



Číslo 4

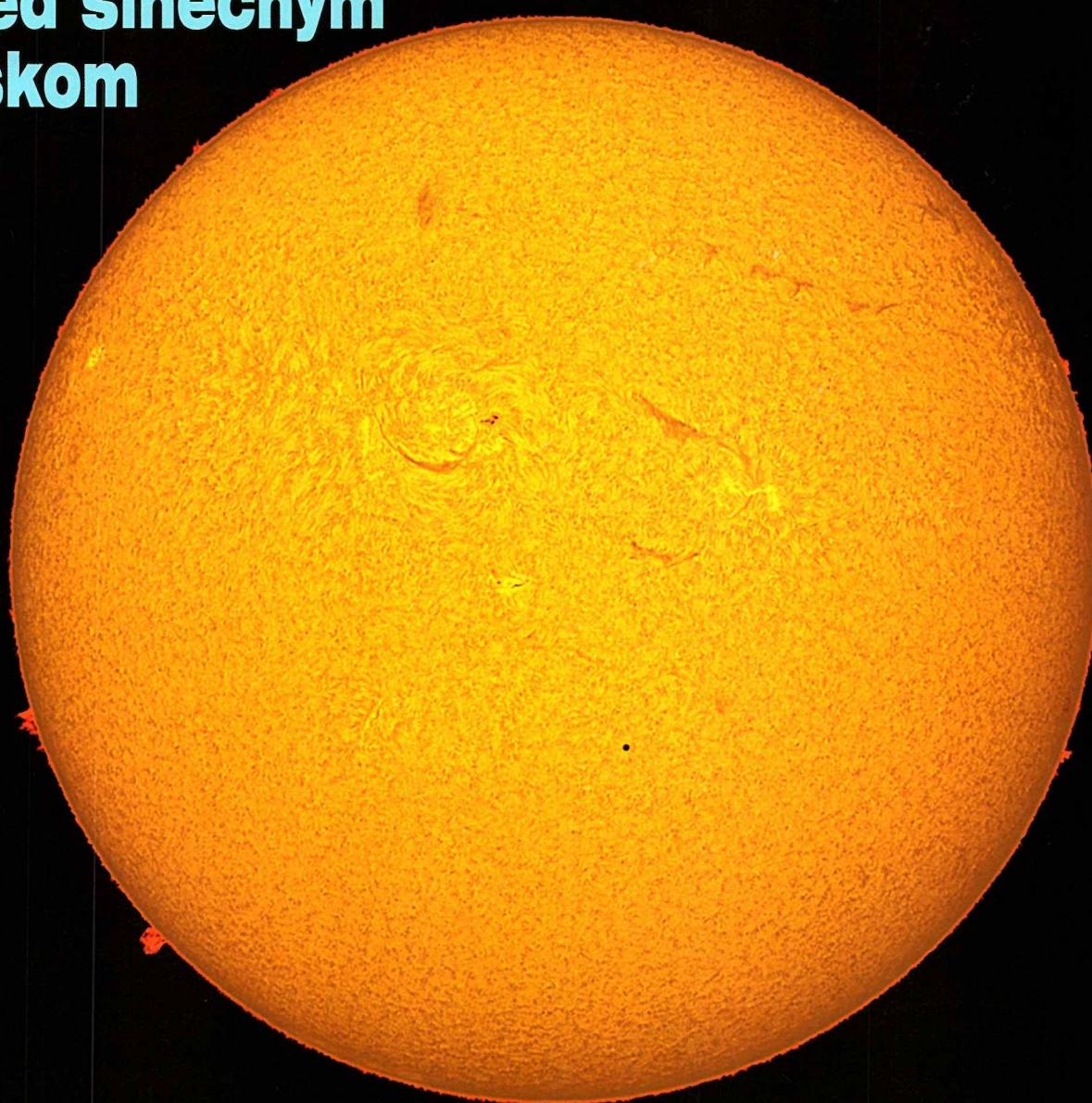
* august – september 2016 *

Ročník 48 *

Cena 2,00 €

KOZMOS

Prechod Merkúra pred slnečným diskom

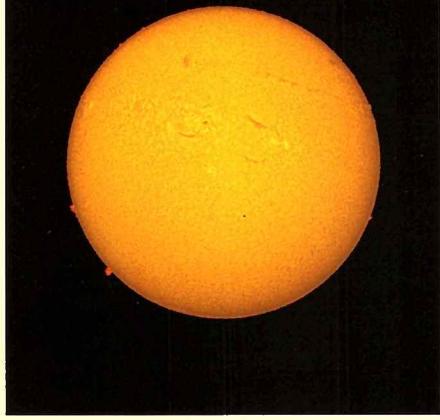


Podozrivo mladá galaxia

Čierne diery
so strednou hmotnosťou

Higgs a big bang

Ako sme objavili
deviatu planétu



Fotografia prechodu Merkúra 9. 5. 2016, 16:32:35 SEČ v H_α. Lunt 60HsT na montáži G11-PAS, snímač Lumenera SKYnyx 2-M1, spracovanie RegiStax 6, Photoshop CS6. Foto Zdeněk Bardon – výtazná snímka České astrofotografie měsíce za máj, viac na www.astro.cz/cam.

O prechode Merkúra pred slnečným diskom čítajte aj na 48. strane (zadná strana obálky).

Technika

„Ježko“ – prieskumník asteroidov, komét a iných telies Slnečnej sústavy
Ladislav Hric s. 12

Servis Kozmosu

Astrofyzika a elektromagnetizmus
ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 34
Milan Rybanský s. 26 – 27

POZORUJTE S NAMI
Obloha v kalendári (august – september 2016)
Pripravil Pavol Rapavý s. 42 – 45

Kalendár úkazov a výročí
Pavol Rapavý s. 45

Tabuľky východov a západov (august – september 2016)
Pavol Rapavý s. 45

Slnečná aktívita (apríl – máj 2016)
Ivan Dorotovič s. 47

Album pozorovateľa

Prechod Merkúra pred slnečným diskom
Pavol Rapavý s. 48

Sci-fi poviedka

Uni Geo
Matúš Pokorný s. 40 – 41

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis Odborní posudzovatelia tohto čísla: doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD. a doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.

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, RNDr. Ladislav Hric, CSc. – vedecký redaktor, Michal Ač – redaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lídia 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., Mgr. Ladislav Druga, doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., doc. RNDr. Ladislav Kulčar, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribulová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. Predseda redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc. * **Vychádzá:** 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciejme. * **Cena jedného čísla** 2,00 € (54,00 CZK). Pre abonentov ročne 10,80 € (290 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: zahranična.tlac@sposta.sk. * **Predplatiteľia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 840 306 090, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., p. p. 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovnej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: predplatne@predplatne.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. * Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštu, s.p. OZSeč Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. * EV 3166/09 * **Tlač:** Dolis, s.r.o. * Zadané do tlače 15. 7. 2016 * **ISSN 0323 – 049**

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

Slnečná sústava

Ako sme objavili deviatu planétu
Astronomy s. 3 – 4

Ako sa mohla zrodiť deviatá planéta s. 5



Juno – výskum pod smrtiacou radiáciou

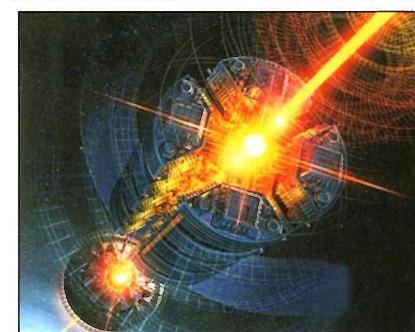
Ján Svoreň s. 13 – 15



Fyzika

Higgs a big bang
Bild der Wissenschaft s. 9 – 11

Jin-jang univerzum
Bild der Wissenschaft s. 28 – 32



Stelárna astronómia...

Kvarteto kvazarov v mladom vesmíre s. 5

Galaxia s rekordným červeným posunom HST Press Release, Astronomical Journal s. 6

Podezrieľa mladá jasná galaxie Jiří Grygar s. 6

Vesmír sa rozpína rýchlejšie, než nameral Planck s. 7

Prvý gama pulzar mimo Mliečnej cesty s. 8

Zrniečka prachu plachtia na svetle do vesmíru s. 8

Čierne diery so strednou hmotnosťou

Sterne und Weltraum s. 16 – 20

Objav galaktickej priestorovej zvláštnosti, alebo „kozmickej kanibalizmu“ s. 21

Utajení obri v Mliečnej ceste Sterne und Weltraum s. 24 – 25

Mimozemšľania premenlivosť hviezdy KIC 846852 nespôsobil s. 25

Superrýchle vetry zo zvláštnych dvojhviezd s. 33

Tmavú hmotu netvoria isté, axiónom podobné časticie s. 33

Gravitačné vlny

Sonda LISA Pathfinder prekonala očakávania vedcov

Rudolf Gális s. 23 – 24



Podujatia

Pozvánka na Astrofilm s. 27

Spomienka na Mikuláša Thege Konkolyho na medzinárodnej konferencii v Hurbanove

Ladislav Hric s. 34 – 35

Bezovec 2016: Na program bol aj krst

Ladislav Hric s. 36 – 37

Prvý park tmavej oblohy na Ukrajine

Igor Kudzej s. 38 – 39

23. slnečný seminár na Liptove

Ivan Dorotovič s. 46 – 47

Ako sme objavili deviatu planétu

V roku 1820 zaznamenal Alexis Bouvard, riaditeľ Observatoire de Paris, čosi zvláštne v súvislosti s Uránom. Zelenkavú, obriu planétu objavili iba o 40 rokov skôr. Bouvard však preštudoval 130 rokov pozorovaní Uránu (aj v čase, keď ho ešte považovali za hviezdu), aby vypočítal, či sa táto planéta naozaj pohybuje okolo Slnka po takmer ideálnej eliptickej dráhe. Tak ako sa na planétu patrí.

Staré záznamy o polohách Uránu však akosi neštimovali. Bouvard našiel iba dve vysvetlenia: buď boli zaznamenané údaje chybne, alebo na Urán pôsobí aj gravitácia inej, veľkej, vzdialenej planéty.

Pozorovania počas nasledujúcich desaťročí zosilnili podozrenie, že za Uránom obieha okolo Slnka ôsma planéta.

Ôsma planéta

Polohu Neptúna vypočítal (pomocou Bouvardových údajov) francúzsky matematik Urbain Le Verrier. Tak presne, že nemecký astronóm Johann Galle objavil ôsmu planétu už počas prvej noci cieleného hľadania. Astronómovia oslavili objav ako báječný úspech klasickej nebeskej mechaniky a nepochybovali, že onedlho objavia aj deviatu planétu.

Po roku 1910 zverejnili viacerí vedci predpovede polohy deviatej planéty. Edward C. Pickering a Percival Lowell, separátne, každý pomocou iného ďalekohľadu, neúspešne pátrali po predpovedaných planétagach O, P a X.

