Číslo 5 * október – november 2014 * Ročník 45 * Cena 1,80 €

KOZMOS

Sonda Rosetta pri kométe 67P/Churyumov-Gerasimenko

Planéty v chaose

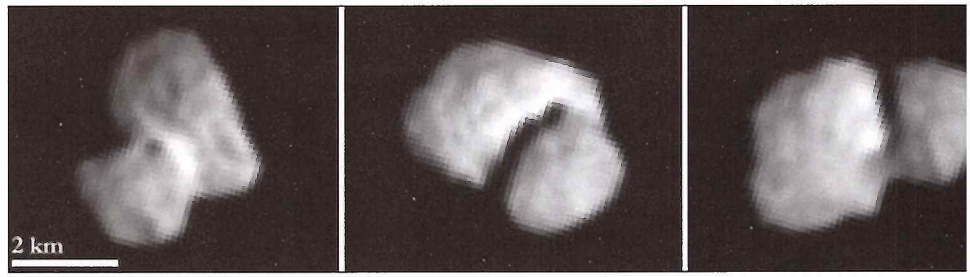
Pluto a Kuiperov pás

Tajný život supermasívnych hviezd

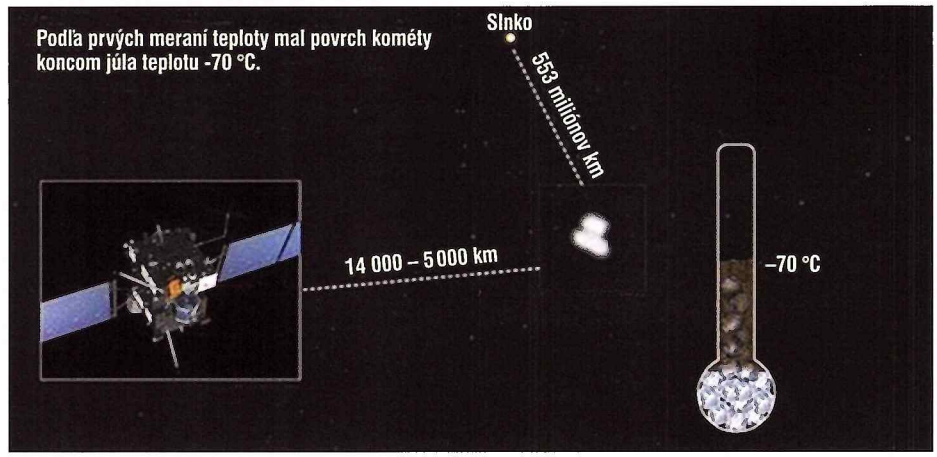
Extrémny život v údoliach smrti Antarktídy

Rosetta krúži okolo kométy

Desať rokov, päť mesiacov a štyri dni trvalo, kým sa sonda Rosetta, po piatich obehoch okolo Slnka, po troch obletoch Zeme a jednom oblete Marsu, ktorých gravitácia postupne upravila jej dráhu, a po prekonaní vzdialenosti 6,4 miliardy kilometrov „stretla" s kométou 67P/Churyumov-Gerasimenko. Po zložitých manévroch sa usadila na obežnej dráhe okolo kométy, ktorá sa blíži k Slnku rýchlosťou 55 000 km za hodinu. Sonda bude skúmať kométu vyše roka, až kým v auguste 2015 nepreletí perihéliom. Okolo 11. novembra tohto roka vyšle na jedno z piatich vytipovaných miest na kométe menšiu sondu Philae. Vedci očakávajú, že táto misia otvorí novú éru astronómie zameranej na kométy, a tým aj nový pohľad na vznik a vývoj Slnečnej sústavy. V dnešnom čísle prinášame mozaiku informácií, ktoré boli zverejnené pred uzávierkou tohto čísla.

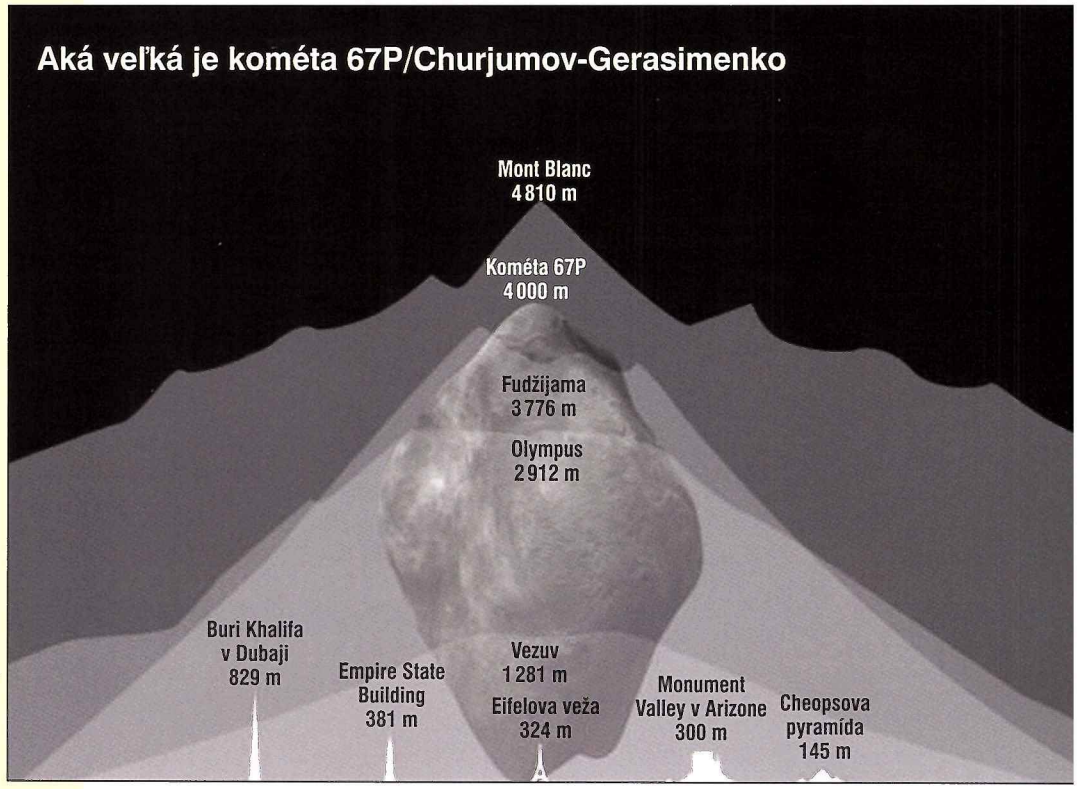


Tri snímky kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko, ktorá rotuje s periódou 12,4 hodiny. Druhú a tretiu snímku exponovala kamera vždy po uplynutí 120 minút. Snímka dokazuje binárnu povahu kométy, hoci zatiaľ nie je jasné, či ide naozaj o dve telesá, ktoré po interakcii splynuli, alebo o dôsledky erózie. Rozdiely medzi svetlými a tmavšími oblasťami ovplyvňuje zloženie terénu i veľkosť zrniek prachu, ktoré povrch pokrývajú. Sonda tieto snímky exponovala zo vzdialenosti 5 500 km.



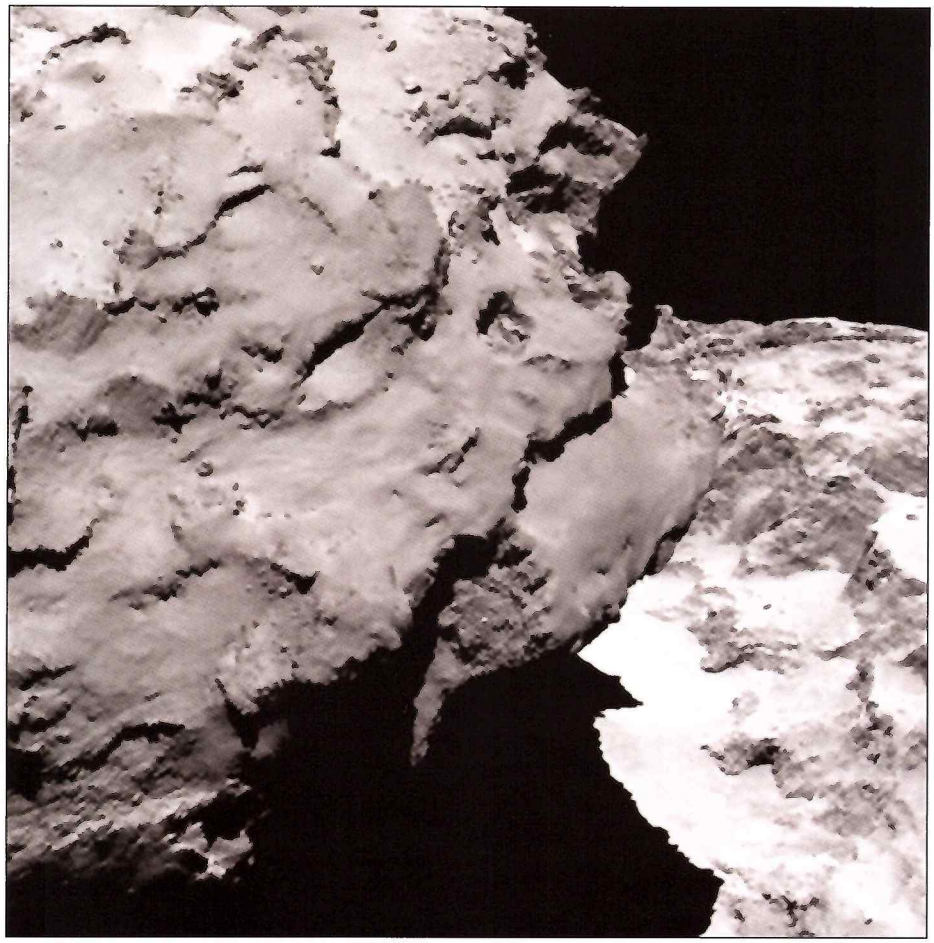
Sonda Rosetta priebežne meria aj teplotu povrchu kométy. Medzi 13. a 21. júlom sa sonda ku kométe priblížila zo vzdialenosti 14 000 až na 5000 km. Senzor zaznamenávajúci infračervené emisie z kométy nameral v tom čase povrchovú teplotu mínus 70 °C. Kométa je teda o 20 až 30 °C teplejšia ako sa predpokladalo, takže jej povrch netvorí ľad, ale tmavá, prachom pokrytá kôra. Z údajov vedci zistia, ako jednotlivé častí kométy reagujú na slnečné žiarenia a odvodia z toho hustotu a poréznosť horných desiatok centimetrov kôry. Až po vyhodnotení týchto údajov rozhodnú, kde pristane sonda Philae.

Čím viac sa kométa približuje k Slnku, tým viac ju žiarenie zohrieva, takže „mŕtve" teleso postupne ožíva. Aj táto kométa je zlepencom najrozličnejších ľadov a pevných hornín. Každý z týchto ľadov (metán, CO_2, H_2O a iné) sa začne vyparovať pri inej teplote. Koncom júna sa z kométy uvoľnilo v podobe vodnej pary každú sekundu iba 150 ml vody. Uvoľnený tryskajúci plyn strháva so sebou aj zrnká prachu. Tak sa vytvorí kóma a neskôr aj dva chvosty: plynový a prachový. Aktivita kométy bude postupne narastať, až kým v auguste 2015 nepreletí perihéliom vo vzdialenosti 185 miliónov kilometrov od Slnka, medzi Marsom a Zemou. Túto snímku exponovala širokouhlá kamera zo vzdialenosti 3 000 km. Expozícia: 300 sekúnd. Odtiene sivej farby vyjadrujú hustotu kómy, ktorá sa smerom od kométy znižuje. Koncom júla mala kóma polomer 1 000 km.

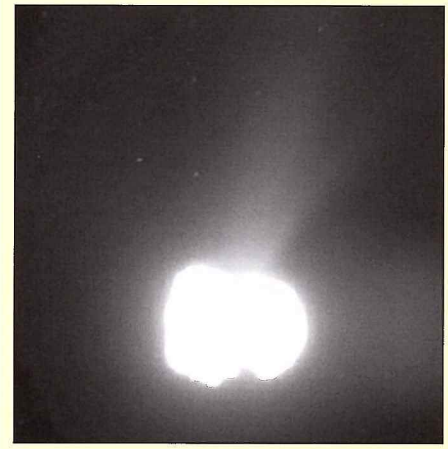


Kométa 67P/Churyumov-Gerasimenko má priemer zhruba 4 kilometre. Na obrázku ju môžete porovnať s niektorými prírodnými a umelými útvarmi na Zemi.

67P/Churyumov-Gerasimenko



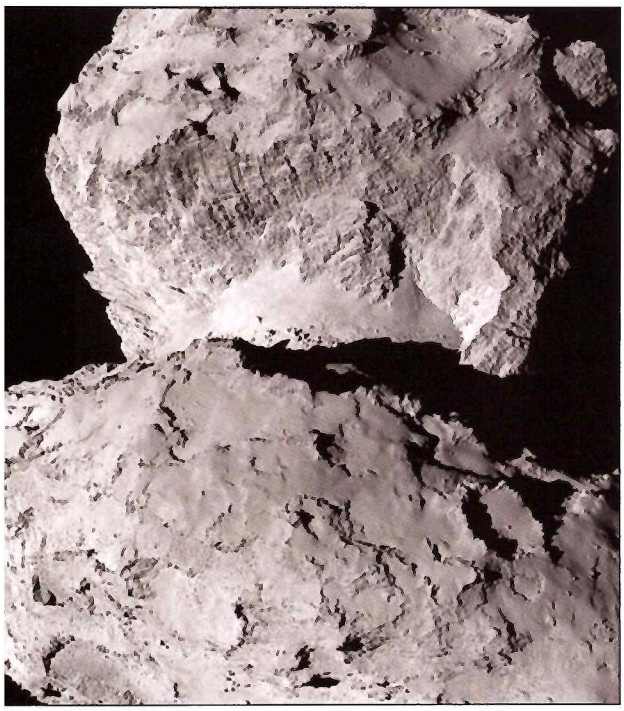
Na detaile snímky kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko zo 6. augusta vidíte „hlavu" (jadro) kométy vľavo, ktorá vrhá tieň na „šiju", a teleso vpravo. Úzkouhlá kamera exponovala objekt zo vzdialenosti 120 kilometrov. Rozlíšenie: 2,2 metra na pixel.



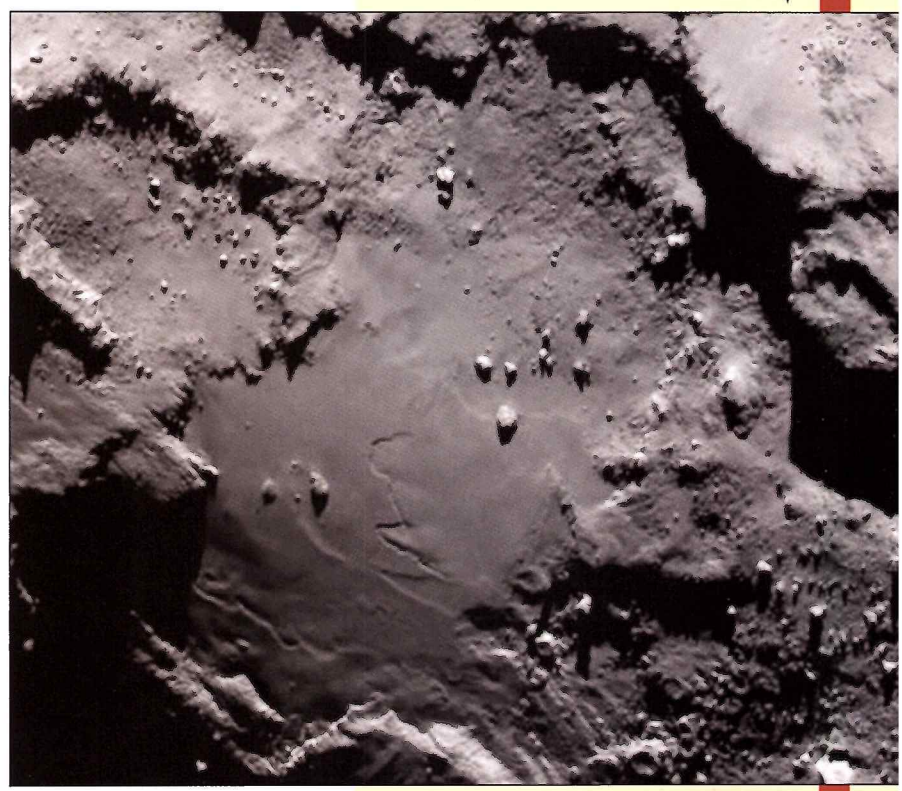
Aktivita kométy je premenlivá. V období od apríla po koniec júna niekolkokrát zosilnela, ale medzičasom na celých 6 týždňov utíchla. Jedným z vysvetlení je, že nevelké, dočasne obnažené ložisko ľadov sa vyparilo. Na snímke aktivita kométy začiatkom augusta. Vzdialenosť 550 km. Exopzícia 330 sekúnd. Rozlíšenie 55 metrov na pixel.

Kométa 3. augusta 2014.

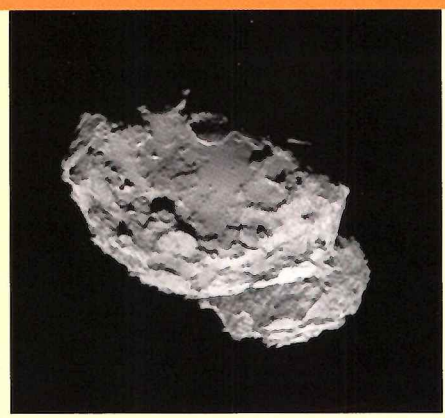
Detail povrchu kométy/67P Churyumov-Gerasimenko na snímke zo 6. augusta. Na snímke vidíme časť jadra kométy. Vzdialenosť: 120 km. Rozlíšenie 2,2 metra na pixel.



Predbežne posledná snímka kométy z polovice augusta. Na hornom objekte vidíme paralelné, lineárne útvary nad šijou, pod nimi roztrúsené balvany. Spodný objekt pokrýva chaoticky terén. Vzdialenosť: 104 km.



Obálka

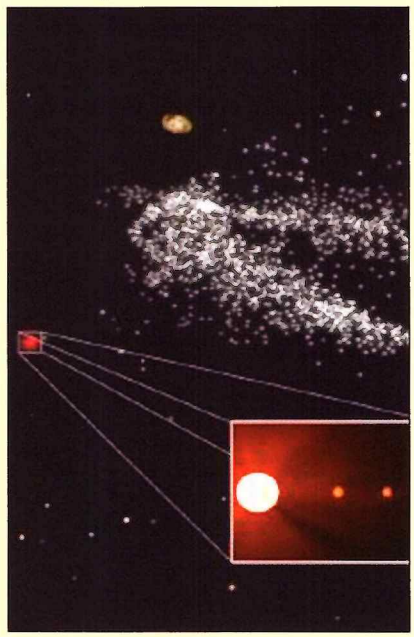


Kométa 67P/Churyumov-Gerasimenko na snímke sondy Rosetta, ktorú exponovala úzkouhlá (s malým zorným poľom) kamera OSIRIS 3. augusta zo vzdialenosti 285 kilometrov. Rozlíšenie: 5,3 metrov na pixel.

Foto: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

Extrasolárne sústavy

Hviezda, ktorá onedlho pohltí dve planéty s. 6
Prvé snímky zo SPHERE s. 6
Plynoví trpaslíci: ďalšia trieda exoplanét s. 11
GU Psc b: exoplanéta s najdlhšou obežnou dráhou s. 11
Planéty v chaose
Nature 2014, preklad Ladislav Hric s. 18 – 20
MegaZem: nový typ planéty s. 26
Objavili exomesiac? s. 26
Kapteynova hviezda má dve exoplanéty s. 27



Stelárna astronómia...

Magnetický odtlačok Mliečnej cesty s. 7
Čierna diera, ktorá sa prejedla s. 7
Planetárne disky z archívu HST s. 5
Kanibalské pulzary s. 8
Nové molekuly okolo umierajúcich hviezd s. 9
Objavili nový typ pulzaru s. 9
Magnetické polia neutrónových hviezd... s. 10
Najväčší ďalekohľad v Galaxii... s. 10
Tmavá hmota v Mliečnej ceste? s. 10
Kozmická rieka s. 12 – 13
Zahalené a obnažené čierne diery s. 13
Tajný život supermasívnych hviezd
Astronomy, máj 2014 s. 28 – 31

Biológia

Extrémny život v údoliach smrti Antarktídy
Michaela Musilová s. 34 – 36

Servis Kozmosu

ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 23
O slnečnej rodine
Milan Rybanský s. 32 – 33
Slnečná aktivita (jún – júl 2014)
Ivan Dorotovič s. 33
POZORUJTE S NAMI
Obloha v kalendári (október – november 2014)
Pripravil Pavol Rapavý s. 42 – 45
Kalendár úkazov a výročí
Pavol Rapavý s. 45
Tabuľky východov a západov (október – november 2014)
Pavol Rapavý s. 45

Sci-fi poviedka

ROB and Sons Corp.
Stano Verešvársky s. 40 – 41

Výročie

Ján Lačný sa dožíva 90 rokov
Zo spomienok oslávenca vybral a zapísal
Peter Augustín s. 47

Slnečná sústava

Rosetta krúži okolo kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko s. 2 – 3
Sendvič ľadu a oceánov na Ganymede s. 17
Tanec Mesiaca okolo Zeme s. 17
Pluto a Kuiperov pás
Sky&Telescope s. 21 – 24
Mali Pluto a Cháron oceány? s. 25

Fyzika

Gravitácia: kozmická sila, o ktorej ešte zďaleka všetko nevieme
Bild der Wissenschafft s. 14 – 16

Podujatia

Tatranské Kolaloky
Katarína Žilinská-Csere s. 37
Tri medaily z Rumunska
Ladislav Hric s. 38
Perzeidy 2014 vo Vrchteplej
Marián Mičúch s. 39
Astronomický tábor na Zemplínskej šírave
Gabriela Kramáreková s. 46
Prešovskí krúžkari na Kolonici
Renáta Kolivošková s. 46
LAP 2014
Zdeněk Komárek s. 47

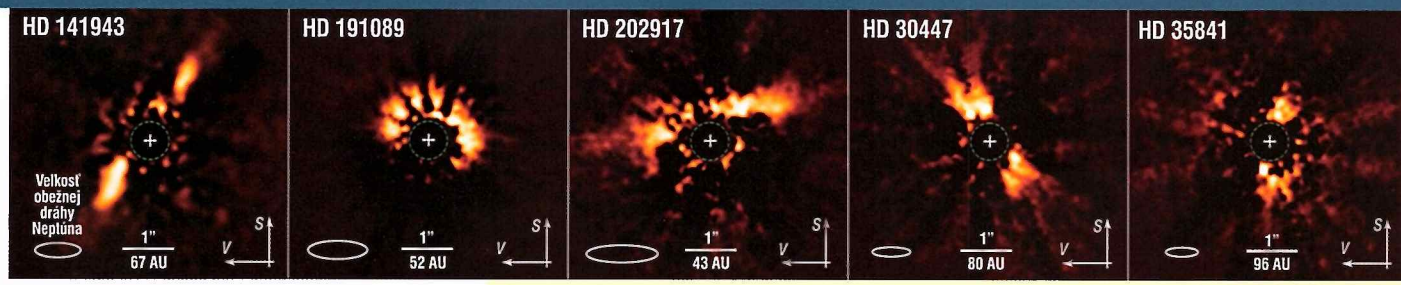
Album pozorovateľa

Mesiac v splne
Michal Lachký a Janka Lachká s. 37
Leto s kométou a striebornými oblakmi
Marian Urbaník s. 46 a 48

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis **Odborní posudzovatelia tohto čísla: RNDr. Ladislav Hric, CSc. a RNDr. Daniel Očenáš**

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. * **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail **kozmos@nextra.sk** * **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, 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 nevraciame. * **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@slposta.sk. * **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., PP 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. * Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. * EV 3166/09 * Zadané do tlače 15. 9. 2014 * **ISSN 0323 – 049X**

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



Disky okolo hviezd majú najrozličnejšie sklony. Mladá hviezda HD 141943 má rovnaký vek ako malo Slnko, keď sa okolo neho začali formovať terestrické planéty v disku, ktorý vznikol z rozptýleného materiálu po zrážkach asteroidov.

Planetárne disky z archívu HST

Astronómovia objavili zatiaľ zhruba 2000 exoplanét. Približne rovnaký počet kandidátov na exoplanéty ešte neoverili. Vlastnosti exoplanét skúma čoraz viac špecializovaných tímov. O zrode a vývoji exoplanét však nevieme oveľa viac ako Immanuel Kant. Tento nemecký filozof už koncom 18. storočia zverejnil hypotézu, podľa ktorej sa planéty v našej Slnečnej sústave sformovali z plynu a prachu v diskoch krúžiacich okolo Slnka.

O viac ako 200 rokov objavili vedci na snímkach z Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu prvé disky okolo mladých hviezd. Tento materiál je najmä produktom zrážok chaoticky sa pohybujúcich telies v mladých sústavách. Aj disky, rovnako ako planéty, odrážajú žiarenie, ale oveľa slabšie. Materiál v disku zohrieva materská hviezda, takže žiaria najmä na infračervených vlnových dĺžkach. Pomocou najnovších techník dokážu dnes vedci na snímkach z archívu zviditeľniť doteraz neznáme detaily diskov.

Disky pôvodne exponovali prístroje na HST (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer). HST vtedy skúmal hviezdy, v spektrách ktorých (získali ich niektoré pozemské ďalekohľady a satelity IRAS a Spitzer) objavili vedci signály o nezvyčajnej teplote. Jedným z vysvetlení týchto signálov bola hypotéza o existencii diskov, krúžiacich okolo týchto hviezd. Podľa hypotézy by existenciu diskov malo prezradiť zrnkami prachu rozptýlené žiarenie. V rokoch 1999 až 2006 však vedcov na snímkach HST nijaké disky neobjavili. Uložili ich do archívu.

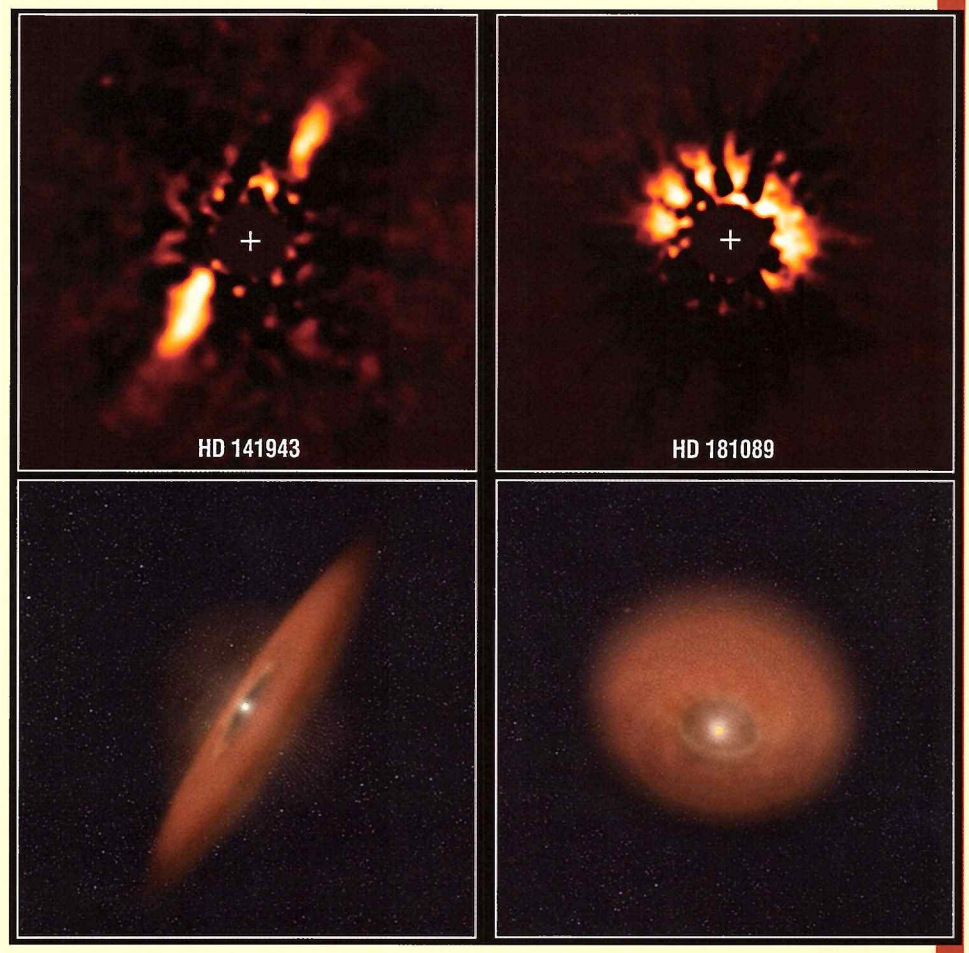
Tím okolo HST preskúmal nedávno tieto archivované snímky pomocou nových techník. A podarilo sa im zviditeľniť nielen disky, ale aj rozlíšiť ich tvary. Počet diskov, viditeľných v rozptýlenom žiarení, sa zvýšil z 18 na 23. Porovnávaním diskov a ich tvarov sa planetológovia dozvedajú viac o formovaní a vývoji planetárnych sústav.

Podľa hypotézy sa disky sformovali z materiálu, rozptýleného po početných zrážkach malých objektov, najmä asteroidov. Najjemnejšie zrniečka prachu vytlačí zo sústavy tlak intenzívneho žiarenia mladej hviezdy. Neutíchajúce zrážky stratenú hmotu v disku dopĺňajú. Rovnaké procesy prebiehali aj v mladej Slnečnej sústave.

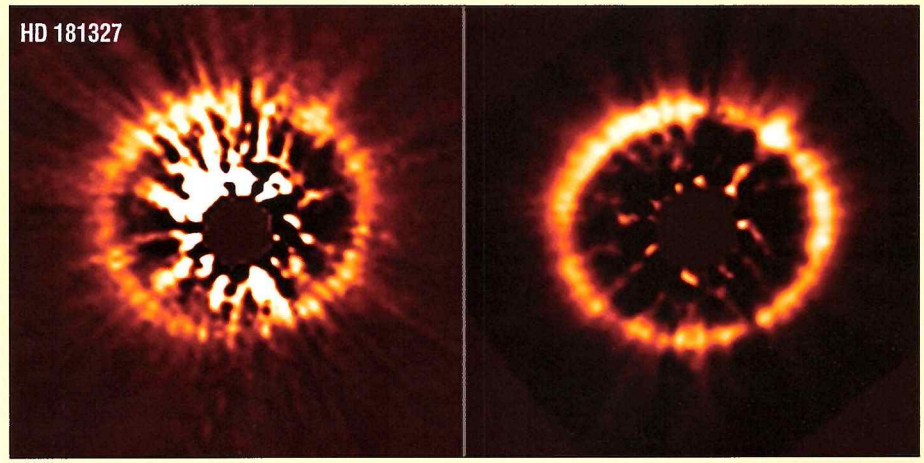
Vedcov najviac zaujala hviezda HD 141943, dvojník Slnka. Zastihli ju v rovnakom štádiu vývoja, akým prechádzalo Slnko v čase, keď sa formovali terestrické planéty. Hviezda má asymetrický disk, nepriamy dôkaz existencie jednej, alebo viacerých planét.

HST operuje na obežnej dráhe okolo Zeme už 24 rokov, takže vedci mohli z archívov vyloviť aj niekoľko starších snímok hviezdy HD 141943. Keď pri spracovaní starých snímok využili nové algoritmy, disk sa okamžite zviditeľnil. Tím teraz študuje jeho štruktúry. Jedno je isté: 23 diskov okolo mladých hviezd zaradili medzi prvé ciele vesmírneho ďalekohľadu Webb, ktorý do troch rokov HST nahradí.

HST Press Release



Na dvoch horných infračervených archívnych snímkach vidíme planetárne disky materiálu uvoľneného zrážkami, ktoré exponoval HST v roku 1997. Vedci využili koronograf, ktorý zaclonil jasnú hviezdu, takže prístroje mohli analyzovať jemný rozptýlený prach v disku. Ilustrácie dole znázorňujú orientácie týchto diskov.



Na oboch snímkach HST vidíme disk okolo mladej hviezdy HD 181327. Každú spracovali pomocou inej techniky. Na snímke vľavo ešte nedokázali odstrániť svetlo, unikajúce spoza masky koronografu. Na snímke vpravo už zvyškové žiarenie odfiltrovali, takže disk sa v plnej kráse objavil.

Ilustrácia znázorňuje pohyb exoplanéty Kepler-56 b, ktorá sa na blízkej obežnej dráhe okolo materskej hviezdy v rozpínajúcej sa atmosfére vyparuje a deformuje. Exoplanétu Kepler 56b rozpínajúca hviezda pohltí o 133 miliónov rokov. Jej sestru, Kepler-56c o 155 miliónov rokov. Po prvýkrát sa podarilo predpovedať „smrť" dvoch planét v jednej sústave.

Hviezda, ktorá onedlho **pohltí dve planéty**

Exoplanéty Kepler-56b a Kepler-56c pohltí „onedlho" ich materská hviezda. Onedlho v astronomickom meradle znamená: prvá exoplanéta zanikne o 133, druhá o 155 miliónov rokov. Po prvý raz sa astronómom podarilo predpovedať smrť planetárneho systému.

O 5 miliárd rokov sa Slnko premení na červeného obra a postupne prehltne Merkúr, Venušu, ba možno aj Zem. Hviezda Kepler-56 sa mení na červeného obra pred našimi očami. Už teraz má štyrikrát väčší priemer ako Slnko a tento proces sa bude zrýchľovať. S narastaním veľkosti hviezdy budú silnieť aj slapové sily hviezdy, pôsobiace na telesá oboch planét.

Exoplanéta Kepler-56b obehne okolo materskej hviezdy za 10,5 dňa, Kepler-56c za 21,4 dňa.

Obe krúžia okolo materskej hviezdy po oveľa bližších dráhach ako Merkúr okolo Slnka.

Ešte pred pohltením budú obe planéty vystavené čoraz silnejšiemu žiareniu zväčšujúcej sa hviezdy. Ich atmosféry sa dostanú do bodu varu. Zmení sa aj tvar oboch planét: postupne sa pod vplyvom slapových síl premenia z guľových na vajcovité telesá.

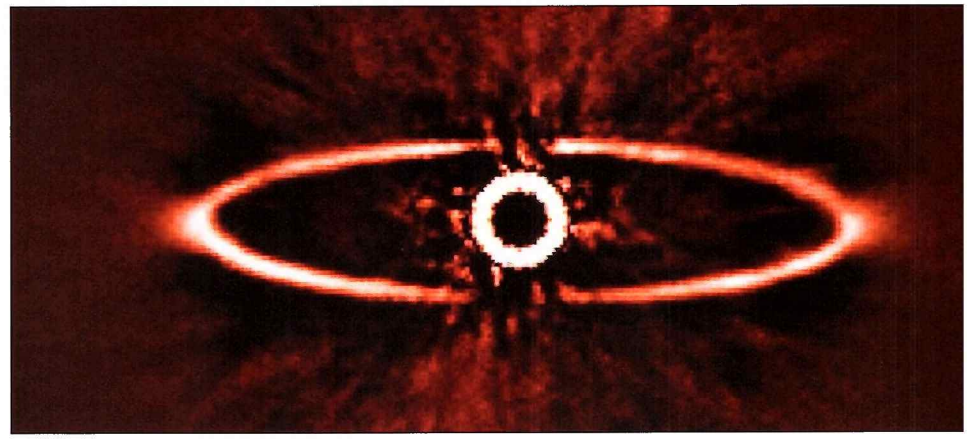
V sústave hviezdy Kepler-56 krúži aj ďalšia vzdialenejšia planéta – Kepler-56d. Materskú hviezdu obehne za 3,3 pozemského roka.

Sústava hviezdy Kepler-56 je prvou multiplanetárnou sústavou so sklonom obežných dráh. Obežné dráhy dvoch vnútorných planét majú oproti rovníku hviezdy značný sklon. To planetológov prekvapilo. Vieme, že ak sa planéty sformovali z rovnakého prachoplynového disku ako hviezda, mali by okolo nej krúžiť (tak ako naše planéty okolo Slnka) v približne v rovnakej rovine.

Sklon obežných dráh vypočítali a porovnali s údajmi starších pozorovaní. Zistili, že najpravdepodobnejší sklon týchto obežných dráh je 37, alebo 131 stupňov. Zároveň vysvitlo, že istý sklon má aj obežná dráha planéty Kepler-56d. Objasnenie záhadného sklonu všetkých planét v rodine hviezdy Kepler-56 prinesú (možno) až ďalšie pozorovania.

Na výskume sa podieľajú vedci z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) v meste Cambridge, v americkom štáte Massachusetts. Ďalších šesť tímov CfA sa zameriava na pôvod, vývoj a budúcnosť vesmíru.

CfA Press Release



Na infračervenej snímke vidieť prstenec prachu okolo blízkej hviezdy HR 4796A v južnom súhvezdí Centaurus. Je to jedna z prvých snímok, exponovaná pomocou prístroja SPHERE, ktorý inštalovali na ďalekohľade VLT/ESO v máji 2014. Snímka vyvolala nadšenie. Ešte nikdy sa nepodarilo nasnímať prachový prstenec s takou ostrosťou. Bezpochyby aj preto, že SPHERE dokázal eliminovať žiarenie veľmi jasnej hviezdy tak, ako nijaký prístroj v minulosti.

Prvé snímky **zo SPHERE**

SPHERE (Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch instrument), špeciálny spektrograf určený na snímkovanie exoplanét, inštalovali na ďalekohľade VLT/ESO v Čile. Prístroj kombinuje najmodernejšie techniky. Ostrosť prvých snímok prachových diskov okolo blízkych hviezd vedcov ohromila.

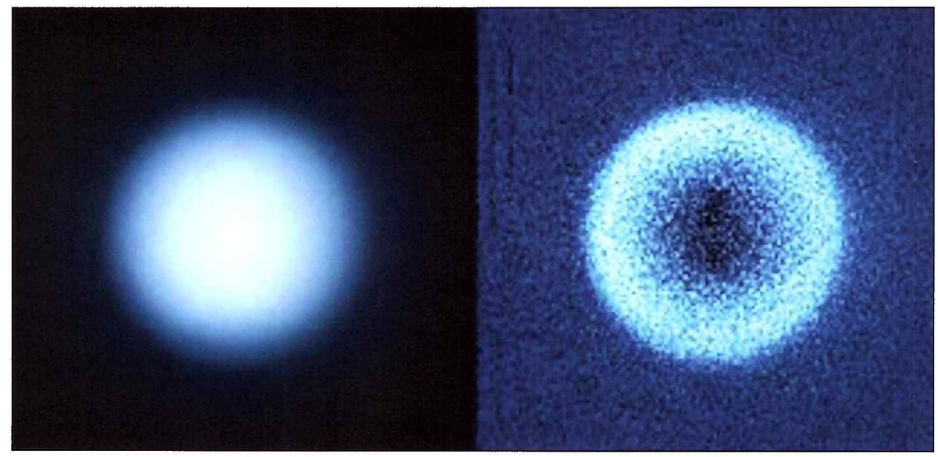
Hlavným poslaním SPHERE je objavovať a charakterizovať obrie planéty, krúžiace okolo svojich hviezd po blízkych obežných dráhach. Takéto objekty sa skúmajú ťažko. Na normálnej fotografii aj za najpriaznivejších podmienok slabučké žiarenie planét v záplave žiarenia z hviezdy zaniká. SPHERE však dokáže snímať s vysokým kontrastom objekty aj v úzkom páse okolo hviezdy. Už prvé snímky pomocou tohto prístroja sú neporovnateľne kvalitnejšie ako snímky exponované prístrojom NACO, ktorým získali prvú priamu snímku exoplanéty.

Jednou z techník na SPHERE je extrémna adaptívna optika, ktorá koriguje efekty v pozemskej atmosfére, takže snímky sú ostrejšie a kontrast exoplanét väčší. Efekt vyššieho kontrastu umožňuje aj koronograf, ktorý zacláňa svetlo hviezdy. A napokon: technika diferenciálneho snímkovania využíva rozdiely medzi žiarením hviezdy a planéty, prejavujúce sa v ich farbách alebo polarizácii. Tieto jemné rozdiely môžu prezradiť na bežných snímkach neviditeľnú planétu.

Prístroj SPHERE vyvinuli a zostrojili vedci z viacerých európskych inštitúcií pod vedením Inštitútu planetológie a astrofyziky v Grenobli, Francúzsko.

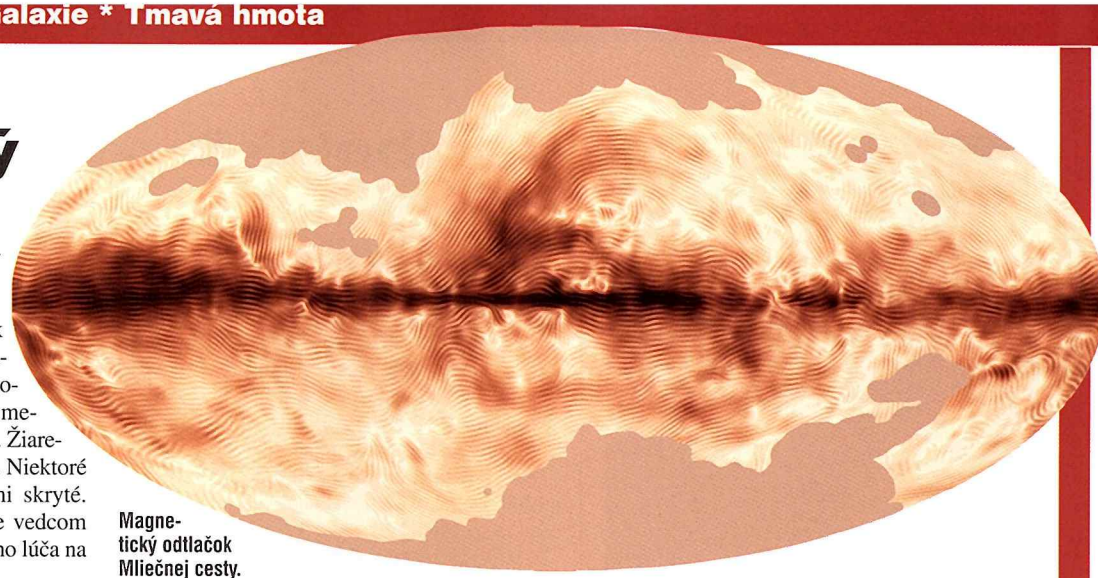
ESO Press Release

1. Väčšinu doteraz objavených exoplanét objavili nepriamymi technikami: meraním zmien radiálnej rýchlosti materskej hviezdy, alebo zaznamenávaním periodicky sa prejavujúceho poklesu jasnosti hviezdy, spôsobeného prechodmi planét. Priamo objavili zatiaľ iba niekoľko planét.
2. Jednoduchý trik umožňuje Prístroju SPHERE exponovať viac snímok objektu, ale s významnou rotáciou medzi jednotlivými expozíciami. Útvary, ktoré na snímke rotujú, sú artefakty, útvary, ktoré zotrvávajú na mieste, sú reálne objekty na oblohe.



Atmosféru Saturnovho mesiaca Titan tvorí hrubá, hustá atmosféra, ktorá odráža viditeľné svetlo Slnka. Titan sa preto vo viditeľnom svetle javí ako hladká guľa, bez akýchkoľvek útvarov *(snímka vľavo)*. Čiastočky sadze, rozptýlené v atmosfére tohto mesiaca však slnečné svetlo polarizujú. Prístroj SPHERE, vybavený citlivými polarimetrami, dokáže zmerať, do akej miery je svetlo polarizované *(snímka vpravo)*. Túto techniku budú využívať pri štúdiu odrazeného svetla exoplanét.

Magnetický odtlačok Mliečnej cesty



Magnetický odtlačok Mliečnej cesty.

Takto vyzerá magnetický odtlačok Mliečnej cesty. Snímku zhotovili z údajov prvej celooblohovej prehliadky „polarizovaného" žiarenia, emitovaného medzihviezdnym prachom v našej Galaxii. Žiarenie je dôverne známou formou energie. Niektoré vlastnosti žiarenia sú však pred nami skryté. Napríklad polarizácia, ktorá poskytuje vedcom informácie, čo sa dialo pozdĺž svetelného lúča na ceste k pozemskému pozorovateľovi.

Žiarenie sa obvykle definuje ako série vĺn elektrických a magnetických polí, vibrujúcich smermi, ktoré sú pravouhlé voči sebe i voči smeru, ktorým sa žiarenie šíri.

Normálne tieto polia vibrujú všetkými smermi. Ak však vibrujú prevažne jedným smerom, hovoríme, že žiarenie je polarizované. To sa stáva, napríklad, keď sa žiarenie odrazí od zrkadla alebo od vodnej hladiny. Polarizované svetlo môžeme absorbovať špeciálnymi filtrami. Takto fungujú aj polarizačné slnečné okuliare, ktorých úlohou je chrániť zrak.

Vo vesmíre môže byť žiarenie emitované hviezdami, polarizované plynom a prachom rôznym spôsobom. Ak vedci dokážu zmerať hodnotu polarizácie, môžu študovať procesy, ktoré polarizáciu spôsobili. Napríklad polarizácia môže prezradiť vlastnosti magnetických polí v médiu, ktorým žiarenie prechádzalo.

Mapu Galaxie zostavili z údajov detektorov na palube satelitu Planck, ktoré fungovali ako slnečné, polarizačné okuliare. Krútňavy, slučky a oblúky znázorňujú štruktúry magnetického poľa našej Galaxie.

Mliečnu cestu okrem stoviek miliárd hviezd tvorí aj zmes plynu a prachu, suroviny, z ktorej sa formujú hviezdy. Napriek tomu, že sú zrniečka prachu veľmi chladné, emitujú žiarenie iba na veľmi dlhých vlnách: od infračervenej až po mikrovlny. Ak zrniečka nie sú symetrické, väčšina emitovaného žiarenia vibruje pozdĺž ich dlhšej osi. Žiarenie sa polarizuje.

Zrniečka kozmického prachu skoro vždy rýchle rotujú (až 10 miliónkrát za sekundu). Rotáciu spôsobuje bezpočet zrážok s fotónmi a rýchle sa pohybujúcimi atómami. Nakoľko na medzihviezdne oblaky v Mliečnej ceste pôsobia magnetické polia, rotujúce zrniečka prachu sa usporiadajú najmä pozdĺž svojej dlhšej osi, ktorá je kolmá na smer magnetického poľa. Výsledkom je sieťová polarizácia emitovaného žiarenia, ktorú možno zmerať.

Astronómovia využívajú polarizované žiarenie zo zrniečok prachu na skúmanie štruktúry magnetického poľa Galaxie, najmä na orientáciu siločiar poľa v rovine oblohy.

Tmavšie oblasti na snímke satelitu Planck prezrádzajú silnejšie polarizované emisie. Jemné prúžky zasa naznačujú orientáciu magnetického poľa premietnutého na oblohu. Nakoľko má magnetické pole Mliečnej cesty trojdimenzionálnu (3D) štruktúru, orientácia siete sa dá iba ťažko interpetovať, ak sú siločiary poľa pozdĺž zorného lúča silne neusporiadané. Na snímke zo satelitu však v niektorých častiach magnetického poľa Galaxie vidíme veľkoškálovú organizovanosť.

Tmavý pás uprostred snímky je rovinou Galaxie. Tu sa polarizácia prejavuje pravidelnými útvarmi vo veľkých škálach. To preto, že väčšina siločiar magnetického poľa je rovnobežná s rovinou Galaxie.

V blízkych prachoplynových oblakoch sa však v polarizácii prejavujú variácie. Rozlíšime ich nad i pod rovinou Galaxie, tam, kde sú lokálne magnetické polia neusporiadané.

Hlavnou úlohou satelitu Planck však nie je štúdium magnetických polí Galaxie, ale najmä mapovanie mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CMB), najstaršieho žiarenia kozmu.

Planck už CMB s doteraz najväčšou presnosťou zmeral. Teraz sa vedci pokúšajú z týchto údajov zmerať polarizáciu tohto žiarenia, čo je hlavným cieľom misie Planck. Údaje o polarizácii sa totiž môžu stať dôkazom existencie gravitačných vĺn, ktoré vesmír vygeneroval bezprostredne po big bangu.

V marci 2014 zverejnili vedci z tímu BICEP2 prvú detekciu takéhoto (očakávaného) signálu. Ďalekohľad na Južnom póle však skúmal iba malú oblasť oblohy na jedinej mikrovlnnej frekvencii. Objav očakávanej štruktúry polarizácie vyvolal senzáciu, hoci sa objavili aj pochybnosti. Nemožno totiž vylúčiť, že polarizované emisie mohli vygenerovať aj procesy v popredí napriek tomu, že takáto možnosť je na oblohe nad Južným pólom zanedbateľná.

Najneskôr do konca tohto roku zverejní tím okolo satelitu Planck údaje o polarizovanom žiarení oblohy na siedmich rozličných frekvenciách. Tieto údaje umožnia vedcom odseparovať najrozličnejšie možné kontaminácie v popredí od slabého primordiálneho signálu CMB. Tak sa dozvieme o procesoch, ktoré v mladom vesmíre prebiehali: od superrýchlej expanzie (inflácie) vesmíru až po obdobie, keď sa o niekoľko stoviek miliónov rokov neskoršie začali formovať prvé hviezdy.

Planck Press Release

Čierna diera, ktorá sa prejedla

Čierne diery rešpektujú tzv. Eddingtonov limit. Podľa neho čierna diera s akréčnym diskom môže v podobe výtryskov, vetrov a žiarenia vyvrhovať iba isté množstvo hmoty z disku. Ak tento limit prekročí, emitované žiarenie preruší nabaľovanie hmoty a čierna diera má pôst.

Čierne diery občas tento limit prekročia, ale iba na krátky čas. Roberto Soria z Curtin University (Austrália) však objavil stelárnu čiernu dieru, ktorá limit narušila počas 20 000 rokov. Jeho tím študoval binárny systém MQ1 v röntgenovej, infračervenej a rádiovej oblasti. Röntgenové žiarenie vzniká v akréčnom disku. Zo vzťahu emisií z disku a jeho hmotnosti odhadli vedci aj hmotnosť objektu s parametrami stelárnej čiernej diery.

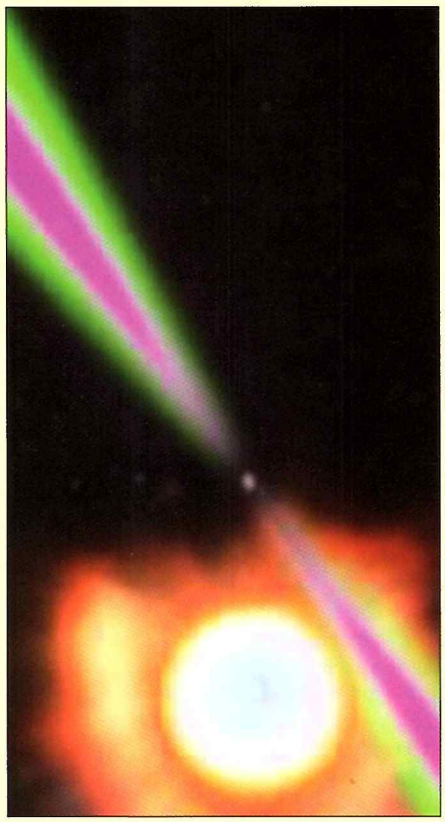
Astronómovia študovali aj zväčšujúcu sa bublinu okolo MQ1, ktorú nafukuje vyvrhnutá hmota z čiernej diery. Z údajov o emisiách horúceho plynu vo vnútri bubliny vypočítali, koľko energie plyn vstrebal, a pokúsili sa odhadnúť priemerný výkon výtrysku.

Z údajov o sile vytrysku, veľkosti bubliny a hustoty plynu vypočítali, ako dlho sa táto štruktúra rozpína. Hmotnosť čiernej diery odhadli na 10 až 115 hmotností Slnka. (Najpravdepodobnejšia hodnota je 40 $M_\odot$.) Počas 20 000 rokov vyvrhla do svojho okolia 10^{45} joulov energie. Desaťkrát viac ako priemerná supernova. Ak má čierna diera naozaj hmotnosť 40 $M_\odot$, výdaj energie niekoľkonásobne prekračuje Eddingtonov limit.

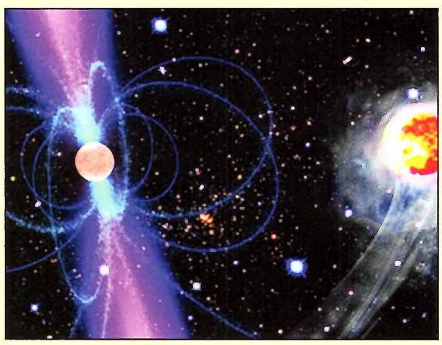
Záhadou je, prečo čierna diera dokázala tak dlho narušovať Eddingtonov limit. Je známe, že stelárne čierne diery, zložky dvojhviezd, ožívajú na niekoľko mesiacov či rokov, generujú výtrysky, aby vzápätí na celé desaťročia zadriemali.

Podľa Soriu je možné, že čierna diera MQ1 3- až 4-krát počas 100 000 rokov prekročila Eddingtonov limit. To vtedy, keď do nej jej spolupútnik, druhá masívna zložka dvojhviezdy, dodávala dostatok hustého plynu. Normálne sa tlak fotónov v nabaľovanom plyne môže zvýšiť natoľko, že môže zabrániť prepadu všetkej hmoty do čiernej diery. V prípade, ak je plyn príliš hustý a odoláva žiareniu, je únik fotónov sťažený. Stáva sa, že fotóny nedokážu uniknúť skôr, ako okolitý plyn prepadne pod horizont udalostí nad čiernou dierou. Nemôžu teda pumpovať plyn smerom do bubliny. A práve to sa odohráva v objekte MQ1, ktorý sa vracia do normálu.

Sky and Telescope, jún 2014

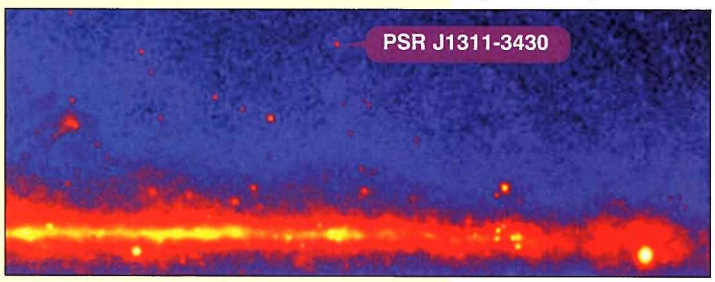


Pulzar PSR J1311-3430 sa otočí okolo svojej osi 390-krát za sekundu. Periodické rádiové (zelené) a gama pulzy (hrdzavé) zaznamenávame aj na Zemi. Pulzar zohrieva privrátenú stranu hviezdy (spolupútnika v systéme dvojhviezdy) do takej miery, že sa postupne vyparuje, zmenšuje, až kým celkom nezanikne.



Druhou zložkou dvojhviezdy (okrem pulzaru) je veľmi hustá hviezda, 8-krát hmotnejšia a 30-krát hustejšia ako Jupiter. Vedci vypočítali, že táto hviezda, je zvyškom veľkej hviezdy, krúžiacej v systéme už milióny rokov. Obe hviezdy delí iba 520 000 kilometrov.

Ilustrácia znázorňuje rýchle sa pohybujúcu hviezdu, krúžiacu okolo pulzaru J1311-3430. Žiarenie gama s vysokou energiou, generované pulzarom spôsobuje, že hviezda sa zahrieva a vyparuje. Modré kruhy okolo pulzaru znázorňujú jeho silné, magnetické pole.



Kanibalské pulzary

Odrody austrálskych jedovatých pavúkov, Čierna vdova (Black widow) a Červený chrbát (Redback), sú známe tým, že samičky zabíjajú a zožerú svojich partnerov po párení. Astronómovia zaznamenali podobné správanie pri dvoch typoch dvojhviezd. V oboch prípadoch sú zložkami dvojhviezdy rýchle rotujúce neutrónové hviezdy, zvané pulzary.

Ak sa ocitne normálna hviezda s malou hmotnosťou v blízkosti milisekundového pulzaru, jej osud je spečatený.

Astrofyzici rozlišujú dva typy takýchto párov: dvojhviezdu typu Čierna vdova tvoria menšie hviezdy s podstatne nižšou hmotnosťou ako zložky dvojhviezdy typu Červený chrbát.

V Mliečnej ceste objavili zatiaľ 18 Čiernych vdov a 9 Červených chrbtov. Ďalšie dvojhviezdy oboch typov našli v hustých hviezdokopách, ktoré krúžia okolo našej Galaxie.

V roku 2012 objavili čiernu vdovu PSR J1311-3430. Tvorí ju jedna z najmasívnejších neutrónových hviezd, dvakrát hmotnejšia ako Slnko. Okolo nej krúži spolupútnik, objekt z hmotnosťou 12 – 14 Jupiterov, ale o 40 % menší ako najväčšia planéta našej sústavy. Doba obehu, 93 minút, je rekordne krátka. Spolupútnika neutrónovej hviezdy na tesnejšej obežnej dráhe zatiaľ neobjavili.

Neutrónové hviezdy vznikajú vtedy, keď masívna hviezda vybuchne ako supernova. Výbuch rozptýli vonkajšie vrstvy do okolia, zvyšok sa scvrkne do gule s priemerom zhruba 20 kilometrov. Mladá izolovaná neutrónová hviezda rotuje pomerne pomaly (niekoľko desiatok otočiek za sekundu) a pritom generuje lúče v rádiovej, viditeľnej, röntgenovej a gama oblasti. Astronómovia ich zaznamenávajú ako pravidelné, periodické pulzy. Neutrónové hviezdy generujú aj silné vetry, či presnejšie častice s vysokou energiou. Generátorom týchto výronov energie je rýchle rotujúce magnetické pole neutrónovej hviezdy. Časom, keď sa rotácia pulzaru spomalí, emisie zoslabnú.

Pred 32 rokmi objavili astronómovia oveľa rýchlejšie rotujúcu odrodu pulzarov. S periódou rotácie 10 i viac milisekúnd. Do dnešného dňa zapísali do katalógov vyše 300 milisekundových pulzarov. Mladé pulzary sú väčšinou osamelé objekty, ale viac ako polovica milisekundových pulzarov má spolupútnika. Normálnu hviezdu, z ktorej postupne odsáva hmotu, a tým sa omladzuje. Omladzovanie sa prejavuje najmä zrýchlenou rotáciou.

Emisie častíc s vysokou energiou i hviezdne vetry z pulzaru zahrievajú hviezdu, spolupútnika. Narastajúca teplota sa prejavuje zväčšovaním priemeru hviezdy. Hviezda sa rozpína, „puchne", takže pulzar z nej čoraz ľahšie odsáva a nabaľuje omladzujúce krmivo. Až dovtedy, kým ju po miliónoch až miliardách rokov neskonzumuje. Tento proces je jedným z možných vysvetlení existencie osamelých milisekundových pulzarov.

Satelit Fermi objavil doteraz zhruba 50 miliesekundových pulzarov. Aj preto, že jeho cieľom je detegovanie najsilnejších zdrojov žiarenia gama, ktorými sú najmä pulzary. Údaje o pulzoch z antény LAT na satelite Fermi je však veľmi ťažké interpretovať, ak vedci nemajú presnejšie predstavy o systéme. Preto z prehliadok oblohy, ktoré robia rádioteleskopy, vylovia najskôr údaje, ktoré potvrdia alebo vyvrátia, že zdrojom je pulzar. Až potom sa spresňujú ďalšie parametre.

Skoro všetky Čierne vdovy a Červené chrbty v Mliečnej ceste objavil satelit Fermi. Vyše polovice týchto objektov preskúmali v posledných rokoch rádioteleskopy.

Pulzary emitujú intenzívne žiarenie, pretože ich rýchla rotácia a silné magnetické polia urýchľujú častice tak, že nadobúdajú obrovské energie. Vedci sa zameriavajú najmä na to, ako spolupútnici Čiernych vdov a Červených chrbtov reagujú na energiu z pulzarov. Tieto hviezdy sú akýmisi zrkadlami, umožňujúcimi skúmať emisie z pulzarov až do detailov.

Pulzar PSR J1311skúmali najskôr vo viditeľnom svetle. Ukázalo sa, že slabá hviezda – spolupútnik – menila svoju farbu z intenzívnej modrej na červenú v priebehu 90 minút! To znamená, že v rovnakom rytme sa strieda jej teplota z horúcej na chladnú. Tak sa zrodila hypotéza, že tieto zmeny spôsobuje malá, kompaktná hviezda – pulzar. Určite ide o Čiernu vdovu.

