefunguje. Malé mesiace a jadrá komét sa vytvorili z pomiešaných materiálov. Tento scenár platil dovtedy, kým vedci nevyhodnotili údaje zo Saturnovho mesiaca Phoebe.

Gulatá Phoebe

Phoebe má priemer 315 kilometrov. Patrí do skupiny stredne veľkých mesiacov, takých ako známejšie Saturnove mesiace Japetus či Mimas. Vedcov však čosi zarazilo. Iné mesiace s rovnakým vekom a porovnateľnou hmotnosťou neboli dosť veľké a nemali teda takú silnú gravitáciu, ktorá by ich sformovala do tvaru gule.

Phoebe objavil William Henry Pickering v roku 1899 ako deviaty Saturnov mesiac.



Vo väčšine prípadov ide o zlepenec hornín a ľadu.

Pre Phoebe to neplatí: jej ideálna guľatosť priviedla vedcov na myšlienku, že iba zdroj tepla vo vnútri tohto mesiaca mohol udržať horniny v plastickom stave aspoň tak dlho, kým sa akumulovaná hmota protomesiaca nesformovala do tvaru gule. Svedčí o tom aj hustota Phoebe: je podstatne väčšia ako hustota ľadových mesiacov Saturna. Z týchto údajov vyplynulo, že ide o teleso, v ktorom prebehla diferenciácia, takže by malo mať malé, husté jadro. Také, ako majú malé planéty.

Planetológovia skúmajú telesá Slnecnej sústavy pomocou sond. Nakoľko sú telesá oveľa hmotnejšie ako sondy, ich gravitácia dráhu sondy do istej miery zmení. Z údajov o zmene dráhy, najmä počas opakovaných blízkych obletov, dokážu vedci odvodiť aj zloženie vnútra týchto telies.

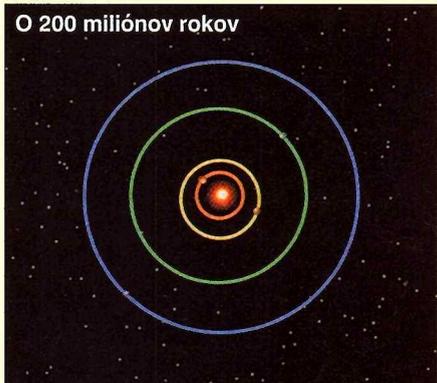
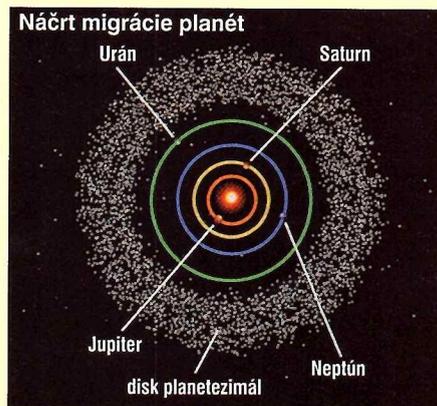
Túto metódu vedci s úspechom využili v prípade mesiacov Titan a Enceladus, ku ktorým sa sonda Cassini priblížila počas misie veľakrát. Ku Phoebe sa však sonda nikdy nepriblížila natoľko, aby vedci získali spoľahlivé údaje. Isté je iba to, že taký ideálny guľový tvar mohla Phoebe nadobudnúť iba vtedy, ak jej vnútro bolo svojho času aspoň čiastočne plastické.

Keď sa protoplanéta dostane do stavu gravitačnej rovnováhy, jej tvar sa pod vplyvom vnútornej gravitácie ustáli. Zdá sa, že to platí aj pre mesiac Phoebe. To znamená, že jej jadro zahrievalo aj vonkajšie vrstvy jeho kôry.

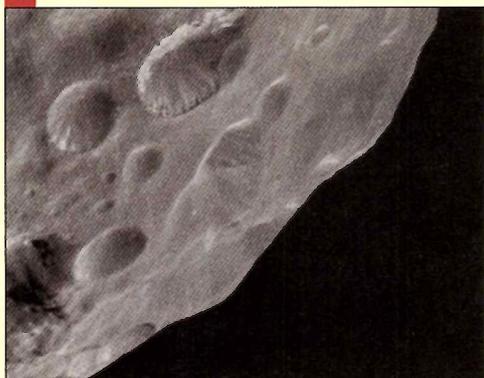
Kedysi sa Phoebe mohla podobáť na iný Saturnov mesiac. Porézny Hyperión však má 3-krát menšiu hustotu ako Phoebe. Z toho vyplýva, že



Model Nice

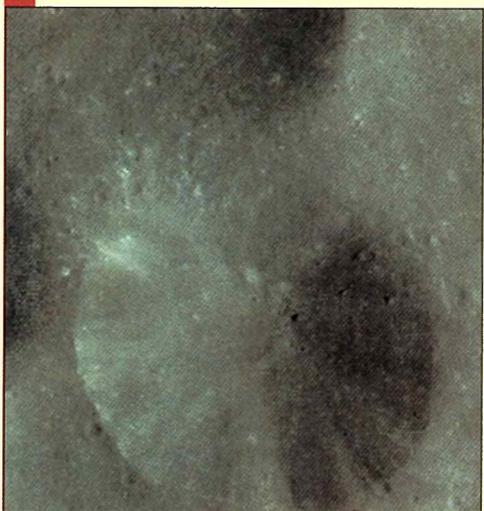
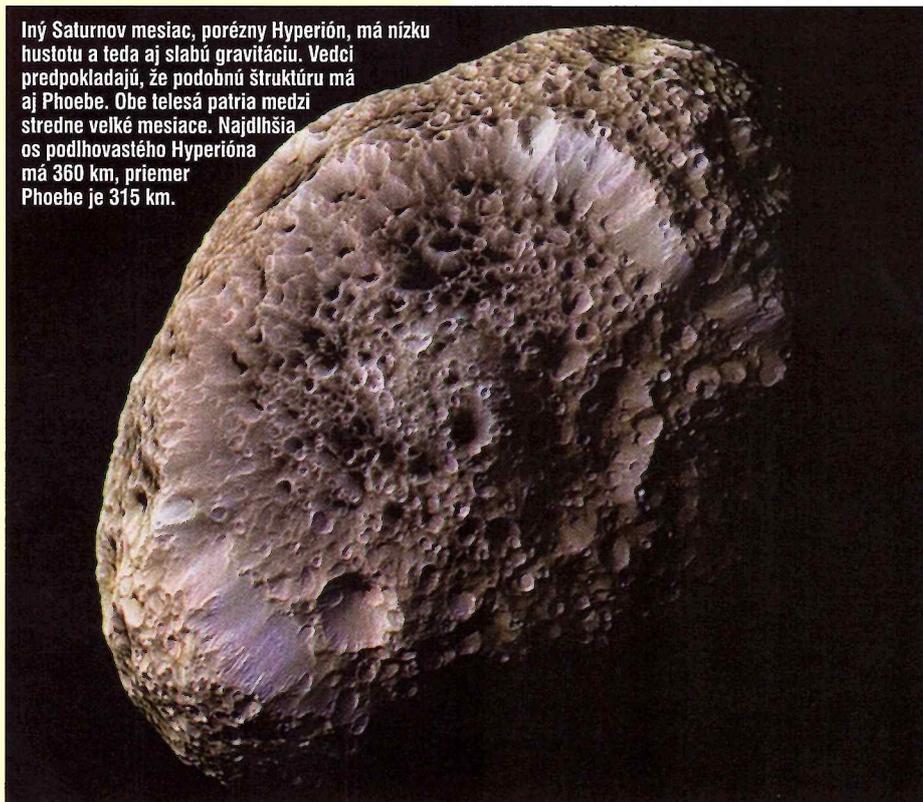


Najakceptovanejšou teóriou o vývoji mladej Slnecnej sústavy je Model Nice. Opisuje, ako sa pred 4 miliardami rokov dostali Jupiter a Saturn do rezonancie a vytlačili Urán a Neptún na perifériu, medzi protoplanetárne telesá, planetezímaly. Táto veľká výmena mohla vrhnúť Phoebe do vnútra Slnecnej sústavy.



Na jednom z kráterov na Phoebe rozlíšite svetlé i tmavé vrstvy. Je možné, že sa vrstvy naukladali okolo sporadicky vybuchujúceho gejziru. Ladvý povrch mesiaca je pokrytý prachom.

Iný Saturnov mesiac, porézny Hyperión, má nízku hustotu a teda aj slabú gravitáciu. Vedci predpokladajú, že podobnú štruktúru má aj Phoebe. Obe telesá patria medzi stredne veľké mesiace. Najdlhšia os podlhovastého Hyperióna má 360 km, priemer Phoebe je 315 km.



Lavinu na svahu bezmenného krátera na Phoebe tvoria prúdy neznámeho materiálu. Priemer krátera: 13 km.

sa vo vnútri Phoebe muselo odohrať čosi, čo spôsobilo kolaps poréznych vonkajších vrstiev. Nekajý proces zohrial vnútro mesiaca do takej miery, že sa povrchový ľad roztopil a rovnomerne rozliat po celom povrchu. Keď stuhol, Phoebe nadobudla súčasný, takmer ideálny guľatý tvar. Potvrdzujú to snímky zo všetkých uhlov.

Ibaže malé telesá si po sfomovaní vnútorné teplo dlho neudržia. Takže čo je zdrojom tepla na Phoebe? Je možné, že Phoebe sa v Slnecnej sústave sformovala v ranom štádiu, keď v nej bolo nadostač izotopov s krátkym polčasom rozpadu. Keď sa rádioaktívne izotopy začali rozpadáť, uvoľňovalo sa z nich žiarenie a častice, ktoré vnútro zahrievali.

Zdá sa, že najvýznamnejšiu úlohu v tomto procese zohralo alumínium-26, ktoré má polčas rozpadu 720 000 rokov. Tento izotop dokáže

ktoré sa istotne nesformovali v rovnakom prostredí. Vnútorné mesiace sa istotne sformovali v prstencoch. Hyperión však môže byť úlomkom jedného z týchto mesiacov, alebo ide o objekt, ktorý počas obehu uviazol v gravitačnej pasci obej planéty. Aj Japetus asi patrí do rodiny, ale jeho hustota akosi nesedí, pretože podobnú hustotu majú aj vonkajšie mesiace, ktoré sa, na rozdiel od Japeta, sformovali inde.

Phoebe sa do sústavy Saturna zatúlala zďaleka: okolo Saturna obieha po retrográdnej dráhe, teda opačne ako rotujú prstence a ostatné mesiace. Jej obežná dráha je výstredná, s extrémnym sklonom. Aj priemer obežnej dráhy tohto mesiaca (26 miliónov km) svedčí o tom, že Saturn za Japeta na samom začiatku evolúcie Slnecnej sústavy.

Ak sa Phoebe naozaj sformovala mimo Saturnovho systému, jej potulky v mladej Slnecnej sústave nie sú v súlade so štandardným modelom. V čase, keď sa Phoebe formovala, Slnko sa práve zbavilo momentu hybnosti tým, že vytvorilo protoplanetárny disk. V ňom sa sformovali štyri terestrické planéty, Urán i Neptún a jadrá Jupitera a Saturna. Podľa štandardného modelu sa však tieto objekty sformovali tam, kde teraz sú. Dnes však vieme, že to neplatí.

Čo sa muselo udiť

Štandardný model formovania planét má dva problémy. Predstavme si zrnká prachu voľne sa vznášajúce v priestore. Tie sa bez problémov zliepajú do väčších telies. Aj pri objektoch s priemermi 1 až 10 kilometrov, ak sú dostatočne husté, akumulácia hmoty prebieha. Nabaľovanie hmoty zabezpečuje gravitácia. Platí to však aj pre telesá s väčšími priemermi ako zrnká prachu a objekty s menším priemerom ako 1 kilometer? Vieme, že pri malých telesách (s priemermi 1 m až 1 dm) gravitácia bezprostredne nepôsobí.

Druhým problémom je vplyv aerodynamiky na častice predierajúce sa plynom v disku. Najmenšie častice (s priemerom 1 mikrón), rozptýlené v primordiálnej hmlovine, sa v disku nezliepajú, lebo ich pohyb v plyne akumuláciu znemožňuje. Na veľké telesá pohyb v disku takmer nevyplýva. Lenže telesá s priemermi niekoľkých metrov sa začali približovať k Slnku ešte predtým, ako sa začali nabaľovať. Tie sa na formovaní planét nezúčastnili. Tieto problémy riešia planetológovia už bezmála 50 rokov.

Podaktorí sa nazdávajú, že telesá s priemermi okolo metra mohli zhŕňať dokopy turbulencie v solárnej hmlovine. V oblastiach, kde plyn či kvapalina prúdili inakšie ako hmota v ich okolí. V slnečnom disku sa vytvárali zhľuky balvanov, ktoré boli strhávané do početných vírov. Až v tých víroch dochádzalo k interakciám s väčšími objektmi.

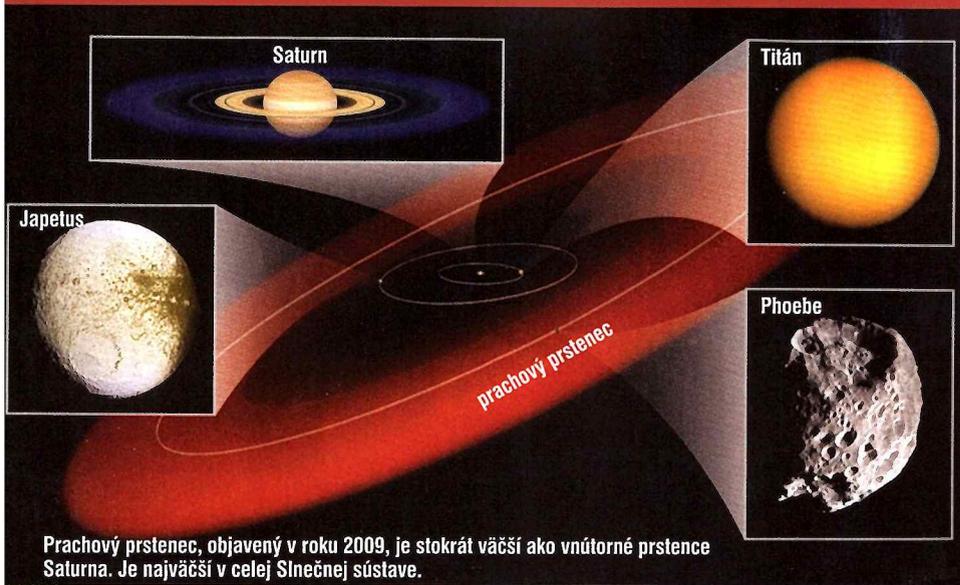
Iná významná (a overenejšia) zmena v predstávach planetológov sa týka niektorých obrích planét, ktoré sa nemohli sformovať na súčasných obežných dráhach. Napríklad Urán a Neptún (presnejšie ich pevné jadrá) sa museli sformovať v oveľa menšej vzdialenosti od Slnka. Tam, kde krúžia teraz, by sa zhľuky primordiálnych balvanov gravitačne nepozliepali do väčších telies. Pomerne veľké jadrá Uránu a Neptúna sa sformovali medzi Slnkom a Jupiterom. Potom sa však priblížili k Jupiterovej obežnej dráhe a gravitačný prak ich katapultoval na perifériu sústavy.

počas niekoľkých tisícok rokov uvoľniť veľké množstvo tepla. Toto teplo rozpúta hydrotermálnu aktivitu a ďalšie procesy. Malé telesá s bohatým chemickým zložením sú vyhrievané práve takýmito izotopmi s krátkymi polčasmi rozpadu. Ich formovanie však netrvá dlho, lebo prírodný reaktor svoje palivo pomerne rýchle spotrebuje. Phoebe sa musela sformovať počas prvých 3 miliónov rokov trvania našej Slnecnej sústavy.

Zvonku, alebo zvnútra?

Povrch telies v gravitačnej rovnováhe má vplyv aj na tvary kráterov. Okraje kráterov na niektorých miestach tvorí iba ľad, preto ich tvary sú podivné. Na prvý pohľad nevyzerajú ako impaktné krátery. Zdá sa, že ich formovali vnútorné sily, napríklad plyny unikajúce na povrch. Alebo sú krátery prepahliská, ktoré vznikli zrútením povrchu nad dutinami. Majú nezvyklé tvary. Pripomínajú obrátené kužele.

Phoebe však nie je jediným čudným telesom v sústave Saturnu. Vedci študujú celý rad telies,



Prachový prstenec, objavený v roku 2009, je stokrát väčší ako vnútorné prstence Saturna. Je najväčší v celej Slnčnej sústave.

Phoebe kŕmi najvzdialenejší Saturnov prstenec

Hoci astronómovia vedia o vnútorných prstencoch Saturna celé storočia, obrovský prachový prstenec objavili až v roku 2009. Phoebe obieha okolo Saturna v tomto prstenci, takže je takmer isté, že do najväčšieho prstenca v Slnčnej sústave dodáva vlastný materiál. Presnejšie, ide o materiál, ktorý sa z Phoebe uvoľňoval po dopade veľkých impaktov. Prstenec objavili americkí astronómovia. Vnútorný okraj prstenca je od Saturna vzdialený 7,7, vonkajší okraj 12,5 milióna kilometrov. Jeho hrúbka je 40-krát väčšia ako polomer planéty. Prstenec má vzhľadom k Saturnovej rovine rovníka sklon 27°, obežná dráha Phoebe okolo Saturna má sklon 30°. Tento prstenec je 100-krát väčší ako systém hlavných prstencov.

Nepochopiteľné je aj správanie tisícok objektov v Kuiperovom páse. Tieto telesá sa pohybujú po výstredných dráhach so značným sklonom (dôsledok rezonancií s Uránom a Neptúnom). Jeden príklad za všetky: v rovnakom čase obehne Pluto okolo Slnka dvakrát, Neptún trikrát. (Rezonancia 2 : 3). Pôvodne však aj tieto telesá mali viac-menej kruhové obežné dráhy s nízkym sklonom. A iba na takýchto dráhach dochádza k efektívnemu nabaľovaniu hmoty, k rýchlej akrecii. Prečo to neplatí pre telesá v Kuiperovom páse?

Vedci v Kuiperovom páse pozorujú početné populácie telies, každú s iným pôvodom a rodokmeňom. Zdá sa, akoby akási sila tieto telesá poriadne popretriasala, premiešala. Jedno je isté: štruktúru našej Slnčnej sústavy muselo niečo zmeniť. Znalci dynamiky sa nazdávajú, že sa obrie planéty sformovali v kompaktnej konfigurácii a až neskôr začali od seba migrovať. Tento scenár je jadrom modelu Nice. (Pomenovali ho podľa francúzskeho mesta Nice, sídla astronomického inštitútu.)

Model Nice ponúka oproti štandardnému modelu dve extrémne alternatívy. Prvý model opisuje ako Urán a Neptún pomaly, po špirálach, migrovali Slnčnou sústavou. Podľa druhého

modelu štyri obrie planéty (a možno aj piata, ktorá bola neskôr katapultovaná mimo Slnčnej sústavy) sa počas globálnej nestability do takej miery priblížili k Slnku, že sa Urán a Neptún ocitli na iných trajektóriách. Ich obežné dráhy sa navzájom križovali, ba preťali aj obežné dráhy Jupitera a Saturna. Gravitácia oboch plynových obrov vytlačila Urán a Neptún do disku planetezimál, ktorý už dnes nejestvuje. V tejto populácii vonkajších asteroidov a jadier komét, ktorá by možno nadobudla parametre Kuiperovho pásu, sa z materiálu (s hmotnosťou niekoľko tisíc Zemí) zrodili telesá ako Pluto či Phoebe.

Obrie planéty rozmetali neskôr aj disk, ale jeho hmotnosť i interakcie s vnútornými planétami zachránili obrie planéty pred vyhostením zo Slnčnej sústavy.

Polapený votrelec

Divokú minulosť Phoebe prezrádza najmä jej povrch. Vďaka spektrometru na palube sondy Cassini sa vedci dozvedeli, že mesiac pokrýva lad oxidu uhličitého. Na okraji optického spektra (smerom k UV) sa objavujú útvary, ktoré možno reflektujú rozptýlené častice železa. Z iných údajov vyplýva, akoby povrch Phoebe tvorili organické

molekuly: polycyklické aromatické uhľovodíky, obsahujúce vodík, kyslík, dusík a základný stavebný prvok života – uhlík.

Asteroidy a meteoroidy z rodiny uhľikátých chondritov sa formujú vo vonkajšej časti hlavného pásu asteroidov, alebo za ním, kde prostredie bolo a je dostatočne chladné. Tam krúžia tieto vlhké, uhľovodíkmi naplnené objekty, ktoré občas nevyspytateľný gravitačný biliard z pásu katapultuje aj smerom k Saturnu. Hoci je povrch Phoebe poznamenaný aj impaktmi z hlavného pásu asteroidov, v materiáli na jej povrchu možno nájdeme dôkaz, že k Saturnu privandrovala z periferie Slnčnej sústavy. Možno z Kuiperovho pásu. Prístroje na Cassini detegovali na povrchu Phoebe organické látky, ktoré ani na jednom telese z rodiny Neptúna nenájdeme.

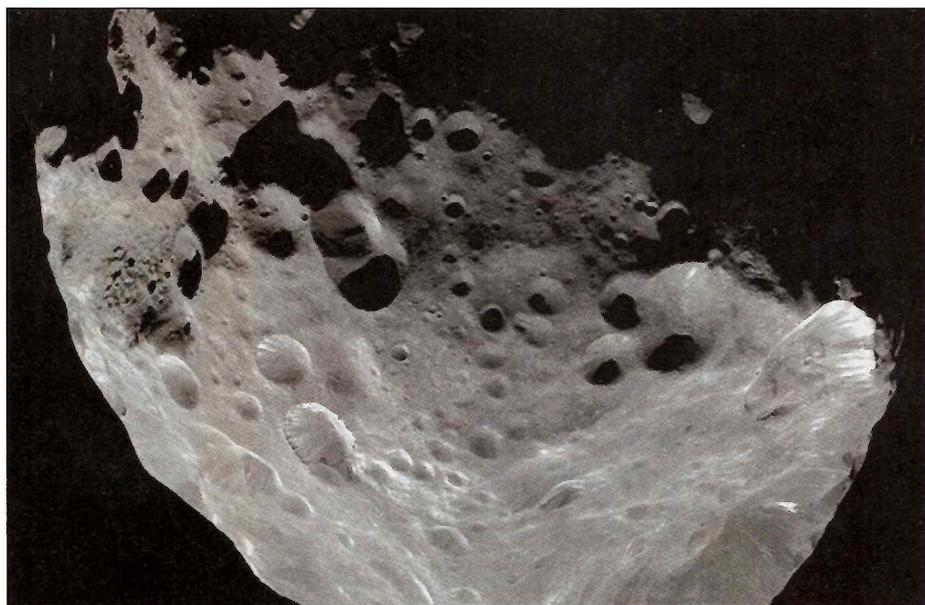
Čo by sa stalo, keby sme teleso z Kuiperovho pásu premiestnili bližšie k Slnku? Phoebe, podľa všetkého, už väčšinu prchavých látok stratila. Keď sa sformovala, na jej povrchu prevládali metán a dusík. O väčšinu prchavých látok prišla počas putovania z periferie Slnčnej sústavy do jej vnútra. Na tejto púti sa mohla, ešte pred uviaznutím v gravitačnej pasci Saturna, zatúlať oveľa bližšie k Slnku. Možno až za dráhu Jupitera.

Vedci špekulujú aj o tom, ako prebiehalo zafixovanie Phoebe. Záhadný mesiac mal možno dvojníka, teleso, pohybujúce sa po rovnakej dráhe. Gravitácia je časovo reverzibilná. Keď sa niečo dostáva do systému, niečo podobné musí z neho vypadnúť. Inými slovami: bez existencie tretieho objektu by Saturn nemohol Phoebe gravitačne pripútať. Počas blízkeho obehu obrej planéty bola sestra Phoebe katapultovaná. V dôsledku toho stratená energia spomalila pohyb Phoebe natoľko, že ju Saturn mohol zajať.

Vylúčené nie je ani to, že Phoebe mohla byť kedysi mesiacom Urána či Neptúna. Počas obdobia veľkého premiestňovania planét sa v blízkosti Saturna mohol ocitnúť aj Urán so svojou ponukou mesiacov. Možno došlo aj ku gravitačnej výmene. Pravdepodobnejšie však je, že Saturn menšie planéty obral o viac mesiacov.

Bez ohľadu na to, odkiaľ sa Phoebe vzala, záujem vedcov o ňu narastá. Kužeľovité krátery, bohatá mineralógia, guľatý tvar, vysoká hustota a podľa všetkého aj vysoký vek: Phoebe je viac planétou ako mesiacom.

Astronomy, marec 2014



Túto fotografiu Phoebe poskladali zo šiestich snímkov, ktoré exponovala sonda Cassini v roku 2004. Rozlíšenie 74 metrov na pixel.

Vlastnosti každej hviezdy sa zafixujú už počas prvých 500 000 rokov jej existencie. Najmä hmotnosť, od ktorej závisí aj jej jasnosť. Počas tohto obdobia sa okolo mladej hviezdy vytvárajú aj protoplanetárne disky, v ktorých sa formujú planéty. Štúdium formovania hviezd prispieva k pochopeniu vzniku nášho Slnka.

Pol'ovačka na protohviezdy

Hviezdy vznikajú vo vnútri obrovských molekulových oblakov s priemerom viac ako 100 svetelných rokov. Keď časť takéhoto oblaku pod vplyvom vlastnej gravitácie skolaruje, sformuje sa protohviezda. Gravitačná energia hmoty v oblaku sa premení na energiu pohybu a napokon, keď sa chladný plyn zrúti na hviezdu, aj na teplo. Dôsledok: protohviezda sa zväčšuje, jej teplota narastá. Tento proces trvá pol milióna rokov.

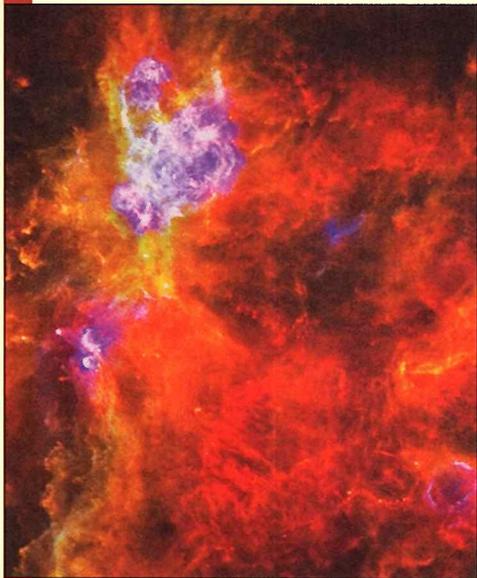
Počas ďalšej, dlhšej fázy vývoja sa protohviezda pod vplyvom vlastnej gravitácie zmenšuje. Po 30 miliónoch rokov je už jej jadro také horúce a husté, že sa v ňom rozbehnú jadrové reakcie. Protóny vodíka fúzujú na protóny hélia. Vo chvíli, keď sa jadrové reakcie rozbehnú, hviezda sa prestane scvrkávať. Mladá hviezda vyžaruje rovnaké množstvo energie, koľko jadrová fúzia v jej jadre vygeneruje.

V takejto dynamickej rovnováhe zotráva momentálne aj naše Slnko. Sformovalo sa pred zhruba 5 miliardami rokov, počas hviezdneho života už má za sebou. Životnosť hviezdy

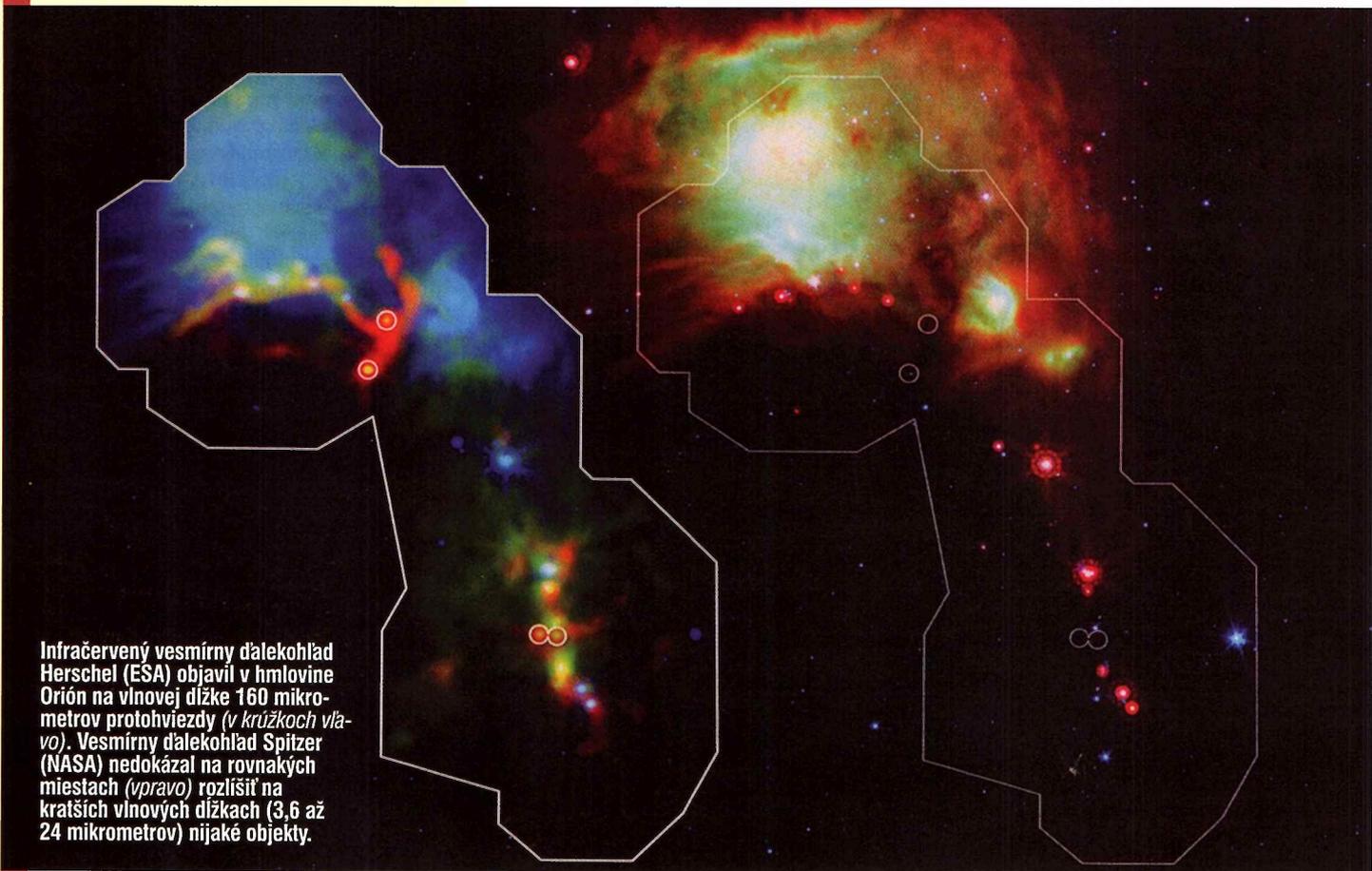
závisí od procesov v protostelárnom období. Astronómovia prirovnávajú protostelárne oblaky k ľudskému genómu. Keď rozlúštíme ich kód, získame veľa údajov o vlastnostiach rodiacej sa hviezdy. Ibaže, pozorovanie tejto fázy vývoja hviezd je neľahké, pretože protohviezdu obaľuje hustá obálka prachu a plynu, ktorá absorbuje jej žiarenie.

Vedci preto vyvinuli niekoľko metód, pomocou ktorých môžu protohviezdy študovať, aspoň nepriamo. Protohviezda svoju obálku zohrieva. Infračervené vesmírne ďalekohľady, krúžiace okolo Zeme vysoko nad atmosférou, horúce obálky skúmajú. Nemeckí astronómovia sa zamerali najmä na hmlovinu Orión, vzdialenú 1400 svetelných rokov.

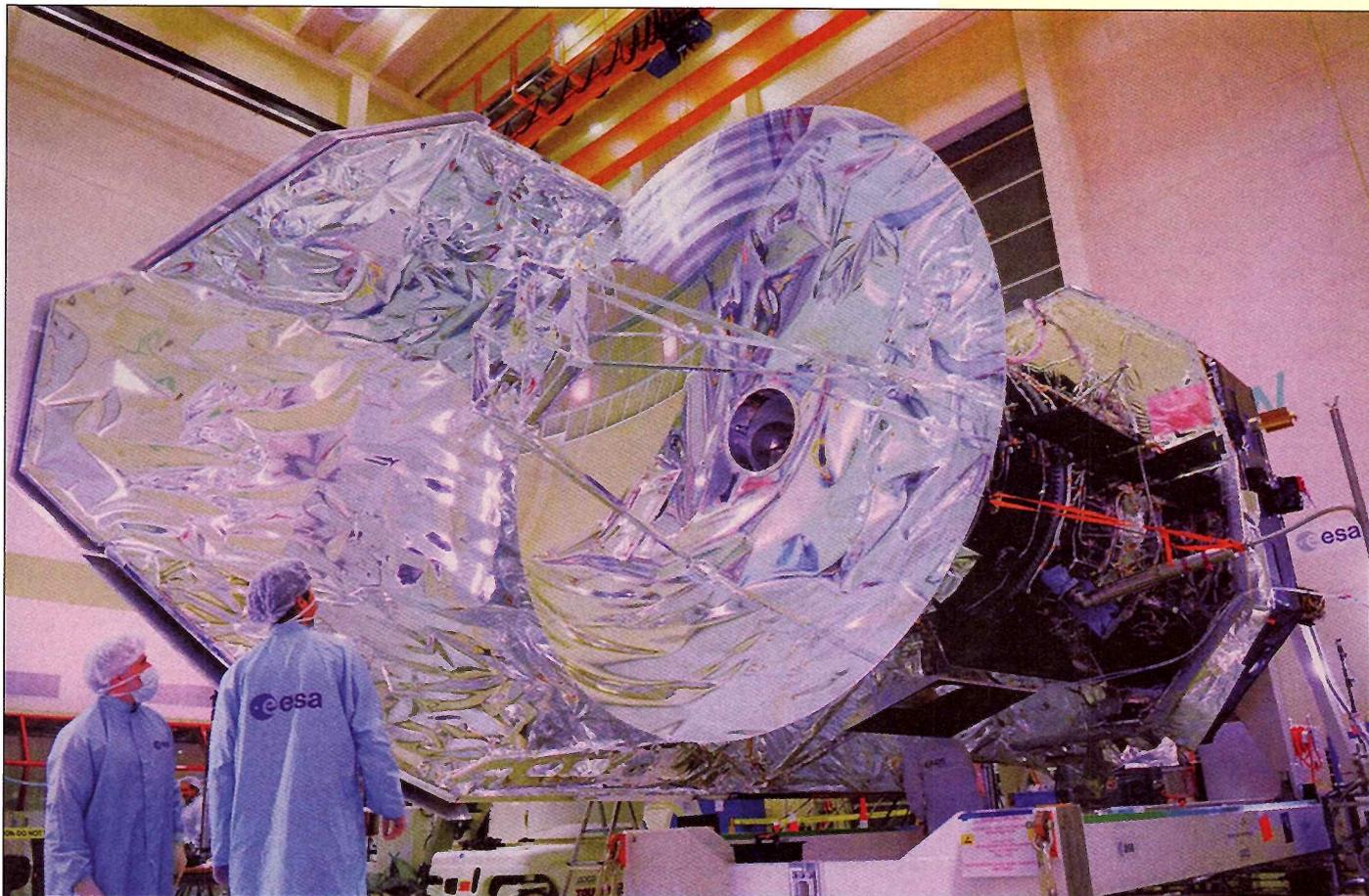
V roku 2003 vypustila NASA na obežnú dráhu okolo Zeme infračervený ďalekohľad Spitzer. Spitzer objavil v hmlovine Orión stovky protohviezd. Astronómovia pozorovali protohviezdy aj pred Spitzerom, ale ich vedecká korisť nebola bohvieaká. Až prístroje na vesmírnom ďalekohľade umožnili študovať stovky hviezd v približne rovnakej vzdialenos-



Kozmická detská škôlka: na infračervenej snímke vidíte hmlovinu W3 v ramene hmloviny Perzeus, vzdialenej 6 200 svetelných rokov.



Infračervený vesmírny ďalekohľad Herschel (ESA) objavil v hmlovine Orión na vlnovej dĺžke 160 mikrometrov protohviezdy (v krúžkoch vľavo). Vesmírny ďalekohľad Spitzer (NASA) nedokázal na rovnakých miestach (vpravo) rozlíšiť na kratších vlnových dĺžkach (3,6 až 24 mikrometrov) nijaké objekty.



ti, v jedinej hviezdnej kolíske. Spitzer však dokázal pokryť iba polovicu infračerveného spektra.

Pokrok nastal až v roku 2009, keď Európska vesmírna agentúra vypustila na obežnú dráhu doteraz najväčší IR-ďalekohľad – Herschel, ktorý skúma vytipované oblasti na dlhých, pre Spitzera neviditeľných infračervených vlnách. Nakoľko sa z vlnovej dĺžky toho-ktorého objektu dá vypočítať aj jeho teplota, dokázal Herschel detegovať aj oveľa chladnejšie hviezdy.

Počas analýzy objektov z prehliadky HOPS (Herschel Orion Protostar Survey) pošťastil sa nemeckým astronómom z Heidelbergu náhodný objav. Keď porovnávali snímky zo Spitzera so snímkami z Herschela, zistili, že sa na ďalekých vlnových dĺžkach objavili aj objekty, ktoré Spitzer nezaznamenal. Vedci usúdili, že sú to studené protohviezdy, ktoré svoju obálku dokážu zohriať iba na teplotu necelých 20° nad absolútnou nulou. Nazvali ich PBR zdrojmi (P podľa kamery PACS, B ako bright/jasný, R ako červený).

PBR sú podľa všetkého vôbec najmladšie protohviezdy. Obalujú ich také mohutné obálky, že z nich na povrch neprenikne ani infračervené žiarenie. V komplexe hmloviny Orión je zhruba 5% hviezd typu PBR. Ich životnosť je neuveriteľne krátka. Vedci ju odhadli iba na 25 000 rokov! Ako tieto hviezdy vyzerajú netuší, pretože ich nemôžu priamo pozorovať.

Zo žiarenia, ktoré obálka vyžaruje, však vyčítali, že hmotnosť plynových a prachových obálok okolo skúmaných protohviezd má 0,2 až 2 hmotnosti Slnka. „Obrov“ medzi nimi neobjavili.

Detektory na ďalekohľade Herschel chladí kvapalné hélium, schladené na hodnotu absolútnej nuly. Vlni v máji sa však hélium minulo, takže ďalekohľad krúžiaci okolo Zeme sa zahrieva do takej miery, že pozorovania v IR-oblasti sú nemožné. Údaje, ktoré v rámci tejto misie vedci získali, budú spracovávať mnoho rokov. (Herschel bude premiestnený do cintorína vyslúžilých sond na vymedzenej obežnej dráhe.) Výskum vývoja hviezd zabezpečujú iné ďalekohľady.

Rast v utajení

Protohviezda rastie tým, že nabafuje hmotu zo svojej obálky. Akým spôsobom sa však obálka podieľa na parametroch zrelej hviezdy, zatiaľ nevedno. Obálky majú najrozličnejšie formy: niektoré sa skladajú akoby zo strapca vlákien, iné vyzerajú ako malé gule. Akým spôsobom sa však hmotu vo vnútri obálky premiestňuje? Zrod a vývoj hviezd je zatiaľ zahalený tajomstvom.