Predpovede a hľadanie obrej planéty za dráhou Neptúna pokračovali až do roku 1993, keď Myles Standish z JPL zverejnili aktuálny prehľad očakávaných poloh všetkých známych telies Slnčnej sústavy. Vypočítal ich pomocou neobyčajne presných údajov o polohách sondy Voyager pochybujúcej sa k periférii nášho planetárneho systému. Standish dokázal, že všetky telesá boli počas obletu sondou presne tam, kde mali byť. Takže: planéta X by nemala existovať.

Zhodou okolností presne v tom istom čase objavili prvý z objektov Kuiperovho pásu za obežnou dráhou Pluto, objaveného úplnou náhodou ešte v roku 1930. Pluto odvtedy až do nedávna, keď ho preklasifikovali na trpasličiu planétu, považovali za planétu.

Objav transplutonického telesa naznačoval, že podobných telies by malo byť viac. Považovali sme za vylúčené, že by bolo Pluto jediným veľkým objektom Kuiperovho pásu. Čoraz viac tímov zamierilo ďalekohľady do oblastí za Neptúnom a podchvíľou oznamovali objavy nových telies.

Sedna

V roku 1998 som zahájil veľkú prehliadku oblohy z Palomar Observatory s jasnym cieľom: detegovať čo najviac týchto objektov. S nádejou, že nejaké, možno, objavím aj za Kuiperovym pásmom.

O päť rokov neskôr, spolu s Chadom Trujillom a Davidom Rabinowitzom, objavili sme ďalší, neuveriteľne vzdialený objekt. Bol taký vzdialenosť, že sme ho považovali za deviatu planétu.

Nebola to však planéta X, pretože také malé a také vzdialé teleso by nemohlo obežnú dráhu Neptúna ovplyvňovať. Tento od Slnka najvzdialenejší objekt našej sústavy sme zapísali do katalógu pod značkou 2003 VB12. V tom čase sme si mysleli, že ide o ľadovú, trpasličiu planétu, dvakrát takú ako Pluto.

Neskôr sa ukázalo, že tento objekt (dnes známy ako Sedna) má sotva 40 % veľkosti Pluta. Nekrúži okolo Slnka po kruhovej, ale po extrémne predĺženej, elipsovitej dráhe, takže okolo Slnka obehne raz za 10 000 rokov. Čo je však dôležité: perihélium jej obežnej dráhy nie je vo vnútri Kuiperovho pásu, na rozdiel od perihelií iných telies s výstrednosťou dráhou tejto rodiny! Leží vo vzdialosti 76 AU, čo je dvojnásobok priemernej vzdialnosti Pluta. Ergo: akési masívne teleso, kedysi, alebo priebežne, dráhu Sedny ovplyvňovalo či ovplyvňuje.

Po objave Sedny sme zverejnili niekoľko možností:

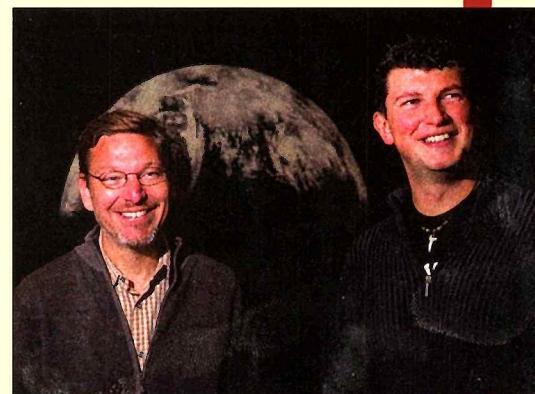
Sedna sa dostala na takú výstrednú dráhu už v ranom štadiu vývoja Slnčnej sústavy pôsobením blízkych hviezd, ktoré sa, spolu so Slnkom, sformovali v rovnakom oblaku.

Mohol to byť však aj blízky oblet neznámej hviezdy, alebo Zemi podobnej planéty.

Zdalo sa, že sa ani jedna z týchto možností nepotvrdila. My sme však už vtedy uverili v existenciu vzdialenej masívnej planéty (väčšej ako Zem). Inakšie sme si parametre obežnej dráhy Sedny nedokázali vysvetliť.

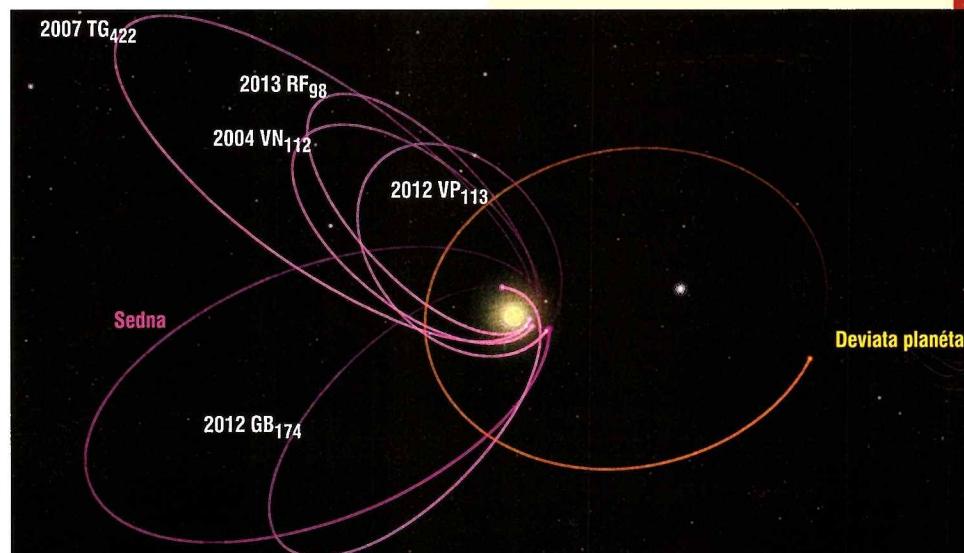
Už tri roky pred objavom Sedny objavili kolegovia (v rámci prvej prehliadky Kuiperovho

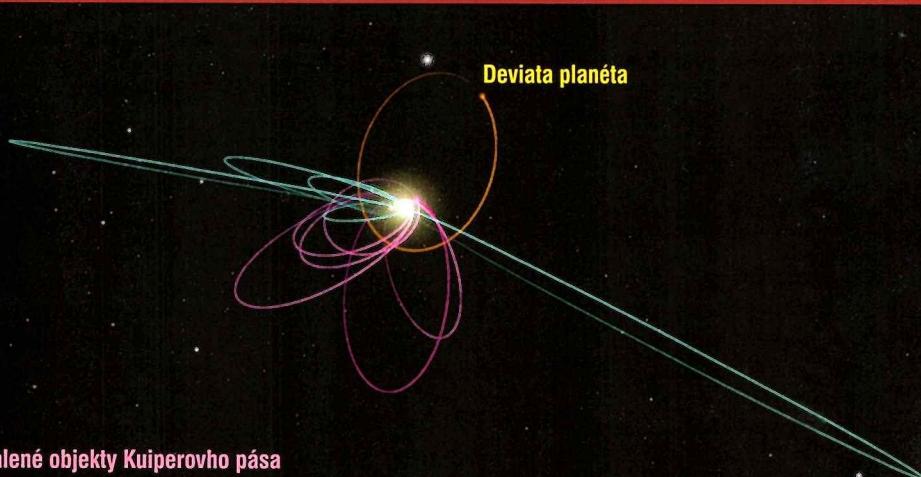
Začiatkom tohto roku ohromila svet správa o „objave“ deviatej planéty našej Slnčnej sústavy, ktorý bol výsledkom počítačovej simulácie. Krúži okolo Slnka po veľmi vzdialenej obežnej dráhe. Dnes prinášame príbeh jej objavenia z pera jedného z jej objaviteľov – Mike Browna. Autor je profesorom astronómie na California Institute of Technology. Vedie tím, ktorý objavil aj Sednu a niekoľko ďalších objektov transneptúnickej oblasti. Jeho argumenty zmenili nedávno status Pluta z planéty na trpasličiu planétu. Počítajú ho za jedného z najväčších znalcov telies oblasti za Neptúnom.



Mike Brown (vľavo) a Konstantin Batygin na tlačovke, počas ktorej oznámili svetu objav deviatej planéty.

Šesť transneptúnických objektov Slnčnej sústavy s výstrednými obežnými dráhami pri pohľade zhora má záhadne zosúladené obežné dráhy okolo Slnka. Keby sme tieto dráhy zobrazili v troch dimenziách, videli by sme, že sú všetky sklonené k rovine Slnčnej sústavy pod takmer rovnakým uhlom. Práve vlastnosti týchto objavených telies stali sa dôkazom existencie deviatej planéty.





Vzdialé objekty Kuiperovho pásu

Vzdialé objekty s kolmými dráhami

Z predpovedaného dôkazu o existencii deviatej planéty vyplýva, že by mala existovať aj sekundárna množina vzdialených, „vychýlených“ objektov v Kuiperovom pásu (červené dráhy) i za ním (modré dráhy). Päť známych objektov Kuiperovho pásu do tohto modelu „pasuje“.

pásu) objekt 2000 CR105. Aj ten krúži okolo Slnka po vzdialenej, výstrednej obežnej dráhe.

Spočiatku sa nám zdalo, že sa tento objekt na svojej dráhe usadil v dôsledku dlhodobých interakcií s Neptúnom. Iba Brett Gladman (dnes University of British Columbia) naznačil, že objekt 2000 CR105 „uniesla“ od Neptúna gravitácia planéty s parametrami Marsu v Kuiperovom pásu.

Hodno spomenúť, že Sedna i 2000 CR105 boli z pôvodných dráh odklonené rovnakým smerom. Až do tohto roka sme to považovali za náhodnú zhodu okolnosti.

V roku 2012 Trujillo (Gemini Observatory) a Scott Sheppard (Carnegie Institution) objavili ďalší objekt podobný Sedne: 2012 VP113. Aj v tomto prípade bola rovnako výstredná obežná dráha považovaná za náhodu. Objaviteľia však už vtedy zvažovali možnosť, že podobne výstredné dráhy viacerých telies Kuiperovho pásu spôsobuje prítomnosť doteraz neobjavenej planéty s hmotnosťou $2 M_Z$ vzdialenej 200 astronomických jednotiek.

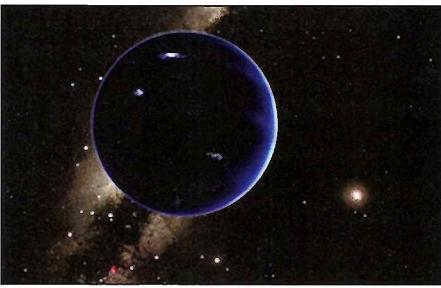
To nás, miňa a Konstantina Batyginu (Caltech) zaujalo. Boli sme si istí, že Trujillova a Sheppardova hypotéza nemôže fungovať. Zamysleli sme sa nad podobnosťou výstredných dráh záhadných telies Kuiperovho pásu i ich sklonov k rovine Slnčnej sústavy.