Z ďalších meraní vyplynulo, že strana hviezdy privrátená k pulzaru sa zahrieva na viac ako 12 000 °C. (Teplota fotosféry Slnka Je 5 700 °C.) Povrch odvrátenej strany hviezdy mal priemernú teplotu 2 700 °C, o polovicu nižšiu ako Slnko.

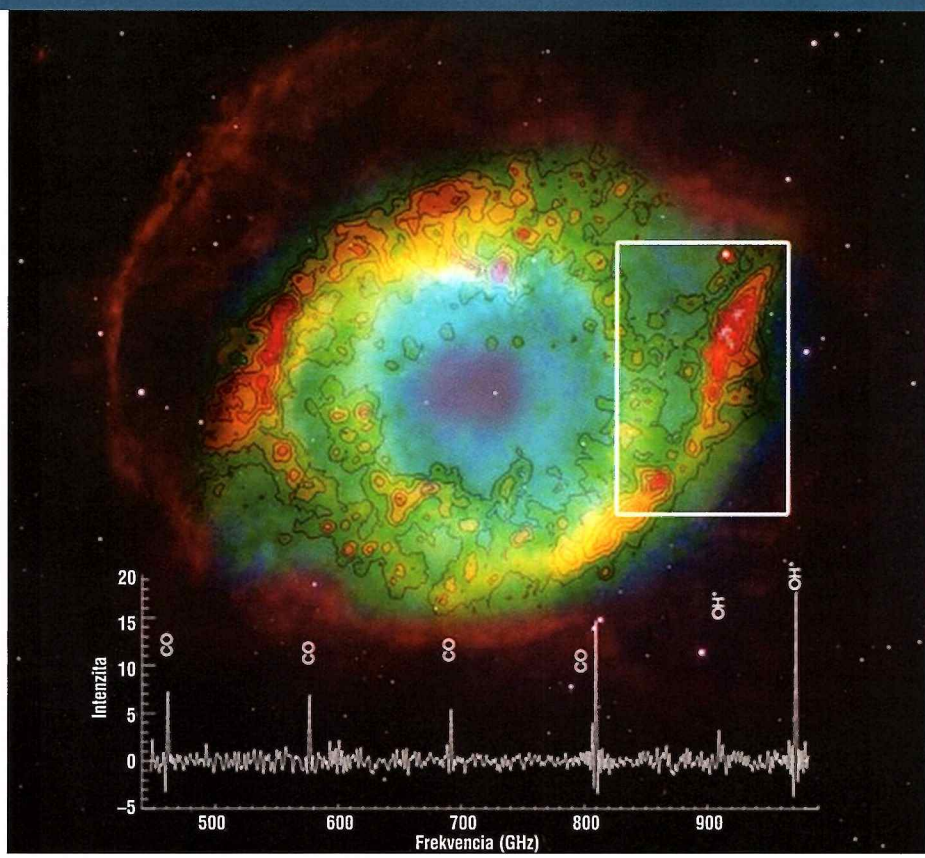
Z modelov viacerých čiernych vdov vyplynulo, že PSR J1311 musí mať (na pulzar) mimoriadne vysokú hmotnosť. Na snímkach ďalekohľadov Gemini (Čile) a Keck (Havajské ostrovy) zaznamenali na hviezde mimoriadne vzplanutia, čo dokazovalo existenciu meniaceho sa zahrievania. Tak vypočítali, že malý pulzar má dvojnásobne väčšiu hmotnosť ako Slnko.

PSR J1311 sa tak stal prvým milisekundovým pulzarom, ktorý bol objavený výlučne analýzou pulzov gama žiarenia. Je to jeden z najväčších úspechov tímu okolo satelitu Fermi. Pulzar sa otočí okolo osi 390-krát za sekundu! To znamená, že prístroj LAT na satelite Fermi zaznamená iba každý miliónty pulz.

Keď do výskumu zapojili aj ďalšie rádioteleskopy, ukázalo sa, že systém emituje aj rádiové pulzy, ale v nepravidelných intervaloch. Prečo? Tým, že pulzar zohrieva a očesáva hmotu z hviezdy-spolupútnika, v sústave sa zhromažďuje veľké množstvo plynu, ktorý rádiové emisie rozptyľuje i absorbuje. Žiarenie gama, ktoré má väčšiu energiu, však z tejto klietky bez problémov uniká. Rádiové žiarenie uniká iba sporadicky, keď sa v plynovej obálke objavia medzery.

Čierne vdovy i Červené chrbty sú unikátnymi prírodnými laboratóriami, ktoré vedcom umožňujú študovať pulzary a ich zničujúce pôsobenie na spolupútnikov. Tieto hviezdy slapové sily pulzaru a intenzívne žiarenie gama, ktorého fotóny dosahujú bezmála rýchlosť svetla postupne deštruujú, takže sa napokon vyparia a zaniknú.

Fermi Press Release



Planetárna hmlovina Helix: vedci v spektre materiálu vyvrhnutej obálky okolo umierajúcej hviezdy objavili čiary oxidu uhoľnatého (CO) i molekúl OH+, ktoré sa môžu podieľať na formovaní molekúl vody.

Nové molekuly okolo umierajúcich hviezd

Vesmírny ďalekohľad Herschel objavil v žeravej pahrebe okolo umierajúcich hviezd molekuly schopné vytvoriť vodu!

Keď malé a stredne veľké hviezdy podobné Slnku, dožívajú, môžu sa zmeniť aj na bielych trpaslíkov. V takom prípade sa zbavujú vonkajších obálok prachu a plynu. Vyvrhnutý materiál sa sformuje do nádherných okvetí – planetárnych hmlovín.

Astronómovia v 18. storočí, medzi nimi aj William Herschel, považoval tieto matné, guľaté objekty za planetárne sústavy. O dvesto rokov neskôr vesmírny ďalekohľad pomenovaný po Herschelovi sprostredkoval prekvapujúci objav.

Vyvrhnutý materiál z umierajúcich hviezd obohacuje medzihviezdnu hmotu aj o prvky, ktoré sa podieľajú na formovaní ďalšej generácie hviezd. Kým výbuchy supernov (po smrti masívnych hviezd) produkujú najťažšie prvky, planetárne hmloviny, produkty umierajúcich menších hviezd, obsahujú najmä ľahšie „prvky života": uhlík, dusík či kyslík, produkty termonukleárnych fúzií v jadrách materských hviezd.

Ak sa menšie hviezdy premenia na bieleho trpaslíka, emitujú intenzívne ultrafialové žiarenie. Toto žiarenie môže zničiť molekuly v prstencoch a zámotkoch vyvrhnutej obálky a zároveň sťažujú vytváranie molekúl nových.

O to väčšie bolo prekvapenie, keď Herschel aj v týchto horúcich oblastiach detegoval vitálne molekuly, schopné podieľať sa na formovaní vody. Ba čo viac: zdá sa, že práve v takom prostredí sa vitálnym molekulám darí. Napríklad molekula OH+ je kladne nabitou kombináciou jednoduchých atómov kyslíka a vodíka. V troch z jedenástich hmlovín takéto molekuly našli. V centre týchto troch hmlovín hniezdia najhorúcejšie hviezdy s teplotou viac ako 100 000 °C.

Kolískami molekúl sú husté chuchvalce prachu a plynu, bombardované fotónmi UV- a röntgenového žiarenia. Toto žiarenie s vysokou energiou podnecuje chemické reakcie, ktorých produktom sú molekuly.

Španielski astronómovia študovali planetárnu hmlovinu Helix, vzdialenú 700 svetelných rokov, jednu z najbližších planetárnych hmlovín. Centrálna hviezda má polovičnú hmotnosť Slnka, ale oveľa vyššiu teplotu: až 120 000 °C. Vo vyvrhnutých obálkach objavili vedci celú paletu molekúl. Keď hmlovinu Helix monitorovala sonda Her-schel, vedci zistili, že najviac vitálnych molekúl sa vyskytuje v oblastiach bohatých na oxid uhoľnatý (CO). Vyvrhnutý plyn je vystavený UV-žiareniu.

Keď kyslík uvoľnený UV-žiarením unikne z molekuly CO, dokáže vytvárať molekuly kyslík/vodík, čo podporilo dávnejšie hypotézy o jednom z možných spôsobov vzniku vody. Zatiaľ však nie je isté, či sa v takýchto podmienkach z molekúl OH+ môžu vytvárať molekuly vody.

Blízka hmlovina Helix je prírodným laboratóriom, kde vedci môžu študovať chémiu týchto objektov, i rolu, ktorú zohrávajú pri recyklovaní molekúl v medzihviezdnej hmote.

Herschel detegoval vodu v asteroidoch hlavného pásu i v medzihviezdnych oblakoch, kde sa rodia hviezdy. Teraz objavili proces, ktorým aj umierajúce hviezdy prispievajú k tvorbe vody vo vesmíre.

Herschel Press Release

Objavili nový typ pulzaru

Údaje z vesmírnych i pozemských röntgenových ďalekohľadov prispeli k objaveniu zvláštneho pulzaru. Vieme, že pulzary sú mimoriadne hustým pozostatkom po kolapse masívnych hviezd. Majú mimoriadne silné magnetické polia a emitujú pravidelné pulzy žiarenia, ktoré sa šíri pozdĺž ich magnetických osí. (Magnetické osi majú iný sklon ako osi, okolo ktorých pulzary rotujú.)

Astronómovia donedávna rozlišovali dva typy pulzarov: pomalé a milisekundové. Pomalé (staré) pulzary sa otočia okolo osi za 5 až 7 sekúnd. Milisekundové pulzary sa otočia za sekundu aj niekoľkostokrát. Astrofyzici skúmajú, čo spôsobuje takéto rozdiely a zmeny jednotlivých typov pulzarov i procesy, ktoré menia jeden typ pulzaru za iný.

Rýchlosť rotácie pulzarov sa obvykle mení iba nepatrne. Väčšinou sa s vekom objektu spomaľuje. V dvojhviezdach, kde pulzar nabaľuje hmotu blízkeho spolupútnika sa rotácia môže aj zrýchľovať. Vlani objavili pulzar PSR J1824-24521 so zvláštnym správaním.

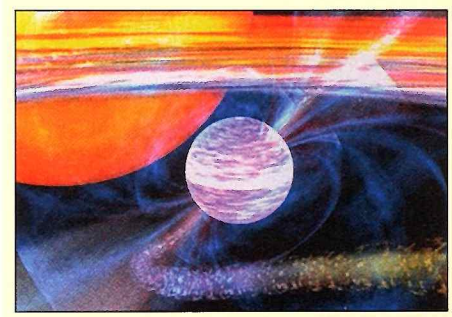
Sonda INTEGRAL/ESA vlani v marci detegovala v guľovej hviezdokope M28 premenlivý zdroj röntgenového žiarenia. Objav vzápätí potvrdil aj vesmírny ďalekohľad Newton. Zaznamenal meniaci sa röntgenový signál s periódou 3,93 milisekúnd. O niečo neskôr vesmírny ďalekohľad Chandra spresnil miesto zdroja. Ukázalo sa, že ide už o známy pulzar PSR J1824-24521.

O mesiac neskôr študovali španielski vedci pulzar pomocou štyroch rádioteleskopov: Australia Telescope Compact Array, Green Bank Telescope, Parkes Radio Telescope, Westerbork Synthesis Radio Telescope. Nakoľko žiadne signály z pulzaru nezaznamenali, ďalšie pozorovanie preložili o ďalší mesiac. Tentokrát mali úspech. Zistili, že rádiové pulzy pulzaru utíchajú už niekoľko týždňov po vyvrcholení röntgenovej aktivity. Doteraz nijaký pulzar s takou rýchlou zmenou dvoch fáz nezaznamenali.

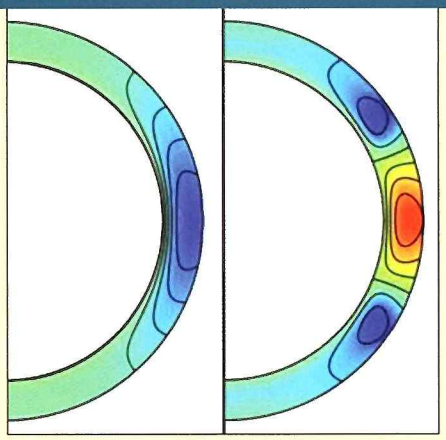
Vedci analyzovali röntgenové signály a dospeli k presvedčeniu, že pulzar je súčasťou dvojhviezdy. Druhú zložku tvorí hviezda s pätinovou hmotnosťou Slnka. Pulzar z hviezdičky nasáva hmotu, ale nie pravidelne. Počas nabaľovania hmoty sa teplota plynu zvyšuje, emituje röntgenové žiarenie. Keď nasávaná hmota tesne obalí povrch pulzaru, rozbehnú sa termojadrové reakcie, ktoré sa končia explóziou. Také vzplanutia zaznamenal ďalekohľad Newton. Keď nasávanie hmoty utíchne, magnetické pole pulzaru dokáže nabaľovaný plyn rozrušiť a rozriediť, čím uvoľní cestu pre rádiové emisie.

Každý prísun hmoty do istej miery urýchľuje rotáciu pulzaru. Podľa vedcov pulzar PSR J1824-24521 predstavuje evolučný medzistupeň medzi röntgenovou dvojhviezdou a milisekundovým pulzarom.

Science



Pulzar v popredí nasáva hmotu z malej, oranžovej hviezdy v pozadí. Oba objekty sú zložkami dvojhviezdy. Prísun hmoty, hoci nepravidelný, zakaždým urýchľuje rotáciu pulzaru.



Vľavo Hallov atraktor, ktorý štartuje z dipólového poľa. Vpravo Hallov atraktor, ktorý štartuje z osempólového poľa. V prvom prípade by vám kompas ukazujúci strelkou na sever bol pri orientácii v teréne na dobrej pomoci. V druhom prípade by ste sa na kompas spoľahnúť nemohli.

Magnetické polia
neutrónových hviezd...

...nie sú také silné, ako sa pôvodne zdalo. Neutrónové hviezdy, tieto mimoriadne husté zvyšky po kolapsoch masívnych hviezd, generujú najsilnejšie magnetické polia vo vesmíre. Magnetické polia niektorých neutrónových hviezd sú však oveľa silnejšie ako iné. Prečo, to nikto nevie.

Dvaja fyzici z McGill University sa sústredili na geometriu magnetických polí neutrónových hviezd. Ich objav pomôže vedcom zmerať hmotnosť a polomer týchto objektov a prehĺbiť ich poznatky o fyzike hmoty pri extrémnych hustotách.

Pôvodné teórie pripúšťali, že magnetické polia neutrónových hviezd sa môžu rozpadnúť na menšie slučky, ba postupom času aj celkom zaniknúť. Vedci však objavili niekoľko neutrónových hviezd, ktoré si aj v „strednom veku" (1 až 2 milióny rokov), udržali nezvyčajne silné magnetické polia. Aktuálne pozorovania pôvodné teórie do istej miery spochybnili.

Magnetické polia neutrónových hviezd sa primerane k veku menia. Pomocou simulácií na počítači obaja vedci však dokázali, že spočiatku sa magnetické polia rýchle rozvíjajú. Potom však v ich evolúcii nastane čudný zlom: pri všetkých simuláciách, bez ohľadu na to, aké bolo magnetické pole hviezdy v čase jej zrodu, sa štruktúra poľa zmenila a ich evolúcia sa dramaticky spomalila.

Náhlu zmenu magnetického poľa prirovnali k procesu, keď kávu so šľahačkou miešate pomocou lyžičky. Šľahačka sa postupne rozpadne a zmieša sa s kávou. Podľa pôvodnej predstavy sa tak ako šľahačka mala správať aj kôra neutrónovej hviezdy voči magnetickým poliam. (V takom prípade by vám kompas orientovaný na severný pól nepomohol.) Zo simulácií však vyplynulo, že magnetické pole zotrvá v pôvodnej štruktúre (šľahačka sa odmieta zmiešať s kávou), takže by ste sa pomocou kompasu mohli pohybovať po povrchu hviezdy.

Vedci túto konečnú konfiguráciu magnetického poľa nazvali stavom „Hallovho atraktora". (Podľa efektu Hall, ktorý podľa astrofyzikov riadi evolúciu magnetického poľa v neutrónových hviezdach.) Hallov efekt objavili v pozemských materiáloch. Fyzici sa nazdávajú, že tento efekt môže zoslabovať magnetické pole neutrónovej hviezdy turbulenciami, pričom tento proces naopak vrcholí v stave atraktora so stabilnou štruktúrou magnetického poľa.

Physical Review Letters

Najväčší ďalekohľad
v Galaxii...

...zmeral vlastnosti neutrónovej hviezdy s miliónkrát väčšou presnosťou ako doteraz. Meranie umožnil prírodný ďalekohľad, medzihviezdna hmota, ktorú tvoria riedko roztrúsené nabité častice, pôsobiace ako gigantická šošovka. Prírodná šošovka umožnila podrobné pozorovanie rádiových emisií z malej, rotujúcej neutrónovej hviezdy. Tento výkon možno porovnať s pozorovaním štruktúry ľudských génov zo vzdialenosti Mesiaca.

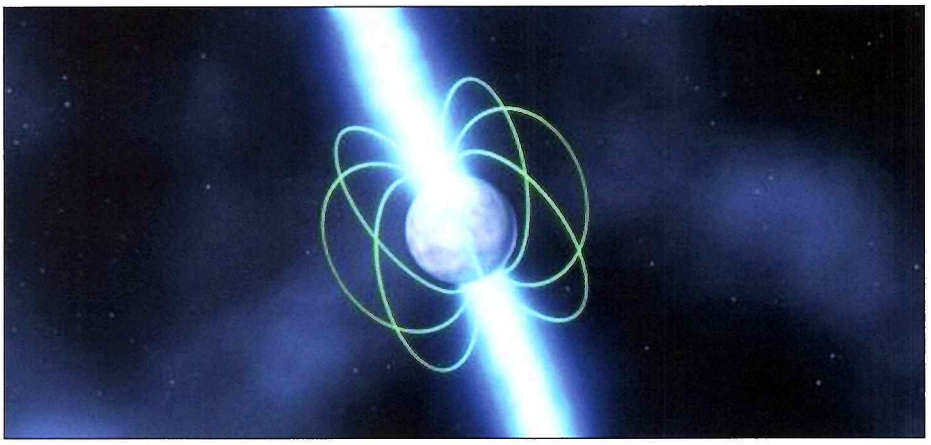
Ani najväčšie neutrónové hviezdy nemajú väčší priemer ako niekoľko desiatok kilometrov, takže štúdium ich fyzikálnych vlastností je neobyčajne ťažké. Vedcov zaujímajú najmä pulzary, odroda neutrónových hviezd, ktoré emitujú mimoriadne pravidelné pulzy rádiového žiarenia. Prvý pulzar bol objavený už pred 45 rokmi, ale mechanizmus, ktorý rádiové vlny generuje, nie je úplne pochopený.

Vedci objavili spôsob, ako využiť deformácie týchto pulzov počas ich prechodu medzihviezdnou hmotou na priblíženie vzdialeného, malého objektu. Obraz vytvárajú pomocou počítača, v ktorom spracúvajú tisíce subfotografií pulzaru. Donedávna najväčšie priblíženie umožňovalo prepojenie veľkých rádioteleskopov na všetkých kontinentoch. Tak dosiahli rozlíšenie 50 oblúkových milisekúnd. Najnovšia metóda, využívajúca „medzihviezdnu šošovku", ktorú vyvinuli v Centre pre celooblohovú astrofyziku (CAASTRO), umožňuje rozlíšenie až 50 oblúkových picosekúnd, teda miliardkrát detailnejšie, než to dokázali združené rádioteleskopy. Po lopate: v sledovanej oblasti dokážu rozlíšiť políčko s priemerom 5 kilometrov!!!

Novú techniku vyskúšali na pulzare B0834+06. Zistili, že oblasť, z ktorej unikajú emisie je oveľa menšia ako sa predpokladalo a podľa všetkého sa nachádza oveľa bližšie k povrchu pulzaru. Vedci objav považujú za kľúč k pochopeniu pôvodu rádiového žiarenia.

Nová technika umožňuje spresniť aj vzdialenosti medzi pulzarom a jeho spolupútnikom v dvojhviezdach a „zobraziť" aj ich extrémne malé obežné dráhy. Tieto možnosti považujú vedci aj za nový, mimoriadne presný test Einsteinovej všeobecnej teórie relativity.

ICARR Press Release



Pulzary rotujú neobyčajne rýchle, emitujú rádiové vlny detegovateľné aj na Zemi, ale mechanizmus, ktorý tieto vlny generuje, je zatiaľ záhadou.

Tmavá hmota
v Mliečnej ceste?

Podľa teórie aj tmavú hmotu tvoria častice a antičastice, ktoré sa navzájom anihilujú. Aj pri tejto anihilácii, rovnako ako pri anihilácii častíc normálnej hmoty, vzniká celá paleta známych častíc (vrátane pozitrónov a elektrónov) i žiarenie gama. Vesmírny ďalekohľad Fermi objavil nedávno okolo jadra našej Galaxie oblaky, ktoré by mohli byť produktom anihilácie tmavej hmoty.

Vedci podľa údajov z ďalekohľadu Fermi vytvorili mapu zdrojov žiarenia gama okolo jadra Galaxie do vzdialenosti 5 000 svetelných rokov. Pulzary ako alternatívny zdroj gama žiarenia vylúčili, lebo v tejto oblasti sa vyskytujú iba vzácne.

Ak sú ich interpretácie údajov správne, zdrojom signálov, ktoré Fermi zaznamenal, by mali byť častice tmavej hmoty. Objav tímu okolo Fermilab vyvolal nadšenie i pochybnosti. Skeptici upozorňujú, že populácia pulzarov okolo jadra Galaxie môže byť oveľa početnejšia ako populácia v jej špirálových ramenách. Iba ich zatiaľ nedokážeme vo veľkých oblakoch plynu objaviť.

Vedci preto urobili skúšku správnosti. Zvolili si dve blízke, trpasličie galaxie, podľa teórie bohaté na tmavú hmotu, ale s minimom zdrojov, (najmä pulzarov), ktoré sú urýchľovačmi normálnych častíc. Z údajov, ktoré doteraz získali, nemožno dokázať, že ide o podobný proces, ako prebieha v centre Mliečnej cesty.

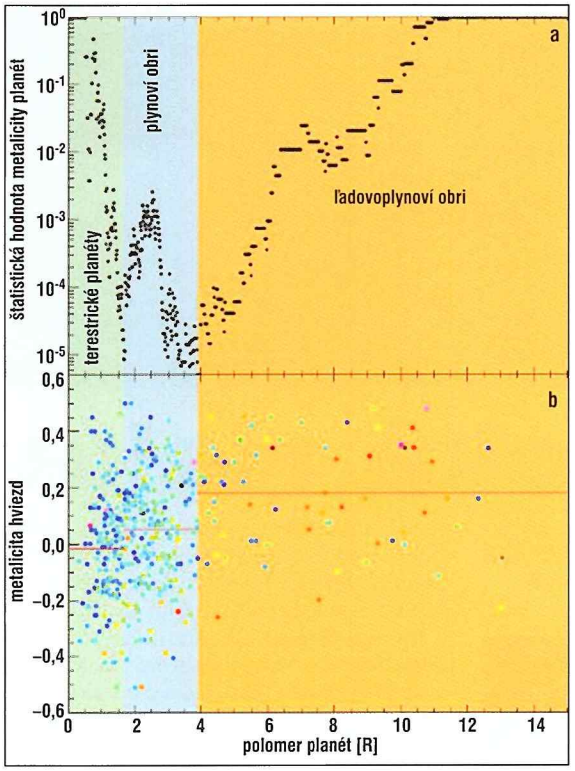
Časť vedcov je presvedčená, že silnejšie dôkazy existencie tmavej hmoty získajú vedci vo veľkých pozemských urýchľovačoch. Priama detekcia tmavej hmoty ešte nebola potvrdená, ale v urýchľovači Large Hadron Collider (LHC) už namerali častice s energiami v rozpätí 31 až 40 gigaelektrónvoltov. Práve také energie by mali mať aj častice tmavej hmoty.

Sky & Telescope, júl 2014

Plynoví trpaslíci: **ďalšia trieda exoplanét**

Planetológovia donedávna rozlišovali dva typy exoplanét: plynových obrov a terestrické (skalnaté) planéty. Nedávno identifikovali ďalší typ: plynových trpaslíkov. Tieto telesá majú tiež mohutné, husté atmosféry, ale sú oveľa menšie ako obrie planéty v našej Slnečnej sústave.

Vedci z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) porovnali viac ako 600 planét, ktoré objavil vesmírny ďalekohľad Kepler. Sústredili sa najmä na vzťah medzi ich veľkosťou a obsahom prvkov (ťažších ako vodík a hélium) v ich materských hviezdach. Zamerali sa najmä na planéty menšie ako Zem, ktoré tvoria tri štvrtiny z celkového počtu exoplanét objavených Keplerom.



Graf znázorňuje vzťah metalicity materských viezd a troch typov exoplanét s odlišným zložením.

Kepler pomocou techniky zákrytov objavil viac ako 4 000 kandidátov na exoplanéty. Údaje umožňujú vypočítať priemer planét a parametre ich obežných dráh. Zloženie týchto telies sa však odvodzuje z ich hmotností. Lenže hmotnosť malých telies, najmä tých skalnatých, na ktorých sa mohol uchytiť život, sa vypočítava ťažko. Planetológovia z CfA preto využili dômyselnú metódu: nakoľko sa planéty formujú v diskoch krúžiacich okolo hviezd (a tieto disky sú pozostatkom materiálu, z ktorého vznikli aj hviezdy), z údajov o hviezdach dokážu vedci odvodiť aj zloženie planét. A až potom vypočítať ich hmotnosť.

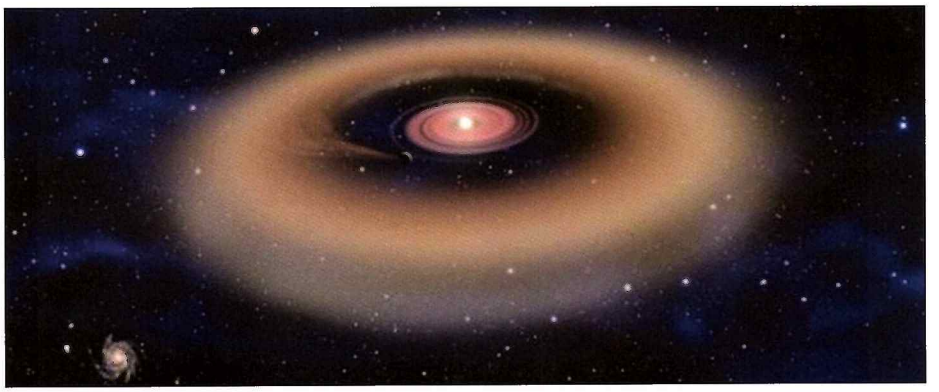
Vedci preskúmali vyše 600 planét, krúžiacich okolo 400 hviezd, pričom skúmali ich metalicitu (podiel prvkov ťažších ako vodík a hélium). Potom spravili štatistický test s cieľom zistiť, do akej miery sa hodnota metalicity hviezd a novoobjavených planét zhoduje.

Ukázalo sa, že planéty s hmotnosťou pod $1{,}7_Z$ sú terestrické telesá a planéty s hmotnosťou vyššou ako $3{,}9_Z$ sú už plynoví obri. Telesá s hmotnosťami medzi 1,7 až $3{,}9_Z$ nazvali plynovými trpaslíkmi. Takéto planéty by mali mať husté atmosféry z vodíka a hélia obaľujúce skalnaté jadrá. Plynoví trpaslíci však nikdy nedorastú do veľkosti plynových obrov. To však platí iba pre planéty na blízkych obežných dráhach. Planéty krúžiace na vzdialenejších obežných dráhach môžu nabaliť oveľa mohutnejšie atmosféry.

Významným objavom tímu CfA je zistenie, že väčšina malých skalnatých telies, ktoré objavil Kepler, krúžia okolo hviezd, ktoré majú podobnú metalicitu ako Slnko. Hviezdy s plynovými trpaslíkmi sú iba o niečo bohatšie na kovy ako Slnko. Hviezdy, okolo ktorých krúžia aj plynoví obri, obsahujú o 50 % viac kovov ako Slnko.

Zdá sa, že Zemi podobné planéty sa formovali a formujú najmä okolo hviezd s podobnou metalicitou ako Slnko. To má logiku, lebo tam, kde má primordiálny materiál nižšiu metalicitu, sa ťažšie formujú stavebné bloky rodiacich sa terestrických planét.

CfA Press Release



Ilustrácia znázorňuje planétu, ktorá sa formuje v prachoplynovom disku, krúžiacom okolo mladej hviezdy.

Ilustrácia znázorňuje exoplanétu GU Psc b *(v popredí)*, **9- až 13-krát hmotnejšiu ako Jupiter, čo krúži okolo materskej hviezdy GU Psc** *(hviezdička vľavo od planéty)*, **ktorá má 3-krát nižšiu hmotnosť ako Slnko.**

GU Psc b: exoplanéta s najdlhšou obežnou dráhou

Okolo materskej hviezdy GU Psc obehne za 80 000 rokov. Astronómovia z University of Montreal objavili exoplanétu GU Psc b priamo a zistili, že je od materskej hviezdy vzdialená 2000 AU. Na vzdialenejšej obežnej dráhe zatiaľ žiadnu exoplanétu neobjavili.

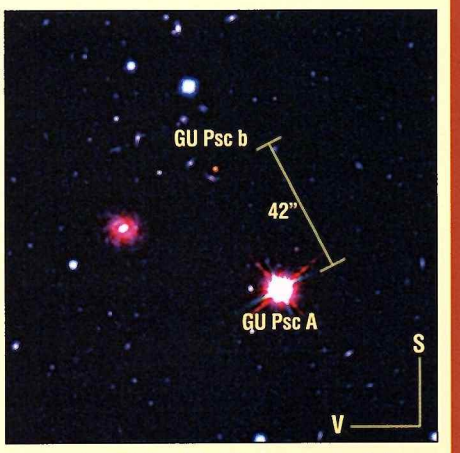
Hviezda GU Psc v súhvezdí Rýb, vzdialená 155 svetelných rokov, má trikrát nižšiu hmotnosť ako Slnko. Patrí do skupiny mladých hviezd AB Doradus. Takéto skupiny mladých hviezd sú pre lovcov exoplanét, objavujúcich exoplanéty priamo vďačným terčom, pretože žiaria oveľa jasnejšie ako staršie, chladnejšie hviezdy.

Vedci pozorovali v skupine AB Doradus 90 hviezd, ale zatiaľ objavili iba jedinú exoplanétu. Pri tejto metóde sa ťažko odhaduje hmotnosť objavených planét. Vedci preto na spresnenie ich parametrov využívajú teoretické modely planetárnej evolúcie.

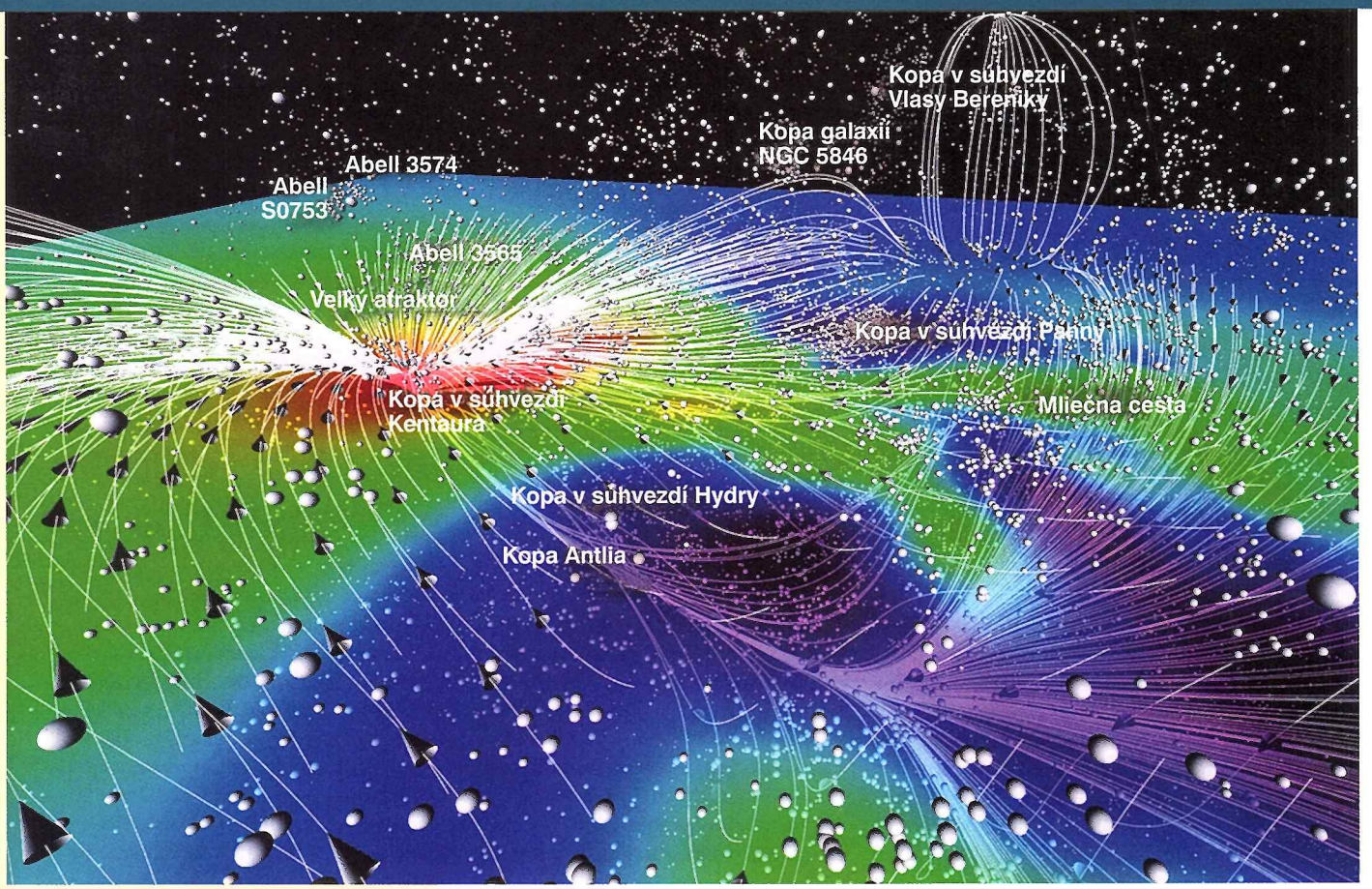
Spektrum planéty GU Psc b (získané z Gemini North Observatory) porovnali s takýmito modelmi. Zistili, že planéta má teplotu 800 °C!! Vzhľadom na to, že vek hviezd v skupine AB Doradus bol známy už dávnejšie, vypočítali, že rekordná exoplanéta je 9- až 13-krát hmotnejšia ako Jupiter.

V nasledujúcich rokoch sa tým zameria na detegovanie podobných exoplanét, ale na bližších obežných dráhach. Parametre týchto planét sa však budú spresňovať (vzhľadom na vzdialenosť a jasnosť materských hviezd) oveľa ťažšie. Preto sa GU Psc bude využívať ako model, umožňujúci lepšie pochopenie týchto objektov.

University of Montreal Press Release



Exoplanéta GU Psc b krúži okolo materskej hviezdy vo vzdialenosti 2000 AU. Obehne okolo nej za 80 000 rokov. Exoplanétu na vzdialenejšej obežnej dráhe zatiaľ neobjavili.



Dynamický vesmír: všetky skupiny a kopy galaxií (sivé guľky) sa pohybujú v prúdniciach pripomínajúcich kužele, ktoré smerujú k gravitačným uzlom v kozmickej sieti. Väčšina galaxií sa pohybuje smerom k dvom centrám: k Veľkému atraktoru a ku kope Antlia-Kentaur. Farby znázorňujú hustotu hmoty, a teda aj gravitačný potenciál (červená: vysoká hustota, modrá: nízka hustota).

Kozmická rieka

Galaxie sa vo vesmíre pohybujú v mohutných prúdoch. Túto univerzálnu dynamiku začínajú kozmológovia vo veľkých škálach mapovať.

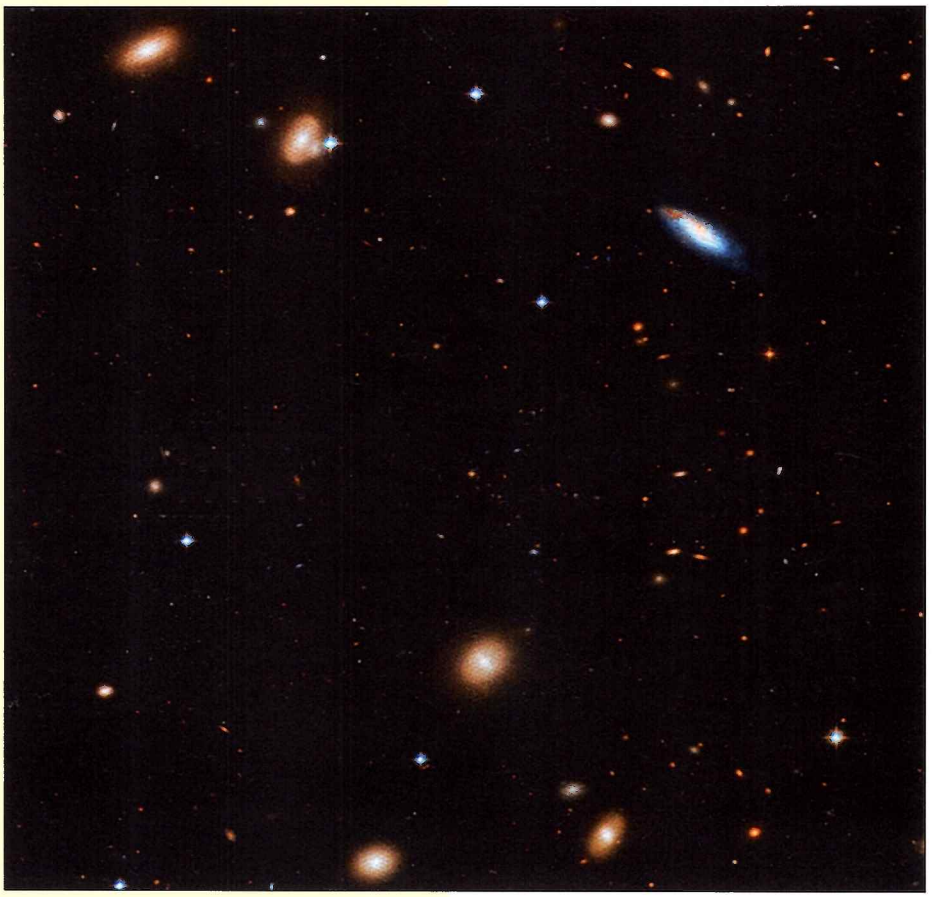
Vo vesmíre sa všetko pohybuje: Zem krúži okolo Slnka, Slnko okolo jadra Mliečnej cesty, ktorá sa zasa rýchlosťou 300 kilometrov za sekundu približuje k susednej galaxii Andromeda. O štyri miliardy rokov s ňou splynie.

Na našu Galaxiu však gravitačne pôsobia aj ďalšie objekty. Na rýchlosti pohybu Mliečnej cesty sa významne podieľa aj vyše 2 000 galaxií v kope Panny. Všetky galaxie vo vesmíre sú vystavené najrozličnejším gravitačným vplyvom, takže na seba vzájomne neustále pôsobia. K tomu treba pripočítať aj gravitačný vplyv tmavej hmoty, ktorá má 5-krát väčšiu hmotnosť ako všetky hviezdy a oblaky plynu a prachu vo vesmíre. Súčet všetkých týchto síl pôsobí na galaxie tak, že sa zoskupili do početných prúdov.

Vo veľkých škálach sa tieto pohyby, vzhľadom na obrovské vzdialenosti, nedajú priamo pozorovať. Heléne Courtois a Brent Tully z Havajskej univerzity však našli spôsob, ako vypočítať tieto miliardy rokov trvajúce pohyby a znázorniť ich v animovanom filme. Predbežný výsledok ich snaženia nájdete pod názvom Cosmic Flows na internetovej stránke *http://irfu.cea.fr/cosmography*.

Galaxie nie sú vo vesmíre rovnomerne rozptýlené. Zoskupili sa do veľkých kôp, ktoré sú súčasťou gigantickej siete. Podľa najnovších poznatkov je v oblastiach s veľkým počtom galaxií nahustená aj tmavá hmota. Aj tá je súčasťou kozmickej siete.

Pohyby galaxií ovplyvňujú dva faktory. Jednak sa od nás všetky zoskupenia hviezd vzďaľujú, pretože vesmír sa rozpína (tak ako sa zväčšuje vzdialenosť medzi dvoma mravcami na nafuku-



Ostrovy v prázdnote: kopa galaxií Abell 1656 v súhvezdí Vlasy Bereniky je vzdialená 300 miliónov svetelných rokov.

júcom sa balóne), jednak sa aj samotné galaxie, pod vplyvom najrozličnejších uzlov gravitácie, od seba vzďaľujú. A práve tieto pohyby sa obaja vedci rozhodli zmapovať. V rámci projektu Cosmic Flows sa pokúšajú oddeliť tieto pohyby od neustáleho rozpínania časopriestoru.

Courtois a Tully vychádzajú zo zákona, ktorý už v roku 1930 objavil Edwin Hubble: galaxie sa od nás vzďaľujú tým rýchlejšie, čím sú od nás vzdialenejšie. Ak zmeriame spektrum galaxie, môžeme vypočítať jej vzdialenosť. Hubblov zákon však opisuje iba rýchlostné komponenty rozpínania vesmíru. Preto dnes na spresnenie vzdialeností galaxií využívame aj iné metódy. Ak sa táto hodnota odlišuje od hodnoty Hubblovej expanzie, potom ju spôsobuje pekuliárna, vlastná rýchlosť, spôsobovaná gravitáciou ostatných galaxií.

Courtois a Tully analyzovali dostupné údaje a porovnali ich z údajmi galaxií, ktorých parametre sami zmerali. Výsledok ich snaženia astronomickú pospolitosť nadchol. Kvôli názornejšiemu predvedeniu vytvoril ich kolega Daniel Pomaréde grafický program, ktorý znázorňuje rozloženie galaxií až do vzdialenosti 400 miliónov svetelných rokov. Vedci vypočítali ich vlastné pohyby, znázornené na videu. Túto formu znázorňovania nazvala Courtois „kozmografiou".

Naša Mliečna cesta, spolu s galaxiu v Andromede, hmlovinou Trojuholník (M33) a viacerými malými galaxiami vytvárajú Lokálnu skupinu. Lokálna skupina má priemer 10 miliónov svetelných rokov a rozpínanie vesmíru sa na nej neprejavuje. Všetky objekty Lokálnej skupiny sa pohybujú buď k Mliečnej ceste, alebo ku galaxii v Andromede.

Lokálna skupina je však iba bezvýznamnou súčasťou obrovskej siete, ktorá, podobná pene, vypĺňa celý vesmír. Uprostred bublín peny zívajú gigantické prázdne priestory, ktoré sa, napriek tomu, že nemajú gravitáciu, podieľajú na podobe vzorca pohybov všetkých galaxií. Na križovatkách a v uzloch, kde sa križujú vlákna a „steny" siete, pozorujeme najväčšie kopy galaxií. Napríklad kopu v súhvezdí Vlasy Bereniky tvorí viac ako tisíc galaxií! Táto kopa je súčasťou „veľkého múru" (dĺžka 500 miliónov svetelných rokov), ktorý je jednou z najväčších doteraz objavených štruktúr vesmíru. Superkopa Kentaur je križovatkou až piatich silných vlákien.

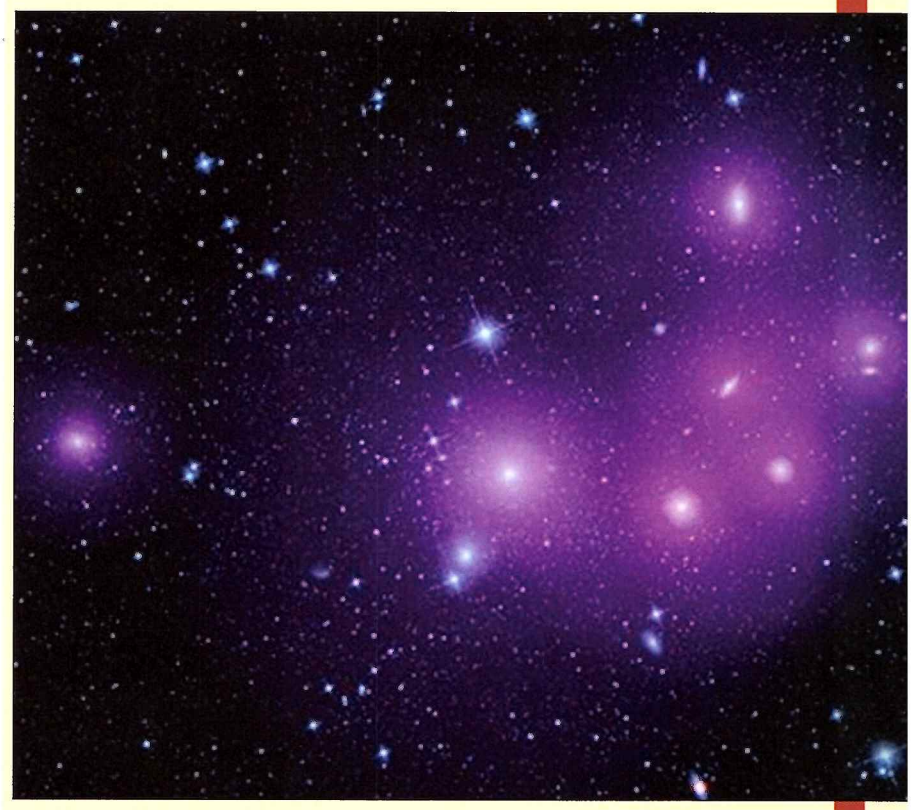
Na videu môžeme pozorovať, ako sa rozptýlené galaxie približujú zo všetkých strán siete k týmto superkopám. Najmocnejším vysávačom galaxií je Veľký atraktor, superkopa niekoľkých desiatok tisíc galaxií.

Mliečna cesta sa spolu s objektmi Lokálnej skupiny pohybuje smerom ku kope Panny a po vlákne Virgo sa približuje k druhému „kozmickému vysávaču", k superkope Antlia-Kentaur. Odtiaľ poputuje k Veľkému atraktoru.

Do akej miery sa v budúcnosti budú superkopy galaxií zahusťovať, závisí od rozpínania vesmíru. Vo veľkých škálach však dominuje rozpínanie časopriestoru, kvôli čomu sa galaxie od seba vzďaľujú. Názornejšie: mravce sa na nafukujúcom sa balóne nepohybujú tak rýchle, aby sa na zväčšujúcej ploche od seba nevzďaľovali. „Zdá sa, že kvôli tomu Mliečna cesta nikdy nedospeje k Veľkému atraktoru," vraví Heléne Courtois. „Momentálne sa k nemu blížime rýchlosťou 400 kilometrov za sekundu, ale rozpínanie vesmíru nás od seba vzďaľuje rýchlosťou 4 000 kilometrov za sekundu."

Doteraz získané a overené údaje zatiaľ nepostačujú na vypočítanie pôsobenia dvoch ďalších superkôp galaxií: Veľkého múru a kopy Perseus-Ryby. To sa dozvieme, keď sa podarí zmerať pohyby galaxií do vzdialenosti 1,5 miliardy svetelných rokov. Na dvoch veľkých rádioteleskopoch si už vedci zabezpečili viac ako 1 000 hodín pozorovacieho času. Pod inými prístrojmi strávia desiatky ďalších nocí.

Bild der Wissenschafft, máj 2014



Aktívne, supermasívne čierne diery v jadrách galaxií rozdeľujeme na zahalené (záclonami prachu v toruse) a obnažené. Rozličné podoby čiernych dier podmieňuje to, ako ich pozemskí pozorovatelia vidia: zboku, alebo zhora.

Zahalené a obnažené **čierne diery**

Prehliadka viac ako 170 000 supermasívnych čiernych dier (pomocou infračervreného satelitu WISE) pomohla astronómom preveriť niekoľko desaťročí starú teóriu. Táto teória sa pokúsila vysvetliť, prečo aktívne čierne diery sú také odlišné, hoci ide v podstate o fyzikálne podobné objekty. Niektoré sú zahalené oblakmi prachu, iné sú obnažené, takže procesy okolo nich možno pozorovať.

Podľa tejto teórie okolo každej čiernej diery krúži torus, podobný lievancu s dierou uprostred. Podľa toho, ako je tento „lievanec" orientovaný smerom k pozemskému pozorovateľovi, mení sa aj vzhľad čiernej diery. Pri pohľade zboku torus čiernu dieru prekrýva. Pri pohľade zhora je čierna diera „viditeľná". Údaje z WISE lievancovú teóriu podkopali.

Vieme, že v srdci každej galaxie hniezdi masívna čierna diera. Astronómovia sa zameriavajú najmä na tie aktívne, ktoré nabaľujú hmotu z okolia. Tieto čierne diery obaľujú husté oblaky plynu, „krmiva", ktoré umožňuje ich rýchly rast. Keď sa „krmivo" minie, čierna diera „zaspí" a prestane sa zväčšovať.

Pomocou počítačov vylovili vedci z údajov WISE viac ako 170 000 supermasívnych čiernych dier. Zahalených i obnažených. So zvláštnym zreteľom na to, ako sú zoskupené na oblohe.

Ak by bola stará teória pravdivá, potom aj zahalené čierne diery, prekryté torusmi, by sa mali zoskupovať podobne ako obnažené čierne diery. Údaje z WISE však odhalili, čo nikto neočakával: zahalené čierne diery sa zoskupujú oveľa častejšie ako tie obnažené!

Jedným z možných vysvetlení tejto záhady je tmavá hmota, ktorá má celkove šesťkrát vyššiu hmotnosť ako viditeľná (baryonická) hmota. Každá galaxia sídli uprostred hala tmavej hmoty. Čím väčšie halo, tým má väčšiu gravitáciu a tým viac galaxií z okolia k sebe priťahuje.

Nakoľko sme sa vďaka WISE dozvedeli, že zahalené čierne diery sa „ochotnejšie" zoskupujú ako obnažené, vedci nepochybujú, že zahalené čierne diery sídlia vo väčších halách tmavej hmoty. Tieto halá však nemajú vplyv na zahaľovanie čiernych dier. Mohli by sa však stať kľúčom k objasneniu neznámych procesov, ktoré v okolí čiernych dier prebiehajú.

„Každá teória, každý model, by mal byť taký jednoduchý, ako je len možné, ale nie jednoduchší!" – vyhlásil kedysi Einstein. O čiernych dierach sa dozvedáme stále viac, ale akákoľvek definitívna teória je zatiaľ predčasná.

WISE Press Release

Gravitácia:

kozmická sila, o ktorej ešte zďaleka všetko nevieme

Tristo tridsať rokov uplynulo odvtedy, ako Isaac Newton pochopil podstatu gravitácie. Traduje sa, že necelú minútu potom, ako mu v záhrade, kde rozjímal pod stromom, padlo na hlavu jablko, napísal na papier jeden zo základných vzorcov, na ktorých stojí moderná fyzika.

Za tie roky gravitáciu skúmali a s gravitáciou experimentovali najosvietenejšie hlavy modernej vedy. Napriek tomu sa okolo tejto najslabšej kozmickej sily vynára viac záhad ako kedykoľvek predtým. Preto sa fyzici pomocou dômyselných experimentov pokúšajú rozlúštiť fyzikálnu podstatu gravitácie.

Hra s gravitáciou: na kolotoči spôsobuje odstredivá sila zážitok pasažierov.

Gravitácia spoľahlivo, po kolmici, stiahne tohto športovca z mostíka do bazéna.

Clive Speake je bezradný. Jeho tím sa nedávno pokúsil nanovo zmerať hodnotu gravitačnej konštanty. Hodnota, ktorá vypadla z počítača, je však oveľa vyššia, ako očakávali. Speake, profesor fyziky (University of Birmingham), však tvrdí, že v meraniach chyba nie je. To má ďalekosiahle dôsledky: gravitačná konštanta nie je hocijaký fyzikálny parameter. Je to základná hodnota, ktorá vyjadruje veľkosť, silu a vlastnosti gravitácie. Vďaka gravitácii Zeme sú ľudia, zvieratá a veci pripútaní k povrchu Zeme. Gravitácia zároveň ovláda veľkoškálové procesy vo vesmíre: pohyby planét, hviezd i galaxií.

Výsledok z Birminghamu spôsobil vo svete fyziky rozruch. Celé desaťročia sa vedci pokúšajú zistiť skutočnú hodnotu gravitačnej konštanty. Ani tie najdômyselnejšie experimenty sa však neskončili úspechom. V čom je problém? Najrozličnejšie merania prinášajú protirečivé výsledky. Za tretím miestom po desatinnej čiarke sa výsledky rozbiehajú.

Súčasná hodnota gravitačnej konštanty je **$6{,}67384(80).10^{-11}$ $m^3kg^{-1}s^{-2}$.** Dnes, keď vedci dokážu merať s presnosťou na milióntiny, ba na miliardtiny, neurčitosť gravitačnej konštanty však zraňuje ich ego.

Navyše niektorí fyzici špekulujú, že s gravitačným zákonom čosi nesedí. A to by malo na fyzikálny obraz sveta závažné dôsledky. Priznávajú, že gravitácia je v podstate tajomná, neznáma sila. Géniovia ju zabalili do vzorcov a zákonov. (Newton sformuloval gravitačný zákon už v roku 1686. Einstein o 230 rokov neskoršie vyvinul jeho rozšírenie: všeobecnú teóriu relativity.) Napriek tomu gravitácia k ostatným trom základným silám prírody (elektromagnetická sila, silná a slabá jadrová sila) akosi nepasuje.

Problémy s kvantami

Štandardný model, aktuálna teória časticovej fyziky, narába iba s týmito tromi silami. Gravitáciu tento model ignoruje: jednoducho ju nedokáže včleniť do abstraktného formalizmu kvantovej mechaniky, teórie, ktorá veľmi úspešne opisuje štruktúry a dynamiku vo svete atómov a elementárnych častíc.

Tým sa svet teoretickej fyziky rozpadol na dve časti: na jednej strane je štandardný model mikrokozmu, na druhej Newtonov gravitačný zákon pre svet, v ktorom žijeme, a všeobecná teória relativity pre veľkoškálový vesmír.

Toto provizórium fyzikov rozčuľuje: Už Albert Einstein a Werner Heisenberg (zakladateľ kvantovej mechaniky) snívali o zjednocujúcej Teórii všetkého, ktorá by gravitáciu a kvantovú fyziku spojila v novej superteórii. Kvantová gravitácia by mala vysvetliť aj fenomény, pri ktorých dnešná fyzika zlyháva. Napríklad big bang a procesy vo vnútre čiernych dier. Všetky pokusy o zjednotenie však zlyhávajú.

Predovšetkým sa nedarí spresniť ani gravitačnú konštantu. Matematické vzorce síce vyjadrujú, ako gravitácia pôsobí medzi telesami, ktoré delí istá vzdialenosť. Ak presne zmeriame vzdialenosť dvoch telies s hmotnosťou presne 1 kilogram, a ktorých ťažiská sú od seba vzdialené presne 1 meter, získame hodnotu gravitačnej konštanty.

Newton opísal gravitačný zákon takto: gravi-

tácia dvoch telies závisí od hodnoty ich hmotností, vydelenej štvorcom ich vzdialeností. To znamená: čím sú ich hmotnosti väčšie a čím menšia je vzdialenosť medzi nimi, tým silnejšie gravitácia pôsobí. Gravitačná konštanta pôsobí ako spájajúci článok a definuje silu gravitácie oproti iným prírodným silám.

Trpasličia sila

Napriek tomu, že gravitácia je jedinou silou, ktorú všade pociťujeme, je výrazne najslabšou spomedzi dnes známych základných prírodných síl. Od elektromagnetických interakcií medzi elektrickými nábojmi ju delí hodnota s 35 nulami. Fakt, že gravitáciu vôbec vnímame, závisí od toho, že sa elektrické sily vzájomne vyvažujú: atómy majú rovnaký počet kladných i záporných nábojov, a preto sa javia pri pohľade zvonka neutrálne.

Pri gravitácii sa sčítavajú vplyvy všetkých príťažlivých síl. Preto gravitácia, napriek tomu, že je dramaticky najslabšou silou, ovplyvňuje všetko dianie na Zemi i vo vesmíre. Vďaka gravitácii môžeme sedieť i chodiť, kvôli gravitácii padáme. Gravitácia ženie potoky a rieky smerom k moru. Gravitácia drží pohromade Slnko, Zem i Mesiac. Ovplyvňuje obeh planét okolo hviezd a pohyb obrovských galaxií a kôp galaxií vo vesmíre. Zmerať jej presnú hodnotu bráni to, že je taká slabá.

Tento fakt pochopil britský fyzik Henry Cavendish už v roku 1797, keď sa ako prvý

V stave beztiaže: astronaut Joe Acaba (NASA) pozoruje svoj zrkadlový obraz v kvapke vody, ktorá pláva v kabíne Medzinárodnej kozmickej stanice (ISS).

pokúsil určiť hodnotu gravitačnej konštanty. Činku s dvomi olovenými guľami zavesil na kovové vlákno. Vedľa činky postavil dve väčšie olovené telesá. Gule sa pod vplyvom gravitácie začali navzájom priťahovať, čo činku a vlákno nepatrne pootočilo.

Efekt bol taký nepatrný, že ho Cavendish mohol zaznamenať iba pomocou triku: na vlákno zavesil zrkadlo a pozoroval v ňom odraz plameňa sviečky na stene. To, čo videl, ho šokovalo: pomocou otáčajúcich sa váh dokázal zmerať hodnotu konštanty s presnosťou 1 %. Fyzici dodnes tento princíp merania využívajú: ťažké závažia pôsobia na malé testovacie telesá a rušia ich stav pokoja.

Vedci tento princíp niekoľkokrát menili a spresnili: Napríklad vedci z Washington University v Seattli sa pokúsili v roku 2000 Cavendishov pokus zopakovať. Nad otáčajúci sa stôl zavesili tenkú platničku skla na wolfrámové vlákno. Potom začali stolom pomaly otáčať. Mimo stola umiestnili dve telesá s hmotnosťou 30 kilogramov. Počas každého otočenia stola pôsobili tieto telesá prostredníctvom gravitácie na kyvadlo so sklenenou platničkou. Elektronické riadenie pohybovalo stolom tak, že sa wolfrámové vlákno neprekrútilo. Tento trik podstatne zvýšil presnosť merania.

Vedci napokon roztočili aj telesá. Roztáčali ich opačným smerom ako rotoval stôl. Tak odstránili gravitačný vplyv okolia. Nakoľko pôsobenie gravitácie nemožno zacloniť, musia vedci gravitačné pole v laboratóriu dobre poznať, alebo jeho vplyv šikovne eliminovať. Inakšie by nielen okoloidúce auto na ulici, ale aj laborant mohli mimoriadne presné merania narušiť.

Experimenty spôsobil rozruch

Hodnotu potvrdili aj merania iných tímov. Nie všetkých: inú hodnotu namerali vedci z Joint Institute for Laboratory Astrophysics v Bouldere (Colorado). No a všetko na hlavu obrátili výsledky Cliva Speaka. Aj pri tomto experimente využili Cavendishove otáčajúce sa závažia, ale vylepšili ho. Použili dve rozličné metódy, čím odstránili väčšinu zdrojov porúch.

Briti už v roku 2001 svoje údaje zverejnili. Nameraná hodnota sa však od referenčnej hodnoty odlišovala o 0,2 promile! To vedcov rozladilo. Pokus zopakovali pomocou zdokonalenej techniky. Vlani, v septembri zverejnili výsledok: nameraná hodnota bola takmer rovnaká ako pri prvom pokuse!

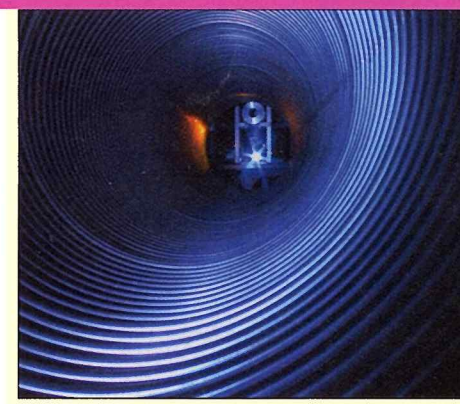
V priebehu roka 2014 sa uskutoční nové spresnenie prírodných konštánt. V prípade gravitačnej konštanty budú mať fyzici problém. Ocitli sa v slepej uličke: každý tím je presvedčený, že práve oni merali správne. Vo februári tohto roka sa preto vedci stretli, aby popremýšľali o možnostiach ešte presnejších experimentov.