Tieto procesy môže objasniť oxid uhoľnatý (CO). V obálkach protohviezd sa tento plyn vyskytuje iba v malom množstve, veľké ďalekohľady ho však dokážu detegovať a sledovať, ako sa premiestňuje. Pravdepodobne až ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) v Čile vystupuje, ako sa z objektov PBR sformujú zrelé hviezdy. Ak sa to astronómom podarí, dozvieme sa viac aj o tom, aké bolo Slnko, keď sa vyklúlo z kolabujúceho oblaku plynu.

Bild der Wissenschaft

Doteraz najväčší vesmírny ďalekohľad Herschel pred štartom v roku 2009.

Nielen vesmírne ďalekohľady

NASA a Nemecké centrum pre letectvo a kozmonautiku spoločne využívajú stratosférické observatórium SOFIA, určené pre infračervenú astronómiu. Observatórium je vlastne lietadlo Boeing 747, na palube ktorého je infračervený ďalekohľad. Lietadlo sa pohybuje nad úrovňou 13 000 metrov. Tam, kde IR- pozorovanie nestačuje prítomnosť vodných pár v atmosfére.

Počas jedného letu vedci pozorovali G35, protohviezdu v súhvezdí Orla, vzdialenú 8 000 svetelných rokov. Protohviezda má hmotnosť 20 Slnk, v ríši malých protohviezd je zriedkavým obrom. Vedci predpokladali, že takáto masívna hviezda je produktom mimoriadne zložitého mechanizmu vo vnútri veľkej obálky. Ukázalo sa však, že G35 sa od obyčajných protohviezd s podstatne menšou hmotnosťou príliš neodlišuje: aj v tomto prípade kolabuje obálka symetricky. Neobjavili v nej nijaké zvláštne štruktúry.

Exoplanéta s bizarnou precesiou

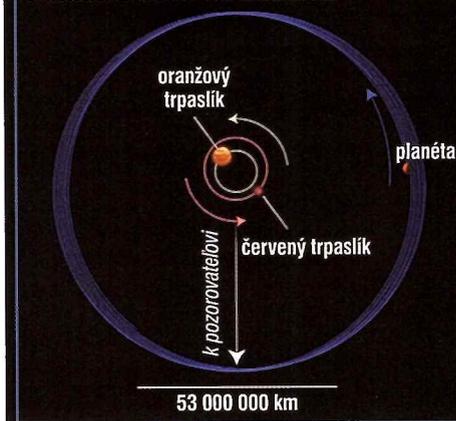
Vesmírny ďalekohľad Kepler detegoval exoplanétu s najneuveriteľnejšími vlastnosťami. Exoplanéta Kepler-413b, vzdialená 2300 svetelných rokov, obieha okolo tesnej dvojhviezdy za 66 dní. Dvojhviezdu tvoria červený a oranžový trpaslík.

Planéty krúžia okolo oboch hviezd po kruhovej obežnej dráhe, ktorá má k rovine dvojhviezdy sklon $2,5^\circ$. Navyše, astronómovia zaznamenali, že precesia, sklon rotačnej osi planéty, sa rýchle a dramaticky mení: o 30° v priebehu 11 rokov! (Precesia Zeme: $23,5^\circ$ počas 26 000 rokov.) Exoplanétu s takými vlastnosťami doteraz astronómovia neobjavili.

Planéta krúži okolo dvojhviezdy tesne za zeleným pásom, oblasťou, kde sa voda udrží v kvapalnom skupenstve. Je to superNeptún s hmotnosťou 66 Neptúnov, takže nemôže mať pevný, skalnatý povrch.

Väčšina exoplanét obieha svoje hviezdy s presnosťou hodín. Kepler objavoval planéty tak, že zaznamenával nepatrný pokles jasnosti materských hviezd počas pravidelných zákrytov. V prípade exo-

Pohľad zvrchu na sústavu



Dvojhviezda Kepler-413

Pohľad z boku na sústavu



Ilustrácia znázorňuje nezvyklú obežnú dráhu planéty Kepler-413b okolo tesnej dvojhviezdy. Vzhľadom na rýchle meniaci sa sklon jej dráhy sa zákryty neobjavujú pravidelne. V najbližšom čase ju bude možné pozorovať až v roku 2020.

planéty Kepler-413b, ďalekohľad počas 1500 dní trvajúcej misie zaznamenal počas prvých 180 dní tri zákryty materskej hviezdy, ale počas nasledujúcich 800 dní ani jediný! Vo zvyšnom čase zaznamenali ďalších 5 zákrytov.

Z údajov vedci vypočítali, že do roku 2020 nezaznamenajú nijaký ďalší zákryt. Súvisí to jednak so zmenami obežnej dráhy tejto exoplanéty, ale aj s jej relatívne malým priemerom. Navyše, orbitálna rovina dvojhviezdy neleží priamo na zornom lúči pozemských pozorovateľov. Objav bol teda do značnej miery náhodný.

Rovina obežnej dráhy exoplanéty Kepler-413b sa kvôli rýchle meniacemu sklonu neustále mení. Takže pri pohľade zo Zeme sa završuje stáva, že objekt neprechádza pred dvojhviezdu, ale buď nad ňou, alebo pod ňou.

Čo spôsobuje tieto výkyvy? Môže to byť vplyv iných telies v sústave. Alebo poruchy môže spôsobovať ďalšia hviezda, gravitačne zviazaná s dvojhviezdu. Vedci predpokladajú, že v sústave krúžia aj ďalšie planéty, ale momentálne ich nedokážeme detegovať.

Astrophysical Journal

Našli prvého súrodencu Slnka

Astronómovia už dávnejšie hľadajú dvojníka Slnka. Hviezdu, ktorej typ, veľkosť, hmotnosť, zloženie i poloha v zelenom páse sa čo najviac približujú k parametrom Slnka. Našli ich už niekoľko. Tím z University of Texas však našiel prvého súrodencu Slnka. Hviezdu, ktorá sa takmer určite sformovala v rovnakom prachoplynovom oblaku!

Cielom tímu je zistiť, kde v Mliečnej ceste sa Slnko zrodilo. Iba tak dokážu spresniť predstavy o podmienkach v mladej Slnčnej sústave. A pochopiť, prečo sme na našom hviezdnom ostrove tam, kde sme. Na periférii našej Galaxie. „Navyše existuje šanca, malá, ale nie nulová, že aj súrodenci Slnka môžu mať planetárne systavy, aj také, ktoré sa vyvinuli v zelených zónach,“ tvrdí Ivan Ramirez, šéf tímu. „V „rodnom oblaku“, kde sa tieto hviezdy formovali, dochádzalo

k početným gravitačným inetrakciám i kolíziám. A gravitačný biliard mohol planéty alebo ich časti katapultovať do inej sústavy. Medzi nimi i také, na ktorých sa uchovali zárodoky života. Takže, súrodenci Slnka by sa mali stať kľúčovými kandidátmi pri hľadaní mimozemského života.“

Súrodencu Slnka, hviezda HD 162826 v súhvezdí Herkules, je vzdialená 110 svetelných rokov. Má o 15 % vyššiu hmotnosť ako Slnko. Volným okom ju nevidíme, ale pomocou malých binokulárov ju rozlíšime nad jasnou hviezdou Vega.

Tím identifikoval HD 162826 počas pozorovania vyše 30 možných kandidátov, ktorých vytipovali kooperujúce skupiny na všetkých kontinentoch. Ramirezov tím sa zamerával na 23 z týchto hviezd. Na severnej pologuli ich študovali pomocou ďalekohľadu Harlan J. Smith na McDonalldovom observatóriu. Zvyšné hviezdy, viditeľné iba z južnej pologule, pomocou ďalekohľadu Clay Magellan v Las Campanas, Čile. Počas výskumu, zameraného na zloženie hviezd, používali spektroskopy s vysokým rozlíšením. Ramirezov tím spresňoval postupne aj informácie o dráhach týchto hviezd okolo jadra našej Galaxie. Zo súčasných polôh vypočítali aj údaje o tom, kde sa nachádzali v minulosti a kde sa ocitnú v budúcnosti. Po vyhodnotení všetkých údajov zistili, že zo všetkých skúmaných hviezd by mohla byť súrodencom Slnka iba hviezda HD 162826.

Zatiaľ nevedno, či táto hviezda má planéty. Vedci ju však zhodou okolností pozorujú už 15 ro-

kov. Z pozorovaní vyplynulo, že okolo HD 162826 nekrúži ani „horúci jupiter“, obria planéta na blízkej obežnej dráhe, ani iný, vzdialenejší plynový obor. Prítomnosť te-restričných planét však štúdie nevyužili.

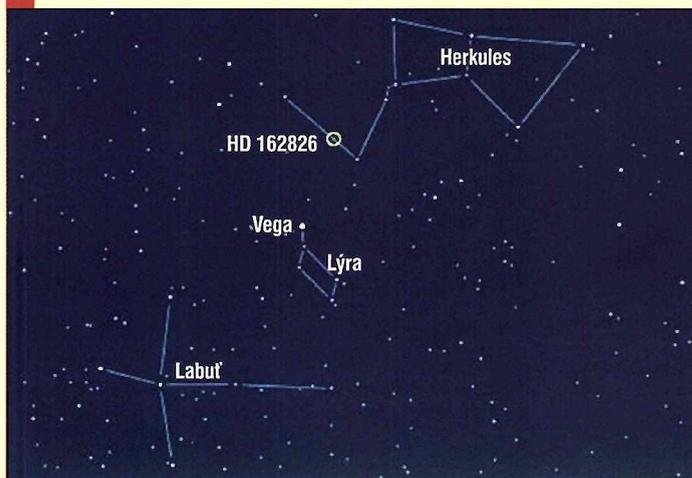
Objav súrodencu Slnka je významný, ale hlavným cieľom projektu je vyvinúť metódu hľadania súrodencov Slnka v rámci prípravy pre misiu Gaia (ESA) a vytvoriť pred jej štartom doteraz najdokonalejšiu 3D mapu Mliečnej cesty.

Gaia sa nezameria iba na hviezdy v susedstve Slnka. Zmeria vzdialenosti a pohyby vyše miliardy hviezd smerom k centru našej Galaxie. Počet skúmaných hviezd sa zvýši 10 000-krát.

„Nebudeme strácať čas skúmaním každej hviezdy do detailov,“ vysvetľuje Ramirez. „Zameriame sa na výskyt kľúčových chemických prvkov. Ide najmä o tie prvky, ktorých množstvo sa od hviezdy k hviezde významne mení aj pri hviezdach s veľmi podobným zložením.“ Výskyt týchto mimoriadne variabilných prvkov do značnej miery závisí od toho, v ktorej časti Galaxie sa hviezda sformovala. Tím sa zameria najmä na prítomnosť bária a ytria.

Ak sa podarí objaviť aj ďalších súrodencov Slnka, astronómovia urobia prvý krok k určeniu miesta, kde a ako sa Slnko sformovalo. Špecialisti na dynamiku vytvoria modely, pomocou ktorých budú môcť sledovať dráhy všetkých súrodencov Slnka smerom do hlbokéj minulosti až po miesto, kde sa v kolabujúcom prachoplynovom oblaku sformovali. A možno sa im podarí objasniť, prečo je Slnko (na rozdiel od väčšiny hviezd, ktoré sú súčasťou dvoj- a viachviezdnych systémov) osamelou hviezdou. Hodno pripomenúť, že vývoj planetárnej sústavy okolo osamelých hviezd neovplyvňuje gravitácia iných hviezd v sústave so všetkými dôsledkami na stabilitu ich obežných dráh okolo materskej hviezdy.

University of Texas Press Release



Túto snímku segmentu oblohy, kde objavili hviezdu HD 162826 (označená krúžkom) nasnímali binokulárom v máji 2014.

Jiří Grygar:

Žeň objevů 2012 (XLVII.)

Věnováno památce Prof. RNDr. Jana Horského, DrSc. (*1940) z Přírodovědecké fakulty MU v Brně;

Mgr. Ivana Molnára (*1930) z Astronomického kabinetu v Galantě);

Mgr. Dalibora Nedbala (*1980), PhD. z MFF UK v Praze;

Ladislava Schmieda (*1927), dlouholetého pozorovatele Slunce z Kunžaku

a Mgr. Antonína Vítka, CSc. (*1940) ze Základní knihovny AV ČR v Praze.

„Předpověď státního rozpočtu na vědu je obtížnější než předpověď budoucího osudu vesmíru.“

Michael Turner, americký astrofyzik
(po rozhodnutí americké Národní rady badatelské (NSF)
o brzkém uzavření velkých amerických teleskopů)

Úvodem

V roce 2012 jsme mohli naposledy ve svém životě pozorovat přechod planety *Venuše* přes sluneční kotouč, protože příští přechod bude ze Země pozorovatelný až v r. 2117. Kosmická sonda *Dawn* poskytla podrobné údaje o povaze planety *Vesta* a u jedné složky nejbližší trojhvězdy α Centauri byla objevena rozžhavená exoplaneta jen o něco hmotnější než Země. Přestože zákrytová dvojhvězda ϵ Aurigae byla během dlouhého zákrytu v letech 2009 – 2011 pozorována všemi dostupnými prostředky moderní astronomie, zůstává tato soustava s dlouhou oběžnou dobou 27 roků po zpracování nových měření stále záhadná.

V blízkosti černé veledíry v jádře naší Galaxie se podařilo objevit hvězdu, jež na své protáhlé eliptické dráze se přibližuje k veledíře na vzdálenost pouhých 11 světelných hodin (80 AU). Souběžně se k veledíře v r. 2012 přibližovalo mezihvězdné mračno G2 rychlostí již 2,4 tis. km/s a mělo by v pericentru obletět veledíru ve vzdálenosti jen 260 AU. Vylepšený Hubbleův kosmický teleskop dokončil snímkování extrémně hlubokého pole (XDF) započaté již v r. 2003 se souhrnnou expozicí téměř dvou dnů. Na snímku je vidět na 5 tisíc galaxií, z nichž ty nejvzdálenější vidíme ve vzdálenosti přes 13 mld. let.

Přes nejrůznější finanční omezení astronomie přináší téměř denně nové a nečekané objevy, takže výběr aspoň stručných údajů o těch, které považuji za nejzajímavější, je rok od roku časově náročnější.

1. Sluneční soustava

1.1. Planety sluneční soustavy

1.1.1. Merkur

Díky údajům z kosmické sondy *MESSENGER*, jež obíhal kolem planety po téměř polární protáhlé eliptické dráze, zjistila S. Weiderová, že na Zemi patrně dopadly i **meteority z Merkuru**. Průměrný interval mezi impaktem meteoritu na Merkur, který při dopadu vysokou rychlostí a pod šikmým úhlem snadno vymrští vzorky Merkurova regolitu do kosmického prostoru, a následným dopadem takového úlomku na Zemi, činí kolem 30 mil. let. Pokud primární meteorit dopadá na Merkur pod úhlem $<15^\circ$ k obzoru, vznikne zřetelně eliptický kráter, jehož hlavní osa vyznačuje směr příletu meteoritu. Autoři soudí, že meteority z Merkuru budou bohaté na sloučeniny hořčíku, ale chudé na sloučeniny železa, což by mohlo pomoci při jejich identifikaci mezi dosud nalezenými mnoha desítkami tisíc meteoritů.

Následně M. Zuberová aj. ukázali, že planeta nejbližší ke Slunci má relativně největší kovové (převážně železné) **jádro** zabírající 85 % poloměru Merkuru, takže je poněkud paradoxní, že v povrchových vrstvách planety železo evidentně chybí. Kovové jádro je navíc zřejmě roztavené, čili jde o kapalinu s extrémně vysokou hustotou. Autoři též našli na povrchu planety známky dávného vulkanismu v podobě utuhlých polí a proudů lávy i tektonických pochodů v prvních stovkách milionů let existence Sluneční soustavy. D. Lawrence aj., N. Chabotová aj. a D. Paige aj. odhalili v některých kráterech na Merкуру několik set milimetrů pod povrchem regolitu pláty **vodního ledu** třemi nezávislými metodami (radar, laserová topografie a rozložení rychlých neutronů). Teplota ledových plátů, které nejsou nikdy vystaveny přímým slunečním paprskům, činí v průměru jen 100 K, takže led tam navzdory pomalé sublimaci přežije ještě několik miliard let.

Podle D. Smithe aj. je *Merkur snad nejpodivnější kamennou planetou Sluneční soustavy* s normalizovaným momentem setrvačnosti 0,35 (Země má 0,33 a Mars 0,37; homogenní koule by měla moment 0,40) a střední hustotou $5\,430\text{ kg/m}^3$. Z toho vyplývá, že kamenný plášť Merkuru pluje na roztaveném vnějším jádru železa a niklu. Odtud pochází též **magnetické pole** planety. Vnější slupka pláště o tloušťce 400 km má hustotu 3,65násobek hustoty vody, kdežto plášť Země je o něco řidší (3,4krát voda). Nad ní se pak nachází tenká křemičitá kůra s deficitem železa a titanu. Jak ukázali M. Zuberová aj. z 10 milionů topografických měření laserovým altimetrem, je *rozsah nerovností povrchu Merkuru podstatně nižší než na Marsu či našem Měsíci*.

Největší impaktní pánvi je **Caloris** o průměru 1,46 tis. km, ale celkem šest pánví má průměr větší než 1 tis. km. Podle výpočtů A. Correia a J. Laskara jsou impaktní pánve dokladem dopadů velkých planetek na planetu. Pánve jsou po povrchu rozmístěny nerovnoměrně, což svědčí o tom, že Merkur měl původně synchronní rotaci (poměr 1:1), která se vinou zmíněných obřích nárazů změnila na současný poměr oběžné doby a rotace 3:2, což ovšem se mohlo stát jen tehdy, byl-li původní směr rotace planety retrográdní.

V dubnu 2012 upravili technici NASA dráhu sondy *MESSENGER* tak, aby snímala zblízka jižní polokouli planety a tím se dokončil průzkum Merkuru s dosud daleko nejvyšším lineárním rozlišením. Díky tomu zjistili G. Di Achille aj., že *poloměr Merkuru je o 3 km menší*, než se dosud uvádělo a tím se odstranil nesoulad mezi měřeními hodnotami a termomechanickými modely planety. *V zastíněných oblastech Merkuru se nachází až miliarda tun vodního ledu*, protože ve stínu klesá teplota povrchu planety pod -170°C , kdežto na osvětlené straně stoupá až na $+400^\circ\text{C}$.

1.1.2. Venuše

Rok 2012 byl v životech nás všech posledním, kdy jsme mohli pozorovat **přechod Venuše** přes sluneční kotouč. Příští pár tranzitů Venuše se odehraje až 10./11. prosince 2117 (v Evropě neviditelný) a 8. prosince 2125 (část úkazu bude v Evropě viditelná). První předpověď transitu Venuše pochází od *Johannesa Keplera* (1571 – 1630) z r. 1627. K úkazu mělo dojít 6. prosince 1631, ale na evropském kontinentu nemohl být pozorován, protože v době tranzitu zde už Slunce zapadlo. Kepler to nemohl zjistit, jelikož údaje o dráze Venuše, které měl po ruce, byly jen přibližné a Kepler proto počítal transit pro fiktivního pozorovatele v těžišti Země. Z téhož důvodu se domníval, že v r. 1639 Venuše těsně mine Slunce, ale předpověděl správně další transit v r. 1761. Kepler také předpověděl **tranzit Merkuru** přes sluneční kotouč, který zaznamenal francouzský badatel *Pierre Gassendi* (1592 – 1655) v Paříži 7. listopadu 1631 ve shodě s Keplerovým výpočtem.

Zpřesněný výpočet mladého anglického astronoma *Jeremiaha Horrockse* (1618 – 1641) však v říjnu 1639 ukázal, že transit Venuše nastane v neděli 4. prosince téhož roku odpoledne a bude ve Velké Británii viditelný. Sám pozoroval tento úkaz v osadě (*Much*) *Hoole* a jeho přítel *William Crabtree* (1610 – 1644) v *Broughtonu* krátce po 15. h místního času (Slunce na těchto místech zapadlo v 15:50 h). Horrocks na základě těchto pozorování zpřesnil rozměry a polohu Venuše vůči Slunci a Zemi. Pro hodnotu **vzdálenosti Země-Slunce** tak odvodil vzdálenost 95 mil. km, která byla ve své době daleko nejbližší dnešní hodnotě astronomické jednotky. Horrocks byl také první, kdo ukázal, že Měsíc obíhá kolem Země po eliptické – tedy nikoliv kruhové – dráze. Horrocksovy zápisky byly po jeho smrti nezvěstné. Důležitou část z nich objevil a zveřejnil v r. 1662 gdaňský hvězdář *Johannes Hevelius* (1611 – 1687) a zbytek vyšel péčí londýnské *Královské společnosti* v letech 1672 – 1673.

O další popularitu vzácných přechodů Venuše pře Slunce se v r. 1716 postaral britský Královský astronom *Edmond Halley* (1656 – 1742), když ukázal, jak lze z těchto pozorování a za použití Keplerových zákonů určit lineární rozměry drah planet, které byly předtím známy jen v relativních poměrech. Potřebnou základnu, kterou dnes nazýváme **astronomická jednotka** („AU“ podle nové definice *IAU*), mohlo poskytnout pozorování tranzitu Venuše z více stanovišť pokud možno co nejvíce od sebe vzdálených. (Venuše je tak jasná a úhlově velká, že nelze přesně určit její paralaxu měřeními během noci.) Tak byly využity oba přechody v XVIII. stol., tj. 1761 a 1769 (s přesností $\pm 1,3\%$) i další pár v XIX. stol.: 1874 a 1882. Od počátku XX. století však astronomové postupně objevili několik možností, jak změřit délku astronomické jednotky přesněji.

Tranzit Venuše 6. června 2012 byl u nás pozorovatelný jen zčásti, protože Slunce ten den u nás vycházelo až před 5. hodinou letního času – tedy v době, kdy už dvě třetiny úkazu proběhly. Poslední 4. kontakt se pak odehrál v 6:37 h. Naštěstí bylo na většině našeho území jasno, ale pochopitelně daleko lepší podmínky jsme měli při předešlém přechodu Venuše 8. června 2004. Tehdy se unikátní jevu chopila Evropská jižní observatoř (ESO), když vyzvala astronomy-amatéry a zejména pak středoškolské studenty, aby klasickou cestou určili délku astronomické jednotky. To se tehdy povedlo znamenitě; výsledná hodnota ($149\,608\,708 \pm 11\,835$) km se od kanonické hodnoty lišila jen o 0,007 %.

V r. 2012 však sledování **tranzitu Venuše** pro vědecké cíle doslova chytilo druhý dech. Zatímco v r. 2004 jsme znali jen dvě exoplanety, které byly objeveny metodou tranzitů přes kotouček mateřské hvězdy, v r. 2012 jsme už takových exoplanet měli kolem tisíce. Jelikož Venuše má navíc velmi hustou atmosféru, právě tranzit její atmosféry přes okraj Slunce poskytl zajímavé možnosti pro *kalibrování tranzitů exoplanet* a toho astronomové hbitě využívali. Ostatně dobře věděli, že teď bude následovat přestávka dlouhá 105 let, než se něco takového bude moci zopakovat. O důležitosti pozorování v r. 2012 svědčí i okolnost, že tranzit Venuše sledovaly všechny kamery a spektrografy na *HST*, který přirozeně nelze namířit na Slunce, ale může se dívat na Měsíc, jenž slouží jako neutrální zrcadlo. Tak lze získat jedinečné kalibrační údaje pro všechny druhy pozorování tranzitů vzdálených exoplanet. Zajímavé srovnávací údaje o **atmosféře Venuše** přitom získala také japonská družice *Hinode* (jap. úsvit). Kuriózní snímek přeletu *Mezinárodní kosmické stanice* přes sluneční kotouč během tranzitu Venuše pořídil australský astronom-amatér T. Legault – tranzit *ISS* trval ovšem jen 1 sekundu, kdežto Venuši to trvalo 6 hodin a 40 minut.

J. Pasachoff připomněl, že až dosud pozorovali astronomové pouze **6 tranzitů Venuše**, takže naše generace měla se dvěma tranzity docela štěstí – oba byly viditelné v Evropě a oběma přálo počasí. Teprve při soudobých tranzitech *Merkuru* i *Venuše* astronomové objasnili, proč při 1. a 4. kontaktu dochází k **efektu „černé kapky“**, která tak potrápila astronomy 18. a 19. století, když chtěli co nejpřesněji změřit čas těchto kontaktů. Nejde však ani o refrakci světla v atmosféře Venuše, ani o difrakci světla na použité optice. Obraz Venuše je rozmazán vlivem konečného rozměru optiky a následkem silného zeslabení světla na okraji slunečního kotouče (tzv. okrajového ztemnění). Dne 20. září 2012 bylo navíc možné sledovat *tranzit Venuše přes Slunce* pro hypotetického pozorovatele na *Jupiteru* pomocí zeslabení jasnosti Jupiteru, které by dokázal změřit *HST*. Pokud by se tato pozorování zdařila, připadá v úvahu vědecké sledování *tranzitu Země* na Jupiteru opět stejnou metodou již 5. ledna 2014 a pak znovu v r. 2026.

Jak uvedl J. Bishop, v intervalu let 1500 – 2500 proběhlo či proběhne celkem **18 tranzitů Venuše**, které po sobě následují v intervalech 8 – 105,5 – 8 – 121,5 let, takže celý cyklus se opakuje po 243 letech. Pro osmileté páry platí, že dráhy červnových párů na slunečním disku probíhají k sobě blíže než dráhy prosincových párů a druhý transit v červnovém páru leží severněji než první, kdežto u prosincových párů leží naopak jižněji. Druhý tranzit v páru se odehrává vždy o 2 – 3 dny v daném měsíci dříve než první. Kromě již zmíněných párů ve 22. století se *další párové tranzity* odehrají 11. června 2247 a 9. června 2255; další pak 13. prosince 2360 a 10. prosince 2368 a konečně 12. června 2490 a 10. června 2498.

Ačkoliv je Venuše na první pohled dvojnáskem Země kvůli svým rozměrům a hmotnosti, podle A. Aitty se geologicky liší tím, že *nemá samostatné litosférické desky*, které se pohybují na plastickém podloží. Následkem toho je také *teplota nitra Venuše* podstatně nižší než na Zemi, když dosahuje jen 5,2 kK. Přestože na rozdíl od Země, nemá Venuše magnetické dynamo ve svém nitru, existuje kolem planety protáhlá **magnetosféra** podobně jako vidíme u komet. T. L. Zhang aj. pozorovali pomocí evropské kosmické sondy *Venus Express* v polovině května 2006 náhlé zjasnění ve chvostu Venušiny magnetosféry. Autoři soudí, že v magnetosféře se skládají magnetická energie, která pod vlivem koronální ejekce hmoty ze Slunce dokáže rychle ohřát část plazmatu v podobě plazmoidu pomocí přepojení (*rekonexe*) magnetických siločar. Podobné procesy již byly pozorovány v magnetosférách Merkuru, Země, Jupiteru i Saturnu.

1.1.3. Země – Měsíc

1.1.3.1. Atmosféra, povrch a nitro Země

Podle redakčního komentáře v časopisu *Science* začaly koncem 90. let minulého století *počítačové předpovědi počasí překonávat ty, které byly sestavovány zkušenými meteorology*, ale určité typy počasí dosud předpovědím pomocí superpočítačů vzdorují. Poloha **hurikánů** se dá na 48 h dopředu určit s chybou pod 180 km, ale pětidenní předpověď má stále chybu téměř 500 km. Podobně se díky citlivějším a podrobnějším seismickým měřením daří zlepšovat údaje o struktuře zemského nitra.

D. Siingh aj. se v přehledovém článku věnovali stále dosti záhadným **nadoblačným bleskům** ve stratosféře a vysoké atmosféře Země, které souvisejí zvláště se silnými bouřkami v troposféře. Jde o pestrý soubor úkazů souhrnně označovaných jako přechodné světelné úkazy (angl. *TLE*) vystřelujících z bouřkových mračen vzhůru v podobě skřítků a elfů, ale také medúz i vodorovných prstenů, lívanců či koblih ve výškách až 100 km nad Zemí. Autoři soudí, že tyto podivuhodné krátkožijící jevy jsou způsobeny lavinovitými relativistickými mechanismy v řídké vysoké atmosféře. Daří se je pozorovat z umělých družic, ale velmi pěkné snímky s vysokým úhlovým i časovým rozlišením lze pořídít i ze zemského povrchu, když autoři monitorují bouřky vzdálené od nich přibližně 100 km, jak dokazují také čeští fotografové P. Štarha a M. Popek.

Počátkem února 2012 dosáhli ruští geologové po více než dvou dekadách obtížného *vrtání v antarktickém ledu* cíle, tj. otevřeli **hladinu podzemního jezera Vostok** v hloubce 3 769 m pod povrchem. Voda z jezera vpadla do vrtu a vystoupala v něm do výšky 40 m, kde poměrně rychle zmrzla. S ohledem na nutnost odletu před blížící se zimou odložili výzkumníci odebrání vzorků na následující léto. Podle V. Lukina je jezero staré 14 mil. roků, má hloubku 1 km a rozlohu 14 tis. čtv. km, takže jde o 7. největší jezero na světě. Mezitím začali Britové vrtat směrem k hladině *jezera Ellsworth*, nad nímž jsou 3 km ledu. Vrtají však paprskem horké vody (tato technologie byla vyvinuta pro známý detektor neutrin *IceCube*), takže vrtání probíhá velmi rychle. Jezero je staré asi 1 mil. let; má jen malou plochu, ale zato je patrně extrémně hluboké (údajně 160 km), takže spíše vyplňuje hlubokou trhlinu.

G. Retallack soudí, že nemáme žádné důkazy o **výstupu života z vody na souš** z doby před více než 542 mil. lety. V oceánech se právě tehdy ovšem odehrála doslova exploze různých druhů života, jak prokazují zkameněliny z té doby. *Velké vymírání* nastalo podle T. Blackburna aj. v čase ($201,56 \pm 0,03$) mil.let před současností, čemuž odpovídá první ze tří *epizod silného vulkanismu* na

rozhraní triasu a jury. Tehdy se rozpadla prapevnina *Pangea* a započal se rozevírat Atlantický oceán. Na těchto přeměnách nejvíce vydělali populární *dinosauři*, kteří pak dlouho dominovali pozemské fauně.

K. Omi shrnul poznatky z katastrofálního **zemětřesení Tóhoku**, které zasáhlo 11. března 2011 pobřeží Japonska vlnou tsunami dosahující místy až neuvěřitelné výšky 38 metrů. Právě vinou této vlny zahynulo během hodiny na 19 tisíc lidí, ale ztráty lidských životů by byly daleko vyšší nebyť preventivních cvičení a opatření, která jsou v Japonsku soustavně vylepšována. Varování o vlně tsunami 50 km od pobřeží byla vyhlášena 3 minuty po začátku otřesů, ale bohužel asi 40 % ohrožených obyvatel zaváhalo s útekem.

Vlna dorazila do **jaderné elektrárny Fukušima** po 40 minutách, takže odborníci stačili navzdory výpadku elektřiny chladit tři zasažené reaktory, v nichž se roztavily palivové články, a zalévat je kyselinou boritou. Z okolí jaderné elektrárny Fukušima se podařilo během několika hodin evakuovat mnoho desítek tisíc lidí žijících v kritické vzdálenosti do 20 km. Díky těmto opatřením více než 99 % lidí z okolí elektrárny dostalo během 4 měsíců od katastrofy radiační dávku <10 mSv; vůbec nejvyšší dávka byla jen 23 mSv, zatímco minimální riziková dávka činí 100 mSv.

Vlivem zemětřesení se severovýchodní Japonsko posunulo o 2,4 m směrem k Severní Americe. Pacifická deska, která se poměrně rychle (až 90 mm/r) podsouvá pod menší litosférickou desku *Honšú*, se posunula na západ až o 20 m. Zemská rotační osa se posunula o 100 mm, čímž se nepatrně změnil i její sklon a den se se zkrátil o 1,8 μ s. Dotřesy o síle až 7 Richterovy stupnice trvaly do června 2011. V Antarktídě se 18 h po hlavním zemětřesení odlomil velký kus obřího ledovce. Tyto úkazy jsou zároveň varováním pro případ, že by do oceánu někdy dopadla planetka o rozměru větším než 1 km.

D. Farnocchia aj. proto navrhl rozmístit po obvodu zeměkoule *širokouhlé robotické teleskopy*, které by objevovaly většinu **rizikových planetek** s rozměry 160 – 10 m aspoň s několikadenním předstihem před srážkou. I když účinnost systému by nebyla větší než 50 %, přece jen by to stálo za ty peníze; například těleso o hmotnosti a rozměru pověstného *Tunguského meteoritu* by bylo takovým systémem objeveno nejspíše týden před drtivým dopadem.

M. Connors aj. našli v údajích infračervené družice *WISE* těleso **2010 TK7**, které pak dále sledovali pomocí 3,6m teleskopu *CFHT*. Tak se jim podařilo objevit *prvního Trojana Země*, který má průměr přibližně 0,3 km a nachází se poblíž Lagrangeova bodu L_4 soustavy Země-Slunce ve vzdálenosti 80 mil. km před Zemí. Takových těles je patrně více, ale těžko se hledají, protože se neustále nacházejí úhlově příliš blízko ke Slunci.

1.1.3.2. Kosmické katastrofy na Zemi

J. Lissauer aj. nepotvrdili výpočty J. Laskara aj. z r. 1993 o klíčovém **vlivu Měsíce** na kolísání sklonu zemské rotační osy k ekliptice. Zatímco dřívějším autorům vycházelo, že bez stabilizace Měsícem by sklon kolísal v rozmezí 0 – 85°, nynější simulace prokazují, že i bez Měsíce by *zemská osa měnila v posledních 4 mld. let sklon nanejvýš o 25° po dobu stovek milionů let*. Naproti tomu se potvrdil tehdejší závěr, že *sklon rotační osy Marsu k ekliptice skutečně kolísá v rozmezí 0 – 60°* což má značný vliv na změny Marsova klimatu.

Y. Luo aj. zjišťovali, co by se stalo, kdyby Zemí pronikala hypotetická **prvotní černá díra** malé hmotnosti vzniklá těsně po velkém třesku. Četnost takových úkazů musí být ovšem nutně menší než jeden případ za 10 mil. roků, ale blízká přiblížení k Zemi se mohou odehrávat v průměru každých 100 tis. roků, přičemž hmotnost prvotních černých děr může dosáhnout až 10 M_{\odot} ! Tak vysoké hmotnosti by při těsném přiblížení úplně rozvrátily Sluneční soustavu, ale výskyt takových bumbulíček mezi prvotními černými děrami bude nejspíše zanedbatelný. *Běžné černé minidíry by proletěly bez úhony celou Zemí a způsobily by zemětřesení na povrchu o síle nanejvýš 4. stupně Richterovy škály*.

Vymírání drobných organismů v oceánu i na souši ukazují, že škeble a mlži v oceánech a rostliny na souši začaly vymírat již 200 tis. let před dopadem planetky *Chicxulub* před 65 mil. lety, což časově souvisí s nástupem gigantických vulkanických erupcí na *Deccanské planině* v centrální a západní Indii, kde se během stovek tisíc let vylilo na 500 mil. km³ bazaltických hornin. Následkem toho došlo ke globálnímu oteplení oceánů až o 7 °C a výraznému zvětšení skleníkového efektu zemské atmosféry.

K. Fegley a L. Schaeferová ukázali, že *až Slunce zestárne a změní se v červeného obra, začne překotně zahřívát Zemi na teploty přes 550 K*, při níž se vypaří voda z oceánů, ale postupně i jiné těkavé materiály. Při teplotách kolem 1 kK se začne vypařovat methan a čpavek a při teplotě 1,7 kK rovněž SiO, takže se rozpustí kontinenty. Naštěstí se vše odehraje ve velmi vzdálené budoucnosti za více než 6 mld. let.

Během **éry Archea** (3,8 – 2,5 mld. let před současností) rotovalo podle O. Cohena aj. Slunce v periodě 6 – 15 dnů, takže mělo výrazně silnější magnetickou aktivitu, což se projevovalo kolísáním toku kosmického záření na Zemi až o řád během milionů let. Také zářivý výkon Slunce v pásmu rentgenového a ultrafialového záření byl podstatně vyšší než dnes.

S. Som aj. upozornili na stále nevyřešený *paradox nízkého zářivého výkonu mladého Slunce*, když našli v Jižní Africe důkazy o tom, že před 2,7 mld. let, kdy Slunce mělo jen 80 % dnešní svítivosti, nebylo v atmosféře Země nijak podstatně více skleníkových plynů – především CO₂ – a zemská atmosféra nebyla o nic hustší než dnes. Není proto stále jasné, jak je možné, že naše oceány tehdy nezamrzly a život nezhasnul.

F. Steinhilber aj. zkoumali zastoupení radionuklidů ¹⁰Be různého stáří v ledu z *Antarktidy, Grónska a krápníkových jeskyní v Číně* a porovnávali je s daty o výskytu radionuklidu ¹⁴C v letokruzích stromů za posledních 9,4 tis. let. Tím získali údaje o změnách sluneční činnosti a *porovnáním se změnami klimatu zjistili, že na ně nemá sluneční činnost vliv*. F. Miyake aj. objevili v letokruzích japonských cedrů důkazy o *silném zvýšení toku kosmického záření na Zemi v letech 774 – 775 n.l.* Jelikož měli po ruce údaje za období let 750 – 820 n.l. s časovým rozlišením 1 – 2 roky, jde zatím o nejpodrobnější sledování takové variace, která převýšila běžné kolísání toku se sluneční činností dokonce dvacetkrát. Období zvýšeného toku se pozoruje s hrubším časovým rozlišením 10 let také ve vzorcích z Evropy, Severní Ameriky a Antarktidy, takže šlo o celosvětovou záležitost, kterou nemohla způsobit ani obří sluneční erupce, ani výbuch blízké supernovy. Podle těchto měření se **tok kosmických paprsků** vrátil k normálu až v r. 790 n.l.

I. Usoskin a G. Kovaltsov hledali doklady o extrémních **výronech urychlených částic** (angl. *CME*) ze Slunce a ohrožujících Zemi za posledních 11,4 tis. let. Nalezli tak celkem 19 gigantických výronů, které zasáhly Zemi. Největší z nich se odehrály kolem r. 780 a 1 460 n.l. Jejich výsledky souhlasí také s rozbořením vzorků z Měsíce, které byly vystaveny stejným výronům.

Redakce časopisu *Nature* upozornila na možné důsledky **zásahu Země obřím CME**, protože při dosud největší zaznamenané sluneční bouři ze dne 13./14. března 1989 se ocitlo 5 milionů Kanaďanů na 9 h bez elektřiny a škody na majetku a provozech dosáhly 2 mld. dolarů. Mj. bylo přerušeno spojení s 1,6 tis. umělých družic a kosmických sond, takže navigace *GPS* by přestala v podobném případě fungovat.

N. Young aj. studovali **ledová jádra z grónských vrtů** starých až téměř 13 tis. roků a tak našli epizody náhlých ochlazení s průměrnými ročními teplotami až o 15 °C nižšími než dnes v intervalu 12,9 – 11,7 tis. let před současností. Další taková epizoda trvající 150 let postihla severní polokouli pře 8,2 tis. lety, kdy bylo o 3 – 4 °C chladněji než nyní. Jak ukázal L. Skinner, *závislost změny klimatu na kolísání průměrných teplot je výrazně nelineární*. K porušení homeostatické rovnováhy dochází při změně průměrných teplot minimálně o 2 °C. V pozdním pliocénu před 21 tis. lety se silně ochladilo po výbuchu obřího vulkánů.