Po niekoľkých mesiacoch sme vypočítali, že pravdepodobnosť náhodného zoskupenia podobných dráh týchto telies nie je väčšia ako 1 %. Vtedy som Batyginovi povedal: „Musíme objavíť viac telies s podobnými parametrami, aby naša hypotéza bola štatisticky presvedčivejšia.“

Medzičasom Brazíľčan Rodney Gomez zaznamenal existenciu neobyčajne vysokého počtu telies so vzdialenosťami obežnými dráhami, s perihéliami vo vnútri obežnej dráhy Neptúna a sklonmi, bezmála kolmými na disk Slnčnej sústavy.

Pôvod takýchto zvláštnych objektov nedokázal nikto vysvetliť. Gomez však ponúkol zaujímavú hypotézu: nejaká vzdialenosť, masívna planéta križuje tieto obežné dráhy (pozri obrázok) a posúva ich periheliá smerom k Slnku.

Vedcom študujúcim vonkajšiu Slnčnú sústavu to pripomenulo rok 1820. Bouvardovi vtedy stačilo vyhodnotiť pozorovania Uránu. Viačero údajov mu naznačovalo existenciu ďalšej veľkej planéty. Aj v našom prípade, tak ako v roku 1820, bola veľkosť, hmotnosť planéty i jej obežná dráha úplne neznáma.



Ilustrácia deviatej planéty zo zadnej projekcie oproti Slnku ju znázorňuje ako plynovú guľu s blýskaviciami na jej nočnej, od Slnka odvrátenej strane.

Potom sme sa spolu s Batyginom dočkali objavu ďalšieho telesa z Kuiperovho pásu. V roku 2014 ohlásili objav telesa 2013 RF98 so vzdialenosťou, výstrednosťou obežnej dráhou. A so sklonom, ktorý bol takmer zhodný so sklonmi ostatných „podozrivých“ telies. Zistili sme, že skoro všetky obežné dráhy najvzdialenejších telies boli predĺžené a ich periheliá sa premiestnili rovnakým smerom mimo Kuiperov pás. Pravdepodobnosť, že sa tak stalo náhodou, predstavovala 0,007 %. Bolo nám jasné: čosi tam musí byť.

Dali sme sa do práce. Celé mesiace sme počítaли perom na papieri, celé mesiace sme robili simulácie na počítačoch. Zistili sme, že čokoľvek z toho, čo vidíme, by mohlo byť vysvetlené planétou s nižšou hmotnosťou ako Jupiter, pohybujúcou sa po výstrednej obežnej dráhe s perihéliom 200 a aféliom 1 200 AU.

Takáto planéta by obiehala okolo Slnka 20 000 rokov. Pravidelne by ovplyňovala pohyb všetkých objektov Kuiperovho pásu so vzdialenosťami, výstrednosťami dráhami. Až dovtedy, kým by ich neprinútila usadiť sa na stabilných obežných dráhach. S aféliami, ktoré by boli na opačnej strane ako jej afélium (pozri obrázok) a perihéliami mimo Kuiperovho pásu, až vo vnútri obežnej dráhy Neptúna.

Zrod deviatej planéty

Dovtedy sme nič o Gomezevej štúdií nevedeli. Keď sme sa s ňou oboznámili, boli sme nadšení. Naša hypotéza takéto objekty nielen predpovedala, ale aj opisovala, ako by mali byť ich obežné dráhy zrovnané. Po čase sa ukázalo, že polohy týchto vzdialenosťí, premenlivých obežných dráh sú presne tam, kde sme predpovedali.

V tej chvíli sa naša hypotéza stala teóriou. V tento deň sa zrodila deviata planéta.

Pomocou efektov, ktoré deviata planéta vyvoláva vo vonkajšej Slnčnej sústave, môžeme usudzovať v mnohých prípadoch o jej vlastnostiach. To však vyžaduje masívne nasadenie počítačových simulácií. Nasimulovali sme kadečo: o niečo väčšiu planétu, o niečo bližšiu planétu, planétu s o niečo väčším sklonom a zakaždým sme výsledky porovnali s našim modelom, ktorý bol vytvorený na základe pozorovania vesmíru takého, ako ho poznáme.

Získaných údajov sme odvodili, že deviata planéta má 10-krát vyšiu hmotnosť ako Zem, že jej obežná dráha má 30° sklon k planetárnej rovine; jej priemerná vzdialenosť od Slnka je 600 AU; a najvzdialenejší bod jej obežnej dráhy sa nachádza oproti ramenu súhviedzia Orion.

Mohli sme svetu, rovnako ako Le Verrier, ohlísiť: „Hľadajte! Musí byť tam.“ Ale zdržali sme sa. Le Verrier mohol analyzovať celú obežnú dráhu Uránu okolo Slnka, iba tak mohol naznačiť jej nepatrné zmeny. Kým by sme také údaje získali o dráhe Sedny, uplynulo by 10 000 rokov.

Nakoľko máme k dispozícii len niekoľko presne zmeraných polôh (rozličných telies na nerovnakovo výstredných dráhach), iba približne môžeme odhadnúť, čo sa udialo v minulosti. Okrem toho: aj keď vieme, po akej dráhe sa deviata planéta na oblohe pohybuje, nevieme, v ktorom bode dráhy sa práve nachádza.

Hľadanie by nemuselo trvať dlho, pretože viačero prehliadok oblohy zmonitorovalo aj oblasť, kde sa deviata planéta pohybuje. Vieme, že táto planéta má v periheliu na južnej oblohe jasnosť 18. magnitúdy. Ibaže deviata planéta sa pravdepodobne nachádza bližšie k svojmu aféliu, kde má jasnosť sotva 25. magnitúdy.

Rozlíšiť takýto objekt je v možnostiach 8-metrového ďalekohľadu Subaru na vrchole Mauna Kea a jeho Hyper-Suprim-Cam, mozaiky 112 CCD kamier pokryvajúcich každou expozíciu dva štvorcové stupne oblohy. Tento prístroj už využívame.

Je deviata planéta naozaj tam, kde sa nazdávame? Sme takmer stopercentne presvedčení, že tam je. Čo iné by mohlo nezvyčajné obežné dráhy vo vonkajšej Slnčnej sústave takto ovplyvniť?

A ak tam je, objavíme ju? Konkurenciu nám robí niekoľko desiatok tímov. Nazdávame sa, že do piatich rokov rozlíší niekto nepatrny svetly bod pohybujúci sa k inému, zdanlivo stabilnému bodu. Od radosti vykríkne a ešte raz preverí všetky údaje. Ak sa aj po desiatom teste ukáže, že našiel to, čo hľadal, požiada a prenajme si niekoľko hodín na niektorom z obráh ďalekohľadov. A pomocou neho bude sledovať pomalú pút svetlého bodu krížom cez oblohu. Keď si bude načistom, oznámi svetu: Našiel som deviatu planétu!“

Pozn. red. Kozmos: *Zdaleka nie všetci astronómovia zdieľajú nadšenie autorov. Podľa väčšiny ide len o dobrú hypotézu, ktorá musí byť potvrdená reálnym pozorovaním nového telesa.*

Astronomy, jún 2016

E. G.

Ako sa mohla zrodiť deviata planéta?

Nedávno ohlásili vedci objav záhadnej deviaty planéty v Slnečnej sústave. Astronómovia usilovne hľadajú možné scenáre, ako sa mohla dostať na svoju čudesnú elliptickú orbitu, ktorá je v porovnaní s Plutom od Zeme až desaťnásobne ďalej. Skúšajú veľa možností, väčšina sa však zatiaľ ukazuje ako málo pravdepodobná.

Scenáre vzniku deviaty planéty preverujú aj astronómovia z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA). „Dôkazy ukazujú, že planéta skutočne existuje, nemôžeme však s istotou vysvetliť, ako vlastne vznikla,“ povedala Gongjie Li z CfA, vedúca autorka štúdie v *Astrophysical Journal Letters*.

Planéta obieha okolo Slnka na orbite vo vzdialenosťi od 400 do 1500 AU (AU – priemerná vzdialenosť Zeme od Slnka). To ju vyčleňuje z okruhu všetkých doteraz známych planét Slnečnej sústavy. Hlavná otázka zostáva stále otvorená: vznikla spolu s ďalšími planétami v rámci Slnečnej sústavy, alebo sa sformovala inde a dostala sa na obežnú dráhu Slnka neskôr?

Li a jej spoluautor Fred Adams z University of Michigan urobili milióny počítacových simulácií, aby posúdili tri scenáre. Prvý a najpravdepodobnejší zahŕňal prechod cudzej hviezdy cez Slnečnú sústavu, ktorá svojou gravitáciou „vykopla“ deviatu planétu preč od Slnka. Takáto interakcia by nielen postrčila planétu na vzdialenejšiu orbitu, no urobila by ju aj viac elliptickou. A pretože Slnko sa formovalo v zhľuku niekoľkých tisícok hviezd, hviezdní partneri boli v dávnej história Slnečnej sústavy ovela častejší.

Simulácie však ukázali, že prípadná kolízia by sa ovela pravdepodobnejšie skončila inak: deviata planéta by zmizla kdeľsi vo vesmíre. V najlepšom prípade existuje iba desaťpercentná možnosť, že by sa dostala na terajšiu orbitu. A okrem toho by planéta musela začať svoju púť v nepravdepodobne veľkej vzdialenosťi od Slnka.

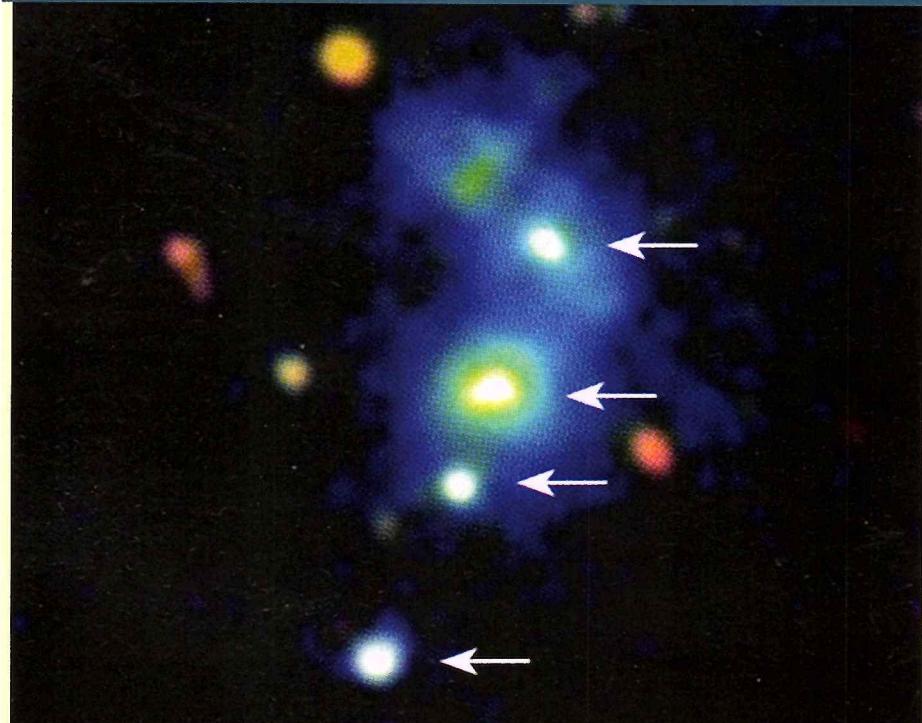
Astronómovia Scott Kenyon (CfA) a Benjamin Bromley (University of Utah) skúsili iné riešenie. V dvoch článkoch v *Astrophysical Journal* sa zaobíšli bez vplyvu vesmírnych príšelcov. Použili počítacové simulácie na vytvorenie pravdepodobnejšieho scenára: že totiž deviata planéta sa sformovala blízko Slnka ako plynný obor a potom sa dostala do konfliktu s inými plynnými obrami, najmä s Jupiterom a Saturnom. Séria niekoľkých miernejších gravitačných „karambolov“ (alebo skôr postrčení) priviedla k tomu, že deviata planéta nezmizla v kozme, ale bola tak dlho „postrkovovaná“, že súčasť zostala v gravitačnej sfére Slnka, no obieha na veľmi vzdialenej elliptickej orbite.