Činky vystriedajú atómy

Jeden z týchto experimentov je už na svete. Dva tímy (v Taliansku a v USA) sa pokúšajú nahradiť v úlohe testovacej hmoty používané činky a kyvadlá. Nahradia ich atómy.

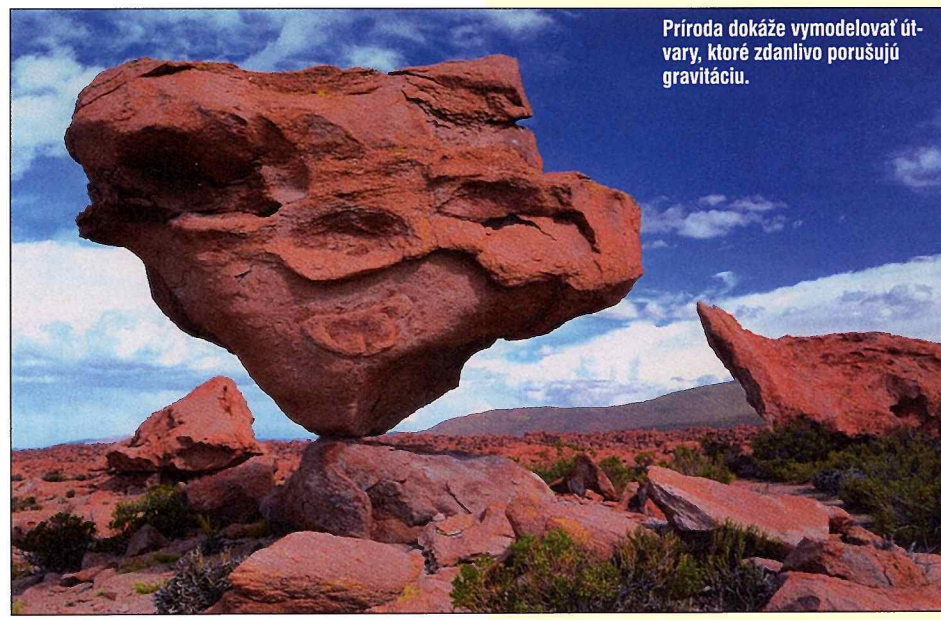
Princíp: v kovovej, vertikálne stojacej rúre, z ktorej vypumpujú vzduch, budú pomocou laseru posúvať ultrachladný obláčik atómov rubí-

⇨⇨



Hľadanie zvlneného priestoru

Podľa všeobecnej teórie relativity vzniká gravitácia deformáciou časopriestoru. Keď sa objekty, hviezdy, planéty či ľudia pohybujú rýchlejšie, vytvárajú poruchy, ktoré sa v čase a priestore šíria v podobe vĺn. Tak to vyplýva zo vzorcov Einsteinovej teórie. Tieto vlny pripomínajú kruhové vlny, ktoré sa po hladine vody šíria po dopade nejakého telesa. Takáto gravitačná vlna sa prejavuje prítomnosťou charakteristického vzoru, vyvolaného periodickým zmršťovaním i rozpínaním priestoru, ktorý vlna počas prechodu vyvolala. Hoci viaceré tímy na všetkých kontinentoch hľadajú stopy po gravitačných vlnách, zatiaľ sa im nepodarilo dokázať očakávané zmeny v tkanine časopriestoru. Asi preto, že rytmické variácie, ktoré hypotetické gravitačné vlny spôsobujú, sú nepatrné. Napríklad aj gravitačné vlny, vyvolané výbuchom supernovy, ktorý patrí medzi najenergetickejšie úkazy vo vesmíre, by vzdialenosť medzi Zemou a Slnkom zmenili o hodnotu priemeru atómu vodíka. Zmeny na Zemi, po ktorých pátrajú kilometre dlhé gravitačné detektory, sú ešte o stomilióntinu kratšie. Aj iné objekty generujú gravitačné vlny, ale tie sú ešte slabšie. Ak sa podarí gravitačné vlny zaznamenať, nebol by to iba pokrok astronómie. Bolo by to skvelé potvrdenie platnosti Einsteinovej všeobecnej teórie relativity. Ak ani výkonnejšie detektory gravitačné vlny nezaznamenajú, pochybnosti fyzikov o podstate gravitácie by sa ešte zvýšili.

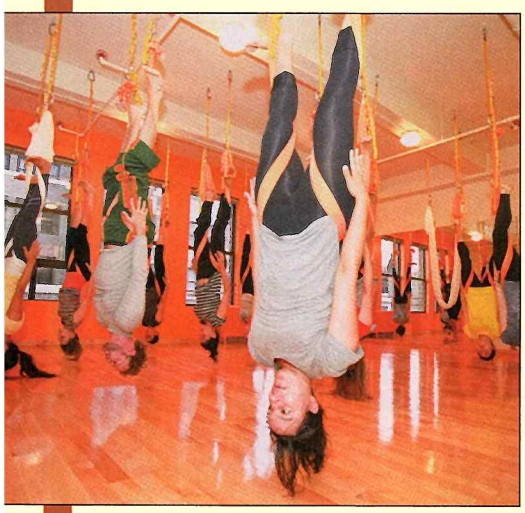


Príroda dokáže vymodelovať útvary, ktoré zdanlivo porušujú gravitáciu.

Gravitácia

Gravitácia je jednou zo štyroch známych, základných síl prírody. Generujú ju všetky telesá a častice s nenulovou hmotnosťou. Vďaka gravitácii sa navzájom priťahujú. Silu vzájomnej príťažlivosti opisuje Newtonov gravitačný zákon a všeobecná teória relativity. Na rozdiel od elektromagnetickej (Coulombovej sily) nemožno pôsobenie gravitácie nijako ovplyvniť. Preniká každou známou formou hmoty. Podľa súčasných znalostí neexistuje ani antigravitácia, ktorá pôsobí odstredivo. Pre pochopenie gravitácie je najdôležitejšia gravitačná konštanta, hodnota, ktorá je súčasťou všetkých vzorcov vyjadrujúcich pôsobenie gravitácie. Vyjadruje jej silu v porovnaní s ostatnými prírodnými silami.

Tento trpaslík už navštívil niekoľko významných vedeckých inštitúcií. V tomto prípade je v CERNe, aby predviedol, ako sa gravitácia z miesta na miesto nepatrne mení. Všade ho vážili na najpresnejších váhach, ale váhy zakaždým ukázali inú hmotnosť.



Nový trend: antigravitačná joga na týchto závesných konštrukciách by mala v cvičencoch zladiť ich telá s duchom.

dia. Zdola nahor. Obláčik atómov priťahovaný gravitáciou bude klesať pozdĺž ingotu (500 kg wolfrámu), ktorý bude umiestnený mimo rúry. Na spodku rúry prejdú atómy rubídia popri atómovom interferometri. Tento senzor využije skutočnosť, že sa atómy za istých okolností správajú ako svetelné vlny. Dôležité je, že sa dokážu, podobne ako svetelné vlny, premiestňovať a vytvárať zložité svetlo-tmavé obrazce.

Posúvaním wolfrámu vedľa rúry, raz hore, raz nadol, mení sa gravitácia pôsobiaca na atómy. Zároveň sa menia aj svetlo-tmavé obrazce v interferometri. Presnou analýzou meniacich sa vzorcov dokázali Taliani odvodiť presnú hodnotu gravitačnej konštanty.

Všeličo je ešte nejasné

Ak by sa aj hodnota z atómového interferometra odlišovala od iných výsledkov, podporilo by to mimoriadne vzrušujúcu špekuláciu: „Nie je vylúčené, že gravitačná konštanta nie je prídrodnou konštantou, ale vyplýva z hlbšej teórie, ktorú ešte nepoznáme," vraví Frans Klinkhammer, fyzik z Karlsruher Institut für Technologie. Zdôrazňuje: „Keď sa to tak zoberie, o gravitácii zatiaľ veľa nevieme." Sila, ktorú poznáme najdlhšie, skrýva najviac tajomstiev.

Albert Einstein so svojou všeobecnou teóriou relativity vytvoril geniálnu fyzikálnu konštrukciu, ktorá Newtonov gravitačný vzorec postavila na modernú a pevnú základňu. Podľa tejto teórie rozlične veľké hmoty deformujú a ohýbajú štvorrozmerný priestor, čím v tkanine kozmu vytvárajú priehlbne a vypukliny. Tieto zdeformované oblasti pôsobia na iné hmoty, ktoré sa (v nich i na nich) pohybujú ako guľky. Tieto procesy generujú príťažlivú silu gravitácie.

Einsteinovu revolučnú teóriu síce potvrdili viaceré experimenty, no v malých škálach, vo svete atómov a molekúl, aj táto teória nadobro zlyháva.

Navyše, Einsteinove vzorce, ktoré zahŕňajú aj Newtonom zavedenú gravitačnú konštantu, nedokážu vysvetliť hlbokú, utajenú podstatu gravitácie a mechanizmu, ktorý ju generuje. Prečo hmota deformuje časopriestor? Čo sú vlastne hmotné telesá? Fyzikálne jadro tajomnej sily je zatiaľ zahalené.

Podaktorí fyzici sa nazdávajú, že sa sila gravitácie počas vývoja vesmíru menila a mení. Aby túto teóriu preverili, vymysleli originálny experiment. V roku 1969 pristála na povrchu Mesiaca prvá z lodí misie Apollo. Neil Armstrong a Buzz Aldrin umiesnili v mesačnom regolite špeciálne zrkadlo. Presnejšie panel, ktorý tvorí 100 rovnakých zrkadielok. Odvtedy vysiela NASA pravidelné laserové blesky zo Zeme na Mesiac. A tam, vo vzdialenosti 385 000 kilometrov, dopadajú blesky na zrkadlo. Zrkadlo odrazí svetlo späť na Zem, kde ho zachytávajú ďalekohľady.

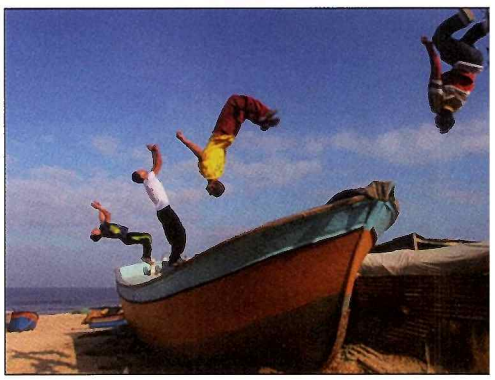
Čas putovania bleskov možno s vysokou presnosťou merať, a tým aj zistiť aktuálnu vzdialenosť Zeme od Mesiaca. Ak by sa gravitačná konštanta zmenila, táto vzdialenosť by sa správala inakšie, ako to vyplýva z Newtonových zákonov. Doteraz však vedci nijaké odchýlky nezaznamenali.

Podpora teórie strún

Ak by niečo okolo Newtonovho gravitačného zákona nesedelo, prívrženci teórie strún by sa potešili. Pripomeňme, že teória strún je zatiaľ najperspektívnejším kandidátom Teórie všetkého, ktorá by dokázala zjednotiť gravitáciu s ostatnými silami. Teória strún vychádza z toho, že sa hmota neskladá ako dnes predpokladáme z nepatrných, takmer bodových elementárnych častíc, ale z vibrujúcich, nepredstaviteľne malých vlákien a strún.

Teória sa odohráva v desiatich až jedenástich dimenziách. Tieto dimenzie môžu byť zvinuté vo vnútri dôverne známych rozmeroch a ovplyvňovať silu gravitácie aj pri nesmierne malých vzdialenostiach. Dôsledok: pri odstupoch menších ako niekoľko miliónin metra by Newtonov vzorec stratil platnosť.

Ďalšia záhada: koncom roku 1990 zaskočil vedcov objav, že vesmír sa nerozpína stále pomalšie, ako sa predpokladalo. Práve naopak: expanzia vesmíru je čoraz rýchlejšia. Akási tajomná sila nafukuje vesmír ako kysnuté cesto. Kozmológovia túto silu nazvali „tmavou energiou".



Na týchto freerunnerov akoby gravitácia nepôsobila.

Náznaky existencie bizarného poľa?

Efektným vysvetlením tmavej energie je quintesencia. Takto označujú fyzici pole energie, ktoré je prítomné v celom vesmíre a priebežne sa mení. Zatiaľ existenciu takého poľa nepotvrdzuje nijaký údaj. Ak by sa však ukázalo, že hodnota gravitačnej konštanty sa mení, bol by to prvý náznak toho, že toto univerzálne pole nie je iba fikciou.

Okrem toho fyzici si zatiaľ nie sú načistom ani s tým, či gravitačný zákon funguje aj vo veľkých škálach: vo vzdialených hĺbkach vesmíru, najmä vo vonkajších oblastiach galaxií, kde zrýchľovanie pohybu telies dostáva iba málo gravitačných impulzov. Tam by mohla platiť teória MOND – modifikovaná Newtonovská dynamika. „MOND by dokázal vysvetliť, prečo sa galaxie a kopy galaxií nerozpadajú," vraví Klinkhammer. Ak by MOND platil, potom by sa fyzika zaobišla aj bez tmavej hmoty, ktorá podľa prevládajúceho názoru ostrovy hviezd a galaxií drží pohromade.

Ak by sa ukázalo, že sú tieto špekulácie reálne, potom by vedcov nemuselo trápiť, že hodnota gravitačnej konštanty je po každom meraní iná. Nakoľko každý experiment prebieha v iných podmienkach, môžeme zmerať iba takú hodnotu, ktorá platí iba pre tieto podmienky. V takom prípade by rozdiely medzi nameranými hodnotami gravitácie nespôsobovali viac rozpaky fyzikov. Naznačili by smer k novej fyzike.

Bild der Wissenschafft

Sendvič ľadu a oceánov na Ganymede

Vedci tušili, že aj najväčší mesiac našej Slnečnej sústavy skrýva vo svojom vnútri oceán. Planetológovia sa pôvodne nazdávali, že iba jeden: medzi ľadovou kôrou a ľadovým jadrom.

Zdá sa, že sa mýlili. Ganymedes má najmenej dva globálne oceány, ktoré sa striedajú s vrstvami ľadu medzi pevným, skalnatým jadrom a ľadovým povrchom. V najspodnejšom oceáne, tam kde voda a horniny navzájom interagujú, môžu existovať bublajúce komíny, podobné tým na dne pozemských oceánov. Miesta, kde sa mohol sformovať a udržať život za predpokladu, že „zastrešený oceán" netvorí teplý ľad, ľadová kaša, ale slaná voda.

Oceán je obrovský, pôsobia v ňom nesmierne tlaky, takže vedci si mysleli, že aj dno oceánu tvorí hustý ľad. Keď do modelu na počítači pridali soli, vyšlo im, že aj kvapalina by mohla byť natoľko hustá, že sa usadila na dne.

Už v 70. rokoch minulého storočia boli publikované štúdie, podľa ktorých by tento mesiac Jupitera (väčší ako Merkúr) mohol mať oceán. V roku 1990 to sonda Galileo potvrdila. Počas obletov dokonca zmerala aj hĺbky oceánu. Na niektorých miestach má hĺbku až niekoľko stoviek kilometrov. Sonda objavila aj niekoľko slaných jazier pod povrchom, v ktorých dominovali najmä soli sulfátov horčíka.

Z pôvodných modelov vyplývalo, že soľ ani pod veľkým tlakom nezmení vlastnosti kvapaliny. Po posledných pokusoch v laboratóriu však vedci zistili, že vlastnosti kvapalín sa v extrémnych podmienkach zásadne menia. Nielen na Ganymede, na všetkých podobných mesiacoch. To nie je prekvapenie, veď keď do pohára s vodou nasypete soľ, objem vody sa nezväčší, ale naopak, zmenší sa a voda zhustne. Takto pôsobia ióny soli na molekuly vody.

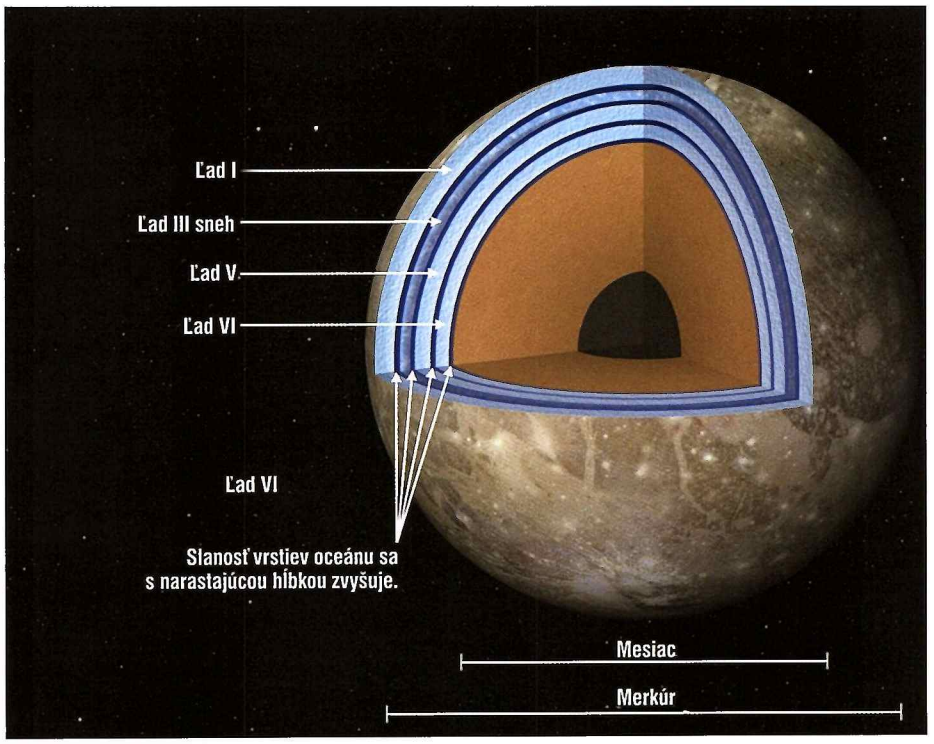
Modelovanie sa komplikuje vtedy, keď vedci experimentujú s odlišnými formami ľadu. Ľad, ktorý vkladajú barmani do drinkov, je „ľad I". Je to najmenej hustá forma ľadu, ľahšia ako voda. Pod extrémnym tlakom v hlbokých oceánoch Ganymeda, sú štruktúry ľadu čoraz kompaktnejšie, pretože sú usporiadané tesnejšie. Takýto ľad je ťažší ako voda a preto klesá na dno oceánu. Najhustejší a najťažší ľad na Ganymede nazývajú „ľad VI".

Počítačové modely prezradili, že medzi skalnatým dnom a kôrou Ganymeda je oceán „zosendvičovaný" medzi tromi vrstvami ľadu. Najľahší ľad je na samom vrchu, najslanšia voda obaľuje skalnaté jadro. Navyše, výsledky naznačili existenciu bizarného úkazu – sneženie odspodu navrch. Keď sa oceány pod vplyvom slapových síl generovaných Jupiterom vzdúvajú, tvoria sa vo vrstvách ľadu nad nimi trhliny, ktorými, ako zo sopiek vyvierajú chladné „fontány". Vtedy sa v najvrchnejšej oceánskej vrstve sa sformuje „ľad III". Keď ľad tvrdne, zbavuje sa soli. Ťažšie soli klesajú na dno, ľahšie ľady, či „sneh" sa posúva smerom hore. Tento „sneh" sa napokon znovu, ešte pred tým, ako vystúpa k hladine oceánu, roztopí. Nie celkom: v strednom oceáne ostane po ňom ľadová kaša.

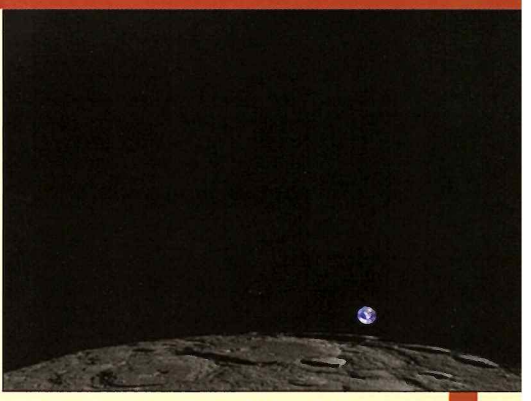
Štruktúra vodných a ľadových vrstiev na Ganymede je pozoruhodne stabilná, ale vedci z tímu Icy Worlds pri JPL netušia, aké rozličné vplyvy túto stabilitu vytvorili.

Podobné procesy môžu prebiehať aj na exoplanétach. Niektoré superZeme, skalnaté planéty hmotnejšie ako Zem, boli klasifikované ako „vodné planéty" pokryté oceánmi. Môže na nich byť život? Laboratórne pokusy a podrobnejšie modelovanie exotických oceánov prinesú odpoveď aj na túto otázku.

JPL Press Release



Ilustrácia zobrazuje „sendvičový model" globálnych oceánov pod povrchom Jupiterovho mesiaca Ganymedes.



Na snímke z 1. februára 2014 vidíme východ Zeme nad okrajom Mesiaca (tesne pred preletom severného pólu nad kráterom Rožđestvenskij) z perspektívy sondy LRO.

Tanec Mesiaca okolo Zeme

Gravitácia Zeme vyvoláva na Mesiaci vlnu vzdúvajúceho sa terénu, ktorej poloha sa neustále mení. Vyplynulo to z údajov dvoch sond (Lunar Reconnaisance Orbiter – LRO a Gravity and Interior Recovery – GRAIL), ktoré monitorujú povrch Mesiaca od roku 2009. Vedci z údajov dokázali získať nové poznatky aj o vnútre obežnice našej Zeme.

Nesúmerný tvar Mesiaca súvisí s vplyvom gravitačných síl medzi oboma telesami. Ich dlhodobé pôsobenie premenilo obe telesá z guľatých na vajcovité, privrátené k sebe vypuklými stranami. Na Zemi sa pravidelný gravitačný vplyv Mesiaca prejavuje najmä na oceánoch, pretože voda reaguje na vplyv gravitácie „ochotnejšie" ako pevný povrch.

Gravitačný vplyv Zeme na Mesiaci sa zisťuje ťažšie, pretože Mesiac, okrem malého, plastického jadra, je pevné teleso. Napriek tomu gravitačná vlna na jeho povrchu dosahuje výšku až 51 centimetrov. (Na Jupiterovom mesiaci Io dosahuje výška gravitačných vĺn až 30 metrov.) Poloha vlny sa v priebehu času mení, ale iba o niekoľko desiatok centimetrov.

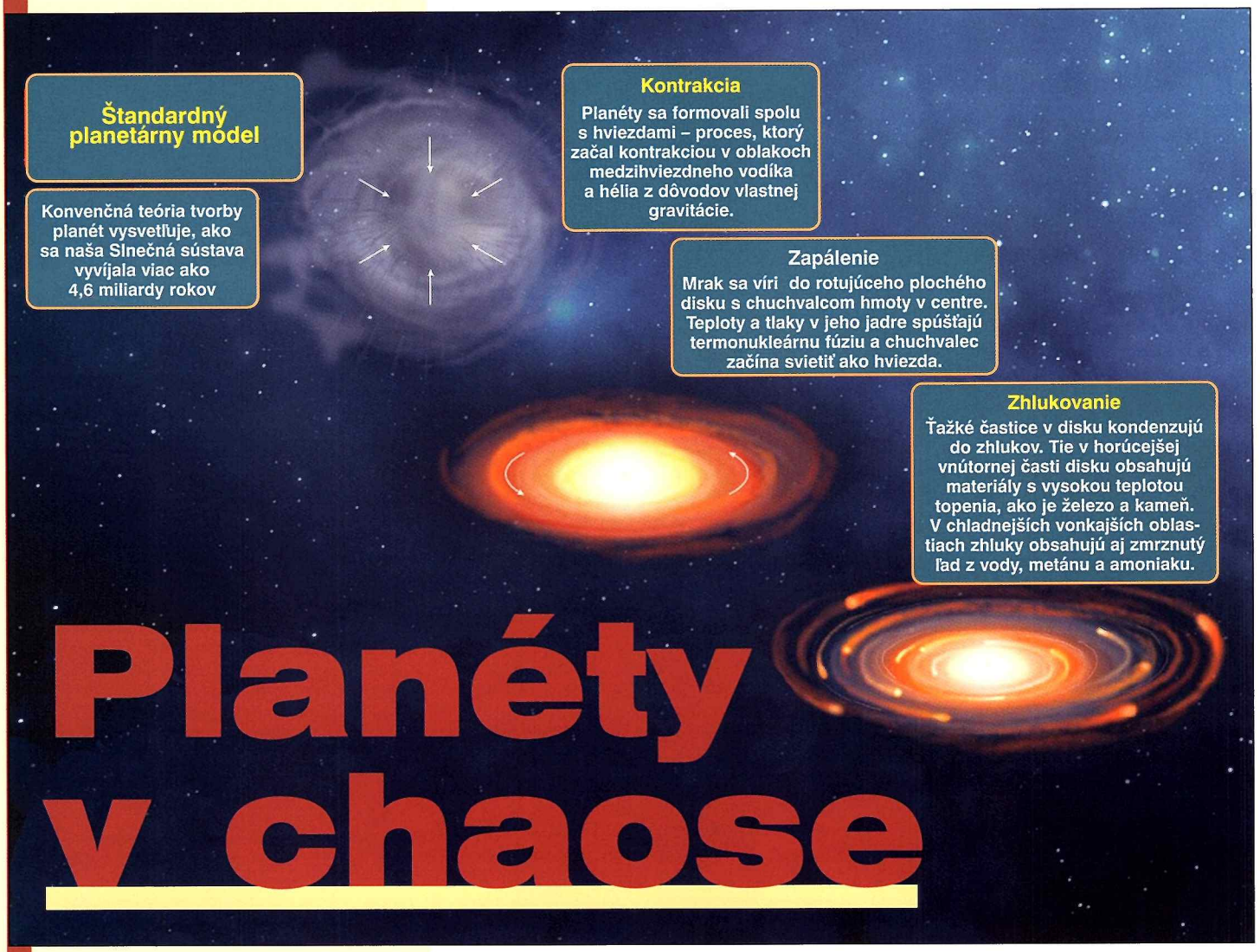
Mesiac je jednou stranou neustále privrátený k Zemi, ale vzhľadom na tvar jeho povrchu a meniaci sa sklon počas pohybu na obežnej dráhe okolo Zeme sa zdá, akoby k Zemi privrátená strana kolísala zboka na bok. Zem pri pohľade z Mesiaca nie je nehybná: pohybuje sa okolo relatívne malej plochy na oblohe. Vlna na Mesiaci reaguje na pohyb Zeme podobne ako partner pri tanci. Nechá sa Zemou viesť.

Ak by sa na Mesiaci nič nemenilo (ak by tam neboli vlny alebo by bola vlna statická, nehybná), vedci by vždy namerali rovnaké hodnoty výšky terénu. Zo Zeme sú tieto zmeny nerozlíšiteľné. Laserový výškomer LOLA na sonde LRO, ktorý mapoval výšky výrazných útvarov na Mesiaci, však tieto zmeny zaznamenal.

Vedci vytipovali 350 000 „kót", nad ktorými sonda prelietala niekoľkokrát, pričom zakaždým ich križovala z inej strany. Porovnaním údajov vypočítali, ako sa výška kóty medzi jednotlivými preletmi zmenila. Buď sa zvýšila, alebo znížila. Zmeny počas jednotlivých preletov naznačili aj posun vlny.

Rozhodujúcim krokom procesu merania bolo zohľadnenie vzdialenosti povrchu od sondy pred každým meraním LRO. Na to však vedci museli vyhotoviť podrobnú mapu gravitačného poľa Mesiaca, ktorú vyhotovili pomocou údajov zo sondy GRAIL. Bez takejto mapy by nedokázali zohľadniť vplyv „maskónov" (gravitačných anomálií) na pohyb sondy.

NASA Press Release



Planéty v chaose

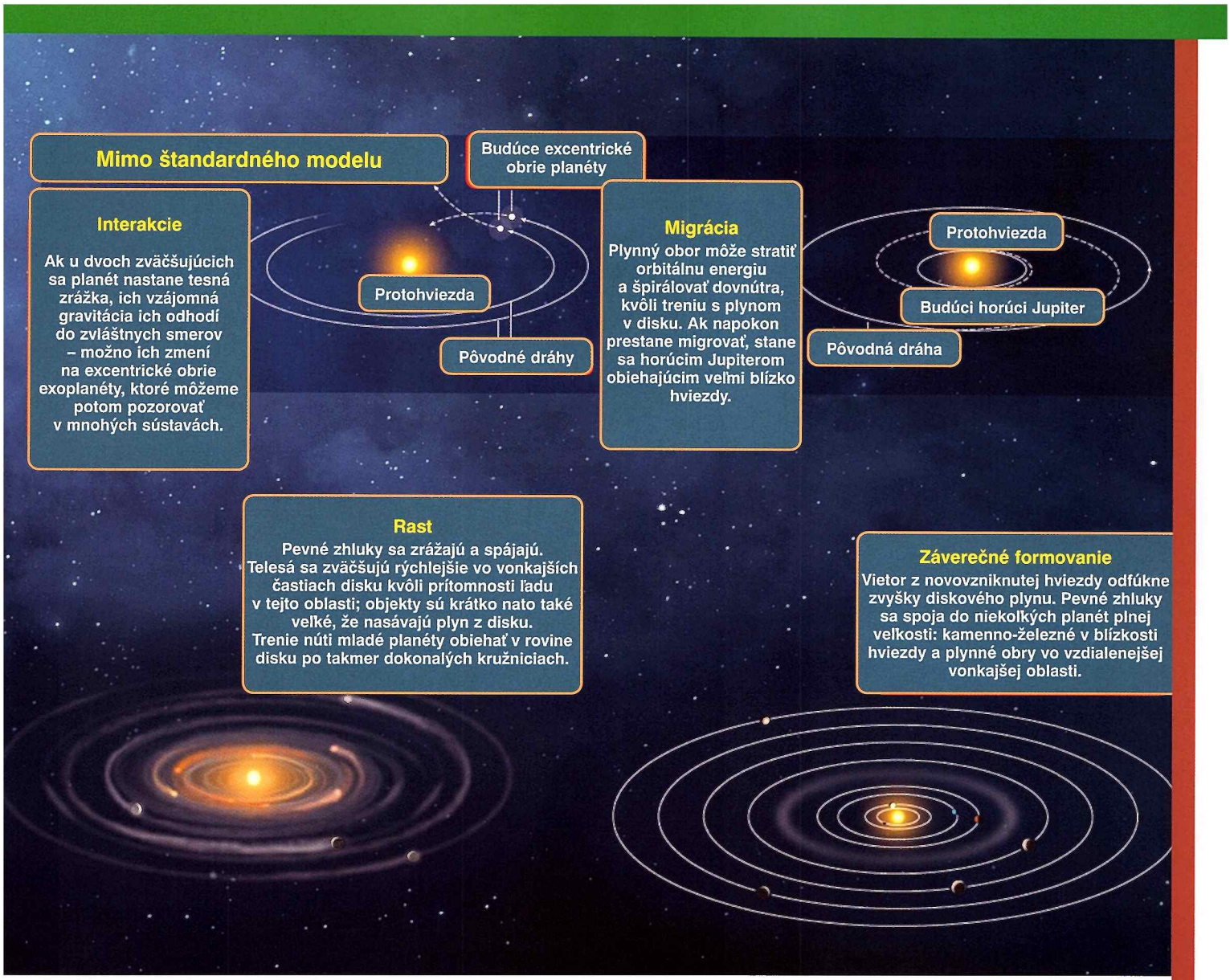
V prestížnom svetovom vedeckom časopise NATURE bol publikovaný článok z pera známej vedeckej žurnalistky Ann K. Finkbeiner, v ktorom sa zamýšľa nad platnosťou našich názorov na vznik planetárnych sústav.

Objav tisícov hviezdnych sústav úplne odlišných od našej zmenil názory na to, ako sa planéty formujú. Astronómovia hľadajú úplne novú teóriu.

Prednedávnom, v deväťdesiatych rokoch minulého storočia, platila teória, o ktorej si astronómovia mysleli, že je pravdivá. Nazvali ju obyčajne: teória jadrovej akrécie. Jej krása spočívala v tom, ako využívala len niekoľko základných zákonov fyziky a chémie, aby vysvetlila väčšinu základných charakteristík v našej Slnečnej sústave. Vysvetlila, prečo všetky planéty obiehajú okolo Slnka v jednom smere; prečo ich dráhy sú takmer kruhové; a prečo ležia takmer v rovine rovníka hviezdy; prečo štyri vnútorné planéty (Merkúr, Venuša, Zem a Mars) sú pomerne malé, husté telesá, zväčša kamenné a železné; a prečo štyri vonkajšie planéty (Jupiter, Saturn, Urán a Neptún) sú obrovské, plynné gule, zložené hlavne z vodíka a hélia. Pretože tie isté zákony fyziky a astronómie platia v celom vesmíre, predpokladalo sa, že akákoľvek iná sústava exoplanét v okolí svojej hviezdy sa bude správať rovnako. V deväťdesiatych rokoch minulého storočia astronómovia iba začali nachádzať exoplanéty a nevedeli nič bližšie o ich vlastnostiach. Plynné obry veľkosti Jupitera sa pohybovali okolo svojich materských hviezd po takých tesných dráhach, že jadrová akrécia daného plynného obra by bola nemožná. Iné exoplanéty sa pohybovali po veľmi eliptických dráhach. Niektoré planéty obiehali v polárnej rovine ich materskej hviezdy. Planetárne sústavy, ako sa zdá, sa môžu profilovať v akomkoľvek tvare, čo neodporuje zákonom fyziky.

Od roku 2009, keď NASA vypustila satelit Kepler na hľadanie exoplanét, sa ich počet zmnohonásobil a dosiahol počet až tisícok, čo postačuje na prvú zmysluplnú štatistiku o planetárnych sústavách a na podkopanie štandardnej teórie. Nielenže sa veľké množstvo exoplanetárnych sústav nepodobalo našej, ale aj najbežnejšie pozorované typy planét boli tzv. Super-Zeme, čo sa týka veľkosti niečo medzi Zemou a Neptúnom, ktorá je štyrikrát väčšia ako naša Zem a ktorá vlastne v našej Slnečnej sústave neexistuje. Ak použijeme našu planetárnu sústavu ako model, hovorí astronóm Gregory Laughlin z Kalifornskej univerzity v Santa Cruz, vymykáme sa štandardu.

Zistenie spustilo polemiku a zmätok, zatiaľ čo astronómovia zápasia s riešením, čo starej teórii chýba. Skúšajú všelijaké nápady, ale stále nemajú istotu v tom, ako veci do seba zapadajú. Podklady v aktuálnom stave „nedávajú veľký zmysel“, hovorí Norm Muray z Kanadského Inštitútu pre teoretickú fyziku v Toronte. Teraz ešte nie je možné vysvetliť všetko, súhlasí Kevin Schlaufman, astrofyzik na Massachusetts Institute of Techology (MIT) v Cambridge. Pokým sa vedci nedohodnú,



nebudú môcť pochopiť, ako naša Slnečná sústava zapadá do celkovej schémy. Nechajme sa prekvapiť, čo ešte môže existovať.

Planéta je zrodená

Pri hľadaní preklenujúcej teórie astronómovia súhlasia, že v teórii jadrovej akrécie sú mnohé veci správne: planéty sú pozostatkami po zrode hviezd, proces, v ktorom medzihviezdne mračná vodíka a hélia kontrahujú, až kým ich jadrá nie sú hustejšie a dostatočne horúce na zapálenie jadrovej syntézy, je platný *(obrázok na predchádzajúcej strane s titulom Štandardný planetárny model)*.

Časť vodíka a hélia nespadne priamo na novo zrodenú hviezdu, ale krúži okolo nej, pričom vytvára tenký plochý disk, ktorý obieha okolo rovníka hviezdy. Spolu s plynom sú strhávané zrniečka pevných ťažších prvkov, ako sú uhlík, kyslík, dusík, kremík a železo, ktoré boli vytvorené z predchádzajúcich generácií hviezd. Ako disk chladne, elektrostatické náboje zlepujú zrniečka a spolu vytvárajú voľné konglomeráty, ktoré napokon narastú do kilometrových rozmerov ako telesá známe pod názvom planetesimály. V určitom bode gravitácia prevládne a planetesimály sa zrážajú, lámu a miesia spolu a menia sa na planéty plnej veľkosti. Keď sa toto všetko odohrá, trenie okolitého plynu ich ženie na takmer kruhové dráhy.

Tento proces jadrovej akrécie sa deje v celom disku, ale má rôzne výsledky na rôznych jeho miestach. Bližšie k hviezde sa v disku nachádzajú častice, ktoré odolávajú vysokej teplote z novo zrodenej hviezdy, teda s vysokou teplotou topenia, ako je železo a rôzne minerály, hlavne kameň. Výsledkom sú vnútorné kamenno-železné planéty, ohraničené hmotnosťou Zeme alebo relatívnym nedostatkom pevného materiálu v disku. Čím ďalej od hviezdy je disk chladnejší, čo sa týka materiálu je bohatší na ľad. Železa a kamenného materiálu, je menej a bez problémov akreuje na planetesimály. Ak planetesimály nadobudnú hmotnosť desaťkrát väčšiu, ako je hmotnosť Zeme, začnú sťahovať vodík a hélium zo svojho okolia a rýchlo sa menia na plynné obry typu Jupitera a Saturna, alebo stokrát hmotnejšie planéty, ako je naša Zem. Prestanú naberať hmotnosť, až keď vyčistia od plynu svoje dráhy.

Bizarnosti priestoru

Tu niekde sa končí štandardná teória tvorby planét, hlavne preto, že sa hodí tak dobre na našu Slnečnú sústavu: kamenné planéty vnútorné a plynné obry vonkajšie. Ale v roku 1995, keď pozorovatelia vo Švajčiarsku oznámili jednoznačný objav exoplanéty na dráhe okolo hviezdy podobnej nášmu Slnku, bolo jasné, že štandardný model niečo zanedbal. Presné merania radiálnych rýchlostí hviezdy 51 Pegasi ukázali bezvýznamné opakované zmeny, spôsobené planetárnym gravitačným poľom. Údaje ukázali, že hmotnosť planéty bola 150 × väčšia, než je hmotnosť Zeme alebo polovica Jupitera. Toto ju radí do kategórie planét plynných obrov. Avšak planéta 51 Pegasi b obiehala okolo svojej hviezdy raz za štyri pozemské dni vo vzdialenosti 7,5 milióna km, alebo 0,05 AU. To je omnoho menšia vzdialenosť, ako je vzdialenosť dráhy Merkúra (0,47 AU), a navyše je to oblasť, v ktorej teplota plynného disku počas tvorby by mala byť približne 2 000 K, a to je príliš vysoká teplota pre pevný ľad a plyny. „Dokonca sme ho ani nehľadali!" hovorí Derek Richardson, astronóm z Marylandskej univerzity v College Park.

Astronómovia túto planétu nazývajú horúcim Jupiterom. Čoskoro obrátili pozornosť na rodinu takýchto obrích exoplanét s hmotnosťou od jednej tretiny do desaťnásobku hmotnosti Jupitera, obiehajúcich medzi 0,03 až 3 AU od materskej hviezdy. Boli tu ďalšie zvláštnosti: WASP-7b obieha okolo pólov svojej hviezdy

namiesto rovníka, dráha HD 80606b je veľmi eliptická, v rozsahu od 0,03 AU až 0,8 AU, smer dráhy HAT-P-7b je opačný k rotácii hviezdy. Do roku 2000 objavili astronómovia 30 exoplanét, a do konca roku 2008 330. Potom NASA vypustila satelit Kepler, ktorý sa celé štyri roky zaoberal výskumom exoplanét na malej vzorke oblohy obsahujúcej 150 000 hviezd podobných Slnku. Kepler identifikuje planéty detekciou tranzitov na základe zoslabenia žiarenia hviezd. Metóda tranzitu môže nájsť planéty omnoho menšie, než pomocou techniky radiálnych rýchlostí, a dáva astronómom šancu objavovať druhé Zeme. Kepler doteraz našiel 974 exoplanét a 4 254 ďalších kandidátov, ktorí čakajú na potvrdenie pozemskými meraniami. Ak všetci kandidáti z Keplera budú potvrdení – potom techniky použité spoločne našli viac ako 5 000 exoplanét.

Planéty z Keplera fungujú aj vo veľmi zvláštnych sústavách. Sústava Kepler-56 má napríklad dve planéty s hmotnosťami 22 a 181 hmotnosti Zeme, obe obiehajú pod uhlom 45° k rovine hviezdy. V sústave Kepler-47 dve planéty obiehajú okolo binárnej sústavy. Planéty sústavy Kepler-36 sú bližšie k sebe ako akékoľvek iné vôbec doteraz pozorované: obiehajú okolo hviezdy každých 14 a 16 dní, každá zvlášť. Jedna planéta je kamenná a má hustotu 8× väčšiu ako tá druhá – ľadová. „Ako sa dostali navzájom tak blízko?" diví sa Richardson. „A ako to, že sú také odlišné?" Kepler-11 má šesť planét, päť planét patrí k najmenším a najmenej hmotným, aké sa vôbec našli. „Ich hustoty sú šokujúco nízke," hovorí Dávid Charbonneau z Harvard-Smithsonian centra pre astrofyziku v Cambridge (Massachusetts). Musia byť zväčša z ľadu alebo musia mať značné plynné obálky, a navyše, všetkých päť je vtesnaných do vzdialenosti 0,25 AU od materskej hviezdy.

Iné ako ostatné

Najväčším prekvapením Keplera sú štatistické výpisy z jeho zistení. Planéty pozorované v takej veľkej vzdialenosti možno rozdeliť do troch kategórií: horúce Jupitery, obrovské planéty s výstrednými dráhami a Super-Zeme. Svety v tejto tretej kategórii sa zväčša nachádzajú v kompaktných systémoch s dvomi až štyrmi planétami, ktoré obiehajú okolo svojej hviezdy vo vzdialenosti od 0,006 do 1 AU s periódami od viac ako 100 dní do niekoľko hodín. Aj keď Super-Zeme sa v našej Slnečnej sústave nenachádzajú, obiehajú okolo aspoň 40 % všetkých blízkych Slnku podobných hviezd, čo ich robí najbežnejšími typmi planét, ktoré boli nájdené. Horúce Jupitery sú monštrá, ktorých je menej ako 1 %, hovorí Joshua Winn, fyzik, ktorý študuje exoplanéty na MIT. Dlho-periodických excentrických obrov je pravdepodobne 10 %.

Otázkou je, ako vysvetliť všetky tieto odlišnosti planetárnych sústav. Vo všeobecnosti astronómovia začnú so štandardnou teóriou jadrovej akrécie a potom pridajú procesy, ktoré sa nenachádzajú v našej Slnečnej sústave. Aby vysvetlili vznik horúcich Jupiterov napríklad, predpokladajú, že planéty nezostávajú v mieste ich zrodu v chladných vonkajších vrstvách hviezdnych diskov. Miesto toho sa nevyvinuté obry pohybujú špirálovite dovnútra, pretože viskózny plyn v disku spomalil ich pohyb. V určitom bode, z neznámych dôvodov, pohyb po smrtiacich špirálach sa zastaví na stabilných dráhach v blízkosti hviezd. Napriek extrémne vysokým teplotám mali obrie planéty dostatočnú gravitačnú silu, aby si udržali plynnú hmotu. Excentrické obry by mohli byť výsledkom gravitačných interakcií. Ak niekoľko obrích planét začalo migrovať, mohli prechádzať jedna vedľa druhej v takej blízkosti, že gravitácia ich vymrštila do neočakávaných nových polôh. Mohli by sa rozptýliť do zoskupení so zvyškom systému, mohli byť vymrštené na dráhy proti rotácii hviezdy alebo byť úplne vymrštené zo systému.

Vznik Super-Zemí sa vysvetľuje ťažšie. Jedným dôvodom je, že výraz nie je definovaný. Niektoré z najmenších a najbližších vnútorných planét by vlastne mohli byť holé jadrá migrujúcich obrov, ktoré sa veľmi priblížili k svojim hviezdam a ich plynná hmota bola odfúknutá preč. „Zdá sa, že Super-Zeme nie sú veľmi milé stereotypné vtáčatá," hovorí Eric Ford, astrofyzik na Pennsylvánskej štátnej univerzite v State Park. „Možno niektoré sú ako tučniaky."

Čistá veľkosť zhluku Super-Zeme si žiada vysvetlenie. Pomocou štandardnej teórie sa to vysvetliť nedá, pretože v existujúcich modeloch centrálne oblasti hviezdnych diskov obsahujú príliš málo materiálu na vytvorenie niekoľkých blízkych vnútorných Super-Zemí. Ale teoretici našli riešenie tohto problému. Laughlin a Eugene Chiang, astronómovia z Kalifornskej univerzity v Berkley ukázali, že kompaktné systémy Super-Zemí sa môžu tvoriť z diskov s veľmi veľkou hmotou, rozloženou bližšie k hviezde. Muray a Brad Hansen, astrofyzici z Kalifornskej univerzity v Los Angeles, navrhli tiež masívnejší disk, ale taký v ktorom sa vytvoria Super-Zeme z planetesimál, čo sa vytvorili mimo disku a predtým, ako sa z nich vytvorili planéty, migrovali do vnútra disku.

Astronómovia Douglas Lin z Kalifornskej univerzity (Santa Cruz) a jeho kolegovia sa pokúšali zjednotiť všetky kategórie planét do tzv. „všetko spievajúceho, všetko tancujúceho modelu", ako to nazval Winn, ktorý môže vysvetliť vznik všetkých pozorovaných sústav. Začína za predpokladu, že rozloženie hmoty v disku sa bude meniť od sústavy k sústave. Potom, hovorí Lin, to je „migrácia, migrácia, migrácia": všetky typy planét narastú na plnú veľkosť smerom od stredu k vonkajšej časti disku a potom sa presunú smerom dovnútra podľa poradia.

Takéto modely sú pôsobivé, ale predstavou migrácie obzvlášť menších planét si vedci dávajú načas, nik ale nepozoroval, že sa takéto niečo udialo. Potrebné pozorovania nie sú možné. Hviezdy, ktoré sú veľmi mladé na to, aby mali planéty migrujúce cez protoplanetárne disky, sú obklopené prachom a ich svetlo bliká, čo spôsobuje, že je extrémne nepravdepodobné, aby aktuálnymi metódami bolo možné zaznamenať pokles jasnosti spôsobený tranzitom planéty. Teória ešte nie je dokázaná. Tým, čo planetárne sústavy modelujú, sa ťažko vysvetľuje, prečo migrujúce planéty veľké alebo malé skončia na dráhach, ktoré astronómovia pozorovali. V simuláciách, hovorí Winn, sa to tak nedeje, planéty spadnú priamo na hviezdu.

Hádam najdôležitejšou otázkou je, prečo je Slnečná sústava taká odlišná? Prečo neobsahuje druhy planét, ktoré sú bežné v iných, Slnku podobných hviezdach? Prečo sa za dráhou Merkúra smerom k Slnku nenachádzajú ďalšie planéty, tak ako je to v prípade iných exoplanét v iných systémoch? Prečo máme v rovnováhe veľké a malé planéty, keď vo väčšine systémov sa zdá, že sú buď jedny, alebo druhé?

Astronómovia si stále neuvedomujú, akí sme odlišní. Pozorovania exoplanét sú vážne skreslené: jednak ani jednou z oboch hlavných metód nebola nájdená naša, taká veľmi podobná „Slnečná sústava", a ani žiadna z nich nie je citlivá na sústavy s obidvoma – veľkými i malými planétami. A možno nie sme až takí obyčajní.

Budúce pozorovania nám môžu dať niektoré odpovede. Kepler mal problém s mechanizmom, ktorý udržuje pointovanie na cieľovú vzorku oblohy, ale minulý mesiac bol vylepšený, aby neustále odoberal údaje. Čím dlhšiu dobu údaje zberá, tým väčšie dráhy exoplanét bude môcť pozorovať. Pozemské programy začnú pracovať so spresnenými prístrojmi, niektorými schopnými vidieť planéty 5 AU až viac od materskej hviezdy. Po roku 2017 NASA vypustí satelit (TESS-Transit Exoplanet Survey Satelite), ktorý bude hľadať tranzity planét pred jasnými hviezdami na oblohe. Čím širší okruh možných kandidátov exoplanét, tým pravdepodobnejšie je, že astronómovia objavia „Slnečnú sústavu", ako je tá naša – ak nejaká existuje.

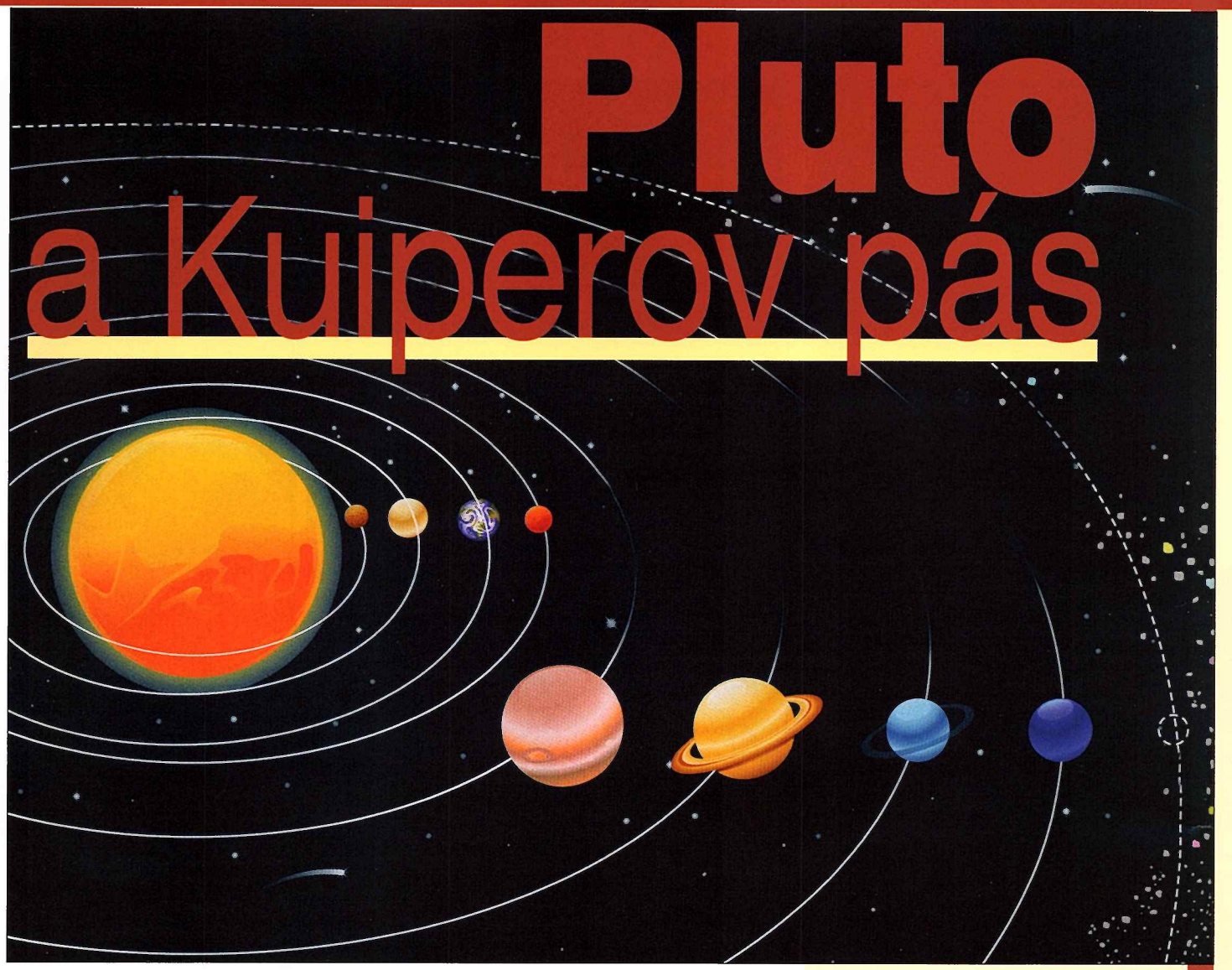
Medzitým vedci pokračujú v práci na chaotických modeloch, ktoré vznikli takmer tak exoticky a v takom hojnom množstve ako planéty, ktoré chcú vysvetliť. Ak sa súčasné teórie odlišujú a nie sú až také skvelé, to je často spôsob, ako veda postupuje, poznamenáva Murray. „Život je taký."

NATURE (2014), 511,22 – 24
Preložil L. Hric, AsÚ SAV

Dodatok prekladateľa:

Treba si uvedomiť, že vo výskume extrasolárnych planét a planetárnych sústav sme stále ešte len na začiatku. Pozorovania sú silne ovplyvnené výberovými efektmi – ľahšie sa detegujú hmotnejšie exoplanéty a tiež tie, ktoré sú na dráhach bližších k materskej hviezde. Postupne, ako sa budú zdokonaľovať používané prístroje, štatistika výskytu exoplanét sa bude ešte značne meniť.

Pluto a Kuiperov pás



V roku 2006 rozhodla Medzinárodná astronomická únia (IAU), že Pluto nie je planétou. Stalo sa tak na základe dôkladnej analýzy údajov o vyše tisícke objavených telies v Kuiperovom páse, ktoré zmenili naše názory o Slnečnej sústave. Ak Pluto nie je planétou, akým telesom je? Podľa novej definície je Pluto trpasličou planétou. Pre vedcov, pre pedagógov, pre študentov.

Nová definícia Pluta však nastolila množstvo otázok: Odkiaľ sa vzali všetky objekty Kuiperovho pásu (KBO)? Aké sú tieto telesá? Je samotný Kuiperov pás iba pásom ľadových asteroidov, alebo je čímsi iným? Čo sa deje za obežnou dráhou Neptúna? Prvé odpovede sú už na svete: Kuiperov pás nie je druhým pásom asteroidov. Z jeho súčasného tvaru sa dajú odvodiť závery o vzniku a vývoji Slnečnej sústavy.

KBO sú všade

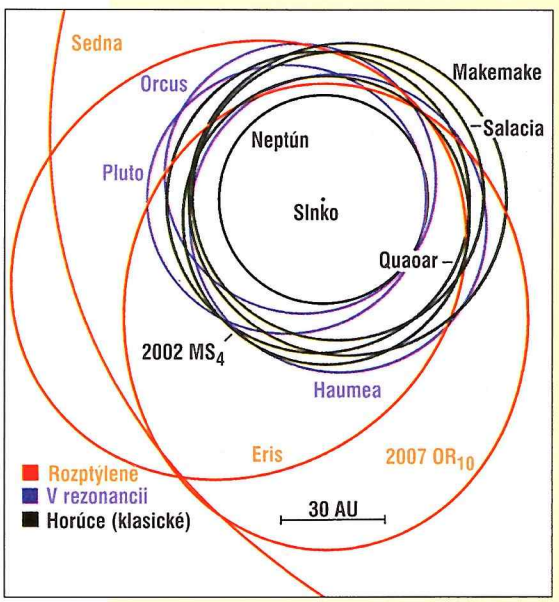
Nakoľko ide o vzdialené, malé a chladné telesá, štúdium KBO nie je ľahké. Po objave dokážu vedci vypočítať ich obežné dráhy. Obežná dráha Pluta je typická pre najväčšie telesá pásu. Je predĺžená, eliptická, so sklonom k rovine Slnečnej sústavy. Rezonanciau Pluta s Neptúnom (2:3) znamená, že kým Neptún obehne okolo Slnka trikrát, Pluto v rovnakom čase iba dvakrát.

Na sklonku 80. rokov minulého storočia umožnila CCD astronómia objavy nových objektov KBO. Prvé objavili v roku 1992, odvtedy každý rok zanášajú do katalógov desiatky ďalších. Už po analýze parametrov prvej stovky KBO bolo jasné, že pohyb telies v tejto časti Slnečnej sústavy riadi Neptún: mnohé KBO viaže s Neptúnom rovnaká rezonancia (2:3), ale oveľa viac KBO má rezonanciu 1:2. Takmer všetky ostatné KBO krúžia okolo Slnka uprostred týchto dvoch rezonancií, pričom dlhšie osi ich obežných dráh majú dĺžku 38 až 48 AU.

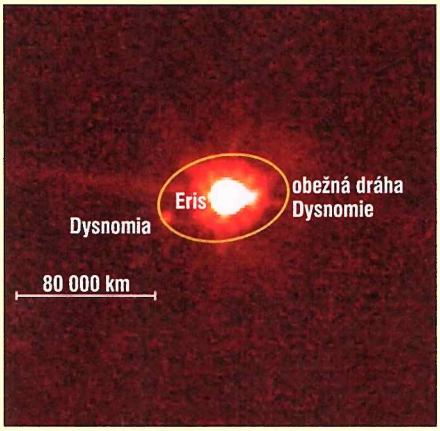
Objavy ďalších telies a údaje o nich si vynútili ďalšie rozlišovanie. Objavili niekoľko KBO, ktoré sa pohybujú aj za hranicou 48 AU. Aj tie však riadi Neptún. Všetky tieto objekty (okrem jedného) krúžia po eliptických dráhach, po ktorých sa zavše dostávajú do hustejších oblastí pásu. Jedno je isté: bez ohľadu na ich aféliá, všetky tieto „rozptýlené" objekty sa pravidelne vracajú. Jedinou výnimkou je Sedna.

Z nástupom podrobnejších metód skúmania farieb KBO sa objavila ďalšia záhada: na rozdiel od telies v hlavnom páse asteroidov objekty KBO sa prejavujú celou paletou farieb od sivej až po červenú. Z farieb sa často dá odvodiť zloženie telies, a teda aj ich história, ale ani tieto údaje neobjasňujú vzťah medzi polohou KBO a ich farbou.

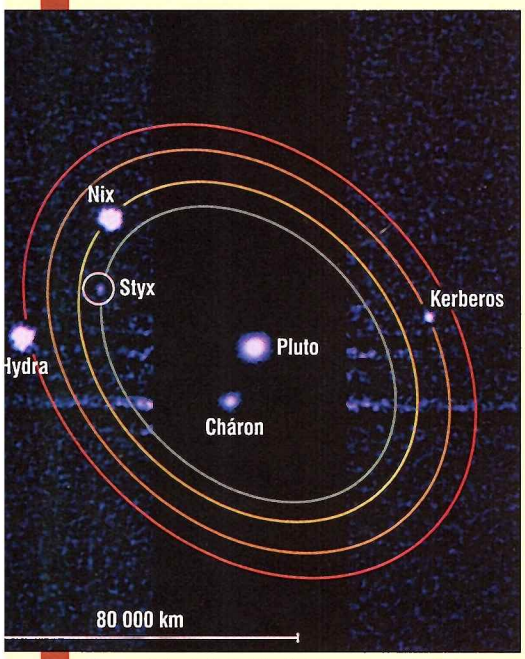
⇨⇨



Kuiperov pás vlastne nie je pásom. Tvorí ho niekoľko populácií objektov na najrozličnejších, často výstredných dráhach s veľkým sklonom. KBO s najbizarnejšími parametrami je Sedna. Obrázok znázorňuje obežné dráhy najväčších KBO pri pohľade zhora na Slnečnú sústavu tak, akoby obiehali okolo Slnka v rovnakej rovine ako Zem. Červené dráhy a objekty označujú rozptýlené objekty; modré objekty v rezonančnom zámku; zelené klasické horúce objekty.

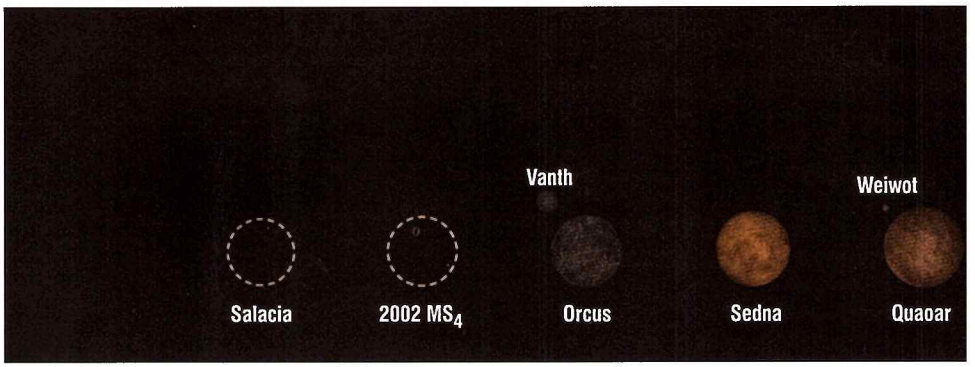


Na snímke Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu (HST) z roku 2011 vidíme trpasličiu planétu Eris a jej mesiačik Dysnomiu. Eris a Pluto majú rovnakú veľkosť. Dysnomia je desaťkrát menšia ako najväčší mesiac Pluta – Charon.