Obsáhlá diskuse o tom, jak dalece je Země speciální planetou mezi těmi již tisíci objevených či tušených, proběhla v r. 2012 v Královské astronomické společnosti a její výsledky shrnuli D. Waltham a L. Dartnell. Fenomén **komplexního života na Zemi** odborníky čím dál tím více fascinuje a na výsluní se znovu dostává tolikrát odmítaný antropický princip a také proslulý Fermiho paradox (kde tedy všichni jsou?). Nejplodnějším směrem výzkumu se stává studium *extromofilních organismů* na Zemi, tj. zejména v oceánech a pod jejich dnem.

1.1.3.3. Bolidy a meteority

P. Spurný aj. zpracovali údaje o meteoritu **Bunburra Rockhole**, jehož bolid byl zaznamenán australskou sítí *Desert Fireball Network (DFN)* 20. července 2007 v 19:14 h UT. Při vstupu do zemské atmosféry měl vstupní rychlost 13,4 km/s a hmotnost pouhých 22 kg. Začal svítit od výšky 63 km a v maximu dosáhl vizuální hvězdné velikosti jen –9,6 mag. Svítící dráhu o délce 65 km urazil během 6 sekund a sklon jeho dráhy k povrchu Země činil 31°. Při prvním hledání v terénu v říjnu 2008 se autorům podařilo nalézt první úlomek o hmotnosti 0,15 kg jen 97 m od vypočtené centrální linie dopadů a druhý úlomek o hmotnosti 0,18 kg pouze 39 m severně od zmíněné linie. Při druhé expedici v únoru 2009 byl objeven ještě třetí úlomek o hmotnosti 0,015 kg ve vzdálenosti 100 m od vypočteného místa dopadu. Měření ukázala, že celková hmotnost úlomků, které dopadly na zemský povrch, dosáhla asi 1 kg, takže se podařilo nalézt celou třetinu tohoto množství díky mimořádně přesným výpočtům míst dopadu úlomků.

Úspěch je o to větší, že **svítící dráha bolidu** začala velmi daleko od dvou kamer sítí *DFN* (316 a 188 km) a skončila 264 a 127 km od nich, takže trajektorie bolidu probíhala ve výškách 10 – 6°, resp. 19 – 13° nad obzorem. *Dráha meteoroidu ve Sluneční soustavě odpovídá drahám typu planetek Aten*, tj. téměř celá eliptická dráha se nachází uvnitř dráhy Země (velká poloosa dráhy 0,85 AU; výstřednost 0,245 a sklon k ekliptice 9°).

Podle K. Weltena aj. se úlomek dostal na tuto dráhu poměrně nedávno; předtím šlo o drobný odštěpek větší planety pohybující se v hlavním pásu. Mineralogicky je klasifikován jako **vyvřelý achondrit (eukrit)**, takže jde o první meteorit tohoto druhu s rodokmenem. Jeho stáří na základě rozpadové řady K/Ar činí 4,1 mld. let. V nalezených úlomcích se podařilo identifikovat krátkožijící radionuklidy ²²Na, ⁵⁴Mn, ¹⁰Be, ²⁶Al a ³⁶Cl, takže *meteoroid se v kosmu pohyboval 22 mil. roků* jako samostatné těleso. Při vstupu do zemské atmosféry měl průměr jen 0,3 m, takže je téměř s podivem, že se zcela nerozplynul v atmosféře.

Bolidová síť *DFN* v australské poušti *Nullarbor* v západní Austrálii byla vybudována společným úsilím českých a britských astronomů mezi prosincem 2005 a listopadem 2007 a pokrývá plochu 250 tis. km². Používá objektivů typu rybí oko *Distagon* 3,5/30 mm se zorným úhlem 180°, vybavených rotujícím sektorem se záznamem obrazů na planfilmy *Ilford* formátu 90×120 mm. Zásobník kamery obsahuje 32 filmů, takže kamery pracují zcela automaticky po dobu více než jedné lunace zcela bez poruch, navzdory velkým výkyvům venkovní teploty v poušti (0 – 50 °C). Kamery zkonstruovala česká firma *Space Devices*.

P. Spurný aj. ohlásili, že se jim dvacet let po pozorování jasného **superbolidu Benešov** (7. května 1991) podařilo nalézt v terénu tři úlomky meteoritu díky zlepšené metodě analýzy tehdejších snímků z celooblohových kamer a tedy další meteorit s rodokmenem. Meteoroid měl při vstupu do atmosféry průměr 1 m, vysokou rychlost 21 km/s a sklon >80°, takže padal téměř svisle. Bolid svítil od výšky 92 km na dráze dlouhé 75 km a dosáhl při výbuchu ve výšce 24 km maxima jasnosti téměř –20 mag (!) Pochal ve výšce 17 km nad Zemí. Autoři studie našli nyní úlomky různého mineralogického složení: chondrity třídy H5 a LL3.5 a jeden achondrit. Tak se potvrzuje, že *některé meteority jsou fakticky heterogenní slepenec*, což mnozí odborníci na meteority donedávna považovali za nemožné.

J. Gayonová-Marktová aj. zjistili, že také úlomky z meteoritu **Almahata Sitta** (pád 7. října 2008 v severním Sudánu), jichž se v poušti podařilo nalézt na 600, představují *pestrou mineralogickou směs* ureilitů, a tří typů chondritů. Zatím není jasné, jak se takový slepenec o původním rozměru pouhých 5 m mohl v kosmickém prostoru dát dohromady. Autoři ukázali, že balvan původně pobýval ve vnitřním pásu planetek s nízkým sklonem drah k ekliptice a pocházel z rodiny *Nysa-Polana*. Patrně již původní těleso bylo tak silně heterogenní, čili různorodost není následkem nějakých pozdějších srážek. M. Meier aj. určili ze zastoupení radionuklidů, že *stáří miniplanety dosahuje 3,8 mld. let a kosmická expozice samostatné miniplanety trvala 20 mil. let*.

Jedním z nejčastěji zkoumaných kosmických posílů XX. století se stal **meteorit Murchison**, jenž dopadl ve státě *Victoria* v Austrálii 28. září 1969. Patří k nejhmotnějším dobře zdokumentovaným pádům, protože se podařilo nalézt více než 100 kg úlomků, jež jsou uloženy v různých muzeích světa. S. Pizzarellová nyní objevila ve vzorcích meteoritu stopy *kyanovodíku*, jenž společně s čpavkem a formaldehydem nepochybně přispěl k rozvoji organické chemie na rané Zemi. S. Merouane aj. našli uhlovodíky v uhličkatém chondritu, jenž získalo pařížské *Přírodovědecké muzeum*. Uhlovodíky nejspíše pocházejí z interstelárního prostoru, protože jejich spektrum připomíná difúzní interstelární pásy pozorované družicí *ISO* v mezihvězdném prostředí ve směru k centru *Galaxie*. Také tito autoři připomínají, že uhlovodíky interstelárního původu senacházejí ve zmíněném meteoritu *Murchison*.

R. Korotev aj. oznámili, že se jim podařilo v poušti v *Jižním Ománu* na ploše 11 tis. km² nasbírat 60 úlomků **meteoritů z Měsíce** pocházejících ze 24 různých pádů. Výtečnost hledání je tak dokonce vyšší než u meteoritů z *Antarktidy*, neboť na čtvereční kilometr pouště připadá v průměru 1 gram meteoritů z Měsíce. Naprostou většinu vzorků tvoří *brekcie*; jediný úlomek patří k bazaltům. Autoři ukázali, že tyto meteority mají odlišné složení oproti vzorkům z programu *Apollo* i proti lunárním meteoritům z *Antarktidy*. Obsahují totiž více Mg, ale jsou mezi nimi i železné meteority.

R. Paniello aj. porovnávali chemické složení **meteoritů z Měsíce a z Marsu** (skupina *SNC*), jakož i vzorků hornin z programu *Apollo*, se složením povrchových hornin na Zemi. Zjistili, že *Mars i Země mají prakticky stejné podíly rozličných izotopů*, kdežto v horninách z Měsíce téměř zcela chybí zinek. To lze přičíst na vrub vzniku Měsíce gigantickou srážkou s ranou Zemí.

P. Jenniskens aj. využili k hledání úlomků z velmi rychlého (vstupní rychlost změřená meteorologickými radary činila téměř 29 km/s!) denního bolidu **Sutter's Mill**, jenž dopadl v Kalifornii 22. dubna 2012 a patří mezi uhlíkaté chondrity, vzducholodi *Eureka*. Z výšky 300 m nad terénem v dopadové oblasti o průměru 30 km se mu tak podařilo rychle najít 77 úlomků těchto vzácných meteoritů o úhrnné hmotnosti 0,94 kg, které přirozeně po pádu na Zemi rychle zvětrávají a rozpadají se. Teplota v terénu *Sierry Nevada* v době hledání dosahovala +40 °C, takže šlo i o obdivuhodný sportovní výkon badatelů na palubě vzducholodi.

Výsledky studia však rozhodně stojí za tu námahu. Přelet bolidu trval necelých 8 s, *svítící dráha skončila ve 30 km nad Zemí* s maximem jasnosti v 56 km nad Zemí. Energie hlavní exploze ve 48 km nad Zemí dosáhla 4 kt TNT. Původní *hmotnost meteoritu* autoři odhadli na 20 – 80 t, ale na zemi dopadly jen asi 2 kg drobných úlomků. Meteoroid měl hlavní poloosu o délce 2,6 AU a odsluní ve 4,7 AU, tj. v hlavním pásu planetek, ale výstřednost 0,82, takže v přísluní se přibližoval ke Slunci na pouhých 0,46 AU. Dráha byla skloněna k ekliptice pod úhlem 2°. Studium vzorků moderními mikrosondami přineslo jedinečné údaje o mimořádné pestrosti mineralogie i petrografie úlomků, o organických sloučeninách a radionuklidech v meteoritu, jenž představuje další přírůstek do zatím nepočtené rodiny meteoritů s rodokmenem.

Tempo nalézání **nových meteoritů** se díky rozsáhlým programům a lepší technice rychle zvyšuje. Ještě před 20 lety bylo tempo nových nálezů čtyřikrát nižší než nyní. Podle L. Garvieho přibýlo v r. 2011 do statistiky 1 075 přírůstků, z toho přes 600 v Antarktidě, a 42 kovových meteoritů. Během roku se podařilo nalézt 11 meteoritů z Měsíce a 7 z Marsu.

Vítaným přírůstkem do sbírky vzorků z Marsu se stal **meteorit Tissint**, který dopadl do marocké pouště 18. července 2011 a jeho tucet úlomků o úhrnné hmotnosti 7 kg našli odborníci v lednu 2012. Podle H. Aoudjehanea aj. obsahují úlomky složky z atmosféry, povrchu i nitra planety, z níž byl vyvržen před 700 tis. lety. Je to teprve pátý případ meteoritu z Marsu, který byl nalezen brzy po dopadu a není tudíž silně znečištěn pozemními příměsemi. Mateřská bazaltická hornina ležela buď na povrchu Marsu, anebo těsně pod ním, když byla nárazem její úlomek vyslán druhou kosmickou rychlostí do meziplanetárního prostoru. Někjaké kapaliny předtím vyluhovaly z horniny některé prvky z Marsova regolitu a uložily tam jiné minerály, které vykristalizovaly. Nárazem se část prvků roztavila a změnila v černé sklo, což odpovídá nálezům z modulů *Viking* a *Spirit*. Meteorit byl klasifikován jako *shergottit* a posílil svými parametry domněnku, že všechny shergottity nalezené na Zemi pocházejí z jediného impaktu na Marsu.

Jak uvedli C. Park a J. Brown, probíhaly v *Amesově laboratoři NASA* pokusy s **umělými „meteority“**, v podobě grafitových projektilů vstřelovaných do terčů rychlostí ovšem jen 4 km/s, takže údaje o skutečných meteoritech nelze zatím uměle ani zdaleka napodobit. T. Kadono aj. sledovali přitom pomocí vysokorychlostní kamery s časovým rozlišením až 0,4 mikrosekundy, jak tyto projektily o čelních průřezích 20 – 300 μm a hustotách 1,4 – 2,5násobku hustoty vody interagují s aerogely, které se používají v kosmonautice při zachycování částic v okolí komet (projekt *Stardust*).

T. Ohkawa aj. využili návratu pouzdra kosmické sondy **Stardust** do zemské atmosféry nad Austrálií (13. června 2010 ve 13:52 h UT) ke sledování „umělého bolidu“ o maximální jasnosti –13,1 mag ve výšce 57 km nad Zemí. Kamery byly při tomto jasu zahlceny, takže k měření autoři využili „duchů“ na optice, které byly přiměřeně slabší. Ve spektru „bolidu“ našli na 100 čar, příslušejících Fe, Mg, Na, Al, Cr, Mn, Ni, Ti, Li, Zn, O, Ni, ale také Cu, Mo a Xe.

Z ablačního štítu pocházely pásy CN. Excitační teploty čar dosahovaly až 6 kK a ve 42 km nad Zemí byla teplota povrchu pouzdra 2,4 kK. Úkaz od výšek kolem 90 km provázela nadzvuková rázová vlna. Pouzdro přistálo 0,5 km od vypočteného cíle ve vojenském prostoru *Woomera*. O. Cremonese aj. odhadli na základě údajů z expozice družice *LDEF* vypuštěné z raketoplánu *Challenger* v dubnu 1984 a zachycené raketoplánem *Columbia* v lednu 1990, že **přírůstek hmotnosti Země** díky mikrometeoritům s hmotnostmi 10^{-12} – 10^{-7} kg činí ročně 7 tis. tun, pokud jde převážně o prach z hlavního pásu planetek. Pokud by šlo spíše o prach z komet, tak by přírůstek dosahoval jen 4 tis. tun za rok.

J. Tarduno aj. zjistili, že železokamenné meteority zvané **pallasity** mají v sobě zabudované magnetické materiály, svědčící o tom, že v jejich mateřském tělese byl silný magnetismus způsobený efektem dynamy. Aktivní dynamy dnes mají pouze Merkur a Země, ale pallasity nejspíše vznikly v protoplanetě o poloměru kolem 200 km a kovovém jádru o poloměru 100 km. Pallasity by v tom případě pocházely z přechodové vrstvy v hloubce asi 40 km pod povrchem a samotná protoplaneta se zřejmě vlivem gigantické srážky zcela rozbila.

1.1.3.4. Měsíc

Od března do prosince 2012 obíhaly kolem Měsíce dvě umělé družice *NASA* projektu **GRAIL – Ebb a Flow**. Jejich úkolem bylo co nejpresněji změřit *gravitační pole Měsíce* s cílem zjistit jeho podpovrchovou strukturu. Družice využívaly téhož principu jako podobné družice *GRACE* (2002) u Země, tj. měřily pomocí mikrovlnných vysílačů změny vzájemné rychlosti oběhu s přesností ±20 – 50 nm/s (!). Jelikož Měsíc na rozdíl od Země nemá atmosféru, mohly postupně měřit z výšek 55, 22 a 11 km. Mapa gravitačního pole Měsíce má nyní lineární rozlišení 13 km na měsíčním povrchu. Z výsledků měření odvodili M. Zuberová aj., že **kůra Měsíce** je podstatně tenčí (34 – 43 km), než se dosud myslelo. Pod povrchem Měsíce se nalézá množství prachu rozdrčeného četnými impakty.

E. Shea aj. zkoumali vzorek **měsíčního bazaltu 10020** (*Apollo 11*) starý 3,7 mld. roků, který vykazuje remanentní magnetismus 12 μT. Dosavadní měření přitom poukazovala na existenci *magnetického dynamy* uvnitř Měsíce před 4,2 mld. roků, takže zmíněné měření protahuje existenci dynamy o dalších 500 mil. let. Není však jasné, jak se mohlo dynamo tak dlouho udržet díky konvekci v chladnoucím nitru Měsíce a autoři soudí, že zjištěná dlouhověkost dynamy vyžaduje zatím neznámý přídavný zdroj energie v nitru Měsíce. M. Wieczorek aj. upozornili na silné magnetické anomálie na povrchu Měsíce, což by se snad mohlo vysvětlit dopadem projektilu, který vytvořil jednu z největších impaktních pánví na Měsíci (**Jižní pól – Aitken**) o průměru 2,5 tis. km a relativní hloubce až 13 km. Podle modelového výpočtu by k tomu stačil projektil o průměru 200 km, jenž by se střetl s Měsícem šikmo pod úhlem 45°

rychlostí 15 km/s. Stáří pánve není známo, ale odborníci se shodují, že činí minimálně 3,9 mld. let, takže k obřímu impaktu došlo dříve, než vznikaly ostatní pánve na Měsíci pojmenovaná jako „moře“.

R. Nakamura aj. soudí, že rozdíl mezi vzhledem přivrácené a odvrácené polokoule Měsíce vznikl tím, že obří impakt zasáhl přivrácenou stranu Měsíce v oblasti dnešního **Oceánu bouří** (*Oceanum Procellarum*) o rozměru 3 tis. km. Jako důkaz jim posloužila měření japonské sondy *Kaguya*, která se stala na dva roky oběžnicí Měsíce na kruhové dráze ve výškách nejprve 100 km a později 50 km nad jeho povrchem. Na přivrácené straně Měsíce sonda objevila dvě oblasti minerálu **pyroxenu** s nízkým zastoupením vápníku, a to v *Oceánu bouří* a v oblasti pánve *Jižní pól – Aitken*. To svědčí velmi silně ve prospěch gigantických nárazů na Měsíc v epoše těžkého bombardování.

K. Joyová aj. našli přímé důkazy o mineralogickém složení projektilů z období konce **těžkého bombardování** Měsíce díky vzorkům brekcií, které odebrali astronauté z mise *Apollo 16*. V zrnkách měsíčního regolitu o rozměrech stovek mikrometrů našli stopy uhlíkatých chondritů, enstatitů, mezosideritů i železa a chondrule hořčíku, což odpovídá mineralogii nejstarších planetek hlavního pásu. Odtud vyplývá, že *pánve měsíčních moří vznikly v intervalu 4,1 – 3,8 mld. let* před současností.

Podle S. Marchiho aj., kteří k topografickým měřením využívali laserového altimetru na umělé družici Měsíce **Lunar Reconnaissance Orbiter** (*LRO*), prodělal Měsíc epochu pozdního těžkého bombardování před 4 mld. let. Jeho příčinou byla migrace obřích plyných planet Sluneční soustavy, jež měnila dráhy zbývajících protoplanet, které se pak střetávaly až dvojnásobkem dnešních rychlostí nárazů planetek mj. jak se Zemí, tak i s Měsícem. M. Zuberová aj. studovali pomocí altimetru impaktní kráter **Shackleton**, jenž se nachází téměř přesně na jižním pólu Měsíce a je starý 3,7 mld. let. Má průměr 21 km a hloubku 4 km; jeho strmé vnitřní stěny svírají se dnem kráteru úhly až 35°. *Nitro kráteru se nachází trvale ve tmě*, ale jeho dno velmi dobře odráží laserové signály. Ještě vyšší albedo vykazují vnitřních svazích kráterů, což svědčí o nedávném odkrytí nezvětralých hornin následkem sesuvů kamenných lavin.

Měření *LRO* podle T. Watterse aj. navíc dokazuje, že Měsíc je dosud geologicky slabě aktivní – **měsíční kůra** se trhá a vytváří tak kilometry dlouhé, ale jen desítky metrů široké a mělké strouhy (něm. *graben*), takže *Měsíc se stále ještě rozpíná* díky zbytkovému teplu nitra. Úzkouhlá kamera na družici *LRO* dosahuje z výšky 50 km nad Měsícem lineárního rozlišení až 0,5 m na jeho povrchu, takže lze vidět nepravidelnosti v rozložení balvanů i kamenů a také nové impaktní krátery, které na Měsíci vznikly od doby, kdy skončil program *Apollo*.

Výsledky pozorování komplexní aparatury družice *LRO* tak zásadně ovlivňují naše poznatky o **historii Měsíce** a zprostředkovaně tak zlepšuje i znalosti o geologické minulosti Země. Kamera *LRO* již zobrazila dosud stojící – avšak silně vybledlé – *vlnky USA* na místech přistání modulů *Apollo 12* a *14 – 17* jakož i ležící vlnku *Apollo 11*, což odpovídá Aldrinovu pozorování, že při startu z Měsíce vlnku porazil plyn z trysky raketového motoru.

M. Robinson aj. popsali, jak družice *LRO* postupně zobrazila s vysokým lineárním rozlišením **místa přistání sovětských bezpilotních sond** *Luna 16* (září 1970); *Luna 17* (listopad 1970); *Luna 20* (únor 1972), *Luna 21* (leden 1973) a *Luna 24* (srpen 1976). *Luna 16*, *20* a *24* odebraly na místech přistání vzorky měsíčních hornin a automatická pouzdra je dopravila na Zemi. Teprve nyní víme s dostatečnou přesností, odkud byly vzorky odebrány. Navíc se podařilo nalézt i sondu *Luna 23*, která při přistání v listopadu 1974 ztroskotala a jejíž místo dopadu nebylo příliš přesně známo. Podobně byly již v r. 2010 identifikovány polohy vozítek **Lunochod 1** poblíž *Luny 17a* **Lunochod 2** poblíž *Luny 21*.

Jelikož na horních víkách obou vozítek byly instalovány koutové odražeče, mají nyní vědci k dispozici dva další body na povrchu přivrácené strany Měsíce, kde lze měřit vzdálenosti od Země pomocí laserových impulsů. Zejména laserové ozvěny od koutového odražeče na *Lunochodu 1* jsou mimořádně silné. Zmíněná vozítka urazila po měsíčním povrchu úctyhodné vzdálenosti 10,5, resp. 42 km, (Pilotované vozítko *Apollo 17* ujelo necelých 36 km; automatické vozítko *Opportunity* na Marsu až dosud necelých 40 km.).

Vozítko *Lunochod 2* i sondu *Luna 21* zakoupil za 68 tisíc dolarů v prosinci 1993 na aukci v *New Yorku* autor série počítačových her „*Ultima*“ **Richard Gariott** od Lavočkinovy společnosti, která oba přístroje zkonstruovala. Gariott se tak stal jediným soukromým vlastníkem fyzického objektu na cizím kosmickém tělese, Tvrdí, že objekty zakoupil ve prospěch *lorda Britische*, fiktivního vládce *království Britannia* ze zmíněné herní série. Měsíc se proto stal jeho državou (zajímalo by mne, zda o tom střetu zájmů vědí společnosti, které s takovou reklamou prodávají důvěřivým zájemcům parcely na Měsíci).

A. Abdo aj. využili aparatury *LAT* umělé družice Země *Fermi* k soustavnému dvouletému pozorování toku měkkého (energie < 3 GeV) **záření gama** z povrchu Měsíce mezi srpnem 2008 a 2010. Tok záření byl 2 – 3krát vyšší než při obdobných měřeních aparatury *EGRET* družice *Compton* v letech 1991 – 1994. Rozdíl je zřejmě způsoben změnou magnetických polí. 22. cyklus sluneční činnosti vrcholil v červenci 1989 a skončil v květnu 1989, kdežto 23. cyklus vrcholil v březnu 2000 a skončil v lednu 2008. V době maxim sluneční činnosti je zeslaben vliv interstelárních kosmických paprsků, které při dopadu na měsíční regolit vyvolávají vysílání měkkých paprsků gama.

A. Reufer aj. pozměnili scénář **vzniku Měsíce** srážkou protoplanety se Zemí v tom smyslu, že impakt byl prudší než se dosud soudilo (13,5 km/s proti dosud odhadovaným 5 km/s) a odehrál se pod strmějším úhlem k povrchu Země (až 35°). Tak vznikl daleko teplejší prstenec (anuloid) kolem Země, z něhož se postupně zkonzoval současný Měsíc. Ke stejnému závěru dospěli též R. Paniello aj. na základě srovnání obsahu izotopů silně těžkého zinku v materiálech ze Země a meteoritů z Měsíce i z Marsu. Zatímco zastoupení zinku v pozemských horninách a v meteoritech z Marsu je velmi podobné, meteority z Měsíce vykazují zinkový deficit právě kvůli ohřevu při drtivém dopadu. R. Canupová aj. dokonce tvrdí, že Země se srazila s planetou o velikosti srovnatelné se Zemí a přebytečný moment hybnosti odnášely slapové rezonance. Naproti tomu M. Čuk a S. Stewartová sázejí spíše na rychle **rotující Zemi** (původní rotační perioda měla být jen 2 h !), s níž se srazil o řád méně hmotný projektil rozměru Marsu. Rychlá rotace Země usnadnila oddělení zárodečného disku, z něhož se vytvořil dnešní Měsíc, jehož vzdalování z blízkosti Země odneslo přebytečný moment hybnosti této soustavy.

Obsáhlý přehled po současném stavu teorie **vzniku Měsíce** uveřejnil A. Halliday. Popsal jednotlivé varianty srážkového scénáře, mezi nimiž se zatím nedá rozhodnout, který z nich je nejlepší. Zdůraznil však velký vliv, který na pokrok kosmogonie soustavy Země-Měsíc měl *program Apollo*, který díky dokumentovaným vzorkům měsíčních hornin a instalaci koutových odražečů a seis-

mometrů na povrchu Měsíce zásadně změnil kvalitu podkladů pro vypracování moderní teorie o původu našeho souputníka, který má mezi všemi planetami Sluneční soustavy největší relativní hmotnost vůči mateřské planetě.

Také I. Crawford zdůraznil, že díky **astronautům v programu Apollo** se naše znalosti o Měsíci dostaly na nesrovnatelně vyšší úroveň. Při šesti výpravách strávilo 12 astronautů na Měsíci celkem 12,5 dne; z toho 3,4 dne vně měsíčního modulu. Během té doby prochodili a projezdili ve vozítkách 95,5 km a nasbírali 382 kg vzorků hornin z více než 2 tisíc odběrových míst. Rozmístili na Měsíci přes 2 t vědeckých přístrojů a pořizovali detailní *snímky povrchu Měsíce*, zejména pak odběrových míst. Astronaut, který zůstal na oběžné dráze, mezitím pořizoval *velkoplošné snímky měsíčního povrchu* při různých úhlech osvětlení. Úhrnem lze říci, že *astronauti pracovali na Měsíci s vyšší efektivitou než geologové v pouštních oblastech na Zemi*. Poskytli tak nejenom podklady pro zlepšení našich znalostí o Měsíci a Zemi, ale také snímky pro určování křivky četnosti impaktů v závislosti na velikosti projektilů a kalibrace pro všechna další měření z automatických sond a družic.

1.1.4. Mars

Populární vozítko **Curiosity** v ceně 2,5 miliardy dolarů o hmotnosti téměř 900 kg hladce přistálo 6. srpna 2012 po „sedmi minutách hrůzy“ během průletu atmosférou Marsu v *kráteru Gale* (průměr 154 km). Celý náklad se totiž musel zpomalit ze vstupní rychlosti do atmosféry Marsu 5,9 km/s na 1 m/s. Výpočetní program pro tuto operaci obsahoval 500 tis. příkazových řádků. Místo přistání dostalo jméno po americkém spisovateli sci-fi Rayovi Bradburymu (1920 – 2012), autoru *Martanské kroniky* (1950). Cílem komplexu 10 přístrojů na vozítku je zkoumat klima a geologii planety na dráze ze dne kráteru k hoře *Aeolis Mons* (NASA ji překřtila na *Mount Sharp*) tyčící se uprostřed kráteru do výšky 5,5 km nad jeho dnem. Cesta vozítko k úpatí hory je dlouhá 6,5 km a vozítko tam možná dojede až za několik let.

Koncem září 2012 nalezlo vozítko **oblázek**, který byl nepochybně opracován tekoucí vodou. Je to zatím nejsilnější důkaz, že na povrchu Marsu kdysi tekly přívalové řeky či potoky. K. Lewis aj. využili stereoskopických snímků z oběžnice *Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)* s lineárním rozlišením 1 m k jednoduchému vysvětlení, jak hora **Aeolis Mons** vznikla. Před 3,6 mld. let dopadla na Mars planetka, která vyhloubila **kráter Gale**. Při takových obřích impaktech vzniká, jak to známe z Měsíce, centrální vrcholek. Na Marsu vanou poměrně silné větry a v ovzduší bývá velké množství prachu. Vítr se podél stěn kráteru točil tak, že pozvolna naprašoval materiál na zárodečný centrální vrcholek, až z něho vymodeloval současnou velehoru o průměru 100 km s velmi povlným sklonem svahů <4°. Nejde tedy ani o sopku, ani o výsledek tektonické činnosti, ale o prosté usazeniny vytrvale na sebe nasedající.

N. Mangold ukázal na základě snímků z oběžnic *Mars Express (ME)* a *MRO*, že některá údolí a vzhled kráterů tvarovala stékající voda, patrně z krátkotrvajících přívalových řek. A. Ryan a P. Christensen objevili na těchto snímcích v údolí *Athabasca*, jež se nachází poblíž rovníku, skoro 250 spirálových zákrutů o šířce 5 – 30 m, které ovšem mohou být způsobeny nejspíš proudy magmatu, jež pak utuhlo. Je ovšem možné, že před 3,7 mld. let bylo na Marsu tepleji než dnes, takže mohl tát i sníh či led na úbočích sopek a impaktních kráterů. V oblasti *Arabia Terra* našel odpovídající rysy u 13 % ze souboru 204 kráterů. Podobně J. Head a F. Forget soudí, že na Marsu nikdy nebylo dost vodní páry v atmosféře, aby tam mohl padat sníh nebo déšť, takže jediným zdrojem tekuté vody mohly být **přívalové řeky** vyvěrající na povrch díky vulkanické činnosti, popř. tepla z prvotního smršťování Marsu. Ani před 4 mld. let se však podle těchto autorů *nevyšplhala průměrná teplota ve středních šířkách planety nad bod mrazu vody*.

W. Cassata aj. určili z poměru radionuklidů $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ v marsovském **meteoritu ALH 84001** důkazy, že ani před miliardami let nebyl tlak atmosféry na povrchu Marsu vyšší než 0,15 MPa, a spíše jen <0,04 MPa. V současné době je průměrná teplota na Marsu 220 K a atmosférický tlak při povrchu 700 Pa. Naproti tomu J. Levy tvrdí, že **stružky** o šířce 0,5 – 5 m na strmých svazích kráterů a sopek mění na jaře vzhled vlivem stékající vody, která proudí těsně pod povrchem svahů. Stružky zanikají na podzim a svědčí údajně o tom, že voda protéká erodovaným regolitem. Koncem roku 2012 však Levyho domněnku vyvrátili C. Dundas aj. pomocí snímků *MRO*, které ukázaly, že v zimě na svahy namrzá CO_2 , který pak na jaře roztaje.

N. Bridges aj. dokázali na snímcích kamery *HIRISE MRO* s lineárním rozlišením 0,25 m, že písečné duny na marsovských pouštích se měřitelně pohybují vlivem vanoucích větrů v oblasti *Nili Patera*. To se vůbec nečekalo s ohledem na velmi řídkou atmosféru planety. Nepřímo to však napověděl častý výskyt **větrných vírů** (tančících dervišů či prachových děblů) sahajících až do výšky 20 km nad terénem. Zrnka písku v marsovských pouštích se zřejmě snadno dají do pohybu podobně jako ledové krystalky na antarktických pláních.

R. Hu aj. studovali po dobu devíti let **polární čepičky** Marsu pomocí snímků z oběžnic *Mars Global Surveyor (MGS)* a *MRO* a měřili změny teploty a tlaku nad nimi. Zjistili, že mraky sněhu nad čepičkami se skládají z vloček o průměru 8 – 44 μm . Během zimního období se roztáhnou nad celou příslušnou polokoulí. Sníh se více akumuluje na jižním pólu spíše než nad severním. Mnozí autoři však začínají pochybovat o tom, že v atmosféře Marsu je zastoupen **methan**. Neexistuje žádný doklad, že by se z nitra planety doplňoval. Přitom atmosférický methan má jen omezenou životnost, jelikož se rozkládá ultrafialovým zářením Slunce.

V listopadu 2012 oznámili C. Webster aj., že pomocí *laserového spektrometru na vozítku Curiosity* našli velmi nízké hodnoty pro výskyt methanu, které na různých místech kolísají mezi nulou a relativní koncentrací 10^{-9} . Nenulové hodnoty se vyskytují jen na malé ploše a po krátkou dobu, což znamená, že methan v souladu s předpovědí se rychle rozkládá slunečním zářením. M. Chizeková aj. ukázali na základě simulací, že *kdyby byly na Marsu bakterie podobné pozemským, musela by být koncentrace methanu alespoň 20krát vyšší než naměřená*. Methan může pochopitelně vznikat též abioticky vinou vulkanické činnosti, anebo působením ultrafialového záření na organický prach. Záchranou by podle F. Keplera aj. mohly být meteority, zvláště pak uhlíkaté chondrity. Autoři totiž zjistili, že ultrafialové ozařování vzorku *meteoritu Murchison* v laboratoři vedlo k uvolňování methanu.

A. Steele aj. zkoumali obsah, jak je v 10 meteoritech z Marsu zastoupen **uhlík** a našli v nich množství polycyklických aromatických uhlovodíků, které evidentně vznikly abioticky uvnitř chladnoucího magmatu během krystalizace. To znamená, že *organické látky mohou i na Marsu vznikat abioticky* a nemusejí být dokladem výskytu života.

Záhľadný rozpad vzdialeného asteroidu

Hubblou vesmírny ďalekohľad zaznamenal rozpad asteroidu na desať malých objektov. Rozpad jadier komét v blízkosti Slnka pozorovali vedci už neraz. Pozorovanie rozpadu asteroidu je však malou senzáciou.

Asteroid P/2013 R3 objavili po prvý raz v septembri 2013 počas prehliadky oblohy Pan-STARRS. Nejasný, rozmazaný objekt skúmali neskôr pomocou obrieho ďalekohľadu Keck na Havajských ostrovoch. Ukázalo sa, že ide o tri objekty, obalené prachovou obálkou s priemerom Zeme.

Vďaka mimoriadnej rozlišovacej schopnosti ďalekohľadu Keck rozlíšili vedci v obálke až 10 objektov, každý s prachovým chvostom! Štyri najväčšie objekty mali polomer okolo 180 metrov.

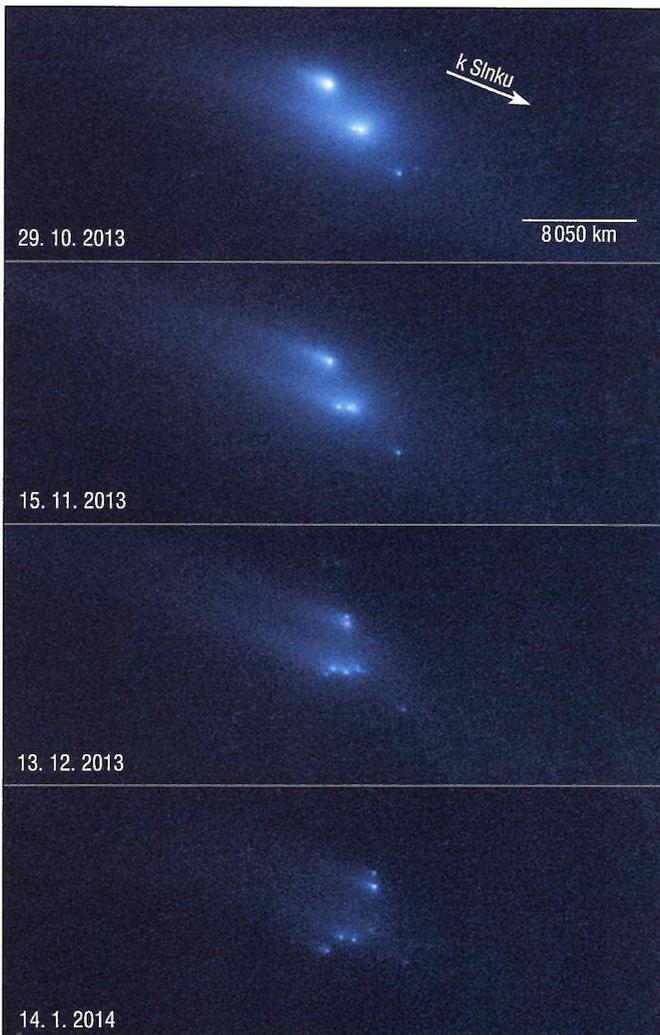
Vedci zistili, že fragmenty rozpadajúceho sa asteroidu sa od seba vzdalujú rýchlosťou 1 600 metrov za hodinu. Rozpad objektu nastal začiatkom minulého roka. Na každej novej snímke však objavujú ďalšie fragmenty. Astronómovia usúdili, že rozpad nespôsobila zrážka s iným objektom. V takom prípade by boli jednotlivé fragmenty oveľa rozptýlenejšie a pohybovali by sa väčšou rýchlosťou.

Vedci vylúčili aj rozpad spôsobený explóziou zahrievajúceho sa a vyparujúceho sa ľadu v telese. Asteroid, vzdialený 480 miliónov kilometrov od Slnka, je totiž taký chladný, že sublimácia ľadov vyvolaná žiarením Slnka je prakticky vylúčená.

Najpravdepodobnejší je scenár, podľa ktorého

rého rozpad asteroidu spôsobil nepatrný tlak slnečného žiarenia, ktorý rotáciu telesa počas miliónov rokov pomaly urýchlil. Keď rotácia dosiahla kritickú hodnotu, odstredivé sily asteroid rozmetali. Teória takýto scenár pripúšťala, ale taký úkaz doteraz nikto priamo nepozoroval.

Vedci usúdili, že P/2013 R3 musel mať krehké popraskané vnútro, dôsledok početných, ale ľahkých kolízií s inými asteroidmi. Veľa menších asteroidov má práve takúto špongiu

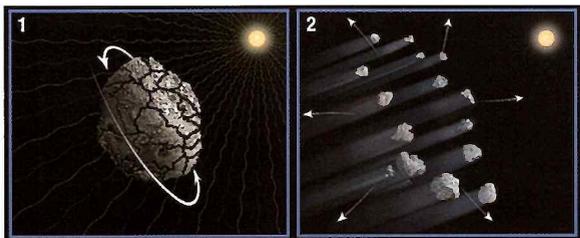


HST niekoľko mesiacov zaznamenával rozpad asteroidu. Najväčšie fragmenty majú polomer 180 metrov. Za každým fragmentom sa tak ako za kométami ťahá prachový chvost.

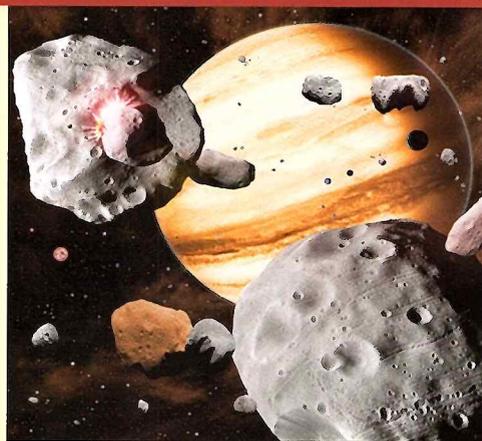
pripomínajúcu štruktúru. Vlastný asteroid je podľa všetkého fragmentom po rozpade veľkého materského telesa po zrážke s iným asteroidom v dávnej minulosti.

Už po objave iného aktívneho asteroidu P/2013 P5 so šiestimi chvostami získali vedci dôkaz, že aj tlak slnečného žiarenia môže menšie asteroidy dezintegrovať.

Jednotlivé fragmenty asteroidu (s hmotnosťami okolo 200 000 ton) stanú sa v budúcnosti zdrojom rojov meteoroidov. Väčšina z nich pravdepodobne zanikne v Slnku, ale niektoré z nich môžu vniknúť aj do atmosféry Zeme ako meteoroidy.



Obrázok znázorňuje rozpad asteroidu P/2013 R3. Vľavo: pôvodný, popraskaný, rýchle rotujúci objekt. Vpravo: doteraz rozlíšené a od seba sa vzdalujúce jeho fragmenty.



Čo vyplýva z rôznorodosti asteroidov v hlavnom páse?