Kenyon a Bromley preverovali taktiež možnosť, že deviata planéta sa sformovala vo veľkej vzdialenosťi od Slnka. Zistili, že vhodná kombinácia hmotnosti a živosti protoplanetárneho disku mohla naocaj vytvoriť plynnú planétu, ktorú postrčila na terajšiu orbitu kolízia s prechádzajúcou cudzou hviezdou, ako to navrhla Li. „Na týchto scenároch je dobré, že sa dajú preveriť,“ povedal Kenyon. „Osamotený plynný obor bude skutočne vyzerať ako chladný Neptún, zatiaľ čo planéta formujúca sa na mieste sa bude podobať skôr na obrie Pluto.“

Li a Adams ešte preverili s pomocou počítača ďalšie dve možnosti, ktoré zrejme pochádzajú skôr z oblasti sci-fi. Bud' je deviata planéta exoplanéta, ktorú naša hvieza zachytila pri kolízii s inou slnečnou sústavou, alebo je to osamotený cestovateľ, zachytený Slnkom vtedy, keď sa k nemu príliš priblížil. Pravdepodobnosť ani jedného z týchto scenárov nepresahuje dve percentá.

M. A.

<http://phys.org/news/2016-05-planet-world-shouldnt.html#jCp>



Šípky označujú polohy štyroch kvazarov. Hmlovina, v ktorej sa kvazary (a spolu s nimi ďalšie galaxie v kope) vyvíjajú, je gigantická. Má priemer zhruba milión svetelných rokov, ale vidíme z nej iba modráste a zelenkasté sféry osvetlené žiarou kvazarov. V hmlovine je ešte dosť materiálu, takže sa v nej ešte vždy tvoria hviezdy a zoskupujú galaxie.

Kvarteto kvazarov v mladom vesmíre

Kvazary sú najjasnejšie objekty vo vesmíre. Tieto kozmické majáky sú od seba vzdialené v priemere 100 miliónov svetelných rokov. Nemecký tím z Astronomického Inštitútu Maxa Plancka objavil 4 kvazary, ktoré sa tiesnia v oblasti s priemerom milión svetelných rokov!

Kvazary, ktoré sa kedysi považovali za gigantické hviezdy (odtiaľ pomenovanie: kvazar/kvázištarny zdroj) sú jadrami aktívnych galaxií. Aktívne galaxie majú vo svojom strede supermasívnu čiernu dieru, ktorá zo okolia nabaluje enormné množstvo materiálu. Nabalovaná hmota spiráluje čoraz väčšou rýchlosťou k horizontu udalostí čiernej diery, pričom sa extrémne zahrieva a žiali. Čím intenzívnejšie žiali, tým jasnejšie je jadro galaxie. Môže dosiahnuť 100-krát vyššiu jasnosť ako svit všetkých ostatných hviezd vo hviezdnom ostrove dohromady.

Kvazarové štadium vo vývoji galaxii dlho netrvá. Priemerný kvazar nežiali dlhšie ako 10 miliónov rokov. To je zlomok životnosti (zhruba jedno promile) materskej galaxie. Preto je objav kvarteta 4 kvazarov na takom malom priestore náhodou, ktorú vyjadruje pomer 1:10 miliónom!

Chvíľu trvalo, kým objaviteľia preverili, či sa nestali obefou preludu. Virtuálne objekty dokážu totiž produkovať prírodné, gravitačné šošovky (galaxie, či kopy galaxií), ktoré dokážu ohýbať svetlo vzdialeneho, neviditeľného objektu tak, že sa na oblohe okolo šošovky objaví niekoľko virtuálnych kópií vzdialeneho objektu. Tie však majú rovnaké fyzikálne a chemické parametre ako šošovkovaný objekt. Nakoniec sa ukázalo, že nejde o preludy, ale štyri reálne kvazary.

V katalógoch je zapísaných zhruba 500 000 kvazarov, z toho 100 000 dvojitych. A iba jeden trojity. O štvoritom kvazare nikto ani len neuvažoval. Objavili ho vedci skúmajúci hmlovinu, ktorá má červený posun $z = 2$. Hodnota z prezrádza, že sa ocitli v dobe, keď mal vesmír sotva 4 miliardy rokov. Svetlo z hmloviny k nám teda putovalo okolo 10 milárd rokov.

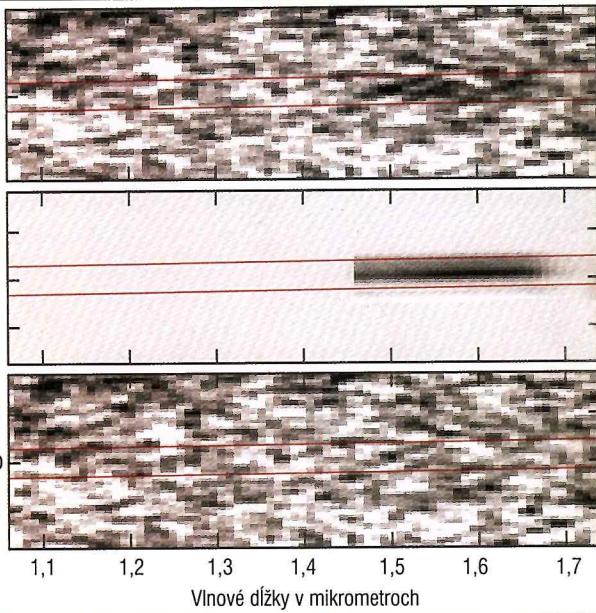
Hmlovina je obrovský hustý oblak pomerené chladného vodíkového plynu. Enormné žiarenie kvazaru zaplavujúce túto hmlovinu v nej vybudí žiarenie Lyman-alfa, ktoré sa prejaví v UV oblasti spektra.

Vedci predpokladajú, že v tejto hmlovine sa nachádza kopa galaxií. A v tejto kope sa istou náhodou sformovali štyri galaxie, ktoré sa zároveň ocitli v kvazarovom štádiu!

V hmlovine tieto protogalaxie hniezdia nedaleko seba, preto sa gravitačne navzájom ovplyvňujú. Gigantické slapové sily presúvajú v mladých hviezdnych ostrovoch obrovské množstvá plynu a prachu smerom k centrálnym čiernym dieram. Priebežný prísun paliva je takto zabezpečený až dovtedy, kým sa palivo v okolí nemenie. Teda zhruba na 10 miliónov rokov.

Ked' sa palivo minie, aktivita čiernych dier pohasne. Začnú driemať. A driemu až dovedie, kym im kozmický biliard neprisunie z okolia ďalšie sústo.

Ibaže vedcom prípad štyroch kvazarov nedá spávať. Presnejšie: nerozumejú, ako sa mohla kopa galaxií sformovať v hmlovine, ktorú vyplňa studený a pomerený hustý plyn? Z počítačových modelov totiž vyplýva, že kopy galaxií by mali byť počas svojho zrodu obalené horúcim a riedkym plynom. Takže kvazarové kvarteto je buď výstrelkom prírody, alebo sú doterajšie modely opisujúce vznik a vývoj galaxií chybné.



Na hornom obrázku vidíte spektrum galaxie GN-z11 očistené od zdrojov porúch. Uprostred je modelové spektrum, ktorého červený posun zodpovedá $z = 11,1$. Na spodnom obrázku vidíte zvyškové poruchy po odčítaní modelového signálu. Žiarenie galaxie sa pod vlnovou dĺžkou 1,47 mikrometrov ostro láme, čo vedci interpretujú ako hranu Lymanovej série.

Galaxia s rekordným červeným posunom

Pomocou Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu (HST) objavili astronómovia z Yale University galaxiu s červeným posunom $z = 11,1!$ Tento hviezdný ostrov nazvaný GN-z11 vidíme tak, ako vyzeral pred 13,4 miliardami rokov, iba 400 miliónov rokov po big bangu!! Vesmír mal vtedy iba 3 % svojho dnešného veku.

Vedci okolo HST a ďalšieho vesmírneho ďalekohľadu Spitzer mali už dávnejšie podozrenie, že táto vzdialenosť galaxia je kandidátom na rekordný červený posun. Na to, aby presne zmerali hodnotu červeného posunu (z), využili infračervený kanál širokouhlej kamery-3 (WFC-3) na HST. Podarilo sa im získať poruchami silne narušené, ale výhodnotiť spektrum.

Spektrum najprv očistili od rušivých vplyvov galaxií na chádzajúcich sa na rovnakom políčku. Potom ziskané údaje obohatili dátami z dodatočných pozorovaní, aby aj zvyšné poruchy čo najviac zredukovali. Ukázalo sa, že GN-z11 má kontinuálne spektrum, ktoré sa však náhle láme. Tento úkaz interpretujú vedci ako hranu Lymanovej série.

V galaxiach s búrlivou hviezdotvorbou žiarenie, ktoré hviezdy vyžarujú pod hodnotou vlnovej dĺžky 91,2 nanometrov, medzi hviezdzne médium v ich okolí takmer úplne absorbuje. Hranu Lymanovej série je v pozemskom laboratóriu na hodnote 91,2 nanometrov (UV oblasť). Rozprínaním vesmíru sa však červený posun hrany posunie smerom k červenému okraju spektra. V našom prípade tejto galaxie GN-z11 nevidíme v ultrafialovej, ale hlboko v infračervenej oblasti spektra (poloha hrany Lymanovej série je 1,47 mikrometra). Z toho sa už dá hodnota červeného posunu priamo vyrátať.

Na takú mladú galaxiu je GN-z11 udivujúco jasná. Patrí medzi najjasnejšie hviezdzne ostrovy s červeným posunom nad $z = 6$.