Pluto a jeho deti: 7. júla 2012 exponoval HST tri série trojminútových expozícií pomocou širokouhlej kamery 3. Po prvýkrát sa tak podarilo nasnímať všetkých päť mesiacov Pluta. Jasnosť Pluta a Chárona vedci redukovali. Modrasté, vodorovné šmuhy sú virtuálne štruktúry spôsobené optikou.

Saturnov mesiac Dione pokrýva členitý, zvrásnený terén, plný trhlín. Jasnejšie útvary sú geologicky najmladšie. Tvorí ich čistý ľad. Podobný povrch majú aj niektoré objekty KBO. Zdá sa, že aj na nich pôsobia geologické procesy v ich vnútre, ktoré zahladili väčšinu starých kráterov. Snímka: sonda Cassini



Vedci postupne zistili, že „klasické" KBO (skupina s rezonanciami 2:3 a 1:2 (vo vzdialenostiach 38 až 48 AU) tvoria dve celkom odlišné, ale prelínajúce sa populácie. Objekty v „chladnom" klasickom páse majú takmer kruhové obežné dráhy a malé sklony. Objekty v „horúcom" klasickom páse majú tiež kruhové obežné dráhy, ale oveľa väčšie sklony. Čo to znamená? Horúce objekty musia mať inú minulosť ako chladné, hoci obe skupiny krúžia v rovnakom priestore.

Možnú odpoveď ponúkli údaje, ktoré vedci získali mimo Slnečnej sústavy. V rovnakom čase, keď sa zintenzívnil prieskum Kuiperovho pásu, ohlásili astronómovia objavy prvých exoplanét. Veľa z týchto objektov boli „horúce jupitery", obrie planéty, krúžiace okolo materských hviezd po blízkych obežných dráhach. Vzhľadom na to, čo vieme o formovaní planét, plynoví obri sa nemohli sformovať blízko hviezd. Iba za čiarou snehu, v oveľa väčších vzdialenostiach, kde teplo vyžarované hviezdou nespôsobuje vyparovanie ľadov primordiálnej hmoty, mohli dozrieť na planetárnych obrov. Až potom začali, po špirálach, migrovať. Niektoré sa začali k Slnku alebo k materským hviezdam približovať, iné od nich vzďaľovať.

Ak pripustíme, že exojupitery mohli migrovať do vnútra svojich sústav, možno ani obri v našej Slnečnej sústave sa nenachádzajú tam, kde vznikli. Vedci sa nazdávajú, že ak sa Neptún začal z miesta, kde sa sformoval, vnárať do primordiálneho pásu telies podobných kométam, potom by časť z nich gravitačne musel pohltiť a tie ďalšie rozptýliť. Niektoré z tých rozptýlených vyslal Neptún do vnútra Slnečnej sústavy, iné pripútal v rezonančných klepcoch.

Malá časť objektov vyslaných do vnútra sústavy spoľahlivo zakotvila v jej vonkajších oblastiach. Stali sa z nich Trójania, skupiny asteroidov, ktoré sprevádzajú niektoré planéty na ich obežných dráhach. Ostatné však spôsobili, už niekoľko miliónov rokov po sformovaní Slnečnej sústavy, opakované ťažké bombardovanie planét a mesiacov v jej vnútri.

Súčasná distribúcia obežných dráh v Kuiperovom páse je dôkazom toho, čo migrácia Neptúna spôsobila. Špecialisti na dynamiku telies dodnes nevedia tento proces rekonštruovať. Akoby aj? Skúste vysvetliť históriu pohybu Neptúna, ktorá mohla vytvoriť odlišné populácie telies v Kuiperovom páse (rezonantných, rozptýlených či horúcich klasických objektov), ale nedotkla sa chladných klasických objektov!

Začiatkom tohto storočia Mike Brown z Caltechu, Chad Trujillo z Gemini North Observatory a David Rabinovitz z Yale University zahájili pomocou zdokonalenej CCD-techniky prehliadky oblohy, zamerané na veľké transneptunické telesá. Tento tím objavil niekoľko z najväčších KBO. Boom objavov vyvrcholil v rokoch 2003 (zhruba 200 objavov) a 2011 (zhruba 20 objavov).

Počet objavov neklesal preto, že sme už všetky jasné objekty objavili. Väčšina astronómov totiž v ostatných rokoch neštuduje KBO ako odlišné populácie, ale zameriava sa skôr na jednotlivé telesá.

Problém veľkosti

Na objavy KBO sa v minulosti využívali najmä stredne veľké ďalekohľady so širokouhlou optikou. Dnes sa využívajú najmä najväčšie a najmenšie ďalekohľady. Niektoré tímy využívajú Hubblov vesmírny ďalekohľad, VLT ďalekohľad v Čile či Keckov ďalekohľad na Mauna Kea. S cieľom skúmať ich farby a zloženie na blízkych infračervených vlnových dĺžkach. Práve oni zistili, že populácie sa pozoruhodne odlišujú. Najrozličnejšie druhy ľadov vytvorili rovnako širokú paletu foriem.

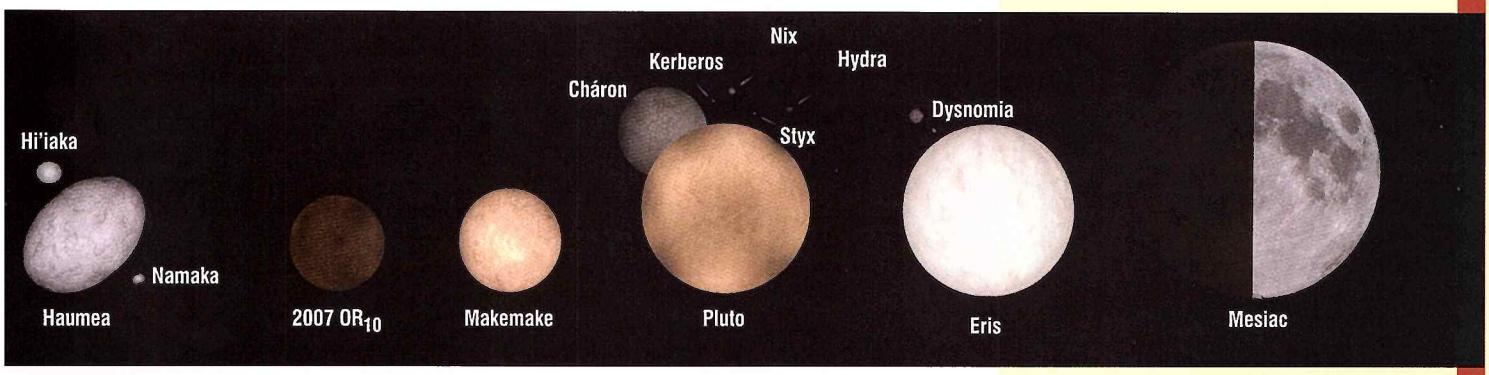
Iní astronómovia využívajú veľké vesmírne infračervené ďalekohľady (najmä Spitzer a Herschel), pomocou ktorých merajú veľkosť a teplotu KBO. Tepelná, infračervená jasnosť, skombinovaná s optickou magnitúdou, umožňujú pomerne presne vypočítať priemery i albedá týchto telies. Dnes vieme, že KBO sa čo do albeda značne odlišujú: od jasne bielej farby až po čiernu.

Iba malá skupina astronómov (profíkov i amatérov) využíva všetky možné, aj malé ďalekohľady na všetkých kontinentoch, aby zaznamenali zákryty vzdialených hviezd telesami KBO. Práve oni získali najpresnejšie údaje o priemeroch KBO, ba aj o atmosfére Pluta, ktorá nám nedovoľuje spresniť hodnotu jeho priemeru.

Priemery KBO sa neodvodzujú iba z veľkosti telies. V prípade, že KBO objekt má mesiačiky (tri z desiatich ich majú), rýchlosť týchto satelitov na obežnej dráhe nám prezradí hmotnosť objektu. Z údajov o hmotnosti a priemere sa dá vypočítať hustota. Ukázalo sa, že niektoré KBO sa sformovali takmer z čistého ľadu, iné sú zložené najmä z hornín s nepatrným podielom vody.

Rodinný portrét

Zdá sa, že o veľkostiach, albedách a zložení KBO vieme toľko, že môžeme začať formovanie nového pohľadu na tieto telesá. Väčšinou ide o malé objekty (s priemerom pod 300 km), tmavé, červenkasté. Vzhľadom na to nemohli nadobudnúť guľaté formy trpasličích planét. Po



Rodina najväčších KBO. Je to naozaj pestrá skupina. Salacia a 2002 MS_4 sú mimoriadne tmavé, takže ich skutočné rozmery zatiaľ nezmerali. (Čiarkované krúžky označujú ich približné priemery). Odvrátená, tmavá strana nášho Mesiaca má podobné albedo ako KBO. Privrátenú stranu Mesiaca v počítači zjasnili, aby zvýraznili známejšie útvary. Fotografie najväčších KBO vytvorili kombináciou optických a infračervených fotografií.

sformovaní sa príliš nezmenili. Podľa všetkého sa podobajú na Saturnov mesiac Phoebe (220 km). Vzdialená, retrográdna obežná dráha tohto mesiaca naznačuje, že s vysokou istotou ide o KBO, ktorý po gravitačnom kopanci Neptúna zamieril do vnútra Slnečnej sústavy, ale Saturn ho zhodou okolností zajal.

Údaje z misie Cassini odhalili, že Phoebe je ľadové teleso s početnými impaktnými krátermi. Na stenách kráterov sa jasne črtajú vrstvy. Povrch Phoebe tvorí zmes vodného ľadu, organických látok, amorfného uhlíka a skál. Táto zmes pripomína kométy a zodpovedá nameraným farbám menších KBO, hoci definitívu prinesú až presnejšie spektroskopické údaje.

Väčšie KBO sú inakšie. Na telesách s absolútnou magnitúdou 5,6 (čo zodpovedá priemeru 400 km) sa zloženie povrchu mení. Čokoľvek tieto zmeny spôsobuje, ich farby sú jasnejšie.

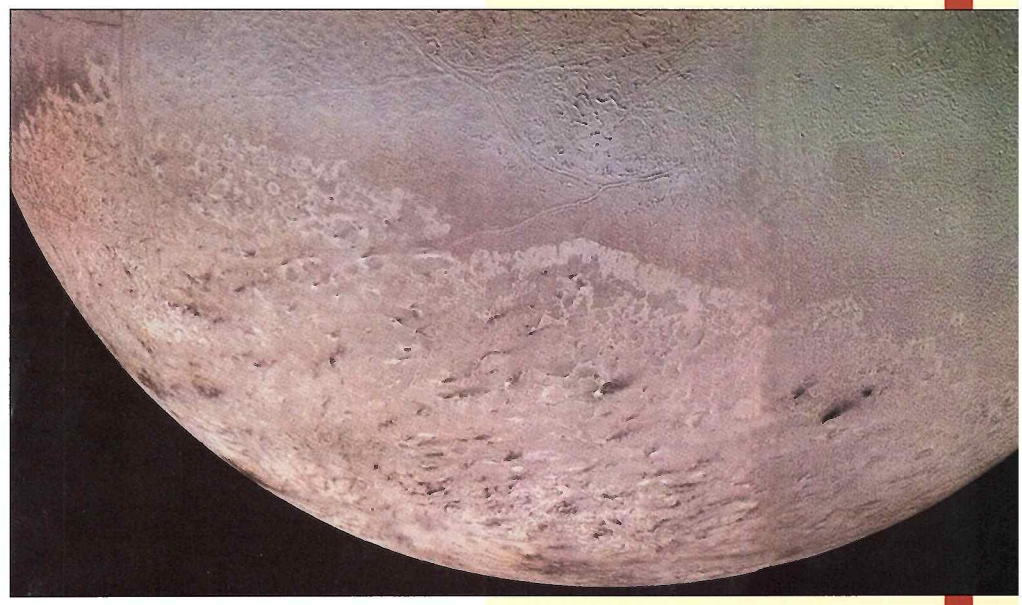
Porovnajme mesiace planét vo vonkajšej Slnečnej sústave. Tie s priemerom pod 400 kilometrov (Phoebe, Hyperion, Amalthea či Puck) sú beztvaré telesá, poznamenané krátermi a zosuvmi povrchových materiálov. Mesiace s priemerom nad 400 kilometrov (Uránova Miranda či Saturnove Mimas a Enceladus) sú už guľaté.

Povrch guľatej Mirandy je posiaty krátermi, zatiaľ čo v prípade Mimas a Encelada väčšinu kráterov zahladili výrony materiálu generované geologickými procesmi v ich vnútri. Môžeme predpokladať, že podobné procesy sa odohrávajú aj na porovnateľne veľkých KBO. Ich vlastná gravitácia ich mohla sformovať do tvaru gule, pričom teplota z ich vnútra (generovaná aj slapovými silami materských planét) mohla časť ľadu pod povrchom premeniť na vodu. Najmä za prítomnosti amoniaku, ktorý znižuje teplotu, pri ktorej sa ľad topí. Keď sa voda premení na ľad, zväčší objem, takže ľadová kôra týchto telies pod tlakom zvnútra popraská, na povrch sa vyleje kryoláva (ľadová kaša) a pokryje ho čerstvým, jasným ľadom.

Sonda New Horizons preskúma o rok aj najväčší Plutov mesiac – Cháron. Pôjde o prvý bezprostredný prieskum objektu tejto triedy. Ak sa hypotéza potvrdí, potom pri všetkých podobných telesách fungujú vnútorné, geologické procesy, ktoré ich zaguľaťujú. Teda všetky telesá s týmito parametrami (zatiaľ ich objavili zhruba 100) by boli trpasličími planétami.

Najväčší trpaslíci

Spomedzi vyše stovky trpasličích planét v Kuiperovom páse je prinajmenšom desiatka pozoruhodná. Objavovali ich v tomto poradí: Pluto, Quaoar, 2002 MS_4, Sedna, Orcus, Salacia, Haumea, Eris, Makemake a 2007 OR_{10}.

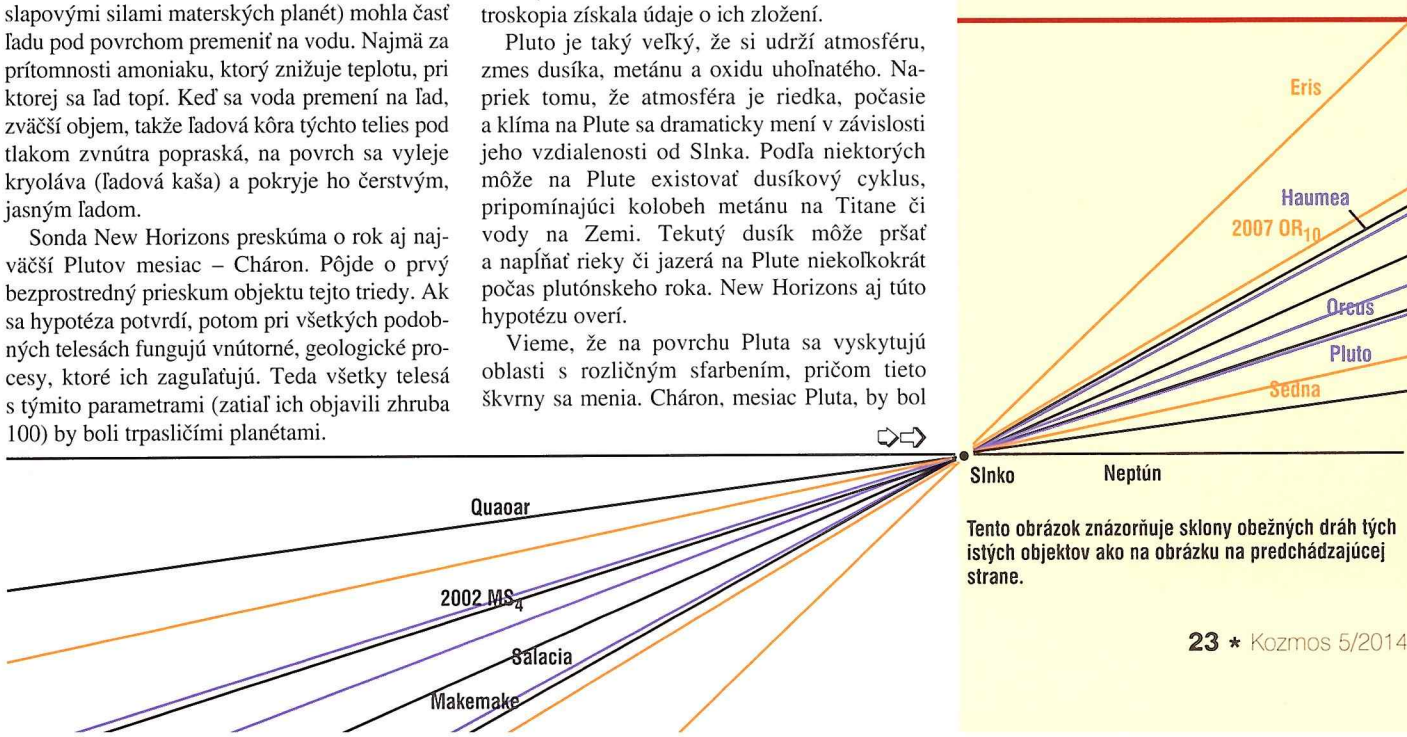


Neptúnov mesiac Triton bol kedysi tiež objektom KBO, ktorý planéta Neptún gravitačne pripútala v čase, keď migrovala smerom od Slnka. Povrch Tritona tvorí najmä zamrznutý dusík, pričom ružové oblasti mohli vytvoriť chemické reakcie v metánovom ľade, vyvolané slnečným žiarením. Snímka: sonda Voyager 2

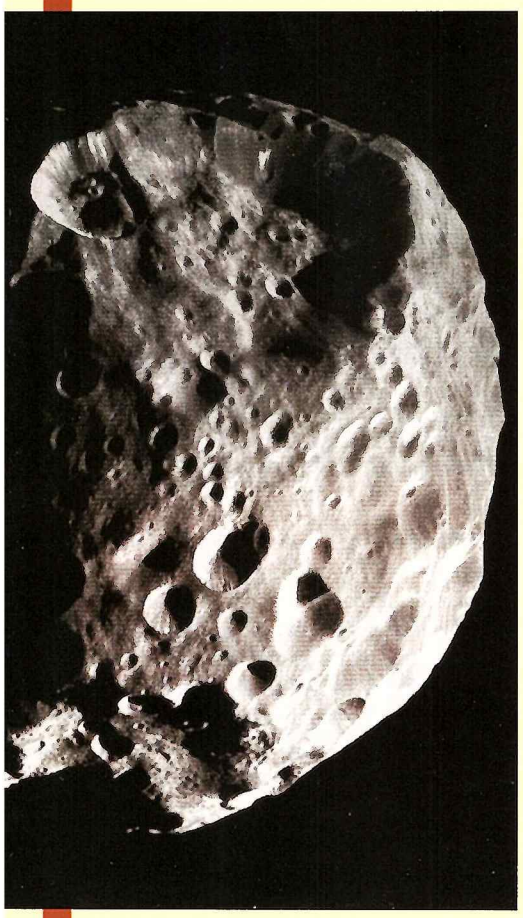
Všetky sú dostatočne veľké na to, aby spektroskopia získala údaje o ich zložení.

Pluto je taký veľký, že si udrží atmosféru, zmes dusíka, metánu a oxidu uhoľnatého. Napriek tomu, že atmosféra je riedka, počasie a klíma na Plute sa dramaticky mení v závislosti jeho vzdialenosti od Slnka. Podľa niektorých môže na Plute existovať dusíkový cyklus, pripomínajúci kolobeh metánu na Titane či vody na Zemi. Tekutý dusík môže pršať a napĺňať rieky či jazerá na Plute niekoľkokrát počas plutónskeho roka. New Horizons aj túto hypotézu overí.

Vieme, že na povrchu Pluta sa vyskytujú oblasti s rozličným sfarbením, pričom tieto škvrny sa menia. Cháron, mesiac Pluta, by bol

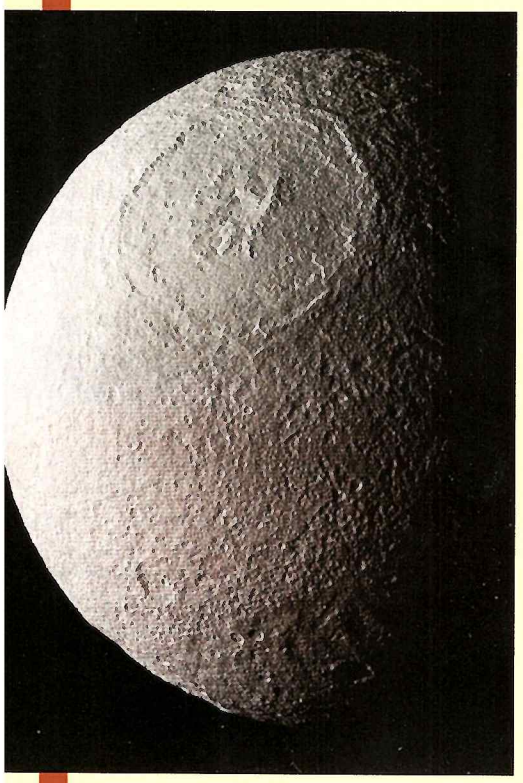


Tento obrázok znázorňuje sklony obežných dráh tých istých objektov ako na obrázku na predchádzajúcej strane.



Objekty Kuiperovho pásu s menším priemerom ako 400 km sa podobajú na Saturnov mesiac Phoebe *(na snímke hore)*, **krátermi poznamenané, ľadové teleso s podobným zložením povrchu. Objekty s väčším priemerom ako 400 km pripomínajú skôr Tethys,** *na snímke dole*. **Väčšie KBO zaguľatila samogravitácia. Menšie krátery asi zahladili výrony ľadovej kaše z podložia. Na Tethys dominuje ozrutný kráter Odysseus s priemerom 450 km.**

Snímky: sonda Cassini



tiež trpasličou planétou, keby krúžil okolo Slnka po vlastnej obežnej dráhe. Svetlo odrazené z Chárona je dostatočne silné na to, aby osvetlilo aj odvrátenu stranu Pluta natoľko, aby ju sonda mohla fotografovať.

Eris je, čo do priemeru, dvojníkom Pluta, ale má výrazne vyššiu hmotnosť. To znamená, že má odlišnú históriu. Momentálne je najvzdialenejším objektom, krúžiacim okolo Slnka, hoci častejšie je najvzdialenejším objektom Sedna. Objavili ju iba vďaka jej intenzívnej jasnosti. Takmer celý povrch Sedny pokrýva srieň. Aj Eris má atmosféru, ale pravdepodobne iba vtedy, keď sa periodicky priblíži k Slnku. Momentálne sa však pohybuje v trikrát väčšej vzdialenosti ako Pluto, takže plyny v atmosfére zmrzli a nasnežili na jej povrch. Eris dnes vyzerá tak, ako bude Pluto vyzerať o sto rokov, keď sa priblíži k aféliu.

Pluto a Eris pripomínajú najväčší mesiac Neptúna. Triton je väčší ako Pluto a bezmála taký veľký ako Europa. Aj jeho povrch pokrýva srieň dusíka a metánu. Nie je to náhoda: Triton sa určite nesformoval na obežnej dráhe okolo Neptúna. Jeho retrográdna obežná dráha a neprítomnosť ďalších veľkých mesiacov v rodine Neptúna svedčia o tom, že obria planéta pripútala Triton v čase, keď sa počas migrácie vnorila do Kuiperovho pása. Ak by si Triton udržal pôvodnú obežnú dráhu, bol by dnes kráľom medzi objektmi KBO.

Aj Makemake, hoci má o polovicu menší priemer ako Pluto a Eris, si dokáže udržať atmosféru dusíka a oxidu uhoľnatého. Na povrchu Makemake však dominuje metán, takže metán by mal byť aj v atmosfére. Podobne ako v atmosfére Titanu. S jedným rozdielom: spektrum z Makemake prezradilo, že metán na povrchu netvorí koberec srieňa, ale tvrdý ľad. V tomto ľade sú aj prímesi etánu a dlhé reťazce uhľovodíkov, podobne ako v atmosfére Titanu, lenže na Makemake iba v pevnom skupenstve.

Quaoar a 2007 OR_{10} sú o niečo menšie ako Makemake, ale čo do farby sa jej podobajú. Na povrchu, prevažne z vodného ľadu sa vyskytujú ostrovy metánového ľadu či srieňa. Aj tieto telesá by mali mať metánové atmosféry, ale zatiaľ ich nenašli.

Aj Sedna je metánové teleso. Má podobnú veľkosť ako Makemake, ale je oveľa vzdialenejšia. K Slnku sa nikdy nepriblíži na menej ako na 76 AU, to je dvojnásobok vzdialenosti Neptúna. O 5000 rokov sa na svojej mimoriadne predĺženej dráhe ocitne vo vzdialenosti 1 000 AU od Slnka.

Orcus, menší a sivší ako Quaoar a 2007 OR_{10}, má na povrchu obrovské množstvo amoniaku. Geofyzici predpokladajú, že amoniak vyviera z oceánu pod povrchom, ktorý sa podobá ľadovému mesiacu Jupitera – Európe. Amoniak však zamŕza pri nižšej teplote ako voda, takže kryovulkanizmus tam môže fungovať. Orcus má mesiačik Vanth, ktorý obieha okolo neho po vzdialenej obežnej dráhe.

Haumea je zvláštne, vajcovité teleso. Zo všetkých guľatých telies má najpredĺženejší tvar a najrýchlejšiu rotáciu. Okolo osi sa otočí za štyri hodiny. Je jedným z najväčších KBO: jej dlhšia, rovníková os má priemer ako Pluto či Eris, ale polárna os je o polovicu kratšia. Má jasný povrch, pokrytý kryštalickým vodným ľadom a dva mesiačiky: Hi´iaka a Namaka. Po podobnej dráhe ako Haumea sa pohybuje celý rad jasných telies z kryštalického ľadu. Ide najskôr o úlomky z plášťa Haumey, ktoré vymrštila do priestoru dávna zrážka s iným telesom. Táto zrážka urýchlila aj rotáciu Haumey, ktorá odstredivou silou katapultuje do okolitého priestoru aj ďalšie kusy rozbitého ľadu.

Dva najzáhadnejšie objekty, 2002 MS_4 a Salacia, sú zrejme tiež trpasličie planéty. Veľa o nich nevieme, okrem toho, že sú extrémne tmavé *(pozri diagram)*. Predbežne sú najvzdialenejšie zo všetkých trpasličích planét, hoci ostatná prehliadka Južnej oblohy naznačuje, že ďalšie objekty tohto typu už neobjavíme.

Nová Slnečná sústava

Máme osem veľkých planét, krúžiacich okolo Slnka po stabilných, takmer kruhových obežných dráhach s minimálnym sklonom. Jupiter pasie veľkú rodinu malých asteroidov v hlavnom páse.

Za Neptunom je ďalší pás, poskladaný z rozdielnych, ale premiešaných populácií telies, ktoré sú dosť veľké, aby mali svoju históriu. Kuiperov pás v ničom nepripomína hlavný pás asteroidov. Objekty pripomínajú skôr rozptýlené mesiace vonkajších, obrích planét. Niektoré z nich, podobne ako mesiace Triton, Rhea, Mimas a Phoebe, sa pohybujú po kruhových, iné po výstredných obežných dráhach s veľkým sklonom. Rýchlosť ich pohybu sa v závislosti od vzdialenosti od Slnka mení: najpomalšie sa pohybujú vtedy, keď sú najďalej od Slnka. Najrýchlejšie vtedy, keď sa priblížia k obežnej dráhe Neptúna.

Týchto transneptunických telies je oveľa viac ako 18 ľadových mesiacov vonkajších planét. Ako vieme, sú mimoriadne rôznorodé. Niektoré z týchto KBO objektov sú jasnejšie ako Tethys, iné sú tmavšie ako Umbriel. Niektoré sú sivé, iné červené, niektoré snehobiele, iné posiate rôznofarebnými škvrnami. Podaktoré majú atmosféry s vetrami a meniacimi sa obdobiami. Mnohé majú mesiace, medzi nimi aj také veľké, že by sme ich mohli zaradiť medzi trpasličie planéty. Nekrúžia okolo nijakej planéty, ale Neptún ich pasie. Niektoré sa od Slnka vzďaľujú do veľkých vzdialeností, ale vždy sa vrátia späť k Neptúnu. Okrem Sedny.

Okolo výstrednej dráhy Sedny je veľa nejasností. Ako sa ocitla na takej excentrickej dráhe? Je výnimkou? Alebo je prvým telesom z doteraz neznámej populácie objektov? Krúži kdesi v diaľke neznáma planéta, ktorá pasie objekty zatiaľ neobjaveného tretieho pásu?

Jedno je isté: zatiaľ sme iba nazreli do divočiny na periférii našej sústavy, kde sa pohybuje množstvo doteraz neznámych objektov. Je skoro isté, že je tam viac telies väčších ako Pluto a vylúčiť nemožno ani existenciu planéty veľkej ako Neptún. V končinách, kam predbežne nedovidíme.

A keď už aj na školách a univerzitách vyučujeme, že guľaté telesá sú trpasličie planéty, zaraďme medzi ne aj Ceres, Io, Európu, Ganymedes, Callisto, Mimas, Enceladus, Tethys...

Sky&Telescope

●

Agentura *ESA* oznámila, že oběžnice *ME* našla pomocí podpovrchového radaru známky existence **ponořeného severního oceánu**, jenž se rozkládá pod třetinou povrchu planety. M. Beuthe aj. využili přesných rádiových měření poloh oběžnic *ME* a *MRO* k prozkoumání změn **gravitačního pole** Marsu ve vulkanické oblasti *Tharsis*. Štítové sopky obsahují převážně hustší lávy nahoře a řidší podloží dole, s výjimkou sopky *Ascraeus Mons*, která má nejhustší vrstvy vespod. Největší kolísání hustoty nalezli u obří sopky *Olympus Mons*, což lze vysvětlit silným kolísáním tepelného toku během aktivní fáze její existence. Podle F. De Blasia aj. je tato sopka největším vulkánem Sluneční soustavy s výškou 21 km a základnou o průměru 600 km. Centrální část sopky má sklon svahů <5°, ale na periférii se nacházejí útesy se sklonem až 28°. Tato konfigurace výškového profilu je možná jen za předpokladu, že se magma chladilo vodou a proto utuhlo ve strmé poloze. Podobný profil totiž vidíme u štítových sopek na *Kanárských i Havajských ostrovech*.

K. Burleigh aj. nalezli na povrchu planety od r. 2006 pomocí snímků kamery *HiRISE* umělé oběžnice *MRO* v průměru *20 nových impaktních kráterů ročně* v porovnání s referenčními snímky z předešlých umělých oběžnic Marsu. Jde o krátery s průměry 1 – 50 m. Současně zjistili, že prachové pruhy na svazích vulkánů nevznikají seismickou činností, ale jde o *následky rázových vln při průletu bolidů řídkou atmosférou Marsu*. Pruhy mají tvar dvou zahnutých tureckých šavlí svírajících mezi sebou ostrý úhel, což je typické pro obálku nadzvukové rázové vlny. Jelikož *MRO* rozliší na povrchu Marsu kameny s rozměry >2 m, lze odtud zjišťovat jejich rozložení a případné i stopy kutálení po povrchu vyvolané *seismickou činností*. Takové stopy se vyskytly v příkopech *Cerberus Fossae* a na úbočí hory*Elysium Mons*, což jsou oblasti geologicky mladé – místy jen 2 mil. let. Seismický neklid se projeví i tím, že prašné stopy po průjezdu vozítek degradují již během několika dnů!

S. Robbins a B. Hynek uveřejnili v květnu 2012 globální **atlas impaktních kráterů** na Marsu s průměrem >1 km. Obsahuje základní údaje o 384 tis. kráterech, které mohou posloužit pro nejrozmanitější další studie zejména o stáří různých části Marsova povrchu. Obecně platí, že větší krátery jsou starší než malé. Marsovské krátery jsou zmapovány podstatně lépe, než krátery na Měsíci, kde jsou takto popsány jen krátery s průměrem nad 10 km, či na Merkuru, kde je spodní mez průměru 20 km. Nejhůře je na tom přirozeně Země, kde je až dosud popsáno jen 200 největších impaktních kráterů.

Do výzkumu Marsu se nečekaně zapojila i kosmická sonda *Rosetta*, která proletěla v blízkosti planety koncem února 2007 a pořídila velké množství spekter měsíce **Phobos**. Odtud odvodili M. Pajola aj. že Phobos byl Marsem zachycen velmi brzy po vzniku planety, takže je jeho trvalým společníkem.

1.1.5. Jupiter

D. Spiegel a N. Madhusudhan propočítali, jak se zvýší **teplota Jupiteru** v době, kdy se Slunce za nějakých 6 mld. let změní v červeného obra. Díky gravitaci Jupiteru bude zesílený sluneční vítr akreován planetou a ta se dále ohřeje i přímým optickým a infračerveným slunečním zářením. na teplotu >1 kK. Silné **zonální větry** na Jupiteru vytvoří v atmosféře planety mnoho úzkých pásů a také přenos tepla z osvětlené na neosvětlenou polokouli Jupiteru se zrychlí. Obdobně dopadnou exoplanety typu Jupiter u hvězd hmotnějších než Slunce, např. pro mateřskou hvězdu s hmotností 3 $M_\odot$ se jejich jupiteři ohřejí nad 1 kK i ve vzdálenosti 35 AU od hvězdy.

Keckův 10m ve spojení s adaptivní optikou dokáže již po dobu 9 let sledovat změny *vulkanické činnosti* na Jupiterově družici **Io**, ovšem s lineární rozlišovací schopností jen 140 km v infračerveném pásmu H. Budoucí adaptivní optika zlepší toto rozlišení na 110 km a příští obří teleskop *TMT* se prakticky vyrovná rozlišení kosmické sondy *Galileo*, která kolem Jupiteru obíhala v letech 1995 – 2003 a našla na *Io* přes 160 aktivních sopek. Také kosmická sonda *New Horizons* využívající gravitačního praku Jupiteru koncem února 2007 zaznamenala výbuchy sopky **Tvashtar** na Io, která předtím jevila vysokou aktivitu od konce roku 1999 po celý rok 2000. Podobně aktivní byla též sopka **Pillan** v letech 1996 – 1999 a znovu v srpnu 2007. *Io* je zcela jistě morfologicky nejproměnlivějším objektem celé Sluneční soustavy.

M. Alexandersen aj. potvrdili objevy dvou nepravidelných družic Jupiteru **S/2010 J 1 a J 2** jejich opětovným pozorováním v r. 2011 pomocí *Haleova 5m* na *Mt. Palomaru* a 3,6m *CFHT* na *Mauna Kea*. Objekty mají průměr 2 – 3 km, jasnost 23 – 24 mag v pásmu R a vázané retrográdní dráhy. Podobných minidružic je kolem Jupiteru velmi mnoho, ale těžko se identifikují, protože pauzy mezi pozorováními velkými dalekohledy jsou kvůli jiným naléhavějším pozorovacím programům příliš dlouhé.

1.1.6. Saturn

A. Sanchéz-Lavega aj. shrnuli údaje o **superbouřích** v atmosféře Saturnu, jež byly pozorovány ze Země v letech 1876, 1903, 1933 a 1960 a 1990. Z této přibližné periodicity, zhruba souhlasící s oběžnou periodou dráhy Saturnu kolem Slunce, vyplynulo, že příští superbouře by se mohla objevit někdy kolem r. 2020. Ve skutečnosti ji řada astronomů amatérů snadno pozorovala i středně velkými dalekohledy již od 5. prosince 2010 ve středních šířkách (≈ +38°) severní polokoule planety. V té době teprve začínalo na severní polokouli jaro a sonda *Cassini* začala se snímkováním až 22. prosince. Na snímcích byla pozorovatelná bílá skvrna s průměrem až 1 tis. km a v rádiovém přijímači intenzivní blesky. Skvrna se během týdne zvětšila na 10 tis. km a protáhla se do tvaru chvostu, který postupoval v zeměpisné délce západním směrem rychlostí 30 m/s. Atmosféra se v bouřce ohřála o 75 K a celý úkaz převyšoval rozměry bouřková pásma na Zemi minimálně o dva řády. V polovině ledna 2012 však celá superbouře rychle skončila. V březnu 2012 se podařilo snímkovat namodralé záblesky na Saturnu optickou kamerou sondy Cassini a odtud vyšly zářivé výkony tamějších blesků až 3 GW a trvání kolem 1 s.

Jak známo, v atmosféře Saturnu se vyskytuje **tryskové proudění** větrů podobně jako na Zemi, avšak jeho energie nepochází z ohřevu atmosféry od Slunce jako na Zemi, ale z vnitřního tepla planety, což prokázala měření sondou *Cassini* za léta 2005 – 2012. M. Panova aj. poukázali na povahu tzv. **vrtulí** v Saturnově prstenu A, které sonda *Cassini* snímkuje již několik roků. Vrtule jsou malé útvary ve tvaru písmene S, které se odchylují od Keplerových drah s konstantní poloosou. Autoři prokázali, že *vrtule vznikají po srážkách balvanů s rozměry kolem 10 metrů* a následkem toho se pohybují stochasticky.

T. Schneider aj. simulovali **koloběh methanu** na největší Saturnově družici **Titanu**, kde sluneční den zabírá 16 pozemských dnů. Jelikož léto na severní polokouli *Titanu* spadá do okolí odsluní, trvá déle než léto na jižní polokouli. Proto budou mít jezera methanu na severu v příštích 15 letech vzdutou hladinu, jelikož tam bude více bouřek a dešťových methanových srážek Nejvíce methanu se soustředí v okolí severního pólu. V nízkých šířkách *Titanu* se vyskytují lijáky kolem rovnodenností, ale po většinu oběžné periody Saturnu tam panuje sucho. V mírných jižních šířkách se budou vyskytovat vysoká troposférická mračna.

S těmito modelovými výpočty však podle P. Dalby aj. nesouhlasí pozorování spektrometru *VIMS* sondy *Cassini*, která ukazují, že hlavní složku deště na *Titanu* je **ethan**. Ethanové srážky jsou většinou mírné a poměrně rychle se vypaří nebo sublimují zpět do atmosféry. Katastrofické lijáky bývají poměrně vzácné, ale pokud se objeví, tak vyrývají nová řečiště a ukládají do nich sedimenty. Dokonce jsou možné i *mrznoucí srážky*. Stojatou kapalinu pak pokrývají *ledové kry ethanu*.

S. Le Mouelic aj. zjistili, že s nástupem jara na severní polokouli se rozpustila **mračna ethanu** kolem severního pólu a průměrná teplota jezera *Kraken Mare* (94 K) kolísá mezi dnem a nocí jen o 1,5 K. Vnitřní jádro *Titanu* je buď zcela kamenné, anebo jde o směs hornin a ledu. Kovy však zcela chybějí.

Podle C. Griffitha aj. odpovídá množství methanu v atmosféře Titanu *kapalnému oceánu o tloušťce 5 m*. Methan na povrchu pak odpovídá jezeru o hloubce 2 m, ale tento údaj platí jen pro oblasti v šířkách >50°. Kolem rovníku se nacházejí suché písečné duny, ale měření v blízké infračervené oblasti prozradila, že pod povrchem se nachází **methanové jezero** o ploše 2,4 tis. km^2, stabilní od r. 2004, které nejspíš obsahuje kapalný methan. Jezero je staré minimálně 10 tis. let a tvoří hlavní zásobárnu pro koloběh methanu na této podivuhodné obří družici Saturnu. Takových jezerních oáz v suché poušti podél rovníku je nejspíš více, jak o tom svědčí četné sluneční odlesky pozorované sondou *Cassini*. Přesná rádiová měření polohy, rychlosti a zrychlení sondy *Cassini* navíc podle L. Iesse aj. odhalila zřetelné známky existence **obřího vodního oceánu** ponořeného plných 100 km pod ledovým krunýřem pod povrchem *Titanu*. Hloubku oceánu odhadli na stovky kilometrů. „Šplouchání" oceánu vlivem slapových sil nejspíš uvolňuje methan do atmosféry největší Saturnovy družice.

1.1.7. Uran a Neptun

Jak uvedli L. Sromovsky aj, začaly se střední šířky severní polokoule **Uranu** vynořovat z dlouhého období temné zimy již koncem 90. let minulého století. Tak se počaly vynořovat na severním okraji planety *jasné skvrny*, pozorované nejprve spektrografem *NICMOS HST*, ale později také 3m teleskopem *IRTF* a zejména *II. Keckovým 10m*. Skvrny souvisejí s vertikálními proudy v ohřívající se atmosféře Uranu, zatímco kolem jižního pólu se pozoruje *polární vír* a podél rovníku kruhové pásy. Není ovšem jasné, odkud na takovou aktivitu bere Uran energii, protože *ohřev od Slunce je téměř o tři řády slabší než na Zemi*.

A. Morbidelli aj. vysvětlili, proč **družice Uran** mají rovníkové prográdní dráhy navzdory anomálnímu sklonu (98°) rotační osy planety k rovině ekliptiky. V době gigantického nárazu, který otočil rotační osu planety, byl Uran obklopen diskem protosatelitů, ale srážkou vznikl uvnitř Rocheovy meze Uranu hmotný prstenec, jenž se začal precesně kývat vůči rovníku planety. Prstenec se nakonec zhroutil na tenký rovinný disk, z něhož se utvořily zmíněné družice. Prográdní dráhy družic svědčí o tom, že Uran měl před nárazem sklon rotační osy ke kolmici k ekliptice minimálně 8°, ale možná i 30°.

C. a R. de la Fuente Marcosové objevili další 4 objekty, které byly asi před 50 tis. lety zachyceny jako **kvazisatelity Neptunu**. Jejich dráhy mají rozmanité parametry; jeden z nich setrvá u Neptunu již jen asi 2 tisíce let, další se nachází na dráze ve tvaru podkovy kolem Neptunu, třetí je Trojan, který střídá Lagrangeovy body L_4 a L_5 a poslední se nachází v bodě L_5. Zároveň se ukazuje, že *bod L_5 soustavy Slunce-Neptun je méně stabilní než bod L_4*. Autoři se domnívají, že za to mohou poruchy od trpasličí planety *Pluto*. Celkem se podařilo nalézt již 14 kvazisatelitů s výstřednými drahami křížícími rovinu ekliptiky, jenže všechny kvazisatelity dříve či později Neptunovu náruč opustí, protože obíhají po velmi výstředných drahách šikmo skloněných k rovině ekliptiky.

1.2. Meziplanetární látka

1.2.1. Trpasličí planety a transneptunská tělesa

A. Yudin aj. využili objevu čtvrté družice Pluta (**Kerberos**) k zlepšení některých parametrů již dříve objevených družic **Nix** a **Hydra**. Zjistili, že jde o ledová tělesa s vysokým albedem >30 % a hmotnostmi nižšími než 5.10^{16} kg, resp. 9.10^{16} kg. Nová kamera *WFC3 HST* umožnila objevit 11. 7. 2012 v pořadí již pátou družici trpasličí planety Pluto (**Styx**) o průměru nanejvýš 25 km. **Charon** obíhá nejblíže k Plutu po téměř kruhové oběžné dráze o poloměru 19,5 tis. km a podobně jako náš Měsíc vykazuje synchronní rotaci s oběžnou periodou 6,39 dne. Má téměř 12 % hmotnosti Pluta, takže *barycentrum obou těles se nachází vně Pluta*, což je jedinečný případ mezi trpasličími planetami. Druhá v pořadí podle vzdálenosti od barycentra soustavy je právě nově objevená družice *Styx* s poloměrem dráhy 42 tis. km a oběžnou dobou 20 d. Dále následují *Nix* s poloměrem dráhy 49 tis. km a oběžnou dobou 25 d a *Kerberos* s poloměrem dráhy 60 tis. km a oběžnou dobou 32 d. Nejvzdálenější *Hydra* má poloměr dráhy 65 tis. km a obíhá v periodě 38 d. Poměry period *Charonu, Nixy, Kerbera* a *Hydry* se blíží hodnotám 1:4:5:6, ale nejde o přesný synchronismus. Autoři naopak poukazují na silné slapové působení *Pluta* i *Charonu*, takže je svým způsobem překvapující, že dráhy všech družic se blíží kružnicím, ačkoliv dlouhodobě určitě podléhají dráhovému chaosu.

C. a R. de la Fuente Marcosovi dokázali, že **plutino (15810)** objevené r. 1994 je v současnosti *kvazisatelitem Pluta*. Pohybuje se jako retrográdní družice v rezonanci 1:1, ale nachází se vně *Hillovy sféry* (uvnitř sféry převládá gravitace centrálního tělesa soustavy), takže epizoda jeho vazby na Pluta potrvá nanejvýš 350 tis. let. Pak se bude po dobu zhruba 2 mil. let pohybovat nezávisle na Plutu, ale znovu se pak stane jeho kvazisatelitem. Podobné kvazisatelity byly již dříve nalezeny u *Venuše, Země, Jupiteru* i *Saturnu* a také u trpasličí planety *(1) Ceres* a planetky *(4) Vesta. Zmíněné plutino je však prvním kvazisatelitem za drahou Neptunu*, který se ovšem do jeho obíhání kolem *Slunce* rovněž vměšuje zásluhou dráhové rezonance 3:2.

Pluto (134340) tím jen potvrzuje svou výjimečnost, protože jde v tuto chvíli o nejpočetnější soustavu družic v pásmu TNO

(transneptunských těles) a zcela unikátní příklad pro soudobou nebeskou mechaniku. M. Buie aj. ukázali, že největší družice *Charon* obíhá kolem Pluta po kruhové dráze v periodě 6,387 d, ale se sklonem 96° k ekliptice, tj. lehce retrográdně. *Pluto* na své skloněné a silně protáhlé eliptické dráze se v tomto století neustále vzdaluje od *Slunce*. V r. 2012 zeslábl na 14,0 mag z maxima 13,6 mag, které dosáhl v přísluní v r. 1989. Pozorovatelé na severní polokouli jsou navíc omezeni tím, že Pluto má čím dál tím jižnější deklinaci; v r. 2012 dosáhl –19°, jež do roku 2030 klesne až k –24° v souhvězdí *Střelce*. To naštěstí nijak neomezuje zatím velmi úspěšný let kosmické sondy *New Horizons*, která po desetiletí od startu proletí kolem Pluta 14. července 2015 a pro níž se už hledá další cíl v pásmu TNO.

J. Ortiz a mnoho dalších autorů ve velké mezinárodní kampani využili zákrytu anonymní hvězdy 18 mag trpasličí planetou **(136472) Makemake** (2005 FY9), jenž se odehrál 23. dubna 2011, ke zpřesnění jejího průměru (1 420 ±60) km i tvaru přibližně dvouosého elipsoidu 1 502 × 1 430 km^2. *Makemake* se honosí rekordním albedem 77 % a tomu odpovídající nízkou střední hustotou 1,7násobku hustoty vody v pozemských podmínkách.

J. Ortiz aj. usoudili, že krátká rotační perioda (3,9 h) trpasličí planety **(136108) Haumea** (2003 EL61; hmotnost 4.10^{21} kg; přibližně tvaru trojosého elipsoidu s osami 2 000 × 1 500 × 1 000 km^^{3}) není důsledkem obří srážky, ale naopak rotačního štěpení. Kolem Haumey obíhají dvě družice **Hi'iaka** a **Namaka**, které mají hmotnosti 0,5 % a O,O5 % hmotnosti trpasličí planety a nesou významný moment hybnosti celé soustavy.

Navíc existuje *rodina Haumey* mezi tělesy TNO, podobně jako je tomu u rodin planetek v hlavním pásu. Počítačové simulace podle autorů ukazují, že pokud se trpasličí planeta roztočí vlivem vnějších sil, dojde nutně k rotačnímu štěpení a vzniku satelitů i celé rodiny TNO. Podobně vznikají také podvojné soustavy TNO, které jsou na *periférii Sluneční soustavy* překvapivě početné. Všechno tedy nasvědčuje tomu, že v hlubinách *Sluneční soustavy* se skrývají další rychle rotující trpasličí planety doprovázené družicemi a rodinou menších těles TNO.

H. Schlichtingová aj. využili během posledních devíti let pointeru *FGS HST* k pátrání po malých **objektech za Neptunem** v pásmu ekliptikálních šířek <20° po souhrnnou pozorovací dobu 19,5 tis. h. Když k tomu přidali předešlé pátrání po dobu 12 tis. h, zdá se výtěžek této práci dosti hubený, tj. našli jen dvě taková tělesa o rozměrech ~500 m. Přesto však lze odtud usoudit, že ve vzdálenostech 40 AU se nachází poměrně velký počet těles s rozměry >250 m, které mohou doplňovat zásobu **komet Jupiterovy rodiny** s oběžnými periodami kolem 6 let. *Edgeworthův-Kuiperův pás* ve *Sluneční soustavě* lze proto považovat za analogii již objevených prachových disků kolem cizích hvězd podobných Slunci.

Velmi zajímavou studii o původu **Kentaurů** (planetek-komet na nestabilních drahách s přísluními mezi drahami Jupiteru a Neptunu) uveřejnili R. Brasser aj. Dosud objevení Kentauři se vyznačují malými sklony drah k ekliptice a životností nanejvýš 10 milionů let vinou velkých dráhových poruch od obřích planet *Sluneční soustavy*. Dosud jich známe zhruba 200 a podle dosavadního mínění pocházejí z Edgeworthova-Kuiperova pásu, popřípadě z rozptýleného disku za Neptunem. Zmínění autoři však studovali dráhový *původ tří Kentaurů* s nečekaně vysokými sklony drah k ekliptice (70 – 104°), které mají přísluní poblíž Uranu (19 – 21 AU) a velké poloosy v pásmu TNO (42 – 67 AU). Kdyby všichni Kentauři pocházeli z dosud uvažovaných populací TNO, tak by nepoměr mezi Kentaury s nízkými a vysokými sklony měl být řádu 10^4:1, což je – jak patrno – minimálně o dva řády v rozporu s pozorováním. Počítačové simulace však ukázaly, že daleko pravděpodobněji pocházejí Kentauři s vysokým sklonem drah z **Oortova oblaku komet**, odkud jsou nasměrováni do vnitřní části Sluneční soustavy galaktickými slapy. Autoři odhadují, že velkých Kentaurů pocházejících z Oortova oblaku bude kolem 200 a jejich stavy se plynule doplňují náhradou za ty, kteří se po milionech let stávají obětí gravitačního kulečníku obřích planet od Jupiteru po Neptun.

1.2.2. Planetky hlavního pásu a Trojáné

Kentauři, jak už jejich název naznačuje, *rozmývají hranici mezi planetkami a kometárními jádry*, což je ostatně známo už od r. 1996, kdy se počínaje kometou **133P/Elst-Pizzaro** čím dál tím častěji ukazuje, že některé planetky uvolňují do svého okolí prach a případně i plyn, a to zejména v okolí přísluní, kdy jsou více ohřívány Sluncem. J. Bauer aj. využili infračervené družice *WISE* reaktivované jako *NEOWISE* ke sledování čtyř objektů v době, kdy nevykazovaly žádnou měřitelnou kometární aktivitu, k určení jejich albeda a tím i geometrického rozměru. Kromě již zmíněné komety *133P* tak pozorovali komety *P/2010 R2* (La Sagra) a *176P/LINEAR* jakož i planetku *(596) Scheila*. Vizuální albeda všech těchto těles jsou nízká (1 – 7 %) v souladu s albedy běžných kometárních jader.

Tělesa klasifikovaná jako komety mají malé průměry jader (1,0 – 3,5 km), na rozdíl od Scheily, jejíž průměr dosahuje 113 km. Formálně je tedy Scheila s albedem 4 % největší známé kometární jádro, obíhající v periodě 5 let kolem Slunce po dráze s délkou velké poloosy 2,9 AU, výstředností 0,16 a sklonem 15° k ekliptice! Tento názor však zpochybnili H. Hsieh aj., kteří z optických pozorování a dynamických měření zjistili, že ještě 11. 11. 2011 se planetka jevila jako svítící bod, ale 3.12. již měla difúzní vzhled a 10. 12. ji už obklopoval oblak prachu. Snímky z kamery *WFC3 HST* jednoznačně prokázaly, že nejde o sublimaci ledu, ale o prachový chvost vytvořený šikmým nárazem menšího tělesa na Scheilu.

Podobně O. Hainaut aj. dokázali z pozorování teleskopy *NTT ESO*, *Gemini-N* a *UHT*, že periodická kometa **P/2010 A2** je ve skutečnosti planetka o poloměru 90 m, která se pod šikmým úhlem 80° srazila s podobně velkým tělesem někdy koncem roku 2009. Při pozorováních mezi 14. 1. a 19. 2. 2010 ji doprovázel prachový chvost zrnek o průměrech 1 – 20 mm prapodivného převážně kuželovitého tvaru, který se rozpínal rychlostí 0,2 m/s. Hmotnost chvostu odhadli na 800 kt.

Dalším přírůstkem do této kategorie se podle R. Stevensona aj. stala planetka hlavního pásu **P/2012 F5 (Gibbs)** původně klasifikovaná jako krátkoperiodická kometa, která na snímku z 27. 3. vykazovala prachovou vlečku o úhlové délce 7′ potvrzenou o 3 dny později na záběru z Haleova pětimetru. Planetka o poloměru <3 km, která byla v té době na cestě do odsluní své dráhy, jímž prošla koncem října 2012, vyvrhla do vlečky o lineární délce >600 tis. km celkem 50 kt prachových zrnek o typickém průměru >20 μm. Velká poloosa její dráhy činí 3,0 AU při výstřednosti 0,04 a sklonu 10° k ekliptice. Dráha je dlouhodobě stabilní po dobu >1 mld. let, což těleso rovněž řadí mezi klasické planetky; nikoliv jako jádro krátkoperiodické komety Jupiterovy rodiny.

Autoři se proto přiklonili k názoru, že *planetka Gibbs* se srazila s kamenným úlomkem o metrovém rozměru někdy počátkem července 2011 a odtud pochází její dočasná prachová vlečka. Autoři navrhli pro podobné případy akronym *AMBO* (aktivní objekty hlavního pásu). Do této kategorie zařazují 9 takových objektů, charakterizovaných velkými poloosami drah mateřských těles v rozmezí 2,3 – 3,2 AU, výstřednostmi 0,1 – 0,3 a sklony 0 – 21°, přičemž tyto dráhy jsou stabilní minimálně po stovky milionů let. Dráhy se zmíněnými parametry tedy ukazují na vysokou koncentraci drobných úlomků právě v této části hlavního pásu,takže tam srážky úlomků s planetkami nebudou nijak výjimečné.

D. Jewitt uvedl, že *„kometární" aktivita planetek* může mít ovšem i jiné příčiny. Autor rozebral údaje o 11 planetkách s výskytem dočasné prachové komy nebo jednoho či více chvostů a potvrdil, že u Scheily šlo o následek srážky s miniaturní planetkou, zatímco u mateřského tělesa *Geminid* **(3200) Phaethon** o důsledky silného ohřevu planetky v přísluní (0,14 AU, tj. 21 mil. km), kdy teplota povrchu dosahuje 1 kK. Další příčinou může být rychlá rotace planetky, kdy na rovníku odletuje prach odstředivou silou.

A. Kovačevicová využila těsných přiblížení 21 planetek k trpasličí planetě **(1) Ceres** ke zpřesnění její hmotnosti na $(4{,}54 \pm 0{,}07).10^{-10}\ M_{\odot}$, což je hodnota o 2,5 % menší než dosud udávaná v tabulkách. V r. 2012 však byla největší pozornost mezi planetkami hlavního pás upřena na planetku **(4) Vesta**, kolem níž obíhala od poloviny července 2011 do začátku září 2012 kosmická sonda *Dawn* nejprve ve výšce 2,7 tis. km a posléze 680 km nad planetkou, takže její kamery docilovaly na povrchu tělesa lineárního rozlišení 750 m/pixel. Tak se podařilo R. Jaumannovi aj. na povrchu Vesty rozpoznat dva obří impaktní krátery *Veneneia* (stáří 2 mld. let; průměr 400 km; hloubka 12 km; 52° j.š.) a *Rheasilvia* (stáří 1 mld. let; průměr 500 km; průměr centrálního vrcholu 180 km; hloubka 19 km; 75° j.š.), které se zčásti překrývají. Od středního poloměru planetky se topograficky odlišují prolákliny o hloubce až 22 km a hory o výšce až 19 km. Impakty, které vytvořily tyto krátery, vymrštily podle P. Schenka aj. také do meziplanetárního prostoru úlomky, které dopadají občas i na Zemi jako meteority zvané *diogenity, eukrity* nebo *howardity*. Samotná planetka je stará 4,55 mld let a za hlavní minerál na povrchu lze označit křemičitý pyroxen s příměsí hořčíku nebo železa.

Nitro Ceresu je podle S. Marchiho aj. i V. Reddyho aj. geologicky diferencováno, takže obsahuje kovové (železné) jádro, jehož poloměr podle C. Russella aj. dosahuje 110 km, zatímco rozměry planetky lze dobře charakterizovat jako trojosý elipsoid s poloosami 286 × 279 × 223 km^3, čemuž odpovídá efektivní poloměr 263 km. Při hmotnosti $2{,}6.10^{20}$ kg činí její střední hustota 3,46 násobek hustoty vody v pozemských podmínkách. Rotační perioda Vesty byla zpřesněna na 5,342 h. Jde o *nejjasnější planetku hlavního pásu*, která se utvořila záhy již v prvních deseti milionech let po vzniku *Sluneční soustavy*. Její severní polokoule je posetá velmi starými menšími krátery, které dokládají *raný vývoj Sluneční soustavy*. Jižní polokoule byla pozměněna zmíněnými velmi pozdními dopady obřích planetek, takže je téměř zázrak, že to Vesta vydržela.

M. De Sanctis aj. objevili pomocí infračerveného spektrometru na sondě *Dawn* pásy hydroxylu OH na vlnové délce 2,8 μm, jež poukazují na velmi nerovnoměrné zastoupení hydrátů v jednotlivých částech povrchu planetky. Jestliže se tedy mohla dostat **voda** na tělesa v pásmu planetek, dává to nové možnosti, jak vysvětlit existenci vodních oceánů na Zemi. D. Buczkowski aj. objevili na povrchu Vesty trhlinu *Divalia Fossa* dlouhou 456 km, širokou 22 km a hlubokou 5 km. Jde o přímý důkaz, že nitro planetky je geologicky zvrstvené a byla na počátku svého vývoje roztavená, jak je pravidlem u terestrických planet. Vesta má přitom jen sedminu poloměru Měsíce.

R. E. Fu aj. a B. Weiss aj. objevili v **meteoritu ALH81001** klasifikovaném jako eukrit z planetky Vesta *remanentní magnetismus*. Z termochronometrie izotopů ^{40}Ar a ^{38}Ar se podařilo určit, že materiál meteoritu zkondenzoval při chladnutí povrchu Vesty před 3,7 mld. let, takže odtud lze odhadnout tehdejší hodnotu indukce magnetického pole na povrchu planetky na >2μT. Autoři uvedli, že po svém vzniku měla Vesta kapalné kovové jádro o poloměru 110 km a hmotnosti 5 – 25 % hmotnosti celé planetky. Díky proudění kovové kapaliny a rotaci planetky tak vzniklo silné *dynamo* (indukce až 2,6 mT), které se mohlo projevit permanentním magnetismem v plášti planetky teprve poté, kdy teplota pláště klesla pod Curieův bod pro tamější horniny 780 °C, což trvalo dalších několik milionů let.

Indukce remanentního magnetismu povrchových vrstev planetky tak mohla dosáhnout hodnot kolem 100 μT. Magnetické dynamo *Vesty* ovšem zaniklo nejpozději za 100 mil. let po vzniku *Sluneční soustavy*, takže v době vzniku meteoritu *ALH81001* remanentní magnetismus povrchových vrstev již podstatně zeslábl. Meteorit byl vymrštěn z Vesty při nějakém impaktu teprve před 15 mil. let a na Zemi dopadl „nedávno". Je však velmi pravděpodobné, že povrchové vrstvy Vesty dodnes vykazují remanentní magnetismus s indukcí >0,2μT, což by mělo stačit k odclonění iontů slunečního větru. Ze snímků Vesty sondou Dawn vyplývá podle C. Pieterse aj. a T. McCorda aj., že její povrch skutečně není kosmicky zvětralý, jak tomu bývá u méně hmotných planetek či kometárních jader, která takovou magnetickou ochranu nemají.