Naše vedomosti o vývoji našej Slnčnej sústavy sa dramaticky menia. Vieme, že obrie planéty migrovali v minulosti do vnútra Slnčnej sústavy, ale i naopak, čo malo na osud ostatných menších telies významný vplyv. Významné informácie o evolúcii Slnčnej sústavy získavame v ostatných rokoch z pásu asteroidov.

Dnes vieme, že gravitačný vplyv veľkých planét neraz popretriasal asteroidy ako kocky ľadu v mixéri. Vieme, že v tomto páse krúžia okolo Slnka milióny objektov. Podľa dávnejších teórií sú tieto asteroidy zvyškami po gravitačne sa zliepajúcich protoplanétach, ktorých vývoj ukončil vplyv Jupitera. Čo do zloženia sa tieto objekty rozdeľovali na suchšie a vlhkejšie, čo ovplyvňovali aj zmeny teploty v závislosti od toho, či sa počas svojich migrácií k Slnku približovali, alebo sa od neho vzdalovali.

Zďaleka nie všetky telesá v páse asteroidov boli jeho súčasťou od začiatku. Veľké presuny spôsobovali najmä obrie planéty. Napríklad Jupiter sa v istom období ocitol tam, kde dnes krúži okolo Slnka Mars. Tieto migrácie počet telies v pôvodnom páse asteroidov postupne znižovali. Z pôvodnej populácie sa v páse zachovala sotva desatina. Migrácie veľkých planét pôsobili aj na telesá, ktoré sa pohybovali vo vnútri Slnčnej sústavy i na jej periférii. Mnohé z nich sa zmiešali s pôvodnou populáciou pásu.

Tím využívajúci údaje zo Sloanovej prehliadky oblohy preskúmal zloženie tisícok asteroidov hlavného pásu. Ukázalo sa, že ide o oveľa pesterjšiu populáciu, ako sa planetológovia ešte donedávna nazdávali. Týka sa to najmä menších telies.

Objav ovplyvnil aj názory na históriu Zeme. Vedci sa nazdávajú, že väčšinu vody na Zem dopravili kedysi dávno najmä asteroidy. Vplyv veľkých planét tento proces významne ovplyvnil. Prebiehal a prebieha podobný proces aj v iných planetárnych sústavách? Ak by totiž neprebíhal (čo súvisí aj s pôvodnou konfiguráciou a jej zmenami), potom by ani exoplanéty, krúžiacie okolo svojich hviezd v zelenom páse, nemali dostatok vody.

HST Press Release

CfA Press Release

Objavili hviezdú s najnižším obsahom železa

Prvá generácia hviezd sa sformovala z primordiálneho vodíka, hélia a nepatrného množstva lítia. Tieto prvky sa vytvorili počas prvých minút po big bangu. Prvé hviezdy vznikli o stovky miliónov rokov neskôr. Boli to masívne hviezdy s hmotnosťami 100 až 200 Slnk. V ich jadrách vznikali ťažšie prvky, kovy. Masívne hviezdy rýchle starli. Už po niekoľkých miliónoch rokov explodovali. Výbuch rozmetol ich vonkajšie obálky do okolitého priestoru, zvyšok skolaboval do čiernej diery. Rozptýlený plyn, z ktorého sa sformovala ďalšia generácia hviezd, obsahoval už aj ťažšie prvky.

Astronómovia zatiaľ veľa hviezd druhej generácie neobjavili. Zrazu však zistili, že jedna z nich, hviezda SM0313, je doteraz „najčistejšou hviezdou“. Obsahuje 12 miliónkrát menej železa ako naše Slnko a 30-krát menej železa ako doteraz na železo najchudobnejšia hviezda.

Hviezda okrem vodíka obsahuje aj vápnik, horčík, uhlík a lítium.

Astronómovia z veku hviezd a ich hmotností dokážu odvodiť, ktoré prvky sa po jej smrti rozptýlia do okolia. Austráľčania z Mount Stromlo Observatory porovnali teoretické zloženia hviezd a hviezdy SM0313 a vypočítali, akú hmotnosť mala materská hviezda prvej generácie. Výsledok: bola to hviezda s hmotnosťou 60 Slnk, ktorá zanikla výbuchom supernovy s nízkou energiou. Premenila sa na čiernu diery a rozptýlené prvky sa stali súčasťou hviezdy SM0313.

Vedci usúdili, že hviezdy prvej generácie nemuseli byť iba hviezdni superobri s hmotnosťami niekoľkých stoviek slnečných hmotností, ktoré končia výbuchom supernovy s vysokou energiou. Aj supernovy s nízkou energiou (a teda aj progenitori, hviezdy s nižšou hmotnosťou ako superobri) mohli generovať hmotu pre hviezdy druhej generácie.

Mount Stromlo Observatory
Press Release



HR 5171 (pod stredom obrázku) je najjasnejšou hviezdou na snímke. Je to žltý hyperobor, zriedkavý typ hviezdy. (V Mliečnej ceste ich je iba dvanásť.) HR 5171 je zároveň jednou z vôbec najväčších hviezd v našej Galaxii.

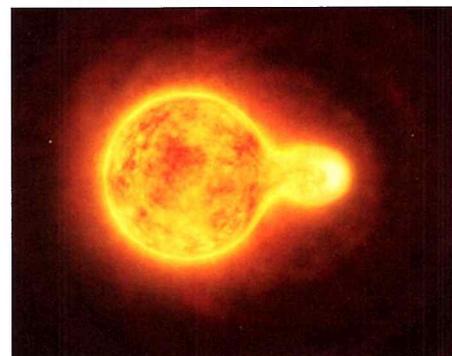
Najväčšia žltá hviezda

A zároveň jedna z desiatich najväčších, ktoré boli zatiaľ objavené. Tento hviezdny hyperobor je zložkou tesnej dvojhviezdy. Hyperobra HR 5171 A pozorujú astronómovia (aj amatéri) už vyše šesťdesiat rokov. Údaje z ostatných rokov naznačujú, že sa tento zvláštny objekt mimoriadne rýchle mení.

Medzinárodný tím pomocou ďalekohľadov VLT/ESO a Olivier Chesneau (Observatoire de la Côte d'Azur (Francúzsko) nedávno zistili, že hviezda HR 5171 je oveľa väčšia, ako sa predpokladalo. Má 1300-krát väčší polomer ako Slnko; je o 50% väčšia ako známy červený superobor - Betelgeuze. (Porovnateľné objekty sú napospol červení superobri s 1000- až 1500-krát väčšími polermi a s 20- až 15-krát väčšími hmotnosťami ako Slnko. Vedci predpokladali, že polomer žltého obra je nanajvyš 400- až 700-krát väčší ako polomer Slnka.)

Najväčším prekvapením však bol objav hviezdy spolupútnika. Druhou zložkou dvojhviezdy je menšia hviezda, ktorá obieha okolo žltého obra po mimoriadne blízkej obežnej dráhe. Dvojhviezda pripomína gigantický vlašský orech. Vedci využili techniku interferometrie. Skombinovali svetlo z viacerých ďalekohľadov tak, že sa ich výkon vyrovnal 140-metrovému ďalekohľadu. Údaje, ktoré takto získali, boli také prekvapujúce, že sa rozhodli preskúmať záznamy o pozorovaní HR 5171 A z ostatných 60 rokov.

Žltí hyperobri sú mimoriadne zriedkavé hviezdy. V našej Galaxii doteraz objavili nanajvyš 12 takýchto objektov. Najväčším z nich je Rho Cassiopeiae. Obe tieto hviezdy patria medzi najväčšie a najjasnejšie hviezdy v Mliečnej ceste.



Ilustrácia znázorňuje, že žltý obor, hviezda HR 5171 A, je tesnou dvojhviezdou. Okolo nej krúži iná, malá hviezda po takej blízkej obežnej dráhe, že z atmosféry väčšej sestry vyčesáva hmotu.

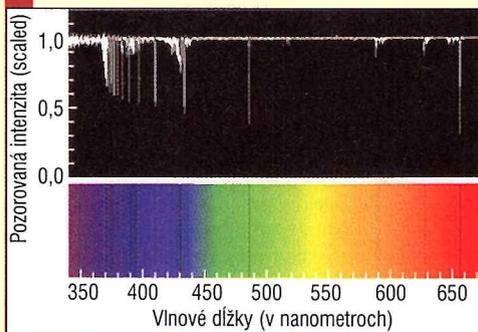
Momentálne sa nachádzajú v nestabilnej fáze vývoja, počas ktorej sa rýchle menia. Nestabilní žltí obri vyvrhujú v tejto fáze veľké množstvá hmoty, ktorá vytvára okolo nich mohutné atmosféry.

HR 5171 A je vzdialená 12 000 svetelných rokov do Zeme. Napriek tomu ju možno rozlíšiť aj voľným okom. Počas ostatných 40 rokov sa postupne zväčšovala a chladla. Teraz jej aktivita opäť rastie. Vedcom sa zatiaľ v danej fáze vývoja podarilo zastihnúť iba niekoľko hviezd.

Po analýze údajov periodicky sa meniacej jasnosti žltého obra zistili, že okolo HR 5171 A obieha menšia hviezda s periódou 1300 dní. Druhá zložka dvojhviezdy je nepatrne horúcejšia: teplota jej povrchu dosahuje 5000 °C.

Objav spolupútnika je významný. Vedci môžu priamo pozorovať, ako menšia hviezda ovplyvňuje vývoj žltého obra. Najmä tým, že očesáva z neho vrchné vrstvy atmosféry. Štúdium týchto zriedkavých hviezdnych obrov prispieva k pochopeniu vývoja všetkých obrov hviezd.

ESO Press Release



Spektrum hviezd podobných Slnku tvoria tisíce absorpčných čiar. V spektre hviezdy SM0313 ich objavili iba niekoľko. Menej ako v ktorejkoľvek spektrálne skúmanej hviezde.

Čo prezradili „hviezdne hodiny“ v blízkej galaxii

Astronómovia po prvý raz presne zmerali, ako rýchlo rotuje iná galaxia: Veľký Magellanov oblak (LMC). LMC je susedná galaxia. Jej disk sa okolo centra otočí raz za 250 000 rokov. Zhodou okolností za rovnakú dobu obehne Slnko so svojou planetárnou sústavou okolo stredu Mliečnej cesty.

Medzinárodný tím využil Hubblov vesmírny ďalekohľad a pomocou neho zmeral priemerný pohyb stoviek jednotlivých hviezd v LMC, vzdialenom 170 000 svetelných rokov.

Diskovité galaxie (ako Mliečna cesta a LMC) rotujú ako kolotoč. Presnosť prístrojov na HST umožňuje odvodiť rotáciu galaxie z „bočných“ pohybov hviezd, krúžiacich okolo jej jadra. Podobné merania robili vedci aj predtým, ale spoľahlivé údaje získali až vďaka HST.

Počas minulého storočia určovali vedci údaje o rotácii galaxií iba z posunov čiar v spektrách ich hviezd. Keď sa jedna časť disku galaxie pohybuje smerom k Zemi, v spektre približujúcich sa hviezd sa objaví modrý posun. A naopak, keď sa v rovnakom čase opačná časť disku pohybuje smerom od Zeme, v spektrách hviezd sa objaví červený posun. (V prvom prípade sa vlny žiarenia vzhľadom k pozemskému pozorovateľovi komprimujú, v druhom sa rozťahujú.)

Vedci v tomto prípade skombinovali údaje o spektrách jednotlivých hviezd s údajmi o „bočných“ pohyboch hviezd. Tak po prvýkrát získali hodnoverný, trojrozmerný obraz o pohyboch hviezd v inej galaxii. Zber a analýza údajov trvali sedem rokov.

Štúdium pohybov hviezd v galaxiách umožňuje lepšie pochopenie vnútornej štruktúry ich diskov. Z hodnoty rotácie dokážu vedci vypočítať aj hmotnosť galaxie a odhadnúť, ako sa vyvíjala.

HST je na takýto výskum priam stvorený. Na obežnej dráhe operuje už 24 rokov a jeho prístroje majú mimoriadne vysoké rozlíšenie. Iba kvôli predstave: ak by tieto prístroje pozorovali človeka na povrchu Mesiaca, dokázali by zmerať rýchlosť rastu vlasov na jeho hlave!

Vysoká presnosť je nevyhnutná, pretože skutočný pohyb hviezd vo vzdialenej galaxii je ne-

patrný. Predstavme si galaxiu LMC ako hodiny na oblohe. S ručičkami, ktorým jeden obeh trvá 250 000 rokov. Síce vieme, že sa ručičky na kozmických hodinách nepatrne posúvajú, ale iba prístroje na HST dokážu ich pohyb zaznamenať a zmerať. Ale aj to iba vtedy, keď „hodiny“ priebežne sledujú celých sedem rokov!

Kamery na palube HST (širokouhlá Camera 3 a špeciálna kamera na prehliadky oblohy) pozorovali hviezdy v 22 políčkach, pokrývajúcich disk LMC. Veľký Magellanov oblak na južnej oblohe je objekt, ktorý má 20-krát väčší uhlový priemer ako Mesiac v splne. Šípky (pozri obrázok) naznačujú predpovedaný pohyb v priebehu nasledujúcich 7 miliónov rokov.

Každé z políčok vybrali tak, aby v ňom boli nielen desiatky hviezd, ale aj kvazar v pozadí. (Jasný objekt, ktorého žiarenie generuje čierna diera v jadre aktívnej galaxie.)

Kvazar je dôležitý, lebo astronómovia ho využívajú ako pevný, referenčný bod v pozadí, pomocou ktorého dokážu určiť nepatrné pohyby hviezd vo Veľkom Magellanovom oblaku.

LMC je veľmi dôležitou galaxiou, lebo je blízko Mliečnej cesty. Robiť podobné merania v našej Galaxii by bolo oveľa náročnejšie, pretože všetky objekty sú rozsiate po celej oblohe. Každý objekt sa voči nám nachádza v inej vzdialenosti, pričom pozemský pozorovateľ sedí „kdesi uprostred“. Výskum štruktúr a rotácií je oveľa jednoduchší, ak pozorujeme blízku galaxiu zvonka.

Preto sa Veľký Magellanov oblak stal akýmsi etalónom pre všetkých, čo študujú populácie hviezd a ich evolúcie. Najdôležitejšie je pochopiť štruktúru galaxií. Technika merania hodnôt rotácie pri LMC, ktorú použili americkí vedci (Space Telescope Science Institute a University of Virginia), vyjadrujúcu pohyb hviezd v troch dimenziách, je novým spôsobom skúmania štruktúr galaxií i lepšieho porozumenia toho, ako sa hviezdy v galaxiách pohybujú.

Rotujúci Veľký Magellanov oblak krúži okolo Mliečnej cesty. Z najnovších štúdií vyplývalo, že susedné galaxie, vrátane LMC, v minulosti s tou našou niekoľkokrát interagovali.

Tím rovnakou technikou preskúma aj suseda LMC – Malý Magellanov oblak s cieľom, ako galaxie krúžia okolo spoločného ťažiska a ako obe obiehajú okolo našej Mliečnej cesty.

HST Press Release



Ešte väčšia, ako sa predpokladalo

je kopa galaxií el Gordo (po slovensky Tučňiak). Táto gigantická kopa sa sformovala v čase, keď mal vesmír iba polovicu súčasnej veľkosti. Tvorí ju niekoľko stoviek galaxií krúžiacich okolo neznámeho gravitačného centra. Po analýze údajov v röntgenovej oblasti a štúdiách dynamiky jednotlivých zložiek kopy vyplynulo, že kopa el Gordo je 3000-krát hmotnejšia ako naša Galaxia. Vedci odhadli, že v tejto kope sú zhruba 3 milióny miliárd hviezd.

Na hmotnosti kopy sa podieľajú jednotlivé galaxie, obrovské oblaky plynu a tmavá hmota. Takú gigantickú kopy galaxií v takej vzdialenosti zatiaľ nepozorovali. Konkurovať jej môže iba oveľa bližšia kopa galaxií Bullet. Obrovské rozmery el Gordo po prvý raz zverejnili v roku 2012. Po náročnej analýze údajov zo röntgenového satelitu Chandra a rýchlostí jednotlivých galaxií v kope (ďalekohľad VLT/ESO). Ukázalo sa však, že kopa el Gordo je oproti pôvodnému odhadu o 43 % hmotnejšia.

Objav obrovskej kopy galaxií v čase, keď mal vesmír iba 6,9 miliardy rokov je výzvou i pre kozmológov. Odhadnúť hmotnosť takéhoto objektu bolo tvrdým orieškom aj pre matadorov galaktickej astronómie. Vedeli, že sa el Gordo sformovala po kolíziách s viacerými galaxiami, ale vzhľadom na to, že sa zrážka odohrala paralelne so zorným lúčom pozemských prístrojov, veľká časť kinetickej energie zrážky „sa stratila“. Spektroskopy totiž dokážu zmerať iba radiálne rýchlosti galaxií.

Spresenie údajov umožnil až Hubblov vesmírny ďalekohľad. Vysoká rozlišovacia schopnosť prístrojov na HST dovoľuje zmerať aj hodnoty „slabého šošovkovania“, úkazu, ktorý sa prejavuje vtedy, keď obrovská gravitácia kopy deformuje priestor i tvary vzdialených galaxií v pozadí kopy. Čím väčšie sú tieto deformácie, tým viac hmoty je v kope.

Tím z University of California teraz pracuje na veľkej mozaike snímok kopy. Snímka však nebude úplná. Kopa el Gordo je taká veľká, že ju prístroje HST nedokážu zmapovať vcelku. „Zatiaľ vidíme iba hlavu Tučňiaka a jeho masívne ramená,“ vraví člen tímu Felipe Menanteau. „Nevieme však, aké má nohy. Budeme si musieť počkať na satelit s takou kamerou, ktorá dokáže exponovať oveľa širšie pole.“

HST Press Release



Fotografia znázorňuje merania rotácie Veľkého Magellanovho oblaku (LMC), najbližšej viditeľnej galaxie v okolí Mliečnej cesty. Táto fotografia zvyrazňuje najmä vonkajšie oblasti LMC, ktoré voľným okom nevnímame. Šípky predstavujú pohyby hviezd v LMC s cieľom naznačiť, ako galaxia rotuje. Každá šípka znázorňuje predpovedaný pohyb v priebehu najbližších 7 miliónov rokov. Ročný pohyb každej hviezd (podľa údajov z HST nazbieraných počas 7 rokov) je miliónkrát kratší ako dĺžka každej šípky! Úplná rotácia Veľkého Magellanovho oblaku trvá 250 miliónov rokov. Skutočná veľkosť galaxie LMC na oblohe vynikne v porovnaní s kotúčikom Mesiaca (vpravo dole).

Priame zmeranie rotácie čiernej diery

Röntgenové vesmírne ďalekohľady Chandra a XMM/Newton získali údaje o rotácii supermasívnej čiernej diery vzdalenej 6 miliárd svetelných rokov. Čierna diera rotuje extrémne rýchle: bezmála polovičnou rýchlosťou svetla.

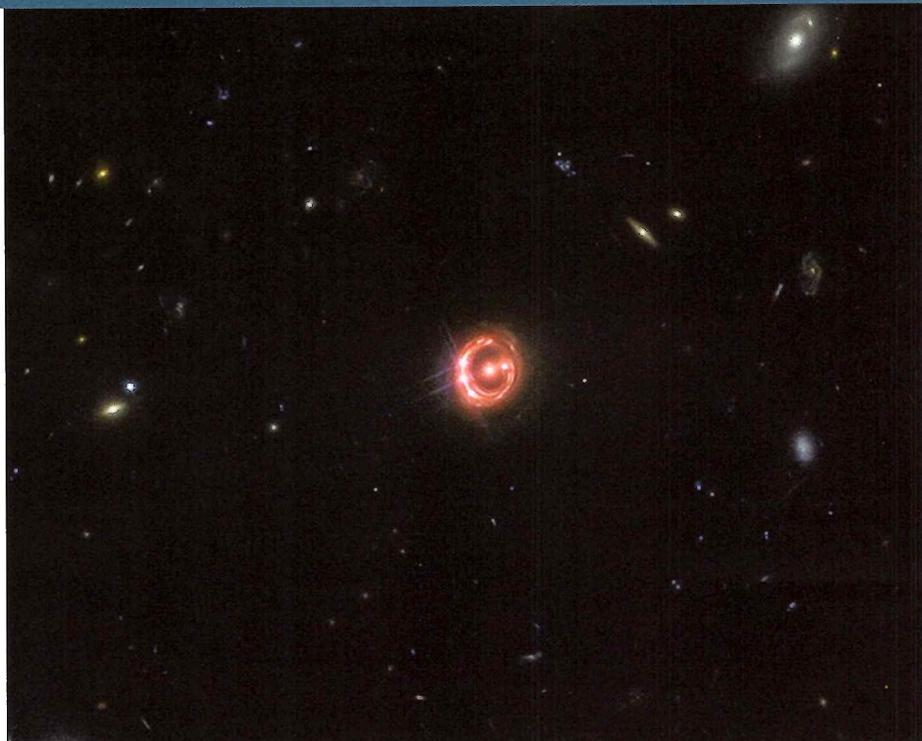
Čierne diery charakterizujú dva údaje: hmotnosť a rotácia. Hmotnosti čiernych dier dokážu vedci merať už dávno. S rotáciou je to zložitejšie.

V minulom desaťročí vyvinuli vedci spôsoby odhadu rotácií čiernych dier až do vzdialenosti niekoľkých miliárd svetelných rokov. Presnosť merania rotácie takýchto vzdialených a neviditeľných objektov si však vyžaduje niekoľko krokov, pričom presnosť každého ovplyvňuje konečný výsledok.

Neviditeľná čierna diera rotuje uprostred plynovej obálky. Plyn, špirálujúci do čiernej diery, keď nadobudne istú rýchlosť a teplotu, intenzívne žiari. Unikajúce žiarenie zahrieva plynovú obálku, ktorú pozorujeme ako kvazar RXJ 1131. Veľká eliptická galaxia medzi Zemou a kvazarom svetlo kvazaru zosilňuje. Gravitačné šošovky (tieto prírodné ďalekohľady) umožňujú podrobné skúmanie aj takých vzdialených objektov, ktoré nedokážu skúmať ani najvýkonnejšie umelé ďalekohľady. V tomto prípade umožnila gravitačná šošovka preskúmať najvnútornejšie oblasti skúmaného kvazaru.

Vďaka prírodnej šošovke získali vedci z kvazaru RXJ 1131 röntgenové spektrum - röntgenové žiarenie s rozličnými energiami. Vďaka tomu dokázali vypočítať rotáciu neviditeľnej čiernej diery.

Röntgenové žiarenie vytvára blízko čiernej diery korónu. (Koróna je vnútorná súčasť prachoplynovej obálky zohriata na niekoľko miliónov stupňov.) Röntgenové žiarenie z tejto koróny prezrádza, čo sa deje na vnútornom okraji akrečného disku. Gigantická gravitácia čiernej diery röntgenové spektrum deformuje. Čím sú



Na kombinovanej snímke z vesmírnych ďalekohľadov Chandra (ružová farba) a HST (červená, zelená a modrá) vidíte vzdialený kvazar RX J1131, uprostred ktorého rotuje čierna diera rýchlosťou 150 000 kilometrov za sekundu.

zmeny v spektre väčšie, tým bližšie k čiernej diere sa okraj disku nachádza.

Vedci vypočítali, že zdroj röntgenového žiarenia v disku sa nachádza iba vo vzdialenosti troch polomerov horizontu udalostí. Čo z toho vyplýva? Čierna diera musí rotovať extrémne rýchle, inakšie by sa akrečný disk v takej malej vzdialenosti rozpadol. Dôvod: rotujúca čierna diera komprimuje časopriestor v svojom okolí, čo umožňuje špirálujúcej hmote v disku priblížiť sa k nej bližšie ako v prípade čiernej diery, ktorá nerotuje.

Poznámka: Horizont udalostí je rozhranie nad čiernou dierou, za ktorým už hmota nenávratne mizne v jej pažeráku. Hodnota polomeru horizontu udalostí závisí od veľkosti a hmotnosti čiernej diery.

Meraním rotácie vzdialených čiernych dier vedci odhalili procesy, ktoré generujú ich rast. Ak zväčšovanie čiernych dier ovplyvňujú najmä zrážky a splyvanie galaxií, mali by akumulovať materiál v stabilných diskoch. Pravidelné, kon-

tinuálne dodávky hmoty z disku by mali rotáciu čiernej diery urýchľovať.

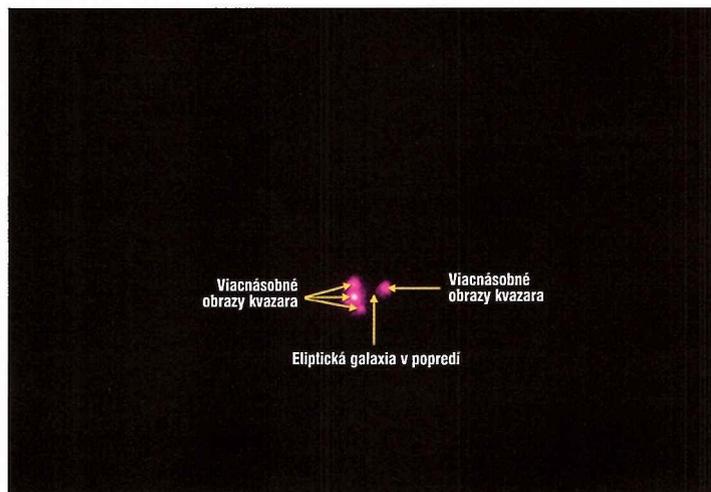
Ak čierna diera nabaľuje iba malé množstvá hmoty, aj to iba občas, rotuje pomalšie. Dôvod: občasné prísuny hmoty z najrozličnejších smerov rotáciu raz urýchľujú, inokedy spomaľujú.

Objav, že čierna diera v kvazare RX J1131 rotuje polovičnou rýchlosťou svetla, dokazuje, že v danej vzdialenosti 6 miliárd svetelných rokov (teda 7,8 miliárd rokov po big bangu) nabaľovala hmotu predovšetkým po kolíziách, nie sporadickými prísunmi hmoty z okolia.

Z nameraných údajov o rotáciách vzdialených čiernych dier dokážu vedci vypočítať, či sa tieto objekty vyvíjali rovnako rýchle ako materské galaxie. V prípade RX J1131 ide o významný pokrok v dejinách galaktickej astronómie.

Pred zverejnením tejto štúdie sa podarilo zmerať rotácie čiernych dier iba vo vzdialenostiach 2,5 a 4,7 svetelných rokov.

NASA Press Release



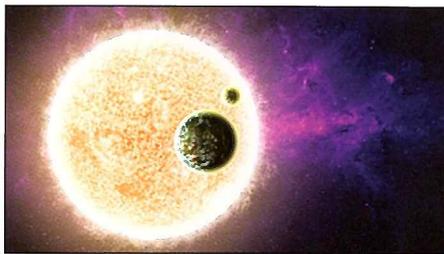
Ďalšie röntgenové i optické snímky kvazaru RX J1131. Údaje z vesmírnych ďalekohľadov umožnili zmerať rýchlosť rotácie čiernej diery v jadre kvazaru. Ide o doteraz najvzdialenejšiu čiernu dieru (6 miliárd svetelných rokov), pri ktorej sa podarilo zmerať rýchlosť jej rotácie. Údaje o rýchlosti rotácie umožňujú pochopiť, ako čierne diery v priebehu času rastú.

Planétu X neobjavil ani ďalekohľad WISE

Väčšina planetológov v planétu X už dávnejšie neverí. Existencia takého objektu, krúžiaceho okolo Slnka na periférii Slniečnej sústavy, mala však aj svojich vplyvných prívržencov. Dôvod: práve toto hypotetické teleso mohlo spôsobiť (ak existuje) poruchy obežných dráh Neptúna a Uránu v dávnej minulosti i sporadické kolízie, po ktorých niekoľkokrát vyhynula viac ako polovica živých organizmov na Zemi.

Napriek tomu, že ani čoraz výkonnejšie ďalekohľady také teleso neobjavili, jednou z úloh vesmírneho ďalekohľadu WISE bolo aj pátranie po tejto planéte. WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer) objavil počas svojej misie niekoľko tisíc vzdialených objektov. Planéta X však medzi nimi nebola.

Kevin Luhman z Penn State University, šéf tímu okolo WISE, začiatkom marca oznámil: „Vo vonkajšej časti Slniečnej sústavy sme ne-



Vesmírny ďalekohľad WISE Planétu X Nemesis (na ilustrácii v popredí) nenašiel.

Objavy vyvolali malú senzáciu: bližšie hviezdy neobjavili astronómovia počas ostatných sto rokov!

Planéty vo vnútri Slniečnej sústavy, i Jupitera so Saturnom, objavili už starovekí hvezdári. Ich pohyb na oblohe rozoznali aj voľným okom. Ďalšie planéty objavili, vďaka vylepšeným ďalekohľadom, oveľa neskôr: Urán v roku 1781, Neptún v roku 1841.

Začiatkom 20. storočia začali vedci hľadať planétu, ktorá (podľa vtedajších predstáv) spôsobuje poruchy dráh Neptúna a Uránu. Percival Lowell nazval toto hypotetické teleso Planétou X. V roku 1930 objavil Lowell Pluto. Až v roku 1978 sa však ukázalo, že Pluto má príliš malú hmotnosť na to, aby malo vplyv na také veľké telesá. Tento objav podmienil hľadanie veľkej planéty vo vzdialenejšej periférii Slniečnej sústavy.

V roku 1984 vyrukovali paleontológovia s hypotézou, že niekoľko doložených masových vymieraní živých organizmov počas vývoja Zeme mohla spôsobiť tmavá hviezda na periférii Slniečnej

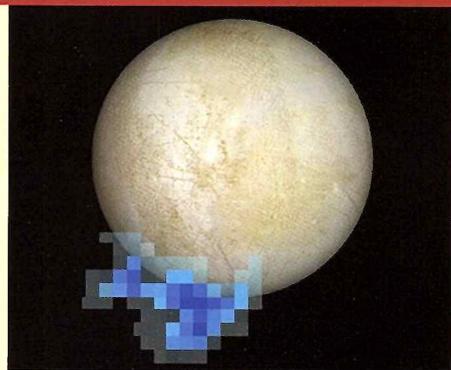
sústavy. Podľa nich toto teleso mohlo periodicky presmerovať tisíce objektov z Oortoho pásu do vnútra našej sústavy a spôsobiť tak periodické bombardovania s vysokou frekvenciou. Hypotetickej hviezde (mal to byť červený alebo hnedý trpaslík) dali meno Nemesis. Na snímkach z WISE však nijaké takéto telesá nenašli.

Tým sa potvrdila aj platnosť dávnejších infračervených prehliadok oblohy, ktoré existenciu Nemesis tiež vylúčili.

Vesmírny ďalekohľad WISE po ukončení misie na istý čas hybernovali. Po reaktivovaní v minulom roku (pod názvom NEOWISE) pátra satelit po neznámych, potenciálne nebezpečných kométach a asteroidoch, ktoré sa dostávajú do blízkosti Zeme. NEOWISE zároveň získava údaje aj o známych objektoch z tejto skupiny, spresňujúc ich základné parametre.

Najvýznamnejším prínosom misie WISE sú objavy doteraz neznámych telies v susedstve Slniečnej sústavy.

Astrophysical Journal



Na obrázku vidíte polohu vodnej pary vznášajúcej sa nad Jupiterovým mesiacom Európa. Gejziry tryskajú z trhlín okolo južného pólu. Hubblov vesmírny ďalekohľad v tomto prípade chocholy vodnej pary nenasnímal. Získal však spektrá z emisií polárnej žiary, v ktorých objavili čiary vodíka a kyslíka.

Vodná para nad Jupiterovým mesiacom Európa

Zdrojom unikajúcej vodnej pary je jedna, alebo niekoľko(?) trhlín neďaleko južného pólu mesiaca. Vedci už dávno predpokladajú, že pod hrubou ľadovou kôrou Európy je globálny oceán vody. V tomto prípade však ide o prvý objav vodnej pary nad povrchom tohto mesiaca!

Vedci zatiaľ netušia, či sú zdroje, z ktorých para uniká, prepojené s oceánom.

Prvým mesiacom Slniečnej sústavy, na ktorom objavili gigantické gejziry vody a pary, je Saturnov mesiac Enceladus. Objavila ich ešte v roku 2005 sonda Cassini.

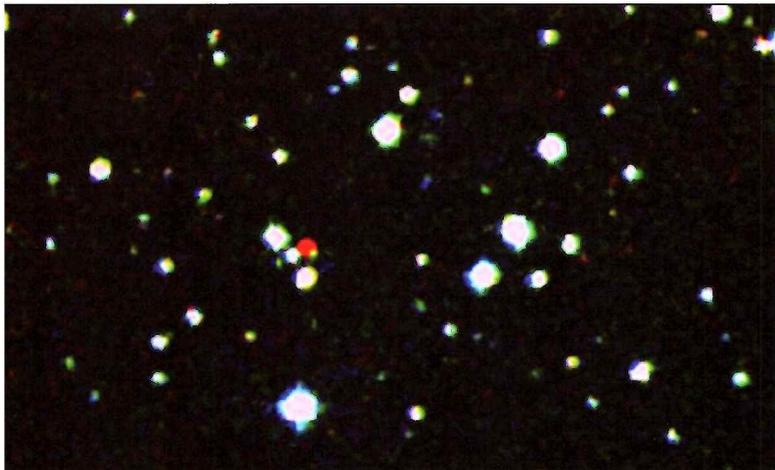
Chocholy vodnej pary nad Európou objavil Hubblov vesmírny ďalekohľad koncom roku 2012. Spektrográf STIS na jeho palube detegoval slabé UV-žiarenie z polárnej žiary nad južným pólom mesiaca. Polárnu žiaru generuje silné magnetické pole Jupitera. To spôsobuje, že častice nadobudnú takú rýchlosť, že môžu štiepiť molekuly vody v chocholoch pary tým, že ich zohrievajú. Produktom rozpadu vody sú ióny vodíka a kyslíka, ktoré zanechajú vo farbe polárnej žiary svoje odtlačky.

Zatiaľ nie je jasné, či voda v gejziroch pochádza priamo z oceánu, alebo z vyššie uložených bazénov teplého ľadu,ospájaných trhlínami. Túto meniacu sa sieť navzájom prepojených bazénov a trhlín vytvárajú slapové sily. Pokiaľ ide o bazény, nikto nevie, koľko ich je a v akých hĺbkach sa nachádzajú.

Rovnako ako na Encelade, aj na Európe sa aktivita gejzirov mení v závislosti od polohy toho-ktorého mesiaca na obežnej dráhe okolo materskej planéty. Gejziry boli najaktívnejšie vtedy, keď bola Európa najďalej od Jupitera. A naopak, počas najväčšieho priblíženia k obrej planéte zatiaľ nijakú aktivitu gejzirov nezaznamenali. Jedným z vysvetlení je, že slapové sily obrej planéty počas najväčšieho priblíženia zivajúce trhlíny uzatvárajú.

Podrobnejší prieskum gejzirov na Európe umožní presné zmapovanie ich polôh i veľkostí trhlín, ktoré periodicky chrlia vodu a paru. Tieto údaje ocenia najmä vedci, čo pripravujú misiu JUICE (Jupiter ICy moons Explorer), ktorej štart sa očakáva v roku 2022. Sonda zblízka preskúma aj ostatné ľadové mesiace Jupitera: Ganymedes a Callisto.

NASA/ESA Press Release



Blízka hviezda (na snímke červená) je rýchle sa pohybujúci subtrpaslík typu L. Ide o jeden z tisícok doteraz neznámych objektov, ktoré objavil WISE.

našli ani veľkú plynovú planétu, ani malú hviezdu.“

WISE skenoval oblohu v rokoch 2010 až 2011, so šesťmesačnou prestávkou. Tak získal dva súbory infračervených snímok, ktoré vedci porovnávali s cieľom zistiť, ktoré telesá sa počas prestávky na oblohe premiestnili.

WISE počas misie získal snímky 750 miliónov galaxií, hviezd i asteroidov. Medzi nimi bolo aj niekoľko tisíc objektov, o ktorých vedci nevedeli.

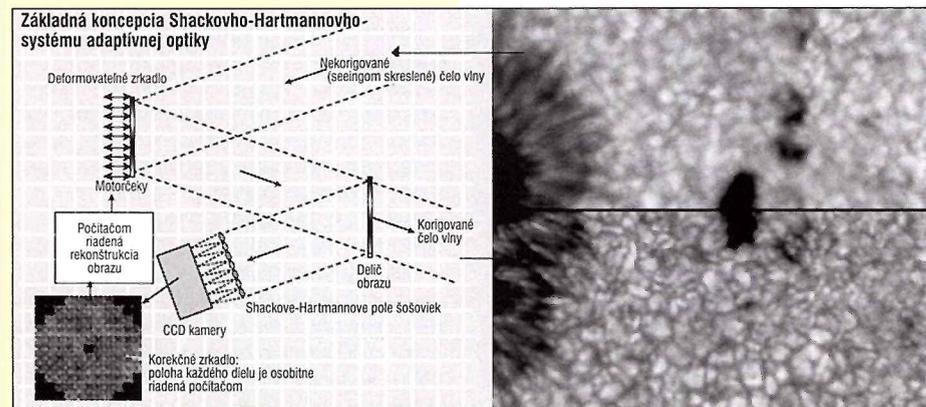
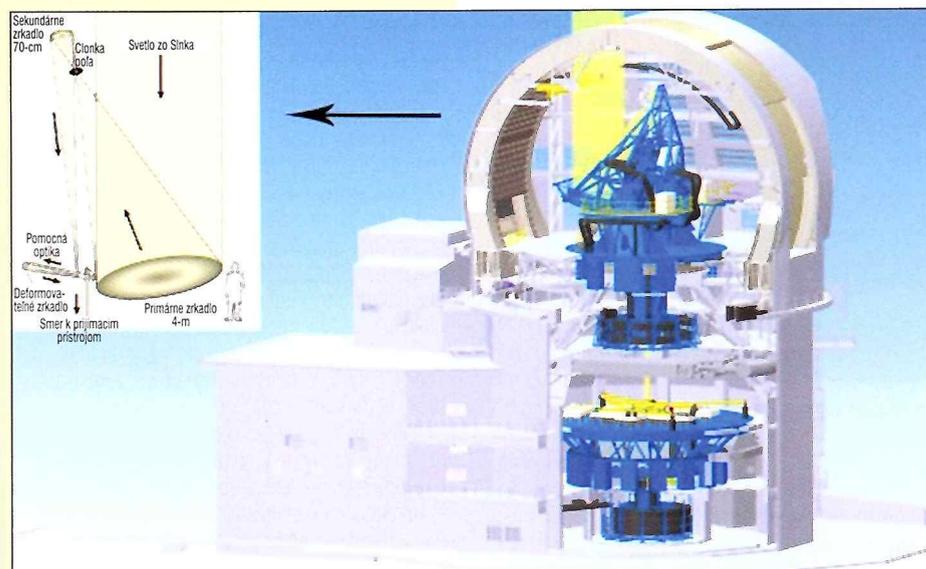
Do vzdialenosti 10 000 AU od Slnka objavili vedci na snímkach 762 nových objektov, ale ani jeden z nich nemal parametre Saturna. Planétu s parametrami Jupitera neobjavili ani do vzdialenosti 26 000 AU.

Iná skupina tímu objavila na snímkach 3525 nových hviezd a hnedých trpaslíkov. Prekvapujúce boli najmä objavy relatívne blízkych hviezd, o ktorých sme doteraz nevedeli. Napríklad hviezdy vzdialené 20 svetelných rokov v súhvezdí Norma. Alebo pár hnedých trpaslíkov vzdialených iba 6,5 svetelných rokov.