S hmotnosťou zhruba 1 miliardy Sínk a priemerom 4 000 svetelných rokov je táto galaxia mimoriadne plodná: rodí sa v nej 20-krát viac hviezd ako v Mliečnej ceste.

HST Press Release, Astronomical Journal
E.G.

Podezrieľa mladá jasná galaxie

Mezinárodní tým 18 astronomov z 13 vedeckých pracovišť 6 státov vedený P. Oeschom z Yale University v New Haven publikoval v březnu t. r. v prestižním časopise *The Astrophysical Journal* zverubnou studii o dosud nejvzdálenější, a tudíž nejmladší galaxii z raného vesmíru. Galaxii **GN-z11** v poloze 1236+6214 snímkovali pomocí kombinace mřížkového (*GRating*) a hranolového (*prISM*) spektrografu (*GRISM*) kamery WFC3 HST. Nalezli ji díky přehlídce CANDELS (*Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey*) v zorném poli GOODS (*the Great Observatories Origins Deep Survey*), jež bylo snímkováno také infračerveným Spitzerovým kosmickým teleskopem (SST – *Spitzer Space Telescope*).

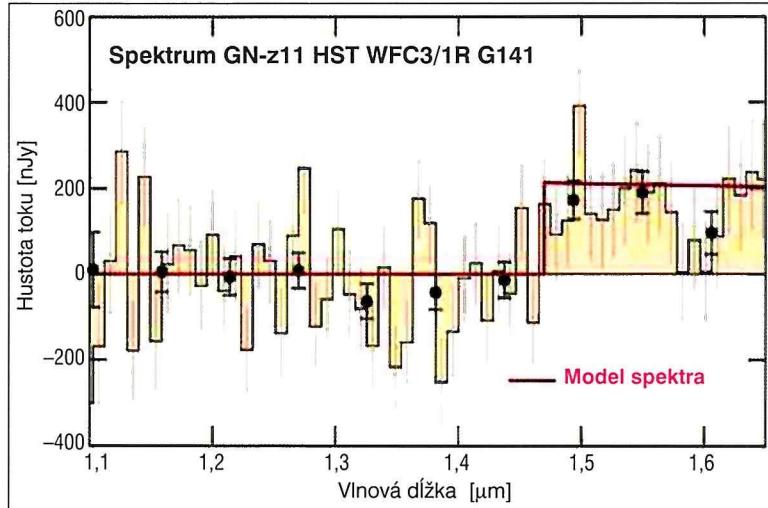
Určování vzdáleností nejmladších galaxií narází na několik překážek. Vinnou rozpínání vesmíru je pozorované energetické rozložení spektra těchto galaxií soustavně posunuto z maxima v ultrafialové oblasti spektra (nejsilnejší čára vodíku Lyman- α má klidovou vlnovou délku 122 nm) v lokální souřadnicové soustavě do pásmu infračerveného záření v souřadnicové soustavě pozorovatele. Zatímco čáru Lyman- α nelze kvůli ozonové vrstvě zkoumat přístroji na zemském povrchu, HST ji může pozorovat pomocí spektrografu STIS. Ani HST však nedovede pozorovat hranu Lymanovy série H II (91 nm). Mírný kosmologický posun pro středně vzdálené galaxie je tedy vlastně výhoda pro

čáru Lyman- α končí pro červený posuv $z = 6,5$ (vzdálosť galaxií >4 Gpc; stáří <900 mil. let po Velkém třesku), protože nad touto mezí je čára silně pochlcována v mezihvězdných mračech neutrálního vodíku H I.

Proto astronomové, kteří chtějí zkoumat takové hlubiny vesmíru, musí vzít za věděk polohou Lymanovy hrany, která se pro tak vzdálené objekty posouvá do blízkých infračervených vlnových délek. Pro zmíněnou galaxii autoři naměřili rekordní kosmologický červený posuv 11,1, čemuž odpovídá vzdálosť galaxie 4,1 Gpc a její stáří pouhých 400 mil. let po Velkém třesku. Jde tedy o suverénně nejmladší galaxii ve vesmíru, kterou nyní známe. K překvapení autorů však zmíněná galaxie je anomálně jasná, což znamená, že je ve skutečnosti asi 3krát svítivější než galaxie staré 900 mil. let. Z infračervených pozorování SST vyplývá hmotnost galaxie rádu 1 GM_\odot , a to představuje vážný problém: nedovedeme si totiž představit, že za pouhých 400 milionů let od Velkého třesku mohla galaxie vzniknout a vytvořit tolik hvězd, když základní poučka o vzniku prvních hvězd praví, že hvězdy populace III (= 1. generace jen z vodíku a helia) nemohly vznikat dříve než 200 mil. let po Velkém třesku, a teprve jejich zánik dal příležitost vzniku hvězd 2. generace (populace II), čili hodně rychle.

Navíc se dnes všeobecně soudí, že vzniku hvězdné populace v galaxiích musela předcházet překotně rychlá tvorba černých veledeří v centru zárodků galaxií s hmotnostmi rádu GM_\odot . Ocitáme se tak v kosmologické časové tísni, neboť všechny tyto vývojové etapy se musejí stihnout k astronomicky neuvěřitelně krátký čas.

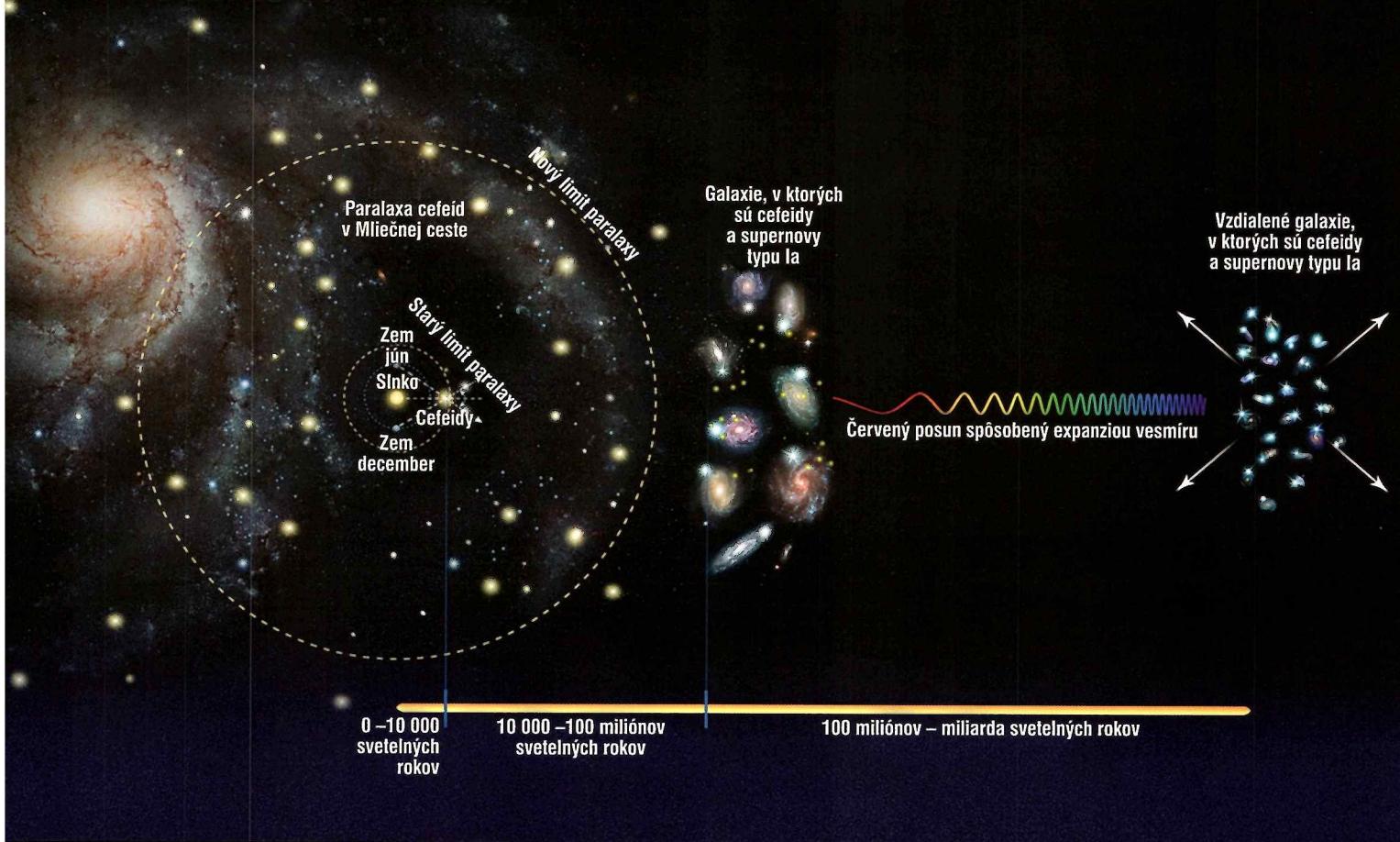
JIŘÍ GRYGAR



Rozloženie toku infračerveného spojitého spektra galaxie GN-z11. Na vodorovnej osi sú vlnové dĺžky v mikrometrech, na svislej osi pozorované toku záření v jednotkách nJy (nanojanskys). Jednotlivá měření toku mají vyznačené střední chyby a červená linka představuje průměrné hodnoty toku se zřetelným skokem toku pro vlnovou délku 1,47 mikrometru.

[Podle P. A. Oesch et al., ApJ 818, 129 (2016)]

Tri kroky k Hubblovej konštanťe



Tri kroky k Hubblovej konštanťe.

Ilustrácia: NASA, ESA, A. Feild (STScI), A. Riess (STScI/JHU)

Vesmír sa rozpína rýchlejšie, než nameraj Planck

Analýza dát z Hubblovho teleskopu (HST) ukázala, že vesmír sa rozpína o 5, resp. až 9 percent rýchlejšie, než to vyhľadalo z predchádzajúcich meraní sondy NASA Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) a európskej sondy Planck. Na čele výskumného tímu, ktorý odchýliku v Hubblovej konštanťe zistil, bol astrofyzik Adam Riess zo Space Telescope Science Institute (STScI) a Johns Hopkins University v Baltimore (Maryland).

Riess je naslovovzatým odborníkom, držiteľom Nobelovej ceny za fyziku z roku 2011. Spolu so Saulom Perlmutterom a Brianom P. Schmidtom ocenenie získal práve za objav zrýchľovania rozpínania vesmíru. Aby mohol so zmenou Hubblovej konštanťy prísť, jeho tímu musel premerať a porovnať vzdialenosť 19 galaxií obsahujúcich premenné pulzujúce hviezdy – cefeidy (bolo ich dovedna 2400) a supernov typu Ia

(okolo 300). Cefeidy i supernovy typu Ia astrofyzici využívajú ako štandardné „sviečky“, lebo umožňujú presne určiť vzdialenosť galaxie, v ktorej sa nachádzajú.