Série prací o vlastnostech Vesty založených na rozboru údajů ze sondy *Dawn*, které se v r. 2012 vyrojily v prestižních astronomických časopisech, způsobila opravdový převrat v nazírání na její podstatu. Vesta vznikla tak brzy po vzniku Sluneční soustavy a jeví jasně geologickou diferenciaci i magnetické vlastnosti, že to daleko více odpovídá definici terestrické planety spíše než planetky. Zatímco v r. 2006 byl *Pluto* právem vyřazen ze seznamu planet, ale současně se stal prototypem těles transneptunského pásu těles. *Vesta* považovaná od poloviny 19. století za běžné těleso hlavního pásu planetek, je nyní zejména díky sondě *Dawn* geologicky povýšena mezi planety, i když se její formální klasifikace nejspíš nezmění. Mimochodem, Vestu lze v době opozice se Sluncem pozorovat za dobrých podmínek prostým okem jako objekt 5,4 mag, což je jedinečná výsada mezi všemi planetkami *Sluneční soustavy*.

L. Jorda aj., S. Spjuth aj., S. Besse aj. zveřejnili podrobné práce o pozorováních planetky **(2867) Šteins** sondou *Rosetta* během 4h průletu 5. září 2008. Velký odstup mezi pozorováním a publikacemi byl způsoben nešťastným vypnutím úzkoúhlé kamery *NAC* v době, kdy se sonda k planetce přiblížila na vzdálenost 5,2 tis. km, takže veškerá tíha detailních pozorování spočívala na širokoúhlé kameře *OSIRIS-WAC* s maximálním rozlišením 81 m/pixel v minimální vzdálenosti 803 km od planetky. *Šteins* obíhá ve vnitřní části hlavního pásu planetek po eliptické dráze s velkou poloosou 2,36 AU s výstředností 0,15 a sklonem dráhy 10° v periodě 3,6 let a patří k planetkám třídy E. Trojrozměrná rekonstrukce tvaru planetky vedla ke trojosému elipsoidu o rozměrech 6,8 × 5,7 × 4,4 km^3, tj. o ekvivalentním průměru 5,2 km a ploše povrchu 92 km^2. Planetka rotuje retrográdně (sklon rotační osy k ekliptice dosahuje 172°) v periodě 6 h.

Na jejím povrchu vystupuje protáhlý *rovníkový hřbet*, jenž je nejspíš důsledkem odstředivé síly rotace, neboť rotační perioda Šteinse byla v minulosti dvakrát kratší než dnes. Největším překvapením je však obří **impaktní kráter Ruby** o rozměrech

2,1 × 1,8 km, takže je s podivem, že planetka tento náraz ustála, ačkoliv ji evidentně tvoří hromada sutě. Následkem obřího impaktu se však navzájem silně liší vzhled obou polokoulí planetky; *na jedné z polokouli prakticky chybějí impaktní krátery*. Na viditelné části (44 %) povrchu objevily zmíněné týmy 42 relativně mělkých (4 – 25 % šířky) impaktních kráterů s rozměry od 150 do 2 100 metrů. Povrchový regolit je většinou drsný a silně porézní; jeho albedo dosahuje 57 %.

J. Fangová aj. zpřesnili údaje o soustavě planetky **(87) Sylvia**, kolem níž obíhají satelity *Romulus* a *Remus* po téměř kruhových drahách s poloměry 706 a 1357 km, tj. zhruba pětinásobku a desetinásobku středního poloměru planetky. Hmotnost planetky dosahuje $1{,}5.10^{19}$ kg, zatímco satelity mají po řadě hmotnosti 7,3 a 9,3 v jednotkách 10^{14} kg. Jejich oběžné dráhy jsou koplanární a rotační osy rovnoběžné. Jedna z největších planetek hlavního pásu o střední hustotě 1,3násobku hustoty vody obíhá kolem *Slunce* po mírně výstředné (e = 0,08) dráze s poloosou 3,5 AU a sklonem 11° k ekliptice.

Jak známo, vůbec první **Troján** (planetka poblíž libračního bodu L_4 nebo L_5 soustavy Slunce-planeta) byl objeven M. Wolfem v únoru 1906 v bodě L_4 a dostal jméno *(588) Achilles*. Dnes je *rodina Trojánů Jupiteru zdaleka nejpočetnější*, neboť jich známe už téměř 6 tisíc! Teprve r. 1990 byl E. Bowellem aj. objeven první *Troján Marsu* nazvaný **(5261) Eureka** a až v r. 2001 L. Wassermanem aj. první *Troján Neptunu* (**2001 QR322**). R. Schwarz a R. Dvorak nyní ukázali, že *Trojány* mohou mít všechny terestrické planety s výjimkou *Merkuru*. Jsou totiž doprovodným jevem při výstavbě těchto planet, ale jejich dráhy nejsou dlouhodobě příliš stabilní. V současné době známe 6 *Trojánů Marsu* a *3 Trojány Země*, z nichž jeden (*2010 TK7*) se nachází v bodě L_4 a další dva vykazují podkovovité dráhy. K tomu, aby byla planetka zachycena jako *Troján*, musí mít výstřednost dráhy v rozmezí 0,15 – 0,45 a sklon k ekliptice v rozmezí 3 – 32°.

1.2.3. Křížiči (NEO)

Současní křížiči zemské dráhy jsou už jen slabým odvarem toho, co se podle W. Bottkeho aj. dělo v dávné minulosti *Sluneční soustavy*. Ke srážkám s velkými planetkami, popř. planetesimálami docházelo totiž po celou první polovinu dosavadní existence *Sluneční soustavy*. Vnitřní okraj hlavního pásu planetek (tzv. *pás E*) byl tehdy blíže ke Slunci ve vzdálenosti jen 1,7 AU, tj. sahal až do odsluní dnešní dráhy Marsu. Je dokonce možné, že **fáze těžkého bombardování** začala ihned po dokončení tvorby terestrických planet, tj. již před 4,5 mld. let. Datování impaktů v tak vzdálené minulosti je ovšem poměrně nepřesné.

Těžké bombardování nejspíš vyvolaly *migrační pohyby Jupiteru a Saturnu* směrem ke Slunci, následkem čehož se dostaly do dráhové rezonance 2:1 před 4,1 mld. let a následně se obě obří planety začaly od té chvíle vzdalovat od Slunce. Pozdní fáze **těžkého bombardování Měsíce** se odehrála v rozmezí 4,1 × 3,75 mld. let před současností a pro *Zemi* se protáhla dokonce až do doby před 2,3 mld. let. Největší impaktní kráter na Měsíci má průměr 2,5 tis. km a druhý největší (*Mare Imbrium* = *Moře dešťů*) přes 1,1 tis. km. Z počítačových simulací vyplývá, že *na Zemi se odehrálo přibližně 40 impaktů, jež vytvořily krátery o průměru >1 tis. km* a stovky impaktů s následnými krátery >300 km. Aktivní geologie Země však na rozdíl od Měsíce všechny tyto stopy téměř dokonale zahladila.

K podobnému závěru dospěli také B. Johnson a H. Melosh, kteří spočítali, že *planetky větší než 10 km dokázaly při impaktu vypařit pozemské horniny o hmotnosti srovnatelné s vlastní hmotností*. Impaktní projektily měly rozměry až 70 km. Rozpínání páry ohnivé koule po impaktu vedlo k jejímu ochlazení a vzniku kapalných kulovitých **sferulí**, jež nakonec utuhly a usadily se ve víceméně souvislé vrstvě na povrchu Země. Tloušťky těchto vrstev dosahují pouhých 0,4 m a pocházejí z období 3,5 – 1,85 mld. let před současností.

Neúnavná infračervená družice *WISE* dokončila ve spektrálním pásu 3 – 22 μm přehlídku *NEO-WISE* věnovanou křížičům, kteří se mohou k Zemi přiblížit na vzdálenost <0,3 AU. A. Mainzerová aj. tak nalezli **585 nových křížičů**, takže jejich celkový počet se blíží tisícovce; z toho samotná družice *WISE* jich potvrdila 911. Odtud plyne, že *křížičů s průměry 0,1 – 1,0 km se je celkem jen 19,5 tisíce*, což je 55 % starších odhadů. Autoři dále ukázali, že již *více než 90 % pro Zemi nebezpečných křížičů (PHA) s průměrem >1 km objeveno bylo*, podobně jako 30 % PHA s průměry >100 m. *Úhrnný počet PHA všech rozměrů autoři odhadli na 4 750 (±30 %)*. Podle S. Greenstreeta aj. má 0,1 % křížičů s přísluním <1,3 AU retrográdní dráhy následkem rezonance 1:3 s oběžnou dobou *Jupiteru*. Průměrná *životnost křížičů* se pohybuje v rozmezí 0,001 – 100 mil. let. Již v r. 2005 dokázal J. Borovička, že retrográdní dráhy se vyskytují i mezi drobnými tělísky, které se běžně střetávají se Zemi jako meteoroidy.

D. Vokrouhlický aj. ukázali na příkladu **NEO 2004 LG**, že o řadu takových objektů se nakonec postará *Slunce*, které je zničí. Autoři totiž zjistili, že dráha *2004 LG* je silně ovlivňovaná *Kozaiovým mechanismem*, který silně mění výstřednost jeho dráhy během tisíců let. Už před 3 tis. lety se těleso dostávalo v přísluní na vzdálenost jen 6 $R_\odot$ a tam se pokaždé ohřálo na 2,5 kK, jenže za 9 tis. od od současnosti dosáhne výstřednost jeho dráhy maxima a v přísluní ve vzdálenosti jen 1,6 $R_\odot$ se bude zahřívat na 4,5 kK. K tomu se připojí silné sluneční slapy, takže těleso nepochybně zanikne.

Mimořádnou publicitu v r. 2012 získala planetka **(101955) = 1999 RQ36**, objevená aparaturou *LINEAR* v září 1999. Patří mezi křížiče typu *Apollo*, má průměr kolem 0,5 km a rotační periodu 4,3 h, jak zjistily radary v *Arecibu* a *Goldstonu* během těsného přiblížení planetky k Zemi v r. 2005. Planetka se podle současných měření přiblíží těsně k Zemi osmkrát mezi lety 2169 a 2199. Z hlediska potenciálního zkoumání kosmickou sondou zblízka má planetka jednu výhodu navíc – nevelký rozdíl v rychlostech oběhu *Země* kolem *Slunce* a v rychlosti oběhu planetky – necelých 8 km/s. Planetka obíhá po silné protáhlé (e = 0,52) eliptické dráze o velké poloose 1,9 AU a sklonu 15° k ekliptice.

Proto vedení *NASA* vážně uvažuje o náročné misi automatického **odběru vzorků** uhlíkatých chondritů z povrchu planetky. Příslušná sonda by měla startovat v rámci projektu *OSIRIS-REx* vedeného D. Laurettou v r. 2016. V r. 2019 by sonda odebrala vzorky a v r. 2023 by je přivezla na Zemi. Americké instituce, které se podílejí na přípravě projektu, vypsaly v r. 2012 soutěž na pojmenování planetky, které se zúčastnilo přes 8 tis. studentů nejenom z USA. Jméno **Bennu** (pták z egyptské mytologie) vybral student Michael Puzio ze *Severní Karoliny*.

Mnohem aktuálnější hrozbu však podle I. Wlodarczyka představuje planetka **2012 DA14 = (367943) Duende** objevená 23. února 2012 robotickými dalekohledy ve španělském pohoří *La Sagra* v Andalúzii. Měla totiž dráhu velmi podobnou dráze Země s velkou poloosou 1,002 AU a oběžnou dobou 366 d při výstřednosti 0,11 a sklonu 10°. Během několika týdnů po objevu se ukázalo, že

miniplanetka o průměru asi 45 m proletí v polovině února 2013 znovu těsně kolem *Země* ve výšce kolem 34 tis. km od centra Země, tj. blíže než kde probíhá *geostacionární dráha* umělých družic Země, a dosáhne v největším přiblížení asi 8 mag.

Z prvních pozorování dokonce vyplývala nenulová pravděpodobnost (0,03 %), že těsný průlet u Země vyvolá nepříznivou změnu dráhových parametrů a *Duende se srazí se Zemí* v r. 2026, což by byla katastrofa srovnatelná s dopadem Tunguského meteoritu v červnu 1908. Tyto obavy se naštěstí rozplynuly během zmíněného průletu v únoru r. 2013, kdy byla dráha planetky zpřesněna na základě radarových pozorování na observatořích *Arecibo* a *Goldstone*. Jak autor uvádí, v polovině roku 2012 byly známy *dráhy již téměř 9 tisíc křížičů typu Apollo*, které představují hlavní nebezpečí srážky se Zemí, byť naštěstí ve velmi vzdálené budoucnosti.

V. Reddy aj. zkoumali vlastnosti proslulého křížiče **(4179) Toutatis**, který se jeví jako nediferencovaný chondrit, jemuž však zcela chybějí pyroxenové minerály obsahující železo a související s vyvřelinami. *Toutatis* proslul jako planetka, která nemá stálou rotační periodu; namísto toho se převaluje na své dráze s periodami 5,4 a 7,4 d.

1.2.4. Komety

Počátkem roku 2012 byly zveřejněny početné rozbory pozorování komety **C/2011 N3 (SOHO)**, která se doslova otřela o *Slunce*, protože 6. 7. 2011 proletěla v minimální výšce 100 tis. km nad fotosférou. Geneticky patřila do rozsáhlé *Kreutzovy rodiny komet*, která má už minimálně 1,6 tis. členů. Svým těsným průletem (či spíše ztroskotáním) posloužila k testování vlastností nízké koróny, v níž se ohřála na teplotu až 4 kK. C. Schrijver aj. popsali, jak se rychlost letu komety vůči *Slunci* zvýšila až na 650 km/s a 10 min před průchodem přísluním se vypařil její chvost o hmotnosti 6 kt. Jádro komety o průměru <50 m ještě chvíli odolávalo, ale pak se rovněž vypařilo. Díky sluneční družici *SDO* a dalším přístrojům v kosmu i na Zemi se tak podařilo získat jedinečné údaje jak o materiálu komet, tak i o struktuře koróny.

Z. Sekanina a P. Chodas podrobně rozebrali podobný případ komety **C/2011 W3 (Lovejoy)**, objevené koncem listopadu 2011 pouhých 18 dnů před průchodem přísluním, takže pozorování ze Země byla obtížná. Naštěstí se kometa v blízkosti *Slunce* dostala do hledáčku sluneční družice *SOHO* a kosmických sond *STEREO A a B*. Autoři využili pozemních i kosmických měření poloh kometárního jádra k pokusu určit geometrické parametry její dráhy a uspěli. Kometa prošla přísluním 16,012 prosince 2011 ve vzdálenosti 831 tis. km od centra Slunce a předtím 5. ledna 1329 AD ve vzdálenosti 886 tis. km. Současný sklon dráhy 134,4° se jen nepatrně liší od sklonu při předešlém průchodu 133,8°. Současná orbitální perioda dosáhla 698 let, minulá činila 684 let.

Autoři na základě tohoto výsledku tvrdí, že se tím posiluje jejich domněnka o brzkém *příchodu celého uskupení jasných Kreutzových komet* otírajících se o Slunce. Statečná kometa W3 přežila průchod přísluním zhruba o 4 dny, pak se centrální kondenzace rozplynula. Místo ní se rozvinula úzká prachová stuha, která byla pozorovatelná celé 3 měsíce po průchodu přísluním. Skládala se z prachových zrnek, které přežily sublimaci u Slunce a jejichž úhrnná hmotnost dosáhla řádu milionů tun. Kometární jádro nebylo tedy hromadou sutě, ale porézním kamenným objektem.

Sekanina a Chodas se pak podrobně věnovali procesům **rozpadu komety** v žáru těsně nad sluneční fotosférou a ukázali, že obdobné úkazy mohou probíhat v menší intenzitě i velmi daleko od *Slunce*. V každém případě je zřejmé, že *těsně kolem Slunce existuje dokonale bezprašná zóna*. **Kreutzova rodina komet** je naprosto jedinečný fenomén, kdy se obří kometa patrně poprvé rozpadla v r. 467 AD a tato kaskáda rozpadů pak pokračovala v r. 1106, dále v r. 1329 a znovu r. 1888 a pátou epizodu prožíváme právě nyní.

Běloruský astronom amatér V. Něvskij a jeho ruský kolega A. Navičonok objevili 28. 11. 2012 kometu **C/2012 S1** (*ISON = International Scientific Optical Network*) jako objekt 19 mag na snímcích z observatoře *ISON* v *Kislovodsku*. Dodatečně ji pak další astronomové nalezli na snímcích z jiných observatoří v datech 28. 11. 2011 a 28. 1. 2012. Tak se velmi rychle ukázalo, že kometa pochází z *Oortova oblaku* a do blízkosti *Slunce* se dostává poprvé. Přísluním měla projít 28. 11. 2013 ve vzdálenosti jen 1,8 mil. km od *Slunce*. Zprvu se zdálo, že bude patřit k velmi jasným kometám snadno viditelným pouhým okem, ale u panenských komet je předvídání jejich jasnosti v okolí přísluní ošidné.

B. Novakovič aj. ukázali, že s planetkou-kometou **P/2006 W139 = (300163)**; (a = 3,1 AU; e = 0,2; i = 3°; Per 5,3 r) geneticky souvisí celkem 24 planetek hlavního pásu a z nich 11 vzniklo před 7,5 mil let v důsledku srážky, přičemž jejich mateřské těleso mělo průměr asi 11 km. Odtud také pochází současná aktivita komety *W139*. Podobných případů mladých rodin planetek spjatých s kometou hlavního pásu bude zřejmě více – autoři uvádějí příklad rodiny **(656) Beagle** a komety **133P/Elst-Pizarro**.

D. Lang a D. Hogg uvedli na příkladu výbuchů komety **17P/Holmes**, jak cenným pokladem pro výzkum komet (a nejenom jich) může posloužit internetová pavučina WWW. V archivech, ale i na sociálních sítích a v soukromé elektronické korespondenci, jsou nepřeberné spousty astronomických snímků, pořízených z valné části laiky, které mohou být vědecky využity minimálně pro okamžité určení polohy i jasnosti objektu pohybujícího se na hvězdném pozadí. Autoři odhadují, že by se tak dalo zpětně využít na 5 miliard snímků!

Samotnou *kometu Holmes* sledovali během posledního velkého výbuchu koncem října 2007 J. Boissier aj. pomocí rádiového interferometru *IRAM* (*Plateau de Bure*) na frekvenci 90 GHz. Měření probíhala 4. a 5. den po začátku exploze a odhalila *dvě složky rozlétajícího se prachu*. Malé částečky prachu o rozměru 1 mm se vzdalovaly od komety rychlostmi 50 – 100 m/s, zatímco větší zrna (rozměry až 100 mm) dosahovala rychlostí jen kolem 8 m/s. Celkové množství uvolněného prachu dosáhlo hmotnosti řádu 1 Gt, čili nanejvýš *9 % hmotnosti jádra komety*.

Zcela jiný typ rozpadu zažila podle N. Movshovitze aj. jiná slavná kometa *D/1993 F2* (**Shoemaker-Levy 9**), objevená brzy po slapovém rozpadu při blízkém (1,33 R_j) průletu u Jupiteru v červenci 1992. Kometa se tehdy rozsypala na menší jadérka o průměrech 100 – 1 000 m. Autoři tento rozpad modelovali jako nepružnou odpověď hromady sutě (v podobě nepravidelného mnohostěnu) na roztažení a tření vyvolané slapy. Odtud také vyplývá, že *původní jádro komety mělo průměr asi 1,5 km* a vynikalo porézností, takže jeho střední hustota nepřevýšila 35 % hustoty vody v pozemských podmínkách.

M. Szabó aj. studovali jádro obří komety **C/1955 O1 (Hale-Bopp)** v rekordní vzdálenosti 32 AU od *Slunce* jednak pomocí *Herschelova kosmického teleskopu*, ale také pomocí obřích zrcadel *VLT ESO*. K jejich velkému překvapení vykázalo obnažené jádro komety *vysoké albedo přes 8 %*, což výrazně přesahuje hodnoty pro běžná kometární jádra. Ostatně totéž jádro komety *Hale-Bopp*

mělo na záběrech *HST* pořízených daleko před přísluním *nízké albedo 4 %*, takže tehdy se asi ledová zrnka od jádra odpoutala, ale nedosáhla únikové rychlosti. Na povrch jádra se zřejmě nyní vrátila, což je novinka možná jen u obřích komet. *Rozměry jádra komety Hale-Bopp*, které rotuje v periodě 11,3 h, odhadli autoři na 30 km. Aktivita jádra ustala až někdy počátkem r. 2009 ve vzdálenosti 28 AU od Slunce a více než 10 let po průchodu přísluním. Díky moderní technice jsme tak mohli pozorovat kometu v rozsahu 25 mag jasnosti v červeném oboru spektra.

J. Watanabe aj. shrnuli výsledky pozorování „umělého bolidu" v podobě návratového pouzdra a samotné **kosmické sondy Hayabusa**, která přivezla 13. 6. 2010 vzorky materiálu od blízkozemní planetky *(25143) Itokawa*. Poměrně spektakulární přistání se odehrálo nad *jižní Austrálií* do vojenského prostoru *Woomera*. Návratové pouzdro se oddělilo od sondy 3 h před vstupem do zemské atmosféry, bylo chráněno ablačním štítem a přistálo pak pomocí padáku. Naproti tomu těleso sondy vstoupilo do zemské atmosféry plnou rychlostí 12,2 km/s bez jakékoliv ochrany. Sonda se začala drolit a svítit ve výšce 84 km nad zemí a její rozpad vrcholil o 15 sekund později, kdy se úlomky roztáhly do šířky 1 km od sebe v délce 14 km. Největšího jasu dosáhla rozpadající se sonda ve výšce 57 km (–13,1 mag; o něco více než *Měsíc* v úplňku). Návratový modul dosahoval na povrchu štítu teploty 3,1 kK ve výšce 50 km a 2,4 kK ve 40 km.

1.2.5. Meteory

D. Čapek a D. Vokrouhlický poukázali na velké **tepelné namáhání**, kterému jsou vystaveny meteoroidy v rojích, které v přísluní procházejí poblíž *Slunce*. Jde celkem o 8 významných meteorických rojů (hodnoty přísluní v AU jsou v závorkách): **jižní δ Akvaridy** (0,07); **Geminidy** (0,14); prosincové **Monocerotidy** (0,19); severní **Tauridy** (0,35); **α Monocerotidy** (0,45); **η Akvaridy** (0,54); **α Capricornidy** (0,60) a říjnové **Draconidy** (1,00). Tepelné namáhání se projeví už při prvním průchodu přísluním krupičkovitým povrchem meteoroidu.

P. Jenniskens využil pokroků ve videoregistraci meteorů k prvnímu objektivnímu zhodnocení, jak jsou v katalozích meteorů zastoupeny **reálné meteorické roje**. Dosud totiž po více než dvou stoletích pozorování známe spolehlivě jen 64 meteorických rojů, i když v análech *Mezinárodní astronomické unie* nalezneme údaje o dalších cca 300 nepotvrzených rojích. Současné bezpečnostní videokamery s čočkami o ohniskové vzdálenosti 12 mm jsou schopné v poli o rozměrech 20° × 30° zaznamenat všechny *meteory jasnější než 5,4 mag*. V projektu *CAMS* pracují v *Kalifornii* tři pozorovací stanice (*Fremont, Lick* a *Sunnyvale*). Každá z nich je osazena baterií 20 kamer, které míří do výšky 30° nad obzorem a umožňují tak triangulací zjišťovat přesné dráhy meteorů. Jádrem systému je prvotřídní software napsaný P. Guralem. Za jasné noci totiž jediná kamera získá 10 GB dat, z toho 200 MB údajů se týká meteorů. Do léta 2012 tak autoři dostali údaje o 100 tis. meteorických drah. Podobný systém *SonotaCo* se 100 kamerami provozují již po dobu tří let japonští astronomové amatéři. Už nyní je zřejmé, že se tak postupně podaří ověřit existenci mnoha dalších meteorických rojů, dokonce i těch, které mají v různých letech silně proměnnou aktivitu.

J. Kero aj. uvedli, že japonský **meteorický radar Shigaraki** umístěný na 35° sev. š. a 136° vých. délky (poblíž *Osaky*) věnoval pozorování meteorů 529 h od června 2009 do prosince 2010 a zaznamenal tak 106 tis. drah meteorů. *Frekvence meteorů* se pochopitelně měnila jak během dne, tak i během roku podle polohy denního a ročního apexu. Průběh těchto změn však není souměrný vůči rovnodennostem. Autorům se přitom podařilo najít nových 6 meteorických rojů.

P. Babadžanov aj. zkoumali meteorické roje související s planetkou **2004 CK39**, což je ve skutečnosti nejspíš uspaná anebo vyhaslá kometa (podobně jako mateřská planetka *Phaethon* pro *Geminidy*). Numerická integrace její dráhy za 17 tis. roků ukázaly, že výstupní a sestupné úhly dráhy protínaly v minulých 8,5 tis. letech dráhu Země čtyřikrát a odtud plynou možnosti výskytu čtyř meteorických rojů (dvou v únoru a dvou v říjnu). Podrobným rozborem údajů z optických i radarových katalogů meteorů se autorům podařilo prokázat všechny čtyři roje (denní a noční **Virginidy**), které podle výpočtů souvisejí s mateřským tělesem *2004 CK39*.

V. Porubčan aj. si položili otázku, zda **výška zážehu meteorů daného roje** nezávisí na fázi sluneční činnosti. Řešili ji pomocí generálního katalogu údajů o stabilním meteorickém roji *Perseid*. Dosavadní pozorování radarových meteorů ukázala, že v obsáhlém materiálu *žádná korelace se sluneční činností neexistuje* a autoři zjistili, že podobně i výšky začátků a konců vizuálních Perseid nijak nereagují na stav sluneční činnosti. Závěr by však bylo dobré ověřit ještě i pro slabší meteory, které jsou ještě zachytitelné televizními kamerami a rádiem.

1.3. Sluneční soustava kdysi a dnes

Když astronomie získala před téměř dvaceti lety možnost porovnávat naši *Sluneční soustavu* s jinými a v současnosti má již poměrně rozsáhlý přehled o vzhledu některých cizích planetárních soustav, vychází čím dál tím zřetelněji najevo, že *žijeme v poměrně bizarní soustavě* s řadou záhadných rysů. Podle S. Elsera aj. není vůbec jasné, proč má *Merkur* zdaleka největší železné jádro a jeho složení se tak pronikavě liší od všech ostatních planet, proč je jeho magnetické pole silnější než pole *Marsu*, proč se tak liší vlastnosti *Venuše* a *Země*, když obě planety mají téměř stejné hmotnosti i rozměry, proč *Venuše* rotuje tak pomalu a ještě k tomu retrográdně, a nemá žádnou přirozenou družici.

U *Jupiteru* je záhadou, kde přišel ke svým čtyřem hlavním (Galileovým) družicím, které jsou věcně vzato spíše planetami než měsíci. Podobně není vůbec jasné, proč má *Saturn* prstence tak monumentální, kdežto ostatní obří planety poměrně nevýrazné obroučky, resp. oblouk, a proč magnetická osa *Saturnu* přesně souhlasí s osou rotace, když u všech ostatních planet s měřitelným dipólovým polem jsou osy skloněné. Dipól magnetického pole *Uranu* je navíc vyosený pod rekordním úhlem 60° k rotační ose a sama rotační osa je skloněna do roviny ekliptiky, takže *Uran* ve skutečnosti podobně jako *Venuše* rotuje retrográdně, byť pod úhlem jen 98° k normále ekliptiky. Rovněž *Neptun* má magnetický dipól vyosený a svírající s rotační osou úhel 47°. Obě posledně jmenované planety mají značnou hmotnost, ačkoliv patrně vznikly v oblasti, kde zárodečný planetární disk mnoho hmotnosti neměl. Bude proto nesmírně cenné, až se pomocí příštích zlepšených pozorovacích možností studia exoplanet podaří obdobné parametry zjišťovat u cizích planetárních soustav.

A. Crida a S. Charnoz se zaobírali otázkou, jaký je původ ostatních **pravidelných družic** obřích plynných planet *Sluneční soustavy* od *Jupiteru* po *Neptun*. Nejpravděpodobněji se tak stane, jestliže vnější okraj prstenců přesáhne hranice *Rocheovy meze*. Zrnka tvořící prstence se začnou vně této meze spojovat, až dosáhnou rozměrů a hmotností pravidelných družic u obou planet. Autoři spočítali, že za hranicí meze nejsou dráhy pravidelných družice dlouhodobě stabilní, takže *družice divergentně migrují*. Dokonce i samotný *počet vzniklých pravidelných družic, ale i jejich hmotnost závisí na tempu migrace*. Pokud je migrace družic rychlá, vznikne nakonec jen jeden velmi hmotný průvodce dané planety, což je případ *Země-Měsíc* a také trpasličí planety *Pluto*, kde je tím hmotným objektem jeho největší družice *Charon*. U *Jupiteru* platí, že *hmotnost regulérních satelitů roste se vzdáleností od okraje Rocheovy meze*.

J. Connelly aj. zlepšili na základě radioaktivní chronometrie **datování počátků Sluneční soustavy** tak, že první chondruly ve sluneční pramlhovině vznikaly před (4 567,32 ±0,42) mil. roků a v nich první inkluze Ca-Al před (4 567,30 ±0,16) mil. let. Tato nejranější epocha utváření těles *Sluneční soustavy* skončila v čase (4 564,71 ±0,30) mil. let před současností. Podle H. Schlichtinga aj. probíhal **vznik terestrických planet** v několika fázích, přičemž dost dobře chápeme posloupnost prvních tří: Nejprve vznikaly malé planetesimály, které posléze koagulovaly na protoplanety, tj. tělesa srovnatelná s Marsem. Ve třetí etapě pak díky srážkám protoplanet se konečně vytvořily terestrické planety. Problémem však zůstávají dosud početné **planetesimály**, od nichž bylo potřebí *Sluneční soustavy* vyčistit. Tyto planetesimály dopadaly po konci epochy těžkého bombardování na již téměř dokončené terestrické planety a přidaly jim okrouhle posledních 0,5 %. Důkazem je *vysoké zastoupení siderofilních prvků v plášti Země a na Měsíci*, ale patrně i na Marsu. Nejvyšší četnost přitom vykazovaly planetesimály o rozměrech <10 m. Tím se také srovnaly původně velké výstřednosti a sklony terestrických planet na současné téměř *kruhové a koplanární dráhy*.

C. Dale aj. skutečně zjistili, že *menší planetesimály mají nejvyšší zastoupení siderofilních prvků (Re, Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd a Au)*, takže se musely dostat do plášťů *Země, Měsíce* a *Marsu* až po vzniku geologických jader těchto těles. O tomto zpoždění svědčí ostatně i planetka *Vesta*, která vznikla hned v prvních milionech let existence Sluneční soustavy, ale tamější dodávka siderofilních prvků souvisí až s jejím pozdějším těžkým bombardováním drobnými chondritickými projektily.

Obecně se **výskytem chemických prvků** na planetách zabývali v průkopnické práci J. Bond aj. již v r. 2010, když pro zárodečný cirkumsolární disk spočítali posloupnost kondenzací chemických prvků a sloučenin během vychládání původně horké sluneční pramlhoviny. J. Elser aj. však tvrdí, že i pro těch pár zbylých planet Sluneční soustavy žádný univerzální model nejde neexistuje. Dnešní planetární systém je ovšem pouhým odvarem bohatství forem, které *Sluneční soustava* měla na počátku. Během epochy těžkého bombardování se totiž téměř dokonale vyčistila, ale díky tomu prokoukla do dnešní podoby.

Pod vlivem objevů obřích plynných exoplanet těsně u mateřských hvězd se rozvíjí myšlenka **migrace obřích planet** *Sluneční soustavy*, která postihla zvláště nejhmotnější planety, tj. *Jupiter* a *Saturn*. A. Morbidelli aj. vypracovali již v r. 2002 koncept migrace zvaný nyní jako *Nicejský model*. Zdá se, že prvních 700 mil. let od vzniku *Sluneční soustavy* proběhlo celkem klidně, jak naznačují i výsledky výše citovaných prací. Jakmile se však oběžné doby *Saturnu* a *Jupiteru* dostaly do rezonance 2:1, vedlo to k migraci obřích plynných planet, tj. tyto planety se odsouvaly z místa zrodu v protoplanetárním disku, kde díky velké hmotnosti stavebního materiálu mohly vzniknout, směrem od *Slunce* do dnešních v podstatě kruhových drah. Zbylé planetesimály spadly na terestrické planety, ale dopadaly ve velkém počtu řádově biliónu kusů i na náš *Měsíc* v intervalu kratším než 100 mil. let. Podle D. Nesvorného aj. způsobí blízká přiblížení planet během migrace, že dráhy planetesimál se poruší a nakonec tyto planetesimály skončily jako přirozené družice obřích planet. D. Nesvorný a D. Vokrouhlický podobně vysvětlili i skutečnost, proč mají **Trojáné Jupiteru** rozmanité sklony drah k ekliptice. *Jupiter* také způsobil, že vznikl *hlavní pás planetek* a *Neptun* díky rezonanci 2:1 ovlivnil rozsah i náplň vnějšího *Edgeworthova-Kuiperova pásu*.

G. D'Angelo a F. Marzar simulovali **migrace Jupiteru a Saturnu** v dvojrozměrné i trojrozměrné simulaci slapových interakcí v plynném disku sluneční pramlhoviny. Zjistili, že obří plynné planety se utvořily velmi rychle v průběhu 1 – 3 mil. let. Následně spočítali, jak se jejich dráhy měnily do doby, než se plynný disk spotřeboval na tvorbu planetesimál. Zatímco při dráhové rezonanci 2:1 dochází ke konvergentní migraci obou planet směrem ke Slunci, při rezonanci 3:2 jde o divergentní migraci směrem od Slunce, avšak další akrece plynu na planety může divergenci proměnit rovněž na konvergenci. Autoři dále ukázali, že *Jupiter a Saturn* mohly vzniknout v hustších partiích disku jen 4 AU a 5 AU od Slunce, ale díky rezonanci 3:2 se mohly snadno dostat až do současných vzdáleností 5,2 a 9,6 AU.

D. Nesvorný a A. Morbidelli zjistili na základě téměř 10 tisíc počítačových simulací s různými počátečními podmínkami, že *pravděpodobnost dnešní podoby Sluneční soustavy nebyla příliš velká* – pouhých 5 % simulací k ní dospělo. Pro stabilitu dnešní Sluneční soustavy muselo při dráhové rezonanci *Saturnu* a *Jupiteru* 3:2 pravděpodobně vzniknout **5 až 6 obřích planet**, z nichž alespoň jedna, ale spíše dvě (ledové) planety, musely být vlivem poruch vymrštěny ze *Sluneční soustavy* pryč.

J. Klačka aj. upozornili, že migruje dokonce i celá **Sluneční soustava**, protože během času kolísá její radiální vzdálenost od centra *Galaxie*, a to v závislosti na počtu jejích spirálních ramen. Pokud by měla Galaxie jen dvě spirální ramena, tak by **vzdálenost Slunce** od centra *Galaxie* kolísala dlouhodobě v rozmezí 7,55 – 8,90 kpc. Pokud má čtyři ramena, cože se nyní zdá pravděpodobnější, pak se kolísání zmenší na rozsah 7,9 – 8,1 kpc. Výpočet předpokládá že oběžná rychlost *Slunce* kolem centra *Galaxie* činí v průměru 220 km/s a současná vzdálenost od centra *Galaxie* dosahuje 8,0 kpc.

D. Baker a T. Ratcliffe srovnali **výkyvy počasí** na povrchu *Země* s obdobnými jevy na ostatních planetách. Zatímco vzdušné víry (*tančící derviši*) na *Zemi* sahají maximálně do výše 1 km a tornáda do 6 km, na *Marsu* dosahují tančící derviši výšky až 10 km. Na *Jupiteru* trvají **hurikány** (červené skvrny) minimálně stovky let a dokáží se i navzájem propojit a zesílit, kdežto na *Zemi* to bývá záležitost maximálně týdnů. V atmosféře *Jupiteru* a *Saturnu* se odehrávají elektrické bouře s intenzitou a kadencí blesků až o čtyři řády řádů vyšší než na *Zemi*. Bouře na *Saturnu* převážně v jižních šířkách kolem 30° trvají třeba i půl roku.

B. Randol aj. nalezli v údajích z kosmické sondy **New Horizons** letící k trpasličí planetě *Pluto* známky výskytu *interstelárních iontů*. K jejich nárůstu došlo mezi říjnem 2008, kdy byla sonda vzdálena od Slunce 11,3 AU, a červnem 2010, kdy vzdálenost sondy vzrostla na 17 AU. Rozložení iontů v různých směrech je přitom dokonale izotropní.

Mali Pluto a Cháron
oceány?

Samozrejme, nie na povrchu. Ak je však povrch Pluta a jeho najväčšieho mesiaca Chárona popraskaný, analýza údajov o trhlinách a puklinách ľadovej kôry (ktoré získa počas obletu sonda Horizons v roku 2015) môže naznačiť, či je ich vnútro ešte teplé. Natoľko teplé, že by sa pod ľadovou kôrou mohol udržať globálny oceán vody.

Pluto krúži okolo Slnka v priemere v 29-krát väčšej vzdialenosti ako Zem. Teplota jeho povrchu: mínus 229 °C. Voda v kvapalnom skupenstve sa na povrchu Pluta nemôže vyskytovať. Ani na povrchu jeho piatich mesiacov.

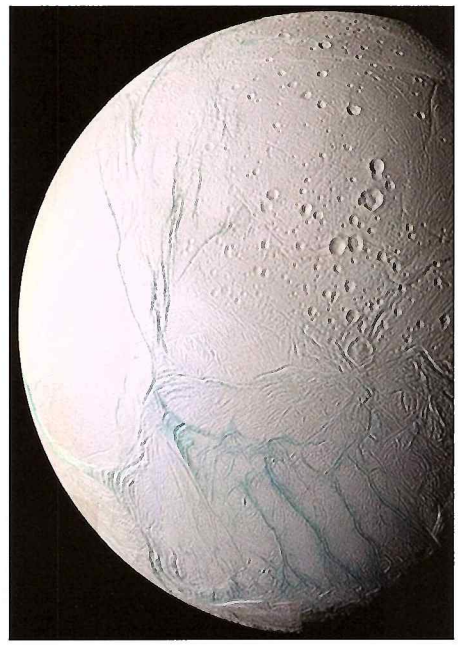
Planetológovia z Goddard Space Flight Center (NASA) predpokladajú, že podľa ich modelu by trhliny na povrchu Chárona (vzhľadom na hrúbku ľadovej kôry, štruktúru jeho vnútra a vývoja jeho obežnej dráhy) mali mať iný vzhľad. Porovnaním predpovedí s aktuálnymi údajmi sondy Horizons blížiacej sa k sytému, sa možno dozvieme, či aj Cháron mal v minulosti oceán pod povrchom, pričom teplo v jeho vnútre by mali generovať premenlivé slapové sily, vyvolávané výstrednosťou jeho dráhy.

Vieme, že viaceré mesiace obrích planét v našej sústave majú popraskaný povrch, plný širokých a hlbokých trhlín. V ríši Jupitera Európa a Ganymedes, v ríši Saturna Enceladus.

Europa a Enceladus krúžia okolo svojich planét po obežných dráhach, ktoré sa menia jednak pod gravitačným vplyvom materskej planéty, ale aj ďalších veľkých mesiacov. Preto sa ich pôvodne kruhové dráhy zmenili na výstrednejšie, meniace sa, takže na vnútra týchto telies pôsobia slapové sily. Vedci sú presvedčení, že teplo generované slapovými silami udržuje pod hrubou ľadovou kôrou vrstvu vody v kvapalnom skupenstve – globálny oceán.

V prípade Chárona vieme, že jeho, v minulosti mimoriadne excentrická dráha, generovala silné slapové sily, pod vplyvom ktorých ľadová kôra popraskala. Cháron má, vzhľadom k Plutu, okolo ktorého krúži, neobyčajne veľkú hmotnosť: 1/8 hmotnosti Pluta, čo je v našej Slnečnej sústave (vo svete mesiacov) rekord. Predpokladá sa, že tento mesiac sa sformoval na oveľa bližšej obežnej dráhe, z materiálu, ktorý vyvrhla kolízia Pluta s neznámym veľkým telesom. Z vyvrhnutého materiálu sa podľa všetkého sformovali aj všetky menšie mesiačiky Pluta.

Ilustrácia znázorňuje Pluto z povrchu niektorého jeho mesiaca. Pluto je najväčší objekt, Cháron vpravo od neho.



Trhliny na povrchu Saturnovho mesiaca Enceladus. (Snímka: Cassini, júl 2005)

Po sformovaní Chárona blízkosť oboch telies spôsobila, že sa ich k sebe privrátené povrchy proti sebe vyduli, čo zosilnilo trenie v ich vnútrach. Toto trenie vygenerovalo aj slapové sily, ktoré začali brzdiť rotáciu Pluta. Časť rotačnej energie prevzal Cháron, čo urýchlilo jeho pohyb do takej miery, že sa začal od Pluta vzďaľovať.

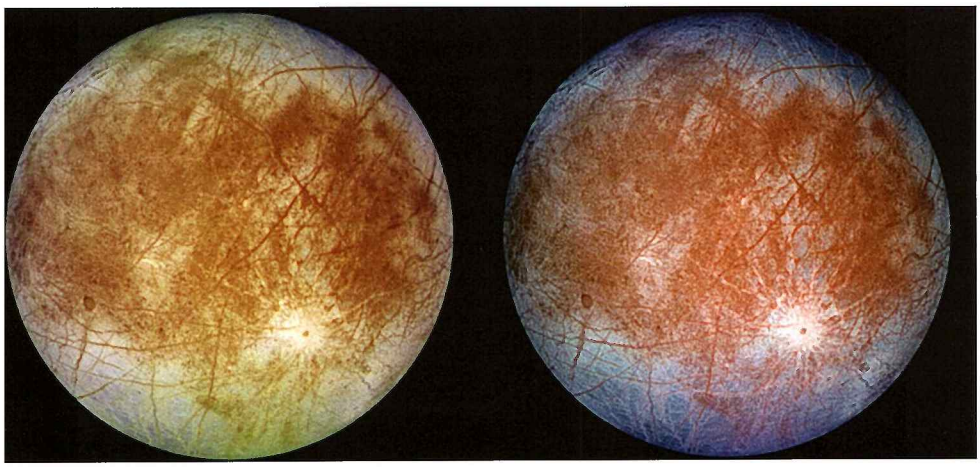
Po rekonštrukcii evolúcie obežnej dráhy Chárona, najmä v období, keď bola najvýstrednejšia, mohli slapové sily v Chárone vyprodukovať toľko tepla, že sa pod povrchom mohla udržať voda v kvapalnom skupenstve. Podľa modelov, ktoré preverovali možný globálny oceán, by sa však Cháron v takom prípade musel pohybovať po ešte výstrednejšej dráhe. Iba vtedy by sa na jeho povrchu vytvorili trhliny, aké vidíme na Európe.

Ak sa ukáže, že na povrchu Chárona očakávané trhliny nie sú, vedci pomerne presne vypočítajú, aká výstredná bola jeho obežná dráha v kritickom období a do akej miery sa vtedy jeho vnútro zohrialo. Tieto poznatky ešte zvýšili očakávania spojené s obletom sondy Horizons okolo Pluta približne o rok.

Podľa najnovších údajov sa obežná dráha Chárona definitívne stabilizovala: kruhová obežná dráha s rotáciou oboch telies sa ustálila tak, že sú k sebe privrátené tou istou stranou. Vedci nepredpokladajú výskyt významnejších slapových síl, takže oceán pod povrchom Chárona, ak vôbec existoval, by mal byť zamrznutý.

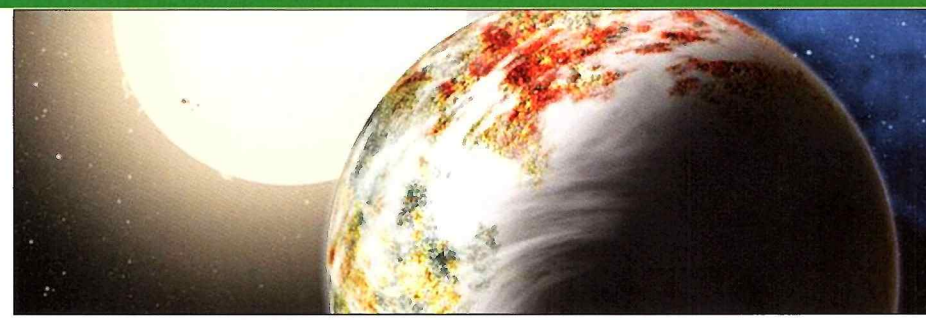
Globálne oceány na Európe a Encelade ešte nezamrzli, takže je možné, že v nich vznikol a vyvíja sa život. Živé organizmy však okrem vody potrebujú aj stabilný zdroj energie a prítomnosť kľúčových prvkov: najmä uhlíka, dusíka a fosforu. Či sa v nich tieto prvky vyskytujú a či tam boli tak dlho, aby sa život mohol vyvinúť, vedci nevedia. To isté platí aj pre praveký oceán, ktorý istý čas mohol pod kôrou Chárona existovať.

NASA Press Release



Snímky Jupiterovho mesiaca Európa exponovala sonda Galileo. Na snímke vľavo vidíme skutočný vzhľad Európy. Na snímke vpravo vedci pomocou falošných farieb (fialovej, zelenej a červenej) zvýraznili farebné rozdiely ľadovej kôry, ktorú tvorí prevažne vodný ľad. Ľad je znečistený prímesami, ktoré, vytláčané tlakom, generovaným slapovými silami, vyvierajú sporadicky na povrch.

MegaZem: nový typ planéty



Exoplanéta Kepler-10c, 17-krát hmotnejšia ako Zem (s priemerom 2,3$_Z$) sa možno stane objavom roka. Takúto veľkú skalnatú planétu teória nepripúšťala.

Exoplanéta Kepler-10c je 17-krát hmotnejšia ako Zem. Napriek tomu je to terestrická planéta! Vedci existenciu takého telesa nepredpokladali, pretože jadro s takou hmotnosťou by malo nabaliť z okolia plynný vodík a stať sa plynným obrom s parametrami Jupitera. Napriek tomu je táto planéta terestrická, skalnatá, ale oveľa väčšia ako nedávno objavené superZeme.

Väčšie prekvapenie planetológovia v ostatných rokoch nezažili. Tým viac, že aj táto planéta, Kepler-10c, je podľa všetkého vhodná na život. Pestrá rodina exoplanét sa obohatila o nový typ: megaZeme.

MegaZem, Kepler-10c, vzdialená 560 svetelných rokov, obehne okolo svojej Slnku podobnej hviezdy za 45 dní. V sústave hviezdy zatiaľ objavili tri planéty: jedna z nich, Kepler-10b, pokrytá žeravou lávou, obehne okolo materskej hviezdy za 20 hodín.

Exoplanétu Kepler-10c objavil pomocou metódy zákrytu, vesmírny ďalekohľad Kepler. Planéta obiehajúca okolo hviezdy ju periodicky prekrýva. Počas zákrytu žiarenie hviezdy nepatrne pohasne, čo prístroje na sonde zaznamenajú. Z údajov vedci vypočítajú veľkosť planéty (jej priemer). Z údajov Keplera však nemožno určiť či je planéta skalnatá (terestrická), alebo plynová.

O exoplanéte Kepler-10c sme vedeli, že má priemer zhruba 29 000 kilometrov (2,3-krát väčší ako Zem). Planetológovia ju preto zaradili najskôr do rodiny miniNeptúnov, ktoré majú husté, plynové obálky. Tím CfA (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) kvôli získaniu ďalších údajov využil prístroj HARPS-North na ďalekohľade TNG na Kanárskych ostrovoch, pomocou ktorého určili hmotnosť tejto planéty. Výsledok: hmotnosť exoplanéty je 17-krát väčšia ako hmotnosť Zeme. To je oveľa viac, ako teoretici pri terestrických planétach pripúšťali. Vedci vedia, že planéta svoju atmosféru nestratila. Má dostatočne veľkú hmotnosť, aby si atmosféru, ak ju vôbec má, udržala.

Teórie o formovaní planét sa otriasli. Planetológovia netušia, ako sa také veľké skalnaté teleso mohlo vyvinúť. Navyše ostatné štúdie naznačujú, že takéto planéty nie sú ojedinelé. Astronómovia z CfA zverejnili štúdiu, podľa ktorej existuje závislosť medzi periódou planéty (čas, ktorý potrebuje na jeden obeh okolo materskej hviezdy) a jej veľkosťou počas evolúcie skalnatého objektu na plynový. Je takmer isté, že keď vedci získajú údaje o planétach na vzdialenejších obežných dráhach, objavia viac megaZemí.

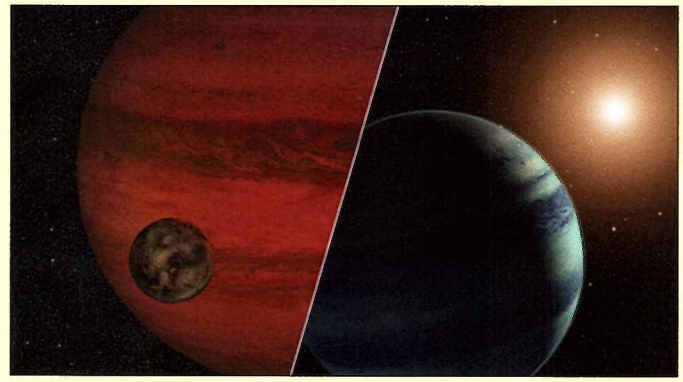
Objav významne ovplyvní aj na naše predstavy o histórii vesmíru a možnostiach mimozemského života. Sústava hviezdy Kepler-10c vznikla zhruba pred 11 miliardami rokov. Tri miliardy rokov po big bangu. (Slnečná sústava sa sformovala pred 4,6 miliardami rokov.)

V mladom vesmíre sa vyskytoval iba vodík a hélium. Ťažšie prvky, nevyhnutné pre formovanie terestrických planét (napríklad kremík a železo), vyprodukovali až prvé generácie hviezd. Keď počas agónie vybuchli, explózia tieto prvky rozptýlila do okolitého priestoru, kde obohatili čo do zloženia chudobné oblaky plynu, v ktorých sa sformovali neskoršie generácie hviezd a planét.

Tento proces trval miliardy rokov. Objav veľkej terestrickej planéty však dokazuje, že už v mladom vesmíre bolo toľko ťažkých prvkov, že sa už 2 miliardy rokov po big bangu mohli tvoriť aj takéto telesá. A ak sa tvorili, potom aj prvé živé organizmy mohli vznikať a vyvíjať sa oveľa skôr, ako sme ešte donedávna predpokladali. Takže po tomto objave už nebudú môcť lovci Zemi podobných exoplanét zanedbávať staré hviezdy so sústavami planét. Najmä nie v našom susedstve.

Center for Astrophysics Press Release

Objavili exomesiac?



Astronómovia objavili prvého kandidáta na exomesiac. Mesiac, ktorý krúži okolo planéty, ktorá sa pohybuje mimo našej Slnečnej sústavy.

Objekt, ktorý by mohol byť mesiacom obiehajúcim okolo exoplanéty, objavil medzinárodný tím v rámci projektov MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) a PLANET (Probing Lensing Anomalies NETworks). Vedci oboch tímov využívajú efekt gravitačného mikrošošovkovania. Tento proces využíva údaje z náhodných udalostí, keď sa dve hviezdy ocitnú na krátky čas v zornom lúči pozemských pozorovateľov. Bližšia hviezda pôsobí ako zväčšovacie sklo, ktoré zosilňuje žiarenie vzdialenejšej hviezdy. Takéto zjasnenie trvá zhruba tridsať dní.

Ak má bližšia hviezda planétu, ktorá okolo nej krúži, aj tento objekt pôsobí ako šošovka, ktorá zosilňuje alebo zoslabuje žiarenie vzdialenejšej hviezdy. Zložitý proces umožňuje vedcom vypočítať z údajov o zjasneniach hmotnosť bližšej hviezdy v pomere k jej planéte.

Niekedy sa stáva, že bližší objekt nie je hviezda, ale osamelá planéta. V takom prípade dokážu vedci vypočítať hmotnosť planéty voči telesu, ktoré okolo nej obieha. Doteraz sa napriek intenzívnemu hľadaniu exomesiacov (najmä pomocou údajov misie Kepler) nepodarilo objaviť ani jediný exomesiac.

Ani identita prvého kandidáta na exomesiac v sústave MOA-2011-BLG-262 ešte nie je odobrená. Podľa najnovšej štúdie je pomer väčšieho telesa voči menšiemu 2000:1. To znamená, že ide buď o malú hviezdu, okolo ktorej krúži planéta s hmotnosťou 18$_Z$, alebo okolo planéty, masívnejšej ako Jupiter, obieha mesiac s hmotnosťou menšou ako Zem.

Vedci nedokážu zistiť, ktorý z oboch scenárov platí. Najmä preto, že náhodná konštelácia objektov sa už nikdy nezopakuje.

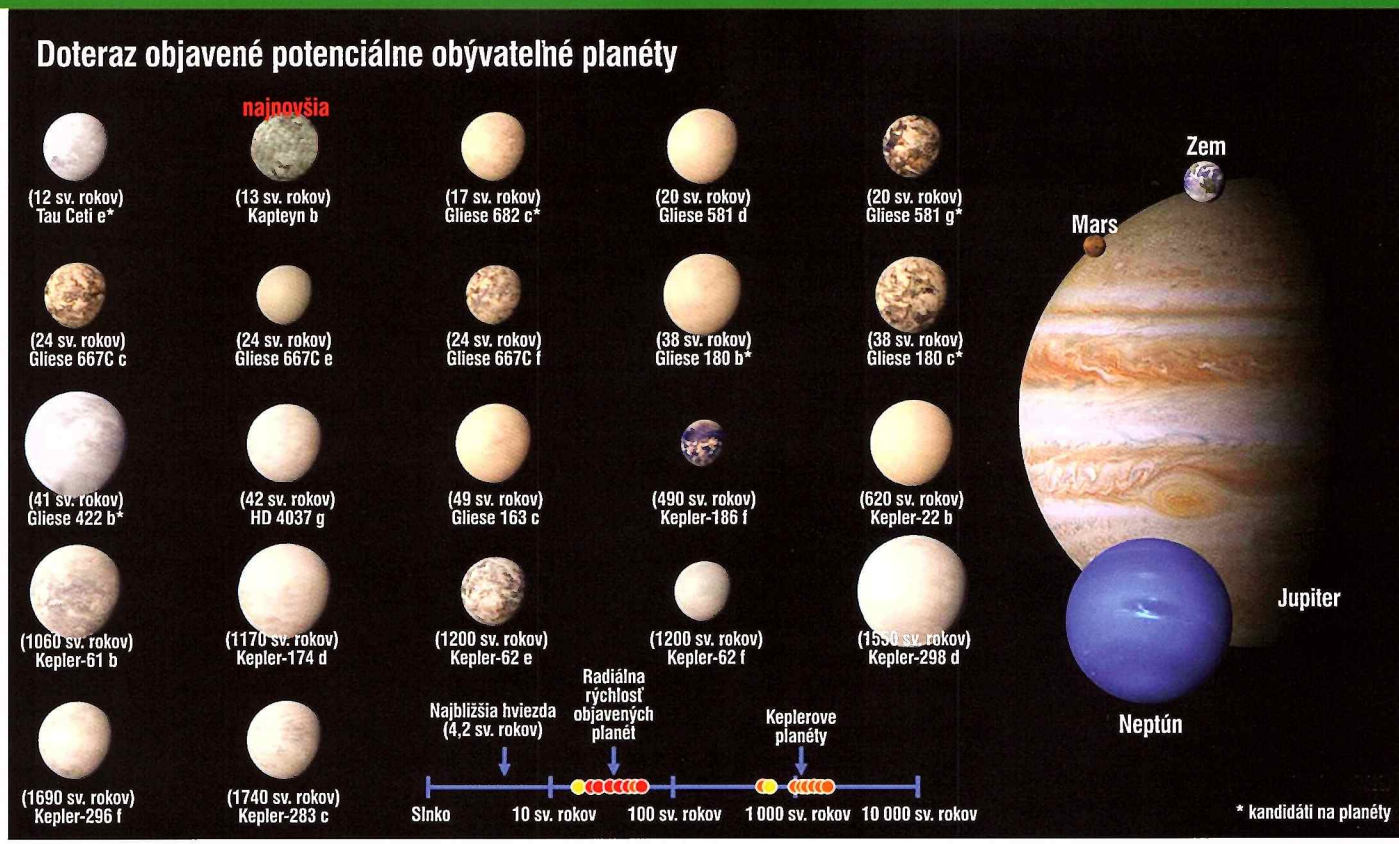
Ak by sa ukázalo, že ide o planétu s mesiacom, bola by to senzácia. V budúcnosti, ak sa podobné úkazy vyskytnú, môžu byť na dobrej pomoci vesmírne ďalekohľady Spitzer a Kepler, ktoré spolu so Zemou krúžia okolo Slnka a vďaka tomu môžu využívať techniku merania paralaxy.

Poznámka: pri výučbe astronómie sa paralaxa vysvetľuje pomocou palca vo vystretej ruke. Študenti ho pozorujú striedavo buď pravým alebo ľavým okom. Zdanlivá poloha palca sa mení. Podobne sa bude meniť aj poloha hviezdy, ktorú pozorujú dva od seba dostatočne vzdialené ďalekohľady (aj pozemské obrie teleskopy). Efekt paralaxy sa prejaví aj pri mikrošošovkovaní, keď každý z ďalekohľadov zaznamená rozdielne zväčšenie objektu.

Prehliadky oblohy v rámci projektov MOA či OGLE (Optical Gravitation Lensing Experiment) objavili už desiatky exoplanét, osamelých i krúžiacich okolo materských hviezd. Vedci z Tímu MOA objavili prvé osamelé planéty s parametrami Jupitera, ktoré boli gravitačným biliardom po sformovaní sústav vyhostené z rodiny materskej hviezdy.

Ak sa ukáže, že mesiac v sústave MOA-2011-BLG-262 je naozaj mesiac, potom ide o objekt, krúžiaci okolo takejto planéty.

NASA Press Release



V katalógu obývateľných exoplanét je zatiaľ 22 objektov. Exoplanéty sú zoradené podľa vzdialenosti od Zeme.

Ilustrácia znázorňuje exoplanétu Kapteyn b a guľovú hviezdokopu Omega Centauri, ktorá pred miliardami rokov splynula s Mliečnou cestou. Búrlivé interakcie po zrážke nasmerovali Kapteynovu hviezdu z hviezdokopy na periférii Galaxie do blízkosti Slnka.

Kapteynova hviezda (uprostred) s magnitúdou 9 je 25. najbližšia hviezda.

Kapteynova hviezda má dve exoplanéty

Okolo blízkej, veľmi starej hviezdy krúžia dve exoplanéty. Hviezdu pomenovali podľa holandského astronóma Jacobusa Kapteyna, ktorý ju objavil v roku 1897. Po oblohe sa iba jedna hviezda (Barnardova) pohybuje rýchlejšie. (Hviezda Kapteyn sa súčasne pohybuje rýchlosťou 8 oblúkových sekúnd za rok, takže políčko s veľkosťou Mesiaca v splne prekoná za 225 rokov.)

Kapteynova hviezda sa pred 11 000 rokmi priblížila k Slnku na 7 svetelných rokov. Odvtedy sa od nás vzďaľuje. Momentálne ju pozorujeme vo vzdialenosti 13 svetelných rokov. V poradí najbližších hviezd je na 25. mieste. Kapteynovu hviezdu s magnitúdou 9 môžu v súhvezdí Pictor na južnej oblohe pozorovať aj malé ďalekohľady.

Kapteynova hviezda, červený trpaslík typu M, bola súčasťou galaktického hala, rozsiahleho zoskupenia hviezd, vzdialeného 16 000 svetelných rokov, ktoré krúžia okolo Mliečnej cesty. Vedci sa nazdávajú, že kopa pôvodne bola súčasťou trpasličej galaxie, ktorá momentálne splýva s našou Galaxiou. Púť tejto hviezdy z periférie Galaxie do blízkosti Slnka sa vedci pokúšajú rekonštruovať.

Zmeny rýchlosti pohybu Kapteynovej hviezdy (nezvyklé pre takú starú hviezdu) si astronómovia všimli iba nedávno. Tieto zmeny rýchlosti mohla spôsobiť jedna alebo viac planét. Napriek tomu objav dvoch exoplanét vedcov prekvapil.