Na vrchole havajskej sopky rastie najvýkonnejší slnečný ďalekohľad

Ktorýsi múdry muž povedal, že dejiny vedy sú dejinami prístrojov. V článku opisujeme projekt výstavby slnečného ďalekohľadu s priemerom 4 metre. Prajeme si, aby aj v našom prípade sa splnilo želanie E. P. Hubbľa (1889 – 1953), ktorý pri uvádzaní 5-metrového ďalekohľadu na Mount Palomar odpovedal na novinársku otázku slovami „...želáme si, aby sme zistili niečo, čo sme nečakali“.

Obr. 2. Rez cez návrh observatória a optická schéma ukazuje, že ide v podstate o mimoosový zrkadlový ďalekohľad typu Gregory. Po odraze od sekundárneho zrkadla a série menších zrkadiel sa vytvorí obraz na mieste prídavných zariadení.



Obr. 3. Obrázok znázorňuje základný princíp adaptívnej optiky a jej účinok na kvalitu obrazu slnečnej fotosféry. Snímka je zo súčasného najväčšieho slnečného ďalekohľadu, ktorý má priemer zrkadla 1,6 metra (McMath-Pierce Solar Telescope) a je od roku 1962 inštalovaný na Kitt Peaku v Arizone. Nový ďalekohľad rozozná 60-krát menšie detaily.



Obr. 1. Stavba nového observatória na temene krátera sopky Haleakala v nadmorskej výške 3054 m na havajskom ostrove Maui vo februári 2014.

Slnečný ďalekohľad, ktorý bude s priemerom zrkadla 4 m najväčší na svete, má už definitívne meno – je pomenovaný po nedávno zosnulom senátorovi Danielovi K. Inouye, DKIST (D. K. Inouye Solar Telescope). Vo vývojovej etape ho nazývali ATST (Advanced Technology Solar Telescope – slnečný ďalekohľad na vyššej technickej úrovni). Predpokladá sa, že bude uvedený do prevádzky v roku 2019.

Myšlienka postaviť takýto ďalekohľad sa začala realizovať v roku 2000 s tým, že do prevádzky bude uvedený v roku 2012. Harmonogram sa oneskoruje, ale dôležité je, že práce pokračujú. Na návrhu a vývoji sa zúčastnili univerzity, observatória a výskumné ústavy s príslušnosťou k NSO – National Solar Observatory a okrem toho 17 individuálnych odborných poradcov z rôznych inštitúcií USA.

Projektanti sa všeobecne zhodli na tom, že nový ďalekohľad má predčiť doterajšie prístroje v rozlišovacej schopnosti v troch aspektoch:

priestorovej, spektrálnej aj časovej, t. j. vo vyššej kadencii získavania pozorovaní pri rýchlo sa rozvíjajúcich štruktúrach.

Obecne sa dohodli na priemere 4 metre, čo pri teoretickom priestorovom rozlíšení 0,03" pre vlnovú dĺžku 550 nm predstavuje na povrchu Slnka lineárny rozmer okolo 22 km. To však, samozrejme, predpokladá, že bude dostatočne potlačený turbulentný nepokoj vzduchu využitím najnovšej technológie adaptívnej optiky.

Vývojový tím ATST dospel k názoru, že najlepším riešením bude otvorený ďalekohľad typu Gregory s mimoosovým umiestnením sekundárneho zrkadla (obr. 2). Toto riešenie je odlišné od konštrukcie stelárnych ďalekohľadov, ako ho poznáme napr. pri Hubblovom kozmic-

kom ďalekohľade. Mimoosové umiestnenie sekundárneho zrkadla zníži rozptyl pozadia a umožní jeho efektívnejšie chladenie.

Konečný obraz, ktorý sústava zrkadiel prenesie na pult prídavných zariadení, bude ešte korigovaný adaptívnou optikou. Táto v mnohých prípadoch umožní redukovať nepokoj vzduchu a takto sa priblížiť k teoretickému priestorovému rozlíšeniu, t. j. 0,03" pre vlnovú dĺžku 500 nm (obr. 3).

Korekčné zrkadlo adaptívnej optiky je umiestnené za sekundárnym zrkadlom (obr. 4) a od neho ďalej pokračuje optická cesta k prídavným zariadeniam.

V ohniskovej rovine bude mať zorné pole veľkosť 300"×300", aby bolo možné študovať vývoj celých aktívnych oblastí.

K prídavným zariadeniam budú patriť (v zátvorke je uvedený zodpovedný riešiteľ):

- *Polarimeter vo viditeľnom svetle (High Altitude Observatory)*. Bude merať všetky 4 Stokesove polarizačné parametre polarizácie a umožní konštruovať vektorové magnetogramy s veľkým rozlíšením.
- *Polarimeter pre blízku infračervenú oblasť (University of Hawaii)*. Zo Zeemanovho rozštiepu spektrálnych čiar od 1 000 do 5 000 nm bude určovať parametre magnetických polí vo všetkých vrstvách slnečnej atmosféry.
- *Laditeľný infračervený filter (New Jersey Institute of Technology)*. Bude súčasťou magnetografu, určeného na meranie magnetických polí v hlbších vrstvách slnečnej atmosféry.
- *Sústava širokopásmových filtrov (Lockheed Martin)*. Bude používaná počas skúšobnej prevádzky prístroja na odladenie všetkých prídavných zariadení.
- *Laditeľný filter v optickej oblasti spektra a polarimeter (NSO, NASA-Marshall Space Flight Center a Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik)*. Pomocou neho sa budú robiť monochromatické snímky a 2D magnetogramy.

To sú uvedené zámery, ktoré vznikli pri projekte, t. j. pred viac ako desiatimi rokmi. Do dokončenia prístroja sa určite objavia ešte mnohé návrhy.

Podľa konštruktérov sa činnosť DKIST zameria na tri ciele:

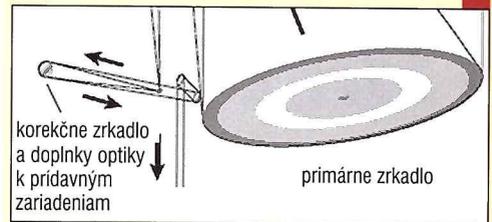
1. Zistiť, čo je podstatou slnečného magnetizmu.
2. Zistiť, akým spôsobom magnetizmus kontroluje činnosť Slnka.
3. Ako môžeme modelovať a predpovedať jeho pôsobenie na pozemské deje.

Stále nechápeme ako sa transformuje energia turbulentných pohybov plazmy v slnečnom vnútri do magnetických polí. Indukcia zemského magnetického poľa na povrchu je okolo 50 T (mikrotesla; 1 Tesla = 104 Gauss); v slnečných škvrnách dosahuje indukcia hodnoty 0,15 – 0,30 T, na ostatnom slnečnom povrchu je niekoľkokrát silnejšia ako na Zemi.

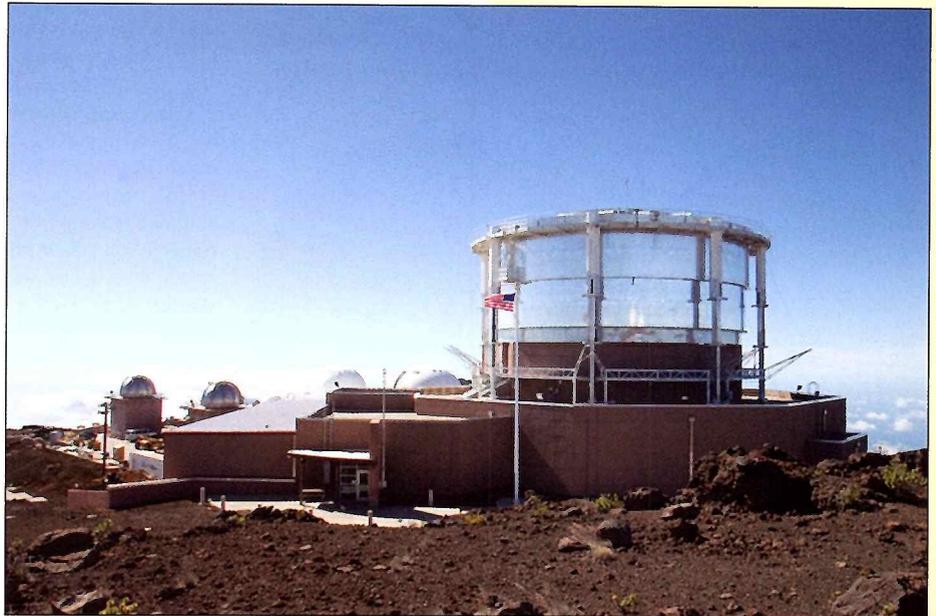
Na to, aby sme mohli riešiť také otázky ako formovanie škvŕn, ohrev koróny alebo premennosť vystupujúcej energie, potrebujeme rozpo-

znať detaily, neprístupné pre súčasné ďalekohľady.

Parameter, ktorý z tradície nazývame „slnečná konštanta“, t. j. množstvo radiácie prijímanej zo Slnka, rastie s rastom úrovne slnečnej aktivity. Ak malé magnetické elementy sú najväčším prispievateľom k týmto zmenám, potom DKIST bude prvým ďalekohľadom, ktorý umožní študovať tieto štruktúry priamo. Predpokladá sa, že tieto štúdie budú cenným prí-



Obr. 4. Detail optickej cesty. Podrobnosti sú v článku.



Obr. 5 a 6. Komplex rôznych prístrojov na výskum kozmických telies na sopke Haleakala.

spevom k riešeniu otázky príčin pozemských klimatických zmien.

Pri súčasnom extrémnom zväčšení vidíme v slnečných škvrnách tmavú centrálnu umbru, veľarovitú penumbru a individuálne granule horúceho plynu. Od DKIST sa očakáva opis evolúcie škvŕn s veľkým rozlíšením a konečné pochopenie ich fyzikálneho pôvodu.

DKSI bude pracovať v rýchlom režime. Sekvenciu snímok bude získavať s intervalom 3 s. Pre porovnanie: SDO na obežnej dráhe sníma Slnko v ôsmich vlnových dĺžkach každých 10 s, STEREO: snímka za 3 minúty a SOHO za 12 minút. Rýchle snímanie umožní podrobnejšie sledovať vývoj štruktúr.

Z 50 navrhovaných miest, kde ďalekohľad postaví, pri užšom výbere ostalo 6:

Big Bear, Kalifornia; Haleakala, Havaj; Sacramento Peak, Nové Mexiko; Observatórium San Pedro Martir, Mexiko; La Palma, Kanárske ostrovy, Španielsko a jazero Panguitch v Utahu.

Pozorovacie podmienky na týchto miestach sa skúmali identickou aparatúrou. Nakoniec boli zohľadnené aj ekonomické faktory a pre miesto stavby nakoniec v roku 2004 určili kráter sopky Haleakala na Havaji.

Nový slnečný ďalekohľad bude excelentným partnerom komplexu rôznych prístrojov na výskum kozmických telies (Mees Solar Observatory, Pan-STARRS, Faulkes Telescope North a Maui Space Surveillance Complex), ktoré sú tam už v prevádzke (obr. 5 a 6).

Podľa Bob King, Universe Today, 7. máj 2014 spracoval MILAN RYBANSKÝ



Komentár: Nie som sám, koho trápi otázka, či samotné zvyšovanie rozlišovacej schopnosti je cesta, po ktorej prídeme k riešeniu slnečných problémov. Podľa názorov viacerých výskumníkov hypotézy o riadení slnečnej činnosti magnetickými silami sú prešľapovaním na mieste, ktoré nás vedie do slepej uličky. Podstatnými môžu byť elektrické sily.

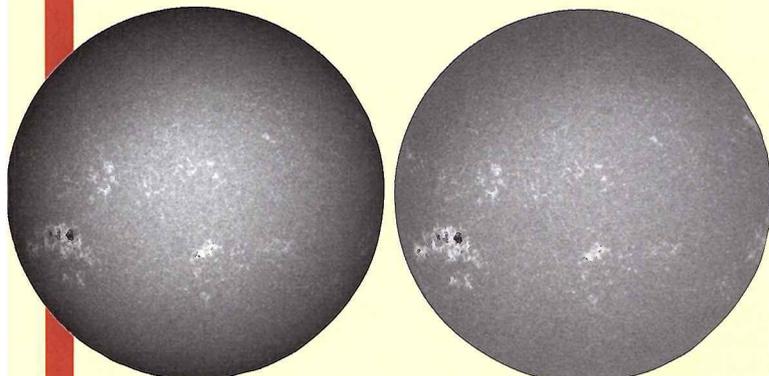
Vo fyzike sa učíme, že magnetizmus ako samostatný fenomén neexistuje, je to iba následok elektrického prúdu. A elektrický prúd vzniká keď po rozdelení nábojov rôznej polarizácie dochádza k ich neutralizácii.

A jedna z prvých poučiek astrofyziky hovorí, že k oddeleniu nábojov nemôže dôjsť, lebo by sa okamžite zneutralizovali. Tomu sa dá oponovať: ak procesy, ktoré vedú k nerovnováhe (ionizácii pri rýchlych pohyboch plazmy), sú aspoň také rýchle ako rýchlosť kompenzácie v riedkej plazme, potom prúd môže existovať. Zo štúdiá prenosu energetických prejavov zo Slnka na Zem vieme, že rýchlosti protónov niekedy dosahujú aj 40 000 km/s. Preto sa mi zdá, že kadencia 3 s na obrázok nebude dostatočná na skutočné štúdium rýchlych procesov.

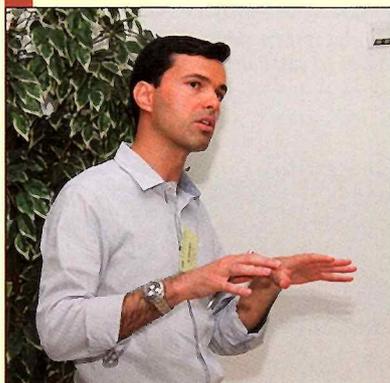
(Pre záujemcov vrele doporučujem knihu D. E. Scotta Elektrický vesmír, 2012, Praha).

Slniečny seminár

Podľa vyjadrení kompetentných špecialistov dosiahol práve prebiehajúci 24. cyklus slnečnej aktivity svoje pomerne nevýrazné maximum v prvých jarných mesiacoch roku 2014. Zhodou okolností, práve v dňoch 26. až 30. mája hostilo oravské mestečko Nižná účastníkov v poradí už 22. slnečného seminára s medzinárodnou účasťou, ktorý v hoteli Arman zorganizovala Slovenská ústredná hviezdáreň (SÚH) Hurbanovo.



Slnko v spektrálnej čiare ionizovaného vápnika Ca II K pozorované na Hvezdárni Valašské Meziříčí 4. júla 2013 s okrajovým stmernením (vľavo) a po jeho odstránení (vpravo).



Antonio Falcao (UNINOVA – CA3, Lisbon, Portugalsko) hovoril o počítačovom programe na určenie korelácií v slnečných časových radoch.

Foto: P. Rapavý



Vladimír Karlovský (Hvezdáreň a planetárium M. R. Štefánika, Hlohovec).

Foto: P. Rapavý

O predchádzajúcom 21. ročníku informoval Kozmos 5/2012 na strane 37 v článku M. Lorenca. Organizačnému výboru v zložení E. Hodálová, A. Lovászová, M. Lorenc a M. Vidovenec, ktorému šéfoval I. Dorotovič, sa podarilo aj tentoraz zorganizovať prínosné podujatie a rýchlo prekonať aj drobné nástrahy, ktoré im počas seminára občas pripravila projekčná technika. Organizáciu seminára a vydanie CD zborníka referátov finančne podporila Slniečna sekcia Slovenskej astronomickej spoločnosti pri Slovenskej akadémii vied a firmy Tromf Piarová a Namex, s.r.o.

Do Nižnej na Orave zavítalo celkovo 52 účastníkov, z toho 35 zo Slovenska, 13 z Českej republiky a po jednom z Poľska, Rakúska, Španielska a Portugalska. Väčšina z nich aktívne prispela do odborného programu, v ktorom bolo prezentovaných 7 prehľadových a 30 kratších pracovných referátov, ako aj 7 posterov, ktoré boli ústne avizované ich autormi v samostatnom bloku. Pretože vývoj sa neustále zrýchľuje, cieľom prehľadových referátov bolo podať ucelený obraz o pokroku a novinkách vo vybraných oblastiach výskumu Slnka. V tomto ročníku prispeli do programu prehľadovými referátmi: A. Kučera – Slniečna fotosféra, M. Sobotka – Moderné slnečné ďalekohľady, J. Koza – Nové poznatky z výskumu slnečnej chromosféry, J. Dudík – Slnečné erupcie: Imaging, spektroskopia, stereoskopia a magnetická topológia, M. Bárta – Slnečná rádioastronómia v ére ALMA, J. Rybák – Súčasnosť Observatória Lomnický štít Astronomického ústavu SAV a P. Kotrč – Pozorovanie Slnka v Ondřejove.

mického ústavu SAV a P. Kotrč – Pozorovanie Slnka v Ondřejove.

Slnečné semináre cielene poskytujú priestor študentom, doktorantom, pracovníkom hviezdární a planetárií, ako aj astronómom-amatérom, aby referovali o výsledkoch svojej práce. Do odborného programu tohto ročníka sa aktívne zapojili pracovníci z Hvezdárne a planetária M. R. Štefánika v Hlohovci (2 postery a referát), Hvezdárne v Rožňave (poster), Hvezdárne a planetária M. Hella v Žiari nad Hronom (poster), Hvezdárne v Rimavskej Sobote (fotografie), Teľkovej hviezdárne Levice (referát), Hviezdzárny Úpice (3 referáty) a Hviezdzárny Valašské Meziříčí (3 referáty). Nie je možné dať priestor všetkým pracovným referátom a posterom, preto spomeniem podrobnejšie iba niektoré.

L. Pastorek v referáte 24. slnečny cyklus urobil analýzu práve vrcholiaceho cyklu. Cyklus je mimoriadne slabý a zaraďuje sa medzi najslabšie cykly v celej histórii pozorovaní slnečnej aktivity. Ukazuje sa, že jeho maximum je rozdvojené. Po prvom, nižšom maxime v roku 2012, nasledovala takzvaná Gnevyshevova medzera v roku 2013 a momentálne pozorujeme jeho druhé, o niečo vyššie maximum. Zatiaľ čo v rokoch 2009 až 2013 bola výrazne aktívnejšia severná pologuľa, po spomenutom období vykazovala vyššiu aktivitu južná pologuľa.

J. Lörinčík starší prezentoval poster *Využitie solárnych pecí na hviezdárni v Rožňave* a v púťavom príspevku ukázal, ako sa robí zážitková astronómia pomocou solárnych pecí s priemerom zrkadiel 60 cm a 150 cm, ktoré dokážu uvariť vodu na čaj, opieť špekáčky a taviť olovo, za čo si vyslúžil uznanlivý a zaslužený potlesk poslucháčov.

To, že jablko nepadá ďaleko od stromu ukázal J. Lörinčík mladší, ktorý, idúc v otcových stopách, sa dal na skutočnú fyziku Slnka a prezentoval vzhľadom na svoj mladý vek odborne aj formálne veľmi kvalitný referát *Analýza HINODE/EIS dát a diagnostika parametrov plazmy v slnečnej koróne*. Treba povedať, že jeho školiteľom je Š. Mackovjak, ktorý referoval vo svojom príspevku o *DEM (Differential Emission Measure) analýze a nemaxwellovských kappa distribúciách*.



Účastníci 22. slnečného seminára 2014 v Nižnej na Orave.

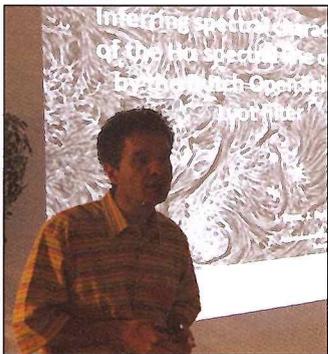
Foto: Z. Csontos

tentoraz na Orave



F. Valach z Geofyzikálneho ústavu SAV v Hurbanove (vľavo) a L. Lenža z Hvězdárny vo Valašskom Meziříčí v ČR.

Foto: P. Rapavý



Július Koza (AsÚ SAV, Tatranská Lomnica).

Foto: P. Rapavý



A. Kučera pri prehľadovej prednáške o slnečnej fotosfére.

Foto: P. Rapavý

P. Augustín prezentoval poster *Solárna terasa v Krajskej hviezdárni a planetáriu M. Hella v Žiari nad Hronom*, ktorý informoval o sprístupnenej solárnej terase 13. mája 2014. Tá formou zážitkového vzdelávania sprístupňuje návštevníkom informácie o Slnku, jeho pohyboch, a prakticky predvádza využitie slnečnej energie a jej premenu na energiu elektrickú a tepelnú. Na

solárnej terase sú momentálne nainštalované fotovoltaické panely napájané čerpadlami s fontánkami, výukový slnečný kolektor, solárna sušička a viacero typov slnečných hodín s rovinnými ciferníkmi. V budúcnosti bude terasa doplnená o ďalšie typy slnečných hodín.

Staronovými účastníkmi seminára boli pracovníci z Hvězdárny vo Valašskom Meziříčí, ktorí mali prestávku od roku 1998. Ich tri referáty nenechali nikoho na pochybách, že to s pozorovaním slnečnej aktivity, erupcií, filamentov a protuberancií myslia naozaj vážne. Výsledok ich pozorovateľského smerovania dokumentuje snímka Slnka v spektrálnej čiare ionizovaného vápnika Ca II K s vlnovou dĺžkou 393,4 nm (v ľavom stĺpci hore na predchádzajúcej strane).

V programe seminára si našla miesto aj prezentácia sortimentu firmy Tromf Piarová doplnená vzorkami astronomických ďalekohľadov, o ktorých zasvätené hovoril P. Zbončák. Spoločenským a poznávacím rozmerom seminára je už tradične aj prehliadka pamätihodností v okolí miesta konania. S týmto cieľom účastníci navštívili počas jedného popoludnia Oravský hrad, drevený gotický kostol v Tvrdošíne a Oravskú priehradu.

Spomienkou na seminár bude CD zborník referátov. O jeho vydanie, distribúciu, ako aj o vystavenie príspevkov na internet sa postará SÚH Hurbanovo. Elektronické zborníky z 15. až 21. slnečného seminára sú už dostupné. Najrýchlejšia cesta k nim vedenie cez Google a reťazec: Zborníky referátov z predchádzajúcich slnečných seminárov.

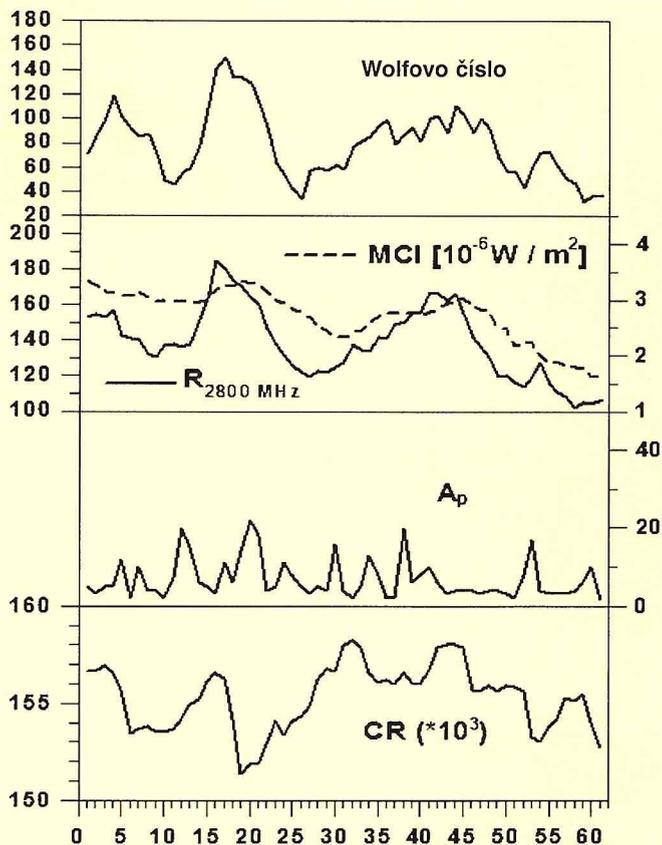
Nasledujúci 23. ročník slnečného seminára sa uskutoční o dva roky – v roku 2016. Nechajme sa prekvapiť, ktorý pekný kút Slovenska organizátori vyberú.

JÚLIUS KOZA,
IVAN DOROTOVIČ



Účastníci seminára počas prednášky.

Foto: I. Dorotovič

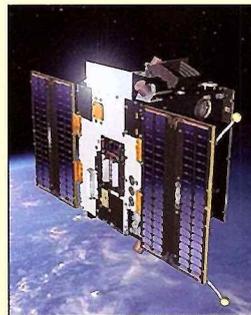


Slnečná aktivita

Priebeh slnečnej aktivity má charakter mierneho poklesu po druhom maxime 24. cyklu slnečnej aktivity. Zvýšená slnečná aktivita bola najmä v období 15. – 20. apríla. Všeobecne bolo Slnko aktívnejšie v apríli a o niečo menej aktívne v máji, podobne to je aj v prípade geomagnetickej aktivity.

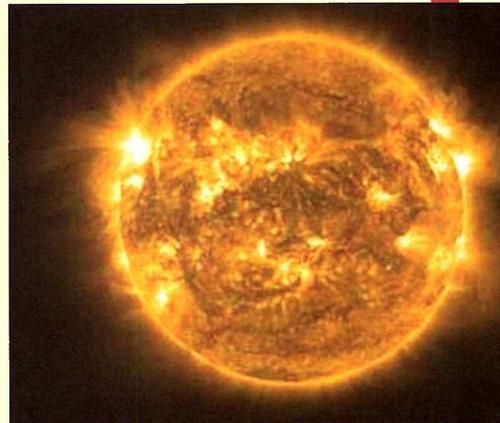
Monitorovanie slnečnej aktivity zabezpečuje od konca roka 2009 aj družica PROBA2 (Project for On-Board Autonomy 2). Je to druhá družica ESA v tejto sérii, ktorá slúži na testovanie nových družicových technológií, ale zároveň má na palube aj vedecké prístroje. Je to mikrodružica veľká jeden kubický meter. Na jej palube je päť vedeckých prístrojov. Dva z nich sú určené na pozorovanie Slnka: *The Sun Watcher using APS and Image Processing* (SWAP, EUV ďalekohľad) a *Large Yield Radiometer* (LYRA, rádiometer vyrobený z diamantových fotodiód). Práve kombinácia týchto dvoch prístrojov, pričom v oboch boli použité nové technológie, presvedčila kompetentných zástupcov ESA ešte v roku 2002 o tom, že návrh vedcov z Royal Observatory of Belgium (Brusel) a Centre Spatial de Liège je najvhodnejší pre túto družicu. Ďalšie tri prístroje na jej palube slúžia na meranie vybraných parametrov kozmickej plazmy a magnetického poľa Zeme. PROBA2 sa na základe výsledkov počas takmer 5-ročného obdobia činnosti prístrojov (čo podstatne presahuje pôvodne plánované 2 roky) úspešne zaradila do flotily družíc na monitorovanie kozmického počasia.

IVAN DOROTOVIČ

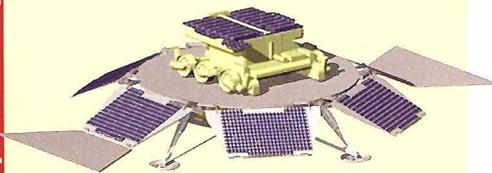


Družica PROBA 2 a obrázok koróny v EUV oblasti spektra získaný prístrojom SWAP.

Snímky: ESA



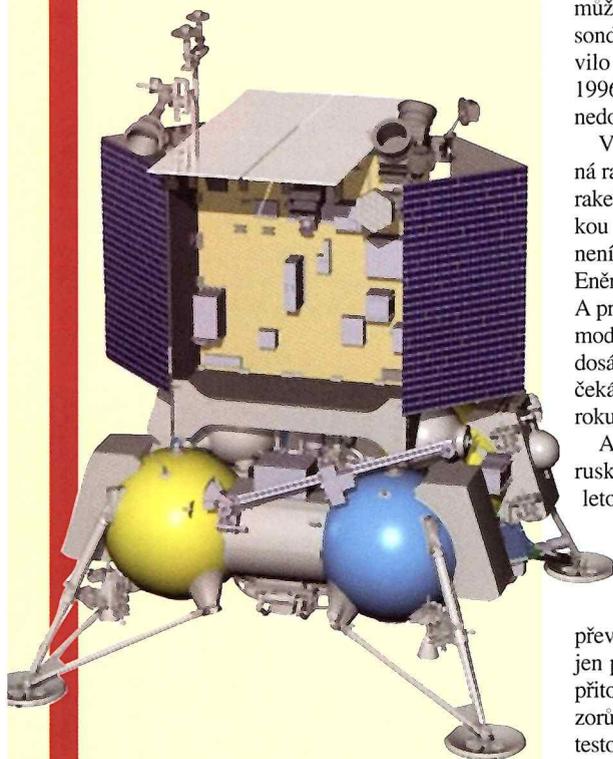
„Předpokládám, že Spojené státy chtějí posílat své astronauty na Mezinárodní kosmickou stanici pomocí trampolíny,“ neodpustil si rýpnutí do amerických sankcí reagujících na situaci kolem Krymu a na Ukrajině ruský vicepremiér Dmitrij Rogozin. Neopomněl tak znovu připomenout, že Spojené státy jsou v současné době při dopravě astronautů do vesmíru absolutně závislé na ruských lodích Sojuz.



Evropského robota Pasteur dopraví na Mars ruská plošina.



Zvažovaná ruská sonda pro přistání na Jupiterově měsíci Ganymed.



Sonda Luna 25 poletí možná už za dva roky.

Kam se vydá

Rusko tuto skutečnost neopomene při každé příležitosti zdůrazňovat. Tato informace je samozřejmě pravdivá, ale zároveň vytržená z širšího kontextu. Především: Američané byli na lodích Sojuz závislí vždy, a tedy i v době, kdy létaly raketoplány. To proto, že ruské lodě byly od počátku projektu brané jako „záchranné čluny“ pro osazenstvo stanice. Raketoplány, které k ní byly připojené vždy jen pár dní, tuto roli pochoitelně zastávat nemohly.

Také je třeba zdůraznit, že ISS je mezinárodní projekt, kdy se partneři navzájem doplňují. Kdyby měl každý veškerou kapacitu, tak nemá smysl tyto spojovat a zbytečně se podřizovat jeden druhému. A tak zatímco Rusko má monopol na dopravu posádek (a de facto jej vždy mělo i na zajištění záchranného plavidla) stejně jako třeba na manévrovací systém stanice („západní segment“ nemá ani motory, ani nádrže), tak je ruská strana naopak do značné míry závislá na dodávkách elektrické energie nebo na zajištění komunikační kapacity přes americké družice.

ISS je zkrátka společným projektem. Kdyby se jí kterýkoliv partner rozhodl opustit nebo svůj podíl omezit, v konečném důsledku by nejvíce poškodil sám sebe.

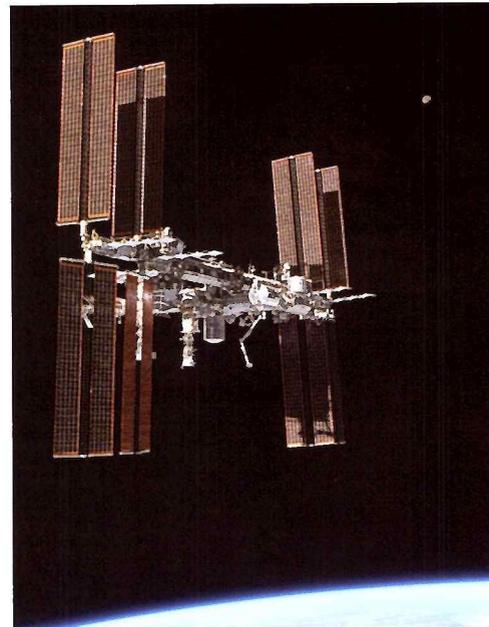
Od porážky k porážce

Rusko nicméně rádo používá silná slova a pokukování na svoji nezastupitelnou roli v dopravě kosmonautů na ISS k nim patří. Jenže podrobnější pohled na ruskou kosmonautiku skýtá jiný obraz.

Od doby sond Vega, které odstartovaly přesně před třiceti lety (v prosinci 1984), se Rusko nemůže pochlubit žádnou úspěšnou meziplanetární sondou. Za posledních čtvrt století dokonce připravilo jen dvě takové mise: jak Mars-8 v roce 1996, tak Fobos-Grunt v roce 2011, ale přitom nedokázaly ani opustit oběžnou dráhu Země.

V prosinci 2013 pak úspěšně odstartovala nosná raketa Sojuz 2-1v. Šlo o první nově vyvinutou raketu (byť název Sojuz může evokovat technickou příslušnost k prověřené a letité sérii nosičů, není tomu tak) v Rusku od doby superrakety Eněrgija. Připomínáme, že ta letěla v květnu 1987! A projekt nového nosiče Angara, který se díky své modularitě měl stát páteří ruské kosmonautiky, už dosáhl plnoletosti. Na svůj premiérový start stále čeká. Zřejmě se jej dočká v polovině letošního roku: devatenáct let od zahájení vývoje.

A když jsme u nosných raket, „tažný kůň“ ruské kosmonautiky, těžký Proton (do konce letošního dubna 394 startů, první v roce 1965), také nedělá mnoho radostí. Do dějin vstoupí havárie z loňského července, kdy téměř tisícitunová raketa bezprostředně po startu ztratila stabilitu, rozkývala se, za letu převrátila, rozlomila a její ohnivé trosky dopadly jen pár set metrů od vypouštěcí rampy. Na vině přitom byla vzhůru nohama instalovaná sada senzorů úhlové rychlosti DUS: před startem je možné testovat jen jejich funkčnost, ale nikoliv správnou orientaci. Proto je nutné při montáži dbát maximální obezřetnosti. Přesto pracovník instalující



Ten dělá to a ten zase tohle – a všichni dohromady máme kosmickou stanici.

DUS (dle závěru vyšetřovací komise) „použil mírnou sílu“, aby senzory umístil naopak. V protokolech pak postupně všichni kontrolaři zaznamenali, že senzory jsou instalovány správně. Šlendrián nejhrubšího kalibru.

Přitom tato havárie nebyla výjimečnou, neboť rakety Proton selhávají poměrně pravidelně. Od prosince 2010 do července 2013 třeba měly vždy průměrně 5,5 úspěšných startů mezi haváriemi! A za posledních dvanáct let není toto číslo o mnoho radostnější: jsou 10,25 úspěšného startu mezi nehodami. Proton tak má menší spolehlivost, než třeba v osmdesátých letech!

Neúnosně se také protahuje výstavba nového kosmodromu Vostočnyj, o kterém začalo Rusko uvažovat už v roce 1993. Tehdy Rusko hledalo náhradu za Bajkonur, jenž se ocitl na území nezávislého Kazachstánu. Což bylo nepřijemné ze strategického i ekonomického hlediska. Právě nový kosmodrom měl být triumfem, který měl Rusku především usnadnit vyjednávací roli. Nicméně v posledních letech nabyl Vostočnyj na důležitosti a dnes to vypadá, že by z něj mohla první raketa vzlétnout už v příštím roce. Postupně se ale opustily projekty na spojení výstavby kosmodromu s revitalizací ruské kosmonautiky a dnes se předpokládá, že odtud budou startovat primárně rakety řady Sojuz. Ty jsou odvozené od mezikontinentálního nosiče R-7, který do vesmíru dopravil Sputnik, Lajku nebo Gagarina.

Zkrátka a dobře: podrobnější pohled do zákulisí ruské kosmonautiky nám ukazuje jen matný odlesk bývalé slávy. Nový vývoj je minimální, žije hlavně z podstaty. Vždyť lodě Sojuz nebo rakety Proton představují všem modernizacím navzdory technologii půl století starou. Nicméně přesto nemusíme nad ruskou kosmonautikou lámat hůl a její budoucnost nemusí být zcela beznadějná.

ruská kosmonautika?

Vábení Rudé planety

Jak by mohla zářná budoucnost ruské kosmonautiky vypadat, nám ukazuje třeba Evropská kosmická agentura (ESA), která podepsala v roce 2009 dohodu s NASA o společném průzkumu planety Mars. V jejím rámci se počítalo s realizací trojice misí v letech 2016, 18 a 20. Jenže o tři roky později NASA od dohody odstoupila z důvodu napjatého rozpočtu a také změn priorit (na jiné mise k Marsu se totiž nedostatku navzdory peníze našly). ESA přitom do vývoje sond již investovala stamilióny eur – a kontrakty za další stovky miliónů měla uzavřené. Zrušení projektu by tak bylo velkou blamáží.

V tu chvíli se ESA obrátila na Rusko, které na nabídku spolupráce kývlo. Důvodem byla jednak prestiž („USA vás hodily přes palubu“) a jednak skutečnost, že po krachu mise Fobos-Grunt se ruský zamýšlený planetární průzkum ocitl v troskách. Pro představu: během deseti let počítal s osmi ambiciózními sondami k Měsíci, Marsu, Venuši či asteroidům. Evropské zkušenosti tak Rusku přišly vhod.

Výsledkem spolupráce je mise ExoMars, která bude postupně realizována ve dvou etapách. Nejprve v lednu 2016 odstartuje orbitální sonda TGO (Trace Gas Orbiter) s výsadkovým modulem Schiaparelli. O dva roky později se pak vydá na cestu výsadková mise: evropské robotické vozidlo Pasteur schopné odebírat a analyzovat vzorky z dvoumetrové hloubky má na povrch Marsu dopravit ruská přistávací plošina (přesněji: z osmdesáti procent ruská, ze dvaceti evropská). Ta ostatně bude tvořit samostatnou dlouhodobou pozorovací misi.

Na řadě je Jupiter i Měsíc

Rusko a ESA jsou s dosavadní spoluprací spokojené, takže už dnes uvažují o dalších společných misích. Opět: těžít z nich mohou obě strany. Rusko vzkřísí z klinické smrti svůj meziplanetární průzkum, ESA zase bude díky partnerství a přístupu k širšímu spektru technologií moci realizovat více letů, než kdyby je řešila „na vlastní pěst“. Obě strany zatím hovoří například o možnosti zopakování mise Fobos-Grunt nebo o společném odběru horniny vzorků z povrchu Rudé planety a jejich dopravě do pozemních laboratoří.

Mars ale nemá být jediným společným cílem. Rusko by chtělo využít data z evropské sondy JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) a chce společně s ní v roce 2022 vypustit sondu pro hladké přistání na Jupiterově měsíci Ganymed. K Měsíci pak chce Rusko vyslat sondy Luna-25 (2016, přistání v oblasti jižního pólu), Luna-26 (2017, detailní mapování z oběžné dráhy), Luna-27 (2019, velký přistávací modul v oblasti jižního pólu, který má otestovat novou vrtnou soupravu), Luna-28 (odběr vzorků a jejich doprava na Zemi) a Luna-29 (sběr vzorků pomocí robotického vozidla a jejich následné odeslání na Zemi). ESA se o tyto mise intenzivně zajímá zvláště poté, co byl zrušen její projekt výsadkové sondy Lunar Lander.

Motory pro amerického tahouna

Zvláštní kapitolou ruské kosmonautiky jsou raketové motory s dosud nepřekonanými parametry. A to takovými, že motor NK-33 (po modernizaci v USA přejmenovaný na AJ26) tvoří základ americké rakety Antares (vynáší zásobovací loď Cygnus k ISS) a RD-180 zas základ nosiče Atlas V. Ten v posledních deseti letech vynesl do vesmíru dvě třetiny amerických vojenských a zpravodajských družic!

Přitom právě závislost na těchto motorech je v USA opakovaně kritizována: v rámci ostré retoriky Rusko už dříve často vyhrožovalo, že do-



Za letu se rozpadající raketa Proton v červenci 2013.