Riessov tím zdokonalil doteraz používané metódy pri meraní vzdialenosťí galaxií natoliko, že neurčitosť výsledku dosiahla iba 2,4 percenta. S použitím zlepšenej metodiky merania vedci zistili, že rozpínanie vesmíru, vyjadrené vo forme Hubblovej konštanťy, prebieha rýchlosťou 73,2 kilometra za sekundu na 1 megaparsek (Mpc, čiže 3,26 miliónov svetelných rokov). Tá istá hodnota, vyrátaná z dát kozmického teleskopu Planck v roku 2013, hovorila o rýchlosťi 67,8 km/s na Mpc. Keď sa zmenené údaje premietnu do budúcnosti, vychádza z nich, že vzdialenosť medzi dvoma objektmi vo vesmíre sa zdvojnásobia už o 9,8 miliárd rokov.

Porovnávanie rýchlosť rozpínania vesmíru, ktorú namerali sondy WMAP a Planck s meraniami pochádzajúcimi zo záberov teleskopu HST, je podľa Riessa ako stavať most. Na vzdialom konci sú pozorovania kozmického mikrovlnného pozadia pochádzajúce z čias vzniku vesmíru. Na blízkom konci sú merania urobené s pomocou HST. „Začnete na dvoch koncoch a očakávate, že ak sú vaše merania a výpočty správne, stretnete sa uprostred mosta,“ vysvetlil astrofyzik. „No teraz sme sa uprostred nestretli, a my chceme vedieť, prečo.“

Vysvetlenie rýchlejšieho rozpínania vesmíru je niekoľko. Môže za ním byť neznáme pôsobenie tmavej energie, o ktorej vieme veľmi málo. Vysvetlením by mohlo byť i predpokladané tmavé žiarenie (dark radiation), tvorené subatomárnymi časticami pohybujúcimi sa na hraniči rýchlosťi svetla, ktoré (azda) skrýva pre nás nečitateľná časť vesmíru. Pokiaľ tmavé žiarenie skutočne existuje, potom by problém so zrýchľovaním rozpínania vesmíru mohlo vyriešiť prirátanie jeho energie.

Jedným z ďalších možných vysvetlení by mohlo byť, že model vývoja vesmíru, vychádzajúci z Einsteinovej obecnej teórie relativity (čiže teórie gravitácie), nemusí byť presný. To sa však zdá najmenej pravdepodobné. Najmä po tom, čo správnosť Einsteinových výpočtov nedávno znova potvrdila už druhá detekcia gravitačných vln pochádzajúca zo splynutia dvoch menších čiernych dier.

V každom prípade však prekvapivý objav rýchlejšieho rozpínania vesmíru – ak ho potvrdí nezávislý tím – môže byť veľmi dôležitou stopou, vedúcou k lepšiemu pochopeniu najzáhadnejších častí kozmu. Tie v skutočnosti tvoria 95 percent všetkého, čo nás obklopuje, a čo nevyžaruje ani nepohlcuje svetlo, teda tmavej energie, tmavej hmoty a tmavého žiarenia.

M. A.

NASA Press Release
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2016/17/text/>

Prvý gama pulzar mimo Mliečnej cesty

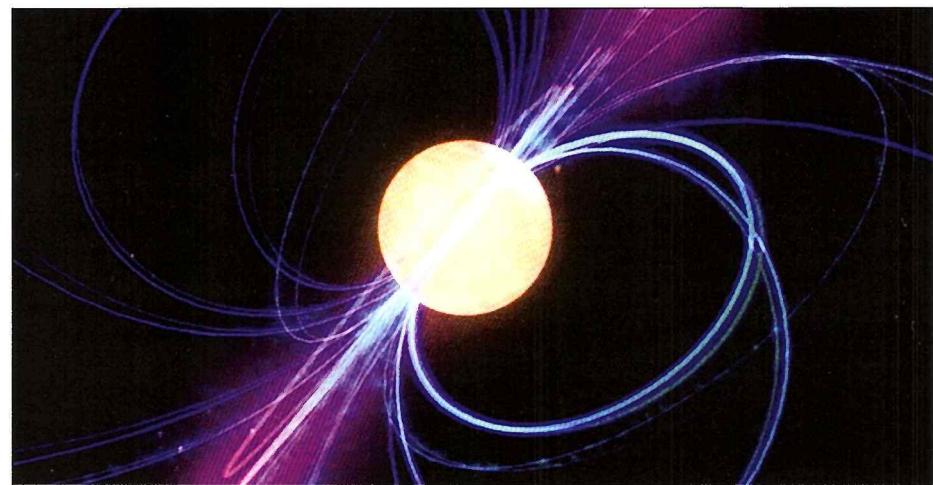
Oobjavili ho vo Veľkom Magellanovom oblaku, vzdialenom 160 000 svetelných rokov. Pulzar je neobyčajne jasný, preto ho vedci dokázali, napriek veľkej vzdialosti, detegovať.

Pulzary sú rýchle rotujúce neutrónové hviezdy. Ked' v masívnej hviezde vyhasne fúzia, ktorá generuje fotóny s vysokou energiou a tlak žiarenia z jadra už nedokáže vykompenzovať gravitáciu, hvieza skolabuje. Premení sa na malý, mimoriadne hustý kompaktný objekt, ale zároveň vyvrhne horné vrstvy obálky.

Typická neutrónová hvieza je malá: s priemerom 10 až 20 kilometrov. Môže však mať hmotnosť až $1,4 M_{\odot}$. Neutrónové hviezdy majú silné magnetické polia. Tie vstupujú do bûrlivých interakcií s plynom v okolí, čo generuje silné elektromagneticke žiarenie na rozličných vlnových dĺžkach. Toto žiarenie skolabovaná hvieza vyžaruje v podobe dvoch úzkych protiľahlých kužeľov, najmä z polárnych oblastí.

Rýchla rotácia neutrónovej hviezdy sa môže prejavit aj tak (závisí to od sklonu rotačnej osi hviezdy k pozemskému pozorovateľovi), že lúč žiarenia jednej z aktívnych oblastí pravidelne „obliezuje“ Zem. Pozemské prístroje zaznamenávajú v takom prípade pravidelné bliky žiarenia, podobne ako posádka lode na mori blikanie výstražného majáka.

Prvé pulzary zaznamenali v roku 1967 v rá-



Pulzar je rýchle rotujúca neutrónová hvieza s priemerom 10 až 20 kilometrov. Ilustrácia pomerne jednoducho zviditeľňuje indukčné čiary silného magnetického pola i oboch protiľahlých výtruskov.

diovej oblasti. Ojaviteľku Jocelyn Bellovú upútali mimoriadne pravidelné pulzy. Toto „tikanie“ prekonalo aj presnosť atómových hodín. Počas ostatných päťdesiatich rokov objavili vedci vyše 2500 pulzarov.

Jeden z posledných, PSR J0540-6919, vysiela každých 50 milisekúnd pulz žiarenia gama. To znamená, že neutrónová hvieza, ktorá sa nachádza uprostred oblaku, pozostatku po výbuchu supernovy SNR 0540-69.3, sa otočí okolo svojej osi raz za 50 milisekúnd. Progenitor supernovy, stará masívna hvieza, vybuchla pred 1140 rokmi. Presnejšie: vybuchla pred 160 000 rokmi, ale fotóny, zvestovateľ výbuchu, dorazili na Zem iba pred 1 140 rokmi.

Viacerí astrofyzici považujú PSR J0540-6919 za dvojnáku pulzaru v Krabej hmlovine. Má udivujúco podobné parametre, najmä pokial ide o intenzitu magnetického pola, periódus rotácie a vek. V jednom sa však výrazne odlišujú: v oblasti žiarenia gama nemá zatiaľ PSR J0540-6919 páru. Približne 60 % žiarenia gama v oblasti energií gigaelektrónvoltov, ktoré donedávna pripisovali blízkej hmlovine 30 Doradus vo Veľkom Magellanovom oblaku, vygeneroval v skutočnosti tento pulzar.

Sterne und Weltraum 1/2016

Science

E. G.

Zrniečka prachu plachtia na svetle do vesmíru

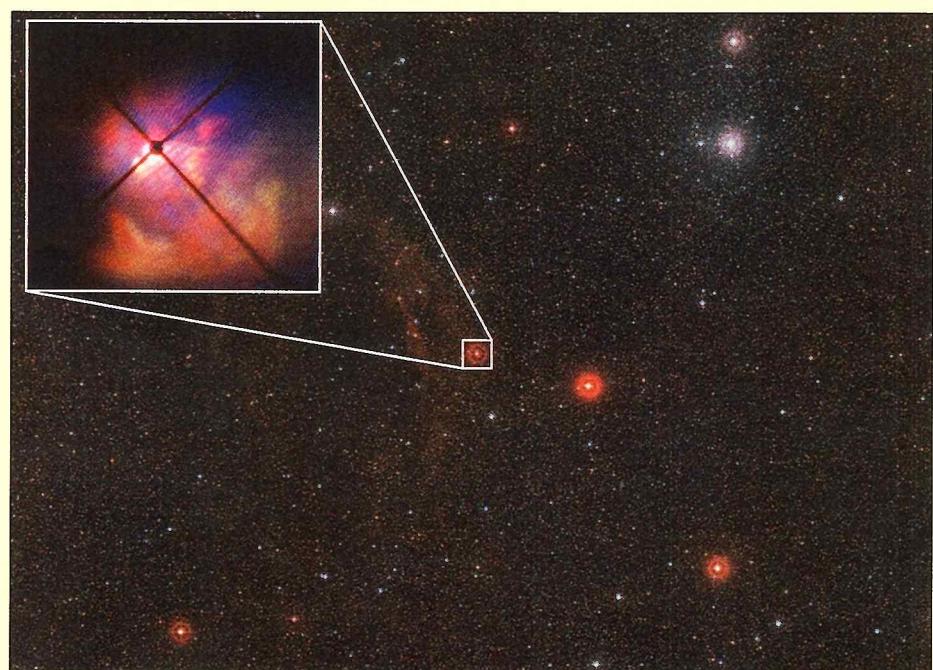
Okolie hviezdy VY Canis Majoris podrobne preskúmali vedci z Južného observatória ESO v Čile. Tento červený nadobor je najväčším exemplárom svojho druhu v Mliečnej ceste. Obalujú ho gigantické obaly prachu, ktoré produkuje samotná hvieza: VY Canis Majoris každý rok dodá do svojho okolia prach s hmotnosťou 30 Zemí!

Ďalekohľad VLT posilnený kamerami SPHERE pomohol vedcom k objavu, že masy prachu sa pohybujú najmä pôsobením tlaku žiarenia z umierajúcej hviezdy.

Vedci mali už dávnejšie podozrenie, že takýto mechanizmus funguje. Mýlilo ich iba to, že normálne zrniečka prachu, ktoré sa v okolí hviezdy vyskytujú, sú príliš malé na takýto prenos. Prečo? Zachytávajú príliš málo fotónov, takže nedostávajú patrčný impulz.