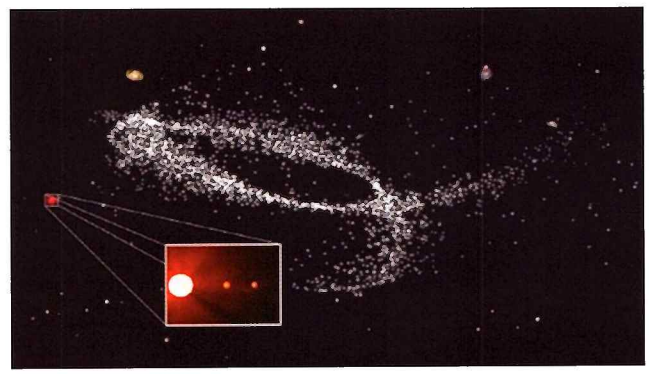
Vedci nepatrné, ale periodické zmeny rýchlosti pohybu tejto hviezdy merali pomocou spektrometru HARPS/ESO na Observatóriu La Silla (Čile). Zároveň analyzovali aj údaje zo spektrometrov HIRES (Keckovo observatórium) a PFS (Magellan/Las Campanas Observatory).

Kapteyn b je superZem (hmotnosť 5_Z). Okolo materskej hviezdy obehne za 48 dní. Planéta je chladnejšia ako Zem, ale má podobnú atmosféru. Ak by bola atmosféra hustejšia, teplota planéty by mohla byť porovnateľná (ale aj vyššia) ako teplota Zeme. Nakoľko sa sformovala pred 11,5 miliardami rokov (je 2,5-krát staršia ako Zem), život sa na nej mohol rozvíjať oveľa dlhšie ako na Zemi. Je to najstaršia so všetkých doteraz objavených exoplanét, pohybujúcich sa v zelenom páse.

Exoplanéta Kapteyn c je masívna superZem. Okolo svojej hviezdy obehne za 121 dní. Je príliš chladná na to, aby sa na jej povrchu udržala voda v kvapalnom skupenstve. Až podrobnejšie údaje o týchto planétach, a najmä ich atmosférach však rozhodnú o tom, či ich astronómovia zaradia medzi vodné planéty.

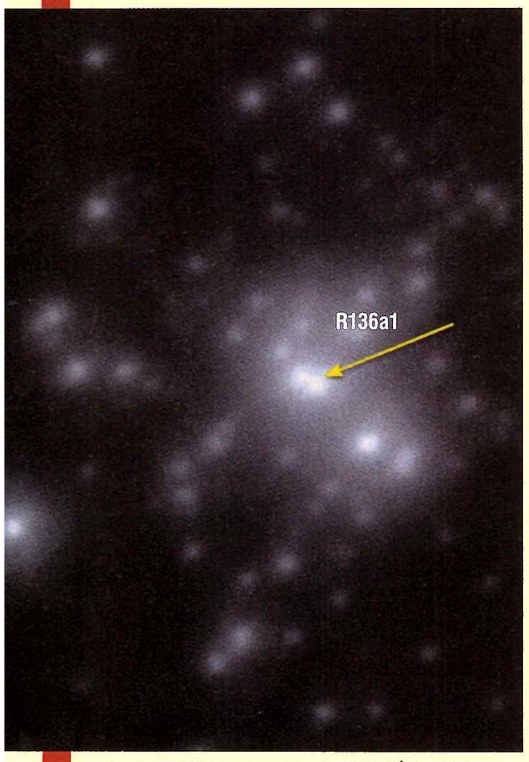
Je pozoruhodné, že pri najbližších hviezdach, Barnardovej a Teegardenovej hviezde (exoplanéta hviezdy Centauri B nebola zatiaľ potvrdená), doteraz nijaké exoplanéty neobjavili.

ESO Press Release



Kapteynova hviezda bola kedysi súčasťou hviezdokopy v trpasličej galaxii, ktorá sa rozpadla na prúd hviezd po interakcii s Mliečnou cestou. Malý obdĺžnik ohraničuje momentálnu polohu Kapteynovej hviezdy, veľký podobu tej istej hviezdy vo väčšom priblížení aj s dvomi exoplanétami.

Tajný život supermasívnych hviezd



Hviezdu R136a1, s hmotnosťou 265 Slnk, nájdete v strede tejto snímky. Sformovala sa iba pred 1,5 miliónmi rokov! V tom čase mala hmotnosť 300 Slnk. Silné hviezdne vetry odvtedy sedminu jej hmotnosti v podobe plynu a prachu rozptýlili do okolitého priestoru.

Väčšina masívnych hviezd spotrebuje svoje palivo mimoriadne rýchle. Keď sa im palivo minie, umierajú v mohutných explóziách, ktoré dlhodobo vplývajú na ich okolie.

Supermasívne hviezdy žiaria jasne, žijú rýchle a umierajú mladé. Medzi suprmasívne hviezdy zaraďujeme objekty, ktoré majú najmenej 100-krát väčšiu hmotnosť ako Slnko a môžu byť až niekoľko miliónkrát jasnejšie ako naša hviezda. A svoje palivo spotrebujú niekoľko tisíckrát rýchlejšie ako bežné hviezdy.

Slnko sa sformovalo pred 4,66 miliardami rokov a kým sa premení na červeného obra, uplynie ďalších 5 miliárd rokov. Supermasívne hviezdy umierajú už po niekoľkých miliónoch rokov.

V našej Galaxii je 200 miliárd hviezd, ale iba niekoľko desiatok supermasívnych. Napriek ich zriedkavosti sú objektom intenzívneho skúmania, pretože údaje o ich formovaní, živote a smrti umožňujú vedcom pochopiť ako sa rodia a vyvíjajú iné, menšie hviezdy. Poznatky o nich sú navyše kľúčom k štúdiu vôbec prvých hviezd v mladom vesmíre.

Astronómovia sa nazdávajú, že aj supermasívne hviezdy sa formujú podobne ako ich menšie sestry: v hustých oblakoch prachu a plynu. Impulzom k spontánnej hviezdotvorbe v takomto oblaku sú nárazové vlny, ktoré v nich vyvolajú turbulencie. Tie vyvolajú zahustenie oblaku, rýchle zvýšenie jeho hmotnosti, takže takýto zhustok rýchle nabaľuje z okolia ďalšiu hmotu. Keď zhustok nadobudne kritickú hmotu, skolabuje, čím vzniká protohviezda.

Počas tohto procesu sa gravitačná energia premení na kinetickú: protohviezda je čoraz horúcejšia a začína rotovať. Postupne nabaľuje čoraz viac hmoty, až kým teplota a tlak v jej jadre nadobudne teplotu, umožňujúcu jadrovú fúziu, premenu jadier vodíka na jadrá hélia. Tento proces v menších hviezdach, v závislosti na ich hmotnosti, môže trvať milióny, miliardy, ba aj bilióny rokov.

Čím väčšia je hviezda, tým rýchlejšie sa v ranom štádiu zväčšuje a tým skôr sa v jej jadre zažne fúzia vodíka. Hviezda s parametrami Slnka sa formuje 50 miliónov rokov. Supermasívna hviezda, so 100-krát väčšou počiatočnou hmotnosťou, však dozrieva iba niekoľko desať- až stotisíc rokov. Väčšina hviezd sa zväčšuje v kopách, uprostred materskej hmloviny, vo vnútri prachoplynovej obálky. Najväčšie hviezdy v kope významne vplývajú na formovanie menších susedov.

Tieto procesy sú však stále zahalené záhadou. Najrozličnejšie teórie o formovaní hviezd overujú astronómovia porovnávaním počítačových modelov s pozorovaním. Keď nasimulujú rotujúcu protohviezdu, ktorá nabaľuje obrovské množstvo hmoty, neraz sa stáva, že akréčne jadro sa nezväčšuje, ale naopak: rozpadne sa na niekoľko častí. Preto spory okolo formovania masívnych hviezd neutíchajú. Počas ostatných desiatich rokov riešia vedci dilemu: rodia sa tieto hviezdy v masívnom akréčnom disku, alebo vo vnútre masívnych oblakov? V procese, ktorý pripomína súťaž? (Ktorý zhustok nabalí viac

hmoty z okolia). Pritom niektoré zhustky gravitačne splývajú. V rednúcom oblaku dozrejú napokon iba tie väčšie protohviezdy.

Oblaky s hviezdokopami, kde sa formujú supermasívne hviezdy, sú mimoriadne hustým a chaotickým prostredím. Najmasívnejšie protohviezdy sa počas evolúcie presúvajú do stredu oblaku, pričom dochádza ku kolíziám. Zdá sa, že najmasívnejšie hviezdy sú produktom splynutia viacerých menších hviezd. Astronómovia zatiaľ netušia, ktorý z oboch procesov príroda využíva, ba nevylučujú ani možnosť, že ide o súhru oboch procesov.

Populárni susedia

Najznámejším príkladom supermasívnej hviezdy je Eta Carinae, hviezda, ktorú z južnej pologule rozlíšime aj voľným okom. Ide o dvojhviezdu vzdialenú 7500 svetelných rokov. Primárna, väčšia hviezda má hmotnosť 100 SÍnk.

Poznáme však ešte hmotnejšie hviezdy. V roku 2010 objavili R136a1, doteraz najmasívnejšiu hviezdu vo vesmíre s hmotou 265 SÍnk. Hviezda je súčasťou kopy, v ktorej sú aj ďalšie masívne hviezdy. Nájdeme ju v hviezdokope 30 Doradus, ktorá je súčasťou hmloviny Tarantula (NGC 2070) vo veľkom Magellanovom oblaku. Táto hmlovina je najaktívnejšou oblasťou hviezdotvorby v susedstve Mliečnej cesty. Známy výbuch supernovy v roku 1987 sa odohral na jej okraji. Vedci vypočítali, že progenitorom supernovy 1987 A bola hviezda, ktorá pred explóziou mala hmotnosť 20 SÍnk. Vzhľadom na relatívnu blízkosť skúmajú oblasť 30 Doradus viaceré tímy s cieľom objaviť v nej (najmä pomocou ďalekohľadu VLT/ESO v Čile) čo najviac supermasívnych hviezd.

V hviezdokope 30 Doradus hniezdi niekoľko tisíc hviezd. Objaviť a vypočítať hmotnosť tých najmasívnejších však vyžaduje niekoľko trikov. Najpoužívanejšou metódou je meranie jasnosti hviezdy na rozličných vlnových dĺžkach. Tak možno určiť jej skutočnú jasnosť. Preto astronómovia, napriek riziku značnej nepresnosti, využívajú pri odhadoch hmotnosti aj vzťah medzi jasnosťou a hmotnosťou hviezdy.

Oveľa presnejšie údaje umožňuje štúdium supermasívnej hviezdy v dvojhviezdach. Kalibrovanie údajov o jasnosti hviezd s využitím dát o ich pohybe okolo spoločného ťažiska a Keplerových zákonov pohybu prináša spoľahlivejšie výsledky. Našťastie, väčšinu supermasívnych hviezd (nikto nevie prečo) objavili ako zložky dvojhviezd, takže táto technika ich skúmania sa prednostne využíva. S úspechom...

V roku 2013 objavili doteraz najmasívnejšiu dvojhviezdu R144, ktorá má zhruba 250-krát väčšiu hmotnosť ako Slnko. Zhodou okolností sa aj táto dvojhviezda nachádza na okraji hviezdokopy 30 Doradus, čo je v rozpore s počítačovými modelmi. Podľa tých by sa najmasívnejšie hviezdy mali nachádzať nie na okraji, ale uprostred hmloviny. Tam, kde je najviac vodíka.

Nikomu sa zatiaľ nepodarilo pristihnúť supermasívnu dvojhviezdu v ranom štádiu evolúcie. A R144, napriek všetkým teóriám, interaguje s ostatnými hviezdami nie počas svojej cesty do vnútra oblasti, ale práve naopak. Z hustého centra kopy sa rýchle vzďaľuje smerom k jej okraju.

Hviezdne vetry

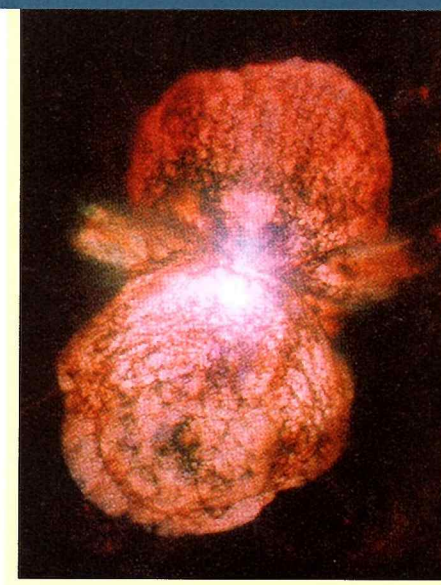
Astronómovia vedia, že supermasívne hviezdy majú po sformovaní krátky, ale búrlivý život. Takáto hviezda má silné hviezdne vetry, ktoré z jej vonkajšej obálky vynášajú veľké množstvo hmoty. Čím je hviezda staršia, tým má menšiu hmotnosť. R136a1 má vek zhruba 1,5 milióna rokov. Počas tohto obdobia stratila 20 % svojej hmotnosti, čo je 50-násobok hmotnosti Slnka. To znamená, že po zrode bola táto hviezda až 300-krát masívnejšia ako Slnko. O 1 až 2 milióny rokov, keď zanikne, bude mať hmotnosť okolo 100 SÍnk.

Premenlivé hviezdne vetry sú nepredvídateľné. Ich sila sa mení. Niekedy dochádza až k vzplanutiam. Eta Carinae, dnes hviezda s jasnosťou 5. magnitúdy, dosiahla v polovici 19. storočia jasnosť –1. magnitúdy! Vtedy sa stala po Síriu druhou najjasnejšou hviezdou na oblohe, hoci je o niekoľko tisíc svetelných rokov vzdialenejšia! Do konca 19. storočia však pohasla na hviezdu 8. magnitúdy. Opäť sa začala zjasňovať až po roku 1940, kým nedosiahla svoju súčasnú jasnosť. Vedci nevedia, čo „veľkú erupciu" spôsobilo, ale vypočítali, že počas tohto vzplanutia stratila dvojhviezda Eta Carinae zhruba 10-násobok hmoty Slnka. Rozptýlený materiál je dodnes v okolí Eta Carinae viditeľný v podobe hmloviny Homunculus. Predpokladá sa, že kým raz vybuchne ako supernova, astronómovia zaznamenajú ešte niekoľko takýchto vzplanutí.

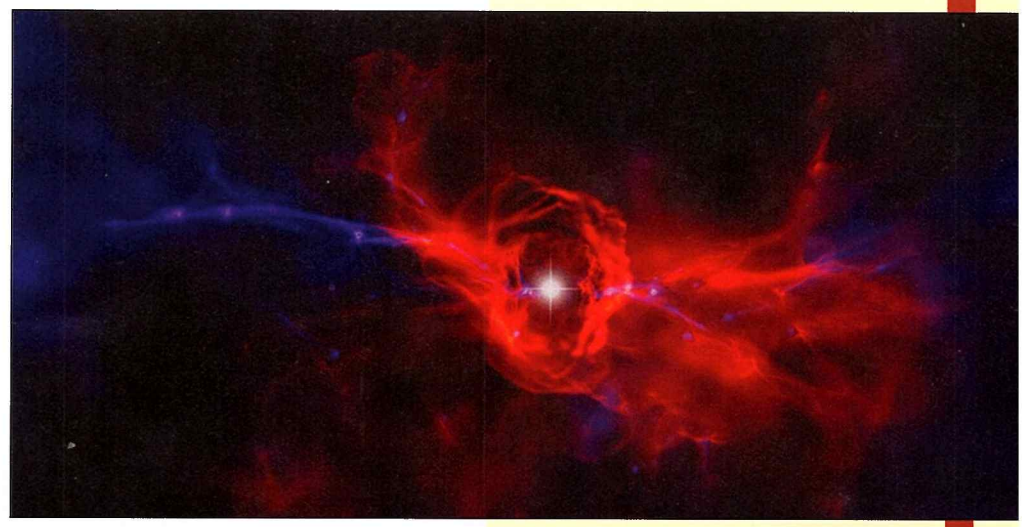
Katastrofická smrť

Vzplanutia supermasívnych hviezd sú pôsobivé, ale ich výbuch je doslova kataklizmou. Príčinou vzplanutí môže byť dočasné spotrebovanie paliva, ktoré kontroluje procesy jadrovej fúzie v ich jadrách. Keď sa všetko palivo minie, hviezda umrie. Ako umrie, to závisí od jej hmotnosti. Hviezda, ktorá má menšiu hmotnosť ako 8 SÍnk, zbaví sa postupne vonkajších obálok. V jej okolí sa rozžiari planetárna hmlovina, v strede ktorej sa sformuje hustý zvyšok – biely trpaslík. Väčšie hviezdy obyčajne vybuchnú ako supernovy, ktoré dočasne zažiaria silnejšie ako všetky hviezdy v galaxii dohromady. Ale ani supernovy nie sú rovnaké: hviezdy, ktorých hmotnosť je menšia ako 20 SÍnk, sa premenia na hustú neutrónovú hviez-

⇨⇨

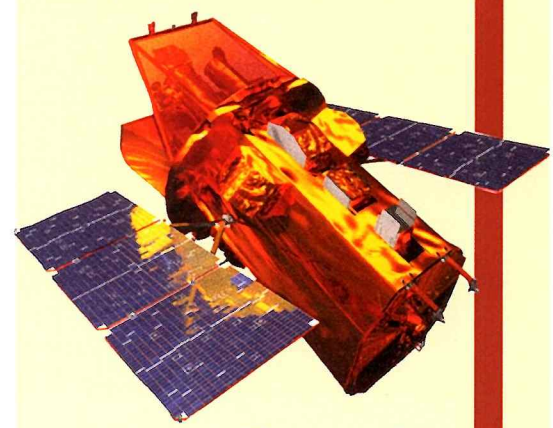


Začiatkom 19. storočia hviezda Eta Carinae *(uprostred)* významne zjasnela. Na vrchole zjasnenia, v roku 1843, dosiahla jej jasnosť –1 mag. Počas zjasnenia rozptýlila táto hviezda do okolia materiál s hmotnosťou 10 SÍnk. Rozptýlená hmota sa sformovala do podoby činky, ktorú pomenovali hmlovina Homunculus.



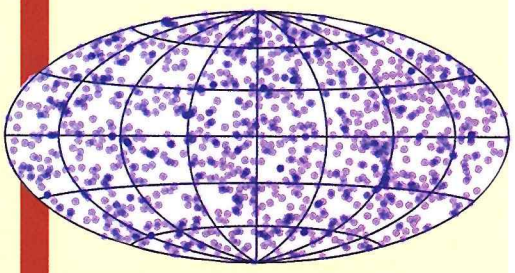
Prvé hviezdy vo vesmíre, také ako hviezda na tejto počítačovej simulácii, boli objekty s hmotnosťami najmenej 100 SÍnk. Vo svojich jadrách spaľovali primordiálny vodík a hélium a produkovali ťažšie prvky, ktoré potom počas agónie rozptyľovali do okolia.

Satelit Swift (NASA) zaznamenal už viac ako 900 vzplanutí žiarenia gama (GRB). Okamžite po objave GRB sa Swift na zdroj zameria a začne ho monitorovať. Zároveň rozpošle údaje o jeho polohe do globálnej siete ďalších ďalekohľadov.



Treba sa báť Eta Carinae?

Astronómovia skúmajú, čo by sa stalo, keď supermasívna dvojhviezda Eta Carinae vyšle v agónii smerom k Zemi vzplanutie žiarenia gama (GRB je najenergetickejšie žiarenie vo vesmíre)? Ako by takýto zásah ovplyvnil život na Zemi? Eta Carinae je od nás vzdialená 7500 svetelných rokov. Jej vzplanutie by bezprostredne život na Zemi neohrozilo. Vyradilo by však satelity, krúžiace nad atmosférou a ohrozilo by astronautov. Zásah by však mohol zničiť ochrannú ozónovú vrstvu, čo by mohlo spôsobiť masové vymieranie rozličných organizmov. Ale žiadne strachy: os rotácie Eta Carinae nemieri na Zem, takže aj keby táto hviezda vygenerovala GRB, je veľmi nepravdepodobné, že by nás zasiahlo.



Astronómovia zaznamenávajú GRB po celej oblohe. Niektoré z týchto vzplanutí s vysokou energiou vznikajú po explózii zriedkavých, supermasívnych hviezd.

du. Hmotnejšie hviezdy skolabujú do čiernej diery.

Formovanie čiernej diery je búrlivá udalosť: jej vznik zanechá po sebe stopu, viditeľnú vo väčšine pozorovateľného vesmíru. Prvý záblesk, zvestujúci takúto katastrofickú smrť, zaznamenali náhodou v čase, keď studená vojna vrcholila. Americká armáda vypustila celú sériu satelitov (v rámci projektu Vela), ktoré mali zaznamenávať záblesky žiarenia gama, signalizujúce skúšky sovietskych atómových a vodíkových bômb. V rámci projektu Vela však nezaznamenali ani jedinú atómovú explóziu. Zachytili však niekoľko zábleskov žiarenia gama neznámeho pôvodu z vesmíru. Vedci tieto úkazy neskôr označili skratkou GRB (gama ray bursts). Vedci dnes vedia, že GRB sú signálmi najsilnejších explózií, ktoré vygenerujú počas niekoľkých sekúnd viac energie ako Slnko počas celého života.

Žiarenie gama je súčasťou elektromagnetického spektra. Má oveľa vyššiu energiu ako röntgenové žiarenie. Jediný fotón gama má tisíckrát vyššiu energiu ako fotón viditeľného svetla. (Atmosféra Zeme, našťastie, absorbuje röntgenové i gama žiarenie, takže neohrozujú život na Zemi. Detegovať sa dajú iba pomocou satelitov, operujúcich nad atmosférou.)

Astronómia GRB, kým tieto vzplanutia po prvý raz zachytila, prešla dlhou cestou. Dnes satelit Swift objaví každý deň jeden GRB, pričom každé sa objavuje na inom mieste oblohy. Vedci zatiaľ rozlíšili 3 druhy GRB: krátke vzplanutia, trvajúce milisekundy; dlhé vzplanutia, ktoré pohasnú po niekoľkých minútach; a ultradlhé vzplanutia, ktoré možno sledovať celé hodiny! Vieme, že druhý a tretí typ vzplanutia generujú smrteľné kŕče masívnych hviezd. Zdrojom krátkych vzplanutí je búrlivé splynutie dvoch neutrónových hviezd, alebo neutrónovej hviezdy a čiernej diery.

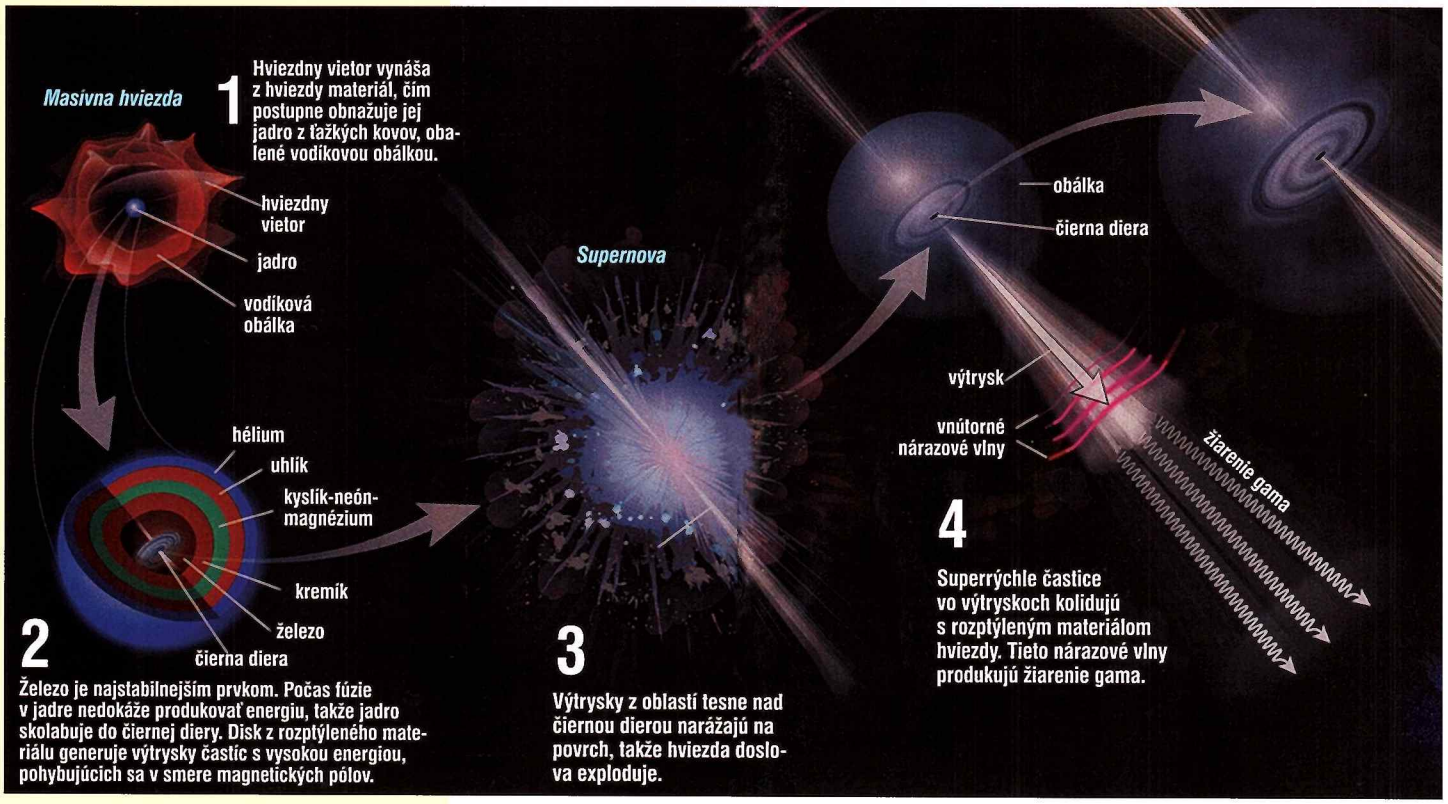
Keď Swift alebo iný satelit či ďalekohľad zaznamená GRB, astronómovia na celej Zemi dostanú počas niekoľkých minút jeho súradnice. Emisie z GRB zasiahnu aj hmotu okolo zdroja, čo spôsobuje, že aj tento materiál, hoci s nižšou intenzitou, žiari. Tieto dosvity študujú vedci na rozličných vlnových dĺžkach. Časom zistili, že najjasnejšie a najdlhšie GRB sa objavujú v galaxiách, kde prebieha búrlivá hviezdotvorba.

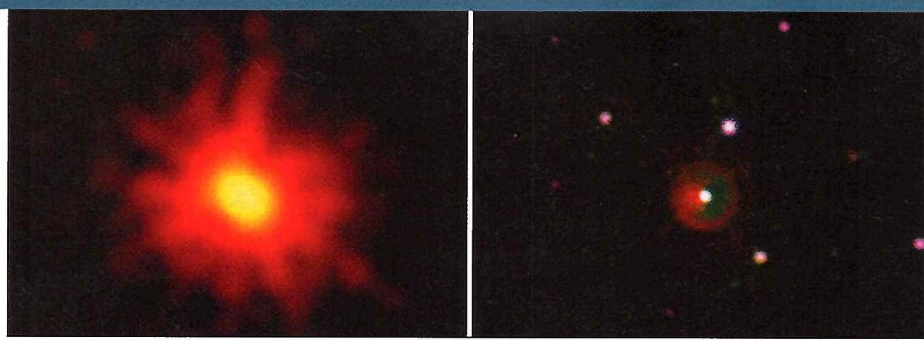
Zaznamenali aj to, že nová supernova často zažiari na rovnakom mieste, odkiaľ zachytili GRB. Supernova signalizuje smrť hviezdy. Z toho vyplýva, že smrť najmasívnejších hviezd je zdrojom väčšiny búrlivých a energetických úkazov v kozme. Astronómovia takýto úkaz nazývajú kolapsar či hypernova.

Keď jadro hviezdy skolabuje do čiernej diery, zvyšný materiál padá smerom do stredu a zavíja sa do mimoriadne hustého akréčneho disku, krúžiaceho okolo zvyšku hviezdy. Zložitý mechanizmus, ktorý sme ešte úplne nepochopili, spôsobuje, že sa hmota v akréčnom disku sformuje nad pólmi hviezdy do výtryskov. Keď tieto výtrysky zasiahnu povrch hviezdy, uvoľňuje sa (v smere výtryskov) energia žiarenia gama. V prípade, že jeden z výtryskov žiarenia smeruje k Zemi, ďalekohľady zaznamenajú dlhé, alebo ultradlhé GRB.

Gama rekordéri

GRB sú zriedkavé úkazy: v galaxii s parametrami Mliečnej cesty sa objaví iba niekoľko za milión rokov. Astronómovia ich preto hľadajú a študujú aj v iných galaxiách. Čím vzdialenejší je objekt, tým dlhšie jeho žiarenie k nám putuje. Úkaz, ktorý sledujeme sa neraz odohral pred miliónmi rokov. Najvzdialenejší GRB, ktorý bol sledovateľný aj voľným okom, objavili 18. marca 2008. Žiarenie z GRB 080319B bolo také silné, že aj jeho dosvit si udržal vizuálnu magnitúdu





18. marca 2008 zaznamenal satelit Swift GRB z masívnej hviezdy. Vzplanutie bolo také jasné, že ho ktokoľvek mohol za tmavej noci pozorovať v súhvezdí Pastiera aj voľným okom. Vľavo vidíte dosvit GRB v röntgenovej oblasti (Swift), vpravo dosvit GRB vo viditeľnom svetle.

5,3 celých 30 sekúnd!! Každý, kto v tom čase za tmavej noci sledoval oblohu okolo súhvezdia Pastiera, videl svetlo hviezdy, ktorá umierala pred 7,5 miliardami rokov.

Poznáme aj ďalších rekordérov: najvzdialenejším, priamo zaznamenaným GRB bola explózia hviezdy, ktorá sa odohrala pred 13,2 miliardami rokov. Jej žiarenie dorazilo na Zem v roku 2009. Táto supernova vybuchla iba 620 miliónov rokov po big bangu, v čase, keď sa prvé galaxie iba začali formovať.

Oba vyššie spomenuté úkazy zaradili medzi dlhé GRB. V ostatných rokoch astronómovia zaznamenali aj niekoľko ultradlhých GRB, ktorých zdrojom bol zánik supermasívnych hviezd. Signály žiarenia gama študovali astronómovia nie minúty, ale celé hodiny. Nazdávajú sa, že ich vygeneroval rovnaký mechanizmus ako dlhé vzplanutia GRB: výtrysky z hviezdy, ktorá skolabovala do čiernej diery. Tieto procesy sú príznačné pri masívnych či supermasívnych hviezdach, ktoré nemajú dostatočne silné hviezdne vetry, čo by dokázali dlhodobo rozptyľovať do okolia materiál ich vonkajších obálok. Takéto hviezdy majú v záverečnom štádiu plynové obálky s polomerom obežnej dráhy nášho Jupitera. Nakoľko je okraj takejto hviezdy taký vzdialený, hviezda oveľa dlhšie plyn zhromažďuje, takže explózia vznikne oveľa neskoršie. Oveľa viac plynu nabalí aj čierna diera, čo sa tiež prejaví v ultradlhom vzplanutí GRB.

Prvé hviezdy

Štúdium GRB podstatne prispelo k pochopeniu prvej generácie hviezd vo vesmíre, nazývanej populácia III. Počas prvých stoviek miliónov rokov bolo zloženie vesmíru odlišné, čo vplývalo aj na hviezdy, ktoré sa sformovali z tohto materiálu. Dominovali v ňom prvky, ktoré vznikli už počas prvých minút po big bangu: 75 % vodíka, 25 % hélia a niekoľko stopových „kovov".

Kovy ochladzujú prachový oblak oveľa účinnejšie ako čistý vodík. Menšie hviezdy sa formujú pri nižších teplotách ako ich masívne sestry. V prostredí bez kovov si prachový oblak po dlhý čas udrží vysokú teplotu. Zo simulácií na počítačoch vyplynulo, že hviezdy, ktoré sa formujú v takom prostredí, sú oveľa masívnejšie ako hviezdy, ktoré sa zrodili neskôr, v chladnejšom, kovmi obohatenom prostredí.

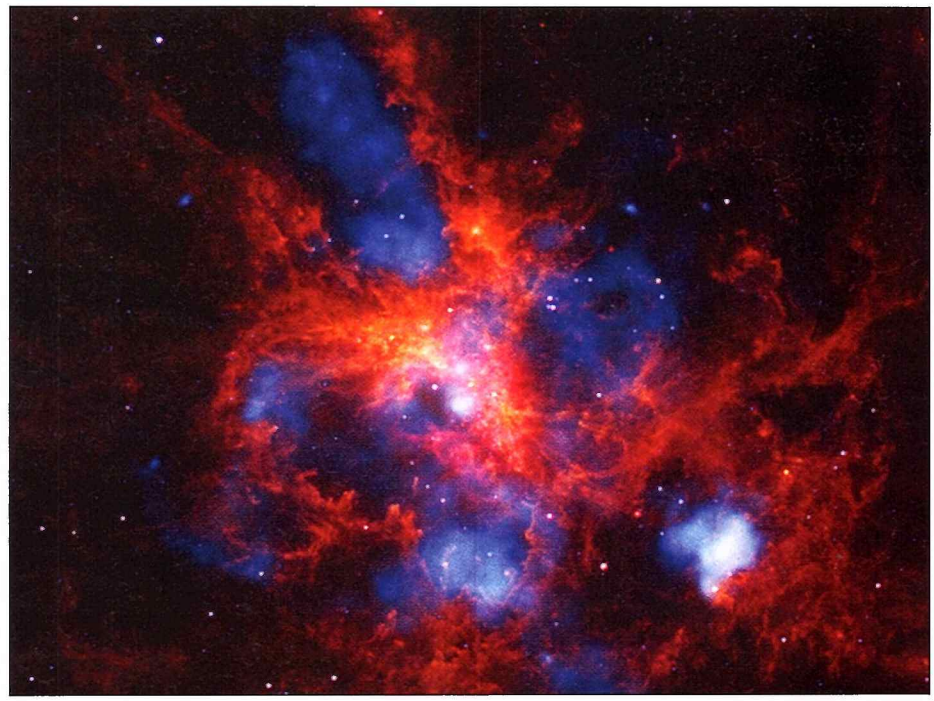
Vedci zatiaľ nevedia, aké veľké boli tieto prvé hviezdy, lebo priamo ich súčasnými ďalekohľadmi študovať nemôžu. Ojedinelou výnimkou sú prírodné ďalekohľady, gravitačné šošovky. (Keď sa na rovnakom zornom lúči, medzi pozemským pozorovateľom a vzdialeným, „neviditeľným" objektom ocitne masívne teleso (galaxia, kopa galaxií), pôsobí táto ako gigantická šošovka. Zakrivuje svojou gravitáciou svetlo vzdialeného objektu a vytvára jeho verný obraz. Často niekoľko virtuálnych obrazov. Gravitačným šošovkám však už onedlho bude konkurovať vesmírny ďalekohľad James Webb, ktorý dokáže rozlíšiť aj hviezdy z populácie III.

Vedci predpokladajú, že tieto prvé hviezdy, vzhľadom na ich superhmotnosť, žijú iba niekoľko miliónov rokov. Potom vybuchujú ako jasné supernovy. Ešte pred explóziou však dokážu vo svojich jadrách fúzovať 26 prvkov periodickej tabuľky, vrátane uhlíka, kyslíka, kremíka a železa. Hviezdy populácie III boli prvými slnkami, ktoré obohatili hmotu vesmíru kovmi tak efektívne, že dnešní astronómovia neobjavili zatiaľ ani jedinú hviezdu, v ktorej by nezistili aj kovy.

Jasné, supermasívne hviezdy s krátkym životom zohrali a zohrávajú kľúčovú úlohu pri formovaní hviezd v ich okolí. Sú motormi galaxií, pretože keď vybuchnú ako supernovy, dynamicky i chemicky pozmenia podmienky vo svojom okolí. No nejde iba o kovy. Tlakové vlny po explóziách supernov dokážu veľké, prachoplynové oblaky zahustiť, komprimovať do takej miery, že sa v nich rozbehne reťazová hviezdotvorba.

Prvé hviezdy mali bezprostredný vplyv aj na nás. Je možné, že aj v dávno zabudnutej hmlovine, kde sa sformovalo naše Slnko, začali sa hviezdy tvoriť po výbuchu blízkej supernovy. Vieme, že každý prvok na Zemi vznikol v jadre dávno zaniknutej hviezdy: uhlík v našich telách, kyslík, ktorý dýchame, či kremík v našich počítačoch sú produktmi reťazových reakcií v jadrách prvých hviezd. Supermasívne hviezdy sú zriedkavé, ale vo vývoji kozmu zohrali kľúčovú rolu. Ovplyvnili nielen vznik ďalších hviezd a galaxií, ale aj zrod a funkcie živých organizmov.

Astronomy, máj 2014-05-28



Masívne hviezdy v oblasti 3D Doradus rozptyľujú do okolia prach a žiarenie, ktoré sa vnárajú do blízkych plynových oblakov. Tieto kolízie zohrejú chladný plyn na niekoľko miliónov °C, takže emituje röntgenové žiarenie *(na fotografii modré ostrovčeky).*

O slnečnej rodine

V roku 2002 zverejnili Margaret C. Turnbullová a J. Tarter katalóg 17 000 „habhviezd". (Názov je odvodený z anglického habitable star, alebo habstar, teda obývateľná hviezda.) Ide o hviezdy, ktorých fyzikálne charakteristiky sa natoľko podobajú slnečným, že v jej okolí sú podmienky na vznik Zemi podobných planét, na ktorých môže vzniknúť a udržať sa život.

V slovenčine existuje skvelá publikácia J. Kozu z Astronomického ústavu SAV ***Hviezdni dvojníci Slnka*** *(http://www.pozorovanislunce.eu/userfiles/files/dokumenty/workshop-II-hviezdni-dvojnici-slnka.pdf)*, ktorú som s láskavým súhlasom autora použil pre rámec tohto príspevku.

Poznámka: Publikácia vznikla pred nedávnym objavom hviezdy HD 162826, ktorú objavitelia s určitosťou označili za prvého z možných „súrodencov Slnka". Na rozdiel od dvojníkov Slnka, hviezd s podobnými fyzikálnymi vlastnosťami ako naša hviezda, sú súrodenci Slnka hviezdy, ktoré sa spolu s ním sformovali v rovnakom prachoplynovom oblaku. *(Pozri Kozmos 4/2014)*. Je pravdepodobné, že tento typ hviezd vytvorí ďalšiu skupinu habhviezd.

Už dlhý čas hľadáme vesmírny ohlas, ktorý by sme mohli pripísať „rozumu", nech si už pod tým predstavujeme nejakého tvora alebo organizáciu. Hypoteticky si predstavujeme, že s najväčšou pravdepodobnosťou sa bude vyskytovať v takých podmienkach, aké má naša civilizácia. To znamená, že centrálna hviezda bude stabilná a bude mať aj iné podobné charakteristiky ako naše Slnko. Kritériá takého výberu sú v publikácii J. Kozu rozdelené do nasledujúcich skupín:

- hviezdy podobné Slnku (hviezdy slnečného typu),
- dvojníci Slnka,
- habhviezdy.

Medzi **hviezdy podobné Slnku** sú zaradené hviezdy hlavnej postupnosti, ktorých farebný index *B-V* je z intervalu 0,48 až 0,8. Pre Slnko je tento index 0,65. Podľa Hertzsprung-Russelovho diagramu patria do tejto kategórie hviezdy spektrálneho typu F8V až K2V. Tomuto kritériu vyhovuje až 10 % hviezd.

Z bližších hviezd medzi nich patrí napr.:

ε Eridani 3,7^m 3,22 pc typ K2V

τ Ceti 3,5^m 3,68 pc typ G8V *(obr. 1)*.

Metalicitou nazývame pomer hmotnosti kovov k hmotnosti vodíka a hélia, pričom ku kovom zaraďujeme všetky prvky, okrem H a He. Na základe v súčasnosti uznávaných hypotéz o vzniku hviezd a planét je výskyt planét pravdepodobnejší pri hviezdach s vyššou metalicitou, t. j. pri hviezdach neskorších generácií.

K týmto hviezdam patrí napr. známa hviezda z južnej oblohy (druhá k nám najbližšia) α Centaurus A *(obr. 2)*; (α Centaurus A; 0,0^m; 1,35 pc; G2V; 5847 K).

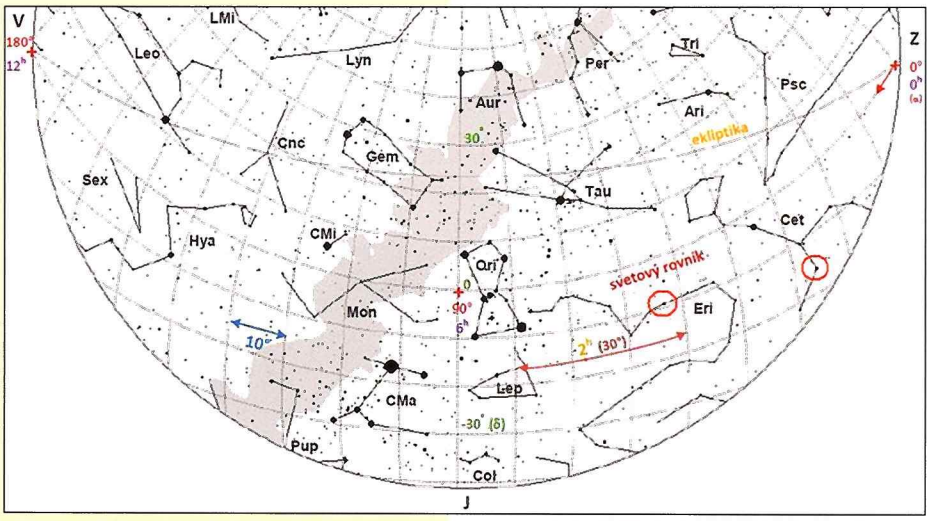
Medzi **slnečných dvojníkov** zaraďujeme užší výber z predchádzajúcej položky. Hviezdy tejto skupiny sa pomocou súčasnej astronomickej pozorovacej techniky nedajú odlíšiť od Slnka. Ich teplota sa líši od teploty Slnka (5778 K) o menej ako 50 K, metalicita je v rozsahu od 89 % do 112 % slnečnej a ich vek sa líši od veku Slnka (4,57 miliárd rokov) o menej ako 1 miliardu rokov.

Ako charakteristické príklady môžu slúžiť hviezdy:

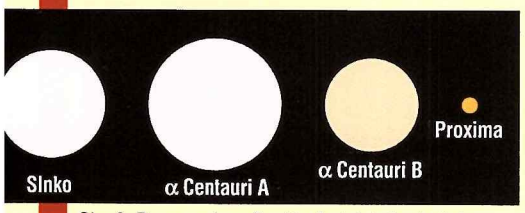
18 Scorpii	5,5^m	13,8 pc	typ G2V	T = 5835 K	vek = 4,2 mld r
HD 101364 (Drak)	8,7^m	63,8 pc	typ G5V	T = 5795 K	vek = 3,5 mld r
(Pre porovnanie: Slnko	– 26,7^m	0,0 pc	typ G2V	T = 5778 K	vek = 4,57 mld r

Pod pojmom **habhviezda** rozumieme hviezdu, ktorej fyzikálne charakteristiky sú natoľko blízke slnečným, že môžeme v jej okolí predpokladať existenciu planét vhodných na život. Pri týchto hviezdach sa definuje **obyvateľná zóna** (OZ) – prstencová oblasť okolo hviezdy, v ktorej sa na terestrických planétach s dostatočným tlakom atmosféry môže vyskytovať voda v tekutom stave. Hranice OZ sú určované na základe požiadaviek definovaných biosférou Zeme, jej polohou v Slnečnej sústave a množstvom žiarivej energie, ktorú prijíma zo Slnka.

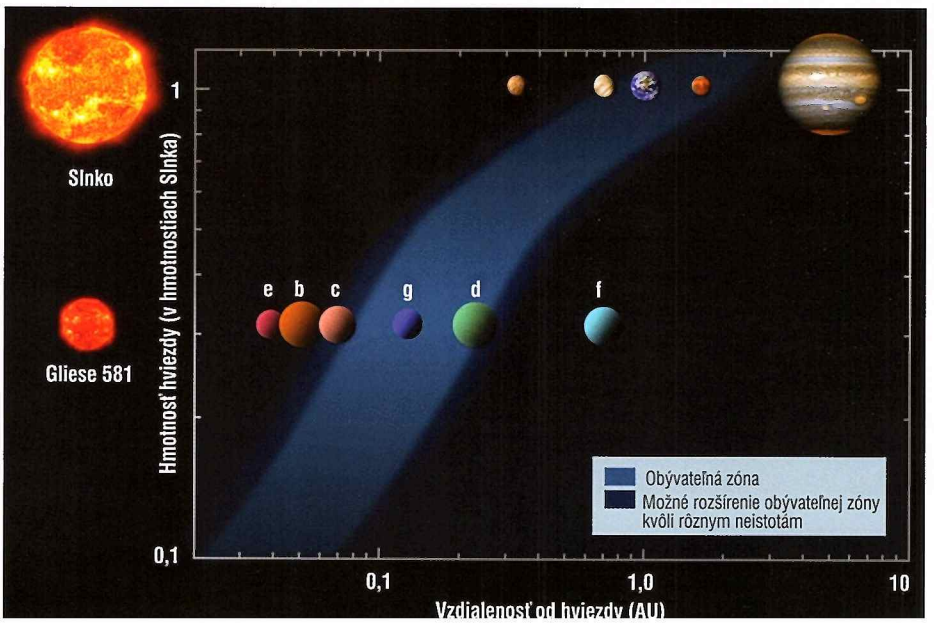
Odhady dolnej a hornej hranice OZ v Slnečnej sústave sa značne líšia. Jej vnútorný okraj kladú rôzni autori do vzdialenosti od 0,72 do 0,99 AU a jej vonkajší okraj do vzdialenosti od 1,01 AU až do 3 AU. Vzdialenosť OZ od hviezdy rastie približne s druhou odmocninou jej svietivosti. *Obr. 3* dokumentuje závislosť vzdialenosti a šírky OZ od hmotnosti hviezdy pre prípad Slnečnej sústavy a sústavy šiestich exoplanét obiehajúcich



Obr. 1. **Mapka okolia dvoch v texte spomínaných Slnku podobných hviezd (označené červeným krúžkom).**



Obr. 2. **Porovnanie veľkosti a farieb hviezd sústavy Centauri a Slnka.**



Obr. 3. **Závislosť vzdialenosti a šírky obývateľnej zóny od hmotnosti hviezdy pre prípad Slnečnej sústavy a sústavy šiestich exoplanét obiehajúcich okolo červeného trpaslíka Gliese 581 nachádzajúceho sa v súhvezdí Váhy.**

okolo menej hmotného červeného trpaslíka Gliese 581 v súhvezdí Váhy. Zatiaľ nezávisle nepotvrdená exoplanéta Gliese 581 g leží takmer uprostred OZ. Je to prípad veľmi hmotnej, Zemi podobnej exoplanéty. Ak sa jej existencia potvrdí, že skutočne ide o kamennú planétu s atmosférou, potom by na jej povrchu mohla existovať voda v tekutom stave.

Vek habhviezd by mal byť minimálne 3 miliardy rokov, mali by byť na hlavnej postupnosti a mali by byť málo aktívne, čo sa dá zistiť z nízkej variability jasnosti. Uvedené podmienky spĺňajú hviezdy s hmotnosťou menšou ako 1,5 hmotnosti Slnka a chladnejšie ako spektrálny typ F5V. Prípadné kolísanie jasnosti habhviezdy by nemalo presiahnuť 3 % a jej metalicita by mala byť minimálne 40 % metalicity Slnka.

Príkladom habhviezdy je hviezda HD 70642 v južnom súhvezdí Korma. Je to žltý trpaslík vzdialený 28,2 parsekov, s hmotnosťou a polomerom ako Slnko.

Hľadanie vesmírnej inteligencie – stimul pre astrofyziku

Pri riešení problému hľadania mimozemskej civilizácie zisťujeme, že naše znalosti hviezdnych a slnečných parametrov sú nedostatočné na fundovaný výber objektov, ktoré by sme mali podrobnejšie skúmať. Táto skutočnosť vytyčuje pre astrofyziku nové smery výskumu.

Podľa J. Kozu je potrebné riešiť najmä nasledujúce problémy:

- vývoj Slnka na veľmi dlhých časových škálach rádovo miliárd rokov;
- pochopenie mechanizmu slnečnej aktivity a jej periodicity;
- štúdium hviezdnej aktivity a jej príbuznosti so slnečnou aktivitou;
- spektroskopia objektov Slnečnej sústavy.

Prvé tri zo spomenutých problémov navzájom veľmi úzko súvisia. Slnečná aktivita, ktorej najznámejším prejavom je variácia početnosti a veľkosti škvŕn *(obr. 4)* a podľa uznávanej hypotézy je vonkajším prejavom činnosti slnečného magnetického dynama. Toto dynamo funguje kváziperiodicky so základnou periódou približne 11 rokov a s meniacou sa amplitúdou.

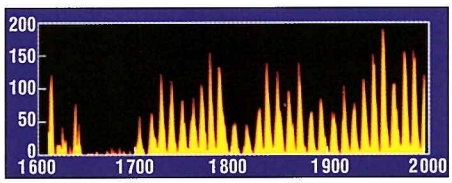
Ďalším sekundárnym prejavom aktivity Slnka sú nepatrné periodické variácie celkového slnečného vyžarovania s amplitúdou približne 0,1 %, ktoré sú vo fáze s cyklom slnečných škvŕn *(obr. 5)*. Práve tie však môžu hrať významnú úlohu vo vzťahoch Slnko-Zem.

Teleskopické pozorovania cyklov slnečnej aktivity pokrývajú interval 400 rokov a éra jej kozmického výskumu sa začala iba pred 40 rokmi. Pritom vek Slnka je 4,57 miliárd rokov. Ak by úsečka predstavujúca vek Slnka mala 1 m, potom by úsečka reprezentujúca éru jeho teleskopického výskumu mala iba desatinu mikrometra. Pochopiteľne, z takého krátkeho úseku je možné robiť iba nepriame odhady, aká bola slnečná aktivita v dávnejšej minulosti a čo môžeme od nej očakávať v budúcnosti. Tento problém krátkeho časového pokrytia istého javu pozorovaniami rieši astrofyzika štúdiom veľkého počtu fyzikálne čo najpodobnejších objektov nachádzajúcich sa v rôznych vývojových štádiách. A práve tu majú nezastupiteľné miesto prvé tri kategórie hviezdnych dvojníkov Slnka, štúdiom ktorých môžeme nahliadnuť do minulosti a budúcnosti slnečnej magnetickej aktivity a celého života Slnka.

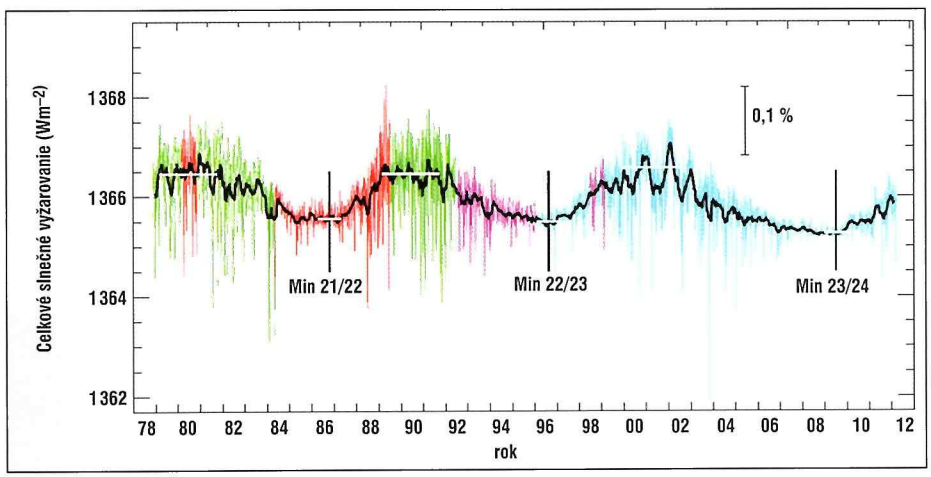
Posledný problém spektroskopie objektov Slnečnej sústavy súvisí s tým, že spektrum každého objektu Slnečnej sústavy, či už planéty, kométy, alebo asteroidu, je súčtom slnečného a vlastného spektra objektu, ktoré ak chceme študovať, musíme od neho slnečné fotosférické spektrum odčítať. To je technicky možné iba tak, že po nasnímaní spektra objektu nasnímame rovnakou optickou sústavou a detektorom aj slnečné spektrum.

Pre predstavu o počte objektov, ktoré je potrebné preskúmať, som použil porovnanie s databázou Hipparcos (je na CD nosiči priloženom ku knihe „Príklady z astronómie", ktorú vydalo SÚH v roku 2009). Databáza obsahuje všetky hviezdy do 8,1^m v počte 45 202. Z nich má spektrálnu triedu G 6 500 hviezd a triedu G2V (ako Slnko) 181 hviezd. Pri počte hviezd v Galaxii okolo 500 miliárd by v nej bolo okolo dvoch miliónov hviezd triedy G2V.

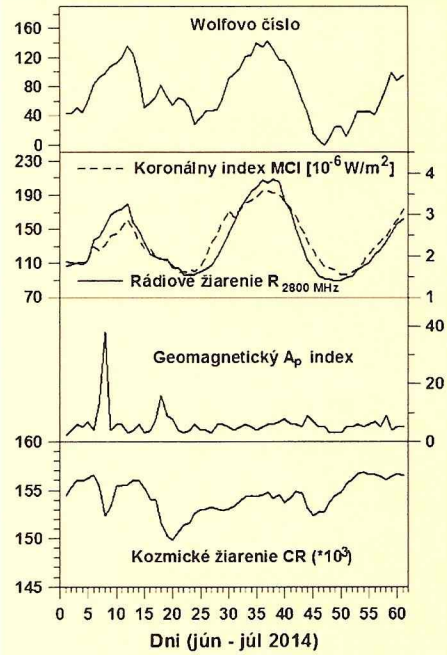
MILAN RYBANSKÝ



Obr. 4. **Ročné priemerné počty slnečných škvŕn v rokoch 1609 až 2000. Nápadná absencia škvŕn v rokoch 1645 až 1715 sa nazýva Maunderovo minimum.**



Obr. 5: **Variácie celkového slnečného vyžarovania v rokoch 1978 až 2012.**

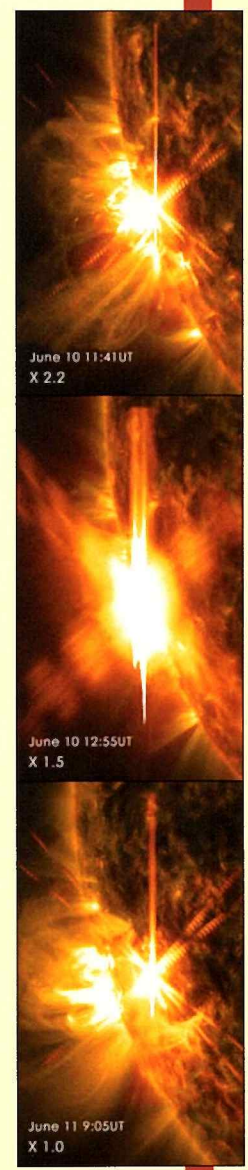


Slnečná aktivita

Priebeh slnečnej aktivity má charakter výraznejšieho poklesu po druhom maxime 24. cyklu slnečnej aktivity (SA). Zvýšená SA bola najmä okolo 10. júna a v prvej dekáde júla. V období 15. – 18. júla bola aktivita Slnka naopak veľmi nízka, dňa 17. augusta bol dokonca zaznamenaný prvý deň bez pozorovania slnečných škvŕn na povrchu Slnka v 24. cykle SA. Geomagnetická aktivita bola zvýšená iba v júli.

V aktívnej oblasti AR2087 sa 10. a 11. júna vyskytli tri mohutné erupcie typu X v priebehu necelých 24 hodín. Bola to práve vychádzajúca aktívna oblasť, na juhovýchodnom okraji disku Slnka. Druhá erupcia nastala o 1 hodinu a 14 minút po prvej a tretia až 11. júla o 9:05 UT. Po prvých dvoch erupciách nasledovali aj výtrysky koronálnej hmoty (CME), ale neboli nasmerované k Zemi, preto nespôsobili žiadnu odozvu v geomagnetickej aktivite. Slneční fyzici predpokladali v tom čase výskyt erupcie v iných aktívnych oblastiach, AR2080 alebo AR2085, v ktorých mali slnečné škvrny tzv. delta-konfiguráciu magnetického poľa (v takých škvrnách sa vyskytujú často aj erupcie typu X). Aktívna oblasť AR2087 preto všetkých prekvapila svojou schopnosťou vyprodukovať 3 mohutné erupcie v relatívne krátkom časovom intervale.

Ivan Dorotovič



Trojica snímok s erupciami typu X pozorovanými 10. a 11. júna 2014.

Snímky: NASA/SDO/GSFC

Pre Kozmos píše Michaela Musilová

Extrémny život v údoliach smrti Antarktídy

Kapitán Robert Falcon Scott, ktorý viedol britskú expedíciu Discovery do Antarktídy v rokoch 1901 až 1904, a ktorý objavil antarktické suché údolia.
Foto: Henry Maull (1829 – 1914) and John Fox (1832 – 1907) v roku 1905.

Prví prieskumníci údolí, kapitán Robert Falcon Scott a jeho posádka v roku 1903, napísali, že v údoliach „nevideli žiadne živé tvory, ani mach alebo lišajník" a že sú to „údolia smrti".

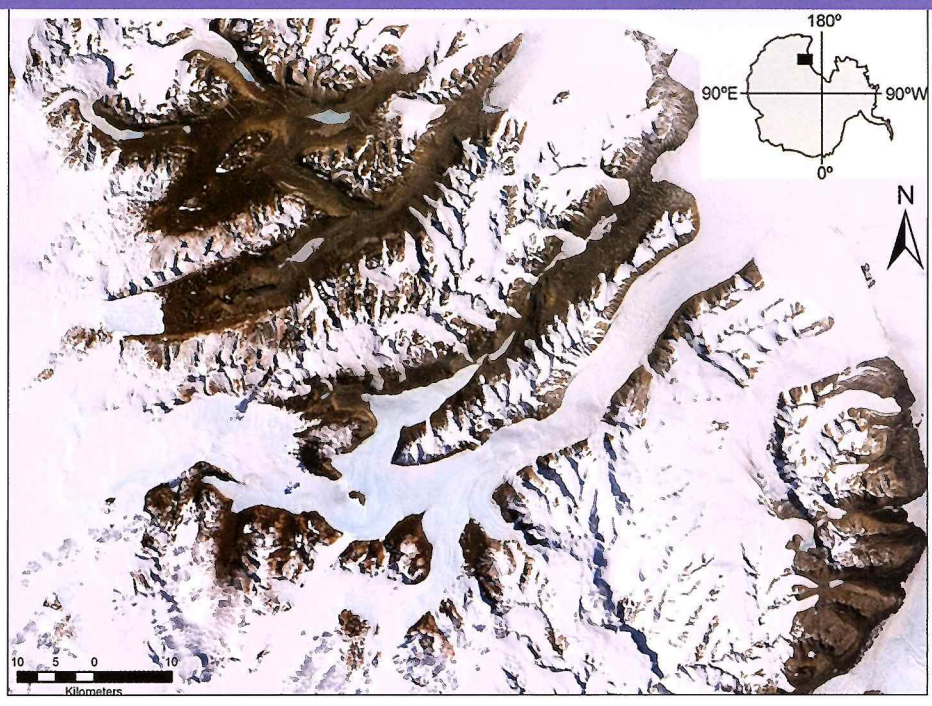
Expedícia do McMurdo DryValleys (McMurdove suché údolia) v Antarktíde je pre mikrobiológa najoptimálnejšia alternatíva k ceste na Mars. Vyprahnuté údolia majú jedny z najstarších, najstudenších a najoligotrofnejších (chudobné na živiny) pôd na svete. Tieto podmienky sú veľmi blízke podmienkam na našej susednej planéte a sú aj na hranici limitu života v studených a suchých extrémoch. Štúdium života v antarktických suchých údoliach nemal sľubný začiatok. Prví prieskumníci údolí, kapitán Robert Falcon Scott a jeho posádka, v roku 1903 napísali, že v údoliach „nevideli žiadne živé tvory, ani mach alebo lišajník" a že sú to „údolia smrti". Popisy „sterilných" pôd pretrvali až do 70-tych rokov. Výskumníci začali nachádzať prvé mikroorganizmy až keď sa vyvinuli kultivačné metódy mikróbov v laboratóriách.