Vostočnyj: nový kosmodrom pro starou techniku.

dávky zastaví. Nikdy tak ale neudělalo, ostrými slovy si jen zajišťovalo výhodnější pozici při vyjednávání o nových dodávkách. Koncem letošního dubna ale došlo k paradoxní situaci, kdy další dodávku motorů RD-180 do USA stejně jako platby za ně pozastavil americký federální soud! A to díky tomu, že výrobce motorů (konstrukční kancelář NPO Eněrgomaš) formálně spadá pod vicepremiéra Dmitrije Rogozina. A na něj se vztahují americké sankce vyhlášené v souvislosti s ukrajinskou krizí.

Z krátkodobého hlediska není provoz raket Atlas V ohrožený. Jejich provozovatel (firma ULA, United Launch Alliance) má zásoby motorů na 2,5 roku plného provozu. Tedy do konce roku 2016. Jenže zároveň má vyprodané všechny rakety, které je schopna vyrobit, do konce roku 2019! Z větší části jde přitom o kontrakty pro Pentagon.

Nahrát ruské motory je přitom nesmírně obtížné. ULA tvrdí, že má v rámci licence k dispozici projektovou dokumentaci a že je schopná motory začít vyrábět ve Spojených státech. Což může být pravda, ale také nemusí: dokumentace je jedna věc, reálný hardware druhá. Obranný výbor Kongresu proto doporučil urychleně zahájit vývoj odpovídajícího motoru čistě americké

provenience. Už v rozpočtovém roce 2015 (začne 1. října 2014) požaduje uvolnění 200 mil. dolarů, během čtyř let vývoje pak 1,2 mld. USD. Kdyby se ovšem naplnil černý scénář a rakety Atlas V se musely obejít bez ruských motorů, znamenalo by to zdržení vynesení desítek družic a sond na dlouhé roky.

Causa motorů RD-180 každopádně ukazuje, jak složité mezinárodní vazby jsou v dnešní kosmonautice. A jak jsou zároveň důležité.

Budoucí pilotovaná loď

Rusko dopravuje na ISS kosmonauty v lodích Sojuz, které si svoji premiéru odbyly (bez posádky) v listopadu 1966. Přitom původně byly vyvinuté pro lunární program a pro dopravu na kosmické stanice začaly být využívány jako „z nouze ctnost“. Přestože prošly celou řadou rozsáhlých modernizací, mají tato vylepšení své limity – a dnešním potřebám nedostačují.

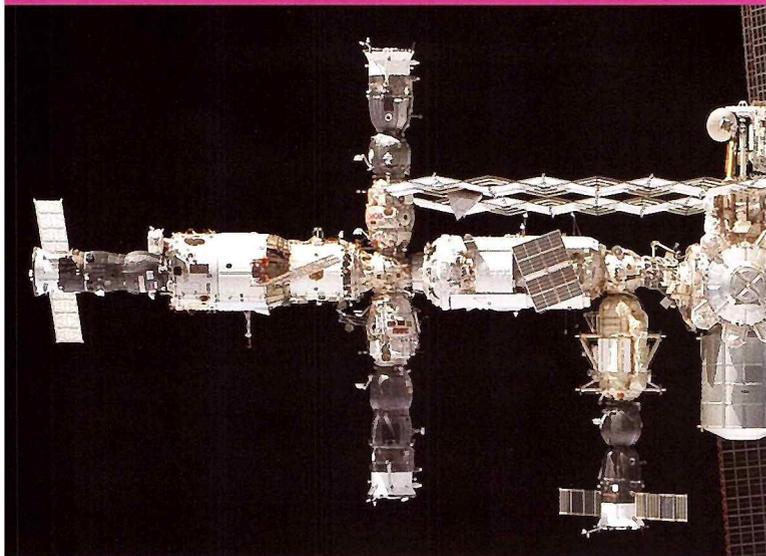
Pokud nepočítáme různé studie a ideové projekty, pak Rusko už od roku 2004 (tedy od okamžiku vyhlášení nového směřování americké kosmonautiky) slibuje, že tento stav změní a že nadešel čas na vývoj nové lodi. Jenže deset let uplynulo a kromě nekonečných přepracování projektu nebylo dosaženo žádného výrazného pokroku. Každý rok je slibováno zahájení výroby hardware, každý rok ale nepřichází odpovídající finanční prostředky. Zatím to vypadá, že se usadil technický koncept lodi, která by měla mít hmotnost až 20 tun a bude létat se čtyřčlennou posádkou. Má být až desetinásobně použitelná, ale její tepelný štít bude ablativní. Bude nanesený na panelech, které se pro každou misi vymění.

Vývojové náklady jsou odhadovány na 3,2 mld. dolarů, přičemž první bezpilotní let se může uskutečnit v roce 2018 a pilotovaný start o dva roky později. V prosinci 2013 došlo k zatím největšímu pokroku v rámci projektu, když Roskosmos podepsal dohodu s konstrukční kanceláří Eněrgija na zahájení vývojových prací, která zajišťuje peníze pro novou loď PTK-NP (Pilotiruemij Transportnyj Korabl Novogo Pokoleniya) do podzimu 2015.

Nauka: ke které stanici?

Pokud se podíváme na Mezinárodní kosmickou stanici, tak můžeme konstatovat, že ruský segment se skládá z modulů Zarja, Zvezda, Pirs, Rassvět a Poisk. Zarja – první vypuštěná část ISS, dnes ovšem používaná prakticky jen jako skladiště – přitom byla zaplácena z amerických peněz, takže se o ní často hovoří jako o „území nikoho“. Zvezda je zase servisní modul: nese řídicí systémy, kuchyni, toaletu, kóje pro posádku apod. Zkrátka je to takový „modul pro všechno“. Trojice modulů Pirs, Rassvět a Poisk pak představuje jakési přístavy, které umožňují bezpečnější přiletý lodí Sojuz a Progress: aby tyto kotvily ve větší vzdálenosti od hlavní struktury stanice a nedostávaly se tak při přiletu a odle-

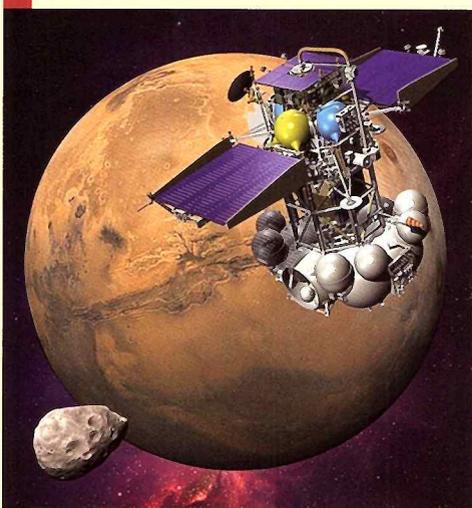




Pohled na současnou podobu ruského segmentu ISS: tvoří jej dva velké moduly Zvezda (vlevo) a Zarja a trojice pomocných Pojsk, Pirs a Rassvět (krom toho jsou k segmentu na snímku připojeny čtyři dopravní lodí Sojuz a Progress).



Laboratoř Nauka stále čeká na start. Dočká se?



Mise Fobos-Grunt měla vrátit ruské kosmonautice zašlou slávu, namísto toho se stala obrovským fiaskem.

Takto by měla vypadat nová kosmická loď, která nahradí přeluhující Sojuz.



Pro změnu kosmická stanice

Už v červnu 2009 Roskosmos oficiálně informoval NASA, že po splnění závazků vůči mezinárodním partnerům a ukončení provozu ISS plánuje některé komponenty stani-

tu do její těsné blízkosti. Moduly Rassvět a Pojsk sice Rusko označuje jako MIM 1 a 2 (Malý Issledovatelskij Modul, Malý výzkumný modul), ale to je jen čestné pojmenování mající za cíl evokovat jejich vědecký význam. Mnohem přesnější je původní název SO 1 a 2 (Stykovočnyj Otssek, Připojovací modul).

I toto „přemalování štítů“ obou modulů svědčí o tom, že Rusko si dobře uvědomuje, že na ISS je sice klíčovým partnerem, ale dodnes nemá u stanice žádnou laboratoř, která by umožnila naplno využít potenciál orbitálního komplexu.

Připomínáme, že je šestnáct let po zahájení montáže ISS!

Když ponecháme stranou devadesáté léta, kdy mělo Rusko hodně velké oči a počítalo s celou flotilou výzkumných modulů, měla jeho vědecký prapor na ISS nést laboratoř Nauka. S jejím startem se počítalo v roce 2006, jenže se vinou rozpočtových

a technických potíží neustále zpožďoval. Když se pak loni na podzim vydal na kosmodrom Bajkonur k závěrečným předstartovním testům, byl obratem vrácen výrobci s tím, že palivový systém stejně jako části energetického je ve zcela dezolátním stavu. Vypuštění plánované na letošní rok se tak opět odložilo – a tentokrát o hodně dlouho. Aktuálně se počítá s vynesením modulu Nauka ne dříve, než v únoru 2016. A to za předpokladu, že na nás nevydají další kostlivci ze skříně.

Tyto nekonečné odklady ovšem daly vzniknout zcela vážně míněné úvaze Nauku neposílat k ISS, ale vypustit ji až coby základ budoucí ruské stanice OPSEK (Orbitalnyj Pilotiruemij Sboročno-Eksperimentalnyj Kompleks). To je komplex, o němž Rusko uvažuje jako o dalším kroku po skončení programu ISS: počítá přitom s využitím modulů, které už jsou nebo brzy mají být připojené ke stávající mezinárodní stanici.

ce použít jako základ vlastního komplexu. Pro OPSEK se ze sestavy ISS počítá s moduly Zvezda a Pojsk – a právě s dosud nevypuštěnou Naukou.

Pro OPSEK pak bude třeba vyrobit ještě dva nové moduly. Jednak uzlový modul: kulovitý čtyřtunový modul vybavený šesti stykovacími uzly (podobný nesla už stanice Mir). A jednak Vědecko-energetický modul, který má novou stanicí zásobovat energií. Sluneční baterie ze stávajících modulů jsou totiž dlouhodobým pobytem ve vesmíru velmi zdegenerované a – jak už jsme uvedli – ruský segment dnes není energeticky soběstačný.

OPSEK má přitom nejen navázat na programy Saljut, Mir a ISS, ale také má posloužit jako montážní základna pro sestavování planetoletů k Měsíci, Marsu nebo asteroidům. Stejně tak se má stát prvním příbytkem pro posádky vracející se z těchto výprav. Tedy jakousi karanténou.

Kritici OPSEKu ale tvrdí, že právě návaznost na minulé programy představuje jeho největší slabinu. Nešlo by o cestu vpřed, ale o nové opakování již dosaženého – de facto se stále stejným hardwarem jako před desítkami let. Na průzkumné mise podle nich nedojde a zůstane zase jen o klasické stanice.

Byť Rusko často hovoří o stálé lunární základně nebo i pilotované výpravě na Mars, je právě vybudování další orbitální stanice nejpravděpodobnější cestou jeho pilotované kosmonautiky po ISS. Rusko není zvyklé dělat tlusté čáry za minulostí. A i kdyby chtělo, nedokáže se rozloučit se svými dřívějšími úspěchy zhmotněnými právě dlouhodobými pobyty na orbitálních stanicích.

Na společné nebo samostatné dráze?

Ruský kosmický průmysl může stavět na desítkách let zkušeností a bohatých lidských zdrojích. Zároveň ale není schopen pokrýt celou paletu služeb a technologií, kterou čím dál náročnější lety do vesmíru vyžadují. Vždyť třeba ruské komunikační družice jsou často stavěny evropskými firmami nebo mají alespoň americkou elektroniku. Právě spojení „východní“ a „západní“ technologie a know-how může pomoci posunout ruskou kosmonautiku do nových světů.

Uzavření se ruského kosmického průmyslu do sebe by totiž znamenalo, že kosmonauti z celého světa budou ještě hodně dlouho létat v osvědčených lodích Sojuz, ruští piloti se budou střídat na jakoby nové orbitální stanici v půlročních směnách a rakety Proton si budou připisovat další tucty rutinních startů. Pokusy o vypuštění meziplanetárních sond se ale dále budou končit nezdary, výstavba nových zařízení se bude donekonečna protahovat, laboratoř Nauka se startu nikdy nedočká a používání více než půl století staré techniky bude prezentováno jako sázka na spolehlivost. Zkrátka a dobře: dojde k zakonzervování stávajícího – vlastně již desítky let trvajícího – stavu.

Což by byla škoda. Pro všechny.

TOMÁŠ PŘIBYL

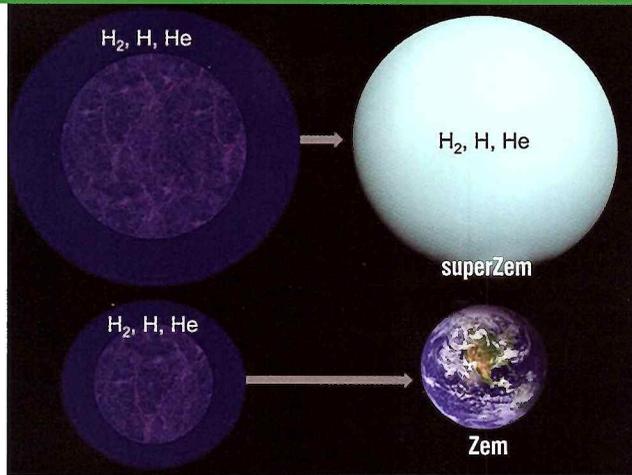
Foto: NASA, Roskosmos, archiv autora

SuperZeme sú možno mŕtve telesá

Dlho trvalo, kým lovci exoplanét objavili telesá, ktoré sa do istej miery podobali na Zem, ale boli podstatne väčšie. (Dnes už objavujú aj telesá menšie ako Zem). Niekoľko z týchto superZemí krúži okolo materských hviezd v „zelenom páse“. Tam, kde môžu vzniknúť a udržať sa podmienky na život. Preto sa superZeme stali vyhľadávaným terčom astronómov.

Po preskúmaní niekoľkých desiatok „zelených“ superZemí sa ukázalo, že tie, čo sa vyvinuli z jadier s menšou hmotnosťou, môžu byť vhodné pre život. Tie, ktoré sa vyvinuli z väčších jadier, stali sa planétami typu miniNeptún, obalených hustou atmosférou, sú podľa všetkého sterilné.

Planetárne systavy, vrátane tej našej, sa formujú z vodíka, hélia a ťažších prvkov, ktoré krúžia okolo materských hviezd v protoplanetárnych diskoch. Prach a zrnká najrozličnejších materiálov sa v diskoch gravitačne zliepajú a tie najväčšie „zlepence“ potom nabaľujú čoraz viac hmoty, až kým sa nesformujú jadrá planét a neskôr aj planéty. Gravitácia protoplanét nabaľuje z disku najmä vodík, pričom časť vodíka do disku dodáva UV-žiarenie z hviezdy.



Hmotnosť pôvodne kamenného jadra podmieňuje, či budúca planéta bude obývateľná. Jadro planéty (hore vľavo) má viac ako 1,5 hmotnosti Zeme, takže sa okolo neho vytvorí taká hustá atmosféra z vodíka (H), deutéria (H₂) a hélia (He), že na superZemi (vpravo hore) sa nebude môcť vyvinúť život. Obrázky dole znázorňujú vývoj menej hmotného jadra (0,5 až 1,5_Z). Jadro nabalí oveľa menej plynov, takže jeho atmosféra bude pre život priaznivejšia.

Vedci z inštitútu IWF pri Rakúskej akadémii vied namodelovali rovnováhu medzi prísunom a stratou vodíka okolo jadier protoplanét s hmotnosťami v rozpätí 0,1 až 5,0 hmotnosti Zeme. Pravdaže, iba tých, ktoré obiehajú v zelených pásoch hviezd podobných Slnku. Zistili, že protoplanéty s rovnakou hustotou ako Zem, ale s polovičnou hmotnosťou veľa plynu z disku nebalia.

V závislosti od disku a s predpokladom, že mladá hviezda je v UV oblasti oveľa jasnejšia ako dnešné Slnko, jadrá protoplanét s porovnateľnou hmotnosťou, akú má Zem, môžu vodík nabaľovať i strácať. Jadrá s vyššou hmotnosťou si však takmer všetok vodík udržia. Vyvinú sa na planéty (superZeme či miniNeptúny) s oveľa hustejšou atmosférou, akú má naša Zem.

Z výsledkov vyplynulo, že niektoré su-

perZeme (napríklad Kepler-62e či 62f), napriek tomu, že sa pohybujú v „zelených zónach“, nie sú obývateľné. Prečo? Rakúšania vyrátali, že tieto superZeme mohli nabaliť 100- až 1 000-krát viac vodíka, ako ho je vo všetkých oceánoch Zeme, ale počas vývoja iba zlomok tohto množstva stratili. Mohutná atmosféra pôsobí na povrch takým veľkým tlakom, že vznik a vývoj života v takých podmienkach je takmer nemožný.

Paralelná štúdia nízkej (priemernej) hustoty superZemí objav Rakúšanov podporila. Zdá sa, že napriek narastajúcemu počtu exoplanét v zelených pásoch bude počet planét s priaznivými podmienkami na život oveľa nižší. Vedci sa spoliehajú na výkonnejšie prístroje, ktoré začnú pracovať v budúcom desaťročí.

Royal Astronomical Society Press Release

Počítačové simulácie gravitačne viazaných exoplanét

Väčšina počítačových modelov, zameraných na podmienky, ktoré existujú na gravitačne viazaných exoplanétach (ide o planéty, ktoré nerotujú, a preto sú k materskej hviezde prívratene stále tou istou stranou), dokážu modelovať najmä procesy v ich atmosférach.

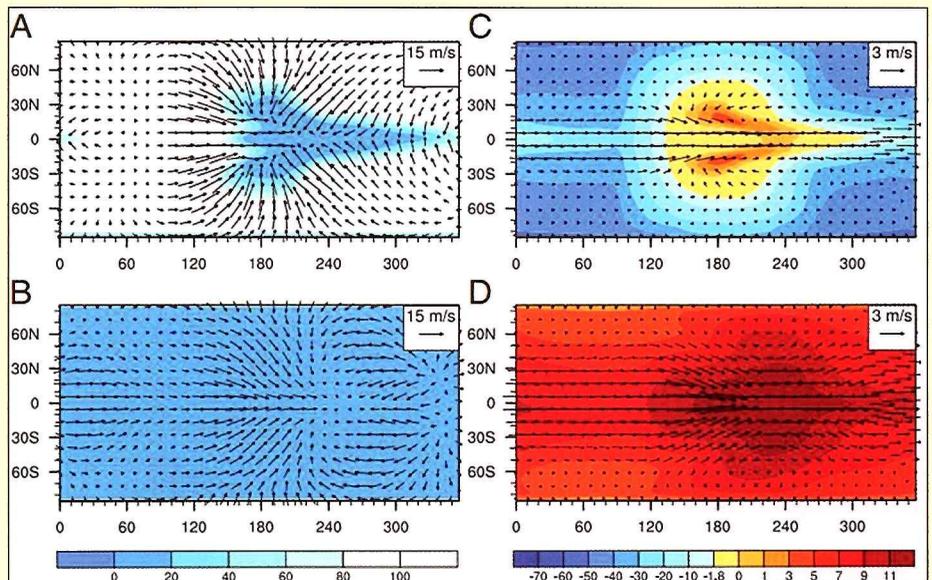
Dvaja čínski vedci (Peking University) dokážu modelovať aj prúdy v oceánoch týchto planét.

Cieľom zdokonaleného modelu je predpovedanie podmienok vhodných na život na exoplanétach. Aj na tých, ktoré sú gravitačne viazané. Na ich k hviezde prívratených stranách môže byť teplota priaznivá pre vznik a vývoj života. Na odvrátených stranách plyny v atmosfére zamŕžajú, unikajú do okolitého priestoru, čo znemožňuje evolúciu ich atmosfér.

Pokiaľ ide o oceány, vedci do istej miery vychádzajú z modelov, ktoré predpovedajú správanie oceánov na Zemi. Tieto modely potom prispôbujú najrozličnejším exoplanétam.

Najviac gravitačne viazaných exoplanét krúži okolo červených trpaslíkov. Gravitačný zámok je dôsledkom ich blízkych obežných dráh. Tieto planéty prijímajú z materskej chladnej hviezdy oveľa menej tepla ako planéty, ktoré rotujú.

Čínsky model umožňuje sledovať na modeloch s rozličnou konšteláciou premenných hodnôt meniace sa parametre atmosféry (napríklad hladinu CO₂) a jej evolúciu v priebehu ľubovoľne dlhých období. V centre záujmu je najmä prenos teploty oceánov z prívratenej strany okolo terestrického telesa tak, že aj odvrátená



Vľavo: priestorová distribúcia morského ľadu (v percentách). Vpravo: distribúcia teploty ovzdušia nad povrchom (v °C). V obdĺžnikoch A a B označujú šípky rýchlosť vetra na najnižšej úrovni atmosférického modelu. V obdĺžnikoch C a D rýchlosť pohybu prúdov na hladine oceánov. Všimnite si, že farebné odlišenie teploty ovzdušia nad povrchom nie je lineárne.

strana je o niečo teplejšia. Vedcov však najviac zaujímajú zóny na rozhraní prívratenej a odvrátenej strany, oblasti, kde by sa mohol vyvíjať život.

Čínski vedci zdôrazňujú, že doterajšie modely boli príliš jednoduché, pretože nezohľadňovali celú škálu možných zvláštností skúmaných exoplanét. Napríklad prítomnosť kontinentov, ich rozmiestnenie či veľkosť, hĺbku oceánov i profil ich dna. To všetko môže mať vplyv na oceánske prúdy a prenos teploty z horúcej strany na chladnú.

Vedci sa zameriavajú najmä na gravitačne viazaných červených trpaslíkov typu M. Z doterajších mo-

delov vyplynulo, že najmä v rovníkovej oblasti zamŕžajú oceány až ďaleko za teplotným rozhraním. Pri vysokom podiele skleníkových plynov a intenzívnejšieho žiarenia z hviezdy môže prenos teploty spôsobiť úplne odľadnenie odvrátenej strany exoplanéty. Z modelov však vyplýva, že intenzívny prenos tepla do značnej miery zužuje zelené pásy na rozhraní prívratenej a odvrátenej strany týchto exoplanét!

Čínsky model zvýraznil význam exooceánografie, vedy, ktorá študuje klímu a obývateľnosť exoplanét.

Peking University Press Release

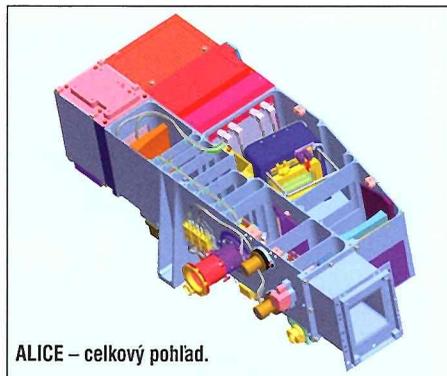
Vesmírna sonda ROSETTA -

V minulom čísle Kozmosu sme informovali o základných cieľoch vesmírnej sondy Európskej kozmickej agentúry Rosetta, o jej desaťročnom pohybe vo vnútornej Slniečnej sústave a harmonograme ďalšieho pôsobenia. Teraz si poviem viac o najdôležitejších pripravených vedeckých experimentoch a prístrojoch, ktoré budú skúmať periodickú kométu 67P/Churyumov-Gerasimenko. Experimenty môžeme rozdeliť do troch oblastí – skúmanie kometárneho jadra, skúmanie plynnej a prachovej komy a skúmanie interakcií komety so slnečným vetrom.

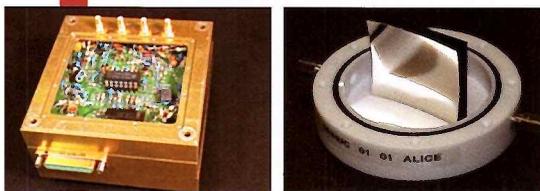
Výskum kometárneho jadra

Na výskum jadra sú pripravené 3 spektrálne zariadenia, mikrovlnový rádiový systém a radar:

- **ALICE** (ultrafialový zobrazovací spektrograf). Ultrafialový spektrograf bude zisťovať množstvo inertných plynov (hélium, neón, argón, kryptón, xenón a radón) v kometárnom jadre. Na základe získaných hodnôt je možné odhadnúť teplotu počas formovania sa komety. Detekcia sa vykonáva pomocou bromidu draselného a jodidu cézia. Prístroj potrebuje na prevádzku len 2,9 w-ov, dodala ho NASA a vylepšená verzia je na kozmickej sonde New Horizons, ktorá bude budúce leto skúmať trpasličiu planétu Pluto. Prístroj pracuje v ďalekej ultrafialovej oblasti medzi 70 a 205 nm.



ALICE – celkový pohľad.

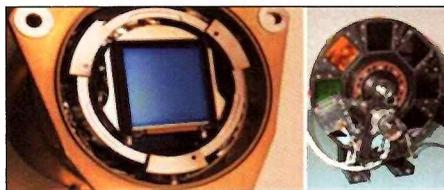


ALICE – detektor (vľavo) a mriežka (vpravo).

- **OSIRIS** (optický, spektroskopický a infračervený diaľkový zobrazovací systém). Kamero-vý systém má štandardný objektív ($f = 700$ mm) a širokouhlý objektív ($f = 140$ mm), s CCD čípom 2048×2048 pixelov, dodalo ho Nemecko.



OSIRIS kamera.

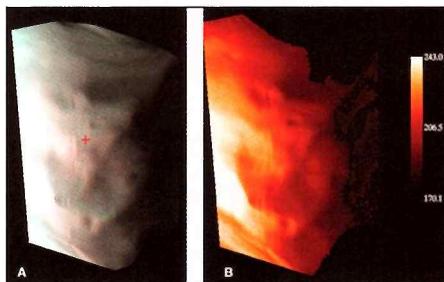


OSIRIS – čip a kotúč filtrov.

- **VIRTIS** (tepelný zobrazovací spektrometer pre viditeľnú a infračervenú oblasť). Bude poskytovať obrazy jadra v IR oblasti a vyhľadávať IR spektrá molekúl v kóme. Prístroj bol vyrobený v Taliansku a vylepšené verzie boli použité pre kozmické sondy Dawn a Venus Express.

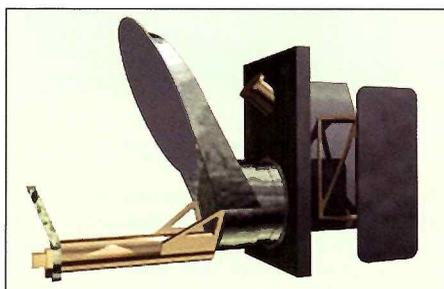


VIRTIS – celkový pohľad.



VIRTIS – testovacie snímky.

- **MIRO** (mikrovlnový prístroj pre orbitálnu časť Rosetty). Je schopný zisťovať množstvo a teplotu prchavých látok, ako je voda, amoniak a oxid uhličitý. 30-centimetrová rádiová anténa bola postavená v Nemecku, zvyšok prístroja v USA.



MIRO.

- **CONSERT** (skúmanie jadra rádiovými vlnami). Tento experiment poskytne informácie o vnútorných častiach kometárneho jadra pomocou radaru. Radar bude vykonávať tomografiu jadra meraním šírenia elektromagnetických vln medzi pristávacím modulom Philae a orbitálnou časťou Rosetty cez jadro komety. To umožní určiť vnútornú štruktúru komety a odvodiť informácie o zložení jadra. Elektronika bola vyvinutá

vo Francúzsku a obe antény boli vyrobené v Nemecku.

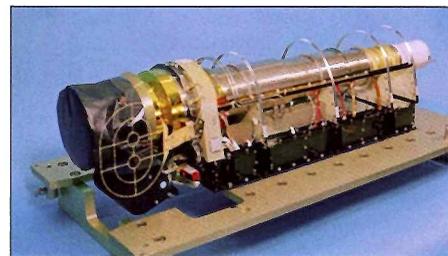
- **RSI** (výskum v rádiovj oblasti). RSI využíva komunikačný systém sondy na fyzikálne skúmanie jadra a vnútornej komy komety. Ide o vedľajší produkt, hlavnou úlohou komunikačného systému je zabezpečenie komunikácie a telemetrie medzi orbitálnou časťou a pristávacím modulom Philae.



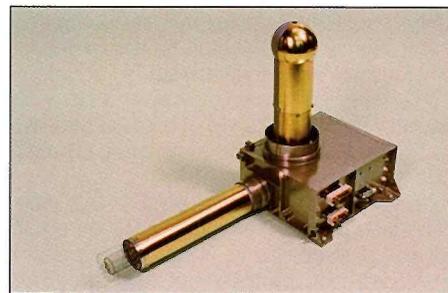
RSI – anténa.

Výskum plynnej a prachovej komy

- **ROSINA** (spektrometre na orbitálnej časti pre meranie nabitých a neutrálnych častíc). Prístroj obsahuje 2 hmotové spektrometre – DFMS s vysokým rozlíšením pre molekuly až do hmotnosti približne 300 Daltonov (1 Dalton je atómová hmotnostná jednotka o veľkosti približne jedného nukleónu, presne je to jedna dvanásťina hmotnosti atómu uhlíka C^{12}) a RTOF, ktorý je veľmi citlivý na neutrálne molekuly a ióny.



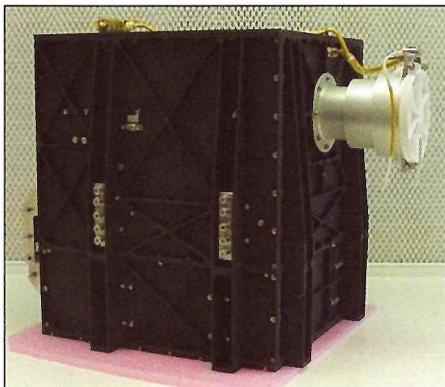
ROSINA – RTOF spektrometer.



ROSINA – senzor na meranie tlaku.

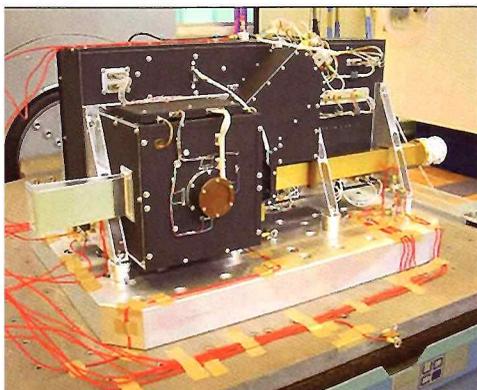
- **MIDAS** (mikrozobrazovací analyzátor prachu). Mikroskop s vysokým rozlíšením bude vyšetrovať fyzikálne parametre prachových častíc.

vedecké experimenty

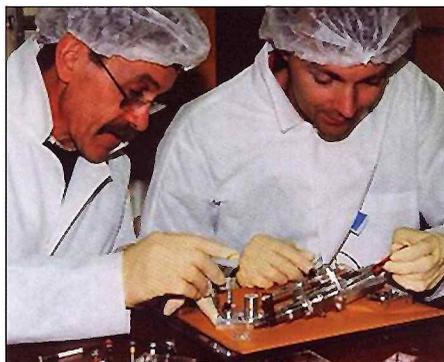


MIDAS – vpravo otvor pre vstup prachových častíc.

• **COSIMA** (analyzátor kometárnych iónov). Prístroj analyzuje zloženie kometárnych častíc, pričom je schopný analyzovať ióny až do hmotnosti 4000 Daltonov.

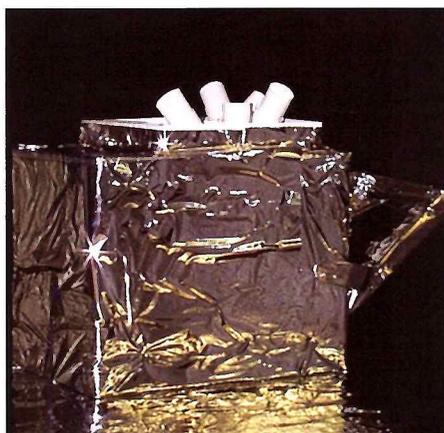


COSIMA – celkový pohľad.



COSIMA – laboratórny model.

• **GIADA** (analyzátor dopadu prachových častíc). Prístroj slúži okrem zisťovania dopadov prachových častíc aj ako zberač prachu.

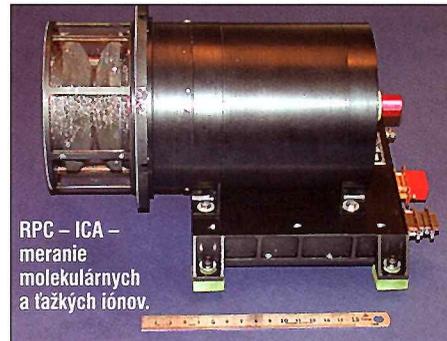


GIADA.

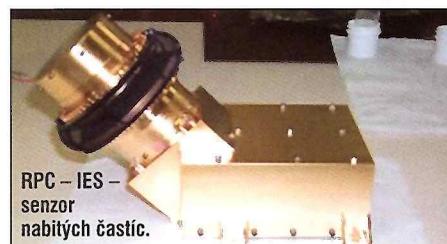
Výskum interakcií komety so slnečným vetrom

• **RPC** (Rosetta Plasma Konzorcium). Obsahuje viacero experimentov na výskum interakcií kometárnej plazmy s medziplanetárnym prostredím a elektricky nabitými časticami slnečného vetra.

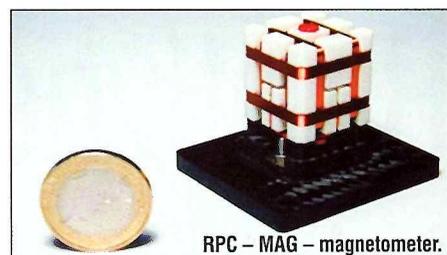
Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.



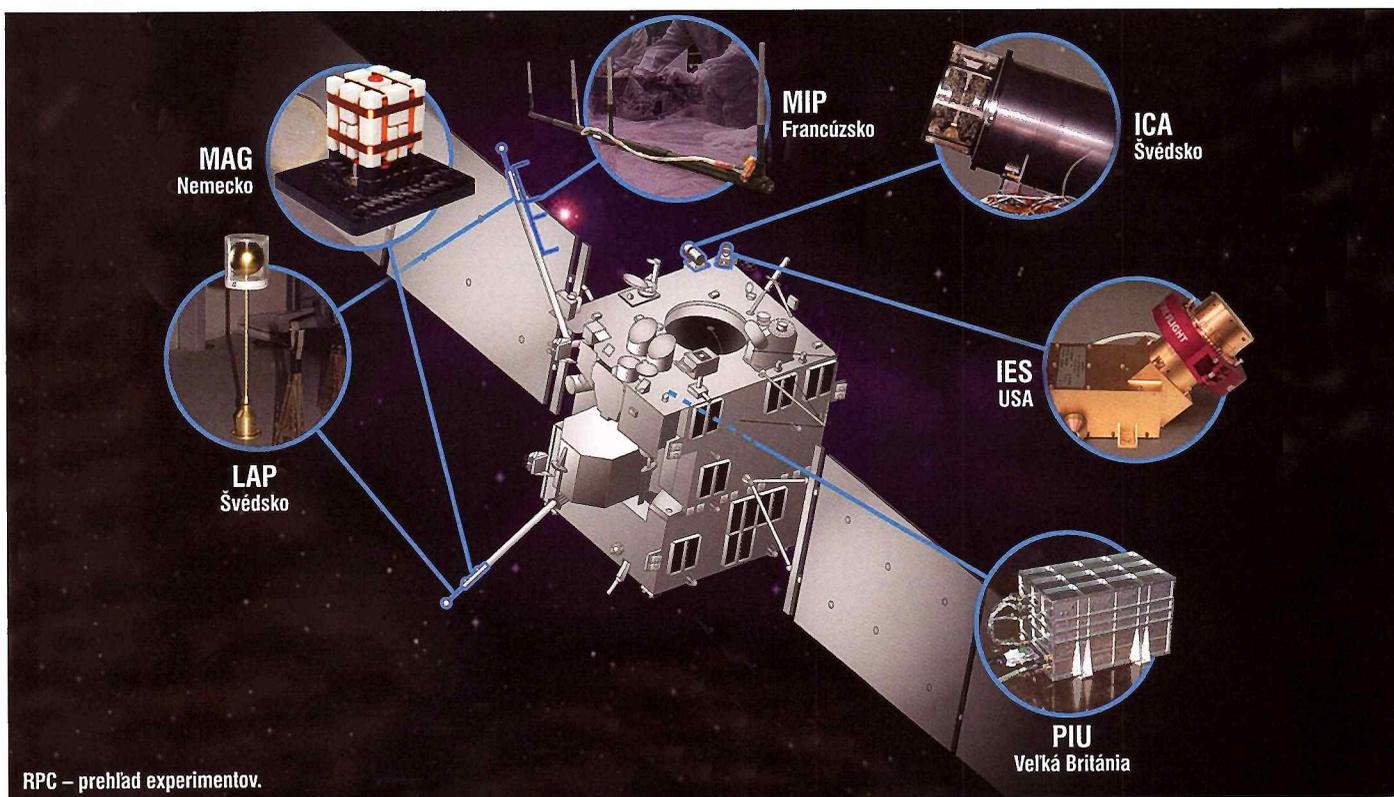
RPC – ICA – meranie molekulárnych a ťažkých iónov.



RPC – IES – senzor nabitých častíc.



RPC – MAG – magnetometer.



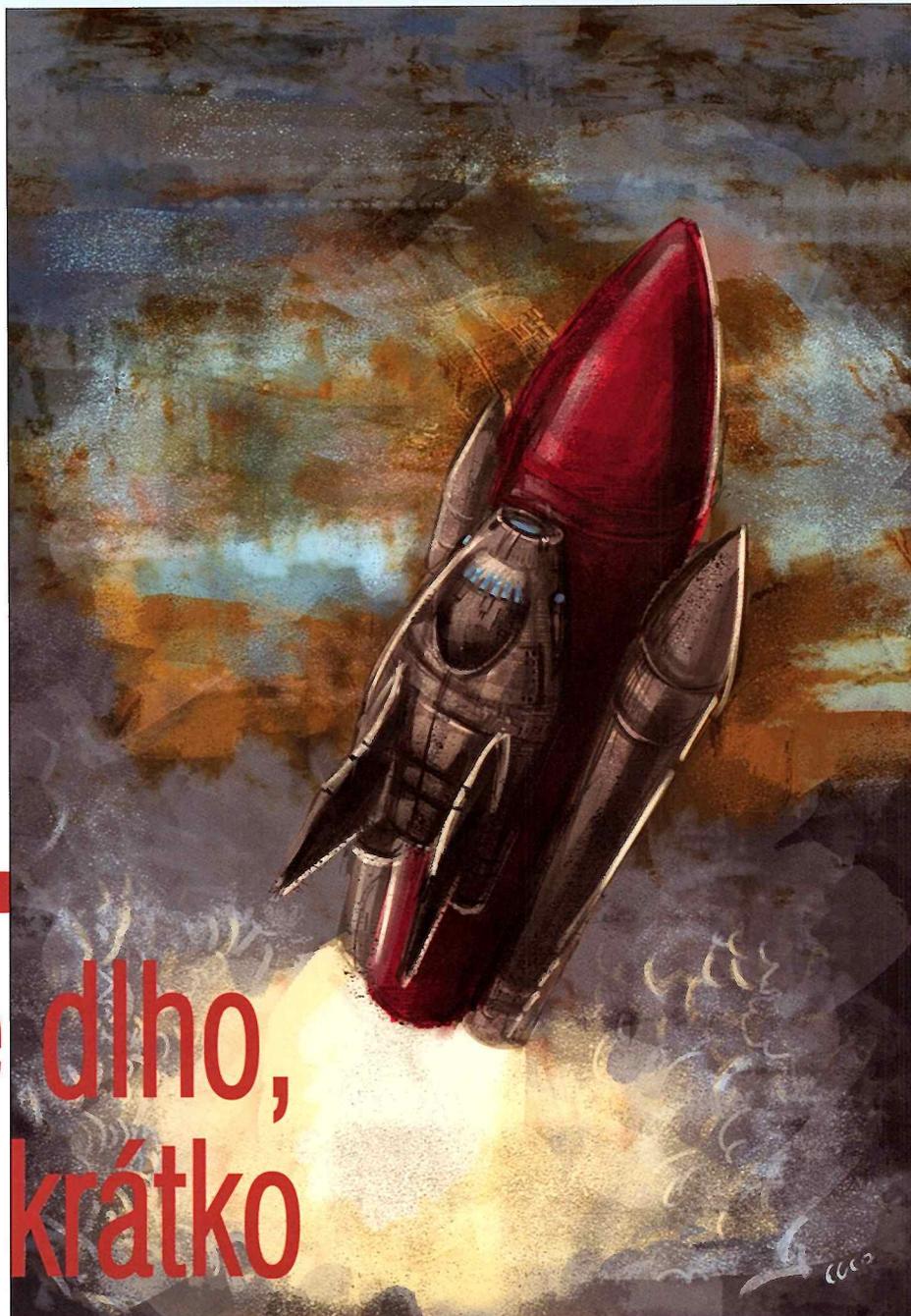
RPC – prehľad experimentov.