Astronómovia z Taiwana zistili, že prach, pri najmenšom okolo hviezdy VY Canis Majoris, tvoria oveľa väčšie zrniečka, takže tlak žiarenia môže na ne pôsobiť. S priemerom 0,5 mikrometra sú 50-krát väčšie ako zrniečka bežne sa vyskytujúceho medzhviezdneho prachu. Veľkosť zrniečok vypočítavajú vedci z vlastností rozptýleného svetla, napríklad z jeho polarizačie.

Počas skúmania prekryli vedci VY Canis Majoris koronografom, aby dosiahli lepšie



Pomociu dalekohľadu Very Large Telescope (VLT/ESO) a kamerového systému SPHERE preskúmali okolie červeného nadobra VY Canis Majoris a odhalili tajomstvo plachtiačeho prachu.

zvýraznenie okolia okolia hviezdy. Okolie hviezdneho obra podchvíľou zaplavuje extrémne silné žiarenie. VY Canis Majoris má 30- až 40-krát väčšiu hmotnosť a žiari 300 000-krát jasnejšie ako naše Slnko.

Pomocou špeciálnych koronografov a adaptívnej optiky dokážu dnes vedci eliminovať

svetlo hviezdy v skúmanej hmlovine a potlačiť rušivý vplyv atmosféry Zeme, takže si trúfajú už v blízkej budúcnosti rozlíšiť oveľa slabšie objekty aj v systéme zaprášených obrov a nadobrov.

ESO Press Release

Sterne und Weltraum 2/2016

E. G.

Higgs a big bang

Najväčšie nemožno pochopiť bez najmenšieho a naopak. Potvrdzujú to postupne odhalované vzťahy medzi kozmológiou a časticovou fyzikou. Iba v ich úzkom prepojení možno rozlúštiť tri z najzáhadnejších rébusov súčasnej fyziky:

1. Prečo po zničujúcim boji hmoty a antihmoty v mladom vesmíre zvýšilo trochu tej našej hmoty, bez ktorej by náš svet nevznikol?
2. Čo sa skrýva za záhadnou tmavou hmotou a tmavou

energiou, ktoré tvoria väčšinu matérie v poznatelnom vesmíre?

3. Prečo sa javí „základný stav“ vesmíru, presnejšie, hustota energie, respektíve očakávaná hodnota vákua Higgsovoho pola taká „neprirozená“, extrémne nepravdepodobná a nízka?

Pri hľadaní odpovedí na tieto otázky zohrá rozhodujúcu úlohu Higgsov bozón, objavený v roku 2012. Môže sa stať klíčom od dverí, za ktorými sú skryté celkom nové oblasti reality.

Poľovačka v mikrosvete pokračuje

Ouroboros, legendárny had, ktorý si hryzie vlastný chvost, je od nepamäti symbolom jednoty svetového kruhu. Túto predstavu zdieľali v starom Egypte, v Grécku, v Indii i Škandinávii. (V nordických mýtoch je to had Midgard.) Táto myšlienka fascinuje aj moderných vedcov. Martin Rees z Cambridge University (královský astronóm Veľkej Británie, povyšený do šľachtickej stavu s titulom Baron Rees of Ludlow), obraz Ourobora počas svojich prednášok neraz prezentuje.

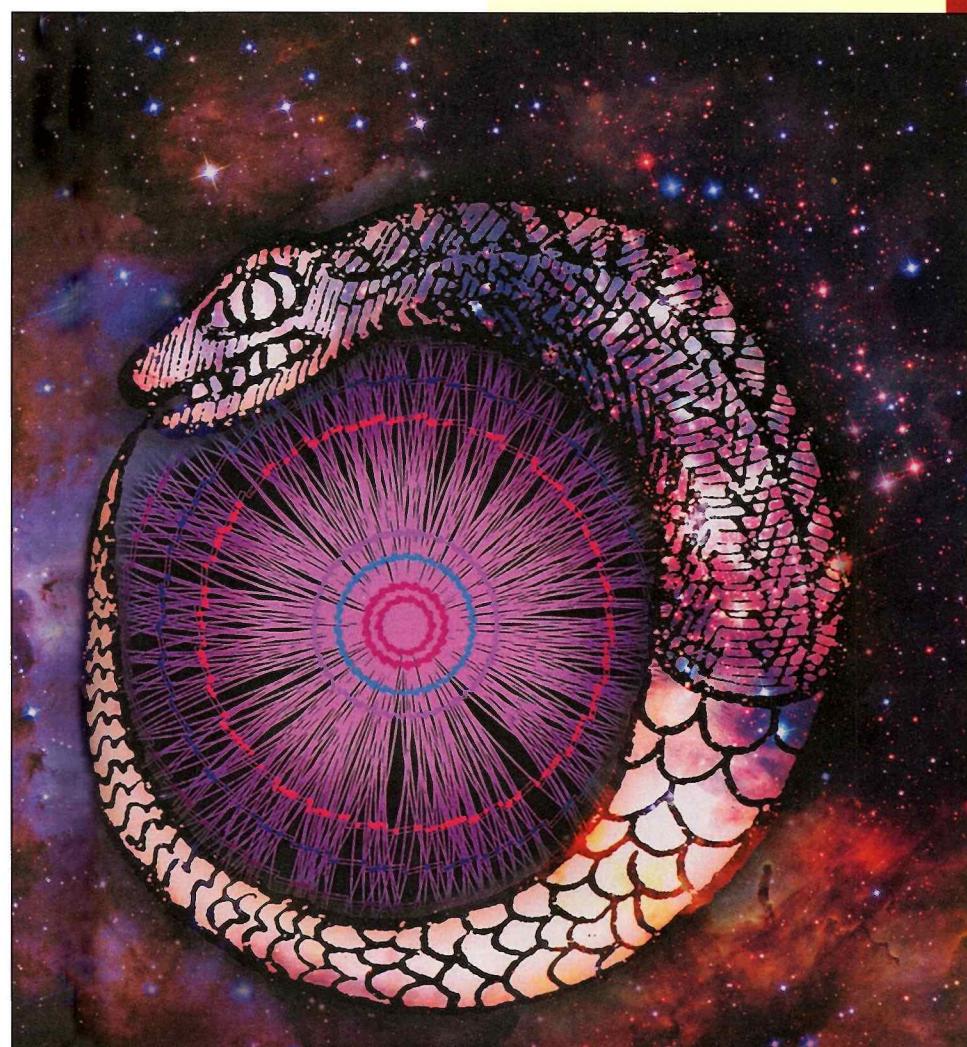
Rees z pohľadu prírodnovedca ilustruje Ouroborom prepojenie najmenšieho s najväčším. V kozmickom zväzku, obopínajúcim aj priestor a čas. O takomto vzťahu mikro- a makrokozmu spekulujú mystici a filozofi už oddávna. V rámci modernej fyziky častic a kozmológie toto prekvapujúce prepojenie už existuje. Od kvanta k vesmíru: všetko, čo sa krátko po big bangu odohralo a čo vesmíru ako celku dodnes vtislo svoju pečať, možno vysvetliť iba pomocou kvantových efektov. Teda pomocou „toho najmenšieho“.

Akokolvek cudzo nám tieto procesy mikročasticie pripadajú, bez nich by nebolo ani hviezdy, ani planét, ani astronómov, ktorí o tom všetkom premýšľajú. Táto previazanosť človeka a kozmu je však iba návratom k starodávnej predstave, ktorú sa dnes fyzici po novom pokúšajú sformulovať jazykom teórie kvantového poľa.

Niekoľko mesiacov trvalo, kým vedci pochopili, že nedávno objavené Higgsovo pole zohráva pritom oveľa významnejšiu úlohu, ako sa predpokladalo!

Ked sa v CERNe pri Ženeve 4. júla 2012 podarilo dokázať existenciu dovtedy iba virtuálneho Higgsovo bozónu s hmotnosťou 12,5 gigaelektrónvoltov, v celom svete sa to oslavovalo ako triumf vedy. Častica, ktorej existenciu už v roku 1964 predpovedali Peter Higgs a ďalších 5 fyzikov, ukázala, že predstava o Higgsovom poli bola správna. Toto pole udeluje kvarkom, elektrónom i ďalším elementárnym časticiam ich hmotnosť! Bez tohto všeadeprítomného poľa by nebolo atómov, a teda ani hmoty, z ktorej sa skladáme.

Medzičasom fyzici na celom svete analyzujú a vyhodnocujú údaje z obrovských detektorov ATLAS a CMS, ktoré sú súčasťou mamutieho

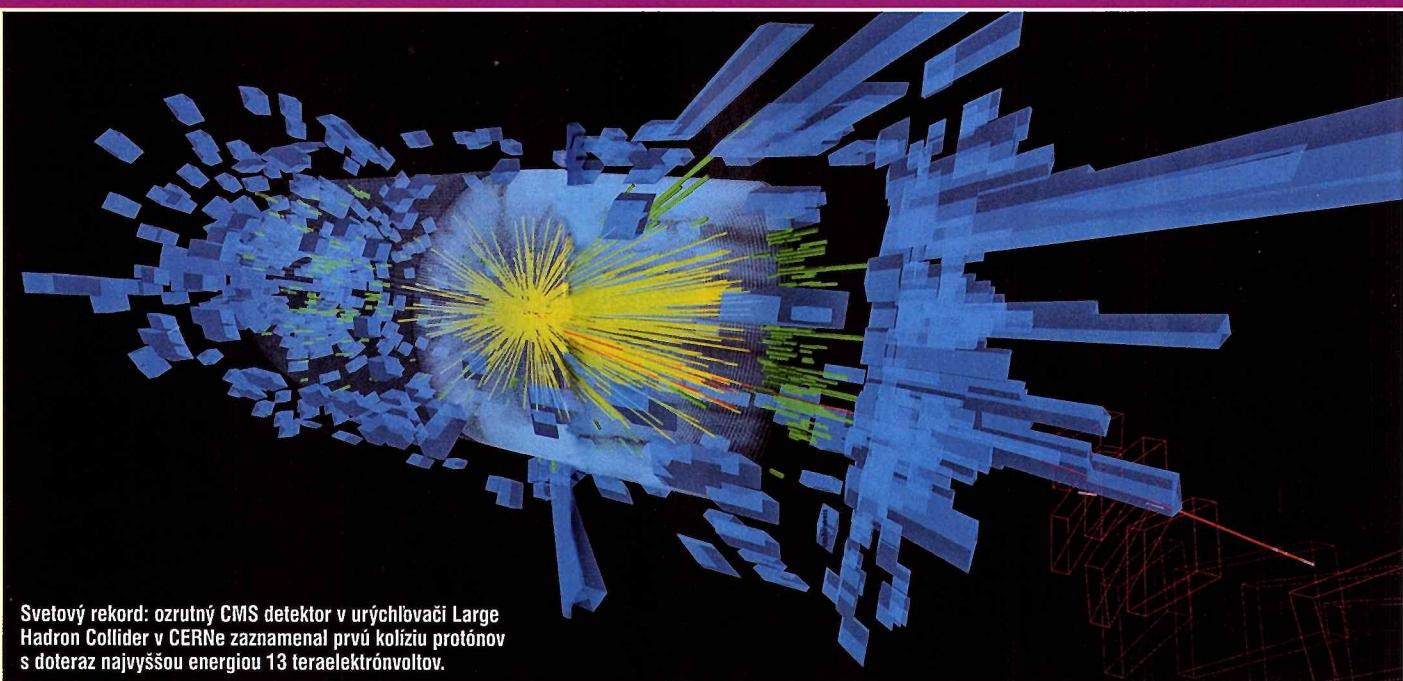


urychľovača Large Hadron Collider (LHC) v CERNe. Vedci si totiž ešte nie sú celkom načistom, či nová častica je naozaj Higgsovým bozónom štandardného modelu fyziky elementárnych častic, hoci doteraz všetky údaje tomu nasvedčujú!!!