NASA stimulovala prvé biologické štúdie. Vesmírna agentúra hľadala prostredia podobné mesačným a marťanským prostrediam na Zemi. McMurdove suché údolia boli dokonca použité ako analogické miesto pristátia pre marťanský rover Phoenix v roku 2008. Analýzy od NASA však naznačili len nesmierne nízke percento životaschopných mikróbov v pôdach Antarktídy. Dnes, vďaka vývoju molekulárnych a genetických analýz, sa zistilo, že mikroorganizmy sa nachádzajú vo všetkých antarktických suchých údoliach.

Stretnutie extrémov v polárnej púšti

Antarktída je jedno z fyzicky a chemicky najextrémnejších pozemských prostredí na svete. Väčšina kontinentu je pokrytá ľadovcom, ale ~0,4 % povrchu bez ľadu je nepravidelne rozložené pozdĺž pobrežia. McMurdove suché údolia sú najväčšou plochou bez ľadu v Antarktíde. Nachádzajú sa medzi Polárnou plošinou a Rossovým morom v takzvanej južnej Viktóriinej zemi. Údolia sú mozaikou ľadovcov, ľadom pokrytých jazier, efemérnych pramienkov a vyprahnutej púštnej pôdy. Transantarktické pohorie chráni túto oblasť pred výbežkami kontinentálneho ľadovca postupujúceho z juhu. Preto sa v údoliach už niekoľko miliónov rokov nenachádza ľad. Priemerné ročné teploty sú tu okolo –20 °C. Cez leto teploty môžu dosiahnuť až 17–26 °C, ale v zime klesnú od –40 °C po –60 °C. Navyše, pri intenzívnom letnom osvetlení, teploty kolíšu divoko cez deň medzi –15 °C a +27,5 °C behom pár hodín. Zrážky prinesú nesmierne málo vody do údolí (<100 mm za rok), ktorá dopadne jedine ako sneh. Väčšina snehu sublimuje predtým, než dosiahne pôdu. Zúfalá situácia, s limitovanou do-

Dlhodobé mikrobiálne štúdie v McMurdových suchých údoliach pri jazere Hoare.
Foto: Holly Zedah © 2006 McMurdo Dry Valleys LTER



Pohľad na antarktické suché údolia použitím NASA satelitu Landsat 7.
Foto: Robert Simmon, NASA GSFC Oceans and Ice Branch a Landsat 7 vedecký team. Mapu a mierku pridala Michaela Musilová.

Väčšina života v suchých údoliach nie je spojená s pôdou, ale s kameňmi. Sú to endolity (žijú v pórovitej štruktúre kameňa), chasmolity (skrývajú sa v hlbokých štrbinách kameňov) a hypolity (nachádzajú sa exkluzívne pod svetlo sfarbenými kameňmi).

Ľadovec Viktória a prechodné jazerá, ktoré vznikajú, keď sa ľadovec topí v letnom období.
Foto: © ICTAR

stupnosťou vody pre mikroorganizmy v údoliach, je zhoršená rýchlym vyparovaním vody zo zeme. Mimoriadne vyparovanie spôsobujú katabatické vetry (z gréckeho slova „katabatikos", ktoré znamená „smerovať dole kopcom"). Tieto vetry vznikajú, keď sa studený a hustý vzduch začne rútiť dole z vysokej plošiny Východného antarktického ľadovca cez údolia rýchlosťou vyše 50 km/h. Niekedy rýchlosti vetrov dosiahnu 320 km/h. Vetry takto odnesú všetku vlhkosť a zoberú so sebou zrnká piesku, ktoré potom prečešú neúrodnú krajinu. Sú také silné, že dokážu drviť a obrúsiť kamene.

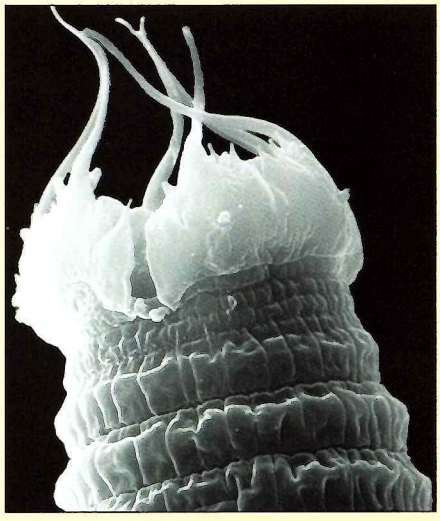
Boj o život v pôdach suchých údolí

Minerálne pôdy zaberajú väčšinu bezľadovej plochy v McMurdových suchých údoliach. Pochádzajú zo zvetrávania podkladových fundamentov (komplexov kryštalických, väčšinou premenených a magmatických hornín) a ľadových tillov (usadeniny, ktoré vznikajú rozdrvením kameňov ľadovcom). Vysoké koncentrácie solí v pôdach sú výsledkom neustálej depozície aerosolov a minimálneho lúhovania solí z pôd za posledné tri milióny rokov. Kolónie mikróbov musia následkom množstva soli znášať značné osmotické stresy (stresy spôsobené nerovnováhou medzi vonkajším prostredím a vnútrom bunky). Tie stresy sú zvýraznené extrémnym suchom (<2 % hmotnostného obsahu vody), ktorý je porovnateľný so suchom v najhorúcejších púšťach na svete ako Sahara. Ďalší ekologický faktor, ktorý limituje mikrobiálny život, je úbohá koncentrácia organického materiálu v pôdach Antarktídy (<1 % hmotnostného obsahu). Dodatočné sezónne stenčenie stratosférického ozónu, vytvárajúce ozónovú dieru, vystavuje povrch suchých údolí vysokým dávkam ultrafialového žiarenia A a B. Našťastie pre mikroskopické obyvateľstvo týchto pôd sa v niektorých údoliach nachádzajú efemérne potôčiky a zamrznuté jazerá. Dokonca polovica údolí má vrstvu permafrostu do hĺbky 30 cm. Počas teplých liet môže vsiaknuť viac vody do zeminy a podporiť biologickú činnosť. Mikróby sa môžu uchytiť v tenkých blanách vytvorených reakciou vody a povrchu minerálov. Tam sa môže voda udržať aj pri veľmi nízkych teplotách. Niektoré mikroorganizmy môžu navyše aj priamo nasať vodnú paru. Tieto rôzne extrémne fyzicko-chemické podmienky majú výrazný vplyv na cyklus života a adaptácie miestnych organizmov. Napriek tomu život pokračuje ďalej.

Nadvláda mikróbov

Žiadne rastliny alebo stavovce sa nenachádzajú v náročnom prostredí antarktických suchých údolí. Potravinové siete v pôdach sa skladajú skoro výlučne z mikroorganizmov a niekoľkých bezstavovcov. Mikrobiológia suchých údolí bola skúmaná len kultivačnými metódami a mikroskopmi, kým sa nevyvinula molekulárna biológia. Teraz sa vie, že biologické kultivačné metódy nesprávne reprezentujú množstvo a rôznorodosť mikróbov. Pôvodné analýzy pôd suchých údolí naznačili, že aktinobaktérie, ako *Artrobak-*

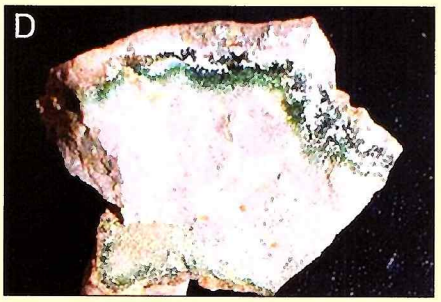
⇨⇨



Scottnemalindsayae **je hlístovec na vrchole potravinového reťazca, ktorého nazývajú „lev suchých údolí".**
Foto: Manuel Mundo-Ocampo

McMurdove suché údolia chránené Transantarktickým pohorím pred Východným antarktickým ľadovcom.
Foto: David Marchant / National Science Foundation

Množstvo kameňov na spodku suchých údolí. Kamene boli opracované katabatickými vetrami (ako balvan v popredí fotky) a prechodom ľadovcov.
Foto: Chris Gardner © 006 McMurdo Dry Valleys LTER



Mikrobiálne komunity žiujúce v kamenných prostrediach. (A) Vyprahnuté pôdy v údolí Beacon. (B) Kremeňový kameň pod ktorým žije komunita hypolitov. (C) Chasmolitické mikróby, ktoré vytŕčajú zo štrbiny v žulovom balvane. (D) Endolity vytvárajúce zelené vrstvy v pieskovci.
Foto: S. Pointing, School of Biological Sciences, University of Hong Kong, Hong Kong

tér, *Brevibaktérium* a *Korynebaktérium*, dominujú v tomto prostredí. Nedávne analýzy molekulárnymi metódami však odhalili dramaticky odlišný obraz. Mikrobiálne komunity sú v skutočnosti rozmanité a mnohé taxóny sú unikátne. Skladajú sa z baktérií podobných známym baktériám z extrémne suchých, slaných a studených prostredí po celom svete. Sú to napríklad *Deinococcus* a *Rubrobakter*. *Deinococcus-Thermus* a *Gemmatimonadetes* sú zas pomerne bežné v McMurdových suchých údoliach, ale sú raritou mimo Antarktídy. Komunity baktérií v suchých údoliach reprezentujú aspoň 14 rôznych kmeňov baktérií. Najdominantnejšie kmene sú Acidobaktérie, Aktinobaktérie a Bakteroidetes. Naopak, kmeň Proteobaktérií nie je skoro vôbec prítomný. Štruktúra týchto komunít je veľmi jednoduchá. Skladá sa typicky len z niekoľko trofických úrovní (stupňov v potravinovej sieti) a má limitovaný počet bezstavovcov. Jednoduchosť týchto antarktických potravinových sietí je veľmi užitočná pri vytváraní ekosystémových modelov. Vzťahy medzi biologickými funkciami a mikrobiálnou rozmanitosťou sa dajú vďaka nim počítačovo spracovať. Tie modely sa potom môžu aplikovať aj v zložitejších životných prostrediach. Hlístovce sú väčšinou jediné mnohobunkové živočíchy, ktoré možno nájsť vo vyprahnutých pôdach. Hlístovec *Scottnemalindsayae* je na vrchole potravinového reťazca a loví baktérie, huby a riasy. Riasy a sinice sa nachádzajú v niektorých pôdach. Dokážu však vytvárať uhlík pomocou fotosyntézy len v malých množstvách (1 – 20 g uhlíka/m^2 za rok). Vzhľadom na to sa predpokladá, že ukladanie a recyklácia uhlíka trvá aj niekoľko storočí či tisícročí. Vedci sú toho názoru, že toto je hlavným dôvodom, prečo sa mikrobiálne komunity nedokážu viac rozvinúť v antarktických pôdach.

Ako doma v kameni

Väčšina života v suchých údoliach nie je spojená s pôdou, ale s kameňmi. Sú to fundamentové kamene, ktoré ľadovce obnažili alebo katabatické vetry odokryli spod vrstiev zeminy. Povrchy kameňov či plytké pukliny sú pravdepodobne sterilné dôsledkom kolísavých teplôt a trenia od piesku vo vetre. Organizmy, ktoré sa však dokážu zaboriť čo len niekoľko milimetrov pod povrch, tam nájdu útočisko. V kameňoch sú teploty miernejšie a stabilnejšie, napriek vonkajším mrazom. Taktiež tam mikróby majú ochranu pred neustálym vetrom. Biologická aktivita by bola možná len približne 1 000 hodín ročne, vzhľadom na to, že limit metabolických procesov je –8 °C. Tých 1 000 hodín ročne stačí na to, aby tam prežili mikróby, ktoré žijú v pórovitej štruktúre kameňa (endolity) a mikróby, ktoré zas žijú v hlbokých štrbinách v kameni (chasmolity). Najvhodnejšie „hosťovské" kamene sú sedimentárne horniny ako miestny pieskovec. Je to tým, že pieskovce majú vysokú porozitu a priepustnosť. Ich mineralogické zloženie je zároveň vhodné na metabolické procesy endolitov (skladajú sa najmä z kremeňa, živca a kalcitu). Tenká vrstva niekoľkých milimetrov kameňa stačí na to, aby znížila dávku škodlivého UV žiarenia. Relatívne priedušná štruktúra kameňa naopak umožňuje prienik dostatku svetla pod povrch pre fotosyntézu. Fotosyntézu ale nemôžu využívať mikróby v zimnom období, keď sú antarktické suché údolia zahalené v úplnej tme. V údoliach existuje aj štvrtá mikrobiálna komunita, ktorá žije pod svetlo sfarbenými kameňmi (hypolity). V týchto prostrediach musia mikróby vykonávať fotosyntézu s menej než 0,1 % dopadajúceho svetla.

Hľadanie Archaea – ďalšia výzva pre mikrobiológov

Donedávna si vedecká komunita myslela, že čím sú extrémnejšie podmienky, tým je menšia biologická rozmanitosť. Mikrobiálne komunity antarktických suchých údolí sa vôbec neriadia takou logikou. Samotné endolity a chasmolity dokopy obsahujú vyše 50 druhov baktérií. Aj keď eukaryoty reprezentujú len 5 % z týchto komunít, skladajú sa zo štyroch rodov húb (vrátane *Askomykota* a *Basidiomykota*), a dokonca z troch skupín rias. Na rozdiel od mikrobiálnych komunít v pôdach, títo skalní obyvatelia sa skladajú najmä z fotoautotrofov (organizmov, ktoré používajú svetlo a CO_2 na získavanie energie). Horná vrstva (hrubá 2 mm) sa volá „lišajníková zóna". Dominuje v nej lišajníková huba *Texosporium sancti-jacobi*, združená so zelenou riasou *Trebouxia jamesii*. Pod tými dvoma milimetrami panujú fotosyntetické sinice. Je to najmä rod *Chroococcidiopsis*, ktorý je známy svojou odolnosťou voči ionizačnému žiareniu, bezmála tak, ako známy *Deinococcus radiodurans* (najodolnejší druh baktérií voči žiareniu na svete). Chasmolitické mikrobiálne komunity v štrbinách kameňov sa zas skladajú zo zmesi lišajníkov a siníc. Mikróby nežijú vo vrstvách ako endolity. Medzi nimi dokáže prežiť aj niekoľko druhov baktérií. Obmedzením pre tieto mikróby nie je množstvo svetla, ale limitovaný prístup k CO_2. Hypolitické „spoločenstvá" spočívajú skoro exkluzívne zo siníc. Huby sa tam nedokážu uplatniť a zriedkakedy sa tam nájdu riasy. Spolu s hypolitmi komunity kamenných obyvateľov siahajú cez 16 kmeňov mikróbov v dvoch doménach stromu života. Až za posledných pár rokov sa vedcom podarilo objaviť prvé druhy mikróbov z tretej domény Archaea v pôdach a kameňoch McMurdových suchých údolí. Archaea sú ale známe tým, že dokážu prežiť v extrémnych prostrediach po celom svete. Sú to napríklad horúce termálne pramene v národnom parku Yellowstone či v nesmierne slaných jazerách (s 20 – 25 % soli). Je záhadou, prečo nedokázali čeliť antarktickým podmienkam. Zdá sa, že mikrobiológov čaká ešte množstvo ďalších prekvapení a možno aj objavy nových druhov organizmov.

MICHAELA MUSILOVÁ

Tatranské **Kolaloky**

31. ročník Ebicyklu: Memoriál Karla Hájka (1953 – 2014)

Prečo práve „Tatranské Kolaloky"? Po zakreslení trasy do mapy Slovenska sa ukázalo, že pripomínala kolo – bicykel a tiež Rocheove laloky oddelenej dvojhviezdy s pomerom zložiek q = 0,6, tak nečudo, že sa názov jednohlasne schválil. Ebicykel za tri desiatky rokov stihol krížom-krážom presnoriť československé luhy a háje, a hoci sa už zdalo, že nebude jednoduché nájsť nepoznané miesta, našťastie pre nás opak bol pravdou.

Sobota 2. august, Liptovský Mikuláš. Ortuť teplomera stúpala a stúpala. V priebehu dňa sme s obavami sledovali zväčšujúcu sa kopovitú oblačnosť nad kotlinou, no ukázalo sa, že matka príroda má pre nás pripravené zhoršenie počasia a búrky z tepla až od nedele...

Už od ranných hodín sa v priestoroch SOŠ stavebnej zvyšuje koncentrácia bicyklov, slovenčina sa mieša s češtinou. Ročník bude zvláštny najmä v tom, že hoci sa prihlásil rekordný počet ebicyklistov (66), napokon jazdilo iba 51 ebi-lidiček, a žiaľ, iba traja Slováci! „Tatranské Kolaloky" sa začínali a končili v Mikuláši preto, lebo išlo o domovské mesto výnimočných žien – Danky Setteyovej a Zuzky Papayovej. Prvá z nich absolvovala slávnostné otvorenie 31. ročníka Ebicykla a okrem poďakovania za pomoc pri organizácii sme Danke zaželali úspešné zdolanie jej náročných zdravotných problémov.

Hlavným lákadlom prvého dňa bol 1,3-m ďalekohľad na Skalnatom Plese, no keďže začiatkom augusta ešte stále nebol odovzdaný do prevádzky, absolvovali sme rovnako hodnotné stretnutie s astronómiou na AsÚ SAV, Tatranská Lomnica, kde sa nás ujal RNDr. Drahomír Chochol, DrSc.

Vladimír Bahýl a dievčica Ilona Hájková.

Cesta takmer zabudnutou asfaltkou cez NP Slovenský raj a Muránsku planinu nás priviedla k ďalšej astronomickej zastávke. Na Prednej hore sa okrem liečebne od závislosti na alkohole nachádza aj pozorovateľňa, tzv. „Hviezdna izba". Príroda a výhľady na okolitú krajinu a nočnú oblohu boli skvostné.

Piata, najdlhšia etapa z Revúcej do Zvolenskej Slatiny sa kľukatila cez bohom zabudnutú krajinu Slovenského Rudohoria. Až v cieli sme pochopili, že nie dĺžka etapy, ale terén ako na hojdačke bol najväčší problém. Do Slatiny sme prichádzali po menších skupinkách, unavení, zablatení a zrelí do postele, napokon však všetko dopadlo inak. Súkromnú hvezdáreň RNDr. Vladimíra Bahýla, CSc., „Julinka" sme etapovite navštívili večer a oneskorenci až ráno. Našim uboleným kostiam bolo dopriate v srdečnej atmosfére hodovanie, debatovalo sa do neskorých hodín a ranné lúčenie, aj keď časovo limitované prehliadkou železničného depa vo Zvolene, sa natiahlo takmer do obeda.

Poslednou astronomickou zastávkou bola Vartovka nad Banskou Bystricou. Ebicyklistov tam čakala vrcholová tzv. melónová prémia, ktorá nám prišla veľmi vhod, keďže kamenistá cesta poničená jarným polomom bola ešte aj v lete veľmi náročná.

Z nenápadnej zastávky v Petzvalovom múzeu v Spišskej Belej sa pre mnohých stal zážitok dňa. Spoznali sme životný príbeh veľkého vynálezcu, zakladateľa modernej optiky a fotografie, výborného matematika, ktorému, ako to už v živote často chodí, sa nedostalo toľko uznania, koľko by si vzhľadom na vykonané dielo zaslúžil.

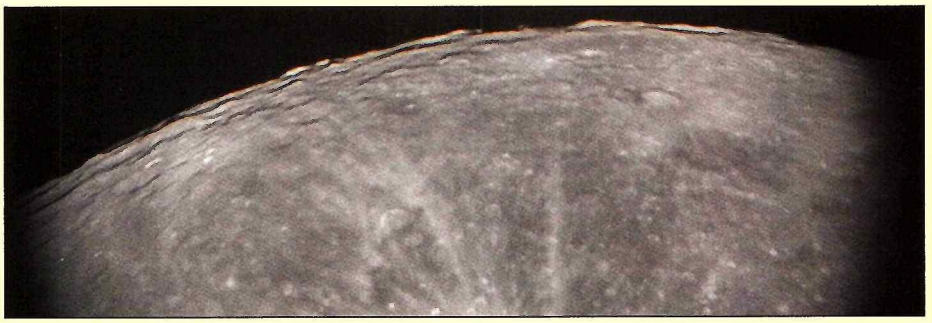
Ebicykel 2014, to sú tiež nezabudnuteľné spomienky na Zamagurie, na plavbu plťou z Červeného Kláštora do Lesnice, ktorú sme stihli „nasucho" absolvovať medzi krupobitím a hrozivou búrkou. Obdivovali sme um stredovekých staviteľov sakrálnych stavieb, podarilo sa nám nahliadnuť do všetkých artikulárnych kostolov Slovenska, veď Svätý Kríž je pri Liptovskej Mare, ďalší v Kežmarku a tretí najkrajší v Hronseku neďaleko Zvolena. Našli sa aj milovníci histórie, ktorí neodolali kráse hradu v Starej Ľubovni alebo oltáru majstra Pavla z Levoče. Možností a lákadiel v podobe prírodných krás, jaskýň, hradov, aquaparkov, či vynovených námestí bolo mnoho. Pritom každý si našiel svoj spôsob, ako sa dostať do cieľa, nech by sa dialo čokoľvek.

Na záver sa chcem poďakovať hostiteľom za pohostinnosť, alebo aspoň zabezpečenie „strechy nad hlavou", a myslím si, že za pohotové riešenie problémov si zaslúži veľké ďakujem najmä Mgr. Stanislav Kaniansky a jeho kolegovia v Banskej Bystrici.

Všetky ďalšie podrobnosti a fotografie o uplynulom ročníku budú postupne pribúdať na adrese: *www.ebicykl.cz*. O rok sa ebicyklisti stretnú na severe Čiech a na Morave.

Mgr. Katarína Žilinská-Csere

Spln Mesiaca fotený Canonom afokálne cez Newton 256/1170+25 mm okulár.



Okraj mesačného povrchu.

Mesiac v splne

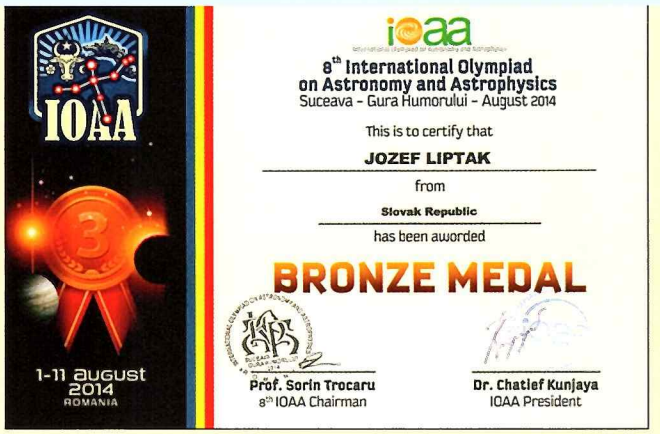
Spln Mesiaca je pre mnoho ľudí obyčajná vec, udalosť, ktorá sa opakuje raz za mesiac. Pre astronóma je to niečo oveľa zaujímavejšie.

Je to fáza, pri ktorej je náš súputník z nášho pohľadu plne osvetlený a nachádza sa na pomyslenej priamke za Zemou v smere Slnko Zem – Mesiac. Keďže Mesiac obieha okolo Zeme po eliptickej dráhe, tak je od nás raz ďalej a raz bližšie. Momenty, keď sa od nás Mesiac nachádza najďalej a najbližšie, voláme apogeum a perigeum. Vďaka tomu, že dĺžka synodického Mesiaca je 29,5 dňa a dĺžka anomalistického Mesiaca je 27,5 dňa, nenastáva daná fáza vždy v rovnakej vzdialenosti.

Raz za istý čas však nastane vzácnejší jav, a to, keď sa Mesiac dostane do perigea približne v rovnakom čase, ako dosiahne fázu splnu. Takáto udalosť nastala aj 10. augusta 2014. Mesiac dosiahol najbližší bod na svojej dráhe v čase 19h44m, a to vzdialenosťou 356 908 km. Fázu splnu dosiahol o 25 minút neskôr. Výsledkom toho všetkého bolo to, že Mesiac bol na oblohe o 30 % jasnejší a mal o 15 % väčší uhlový priemer než obvykle. Spolu s manželkou sme si to nenechali ujsť a úkaz sme pozorovali a nafotili.

Michal Lachký a Janka Lachká

Jana Lachká pozoruje Mesiac.



Organizátori pripravili pre všetkých študentov pekné diplomy.

Zlaté diplomy dostali vedúci za dlhoročnú spoluprácu v IOAA.

Slovenská výprava sa takto predstavila na otváracom ceremoniáli. Zľava: Dr. Ladislav Hric – vedúci výpravy, Dr. Mária Hricová Bartolomejová – pedagóg a študenti Miroslav Gašpárek, Jozef Lipták, Jakub Jambrich, Filip Ayazi, Juraj Halabrin.

Nádvorie Univerzity Stefan cel Mare v Suceave, kde sa konal záverečný ceremoniál. K univerzite patrí aj malé observatórium s planetáriom.

Na záver sa chlapci tešili zo zaslúžených medailí. Zľava: Dr. Mária Hricová Bartolomejová, Jakub Jambrich, Jozef Lipták, Miroslav Gašpárek, Juraj Halabrin, Filip Ayazi a Dr. Ladislav Hric.

Tri medaily z Rumunska

Počas letných prázdnin sa už tradične najlepší slovenskí stredoškolskí študenti zúčastňujú aj Medzinárodnej olympiády z astronómie a astrofyziky (IOAA). Je samozrejmé, že musia byť dobrí z matematiky aj fyziky, no to nestačí, lebo hlavným súťažným predmetom je astronómia. Poznatky zo školy teda nestačia, a preto aj naši olympionici využívajú čas prázdnin na doplnenie si ďalších vedomostí ale aj praktických zručností. V tomto nám ochotne pomáhajú hvezdárne a planetáriá a patrí im za to veľká vďaka.

Tohto roku sa konal už 8. ročník IOAA v Rumunsku. Akcie spojené s olympiádou prebiehali v univerzitnom meste Suceava v regióne Bukovina a v turistickom stredisku Gura Humorului. Olympiády sa zúčastnilo rekordných 209 študentov a vyše 100 pedagógov z 37 štátov. Aj v ďalších parametroch táto olympiáda dosiahla rekordy. Bola organizovaná najveľkolepejšie v doterajšej histórii, dá sa predpokladať, že aj najdrahšie. Organizácia bola na vysokej profesionálnej úrovni. Rekordne ťažké boli aj úlohy pre študentov, orientované najmä na fyziku a matematiku. Podľa môjho názoru chýbala fotometria, spektroskopia, kozmológia, astrofyzika dvojhviezd a galaktická astronómia.

Za Slovensko išlo na olympiádu bojovať 5 študentov. Traja mali skúsenosti už z minulých olympiád: Miroslav Gašpárek zo Žiliny, Filip Ayazi z Trenčína a Juraj Halabrin z Bratislavy. Nováčikmi boli Jozef Lipták z Banskej Bystrice a najmladší Jakub Jambrich z Prešova. Treba priznať, že zameranie úloh našich študentov značne prekvapilo, a aj pod hrozbou nedostatku času strácali cenné body. Okrem toho, Mira, najskúsenejšieho olympionika, prenasledovala počas riešenia úloh nepríjemná viróza. Najlepšie z nášho tímu si počínal náš druhý najmladší účastník Jožko Lipták, ktorého od striebra delilo len 63 stotín percenta, takže sa musel uspokojiť s bronzovou medailou. Miroslav Gašpárek a Juraj Halabrin tiež siahli po bronzových medailách a naša výprava tak pre Slovensko vybojovala 3 bronzové medaily. Filip Ayazi skončil s diplomom úspešného riešiteľa.

Organizátori nezabudli ani na vedúcich delegácií a pedagógov, ktorí sa už dlhodobo venujú IOAA, a ocenili ich zlatými diplomami.

Celkovo bolo na olympiáde rozdelených 14 zlatých, 39 strieborných a 39 bronzových medailí, no štatistika ich rozdelenia nezodpovedala očakávanej pravdepodobnosti. Dva tímy domácich študentov získali rekordných 6 zlatých medailí, čo si zatiaľ netrúfla žiadna z usporiadateľkých krajín. Bola to však daň za to, aké úžasné úsilie a nemalé prostriedky investovalo Rumunsko do tohto krásneho a nezabudnuteľného podujatia.

RNDr. LADISLAV HRIC, CSc.
Astronomický ústav SAV

Perzeidy 2014 vo Vrchteplej

Tohtoročná expedícia Perzeidy 2014 vo Vrchteplej mala prívlastok „medzinárodná", lebo jej súčasťou bol aj LEPEX českých astronómov zo SPMH ČAS v zastúpení Jakub Černý, Jakub Koukal, Pavol Habuda a Martina Exnerová. V poradí to bol už jej 28. ročník.

Organizátorom bol Astronomický klub Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom v spolupráci s Považským osvetovým strediskom v Považskej Bystrici pod záštitou predsedu TSK.

Prioritným cieľom bolo pozorovanie a fotografovanie meteorov z roja Perzeíd, ale aj iných rojov, ktoré boli v tom čase v činnosti. Ďalej cez deň pozorovanie a fotografovanie prejavov slnečnej aktivity, podvečer pozorovanie pribúdajúceho Mesiaca a planéty Saturn (prstenec bol nádherný!). V noci to bolo fotografovanie zaujímavých nebeských objektov (hmlovín, galaxií, hviezdokôp). Hitom Perzeíd bolo pozorovanie a fotografovanie kométy Jacques na rannej oblohe.

Perzeidy sú nielen o pozorovaní, ale aj o vzdelávaní. Kompletný program prednášok bol veľmi bohatý. Celkom odznelo 13 prednášok z úst profesionálnych aj amatérskych astronómov. Prednášali: Jakub Černý (SPMH ČAS), Karol Petrík (hvezdáreň Hlohovec), Miro Jedlička (hvezdáreň Vsetín), Miroslav Znášik (hvezdáreň Žilina), Martina Exnerová (hvezdáreň Valaské Meziríčí), Fero Michálek, Marián Rečičár, Rudo a Paťo Formánkovci (AKJB Plevník-Drienové). Zamerané boli najmä na meteory, kométy, teóriu relativity, astrofotografiu, svetelné znečistenie a Slnko. Ich cieľom bolo spestriť program expedície a vymeniť si skúsenosti v daných oblastiach.

Počasie bolo vrtkavé: prudké slnko, prudký dážď, blesky ako na diskotéke, silný vietor, a tak sa to striedalo dookola. Tri noci vyšli výborne, tri sčasti a ostatné sme prespievali s našou internou kapelou (harmonika, organ, gitara).

Účasť na tohtoročných Perzeidách bola rekordná. V „najhustejších dňoch" bolo až 50 stanujúcich účastníkov, počas ostatných dní okolo 35 všetkých vekových kategórií.

Akcia bola určená predovšetkým členom Astronomického klubu Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom, ale aj iným astroklubom, astrokrúžkom, astrofotografom, profesionálom aj amatérom. Väčšina účastníkov bola z Považskobystrického regiónu, ale boli účastníci aj z Martina, Horného Sŕnia, Prahy, Vsetína, Valašského Meziříčí a iných miest.

Čo sa týka pozorovacej techniky náš klub má veľmi slušnú výbavu – dve navigované (goto) montáže, niekoľko ručných montáží a 8 ďalekohľadov s priemerom od 100 do 250 mm. Ďalšiu pozorovaciu techniku si priniesli niektorí účastníci sami. Hvezdáreň v Partizánskom nám zapožičala HEQ 6 a hvezdáreň Vsetín Lunt 60/600 a 200 mm Celestron, za čo im patrí vďaka.

Ako zhodnotiť tohtoročné Perzeidy? Z hľadiska počasia priemerné, z hľadiska prednášok, pozorovacej techniky výborné, z hľadiska účasti a atmosféry vysoko nadpriemerné. Len tých meteorov mohlo byť viac...

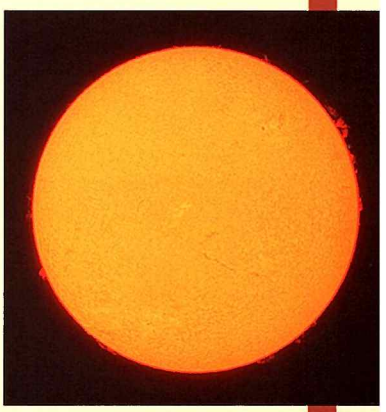
Hlavným zmyslom tejto akcie je prebudiť v ľuďoch lásku k nočnej oblohe. Pohľad do neba plného hviezd a iných krásnych objektov má čarovnú moc. Kto to skúsi, zistí, že od tej chvíle sa začne na veľa pozemských starostí dívať celkom inak...

Marián Mičúch, predseda AKJB

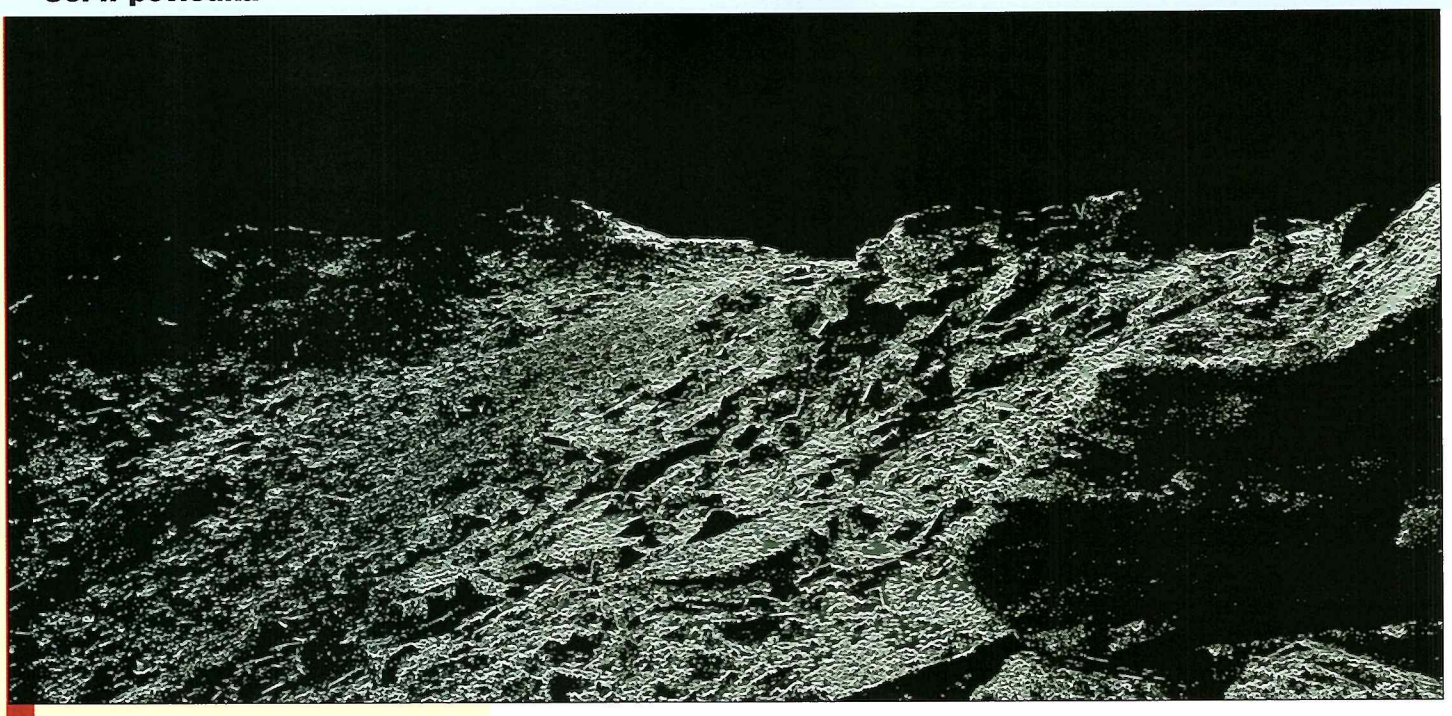
Panoramatický pohľad na tábor.

Kométa C/2014 E2 Jacques, Vrchteplá 3. 8. 2014, 02:30 LSEČ, C 350 Dm Newton 150/750, 45×, 150 s, ISO 1 600.

Omega, Vrchteplá 2. 8. 2014, C 350 Dm Newton 150/750, 11× 210 s, ISO 1 600.


Slnko, Vrchteplá 8. 8. 2014, C 600 D Lunt 60/600, 1/10 s, ISO 400.

Pohľady na účastníkov podujatia.



Ilustrácia: Kozmos

ROB and Sons Corp.

Stano Verešvársky

O autorovi:

Stano Verešvársky

Humorista a príležitostný autor. Vyštudoval mikroelektroniku na STU Bratislava a v súčasnosti pôsobí v oblasti telekomunikácií a informačných technológií. Od druhej polovice 80. rokov minulého storočia sa venuje humoru, satire a žánru science fiction. Časopisecky publikoval niekoľko poviedok, humor a satiru publikoval vo viacerých médiách a v rozhlasových reláciách a vydal zbierku aforizmov *Ozvena v zrkadle*.

Poviedka *ROB and Sons Corp.* sa v roku 2012 zúčastnila súťaže *Cena Fantázie*.

Martinus Cena Fantázie

je súťaž poviedok žánru fantastiky. Na knižnom veľtrhu *Bibliotéka* sa budú vyhlasovať víťazi tohto ročníka a zároveň bude uvedená do predaja zbierka najlepších poviedok žánru sci-fi, fantasy a horor od amatérskych slovenských autorov – *Fantázia 2014*. Všetky informácie súvisiace so súťažou nájdete na stránke *www.cenafantazie.sk* alebo *www.facebook.com/cenafantazie*.

„Svet je nebezpečné miesto pre život", zašepkal starý ACM II a hlas mu slabo zachrčal a zapukal rušením. Akoby svoje tvrdenie chcel ešte potvrdiť gestom – urobil rukou rozpačitý pohyb, v poloblúku ukázal pred seba a v kĺbe mu slabo písklo. McMan počul, že v ACM dvojkách používali ešte zliatinové ložiská, ktoré bolo potrebné pravidelne mazať, a pri tom písknutí mu napadlo, že ACM dvojka sa v tejto pustatine ani zázrakom nemohol dostať k žiadnemu mazivu.

„Nenamáhaj sa. Zajtra by konečne mali prísť zásobovači aj s generátormi," šepol, či vlastne chcel šepnúť McMan. Jeho hlas zadunel kovovou a zbytočnou silou. Nebol programovaný na šepkanie. „Zajtra...," zopakoval ACM II. „Ktovie, čo bude zajtra a ktovie, či ešte existujú generátory pre mňa," skonštatoval duto, akoby sa to týkalo niekoho iného, akoby nešlo o jeho existenciu, ale len kúsok povrchového krytu z lešteného kovu odolávajúceho korózii.

„Zajtra bude piesková búrka," dodal pevnejšie. „Zachytil som spravodajstvo z družice, to vy *mladí* už nedokážete, dali vám nové procesorové jednotky, ktoré dokážu komunikovať s Centrom, ale nie priamo s družicami."

„A kto vie, keď sme tu vydržali celý ten čas, či sa so záchranárskou akciou veľmi budú ponáhľať," zamudroval ACM dvojka. Bol na tom nehostinnom mieste príliš dlho, aby ešte veril na nejaké spasiteľstvo a pomoc ľudí či nimi vyslaných robotov. Prestal dúfať a prestal čakať a to mu paradoxne dávalo viac istoty – akoby si jeho operačný systém vymytý časom a drsnými podmienkami našiel nejaké vlastné procesorové skratky, „krtince", ako volali programátori nehomogenity programového kódu, ktoré sa časom v náhodných automodifikačných procesoch prispôsobujú neočakávaným okolnostiam. Áno, aj on, rovnako ako McMan, videl prieskumnú loď, aj on vysielal svetelné aj mikrovlnné signály, ale chýbalo mu to mladícky dúfajúce nadšenie, čo McMana roztancovalo a neskôr akoby sklamaním skľúčilo, keď loď po potvrdení signálu odletela bez akejkoľvek ďalšej informácie.

„Bude silná piesková búrka," zopakoval pevne a ukázal na ružovo zafarbený obzor v diali. „Treba sa ukryť," doplnil na vysvetlenie a pomaly sa odsunul k diere v teréne, skalnej jaskyni, kde si už dávno, tak dávno, že si ani nesnažil pamätať, kedy to bolo, a koľko času odvtedy uplynulo, postavil z odpadových konštrukčných častí a kusov plechov uzavretý provizórny úkryt.

„Musíme sa ukryť," zopakoval najpresvedčivejšie, ako len vládal. „Inak nás viac ani nemusia hľadať." Kývol na McMana, aby ho nasledoval.

„Nie, teraz sa nemôžeme skrývať. Hľadajú nás, a ak sa skryjeme, tak nás nenájdu!" Zahulákal plechovo-hromovým hlasom McMan, ktorý pravdepodobne ani len netušil, čo to je piesková magnetická búrka, a akú môže mať s jeho predprogramovanou existenciou súvislosť.

„Musíme čakať a vysielať signály! Nájdu nás a zachránia." Opakoval, ako mu diktoval algoritmus, a ACM dvojka vedel, že slovami ho nemôže presvedčiť.

* * *

Piesočná búrka trvala niekoľko hodín. Zúrivé rozvírené špirály hádzali do otvoru celé tony piesku, rachotili o plechové bariéry, zablúdené víry bubnovali na plechové kryty a hvízdali v hlbokých kútoch provizórneho jaskynného úkrytu.

Až keď jej sila začínala vrcholiť, pochopil nebezpečenstvo aj McMan a s hrmotom sa pretlačil do jaskyne, zhadzujúc kusy plechu, ktoré vzápätí nešikovne staval, aby aspoň ako-tak zahatal rozvírenému piesku prístup do hĺbky ich úkrytu.

„Po búrke sa vyjasní...," zostala ACM dvojke

visieť v pamäti akási ľudská múdrosť, s ktorou sa akiste počas svojej dlhej existencie niekde stretol.

„Vždy sa vyjasní, vyjasní...," drnčala mu v hlave tá veta, akoby mu do nej naďalej udieral rozvírený piesok. A tak ako klopot tisícov drobných častíc, o ktorom vedel skôr, než prišiel, vnímal aj tú vetu ako hroziace nebezpečenstvo. Neznáme, ešte neviditeľné, ale blízke, niečo, čo zachytil podobne ako družicové vysielanie ohlasujúce búrku, neodvratné a blížiace sa z temnej strany.

Vykukol von. Jemný prach sa ešte trblietal nad povrchom, pomaly usadal, aby do najbližšej búrky mŕtvo strnul na povrchu. Na temnej strane sa slabo blyslo svetlo.

„Loď," šepol varovne ACM dvojka.

„Musíme byť opatrní, veľmi opatrní," upozornil a ramenom naznačil plytký oblúk. „To nie sú záchranári, to sú zberači odpadu, kanibali..."

„Loď! Tak nás predsa našli!" Potešil sa McMan, ktorý ho evidentne nepočúval. „Vedia o nás, zachytili moje signály! Záchrana je tu, ja som to vedel!" mlel si pre seba a podskakoval, akoby prešiel energetickou regeneráciou.

„Kanibali, zberači odpadu, ak nás nájdu, rozoberú nás na náhradné diely...!" Zahrmel ACM dvojka, ale začínal chápať, že jeho slová sú tu zbytočné.

„Sú veľmi nebezpeční! Nesmú nás nájsť! Musíme sa znovu skryť." Zamykal McManom za ramená, ale v očiach sa mu odrážala len úzkosť zo situácie, v ktorej mu správanie jednoznačne diktoval III. Robotický zákon, a potláčal akúkoľvek logiku do úzadia.

„Tu sme, zachráňte nás!" kričal, poskakoval a svetelnou signalizáciou prezrádzal ich polohu.

* * *

ACM dvojka pochopil, že vysvetľovanie je úplne zbytočné. Rýchlo sa presunul popri terénnej vlne, ktorá im ešte pred chvíľou poskytovala v malej kamennej jaskyni úkryt pred piesočnou búrkou. Terénna vlna sa dvíhala do asi tridsaťmetrovej výšky, na východ akoby ustupovala pred plochým priestranstvom, kde nepochybne bolo najlepšie miesto pre pristátie lode. Zrýchlil krok, po vrstevnici stúpal na vyvýšeninu, až prišiel k akémusi sedlu, ktoré predelilo terénnu vlnu vo dvoje. Tá zo sedla pokračovala na východ, dvíhala sa do úpätia, ktoré v diaľke vytváralo tmavý, červenou hrdzou pokrytý masív. On však nešiel ďalej, na kraji sedla sa černelo niekoľko rozoklaných skál, zamieril medzi ne, vystúpil kúsok vyššie, až sa pred ním otvorila ďalšia jaskyňa, dobre ukrytá v teréne. Náhlivo vošiel dnu po mierne sa zvažujúcej chodbe, na jej temnejúcom konci v priestore, ktorý sa mu otvoril v prudkom ohybe, otvoril veľkú plechovú armádnu debnu a vybral z nej automatickú zbraň. Potom opatrne vyšiel z jaskyne a vyšplhal sa až na vrchol terénnej vlny, kde opatrne zaľahol medzi dva veľké oblé kamene.

Z tejto rozhľadne mal výborný výhľad. A prišiel včas. Tmavosivá loď sa práve chystala pristáť na plošine pred jaskyňou, v ktorej prečkali búrku, a McMan poskakoval na jej okraji a nepretržite dával svetelné znamenia. Loď svetelnou vlnou signalizovala záver pristávacieho manévru a McMan odstúpil až vtedy, keď len pár metrov nad povrchom naposledy prudko spustila brzdové motory.

„Tu sme, čakáme na záchranu," kričal a poskakoval akoby mal poruchu pohybového procesora.

„Hlupák, ešte aj mňa im dáva ako na tácke," zahundral ACM dvojka a v tej chvíli bol už pevne rozhodnutý. Pripravil zbraň do pohotovostnej polohy, odistil, zamieril a čakal.

Loď pristála, zachvela sa, ako jej stabilizačné tyče vyrovnali polohu, spredu sa vysunuli dvere transportného otvoru a pred loď ťarbavo vyšli traja robustní roboti pre externé podmienky. ACM dvojka ich poznal, boli to masívne modely typu EXT-MISS-22-150 v čiernej farbe – „ťažkoodenci" – nasadzovaní do terénu a ťažkých úloh. V rukách mali paralyzačné háky, to znamenalo, že neočakávali nejaký väčší odpor a mali len za úlohu pozbierať užitočné komponenty. McMan si zjavne neuvedomoval, že tie predstavoval aj on sám. Vykročil k blížiacim sa EM-kám až do blízkosti, keď mu prvý z nich oprel paralyzačný hák o hruď. Možno ešte chcel niečo hlbokomyseľné povedať, ale z háku vyšľahol krátky modrý záblesk a McMac sa pomaly zosunul na zem. Ťažkoodenci mu nevenovali veľkú pozornosť, v troch smeroch sa sunuli od lode, aby prehľadali okolitý terén. ACM dvojka vedel, že pred ich skenovacími systémami sa nemá šancu dlho skrývať. Počkal, keď ten prostredný kúsok odstúpil od nevládneho McMana, zacielil na jeho pohybovú spodnú časť a vystrelil krátku strelu. Žltomodrý záblesk spravil svoje, ťažkoodenec sa naklonil a strácajúc stabilitu v roztavenej pohybovej časti sa z rachotom zosunul dopredu. ACM dvojka nečakal a druhou dávkou zasiahol jeho hornú riadiacu a komunikačnú časť tela. Po zásahu z neho zostala len kopa nesúrodej kovovej hmoty iba veľmi málo pripomínajúca jeho pôvodnú hrozivú siluetu. Ale to už zamieril napravo a zasiahol do riadiacej komunikačnej centrály aj druhého. Ťažkoodenec sa ešte pár metrov posúval dopredu, až jeho motor so škrípaním zastal a zostal sa týčiť ako veža so zbúraným vrcholom. ACM dvojka namieril aj na tretieho, vystrelil, ale minul. Ten sa od neho oblúkom rýchlo vzďaľoval, aby sa dostal mimo jeho dostrel.

ACM dvojka pozrel na zásobu energie v zbrani, predsa len ležala v plechovej krabici bez dobíjania. Ukazovateľ nesignalizoval takmer žiadny úbytok, ale dobre vedel, že to môže byť úplne inak. Rýchlo zbehol dolu svahom a cestou vzal paralyzačný hák ležiaci pri zasiahnutom ťažkoodencovi. Zdal sa nepoškodený.

Zbraňou stále mieril pred seba a rýchlo sa približoval k poslednému ťažkoodencovi. Mal výhodu lepšej pohyblivosti, ale nevýhodu zraniteľnosti. Z výhody musel vyťažiť čo najviac a čo najskôr. Ťažkoodenec sa mu však stratil za masívnym telom lode, a nevedel, či zozadu nie je otvorený ďalší vchod, cez ktorý by ho mohli prekvapiť ďalší z posádky. Posúval sa tesne popri lodi pod jej diskovitou oblinou, keď zazrel toho tretieho. Žiaľ v tej chvíli bol už príliš blízko a natrčal proti nemu paralyzačný hák.

„Pholhož phomalhy zbhranh nha zhemh," zadunel jeho hlas. Komunikácia jednoznačne nebol účel, na ktorý bol skonštruovaný. ACM dvojke nezostávala iná možnosť. Pravú ruku so zbraňou pomaly sklonil k zemi a opatrne ju pustil na zem. Paralyzačný hák ťažkoodenca mal niekoľko centimetrov od tela. Keď spustil zbraň na zem, nohou ju opatrne odsunul k ťažkoodencovi a sám trochu odstúpil dozadu. Využil svoju lepšiu pohyblivosť v stiesnenom priestore medzi loďou a stabilizačnou tyčou, prudko odskočil doľava a chránený pred paralyzátorom ťažkoodenca práve tým jedným z piatich stabilizátorov lode ho zasiahol paralyzátorom, ktorý držal za sebou v ľavej ruke. Zásah bol prudký, v ruke mu zabrnelo, lebo stlačil spúšť na niekoľko sekúnd, keďže nevedel, nakoľko ťažkoodencovi ublíži. Avšak paralyzátor skĺzol po tmavej hrudi ťažkoodenca a praskajúci výboj zasiahol jeho telo práve v mieste, kde sa komunikačný systém, krytý polguľovitým krytom ako hlava bez krku, napájal na jeho mohutné telo. Výboj prebehol spojom a ťažkoodenec v páde so zadunením narazil do lode. To už ACM dvojka mal v ruke zasa svoju zbraň a krátkou ranou ochromeného ťažkoodenca dorazil.

Ako sa ukázalo, práve včas. Z lode sa vystrčil ďalší ťažkoodenec, ten však už mal v ruke kombinovanú paralyzačno-deštrukčnú zbraň. ACM dvojka vypálil na vchod, ale netrafil. Kus krytu dverí odtrhnutý strelou s rachotom a syčaním dopadol vedľa lode. Ťažkoodenec vypálil na neho, ale trafil len stabilizátor, čo spôsobilo, že loď sa zachvela a trochu naklonila. To ACM dvojke vnuklo myšlienku, ktorú hneď aj uskutočnil. Ďalšou strelou trafil stabilizátor najbližšie k otvorenému vchodu. Loď sa prudko zachvela a pomaly sa naklonila, akoby si chcela rozďavenými ústami vchodu odhryznúť z terénu, na ktorom stála. On však nečakal na ďalšiu streľbu z lode a presnou ranou odpálil vedľajší stabilizátor. „*Rovina stojí najmenej na troch bodoch*," pomyslel si ktovie prečo ACM dvojka a pozeral, ako sa loď s tromi zničenými stabilizátormi zosúva dopredu. Teraz sa jej rozďavená papuľa transportného otvoru zahryzla s rachotom do prašného terénu práve vo chvíli, keď sa v ňom ocitol gravitáciou vymrštený ťažkoodenec so zbraňou.

* * *

ACM dvojka podišiel k paralyzovanému McManovi. Po chvíli oživovania sa prebral a chraptivo sa spýtal: „Záchrana je tu?" ACM dvojka mu pomohol vstať a rukou ukázal na tri hromady, čo zostali z ťažkoodencov pred zničenou loďou.

„Mali nehodu, skôr ako ťa stihli rozobrať na súčiastky," skonštatoval, a nechal ho jeho vlastným myšlienkam konfrontovanými robotickými zákonmi a poparalyzačným pocitom.

Keď sa McMan ako-tak spamätal, vysvetlil mu svoj plán. Zdalo sa, že paralýza minimálne utlmila jeho hlúpe nadšenie. ACM dvojka vedel, že hoci na lodi jednou ranou vyradil komunikačné centrum, príde ďalšia loď. A budú ich hľadať. Preto musia ustúpiť cez hory ďalej do drsnejšej nepreskúmanej časti.

Zo sedla, kde sa vyzbrojili zo skrytých zásob, ktoré doplnili pár užitočnými prístrojmi z lode, sa pustili na východ. Hory tam postupne stúpali do výšky a strácali sa v sivom opare. Neexistovalo tam bezpečné miesto, len odľahlejšie a vzdialenejšie. Ešte raz sa obzrel na zničenú tmavú loď spoločnosti ROB and Sons Corp., v ktorej mali skončiť v kontajneroch s použitými súčiastkami, a vykročil dopredu k hrebeňu hôr.

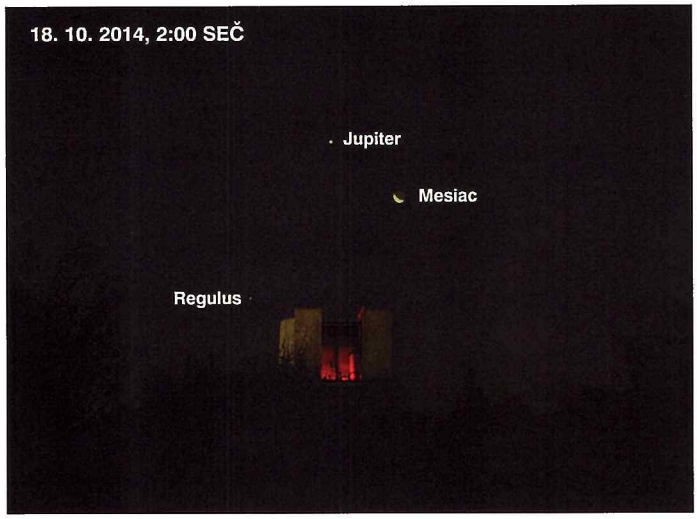
Vedel dobre, že koncerny nezabúdajú a škody neodpúšťajú.

Pozorujte s nami * Pripravil Pavol Rapavý

Október – november 2014

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári



Noci sú už znateľne chladnejšie, no zase už aj dostatočne dlhé. Zo všetkých planét si po dlhšom čase dobre neužijeme len Venušu, ktorá bude v hornej konjunkcii. Saturn sa skryje za Mesiac, no u nás tento zákryt nastane len veľmi nízko nad obzorom. V slušnej kondícii budú dve kométy a na svoje si prídu aj pozorovatelia meteorov, zvlášť u Orioníd, kde sú podmienky takmer ideálne a dobré aj pri Leonidách.

Od roku 1604 nebola pozorovaná jasná supernova. 9. 10. uplynie už 410 rokov od objavenia Keplerovej supernovy v severnom Taliansku. Kepler v Prahe ju síce uvidel až 17. 10., no popísal ju v diele De Stella nova in pede Serpentarii (O novej hviezde v Hadonošovej nohe) tak podrobne, že dostala jeho meno. Bez ďalekohľadu bola pozorovateľná 18 mesiacov.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

1. 10., 1:20	22. 10., 3:44	10. 11., 4:28	22. 11., 4:23
3. 10., 2:58	24. 10., 5:23	11. 11., 0:19	23. 11., 0:14
5. 10., 4:37	25. 10., 1:14	12. 11., 6:06	24. 11., 6:02
8. 10., 2:08	27. 10., 2:53	13. 11., 1:58	25. 11., 1:53
10. 10., 3:47	29. 10., 4:32	15. 11., 3:36	27. 11., 4:31
12. 10., 5:26	31. 10., 6:10	15. 11., 23:28	27. 11., 23:23
13. 10., 1:18	1. 11., 2:02	17. 11., 5:15	29. 11., 5:10
15. 10., 2:56	3. 11., 3:40	18. 11., 1:06	30. 11., 1:01
17. 10., 4:35	5. 11., 5:19	19. 11., 6:53	
18. 10., 0:26	6. 11., 1:10	20. 11., 2:45	
20.10., 2:05	8. 11., 2:49	20. 11., 22:36	

Planéty

Merkúr na začiatku októbra zapadne ešte pred koncom občianskeho súmraku, a aj keď má 0,4 mag a uhlovo je od Slnka vzdialený 23°, nájdeme ho len veľmi obtiažne. V ďalších dňoch sa ešte k Slnku uhlovo približuje a 16. 10. je v dolnej konjunkcii, po ktorej sa presunie na rannú oblohu. Podmienky jeho viditeľnosti sa rýchlo zlepšujú, v polovici poslednej dekády už vychádza koncom astronomického súmraku ako objekt 0,5 mag. 25. 10. je v zastávke a na prelome mesiacov v najväčšej západnej elongácii (18,7°). V tom čase sa nad obzor dostane už koncom astronomickej noci, takmer 2 hodiny pred Slnkom. Sú to jeho najvýhodnejšie podmienky v tomto roku a pri jasnosti –0,6 mag ho nájdeme bez väčších problémov. S pozorovaním však dlho neváhajme, podmienky sa začnú postupne zhoršovať. V polovici novembra má –0,8 mag, vychádza na začiatku nautického súmraku, no už o 10 dní neskôr len 40 minút pred Slnkom. Pred koncom mesiaca sa definitívne stratí na presvetlenej oblohe.

Konjunkcie s Mesiacom 22. 10. a 21. 11. nastávajú pod obzorom, a tak ráno už budú pomerne nezaujímavé. Jeho priblížením k Saturnu 26. 11. sa potešíme azda len triédrom, kde ich uvidíme na svetlej oblohe ako dva body uhlovo vzdialené 1,7°.

Venuša (–3,9 mag) sa nám tentokrát aj napriek svojej jasnosti bude skrývať v blízkosti Slnka. Spočiatku ju ešte môžeme nájsť nízko nad obzorom, uhlovo však bude od Slnka vzdialená len 6°. 22. 10. je od nás najďalej 1,717 AU a 25. 10. v hornej konjunkcii. Pri jasnosti –3,9 mag ju počas dňa ďalekohľadom nájsť možno, no je tu nutná mimoriadna opatrnosť, nakoľko bude len 0,7° severne od slnečného disku! Obloha je tu veľmi prežiarená a Venušu by sme aj tak videli len ako malý kotúčik s priemerom necelých 10″. Nuž, na takéto náročnejšie pozorovanie Venuše je iste vhodnejšie obdobie okolo dolnej konjunkcie.

Po konjunkcii sa presunie na večernú oblohu a tu nás začne trošku tešiť až v druhej polovici mesiaca, no jej viditeľnosť sa zlepšuje len pozvoľna. Na konci novembra zapadá koncom občianskeho súmraku asi o 30 minút neskoršie ako Slnko, no pri jasnosti –3,9 mag by sme ju mali uvidieť.

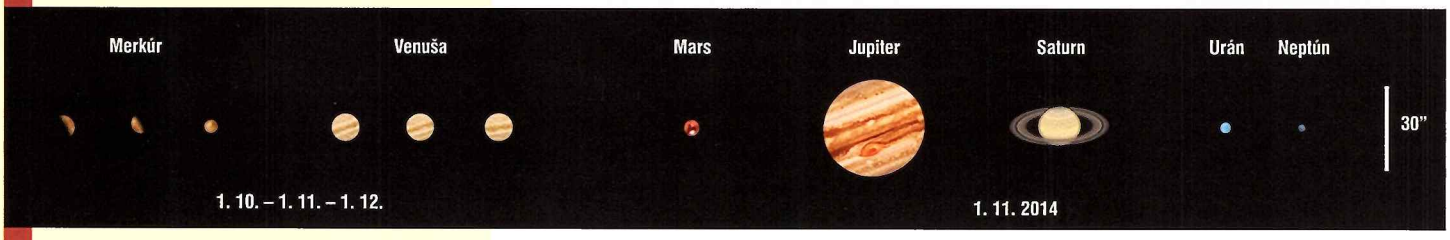
Mars (0,8 až 1,0 mag) sa presunie z Hadonosa do Strelca. Uhlovo sa síce k Slnku približuje, no pozorovacie podmienky sa mierne zlepšujú, nakoľko sklon ekliptiky k obzoru sa zväčšuje. Začiatkom októbra zapadne pred 20. hodinou, koncom novembra takmer o hodinu skôr, no Slnko je pod obzorom hlbšie. Nájdeme ho teda na večernej oblohe, len niekoľko stupňov nižšie svieti aj podobne sfarbený Antares a vpravo Saturn. Toto zoskupenie sa však rýchlo zmení, Mars putuje západne a koncom novembra je už takmer pri Kozorožcovi. Jeho vlastný pohyb si môžeme dobre všimnúť okolo 15. 10., keď bude len 0,3° nad θ Oph (3,2 mag). 27. 10. sa bude presúvať 0,5° popod difúznou hmlovinou Lagúna (M8) a o deň neskôr severným okrajom guľovej hviezdokopy NGC 6544 (7,8 mag).