Medzi čitateľov Kozmosu patrí aj čoraz početnejšia obec slovenských autorov sci-fi literatúry. Rozhodli sme sa, že budeme uverejňovať aj ukážky z ich tvorby. Istým problémom pri výbere diel vhodných pre náš časopis, je relatívne malý počet krátkych poviedok. Jednu z nich uverejňujeme v tomto čísle. V najbližších mesiacoch vyhlási preto redakcia súťaž na sci-fi poviedky s maximálnou dĺžkou 10 000 znakov.

Juraj Kaščák

Relatívne dlho, relatívne krátko

Juraj Kaščák (*1986), rodák z Trenčína, okrem vlastného života žije aj životy svojich postáv. Najradšej píše parodickú fantáziu, ale omnoho väčšie úspechy dosahuje so svojou sci-fi tvorbou. Jeho poviedka Giselle vyšla v elektronickom zborníku eFantázia, vol. 01 a okrem toho publikuje na webovej stránke www.scifi.sk. Je ženatý, žije v Trenčíne a vo voľnom čase medzi písaním poviedok sa živil ako kancelárska krysa – je právnik a mediátor. Poviedka *Relatívne dlho, relatívne krátko* súťažila v Martinus Cene Fantázie 2013.



Ilustrácia: Martin Luciak

„Mám pocit, akoby som na niečo zabudol,“ povedal pilot a celá riadiaca miestnosť vybuchla smiechom. Na všetkých monitoroch sa premietali zábery z kokpitu malej rakety pripravenej ku štartu. Raketa bola pripavená na nosnom module veľkosti paneláku a jej čelo smerovalo k nebu.

„Mike, keď chceš, pôjdem skontrolovať, či si vypol plyn,“ povedal do mikrofónu pobavený veliteľ misie. Časovač v dolnom rohu každej obrazovky nezadržateľne smeroval k nule. Do štartu zostávalo necelých tridsať sekúnd.

„Ďakujem Phil,“ odpovedal sarkasticky Mike a atmosféra v riadiacej miestnosti postupne zväžnela.

„Kontrola riadiacich systémov dokončená,“ ohlásil pilot. Technici horúčkovo ťukali do klávesníc a v kokpite sa rad ukazovateľov rozsvetľoval na zeleno.

„Kontrola palivového systému dokončená,“ pokračoval pilot.

„Systémy pohonu v prevádzkovej teplote,“ zapojil sa jeden z technikov.

„Odpalovacia rampa pripravená, sekvencia zámkov nastavená,“ sekundoval mu druhý.

„Čas T mínus osemnásť sekúnd, uvoľňujem primárne svorky,“ pridal sa tretí.

Veľké zuby svoriek sa pomaly otvorili. Pilot ucítil jemné vibrácie.

„Kontrola rozvodov hotová,“ zahlásil do vysielacky.

„Čas T mínus pätnásť sekúnd, uvoľňujem sekundárne svorky,“ pokračoval tretí technik.

„Zapínam primárne, sekundárne a terciárne trysky, nastavujem štartovaciu sekvenciu,“ opäť prvý technik.

„Čas T mínus desať sekúnd, aktivujem stabilizačné trysky, uvoľňujem terciárne svorky.“

Vibrácie v kabíne sa stupňovali, na monitore pred pilotovou tvárou rástli grafy výkonu motorov.

„Elektromagnetické pole o desatinu promile pod normálom, kompenzujem,“ povedal štvrtý technik.

Všetci sa potili.

„Čas T mínus päť, štyri, tri, dva, jedna, šta...“, hlas prvého technika zanikol vo všeobjímajúcom burácaní, prenášanom všetkými reproduktormi.

Vibrácie v kabíne dosahovali takú silu, že pilotovi sa rozostřil pohľad a rad zelených svetielok sa zmenil na šmuhu, pripomínajúcu graf zvukára na metalovom koncerte.

Z dolného konca nosnej časti vyšľahli plamene a raketa sa zdanlivo pomaly začala zdvíhať k nebu.

Keby pilot nemal pretlakový oblek, práve by omdlel. Mal pocit, že sa mu krv nahrnula cez zátylok až kamsi do prilby a stavil by sa, že oči má v lebke aspoň o centimeter hlbšie než obvykle.

Celý svet sledoval, ako prvá raketa svojho druhu stúpa k oblohe, nesená bežným nosičom, aký ľudstvo používalo už desiatky rokov.

„Uvoľňujem prvý stupeň,“ povedal technik po chvíli a na zábere z vonkajšej kamery bolo vidieť, ako sa paneláková konštrukcia nosiča odlepila od zvyšku rakety a zvolna začala padať naspäť k povrchu.

Vzrušenie ľudstva, prikovaného k televíznym obrazovkám, by sa dalo krájať.

„Všetky systémy v norme, elektromagnetické pole drží,“ štvrtý technik pohľadom sledoval ukazovatele na svojom monitore.

Raketa sa dostala tesne pod hranicu vesmíru.

„Uvoľňujem druhý stupeň,“ opäť technik a opäť vzrušenie ľudstva, keď dve šťihle raketky odpadli od zvyšku a širokým oblúkom sa vzdialili zo záberu.

Pilot stále nebol schopný povedať ani slovo, vibrácie boli príliš silné.

Raketa prekročila hranicu vesmíru.

„Uvoľňujem tretí stupeň,“ povedal po chvíli technik a posledné dve raketky sa odpojili a efektne zhoreli v atmosfére. „Navigujem na stabilnú obežnú dráhu,“ pokračoval technik a manévrovacie trysky naviedli zvyšok rakety na orbitu.

V kokpíte bolo náhle ticho a pokoj.

Pilot opatrne otvoril ústa a prešiel si jazykom po perách. Mal pocit, že je akýsi ľahký a jeho oči mu namiesto dovnútra lebky tlačili do nadočnicových oblúkov. Vedel, že ten pocit o chvíľu prejde. Otvoril si priezor helmy a skontroloval ukazovatele. Všetky svietili na zeleno, iba spodné tri rady, predtým monitorujúce funkcie nosiča, zhasli. Ohlásil sa do vysielacky a prevzal riadenie.

V riadiacej miestnosti sa ozýval potlesk.

V domácnostiach sa ozývalo strieľanie šampanského.

„Dokončujem druhý oblet okolo Zeme,

čas do zážehu hlavného pohonu T mínus dve minúty dvanásť sekúnd,“ oznámil pilot a technici v riadiacej miestnosti sa opäť začali potiť.

„Čas T mínus desať sekúnd, elektromagnetické pole drží, výkon hlavného pohonu na nule, predzážehová sekvencia kompletná, prívod antihmoty otvorený.“

„Čas T mínus päť, štyri, tri, dva, jedna, zá...“ nedokončil pilot a na obrazovkách sa objavil šum.

Technici čakali.

Veliteľ čakal.

Prezidenti všetkých štátov čakali.

Vojaci v misiách čakali, hluk zbraní utíchol.

Ľudia pred televíznymi obrazovkami čakali. Prvýkrát po tridsiatich rokoch sa v televízii vysielal šum a jeho sledovanosť pokračovala všetky rekordy.

Ľudstvo zadržalo dych.

„...žeh. Rýchlosť osem percent cé a stúpa,“ ozval sa z reproduktorov značne deformovaný hlas pilota a na obrazovke na pár sekúnd preblikol obraz kokpitu, zafarbený do červena.

Ľudstvo vybuchlo nadšením.

Veliteľ si vydýchol ako ešte nikto.

Riadiacim centrom sa rozleteli zvuky strieľajúceho šampanského.

Prezidenti všetkých krajín zdvihli telefóny a usmiali sa do kamier.

„Raketa dosiahne 99 % rýchlosti svetla do dvoch týždňov,“ vysvetľoval odborný garant misie v televíznom rozhovore, ktorého sledovanosť bola omnoho nižšia, než sledovanosť šumu spred pár dní. „Urobí stoosemdesiat stupňový obrat, trvajúci pätnásť dní, a začne brzdiť, aby sa mohla opäť vrátiť na Zem.“

„Pán profesor, celá misia teda bude trvať iba šesť týždňov?“ spýtala sa blond moderátorka s perfektným chrupom a telom.

Profesor sa usmial: „Áno, ale hovoríme o lodnom čase. Táto misia je prelomová hneď z niekoľkých dôvodov. Jednak je testom všetkých systémov lode, najmä pohonu, využívajúceho antihmotu, a jednak je testom takzvaného paradoxu dvojčiat, čo je myšlienkový experiment, spočívajúci v dokázaní dilatácie času pri rýchlostiach blízkyh rýchlosti svetla.“

„To je experiment, v ktorom jedno z dvojčiat starne pomalšie, ako druhé, však?“ moderátorka ukázala, že sa pripravovala. Žiarivo sa usmiala do kamery.

Profesor prikývol: „Presne tak. Ide o potvrdenie špeciálnej teórie relativity. Počas nášho pokusu by mal jeden deň na palube lode znamenať jeden rok tu na Zemi. Celková dĺžka tohto pokusu vrátane zrýchlenia a brzdenia je približne tridsať rokov.“

„Takže tridsať rokov bude trvať, kým zistíme, či pokus vyšiel?“ moderátorka zaklipkala očami.

„Áno, ale nebojte sa,“ usmial sa profesor blahosklonne. „Rozhodne to neznamená, že teraz tridsať rokov budeme sedieť so založenými rukami a čakať, kým sa loď vráti. Už o rok je naplánované vypustenie ďalšej lode a o dva roky potom misia s upraveným pohonom, využívajúcim antihmotu, ktorá bude zameraná na dopravenie ľudskej posádky na Mars. Samozrejme pri rýchlostiach omnoho nižších, ako je rýchlosť svetla.“

„Ďakujem vám za rozhovor, pán profesor,“ usmiala sa moderátorka a obrátila sa do kamery. „Dnes bol naším hosťom pán profesor William Chen z NASA. Zostaňte s nami, už o chvíľu pokračujeme vašim obľúbeným denným seriálom. Zatiaľ dovidenia,“ blysol sa vybielený chrup a naskočili titulky. Profesor si odopol mikrofón a záber na moderátorku, rovnajúcu si na stole papiera, nahradila znelka reklamy.

O mesiac neskôr Mike Shaw, pilot prvej lode s pohonom na báze antihmoty, rozhrnul dverami obrovskú kopu pošty a vstúpil do vlastného domu. Za ním do domu vstúpil plukovník vo výslužbe Phil Button. Mike sa poobzeral po zaprášenom nábytku, nohou kopol do hrby pošty, ktorá napadala cez otvor vo dverách, a obrátil sa na starého priateľa. Kedysi boli rovesníci, no teraz bol Phil dôchodca, kým Mike mal stále tridsaťpäť. Vedel, do čoho ide, zmluva mala viac ako dvesto strán a bolo v nej myslené na všetko. Okrem fyziky mu patrilo aj jedno z právnych prvenstiev – článok o plynutí času, lehotách a funkčnom plate mal sedemdesiat odstavcov. Armáda sa poistila a Mikeovi platili za čas strávený na lodi, nie za čas, ktorý uplynul na Zemi. Asi sa boja, že by som príliš zbohatol, pomyslel si Mike vtedy trpkou, a podpísal.

Zavrel dvere.

Náhle nevedel, čo povedať.

„Dáš si pivo?“ spýtal sa napokon Phila, no hneď mu došlo, že doba trvanlivosti piva v jeho chladničke už dávno uplynula. Neisto sa usmial a poškrabal sa na zátylku.

Kým Phil stihol odpovedať, ktosi zabúchal na dvere.

„Exekútorský úrad, máme príkaz na zhabanie majetku a súdnu dražbu domu! Je s nami polícia, nekladte odpor a vyjdite z domu!“

Obaja sa zamračili a spýtavo sa na seba pozreli.

Mikeov pohľad zablúdil na kopu listov pred dverami. Keď do nej pred chvíľou kopol, na povrch sa dostala jasne sfarbená obálka.

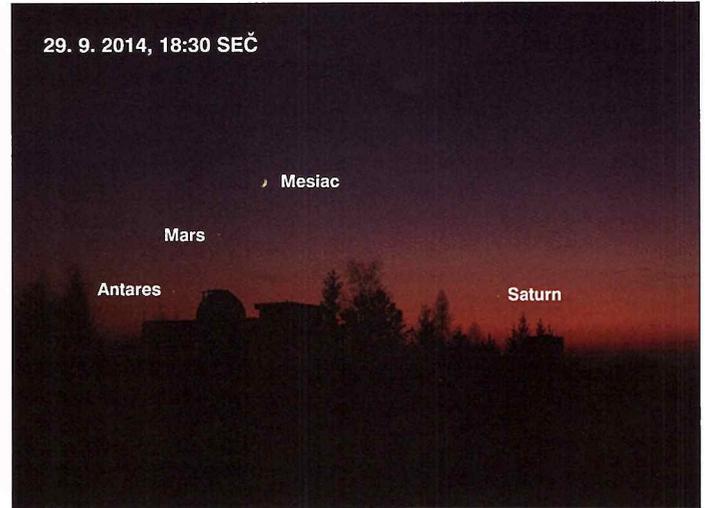
Mike sa plesol dlaňou do čela: „Preboha, ja som zabudol zaplatiť telefón!“

Phil naprázdno preglgol.

August – september 2014

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári



Noci sa predlžujú, no teploty sú príjemné, a teda je tu možnosť vychutnať si všetko, čo nám nočná obloha počas týchto dvoch mesiacov ponúka. A nie je toho málo, aj keď vhodnej pozorovateľnosti planét pozvoľna ubúda. Venuša sa však stretne v tesnej konjunkcii s Jupiterom nízko nad obzorom v tesnej blízkosti Jasličiek. Asteroidy sa predvedú na pozadí pekných objektov nočnej oblohy, no perličkou bude kométa Jacques. Nájdem ju už triédrom a nad obzorom bude počas celej noci.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera (Jupiterov systém II)

11. 8., 3:54	9. 9., 3:02	23. 9., 4:40
23. 8., 3:53	11. 9., 4:41	26. 9., 2:10
28. 8., 3:03	14. 9., 2:12	28. 9., 3:49
30. 8., 4:42	16. 9., 3:51	30. 9., 5:28
4. 9., 3:52	21. 9., 3:01	



Planéty

Merkúr vychádza na začiatku augusta len na konci nautického súmraku na svetlej oblohe ako objekt $-1,5$ mag. Uhlovo je necelých $9''$ od Slnka a uhlovo sa k nemu rýchlo približuje, 8. 8. je už v hornej konjunkcii. Presunie sa na večernú oblohu, no geometrické podmienky nie sú najvýhodnejšie, a tak sa jeho viditeľnosť zlepšuje len veľmi pozvoľna. Na prelome mesiacov zapadá na konci občianskeho súmraku a má len $-0,2$ mag. Lepšie na tom bude asi od polovice septembra a najväčšiu východnú elongáciu ($26,4''$) dosiahne 21. 9., keď zapadne 1,5 hodiny po Slnku ako objekt s jasnosťou 0 mag. Po elongácii sa jeho viditeľnosť zase zhoršuje. O okolí elongácie bude v blízkosti Spiky, len na $0,5''$ sa k nej dostane 20. 9.

Konjunkcia s Jupiterom 2. 8. bude len na presvetlenej oblohe a orieškom bude aj konjunkcia s Mesiacom 27. 8. Len o čosi lepšie to bude pri ďalšej konjunkcii s Mesiacom 26. 9. Na vhodnejšie pozorovacie podmienky si budeme musieť počkať do konca októbra.

Venuša ($-3,8$ až $-3,9$ mag) sa uhlovo približuje k Slnku z 22 až na $7''$, no jej ranná viditeľnosť sa aj napriek tomu spočiatku mení len málo, lebo geometrické podmienky sa zlepšujú. Začiatkom augusta vychádza ešte koncom astronomického súmraku, na prelome mesiacov začiatkom nautického súmraku. Na konci septembra sa dostane nad obzor len o necelých 40 minút skôr ako Slnko, no pozorný pozorovateľ ju iste nájde. Ak si ju nájdem v ďalekohľade, bude vo veľkej fáze s priemerom len okolo $10''$.

Určite si nenechajte ujsť konjunkciu Venuše s Jupiterom 18. 8., nakoľko ich bude deliť len $0,2''$, a to ešte na peknom pozadí Jasličiek. Konjunkcie s Mesiacom budú 24. 8. a 23. 9., no vzájomná vzdialenosť bude vyše $5''$.

Mars ($0,4$ až $0,8$ mag) sa presunie z Panny cez Váhy a Škorpióna až do Hadonosa. Jeho večerná viditeľnosť sa skracaie, začiatkom augusta zapadne dve

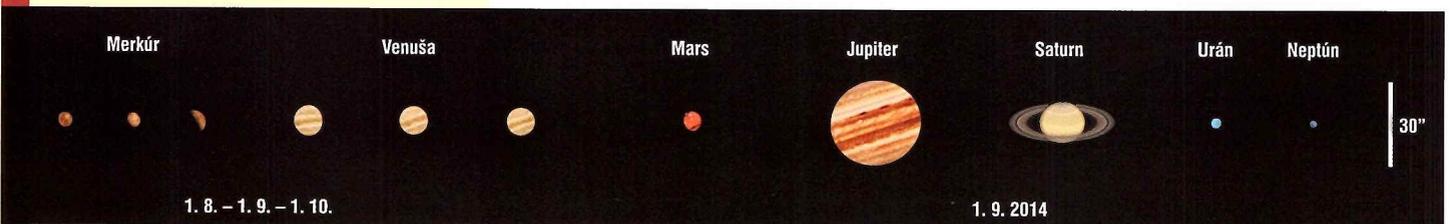
hodiny pred polnocou, na konci septembra už pred 20. hodinou. Jeho jasnosť klesá, nakoľko sa od nás vzdiali z 1,189 na 1,530 AU, uhlový rozmer poklesne až na $6''$ čo je na pozorovanie jeho albedových útvarov málo. 21. 8. sa bude presúvať $1,5''$ popod $\alpha^{1,2}$ Lib ($2,7 + 5,1$ mag), po polovici septembra prejde klepetami Škorpióna a septembrovú púť medzi hviezdami skončí nad červenkastým Antaresom. Lovcov možno zaujme, že Mars prejde 23. 9. len niekoľko uhlových minút severne od guľovej hviezdokopy M 80 ($7,3$ mag).

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 3. 8., 1. 9. a 29. 9. Asi najzaujímavejšie budú tie prvé dve, keďže pri nich bude pekne asistovať aj Saturn. Konjunkcia červenkastého Marsu so žltkastým Saturnom nastane 25. 8. vo vzdialenosti $3''$ v nevýrazných Váhach, no vpravo nad obzorom ešte bude bielučká Spika a vľavo Antares. U nás v septembri leto končí, no na Marse 17. 8. je jeseňná rovnodennosť.

Jupiter ($-1,8$ až $-1,9$ mag) je v Rakovi a v tesnej blízkosti Slnka, keď len 25. 7. bol s ním v konjunkcii. Ich uhlová vzdialenosť sa však zväčšuje, začiatkom druhej augustovej dekády vychádza už počas nautického súmraku a na prelome mesiacov je už peknu ozdobou rannej oblohy. Na oblohe určite zaujme aj spolu s Venušou, s ktorou bude v skvelej tesnej konjunkcii 18. 8. Do konca septembra sa jeho viditeľnosť ešte zlepší a bude vychádzať už hodinu po polnoci. V ďalekohľade upúta jeho sploštený kotúčik s výraznými oblačnými pásmi, a už v triédri uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace.

Problematickú konjunkciu s Merkúrom sme opísali vyššie, no aj keď nie najtesnejšie, iste zaujmú jeho vzájomné približenia s Mesiacom 23. 8. a 20. 9. Konjunkciu na augustovej oblohe skvele doplní aj jasná Venuša, a tak táto trojica vytvorí ráno pekné fotografické zoskupenie.

Saturn ($0,5 - 0,6$ mag) je v nevýrazných Váhach, no azda o to krajšie vynikne na nebohatom hviezdnom pozadí. Jeho večerná viditeľnosť sa skracaie, za-



Zákryty hviezd Mesiacom (august – september)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
5. 8.	19 21 29	D	22194	6,4	+71N	82	92	-30
8. 8.	21 24 54	D	26843	3,9	+67N	67	84	9
8. 8.	22 35 38	R	26843	3,9	-87S	267	81	-41
11. 8.	21 32 24	R	30635	6,1	+83S	233	64	91
12. 8.	1 23 16	R	30765	6,2	+22S	173	-43	261
14. 8.	22 45 49	R	1716	6,2	+70S	228	32	122
4. 9.	17 34 14	D	25902	6,5	+57N	55	92	64
11. 9.	20 49 29	D	2454	4,5	-80S	81	33	92
11. 9.	21 51 48	R	2454	4,5	+75S	236	42	112
12. 9.	19 56 31	R	3503	5,7	+82N	262	0	88
13. 9.	22 55 53	R	4670	6,5	+71S	239	29	121
15. 9.	22 59 28	D	6957	5,3	-81N	78	5	100
16. 9.	0 2 39	R	6957	5,3	+88N	269	33	89
17. 9.	1 16 1	R	8867	6,5	+82N	279	47	71
18. 9.	3 38 39	D	10846	3,6	-78N	83	79	86

Predpovede sú pre polohu $\lambda_0 = 20^\circ\text{E}$ a $\phi_0 = 48,5^\circ\text{N}$ s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu λ , ϕ sa čas počíta zo vzťahu $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\phi - \phi_0)$, kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

čiatkom augusta zapadne pred 23. hodinou, na konci septembra už koncom astronomického súmraku okolo 19. Jeho jasnosť mierne poklesne, nakoľko sa od nás vzdaluje. Mohutné prstence k nám nakláňajú svoju severnú stranu, sú stále široko roztvorené, pri pokojnejšom obraze uvidíme aj ich tmavé Cassiniho delenie. Z množstva mesiacov iste nájdete štyri, ktoré sú jasnejšie ako 11 mag, najjasnejší je Titan (8,7 mag).

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 4. 8., 31. 8. a 29. 9. Všetky sú pomerne tesné, mimo nášho územia budú pozorovateľné aj zákryty. Z pozorovateľského hľadiska je u nás najzaujímavejšie priblíženie v poslednom augustovom dni, keďže nastáva na nočnej oblohe a v blízkosti bude aj Mars. Konjunkcia s Marsom nastane 25. 8., no zaujímavé bude sledovať zmenu ich vzájomnej polohy už niekoľko dní pred a po konjunkcii.

Urán (5,8 – 5,7 mag) v Rybách je na tom stále lepšie, nakoľko sa blíži do svojej októbrovej opozície. Vychádza v neskorších večerných hodinách, koncom septembra je už nad obzorom takmer celú noc. Konjunkcie s Mesiacom nastanú 14. 8. a 11. 9. Keďže tá septembrová nastáva v noci, Urán pri najtesnejšom priblížení bude len $13'$ od južného okraja Mesiaca po splne.

Neptún (7,8 mag) v strednej časti Vodnára je na tom ideálne, keďže je 29. 8. v opozícii a teda nad obzorom počas celej noci. Krátko pred opozíciou je k nám aj najbližšie 28,962 AU. Koncom septembra jeho vyhľadanie aj malým ďalekohľadom uľahčí hviezda σ Aqr (4,8 mag) od ktorej bude Neptún $0,5''$ severne.

Trpasličie planéty

(1) Ceres (8,7 – 9,0 mag) sa presunie z Panny do Váha, možnosti jej pozorovania sa skracujú. V auguste

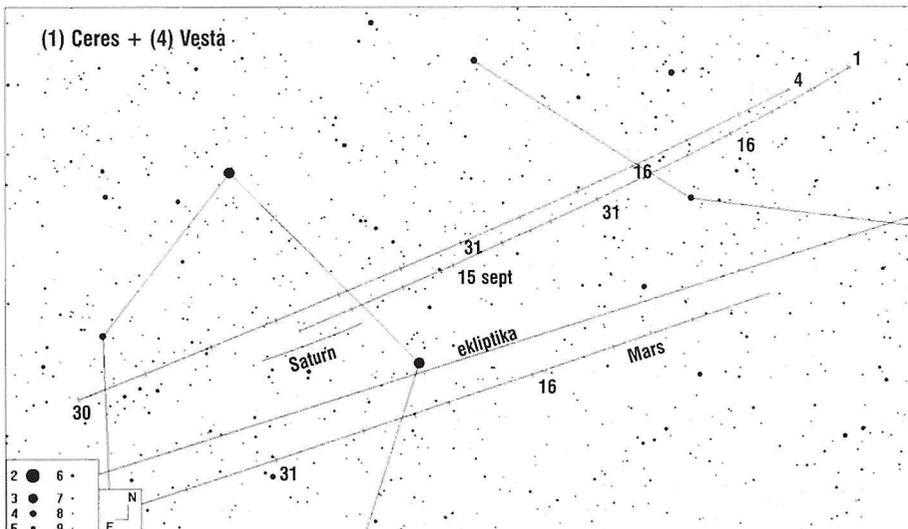
zapadne 1,5 hodiny pred polnocou a koncom septembra ju nájdeme $1,5''$ severozápadne od Saturna. Spoločníčku jej bude robiť Vesta, ktorá je $2''$ západnejšie a koncom septembra sa vzdialia na $8''$.

(134340) Pluto (14,3 mag) v Strelcovi bol začiatkom júla v opozícii a tak sa teraz jeho viditeľnosť kráti. Zapadá viac ako 2 hodiny po polnoci, neskôr už 2 hodiny pred polnocou. 22. 9. je v zastávke a začne sa medzi hviezdami pohybovať v priamom smere. Na jeho spozorovanie ďalekohľadom však musíme mať ďalekohľad s priemerom nad 30 cm.

Asteroidy

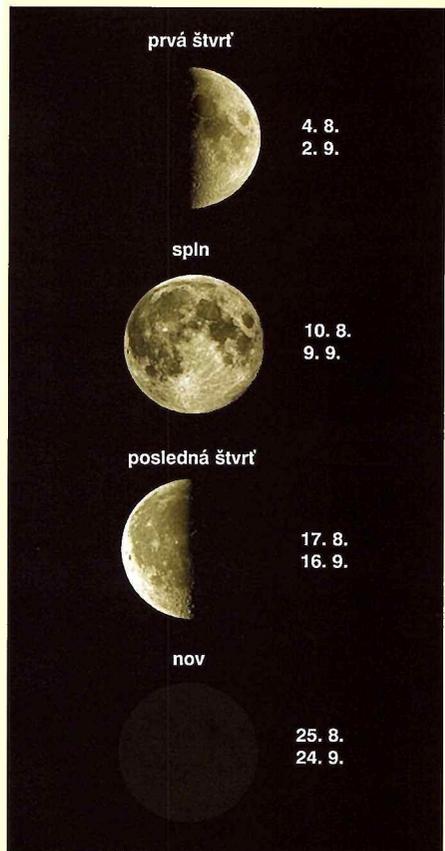
V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (80) Sappho (3. 8.; 9,9 mag), (16) Psyche (7. 8.; 9,3 mag), (14) Irene (8. 8.; 10,2 mag), (26) Proserpina (18. 8.; 10,9 mag), (584) Semiramis (19. 8.; 10,4 mag), (63) Ausonia (24. 8.; 9,8 mag), (40) Harmonia (1. 9.; 9,3 mag), (144) Vibia (3. 9.; 10,1 mag), (12) Victoria (8. 9.; 8,9 mag), (33) Polyhymnia (9. 9.; 9,9 mag), (270) Anahita (14. 9.; 10,1 mag), (70) Panopaea (22. 9.; 11,0 mag), (393) Lampetia (24. 9.; 10,8 mag), (84) Klio (28. 9.; 10,8 mag), (258) Tyche (29. 9.; 10,7 mag), (5) Astraea (29. 9.; 10,7 mag).

Najjasnejším asteroidom je stále (4) Vesta, ktorá sa v Panny presunie do Váha. Jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje, a teda skracuje aj jej nočná viditeľnosť. Začiatkom augusta zapadne 1,5 hodiny pred polnocou, koncom septembra už po konci astronomického súmraku. Keďže sa od nás vzdiali z 2,059 na 2,654 AU, zoslabne zo 7,4 na 7,8 mag. Západne od Vesty je trpasličia planéta (1) Ceres, ich vzájomná vzdialenosť sa zväčší z $2''$ na $8''$. Začiatkom augusta je Vesta $7''$ severne od Marsu a okolo polovice septembra bude prechádzať stupeň ponad Saturn.



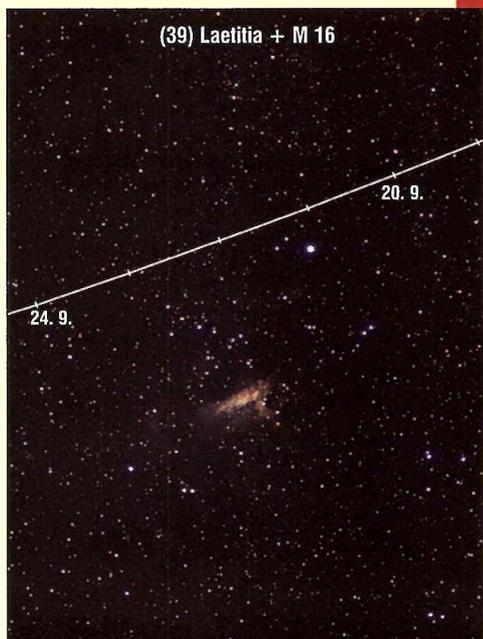
Fázy Mesiaca

prvá štvrt'	4. 8., 1:50	2. 9., 12:11
spln	10. 8., 19:10	9. 9., 2:38
posledná štvrt'	17. 8., 13:26	16. 9., 3:05
nov	25. 8., 15:13	24. 9., 7:14



Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	13 ^h 51,9 ^m	-05°40,5'	8,7	79,6
11. 8.	14 ^h 02,1 ^m	-07°14,8'	8,8	73,0
21. 8.	14 ^h 13,5 ^m	-08°49,6'	8,9	66,5
31. 8.	14 ^h 25,9 ^m	-10°23,7'	9,0	60,3
10. 9.	14 ^h 39,1 ^m	-11°56,1'	9,0	54,2
20. 9.	14 ^h 53,1 ^m	-13°26,1'	9,0	48,1
30. 9.	15 ^h 07,8 ^m	-14°52,6'	9,0	42,2

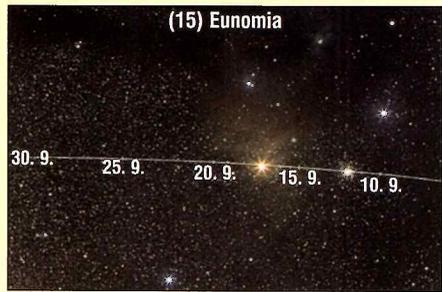
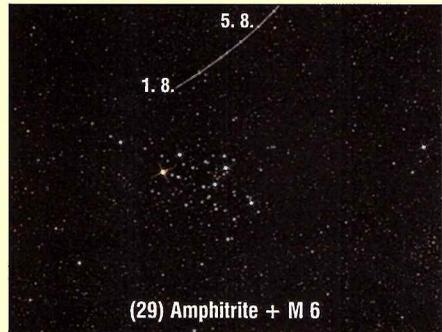


Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	13 ^h 59.9 ^m	-06°28.8'	7.4	81.7
11. 8.	14 ^h 13.7 ^m	-08°18.5'	7.5	76.0
21. 8.	14 ^h 28.7 ^m	-10°07.9'	7.6	70.5
31. 8.	14 ^h 44.9 ^m	-11°55.6'	7.7	65.2
10. 9.	15 ^h 02.1 ^m	-13°39.7'	7.7	60.0
20. 9.	15 ^h 20.3 ^m	-15°19.0'	7.8	55.0
30. 9.	15 ^h 39.4 ^m	-16°52.0'	7.8	50.0

Efemerida asteroidu (15) Eunomia

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	15 ^h 53.8 ^m	-28°16.3'	10.3	113.5
11. 8.	15 ^h 57.6 ^m	-27°38.7'	10.4	104.8
21. 8.	16 ^h 03.6 ^m	-27°09.9'	10.5	96.5
31. 8.	16 ^h 11.6 ^m	-26°48.6'	10.6	88.6
10. 9.	16 ^h 21.4 ^m	-26°33.5'	10.7	81.0
20. 9.	16 ^h 32.7 ^m	-26°22.5'	10.8	73.8
30. 9.	16 ^h 45.4 ^m	-26°13.8'	10.8	66.8



Efemerida kométy Jacques (C/2014 E2)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	05 ^h 03.4 ^m	+37°00.4'	6.7	51.6
6. 8.	04 ^h 48.0 ^m	+41°44.7'	6.6	59.4
11. 8.	04 ^h 24.7 ^m	+47°39.6'	6.4	68.2
16. 8.	03 ^h 44.7 ^m	+54°52.4'	6.2	78.1
21. 8.	02 ^h 26.2 ^m	+62°23.3'	6.2	89.5
26. 8.	00 ^h 03.4 ^m	+65°27.0'	6.5	101.5
31. 8.	21 ^h 44.3 ^m	+58°41.6'	6.9	111.7
5. 9.	20 ^h 30.2 ^m	+46°58.8'	7.5	117.3
10. 9.	19 ^h 53.6 ^m	+35°59.0'	8.2	118.0
15. 9.	19 ^h 33.7 ^m	+27°17.2'	8.9	115.5
20. 9.	19 ^h 22.3 ^m	+20°43.0'	9.6	111.4
25. 9.	19 ^h 15.5 ^m	+15°45.3'	10.2	106.9
30. 9.	19 ^h 11.6 ^m	+11°57.4'	10.8	102.2

Efemerida kométy PANSTARRS (C/2012 K1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
26. 8.	09 ^h 07.8 ^m	+09°29.7'	6.2	17.3
31. 8.	09 ^h 04.4 ^m	+07°25.4'	6.1	22.7
5. 9.	09 ^h 00.8 ^m	+05°11.6'	6.1	28.3
10. 9.	08 ^h 56.7 ^m	+02°45.8'	6.0	33.9
15. 9.	08 ^h 52.2 ^m	+00°04.7'	6.0	39.6
20. 9.	08 ^h 47.0 ^m	-02°55.6'	6.0	45.5
25. 9.	08 ^h 40.9 ^m	-06°20.1'	6.0	51.5
30. 9.	08 ^h 33.4 ^m	-10°14.5'	5.9	57.7

Efemerida kométy OUKaimeden (C/2013 V5)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
6. 8.	06 ^h 05.3 ^m	+11°11.6'	11.1	43.4
11. 8.	06 ^h 12.2 ^m	+09°53.8'	10.6	46.5
16. 8.	06 ^h 20.4 ^m	+08°16.0'	10.1	49.4
21. 8.	06 ^h 30.6 ^m	+06°09.3'	9.5	51.8
26. 8.	06 ^h 44.2 ^m	+03°18.7'	8.8	53.5
31. 8.	07 ^h 03.6 ^m	-00°41.8'	8.1	53.8
5. 9.	07 ^h 34.1 ^m	-06°37.8'	7.3	51.8
10. 9.	08 ^h 25.9 ^m	-15°29.1'	6.4	46.0
15. 9.	09 ^h 55.6 ^m	-26°28.0'	5.8	37.5

Na veľmi zaujímavom pozadí Škorpióna bude (15) Eunomia (10,3 – 10,8 mag). 12. 9. sa premietne pred stred guľovej hviezdokopy M 4 (5,6 mag) a o 5 dní neskoršie prejde len 0,7' ponad Antares.

Kométy

Na oblohe je niekoľko relatívne jasných komét, no niektoré majú pomerne nepriaznivé geometrické podmienky.

Všetko však vynahradí kométa Jacques (C/2014 E2). Podľa pôvodnej predpovede mala byť len slabšia ako 10 mag, no z pozorovaní je zrejme, že je jasnejšia ako sa predpokladalo, už začiatkom júna to bolo o 3 mag. Bude teda pozorovateľná aj triédrom. V maxime sa priblíži k 6 mag a v tom čase bude dokonca cirkumpolárna, nezapadajúca bude až do polovice prvej septembrovej dekády. Na oblohe sa pohybuje pomerne rýchlo pozdĺž Mliečnej cesty, z Pozvozníka až do krídla Orla prejde vyše 120°. Bude sa premietat na pozadie množstva zaujímavých objektov, čo si iste nenechajú ujsť astrofotografi. 20. 8. skrášli známou hmlovinu Srdce (IC 1805), ktorú skvele naex-

ponoval O. Podlucky v Českej astrofotografii mesiace (<http://www.astro.cz/cam/2014/05/>).

Na prelome mesiacov kométa „navštevuje“ komplex hmlovín v okolí μ Cep, a neskôr, až do polovice mesiaca, bude pozdĺž krku Labute. 14. 9. ju nájdeme necelý stupeň od krásnej dvojhviezdy Albireo.

PANSTARRS (C/2012 K1) je 9. 8. v konjunkcii so Slnkom a 27. 8. bude v perihéliu. V tom čase je však už 20° od Slnka a vychádza na začiatku nautického súmraku. V ďalších dňoch sa podmienky pomaly zlepšujú, v polovici septembra je na konci astronomického súmraku už vo výške 12° ako objekt 6 mag. Koncom septembra bude dokonca ešte o desiatinku magnitudy jasnejšia a za rovnakých geometrických podmienok.

Kométy Oukaimeden (C/2013 V5) objavil 12. 11. 2013 Michel Ory 0,5 m reflektorom v marockom Marrákeši (Oukaimeden Observatory) na CCD snímkach ako slabý objekt 19,4 mag. Kométa s obežnou dobou takmer 11 tisíc rokov prejde perihéliom 28. 9.

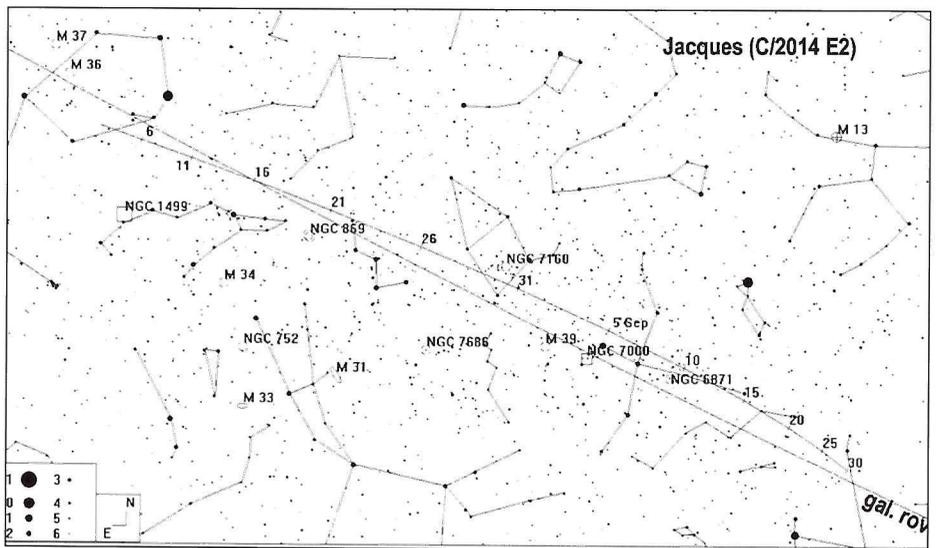
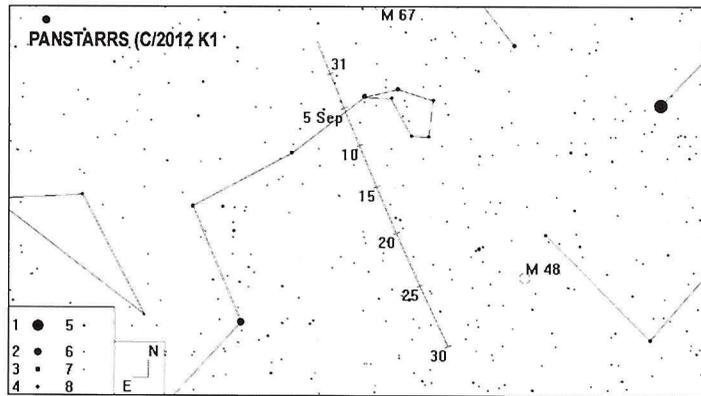
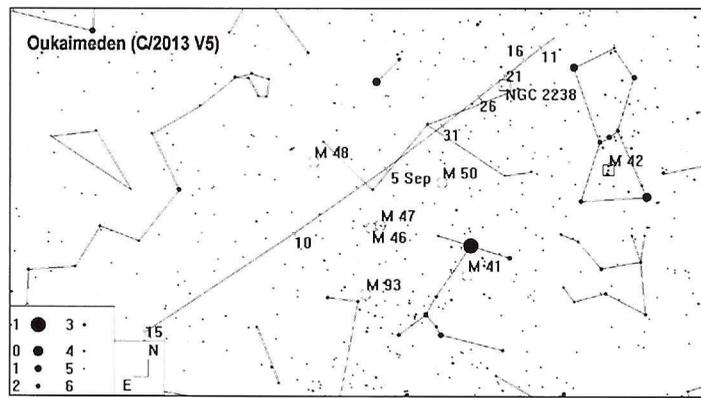
V polovici augusta je na konci astronomického súmraku vo výške 6° ako objekt 10 mag, na prelome mesiacov trochu vyššie, no už s jasnosťou takmer

8 mag a sú to asi najvhodnejšie pozorovacie podmienky, nakoľko v polovici septembra vychádza už súčasne so Slnkom.

Meteory

Na začiatku augusta je ešte frekvencia južných rojov pomerne vysoká, nakoľko ich maximá boli v posledných júlových dňoch, a keďže Mesiac zapadá pomerne skoro, je to vhodné obdobie pre tých, ktorí radi meteory pozorujú. V tomto čase bude pravdepodobne aj najviac obľúbených tradičných meteorických expedícií.

Najaktívnejším rojom tohto obdobia sú však Perzeydy, ktoré však budú rušené svetom Mesiaca v splne. Ak zapálených nadšencov presvetlenejšia obloha neodradí, iste neofutujú, frekvencie Perzeíd sú pomerne stabilné. Tohto roku je maximum pre-



povedané na 13. augusta medzi jednou až tromi hodinami po polnoci, podľa J. Vaubailzona však už môže nastať aj pred polnocou.

Počas septembrového splnu má maximum aj ďalší roj s radiantom v Perzeoidy – ϵ Perzeidy, no pri ich frekvencii 5 je vizuáln pozorovanie takmer nemožné.

Málo aktívne κ Cygnidy s maximum 18. 8. budú

rušené Mesiacom v poslednej štvrti len v druhej polovici noci, no ich maximálna prepočítaná frekvencia je len 3.

Dobré pozorovacie podmienky majú na konci prázdnin Aurigidy, no aj tu sú frekvencie len 6 meteorov za hodinu.

Pavol Rapavý

Meteorické roje (august – september)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	$\alpha [^\circ]$	$\delta [^\circ]$	V_{inf}	r	ZHR
antihéliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9.					30	3,0	4
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	28. 7.	125,0°	341°	-30°	35	3,2	5
južné δ Akviridy (SDA)	12. 7. – 23. 8.	30. 7.	127,0°	340°	-16°	41	3,2	16
α Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	30. 7.	127,0°	307°	-10°	23	2,5	5
Perzeidy (PER)	17. 7. – 24. 8.	13. 8.	140,0°	48°	+58°	59	2,2	100
κ Cygnidy (KCG)	3. 8. – 25. 8.	18. 8.	145,0°	286°	+59°	25	3,0	3
α Aurigidy (AUR)	25. 8. – 5. 9.	1. 9.	158,6°	91°	+39°	66	2,5	6
septembrové ϵ Perzeidy (SPE)	5. 9. – 21. 9.	9. 9.	166,7°	48°	+40°	64	3,0	5

Kalendár úkazov a výročí (august – september)

dátum	SEČ
1. 8.	105. výročie (1909) narodenia I. Szeqyhho
2. 8.	20. 1 konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 1,0° sev.)
3. 8.	11. 0 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,7° južne)
3. 8.	asteroid (80) Sappho v opozícii (9,9 mag)
4. 8.	1,8 Mesiac v prvej štvrti
4. 8.	10,3 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 0,6° severne)
7. 8.	asteroid (16) Psyche v opozícii (9,3 mag)
8. 8.	17,4 Merkúr v hornej konjunkcii
8. 8.	asteroid (14) Irene v opozícii (10,2 mag)
10. 8.	19,2 Mesiac v splne
10. 8.	18,7 Mesiac v prízemí (356 898 km)
13. 8.	maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 100)
13. 8.	6,6 Merkúr najďalej od Zeme (1,35698 AU)
13. 8.	200. výročie (1814) narodenia A. J. Angströma
14. 8.	17,1 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,3° južne)
16. 8.	kométa 2P/Encke v opozícii (2,183 AU)
16. 8.	270. výročie (1744) narodenia P. Méchaina
17. 8.	jesenná rovnodennosť na Marse
17. 8.	13,4 Mesiac v poslednej štvrti
18. 8.	6,3 konjunkcia Venuše s Jupiterom (Venuša 0,2° sev.)
18. 8.	maximum meteorického roja κ Cygnidy (ZHR 3)
18. 8.	asteroid (26) Proserpina v opozícii (10,9 mag)
19. 8.	asteroid (584) Semiramis v opozícii (10,4 mag)
22. 8.	180. výročie (1834) narodenia S. Langleyho
23. 8.	14,6 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 6° severne)
23. 8.	245. výročie (1769) narodenia G. Cuviera
24. 8.	asteroid (63) Ausonia v opozícii (9,8 mag)
24. 8.	7,1 Mesiac v odzemi (406 524 km)
25. 8.	15,2 Mesiac v nove
25. 8.	25. výročie (1989) preletu Voyageru 2 okolo Neptúna
25. 8.	19,3 konjunkcia Marsu s Saturnom (Mars 3,4° južne)
27. 8.	3,3 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 3,8° severne)
27. 8.	100. výročie (1914) narodenia W. A. Hiltnera
29. 8.	2,7 Neptún najbližšie k Zemi (28,96213 AU)
29. 8.	15,6 Neptún v opozícii
29. 8.	75. výročie (1939) narodenia P. Hazuchu
29. 8.	580. výročie (1434) narodenia J. Pannoniusa
31. 8.	21,0 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 0,5° severne)
1. 9.	maximum meteorického roja α Aurigidy (ZHR 6)
1. 9.	2,0 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 3,5° južne)
1. 9.	35. výročie (1979) obletu Pioneeru 11 okolo Saturna
1. 9.	asteroid (40) Harmonia v opozícii (9,3 mag)
2. 9.	12,2 Mesiac v prvej štvrti
2. 9.	210. výročie (1804) objavu asteroidu (3) Juno (K. Harding)
3. 9.	asteroid (144) Vibilia v opozícii (10,1 mag)
5. 9.	16,7 Venuša v prízemí (0,71844 AU)
5. 9.	50. výročie (1964) vypustenia Orbiting Geophysical Observatory

7. 9.	100. výročie (1914) narodenia J. van Allena
8. 9.	8. – 12. 9. „Kopalov konferencia“ Living Together... Litomyšl
8. 9.	asteroid (12) Victoria v opozícii (8,9 mag)
8. 9.	4,5 Mesiac v prízemí (358 392 km)
9. 9.	asteroid (33) Polyhymnia v opozícii (9,9 mag)
9. 9.	maximum meteorického roja septembrové ϵ Perzeidy (ZHR 5)
9. 9.	2,6 Mesiac v splne
9. 9.	110. výročie (1904) narodenia A. Lallemanda
11. 9.	2,8 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,5° južne)
11. 9.	22,6 Merkúr v odzemi (0,4667 AU)
14. 9.	asteroid (270) Anahita v opozícii (10,1 mag)
14. 9.	170. výročie (1844) narodenia H. J. Kleina
14. 9.	245. výročie (1769) narodenia A. Humboldta
16. 9.	3,1 Mesiac v poslednej štvrti
16. 9.	45. výročie (1969) pádu meteoritu Suchy Důl
17. 9.	250. výročie (1764) narodenia J. Goodrickea
19. 9.	265. výročie (1749) narodenia J. B. Delambrea
20. 9.	15,4 Mesiac v odzemi (405 848 km)
20. 9.	7,3 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,8° severne)
21. 9.	22,9 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (26,4°)
22. 9.	asteroid (70) Panopaea v opozícii (11,0 mag)
22. 9.	14,2 Pluto v zastávke, začne sa pohybovať priamo
23. 9.	3,5 jesenná rovnodennosť, začiatok astronómie jesene
23. 9.	12,7 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,6° severne)
23. 9.	95. výročie (1919) narodenia J. Bardyho
24. 9.	7,2 Mesiac v nove
24. 9.	asteroid (393) Lampetia v opozícii (10,8 mag)
25. 9.	370. výročie (1644) narodenia O. Rómbera
26. 9.	13,0 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 3,4° južne)
27. 9.	190. výročie (1824) narodenia B. Goulda
27. 9.	200. výročie (1814) narodenia D. Kirkwooda
28. 9.	asteroid (84) Klío v opozícii (10,8 mag)
28. 9.	4,7 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 0,3° južne)
29. 9.	asteroid (258) Tyche v opozícii (10,7 mag)
29. 9.	19,2 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,8° južne)
29. 9.	asteroid (5) Astraea v opozícii (10,7 mag)
1. 10.	20,5 Mesiac v prvej štvrti
1. 10.	200. výročie (1814) narodenia A. H. Favea
3. 10.	160. výročie (1854) narodenia H. von Struvea
4. 10.	19,2 Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať späť
4. 10.	4. – 10. 10. Svetový kozmický týždeň
4. 10.	115. výročie (1899) narodenia F. Longauera
6. 10.	10,7 Mesiac v prízemí (362 478 km)
7. 10.	7,7 Urán najbližšie k Zemi (19,01421 AU)
7. 10.	21,8 Urán v opozícii
7. 10.	190. výročie (1824) narodenia L. Respigha

Tabuľky východov a západov (august – september)

Slnko

			Súmrak			
	Vých.	Záp.	Občiansky zač.	Občiansky kon.	Nautický zač.	Astronomický kon.
1. 8.	4:14	19:17	3:38	19:54	2:50	20:41
6. 8.	4:21	19:10	3:45	19:46	2:59	20:31
11. 8.	4:28	19:02	3:53	19:37	3:08	20:21
16. 8.	4:35	18:53	4:00	19:27	3:17	20:10
21. 8.	4:42	18:43	4:08	19:17	3:26	19:59
26. 8.	4:49	18:34	4:15	19:07	3:35	19:48
31. 8.	4:56	18:24	4:23	18:57	3:44	19:36
5. 9.	5:03	18:14	4:30	18:46	3:52	19:25
10. 9.	5:10	18:03	4:38	18:35	4:00	19:13
15. 9.	5:17	17:53	4:45	18:24	4:07	19:02
20. 9.	5:24	17:43	4:52	18:14	4:15	18:51
25. 9.	5:31	17:32	4:59	18:03	4:22	18:40
30. 9.	5:38	17:22	5:06	17:53	4:30	18:29

Mesiac

	Východ	Západ
1. 8.	9:50	21:21
6. 8.	15:11	
11. 8.	19:06	5:20
16. 8.	21:49	11:37
21. 8.	0:48	16:07
26. 8.	5:41	18:36
31. 8.	10:52	20:56
5. 9.	15:40	0:23
10. 9.	18:38	6:47
15. 9.	21:53	12:28
20. 9.	1:33	15:47
25. 9.	6:37	17:57
30. 9.	11:50	21:12

Merkúr

	Východ	Západ
1. 8.	3:25	19:02
6. 8.	4:01	19:13
11. 8.	4:38	19:18
16. 8.	5:14	19:18
21. 8.	5:47	19:15
26. 8.	6:16	19:09
31. 8.	6:42	19:00
5. 9.	7:05	18:51
10. 9.	7:26	18:40
15. 9.	7:43	18:29
20. 9.	7:56	18:16
25. 9.	8:04	18:02
30. 9.	8:03	17:47

Venuša

	Východ	Západ
1. 8.	2:18	18:07
6. 8.	2:28	18:09
11. 8.	2:39	18:10
16. 8.	2:52	18:09
21. 8.	3:05	18:07
26. 8.	3:19	18:03
31. 8.	3:34	17:59
5. 9.	3:48	17:53
10. 9.	4:02	17:47
15. 9.	4:16	17:40
20. 9.	4:31	17:32
25. 9.	4:45	17:24
30. 9.	5:00	17:16

Mars

	Východ	Západ
1. 8.	12:03	22:02
6. 8.	11:59	21:49
11. 8.	11:55	21:35
16. 8.	11:52	21:22
21. 8.	11:49	21:09
26. 8.	11:47	20:57
31. 8.	11:45	20:45
5. 9.	11:43	20:34
10. 9.	11:41	20:23
15. 9.	11:40	20:13
20. 9.	11:39	20:04
25. 9.	11:37	19:56
30. 9.	11:36	19:48

Jupiter

	Východ	Západ
1. 8.	3:46	19:02
6. 8.	3:32	18:46
11. 8.	3:18	18:29
16. 8.	3:04	18:12
21. 8.	2:51	17:56
26. 8.	2:37	17:39
31. 8.	2:23	17:22
5. 9.	2:09	17:05
10. 9.	1:55	16:48
15. 9.	1:41	16:31
20. 9.	1:26	16:14
25. 9.	1:11	15:56
30. 9.	0:56	15:39

Saturn

	Východ	Západ
1. 8.	13:05	22:53
6. 8.	12:46	22:33
11. 8.	12:27	22:14
16. 8.	12:08	21:55
21. 8.	11:50	21:36
26. 8.	11:32	21:17
31. 8.	11:14	20:58
5. 9.	10:56	20:38
10. 9.	10:38	20:20
15. 9.	10:21	20:01
20. 9.	10:04	19:43
25. 9.	9:47	19:24
30. 9.	9:30	19:06

Urán

	Východ	Západ
1. 8.	21:31	10:32
6. 8.	21:11	10:12
11. 8.	20:51	9:52
16. 8.	20:31	9:32
21. 8.	20:11	9:12
26. 8.	19:51	8:51
31. 8.	19:32	8:31
5. 9.	19:11	8:10
10. 9.	18:51	7:50
15. 9.	18:31	7:29
20. 9.	18:11	7:09
25. 9.	17:51	6:48
30. 9.	17:32	6:27

Neptún

	Východ	Západ
1. 8.	20:15	6:56
6. 8.	19:55	6:35
11. 8.	19:36	6:15
16. 8.	19:16	5:55
21. 8.	18:55	5:35
26. 8.	18:35	5:14
31. 8.	18:15	4:54
5. 9.	17:56	4:33
10. 9.	17:36	4:13
15. 9.	17:16	3:53
20. 9.	16:56	3:32
25. 9.	16:36	3:12
30. 9.	16:16	2:51

Za astronómiou do Českej republiky

Slovenský zväz astronómov-amatérov usporiada 10. – 12. októbra 2014 pre svojich členov ale aj nečlenov autobusový, vikendový zájazd do astronómie Českej republiky.

Predběžný program pozostáva z prechádzky historickou astronómickou Prahou spojenou s odborným výkladom (Klementinum, orloj, Karlův most...), návšteva planetária a Štefánikovej hviezdárne na Petřine. Navštívime Astronomický ústav AV ČR s 2-metrovým Perkovým ďalekohľadom a na ceste späť sa zoznámime s exploratoriom a novým planetáriom v Brne. Viac informácií získate na adrese tomas.dobrovodsky@saa.org. Záujemcovia sa môžu prihlásiť do 12. 8. 2014.

Úspešní riešitelia Celoslovenského finále AO – 2014 – ZŠ

Meno a priezvisko	Škola	body
Jakub Štupák	Z.Š. Divin	295
Radovan Lascsák	Z.Š. Krosnianska, Košice	225
Samuel Buranský	Z.Š. Vráble	200

Úspešní riešitelia Celoslovenského finále AO – 2014 –SŠ

Meno a priezvisko	Škola	body
Miroslav Gašpárek	Súkr. bilingválne gymnázium, Žilina	500
Filip Ayazi	Gymnázium L. Štúra, Trenčín	445
Jozef Lipták	Gymnázium J. G. Tajovského, B. Bystrica	440
Juraj Halabrin	Gymnázium J. Hronca, Bratislava	420
Jakub Jambrič	Gymnázium J. A. Raymana, Prešov	370
Jakub Šalko	Gymnázium Brezno	330
Martin Murín	Gymnázium J. Hronca, Bratislava	275



Zlava Dr. L. Hric a Dr. J. Zverko sa prihovárajú najlepší astronómom z kategórie základných škôl. Zamýšľajú sa aj nad tým, že ak títo chlapi vystudujú astronómiu, na Slovensku ich už bude pomenej a budú mať veľké šance dostať sa aj do zahraničia na študijné pobyty. Zo ZŠ prichádza stále menej dobrých fyzikov, náročné štúdium prírodných vied nie je u nás dostatočne ocenené, a preto mladí idú radšej ľahšími cestami za lepšími peniazmi. Ak sa toto nezmení, Slovensko sa stane na dlhú dobu tretotriednou krajinou. Tento proces sa už začal. Pozorne počúvajú: Samuel Buranský – tretie miesto, Radovan Lascsák – druhý v poradí a Jakub Štupák – víťaz I. kategórie. Všetci traja dostali cenné knihy pre ich ďalšie vzdelávanie sa v oblasti teoretickej, ale aj praktickej astronómie.



Organizátori súťaže už tradične s vyhodnocovaním riešených príkladov nemali ľahkú úlohu. V popredí Mgr. M. Zverková zadávala bodové hodnotenie do počítača, prípadne tlačila potrebné tabuľky. V pozadí (zlava) Mgr. M. Vidovenc – generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove porovnáva priebežne výsledky AO s predchádzajúcou súťažou „Čo vieš o hviezdach“, ktorá skončila v Nitre len deň predtým. A ako sa ukázalo, najviac vedel o nich (o tých hviezdach ale aj o príkladoch v AO) Miroslav Gašpárek, ktorý sa stal absolútnym víťazom v II. kategórii AO za rok 2014, pričom nestratil ani jediný bod. Nad príkladmi si lámu hlavy Ing. P. Dolinský z Hurbanova, Dr. J. Zverko, DrSc. – predseda hodnotiacej komisie, ale aj Dr. L. Hric, CSc. – predseda AO na Slovensku.



Bolo veru chlapcom aj veselo, keď predstúpil víťaz Miroslav Gašpárek (tretí zlava) a Dr. L. Hric (prvý zlava) priznal, že komisia sa mu snažila strhnúť aspoň jeden bod, no nebolo za čo.

Už 8. ročník Astronomickej olympiády na Slovensku sa konala v Nitre

V dňoch 12. – 13. júna 2014 Slovenská astronomická spoločnosť (SAS) pri SAV v spolupráci so Slovenskou ústrednou hviezdárňou (SÚH) v Hurbanove a s Astronomickým ústavom (AsÚ) SAV organizovala v rámci plánovaného projektu celoslovenské finále astronomickej olympiády (AO), a to už jej 8. ročník. SÚH v Hurbanove na čele s jej novým generálnym riaditeľom Mgr. Mariánom Vidovencom podporuje AO materiálne, ale aj personálne. On osobne sa už v minulosti zúčastnil na dvoch Medzinárodných olympiádach z astronómie a astrofyziky (IOAA), a preto je veľmi dobre oboznámený s danou problematikou.

Organizátorom celoslovenskej súťaže veľmi ústretovo podala pomocnú ruku aj Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, ktorej priestory veľmi dobre vyhovovali najmä súťažiacim. Počas prvého dňa sa uskutočnil otvárací ceremoniál za prítomnosti niektorých členov Výkonného výboru AO: RNDr. Ladislav Hric, CSc. – predseda AO na Slovensku, RNDr. Juraj Zverko, DrSc., predseda hodnotiacej komisie, Mgr. Marián Vidovenc, Mgr. Mariana Zverková a RNDr. Mária Hricová Bartolomejová. Ďalší členovia výboru prispeli do súťaže astronomickými úlohami, no ich osobná prítomnosť nebola nutná. Naopak, prítomný bol ešte Ing. Peter Dolinský, pracovník SÚH

a samozrejme všetci úspešní riešitelia prvého kola AO v obidvoch kategóriách. Do finále takto postúpili 4 žiaci základných škôl a 8 študentov stredných škôl zo všetkých kútov Slovenska, od Bratislavy až po Košice. Po úvodných príhovoroch zazneli dve prednášky: RNDr. Juraj Zverko, DrSc. – *Najčastejšie chyby v príkladoch z I. kola AO* a RNDr. Ladislav Hric, CSc. – *Optimálny postup pri riešení úloh s ohľadom na požiadavky na medzinárodnej olympiáde*.

Snahou organizátorov bolo takto ešte na poslednú chvíľu poradiť súťažiacim a upokojiť ich pred niekoľkohodinovým maratónom s kalkulačkami. Následne prebehla súťaž v obidvoch kategóriách (základné školy 4 úlohy a stredné školy 5 úloh), pričom súťažiaci mali na riešenie všetkých úloh k dispozícii 4 hodiny. Po odovzdaní riešených úloh zasadla hodnotiaca komisia a do neskorej noci vyhodnocovala práce všetkých súťažiacich. Na základe výsledkov boli vyhotovené aj diplomy pre všetkých úspešných riešiteľov finálového kola a tabuľky s poradím a bodovým ziskom. Na druhý deň boli odovzdané diplomy, ako aj drobné ceny a bola stanovená slovenská výprava (prvých 5 úspešných riešiteľov v druhej kategórii a dvaja vedúci), ktorá bude reprezentovať Slovensko na 8. IOAA v auguste tohto roka v Rumunsku.

Študenti si uvedomujú, že IOAA nie je ľahká záležitosť, preto sme aj na tento rok spoločne s nimi dohodli, že zorganizujeme prípravný seminár, zameraný najmä na praktické návyky, spojené s orientáciou na oblohe a s prácou s prístrojmi. Pomoc ponúkol riaditeľ Krajskej hviezdárne a planetária Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom Mgr. Peter Augustín. Hviezdareň poskytne priestory a techniku a pomôže študentom pri získavaní praktických vedomostí z astronómie.

O atmosfére a priebehu finálového kola AO viac napovedia výsledkové tabuľky a texty pod príslušnými obrázkami (foto: Mária Hricová Bartolomejová).

Dr. LADISLAV HRIC,
Astronomický ústav SAV



Zlava Dr. J. Zverko a Dr. L. Hric odovzdávajú diplomy siedmim stotočným – úspešným riešiteľom. Presne toľko súťažiacich obhájilo tento titul v II. kategórii študentov stredných škôl, keď dosiahli najmenej 50 percent úspešnosti pri riešení úloh. Filip Ayazi a Jakub Jambrič postupujú aj na IOAA. Jakubovi Šalkovi takáto možnosť tesne ušla, nakoľko skončil na 6. mieste. Juraj Halabrin po druhý raz vyskúša šťastie na IOAA, no najvyšší Martin Murín to šťastie mať nebude. Samozrejme postupuje aj Miroslav Gašpárek z prvého miesta a najmladší Jozef Lipták, ktorý sa umiestnil na treťom mieste. Držme im palce.



Foucaultovo kyvadlo v katolíckom dóme v Szombathelyi.

Konferencia o databázach

Ako sa nestratiť vo veľkých astronomických databázach alebo konferencia

New challenges in astro- and environmental informatics in the big data era, Szombathely 2014

V dňoch 14. – 16. mája 2014 sa v maďarskom meste Szombathely konala konferencia o možnostiach využívania veľkých astronomických databáz a nechýbali na nej ani zástupcovia zo Slovenska.

V dnešnej dobe, ak aj nemáme k dispozícii pozorovací techniku, môžeme robiť astronomický výskum. Stačí si sadnúť k počítaču a stiahnuť si dáta z vhodnej databázy. Niektorí astronómovia – profesionáli, ale aj amatéri – takto hľadajú neznáme asteroity alebo premenné hviezdy. Téma veľkých astronomických databáz nie je neznámou ani v slovenských astronomických kruhoch. Aj na Astronomickom ústave SAV majú už viacerí pracovníci skúsenosti so získavaním údajov z veľkých astronomických databáz, napr. z databázy vesmírneho ďalekohľadu Kepler. Účasť na konferencii o tejto problematike, ktorú zorganizovali maďarskí kolegovia z Astrofyzikálneho observatória J. Gotharda v meste Szombathely, preto mala opodstatnenie.

Prezentácia účastníkov sa uskutočnila 14. mája popoludní. Už pri príchode do mesta nás vítal čerstvý vietor, ktorý vo večerných hodinách ešte zosilnel. Organizátori totiž nechtiac zosynchronizovali konferenciu s príchodom tlakovej níže Yvette. Na druhý deň ráno, počas otváracieho ceremoniálu, už cyklóna zaúčtovala plnou silou vo forme dažďa



Ruhmkorffov induktor z roku 1904 v Astrofyzikálnom observatóriu J. Gotharda.

a víchrice. Netradičný a zaujímavý otvárací ceremoniál konferencie však kompenzoval účinky nepríjemného počasia. Otvorenie konferencie sa uskutočnilo v katolíckom dóme, kde na nás čakal pokus s Foucaultovým kyvadlom, ktorý pútavým a efektívnym spôsobom dokazuje rotáciu Zeme okolo svojej osi. Zaujímavosťou je, že tento pokus bol prvý raz vykonaný na území Uhorska v roku 1880 práve v tomto dóme s tým istým závažím.

Otvárací ceremoniál nás vhodne namotivoval k problematike astronómie a po návrate sme sa s chuťou pustili do počúvania prvého bloku prednášok. Najprv sme získali dôležité informácie o tom, ako extrahovať dáta z veľkých astronomických databáz. O tom nám porozprával pozvaný hosť z Talianska, Giuseppe Longo. Nasledoval Petr Škoda z Astronomického ústavu AV ČR, ktorý otvoril sériu prednášok o spektroskopii. V rámci nich vystúpili aj slovenskí študenti Andrej Palička a Lukáš



Účastníci konferencie v Astrofyzikálnom observatóriu J. Gotharda. Fotografie: Z. Garai

Lopatovský, ktorí študujú na českých univerzitách. Počas prestávok si mohli účastníci konferencie prezerať aj vedecké postery, kde nechýbal ani poster z Astronomického ústavu SAV na tému exoplanéty (poster prezentoval autor príspevku). Prvý deň prednášok ukončili srbskí kolegovia s astroinformatikou témou. Na vyčerpané obecenstvo, okrem bohatej večere, ešte čakala aj návšteva neďalekého Astrofyzikálneho observatória J. Gotharda. Tu nám vedúci observatória a zároveň hlavný organizátor konferencie, Gyula M. Szabó, porozprával o minulosti a prítomnosti observatória. Nasledoval voľný program, počas ktorého účastníci mohli nielen vidieť prístrojové vybavenie observatória, ale si aj vyskúšať zaujímavé demonštračné fyzikálne prístroje.

Druhý, záverečný deň konferencie, sa niesol v znamení supnov a astroinformatiky. Bodku za sériou prednášok spravil Dejan Vinković z Chorvátska, ktorý nám podrobne porozprával o programovaní grafického procesora. Posledným bodom konferencie bolo vyhodnotenie programu konferencie v podaní hlavného organizátora. Kým my sme sa dva dni zaoberali astronomickými databázami, vonku bolo hlavnou témou počasie. Na záver sme na fotografiách mohli sledovať škody, ktoré cyklóna Yvette napáchala. Dúfajme, že najbližšie sa v meste Szombathely stretneme s lepším počasím.

Zoltán Garai,

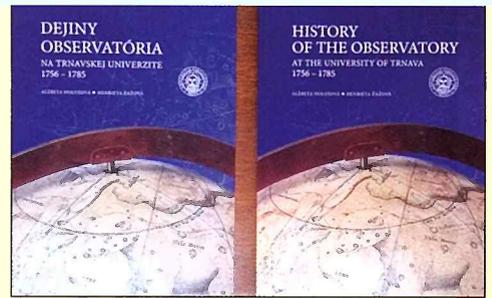
Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica

Zdeněk Kopal: Můj život, Litomyšl 2014, 72 stran

V letošním roce, si připomínáme 100 let od narození Prof. Zdeňka Kopala. Při této příležitosti vydalo město Litomyšl publikaci, kterou student Kopal nazval Můj život. Kniha byla představena při pietním aktu v Praze a Litomyšli 4. 4. 2014. Jde o edice rukopisu, který napsal devatenáctiletý Z. Kopal, když se též rozhodl, co bude po maturitě studovat. Čtivý text doplňuje a upřesňuje odpovídající stránky autorovy knihy *O hvězdách a lidech* a pomáhá poznat, jak se formovala osobnost velkého vědce. Knižka, kterou graficky ztvárnil Jiří Lammel, vychází též v anglickém překladu. Objednávky vyřizuje Městský úřad v Litomyšli, nebo na mailové adrese michaela.severova@litomysl.cz, nebo tel. 461653311. Cena výtisku je 257 Kč formou dobírky, doporučená cena je 190 Kč.

Jiří Veselý

Nové knihy



Titulná strana publikácie o dejinách Trnavskej univerzity, ktorá vyšla aj v anglickej mutácii (PhDr. Alžbeta Hološková, PhDr. Henrieta Žažová, PhD: *Dejiny observatória na Trnavskej univerzite 1756 – 1785*, Charis s. r. o., Bratislava, 2012, 2013).

Dejiny observatória na Trnavskej univerzite 1756 – 1785 už aj v angličtine

Knihy *Dejiny observatória na Trnavskej univerzite 1756 – 1785* je tematicky, aj obrazovo neobyčajne bohatá vedecko-odborná publikácia. Výrazne dokresluje doteraz málo známy historický obraz o prírodovedných dejateľoch a ich činnosti na jednom z prvých observatórií na Slovensku – na Trnavskej univerzite. Autorky knihy PhDr. Alžbeta Hološková a PhDr. Henrieta Žažová, PhD, v reprezentačnej publikácii postupne odhalujú a predkladajú čitateľom jednu z najvýznamnejších etáp rozvoja Trnavskej univerzity, ktorá je spojená práve so vznikom observatória na Trnavskej univerzite. Pedagogická, edičná a pozorovateľská činnosť na Trnavskej univerzite, ale aj práce v oblasti konštrukcie astronomických ďalekohľadov, ďaleko presiahli hranice vtedajšej Rakúsko-Uhorskej monarchie. Preto sú svojou históriou príkladom aj pre budúcu generáciu. (Id)

Astronomický kalendár 2015

Autor: Mgr. Ladislav Druga

Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove vydala v týchto dňoch **Astronomický kalendár na rok 2015**. Na jeho stránkach sú uvedené bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčšej vzdialenosti od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximálnych meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 143 rokov ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná výberom z víťazných súťažných prác *Astrofoto 2007 – 2012*.

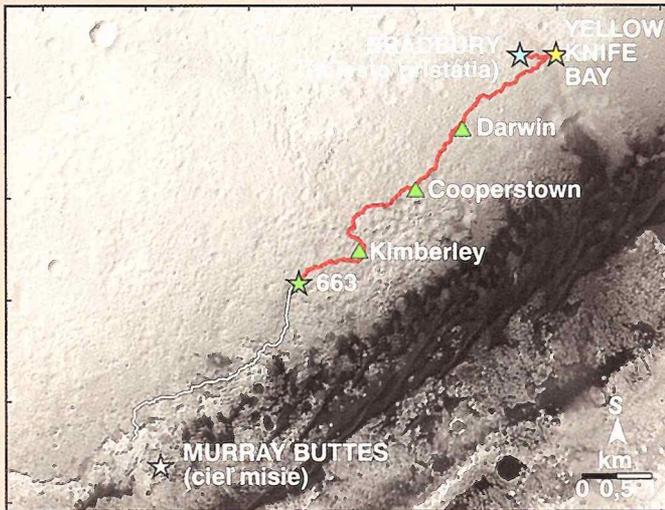
Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese: Slovenská ústredná hviezdáreň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo (tel. 035/7602484-6, fax: 035/7602487, e-mail: suhlib@suh.sk) alebo priamo zakúpiť vo hviezdárňach a planetáriách na Slovensku. (Id)



Curiosity po prvom marťanskom roku (687 pozemských dní)

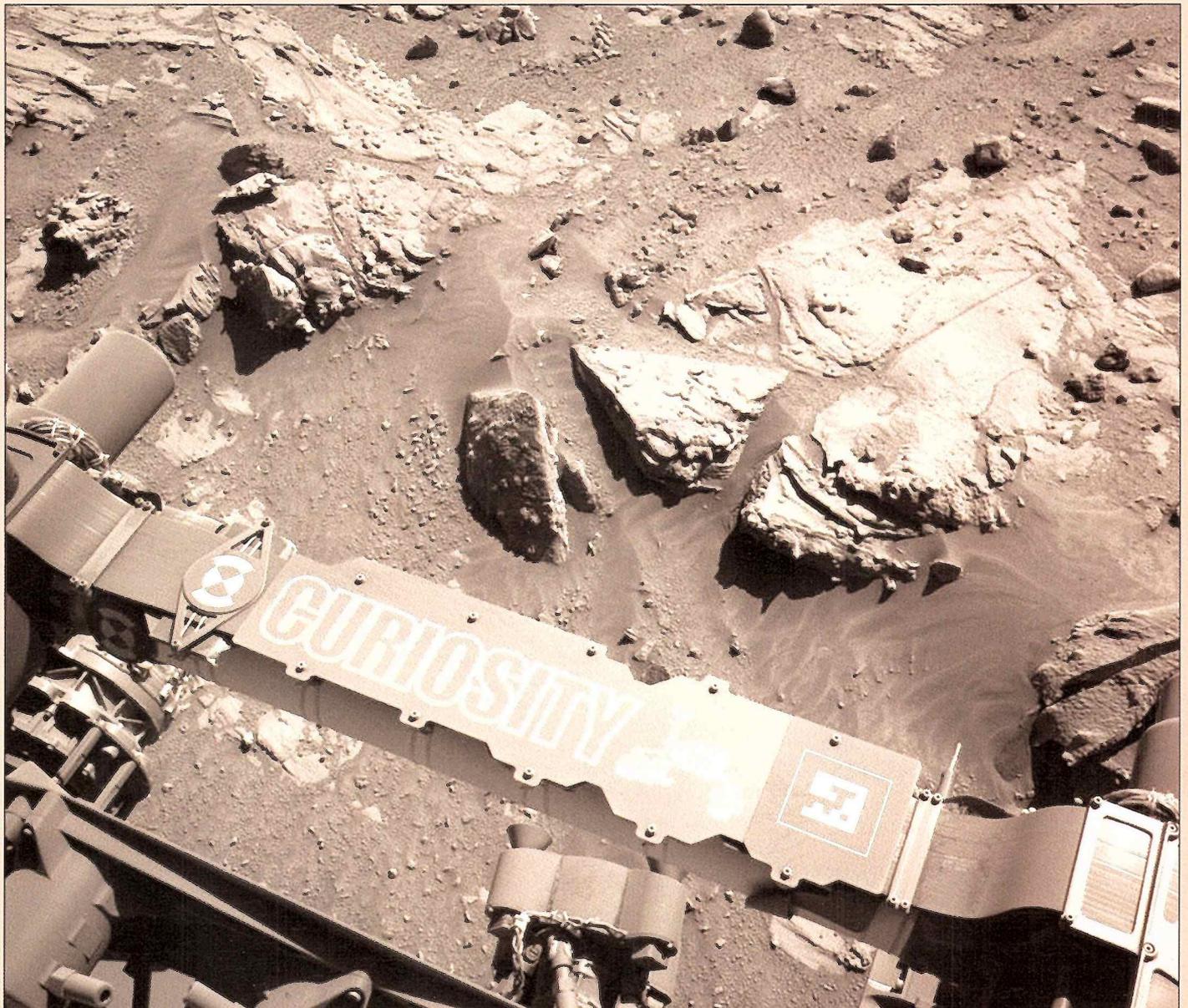
Od pristátia roveru Curiosity v lokalite Bradbury uplynul 24. júna 2014 marťanský rok, 687 pozemských dní. Doterajšie výsledky misie: **1.** Je isté, že v kráteri Gale boli kedysi podmienky vhodné na život. Ak vznikli na Marse živé organizmy, tak táto lokalita bola jednou z najpriaznivejších. **2.** V marťanskej atmosfére je menej metánu, ako sa očakávalo. Nakoľko metán môžu produkovať aj geologické procesy, existencia života je sporná. **3.** Upresnenie veku povrchových hornín i dĺžky obdobia, keď na ne pôsobila voda. **4.** V objekte Windjana je viac magnetitu, ako sa predpokladalo. Nie je jasné, či magnetit bol súčasťou pôvodného čadiča, alebo je produktom procesov, prebiehajúcich vo vodnom prostredí, vhodnom na život. **5.** Windjana obsahuje vysoký podiel minerálu orthoclas, bohatého na horčík. Orthoklas je hojný na Zemi, ale na Marse ho objavili po prvý raz. Je isté, že aj v oblasti okolo Windjana kedysi tiekla voda.

Rover prekonal doteraz vzdialenosť 7,9 km. Po úpatie hory Mount Sharp musí prekonať, krížom cez pole dún, ešte 3,9 km.



Na snímke je červenou farbou znázornená trasa, ktorú rover Curiosity prekonal od miesta (modrá hviezda), kde pristál v auguste 2012. Biela trasa znázorňuje plánovanú trasu.

Foto: NASA/JPL



Momentálne sa rover nachádza pri objekte Windjana. Sú to vrstvy pieskovca, vynárajúce sa spod návejev piesku a prachu. Windjana (pomenovaná podľa lokality v Austrálii) je tretím objektom, ktorý robot preskúma nielen zvonka, ale aj zvnútra. Curiosity doteraz získala vzorky z vrstiev iba z dvoch objektov. V oboch prípadoch išlo o zlepenec hliny a ílov. V tomto prípade ide o pieskovec. Navyše, Windjana sa nachádza v oblasti Kimberley, medzi oblasťou stolových hôr a nížinou, kde sa na horninách prejavujú najrozličnejšie vplyvy erózie.

Foto: NASA/JPL-Caltech