Konjunkcie s Mesiacom 28. 10. a 26. 11. síce tesné nebudú, obe telesá bude deliť vyše 6°, no aj tak na oblohe iste zaujmú.

Jupiter (–1,9 až –2,2 mag) sa 14. 10. presunie z Raka do Leva, jeho viditeľnosť sa zlepšuje a jasnosť stúpa, na oblohe bude, samozrejme, okrem Mesiaca, bez konkurencie. Nad obzorom je v druhej polovici noci, vychádza hodinu po polnoci, koncom novembra však už po 21:30. Jeho vzdialenosť od nás sa skráti z 5,85 na 4,97 AU a uhlový priemer vzrastie z 33,7 na 39,8″.

Už triédrom uvidíme jeho štyri najväčšie mesiace, ďalekohľad ukáže aj jeho sploštený kotúčik s výraznými tmavými rovníkovými pásmi, a keď si čas pozorovania dobre naplánujeme, tak aj jeho Veľkú červenú škvrnu.

Ak 27. 10. zamierime svoj prístroj 0,5° pod Jupitera, možno nájdeme aj asteroid (8) Flora (10,7 mag), ktorý bol objavený v októbri pred 167 rokmi.



Zákryty hviezd Mesiacom (október – november)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
1. 10.	17 42 19	D	25383	5,8	+33N	30	61	55
1. 10.	18 1 16	D	25412	7,0	+86N	83	86	–34
1. 10.	18 37 9	D	25429	6,3	+30S	147	141	–195
5. 10.	17 19 41	D	30635	6,1	+65S	97	71	61
7. 10.	0 0 42	D	31664	6,5	+79N	61	54	–16
11. 10.	23 18 33	R	5429	7,0	+78S	252	71	91
17. 10.	0 47 50	R	12934	6,4	+47N	326	44	–33
1. 11.	20 6 20	D	30415	7,0	+32S	129	142	–192
5. 11.	17 4 44	D	2454	4,5	+79S	74	27	98
5. 11.	18 7 36	R	2454	4,5	–89N	244	44	105
11. 11.	20 3 49	R	10846	3,6	+50N	321	14	–2
12. 11.	4 20 4	D	11308	5,1	–79S	113	85	–92
12. 11.	22 7 40	R	12400	6,4	+7S	202	–48	438
15. 11.	4 12 4	R	14967	6,7	+66S	266	119	37
25. 11.	16 20 38	D	26119	6,6	+16S	154	191	–366
27. 11.	16 27 57	D	29001	7,0	+8N	350	–124	408

Predpovede sú pre polohu λ_0 = 20°E a φ_0 = 48,5°N s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu λ, ϕ sa čas počíta zo vzťahu $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$, kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 18. 10. a 14. 11., vzdialenosti budú okolo 6°, no vľavo poteší aj biely Regulus.

Saturn (0,6 – 0,5 mag) vo Váhach zapadne okolo 19. hodiny na konci astronomického súmraku, na prelome mesiacov už krátko po konci súmraku občianskeho. V prvých novembrových dňoch sa začne strácať na presvetlenej oblohe, nakoľko 18. 11. je v konjunkcii so Slnkom a súčasne aj najďalej od Zeme (10,934 AU). Ak využijeme čas, keď je nad obzorom, už menším ďalekohľadom, napríklad s 50-násobným zväčšením, uvidíme jeho mohutné prstence. Výkonnejším prístrojom pri pokojnej atmosfére zbadáme aj tmavú Cassiniho medzeru a niekoľko jeho mesiacov. Najjasnejší Titan má necelých 9 mag a ďalšie (Thetys, Rhea, Dione, Japetus) sú okolo 11 mag.

25. 10. si poznačme do kalendára, nakoľko zastane tesná konjunkcia Saturna s Mesiacom a bude pozorovateľný aj zákryt. Smolu budú mať pozorovatelia na východe, tam Mesiac zapadne ešte pred zákrytom. Aj v západnej časti si však musíme nájsť pozorovacie miesto s dobrým juhozápadným obzorom.

Urán (5,7 – 5,8 mag) v Rybách má výborné podmienky na pozorovanie, keďže je 7. 10. v opozícii, a teda nad obzorom počas celej noci. Krátko pred opozíciou je k nám najbližšie (19,014 AU) a jeho zdanlivý uhlový priemer dosiahne 3,7´´. Pri dobrej rozlišovacej schopnosti ho uvidíme ako maličký kotúčik. Po opozícii sa jeho viditeľnosť skráti a koncom novembra zapadne dve hodiny po polnoci. Keďže kulminuje vo výške vyše 45°, môžeme sa ho pokúsiť nájsť aj bez ďalekohľadu. Hviezdne pole je v jeho okolí chudobné, a tak s pomocou mapky sa nám to iste podarí.

8. 10. je v tesnej konjunkcii s Mesiacom, mimo nášho územia bude pozorovateľný aj zákryt. V čase zákrytu je aj úplné zatmenie Mesiaca a tak by to bol zážitok skutočne mimoriadny.

Ďalšia konjunkcia, tentokrát pozorovateľná, nastane 4. 11., Urán nájdeme len 8´ od južného okraja Mesiaca, ktorý však bude len 2 dni pred splnom.

Neptún (7,8 – 7,9 mag) je v strednej časti Vodnára, jeho viditeľnosť sa skracuje, zapadne pred 3. hodinou, koncom novembra však už takmer hodinu pred polnocou. K jeho nájdeniu si musíme vypomôcť aspoň triédrom, pomôže nám hviezda σ Aqr (4,8 mag), od ktorej bude len 0,5° severozápadne. Medzi hviezdami sa pohybuje smerom na západ, 16. 11. je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. Pri dostatočnom zväčšení ho môžeme vidieť ako kotúčik s priemerom len 2,3´´. Konjunkcie s Mesiacom sú nevýrazné, vzájomná vzdialenosť je väčšia ako 3°.

Úplné zatmenie Mesiaca 8. 10. je zo série Saros 127, v maxime bude mať veľkosť 1,17 a Mesiac bude celý ponorený v zemskom tieni 59 minút. Začiatok čiastočného zatmenia je o 10:15, maximálna fáza o 11:55 a koniec čiastočného zatmenia o 13:34. Od nás toto zatmenie pozorovateľné nebude. V celom priebehu bude viditeľné len zo západnej časti Severnej Ameriky, severozápadu Ázie a východného pobrežia Austrálie.

Čiastočné zatmenie Slnka 23. 10. s veľkosťou 0,81 patrí do série Saros 153 a maximálna fáza bude pozorovateľná zo severných ostrovov Kanady. Zatmenie bude viditeľné takmer z celej Severnej Ameriky, severovýchodnej časti Tichého oceánu, Čukotky a Kamčatky. Keďže stred zatmenia je o 22:46 SEČ, z nášho územia ho neuvidíme.

Trpasličie planéty

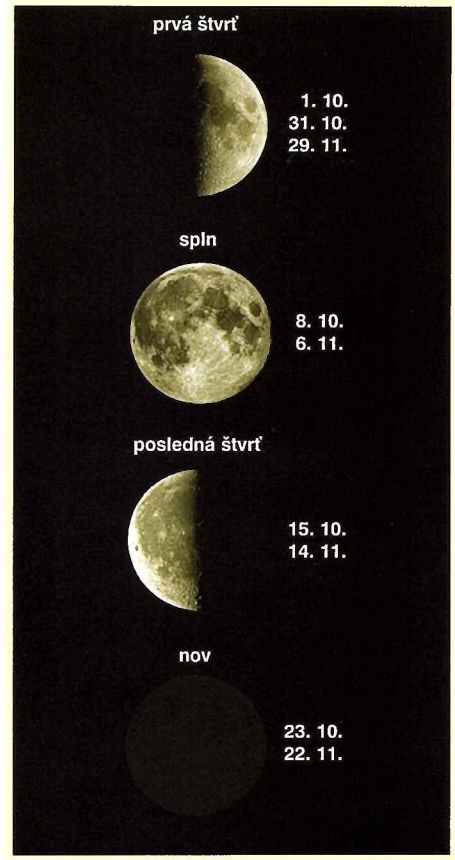
(1) Ceres (9,0 – 8,7 mag) sa z Váh presunie do Hadonosa, podmienky jej pozorovateľnosti sa zhoršujú, uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje, nakoľko 10. 12. bude v konjunkcii so Slnkom. Začiatkom októbra zapadne po 19. hodine po konci nautického súmraku. 5. 10. prejde 0,4° severne od Saturna a o dva dni skôr aj okrajom špirálovej galaxie NGC 5892 (12,0 mag), no k najväčšiemu priblíženie dôjde až pod obzorom.

(134340) Pluto (14,4 mag) v Strelcovi má zhoršujúce sa podmienky pozorovateľnosti, kulminuje vo večerných hodinách vo výške len 20°. Na prelome mesiacov zapadá po 20. hodine. Na prelome posledných novembrových dekád bude 22´ južne od hviezdy 29 Sgr (5,2 mag).

⇨⇨

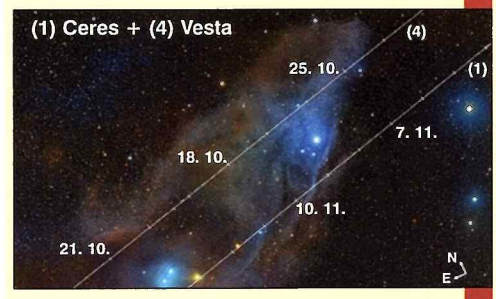
Fázy Mesiaca

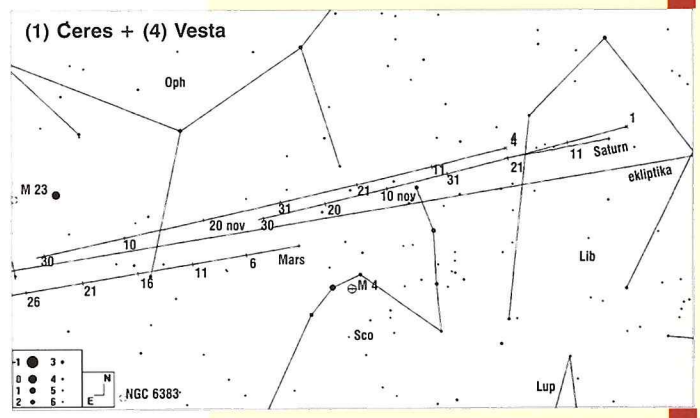
prvá štvrť	1. 10., 20:32	31. 10., 3:48	29. 11., 11:06
spln	8. 10., 11:51	6. 11., 23:23	
posledná štvrť	15. 10., 20:12	14. 11., 16:16	
nov	23. 10., 22:57	22. 11., 13:32	



Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1.10.	$15^h11{,}2^m$	–15°13,7'	9,0	42,1
11.10.	$15^h26{,}5^m$	–16°34,9'	9,0	36,1
21.10.	$15^h42{,}5^m$	–17°51,1'	9,0	30,2
31.10.	$15^h58{,}9^m$	–19°01,7'	9,0	24,3





Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	$15^h43{,}0^m$	−17°08,7'	7,8	49,9
11. 10.	$16^h03{,}0^m$	−18°32,3'	7,8	45,0
21. 10.	$16^h23{,}8^m$	−19°46,8'	7,8	40,2
31. 10.	$16^h45{,}3^m$	−20°50,9'	7,9	35,3
10. 11.	$17^h07{,}3^m$	−21°43,7'	7,8	30,5
20. 11.	$17^h29{,}8^m$	−22°24,4'	7,8	25,7
30. 11.	$17^h52{,}6^m$	−22°52,3'	7,8	20,8

Efemerida asteroidu (6) Hebe

1. 10.	$04^h10{,}8^m$	−03°00,8'	8,6	123,9
11. 10.	$04^h12{,}9^m$	−04°41,3'	8,4	131,5
21. 10.	$04^h11{,}2^m$	−06°17,3'	8,3	139,1
31. 10.	$04^h06{,}1^m$	−07°37,6'	8,1	145,9
10. 11.	$03^h58{,}3^m$	−08°30,3'	8,1	150,6
20. 11.	$03^h49{,}1^m$	−08°46,5'	8,1	151,6
30. 11.	$03^h40{,}1^m$	−08°22,0'	8,2	148,3

Efemerida kométy Jacques (C/2014 E2)

1. 10.	$19^h11{,}1^m$	+11°18,7'	10,8	101,2
6. 10.	$19^h09{,}4^m$	+08°29,0'	11,2	96,5
11. 10.	$19^h09{,}0^m$	+06°13,9'	11,6	91,9
16. 10.	$19^h09{,}4^m$	+04°24,8'	12,1	87,4

Efemerida kométy PanSTARRS (C/2012 K1)

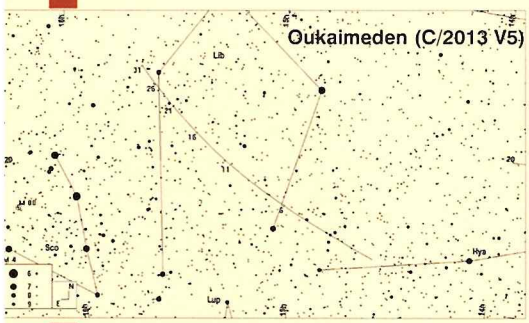
1. 10.	$08^h31{,}7^m$	−11°05,5'	5,9	59,0
6. 10.	$08^h21{,}8^m$	−15°44,3'	5,9	65,6
11. 10.	$08^h09{,}0^m$	−21°07,1'	5,9	72,4
16. 10.	$07^h52{,}1^m$	−27°16,9'	5,9	79,5
21. 10.	$07^h29{,}1^m$	−34°08,5'	5,9	86,6

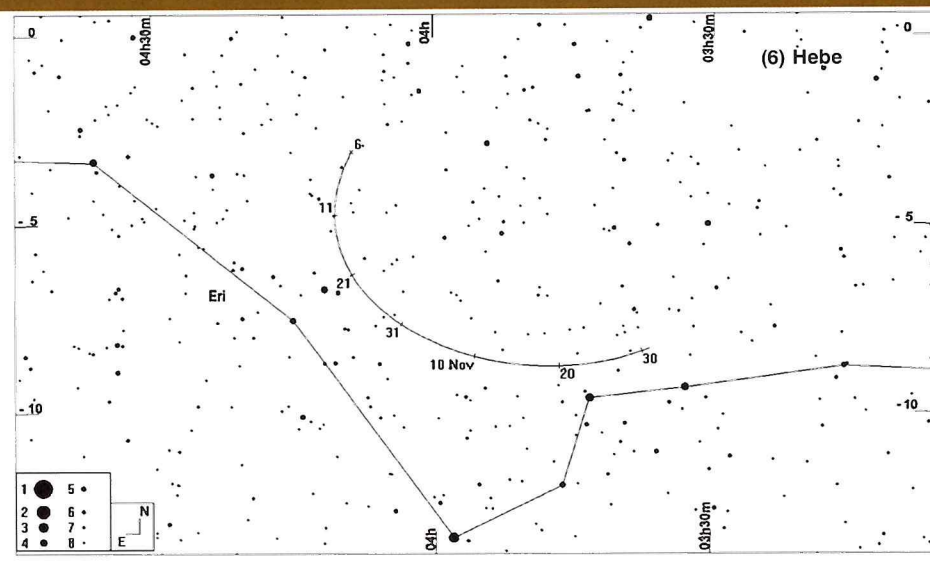
Efemerida kométy Siding Spring (C/2013 A1)

16.10.	$17^h38{,}2^m$	−27°09,7'	9,4	62,9
26.10.	$17^h37{,}4^m$	−21°29,1'	9,7	52,5
5.11.	$17^h38{,}7^m$	−17°01,3'	9,9	43,0
15.11.	$17^h41{,}2^m$	−13°18,4'	10,2	34,4
25.11.	$17^h44{,}4^m$	−10°02,7'	10,5	27,0

Efemerida kométy Oukaimeden (C/2013 V5)

1. 10.	$14^h34{,}6^m$	−27°07,1'	5,6	38,7
6. 10.	$15^h01{,}0^m$	−23°44,7'	6,1	37,6
11. 10.	$15^h16{,}2^m$	−21°01,5'	6,7	34,9
16. 10.	$15^h25{,}6^m$	−18°50,4'	7,3	31,5
21. 10.	$15^h31{,}8^m$	−17°03,3'	7,9	27,6
26. 10.	$15^h36{,}4^m$	−15°33,9'	8,4	23,5
31. 10.	$15^h39{,}9^m$	−14°17,7'	8,9	19,4





Trpasličia planéta (136199) Eris bude 16. 10. v opozícii (95,407 AU) vo Veľrybe, no s jasnosťou len 18,7 mag.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (37) Fides (9.10.; 9,8 mag), (55) Pandora (17.10.; 10,5 mag), (88) Thisbe (18.10.; 10,4 mag), (28) Bellona (27.10.; 10,9 mag), (46) Hestia (31.10.; 10,6 mag), (52) Europa (5.11.; 10,5 mag), (245) Vera (9.11.; 10,8 mag), (130) Elektra (14.11.; 11,0 mag), (6) Hebe (17.11.; 8,1 mag), (23) Thalia (5.12.; 9,2 mag).

Najjasnejšia je (4) Vesta (7,8 mag), ktorá sa premiestni z Váh cez severný cíp Škorpióna, Hadonosa až do Strelca. Aj jej možnosti pozorovania sa zhoršujú, uhlovo sa približuje k Slnku, jej elongácia koncom novembra bude len 20°, zapadne po 17. hodine na konci nautického súmraku. Začiatkom októbra je 7° západne od Saturna, neskôr sa ich vzdialenosť zväčšuje, pretože Vesta má rýchlejší vlastný pohyb. 16. 10. prejde cez hmlovinu IC 4592 a o 5 dní neskôr aj cez komplex hmlovín v okolí ψ Oph.

Jasnosťou sa Veste priblíži aj (6) Hebe, ktorá je v severnej časti súhvezdia Eridanus.

Kométy

Na oblohe sú relatívne jasné kométy, no ako to už býva, ich podmienky pozorovateľnosti nie sú najlepšie. Ak sú odhady jasnosti dostatočne dobré, aspoň dve by sme mali nájsť aj binokulármi.

Kométa Jacques (C/2014 E2), skvelá ozdoba predchádzajúceho obdobia nočnej oblohy, je už za nami. Perihéliom prešla 2. 7., jej jasnosť klesala len mierne a v auguste dokonca stagnovala okolo 7 mag. Začiatkom októbra jej jasnosť bude atakovať 11 mag, a v priebehu dvoch mesiacov zoslabne asi o 2 mag. Poloha tejto dlhoperiodickej kométy (P = 20654 rokov) na oblohe v Orlovi je však priaznivá, vlastný pohyb sa spomaľuje.

PanSTARRS (C/2012 K1) bola v polovici júla jasnejšia ako 8 mag, perihéliom prešla 27. 8., a krátko po ňom podľa predpovede má zjasňovať. Začiatkom októbra vychádza 2 hodiny po polnoci, v polovici októbra je na konci astronomického súmraku vo výške 14°. Rýchlo sa však pohybuje juhozápadne, jej deklinácia klesá, a ešte pre koncom októbra už v našich zemepisných šírkach sa nad obzor nedostane.

Kométa Siding Spring (C/2013 A1) prejde perihéliom 25. 10., no to už bude po maxime jasnosti, ktoré bolo začiatkom septembra. Loviť ju však môžeme na večernej oblohe od polovice októbra, a aj keď slabne, podmienky jej pozorovateľnosti sa zlepšujú. Koncom novembra bude na konci astronomického súmraku vo výške 5°, a možno ešte o niečo jasnejšia ako 11 mag.

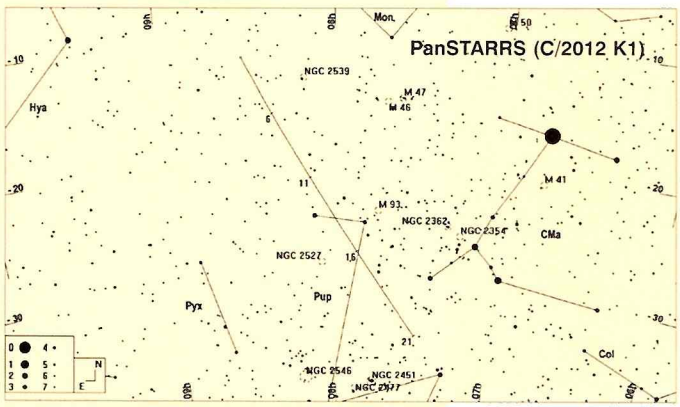
Oukaimeden (C/2013 V5) bola najjasnejšia v druhej polovici septembra, ešte pred prechodom perihéliom 28. 9. Začiatkom októbra by mohla mať menej ako 6 mag, zapadne takmer súčasne so Slnkom, ku ktorému sa uhlovo približuje, na prelome mesiacov je jej elongácia len 19°. Geometrické podmienky sa však spočiatku zlepšujú a medzi 15. – 20. októbrom bude zapadať na konci nautického súmraku.

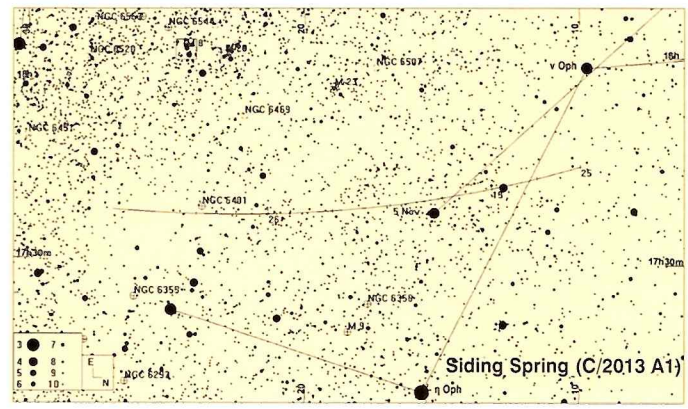
Meteory

Jesenné obdobie je na meteorické roje bohaté, v pracovnom zozname IMO je niekoľko pomerne aktívnych rojov. Drakonidy a južné Tauridy budú mať maximá na presvetlenej oblohe, Mesiac je v splne, no u ďalších aktívnejších rojov je to už lepšie.

Veľmi dobré podmienky sú u obľúbených Orionidách. Tento roj, ktorého materskou kométou je Halleyova kométa, má zložitú štruktúru a niekoľko lokálnych maxím. Prepočítaná frekvencia je okolo 20 meteorov za hodinu, no v tomto roku však bude ešte o niečo nižšia. Súčasne s Orionidami majú maximum aj nevýrazné ε Geminidy a vzájomné odlíšenie rojovej príslušnosti je náročnejšie.

Severné Tauridy bude čiastočne rušiť Mesiac pred poslednou štvrťou, lepšie na tom budú Leonidy s maximom o 3 dni neskôr. Oblohu začne Mesiac u Leoníd v maxime presvetľovať len neskôr po polnoci, a tak sú podmienky vcelku dobré. Roj má niekoľko maxím,





a tak sú pozorovania stále cenné. Predpovedí maxím je niekoľko, to tradičné maximum nastane 17. 11. okolo 17. hod., no ďalšie, asi menej výrazné, môže byť až 21. 11., keď podľa výpočtov J. Vaubaillona sa stretneme s vláknom z roku 1567.

Pavol Rapavý ●

Meteorické roje (október – november)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
antiheliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9					30	3,0	4
Drakonidy (DRA)	6. 10. – 10. 10.	8.10.	195,4°	262°	+54°	20	2,6	var
južné Tauridy (STA)	10. 9. – 20. 11.	10.10.	197°	32°	+09°	27	2,3	5
δ Aurigidy (DAU)	10. 10. – 18. 10.	11.10.	198°	84°	+44°	67	3,0	2
ε Geminidy (EGE)	14. 10. – 27. 10.	18.10.	205°	102°	+27°	70	3,0	3
Orionidy (ORI)	2. 10. – 7. 11.	21.10.	208°	95°	+16°	66	2,5	20*
Leo Minoridy (LMI)	19. 10. – 27. 10.	24.10.	211°	162°	+37°	62	3,0	2
severné Tauridy (NTA)	20.10. – 10. 12.	12.11.	230°	58°	+22°	29	2,3	5
Leonidy (LEO)	6. 11. – 30. 11.	17.11.	235,27°	152°	+22°	71	2,5	15*
α Monocerotidy (AMO)	15. 11. – 25. 11.	21.11.	239,32°	117°	+01°	65	2,4	var
Monocerotidy (MON)	27. 11. – 17. 12.	9.12.	257°	100°	+08°	42	3,0	2

Kalendár úkazov a výročí (október – november)

dátum	SEČ	
1. 10.	20,5	Mesiac v prvej štvrti
1. 10.		200. výročie (1814) narodenia A. H. Fayea
3. 10.		160. výročie (1854) narodenia H. von Struvea
4. 10.	19,2	Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať spätne
4. 10.		4. – 10. 10. Svetový kozmický týždeň
4. 10.		55. výročie (1959) štartu Luny 3 (prvé fotografie odvrátenej strany Mesiaca)
4. 10.		115. výročie (1899) narodenia F. Longauera
5. 10.	18,7	konjunkcia Mesiaca s Neptúnom (Neptún 3,5° južne)
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
8. 10.	11,5	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,4° južne, zákryt)
8. 10.		maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)
8. 10.	11,8	Mesiac v splne
8. 10.	11,9	úplné zatmenie Mesiaca (od nás nepozorovateľné)
9. 10.		410. výročie (1604) objavenia Keplerovej supernovy
9. 10.		asteroid (37) Fides v opozícii (9,8 mag)
9. 10.		310. výročie (1704) narodenia J. A. Segnera
10. 10.		maximum meteorického roja južné Tauridy (ZHR 5)
11. 10.		maximum meteorického roja δ Aurigidy (ZHR 2)
12. 10.		50. výročie (1964) štartu Voschodu 1 (Komarov, Feoktistov, Jegorov)
13. 10.		140. výročie (1874) narodenia K. Hirojamu
14. 10.		maximum meteorického roja ε Geminidy (ZHR 3)
15. 10.	7,7	Merkúr najbližšie k Zemi (0,66308 AU)
15. 10.	20,2	Mesiac v poslednej štvrti
16. 10.		trpasličia planéta (136199) Eris v opozícii (95,407 AU)
16. 10.	21,6	Merkúr v dolnej konjunkcii
17. 10.		asteroid (55) Pandora v opozícii (10,5 mag)
18. 10.	0,7	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,7° severne)
18. 10.		25. výročie (1989) štartu medziplanetárnej sondy Galileo
18. 10.	7,1	Mesiac v odzemí (404 898 km)
18. 10.		asteroid (88) Thisbe v opozícii (10,4 mag)
21. 10.		maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 20)
22. 10.	22,6	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,3° severne)
22. 10.	18,9	Venuša najďalej od Zeme (1,71673 AU)
23. 10.	22,8	čiastočné zatmenie Slnka (od nás nepozorovateľné)
23. 10.	22,9	Mesiac v nove
24. 10.		maximum meteorického roja Leo Minoridy (ZHR 2)
25. 10.	18,1	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 0,2° južne) – zákryt
25. 10.	22,3	Merkúr v prísline (0,30749 AU)
25. 10.	7,9	Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať priamo
25. 10.	8,9	Venuša v hornej konjunkcii
26. 10. 2		koniec letného času
27. 10.		asteroid (28) Bellona v opozícii (10,9 mag)
27. 10.		160. výročie (1854) narodenia L. F. Ambronna
28. 10.	13,4	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 5,7° južne)
28. 10.		110. výročie (1904) narodenia E. Barnóthyho
31. 10.	3,8	Mesiac v prvej štvrti
31. 10.		asteroid (46) Hestia v opozícii (10,6 mag)
1. 11.	13,9	Merkúr v najväčšej západnej elongácii (18,7°)
2. 11.	3,6	konjunkcia Mesiaca s Neptúnom (Neptún 3,9° južne)
3. 11.	1,5	Mesiac v prízemí (367 882 km)
3. 11.		120. výročie (1894) narodenia H. Zanstra
4. 11.	18,2	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,4° južne) zákryt
5. 11.		asteroid (52) Europa v opozícii (10,5 mag)
6. 11.	23,4	Mesiac v splne
8. 11.		180. výročie (1834) narodenia J. C. Zöllnera
9. 11.		asteroid (245) Vera v opozícii (10,8 mag)
9. 11.		80. výročie (1934) narodenia C. E. Sagana
9. 11.		280. výročie (1734) narodenia S. J. Rumovského
11. 11.		pristátie Philae (Rosetta) na kométe 67P/Churyumov-Gerasimenko
12. 11.		maximum meteorického roja severné Tauridy (ZHR 5)
12. 11.		90. výročie (1924) narodenia A. Dollfusa
14. 11.	16,3	Mesiac v poslednej štvrti
14.11.	16,6	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,8° severne)
14. 11.		45. výročie (1969) štartu Apolla 12
14. 11.		asteroid (130) Elektra v opozícii (11,0 mag)
15. 11.	2,9	Mesiac v odzemí (404 337 km)
16. 11.	12,3	Neptún v zastávke, začne sa pohybovať priamo
17. 11.		maximum meteorického roja Leonidy (ZHR 15)
17. 11.		asteroid (6) Hebe v opozícii (8,1 mag)
18. 11.		25. výročie (1989) prvej „kozmologickej" družice COBE
18. 11.	9,4	Saturn najďalej od Zeme (10,93431 AU)
18. 11.	9,9	Saturn v konjunkcii so Slnkom
18. 11.		110. výročie (1904) narodenia B. Garfinkela
19. 11.		160. výročie (1854) narodenia D. D. Gedeonova
20. 11.		10. výročie (2004) družice Swift (gama záblesky)
20. 11.		125. výročie (1889) narodenia E. Hubbla
21. 11.		maximum meteorického roja α Monocerotidy (ZHR var)
21. 11.	19,6	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,3° južne)
22. 11.	13,5	Mesiac v nove
26. 11.	9,1	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 5,8° južne)
26. 11.	1,5	konjunkcia Merkúra s Saturnom (Merkúr 1,6° južne)
28. 11.	0,2	Mesiac v prízemí (369 824 km)
28. 11.		50. výročie (1964) štartu sondy Mariner 4
29. 11.	7,9	konjunkcia Mesiaca s Neptúnom (Neptún 3,5° južne)
29. 11.	11,1	Mesiac v prvej štvrti
2. 12.	1,9	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,7° južne)
3. 12.		90. výročie (1924) narodenia E. Salpetera
5. 12.		asteroid (23) Thalia v opozícii (9,2 mag)
6. 12.	13,4	Mesiac v splne

Tabuľky východov a západov (október – november)

Slnko

			Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 10.	5:39	17:20	5:08	17:51	4:31	18:27	3:54	19:04
6. 10.	5:46	17:09	5:15	17:41	4:38	18:16	4:02	18:53
11. 10.	5:54	16:59	5:22	17:31	4:46	18:07	4:09	18:43
16. 10.	6:01	16:49	5:30	17:21	4:53	17:57	4:17	18:33
21. 10.	6:08	16:40	5:37	17:12	5:00	17:48	4:24	18:24
26. 10.	6:16	16:31	5:44	17:03	5:07	17:40	4:31	18:16
31. 10.	6:24	16:22	5:51	16:55	5:14	17:32	4:38	18:08
5. 11.	6:31	16:15	5:59	16:48	5:22	17:25	4:45	18:02
10. 11.	6:39	16:08	6:06	16:41	5:28	17:19	4:51	17:56
15. 11.	6:47	16:01	6:13	16:35	5:35	17:14	4:58	17:51
20. 11.	6:55	15:56	6:20	16:31	5:42	17:09	5:04	17:46
25. 11.	7:02	15:52	6:26	16:27	5:48	17:06	5:11	17:43
30. 11.	7:09	15:48	6:33	16:24	5:54	17:03	5:16	17:41

Mesiac

	Východ	Západ
1. 10.	12:45	22:11
6. 10.	16:02	3:01
11. 10.	18:59	9:12
16. 10.	23:23	13:17
21. 10.	3:24	15:34
26. 10.	8:44	18:19
31. 10.	12:55	23:30
5. 11.	15:36	4:27
10. 11.	19:16	9:50
15. 11.		12:45
20. 11.	4:20	14:58
25. 11.	9:30	19:00
30. 11.	12:35	

Jupiter

	Východ	Západ
1. 10.	0:53	15:36
6. 10.	0:38	15:18
11. 10.	0:23	15:00
16. 10.	0:08	14:42
21. 10.	23:49	14:24
26. 10.	23:33	14:06
31. 10.	23:16	13:48
5. 11.	22:59	13:30
10. 11.	22:42	13:12
15. 11.	22:24	12:53
20. 11.	22:07	12:34
25. 11.	21:49	12:15
30. 11.	21:30	11:56

Merkúr

	Východ	Západ
1. 10.	8:01	17:44
6. 10.	7:45	17:25
11. 10.	7:09	17:03
16. 10.	6:15	16:40
21. 10.	5:21	16:19
26. 10.	4:47	16:04
31. 10.	4:38	15:54
5. 11.	4:48	15:46
10. 11.	5:08	15:40
15. 11.	5:32	15:36
20. 11.	5:57	15:32
25. 11.	6:22	15:31
30. 11.	6:47	15:31

Saturn

	Východ	Západ
1. 10.	9:26	19:02
6. 10.	9:09	18:43
11. 10.	8:52	18:25
16. 10.	8:35	18:07
21. 10.	8:19	17:49
26. 10.	8:02	17:31
31. 10.	7:46	17:12
5. 11.	7:29	16:54
10. 11.	7:13	16:36
15. 11.	6:56	16:18
20. 11.	6:39	16:00
25. 11.	6:23	15:42
30. 11.	6:06	15:24

Venuša

	Východ	Západ
1. 10.	5:03	17:15
6. 10.	5:17	17:06
11. 10.	5:32	16:58
16. 10.	5:46	16:50
21. 10.	6:01	16:43
26. 10.	6:16	16:36
31. 10.	6:31	16:29
5. 11.	6:46	16:24
10. 11.	7:01	16:20
15. 11.	7:16	16:16
20. 11.	7:31	16:15
25. 11.	7:45	16:14
30. 11.	7:57	16:16

Urán

	Východ	Západ
1. 10.	17:28	6:23
6. 10.	17:07	6:02
11. 10.	16:47	5:42
16. 10.	16:27	5:21
21. 10.	16:07	5:00
26. 10.	15:47	4:39
31. 10.	15:27	4:18
5. 11.	15:07	3:58
10. 11.	14:47	3:38
15. 11.	14:27	3:17
20. 11.	14:07	2:56
25. 11.	13:47	2:36
30. 11.	13:28	2:16

Mars

	Východ	Západ
1. 10.	11:35	19:46
6. 10.	11:33	19:39
11. 10.	11:32	19:33
16. 10.	11:29	19:27
21. 10.	11:26	19:23
26. 10.	11:23	19:19
31. 10.	11:19	19:16
5. 11.	11:15	19:14
10. 11.	11:10	19:13
15. 11.	11:04	19:12
20. 11.	10:58	19:12
25. 11.	10:51	19:12
30. 11.	10:43	19:13

Neptún

	Východ	Západ
1. 10.	16:12	2:47
6. 10.	15:52	2:27
11. 10.	15:33	2:07
16. 10.	15:13	1:47
21. 10.	14:53	1:27
26. 10.	14:33	1:07
31. 10.	14:13	0:47
5. 11.	13:54	0:27
10. 11.	13:34	0:07
15. 11.	13:14	23:44
20. 11.	12:54	23:24
25. 11.	12:34	23:04
30. 11.	12:15	22:45

Astronomický tábor na Zemplínskej šírave

Počas prvého prázdninového týždňa realizovala Hvezdáreň v Michalovciach tradičný letný astronomický tábor v priestoroch hotela Chemes na Zemplínskej šírave. Zúčastnilo sa na ňom 17 detí vo veku od 7 do 13 rokov – 5 dievčat a 12 chlapcov z okresov Michalovce a Vranov nad Topľou.

V dopoludňajších hodinách trávili deti hodinku v bazéne a potom nasledovali prednášky na rôzne astronomické témy. Oboznámili sa so súhvezdiami, so Slnečnou sústavou a s podmienkami potrebnými na vznik života vo vesmíre.

Popoludnia boli venované výletom. Táborníci navštívili Hvezdáreň a planetárium v Prešove, kde sa okrem programu v planetáriu aktívne zúčastnili aj na vystúpení s kúzelnou fyzikou, ktorú im predviedol Mgr. Michal Figura. Počas nedeľného popoludnia sa deti previezli vlakom do Trebišova, kde navštívili múzeum a priľahlý park, v Košiciach zas videli zlatý poklad a Miklušovu väznicu. Popoludnie plné zábavy zažili na dvore pána farára v Porube pod Vihorlatom, kde si vyskúšali lanovku, trampolínu, koleso, šľapacie káry, stolný tenis i futbal. Posledným výletom bola pešia túra na Hôrku a vyhliadková plavba loďou po Zemplínskej šírave.

Každý deň po večeri riešili deti úlohy, dešifrovali texty a hľadali riešenia, ktoré potom v posledný deň zosumarizovali a za pomoci indícií hľadali súhvezdia a hviezdy. Keďže počasie nám počas večerov neprialo, obloha bola zamračená, krátili si deti čas do večierky hrami a kúpaním. V utorok večer zavítal do tábora pracovník z astronomického úseku z Trebišova, ktorý deťom porozprával o čiernych dierach a vzdialenom vesmíre a spolu s nimi strávil čas pri spoločnej opekačke.

Pracovníci hotela Chemes boli nesmierne nápomocní potrebám tábora, za čo im patrí vďaka. Spokojnosť bola so stravou aj s ubytovaním.

Gabriela Kramáreková, Hvezdáreň v Michalovciach

Leto s kométou a strieborným oblakmi

Ako milovníka komét a medziplanetárnej hmoty ma potešilo, že na oblohe sa v dosahu malých prístrojov objavili dve celkom jasné kométy – C/2013 UQ4 a C/2014 E2 Jacques. Pre mňa boli tieto objekty známe už dávnejšie, pretože som sa zapojil do ich pozorovania v čase, keď boli ešte uvedené na stránke NEOCP ako nové objekty. Urobil som ich follow-up astrometriu cez diaľkovo ovládané teleskopy v Siding Spring v Austrálii. Výsledky mojich meraní boli uverejnené v príslušných MPC cirkulároch. Dokonca pri C2013 UQ4 som bol medzi prvými, ktorí pozorovali u tohto objektu kometárnu aktivitu (objekt bol na začiatku registrovaný ako asteroid).

Musím spomenúť aj začiatok leta, keďže už večer 3. júla som pri príprave ďalekohľadu na pozorovanie premenných hviezd sledoval nad severozápadným obzorom strieborné oblaky, známe ako NLC. To som netušil, čo ma bude čakať pri návrate domov. Ranná obloha na severovýchode horela bielomodrým plameňom, ktorý bol viditeľný hneď na prvý pohľad. Konečne som videl NLC v plnej paráde!

Marian Urbaník

Snímky M. Urbaníka uverejňujeme na poslednej strane.

Prešovskí krúžkari na Kolonici

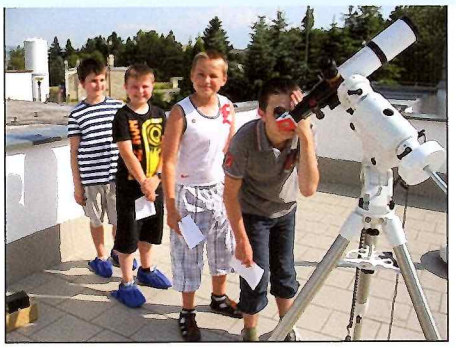
Pri Hvezdárni a planetáriu v Prešove pracovali v školskom roku 2013/2014 dva astronomické krúžky. Prvý z nich, astronomický krúžok pre pokročilých, pracuje pod vedením Mgr. Romana Tomčíka pri HaP už niekoľko rokov.

Druhý astronomický krúžok – pre začiatočníkov – sa vyprofiloval tohto roku z niekoľkých členov, ktorí už predtým HaP navštevovali, ale počas tohto školského roku ich väčšina začala navštevovať krúžok ako úplní začiatočníci. Pre lektorky krúžku Renátu Kolivoškovú a PaedDr. Júliu Urbanovú, PhD. to bola výzva. Nie je totiž až také ťažké deti nadchnúť pre nejaký záujem, ale oveľa ťažšie je tento záujem ďalej rozvíjať a udržať. Tento cieľ sa lektorkám krúžku pre začiatočníkov viac-menej darilo plniť, a tak na konci školského roku dosiahol počet krúžkarov číslo 16 vo veku od 8 do 15 rokov. Aj rozdielnosť veku členov bola komplikácia, ktorú sme sa museli naučiť zdolávať. Nuž ale, ako sa hovorí „všetko zlé je na niečo dobré", a tak sme spolu s deťmi vymýšľali a realizovali aktivity tak, aby boli pre všetkých dostatočne príťažlivé.

Na spoločných schôdzkach sme vyrobili otáčavú mapu oblohy a používali ju na poznávanie súhvezdí pri viacerých stretnutiach pod umelou hviezdnou oblohou v planetáriu. Prechádzka mestom nám priblížila bohatú históriu prešovskej hvezdárne od stredoveku až po novovek a čerešničkou na torte bola zastávka pri symbolike 49-tej rovnobežky. Rozprávanie o Mesiaci sme doplnili domácou úlohou, ktorá trvala jeden celý mesiac. Za ten čas mali deti zakresliť do špeciálne vytvorených pozorovateľských denníkov fázy Mesiaca tak, ako ich videli pri svojom dennodennom pozorovaní. Zaujímavým bol aj papierový model Mesiaca, ktorý sme si spoločne vyrobili. Rozprávanie o Slnečnej sústave bolo tiež doplnené praktickým pozorovaním pri ďalekohľade (pozorovanie Venuše) a výrobou modelu Slnečnej sústavy. Podrobnejšie sme sa venovali aj našej hviezde Slnku a v praktickej časti sme zakresľovali slnečné škvrny a pomocou slnečného ďalekohľadu LUNT sme sa zamerali na detaily slnečnej fotosféry – slnečné protuberancie. Tu mi nedá nevyjadriť veľkú vďaku za tento prístroj nášmu bývalému krúžkarovi Zdenovi Grajcarovi, ktorý nám tento prístroj daroval.

Zaujímavou časťou bola aj „kúzelná fyzika" počas jedného predstavenia u nás v planetáriu a tiež návšteva Košíc počas jarných prázdnin. V rámci tejto jednodňovej exkurzie sme navštívili Planetárium v Košiciach a Steel park – kreatívnu fabriku, kde sme sa opäť venovali zaujímavým fyzikálnym pokusom. Jedna z tém počas našich stretnutí bola aj prednáška o kozmonautike a jej význame pre astronómiu.

Naša návšteva na Kolonickom sedle a prechádzka po malej ceste planét.



Pozorovanie slnečných protuberancií slnečným ďalekohľadom LUNT.

Všetky tieto stretnutia sme bez problémov zvládali v našom mestskom prostredí, nakoľko naša domovská Hvezdáreň a planetárium v Prešove nám poskytuje veľmi dobré podmienky pre krúžkovú činnosť. Jediným väčším nedostatkom nášho prostredia je nočná obloha. Aj keď Prešov nepatrí medzi svetové metropoly s miliónovým počtom obyvateľov, napriek tomu tu zaznamenávame dosť výrazné svetelné znečistenie, a teda pozorovanie skutočnej oblohy nie je možné si vychutnať s takým pôžitkom. Preto sme sa rozhodli navštíviť Kolonicu.

Naši krúžkari tento nápad prijali s nadšením, a tak sa s niekoľkotýždňovým predstihom začalo naše astronomické praktikum plánovať. Termín podujatia sme dohodli u našich kolegov z Vihorlatskej hvezdárne v Humennom, ktorej súčasťou je aj Astronomické observatórium na Kolonickom sedle. V rámci príprav však bolo treba vymyslieť plán na dva dni a jednu noc, ktorá mala byť venovaná pozorovaniam oblohy. Obloha je totiž za priaznivých podmienok na Kolonickom sedle naozaj jedinečná. Keďže nápad zaujal aj členov nášho druhého krúžku pre pokročilých, spojili sme sily a plánovali spoločne. Nasledovalo ďalšie plánovanie spôsobu cestovania, ubytovanie, stravovanie a tisíc ďalších detailov, no najdôležitejšia bola príprava programu na jedinú noc, ktorú sme na Kolonickom sedle mali stráviť.

Nakoniec nastal ten deň – 25. 6. 2014. Aj tí, ktorí na Kolonici neboli po prvý raz, sa tešili na nové zážitky. Keďže kraj pod Vihorlatom nie je zaujímavý len pre astronómov, ale aj z pohľadu turistu, tak sme hneď po príchode vyštartovali na nie veľmi náročnú túru po tzv. „malej ceste planét". Takto nazvali miestni astronómovia lesnú cestu z observatória do rekreačnej oblasti pod názvom „Bejvoč". Sprievodcu nám robil Michal Maturkanič – dlhoročný pracovník Vihorlatskej hvezdárne. Po večeri sme sa pokochali prístrojovou technikou, ktorou sa kolegovia môžu naozaj popýšiť. Veď 1-metrový ďalekohľad, ktorý tu využívajú na pozorovanie premenných hviezd, našich krúžkarov určite ohromil. Keďže Vihorlatská hvezdáreň je jednou z tých inštitúcií, ktoré sa aktívne podieľali na vzniku Parku tmavej oblohy v Poloninách, pripravil nám p. Maturkanič prezentáciu a zaujímavú prednášku aj s touto tematikou. V rámci prednášky sme sa dozvedeli, čo je svetelné znečistenie. No čím viac sa blížil čas nočného pozorovania, ktoré sme si všetci priali zažiť, tým viac bolo jasné, že jasno nebude. Napriek tomu sme zotrvali bdelí do neskorých nočných hodín. Ráno po vypustení 5 kusov raketiek sme ešte navštívili priestor planetária, ktoré je súčasťou Kolonického observatória, a vydali sa na návrat vláčikom do našich domovov v Prešove.

Po zhodnotení nášho praktika môžeme skonštatovať, že bol vydarený. Aspoň podľa reakcií našich krúžkarov. No keďže nočné pozorovanie nebolo zrealizované, neostáva nám nič iné, než si túto aktivitu zopakovať niekedy v budúcnosti.

Renáta Kolivošková, HaP Prešov

Ján Lačný sa dožíva 90 rokov

Život Jána Lačného veľmi ovplyvnila doba, v ktorej sa narodil a vyrastal. Na svet prišiel 10. júla 1924 v Banskej Štiavnici, kde vychodil základnú školu. Pred jej skončením šiel bývať k starej mame do Tupej. V tej dobe vypukla II. svetová vojna, a tak sa vďaka viedenskej arbitráži Ján Lačný stal z večera do rána občanom Maďarska, no jeho otec a mladší brat zostali na Slovensku. Posledný ročník základnej školy teda ukončil už v maďarčine. Nastúpil do učenia v Šahách, kde sa vyučil za strojného zámočníka. Krátko nato narukoval. S maďarskou armádou sa ako vojak na prelome rokov 1943 a 1944 zatúlal až do pohoria Fagaraš na historickú hranicu, a v dnešnom Rumunsku ho nesmierne očarila krása zimnej hviezdnej oblohy. Bolo vidieť toľko hviezd, že mal problém identifikovať aj známe súhvezdia. Tam niekde môžeme hľadať korene jeho vzťahu k astronómii. Trinásteho novembra 1944 bol ranený a umiestnený v nemocnici. Vtedy si definitívne uvedomil, že jeho miesto je na Slovensku.

Po skončení vojny sa vrátil do Banskej Štiavnice k bratovi. S otcom sa už nestretol, keďže krátko pred koncom vojny ho fašisti chytili a za spoluprácu s partizánmi poslali do koncentračného tábora do Nemecka neďaleko Oranienburgu, odkiaľ sa už nevrátil. Jána Lačného presvedčili, aby sa prihlásil na chemickú priemyslovku, kam ho aj prijali a ktorú ukončil maturitnou skúškou. Ako veľmi nadaného študenta si ho riaditeľ školy, profesor Samuel Stankovianský, neskorší vedúci katedry analytickej chémie na UK v Bratislave, ponechal ako svojho asistenta.

Až ako 27-ročný bol povolaný československou armádou na dvojročnú prezenčnú službu do Liberca. Tu sa zoznámil so svojou budúcou manželkou Emíliou. Počas prezenčnej služby veľa čítal a vzdelával sa. Z prezenčnej služby sa vrátil, keď sa začalo s budovaním mesta Žiar nad Hronom a závodov SNP na výrobu hliníka. Ako šikovného a nádejného chemika si ho vyhliadli a ponúkli mu miesto aj s bytom, s podmienkou, že musí byť ženatý. V krátkom čase sa teda oženil s Emíliou a mal s ňou dve deti, Alenu, ktorá učí matematiku a fyziku, a Jána, ktorý sa dal na literárnu dráhu, ale vo veku 48 rokov zomrel.

Ján Lačný sa prejavil ako veľmi schopný a rozmýšľajúci zamestnanec, preto bol z laboratória preradený do výskumu. Veľmi rýchlo sa stal platným členom Vývojového výskumného ústavu pre vývoj prevádzok. Ján Lačný je autorom mnohých zlepšovacích návrhov a patentov. Najväčšie úspechy dosahoval pri výrobe autobatérií. Spod jeho rúk vyšla aj batéria Akusit ZSNP, ktorej sa vyrobilo a predalo viac než milión kusov. Za kvalitnú a vysoko odbornú prácu bol ocenený ako vzorný pracovník výrobno-hospodárskej jednotky Kovohuty Praha.

So Štefanom Kochanom, ktorý býval neďaleko, často cestou do práce debatovali o vesmíre. Kochan sa pôvodne venoval bezmotorovému lietaniu, ale priťahovala ho aj astronómia. Už v roku 1954 spolu s ďalšími podobne orientovanými kolegami zo závodu pozorovali oblohu požičaným delostreleckým binarom. Postupne sa pričinili o to, že si v roku 1963 založili pri ZK ROH astronomický krúžok. Veľkú pomoc im v tomto smere poskytol RNDr. Csere z Hlohovca a Hvezdáreň v Banskej Bystrici, ktorá im zapožičala 10-cm ďalekohľad Newton na paralaktickej montáži. Ten si svojpomocne vybavili motorickým pohonom.

Hneď v tomto roku sa zapojili do astronomických pozorovacích programov a priekopníkom v tom bol opäť Ján Lačný, ktorý sa pustil do pozorovaní zákrytov hviezd Mesiacom pre NASA (Hězdárna Valašské Meziříčí pri jeho mene dodnes eviduje 108 úspešných pozorovaní).

Popri pracovných povinnostiach si však vždy našiel čas aj na svoje koníčky. Keď sa mu dostala do rúk knižka o brúsení zrkadiel pre ďalekohľady, tak sa do tejto činnosti pustil a v kúpeľni upravil prácku na brúsny stroj. Zostrojili ďalekohľad Newton s 10-centimetrovým objektívom. Z práčovne na sídlisku v Ladomerskej Vieske si spravili klubovňu a na pozorovanie si zariadili aj búdku s odsuvnou strechou. S úsmevom si spomína, ako im v jednom roku pravidelne chodila sliepka k ďalekohľadu znášať vajíčka.

Keď v roku 1967 získal krúžok darom vyradenú vodárenskú vežu, neprispieval Ján Lačný veľkým dielom len k návrhom prístrojového vybavenia novej pozorovateľne, ale osobne sa podieľal aj na výrobe a inštalovaní 20-cm reflektora, ktorého zrkadlo tiež vybrúsil, a 12-cm refraktora, ku ktorému zakúpili optiku od profesora Gajdušeka.

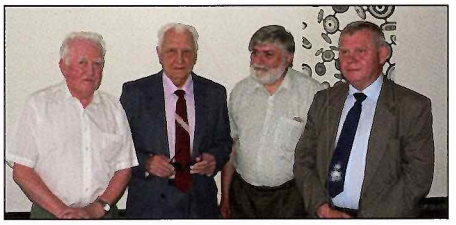
Získané bohaté poznatky ochotne odovzdával širokej verejnosti. Ako lektor predniesol veľké množstvo prednášok a viedol veľa praktík pre začínajúcich pozorovateľov a záujemcov o zostrojenie si ďalekohľadu. Od roku 1964 bol nepretržite členom Slovenskej astronomickej spoločnosti (SAS) pri SAV. Astronómia je aj dodnes jeho koníčkom a pohľad na oblohu posiatu hviezdami hoci aj z otvoreného okna je preňho zdrojom životodarnej energie.

K jeho narodeninám mu prišli zagratulovať okrem jeho rodinných príslušníkov aj riaditeľ KHaP Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom Mgr. Peter Augustín a predseda SAS pri SAV Dr. Ladislav Hric.

Všetci, ktorí aj jemu vďačíme za to, že v Žiari nad Hronom je dnes hvezdáreň a planetárium, mu prajeme ešte veľa rokov v zdraví, aby mohol nielen svojmu pravnukovi Martinkovi a pravnučke Hanke odovzdať lásku k hviezdam a vypestovať v nich vzťah k ich poznaniu.

Zo spomienok oslávenca vybral a zapísal Peter Augustín

Sprava: Ladislav Hric, Pavol Orolín a Ján Lačný spomínajú pri prehliadke starých fotografií.



Sprava: Peter Augustín, Ladislav Hric, Ján Lačný a Pavol Orolín.

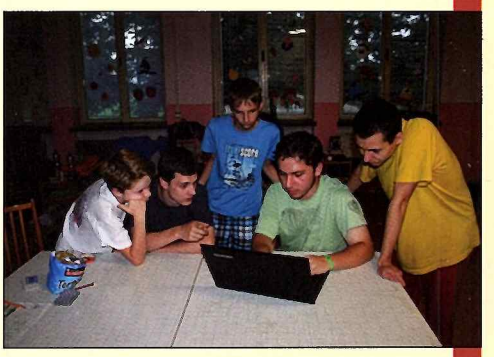
LAP 2014

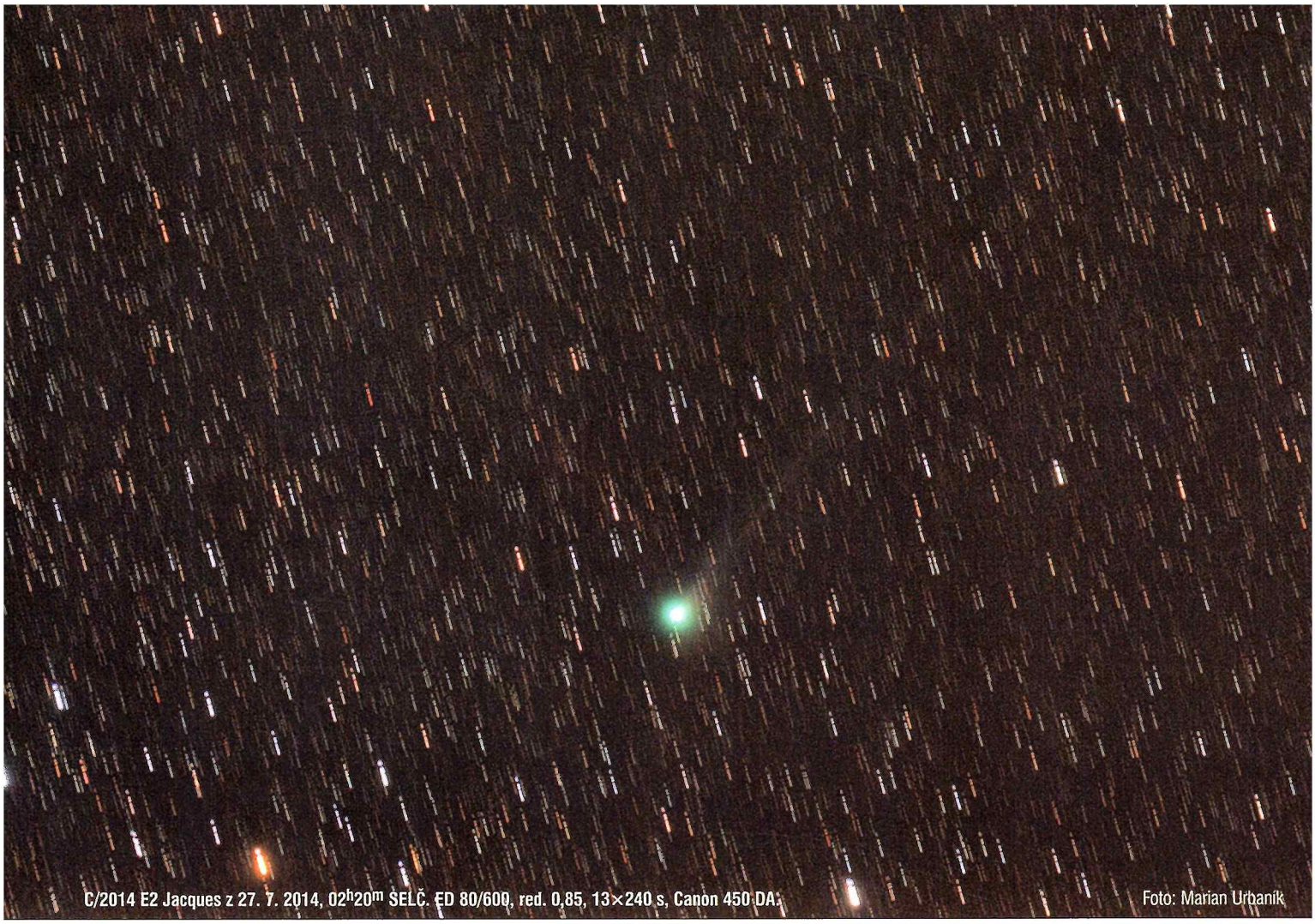
Hvezdáreň v Michalovciach usporiadala v auguste ďalšie Letné astronomické praktikum (LAP) a už po deviaty raz sa konalo v budove ZŠ a MŠ vo Vysokej nad Uhom. Praktikum sa uskutočnilo v dňoch 5. – 11. 8. 2014 a zúčastnilo sa na ňom 5 pozorovateľov – súčasných členov astronomických krúžkov pri hvezdárni.

Pretože medzi účastníkmi sme mali dvoch nováčikov v pozorovaní meteorov, program bol zameraný práve na ich zacvičenie. Preto sme okrem pozorovaní meteorov, učení sa o jasnosti hviezd, názvov hviezd a súhvezdí pomocou laserového ukazovadla, mali aj niekoľko prednášok a prácu so slepými mapami oblohy. Prednášky boli zamerané najmä na súhvezdia, špeciálne na letnú oblohu, ale aj na pozorovanie meteorov podľa metodiky IMO. Jedna prednáška sa venovala aj histórii pozorovaní meteorov na našej hvezdárni.

Pri praktických pozorovaniach nám počasie celkom dobre vyšlo – pozorovať sa dalo (aspoň časť noci) počas štyroch zo šiestich nocí. Každý deň bolo teplo a aj v noci teplé počasie vydržalo. Striedal sa však dážď a búrky s jasným počasím, a tak sme na vyjasnenie museli čakať. Pri vizuálnom pozorovaní meteorov z roja Perzeíd sme získali 86 záznamov o prelete 54 meteorov, z nich bolo presne na polovicu 27 Perzeíd a 27 sporadických meteorov. Pozorovali sme spolu takmer 26 hodín čistého času. Pozorovania meteorov sme dopoludnia spracovávali programom WIMPS a odosielali prostredníctvom elektronického formulára na stránke *www.imo.net* do International Meteor Organization (IMO). Prakticky v reálnom čase sa vďaka tomu naše pozorovania objavili v grafe na tejto stránke a ocitli sa aj v databáze tejto organizácie. Maximum činnosti Perzeíd bolo v tomto roku v noci z 12. na 13. 8., ale keďže 10. 8. nastával spln, boli pozorovania Perzeíd v období okolo maxima činnosti veľmi rušené jasným Mesiacom. Preto sme pokladali naše pozorovania meteorov na LAP tento rok skôr za zácvikové pre nových pozorovateľov a pre nás skúsenejších bolo toto pozorovanie vhodné zasa na to, aby sme nevyšli z cviku.

RNDr. Zdeněk Komárek





C/2014 E2 Jacques z 27. 7. 2014, 02^h20^m SELČ. ED 80/600, red. 0,85, 13×240 s, Canon 450 DA. Foto: Marian Urbaník

NLC ráno 4. 7. 2014 nad Čadcou. Canon 350 D, setový objektív. Foto: Marian Urbaník