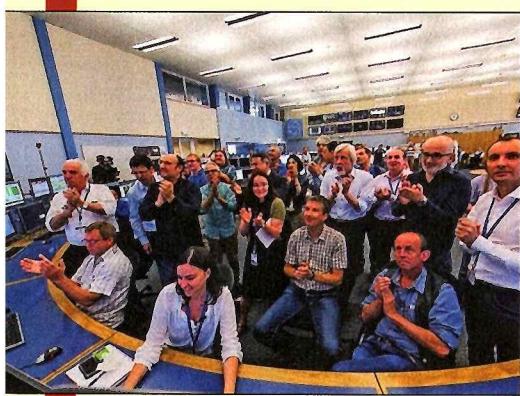
(V spekulatívnych alternatívach a rozšíreniach štandardného modelu existujú aj iné, podivné, higgsovi podobné časticie, ktoré však majú iné vlastnosti ako štandardný higgs. Hodno spomínať, že podaktori vedci nepovažujú higgsa za ele-

Od mýtu k logu: Ouroboros (po grécky sebaapožíerač, ale doslova aj pijan moču) sa objavil už v ikonografii starých Egypťanov. Symbol hada, ktorý svojím telom vytvára uzavretý kruh. Moderní fyzici týmto symbolom zviditeľňujú vzťah medzi tým najmenším (stopy pohybu častic po zrážke v LHC uprostred hada) a tým najväčším (celého vesmíru za hadim kruhom, v tomto prípade oblasť búrlivej hviezdotvorby v súhvezdí Kýl). Platón vo svojom diele Timaios opísal Ourobora ako dokonalú bytosť. Aj v staroindickom spise Yoga Kundalini Upanišad sa spomína had kundalini, ktorý berie do úst vlastný chvost. Podobnú predstavu o „svetovom kruhu“ mali aj autori nordickej mytológie (Snorra Edda).





Svetový rekord: ozrutný CMS detektor v urýchľovači Large Hadron Collider v CERNe zaznamenal prvú kolíziu protónov s doteraz najvyššou energiou 13 teraelektrónvoltov.



Nadšenie v kontrolnom centre LHC po potvrdení svetového rekordu.

Prplavá práca: počas úpravy urýchľovača LHC na režim vyšších energií museli špecialisti vymeniť vyše 10 000 elektrických spojov medzi supravodivými magnetmi.

mentárnu, ale z iných častíc „pozliepanú“ časťci.

Ked sa 16. februára 2013 skončila prvá fáza nasadenia urýchľovača LHC (nazvaná „Run 1“) a zariadenie podľa plánu odstavili, zamestnanci tohto chrámu fyziky neostali bez práce. Naopak, popri všeestrannej údržbe zvyšovali vedci a montéri výkon urýchľovača a jeho detektorov.

Napríklad, vymenili vyše 10 000 elektrických spojov medzi magnetmi. Bez nich by urýchľovač nedokázal pracovať v režime vyšších energií. Všetci si ešte pamäti, ako 19. septembra 2008 jeden zo spojov iba niekoľko dní po štarte zhorel, takže obrovské zariadenie museli na vyše roka dostaviť. Také niečo sa už nesmie zopakovať. Okrem toho zabudovali do prístroja nové ochranné systémy a vylepšili aj systémy elektroniky, výroby vákuu v žiarivkách i chladenia magnetov. Posilnili aj detektory, aby boli odolnejšie voči vyšším dávkam žiarenia a pripravené na zaznamenanie vyššieho počtu kolízií častíc.

S vedeckými prácami spojenými s higgsovom sa doslova roztrhlo vrece. Kolektív vyše 3 000 vedcov okolo veľkých detektorov ATLAS a CMS zverejnil v odborných časopisoch stovky článkov. Hľadanie ľahkých súrodencov higgsa i ďalších exotických (najmä mnohými fyzikmi túžobne očakávaných supersymetrických častíc) však nebolo zatiaľ úspešné. Zdá sa, že v oblasti až po hodnotu 1 000 GeV nijaké časticie neexistujú. Pravdaže, vedci zatiaľ ani zdáleka nevyužili všetky možnosti. V oblasti vyšších energií je mikrokozmos nepreskúmanou krajinou.

Nový rekord: 13 teraelektrónvoltov

Expedícia v mikrosvete však pokračuje: vlanej 5. apríla o 10:41 sa vydal na púť po 27 kilometrov dlhej podzemnej dráhe urýchľovača prvý zväzok protónov. O 12:27 v paralelnej rúre začal krúžiť druhý zväzok protónov. Protóny v oboch zväzkoch mali energiu „iba“ 450 GeV. O mesiac neskôr, 5. mája okolo 9:30, križovali zväzky protónov štyri body vo vnútre obrovských detektorov, ktoré zaznamenali zrážku s energiou 900 GeV. To vedcom stačilo, aby urobili nevyhnutné testy a kalibrácie.

V nasledujúcich dňoch zvyšoval tím LHC energie tak, že 3. júna okolo 10:40 hlásili detektory stabilné zväzky s energiou 6,5 teraelektrónvoltov i prvú kolíziu protónov s energiou 13 teraelektrónvoltov!!! Nový rekord v dejinách časticovej fyziky.

Tým fyzikálny výskum významne pokročil: Najprv v každej rúre obiehalo šest zväzkov (každý so 100 miliardami protónov), neskôr až 476. Kolízie sa odohrávali spočiatku každých 50, neskôr každých 25 nanosekúnd!

Takú hustú súslenosť zrážok sa doteraz nepodarilo dosiahnuť. Len si predstavte: v každom momente vyrobia desiatky nových kolízií protónov gigantické kaskády sekundárnych častíc. Tieto časticie detektory zaznamenávajú. Nie je to však iba explózia častíc, ale aj doteraz neslychaná explózia údajov. Tým však ešte dobrodružstvo zdáleka neskončilo: v týchto chvíľach krúži v každom lúči 2 808 protónových zväzkov! Počas každej sekundy sa uskutoční miliarda kolízií častíc!



Pentakvarky

Vlani v júli ohlásili z CERNu prvý veľký objav počas druhej fázy: dôkaz existencie pentakvarkov, úplne neznámej odrady častic, skladajúcich sa z piatich kvarkov. Ďalšie objavy sa očakávajú v tomto a nasledujúcom roku. Fyzika častic je totiž namáhavým dobrodružstvom, ktoré vyžaduje nielen množstvo meraní, ale aj zdihové vyhodnocovanie.

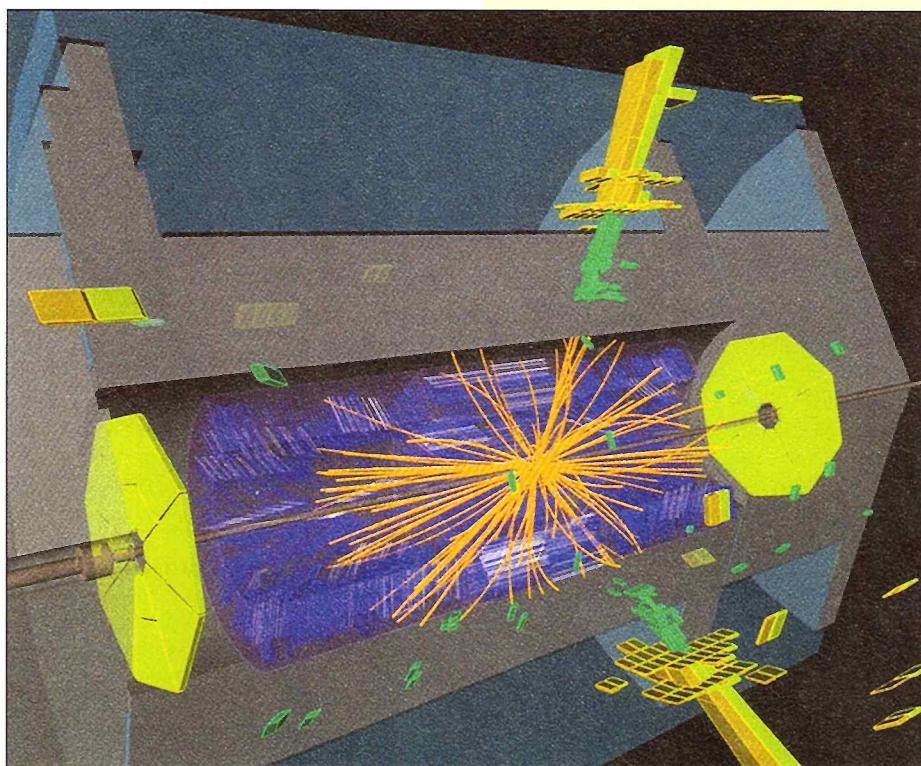
Objem nameraných údajov geometrickým radom narastá. Detektory LHC včas vyprodukovali 100-krát viac údajov ako v roku 2010. Iba počas prvých mesiacov zaznamenali 10 miliónov zrážok a popri tom v ich stopách znova objavili celé spektrum častic štandardného modelu elementárnych častic.

Fyzici údaje vyhodnocujú doslova horúčkovo. Každému sa v neznámej oblasti energií môže podať významný objav.

Trampolína do novej fyziky

V centre pozornosti posádky CERNu je však presnejšia charakteristika Higgsovo bozónu, procesov jeho vzniku a premien. Vedci tušia, že práve na tomto poli sa otvorí okno do sveta novej fyziky! Dôkaz existencie Higgsovo bozónu motívoval desiatky kozmológov, ktorí zvažujú túto časticu aj v kozmologickom kontexte. Higgsovo pole by totiž mohlo zohrať v aréne kozmu klúčovú úlohu. V takom prípade by jedna veľká kapitola teoretickej fyziky skončila a otvorili by sa brány do sveta nových oblastí reality.

Vedci už začali skúmať možné vplyvy higgsa na big bang, tmavú hmotu, asymetriu hmota-antihmota. Nie je vylúčené, že Higgsovo pole zviditeľní dokonca prekvapujúce prepojenie me-

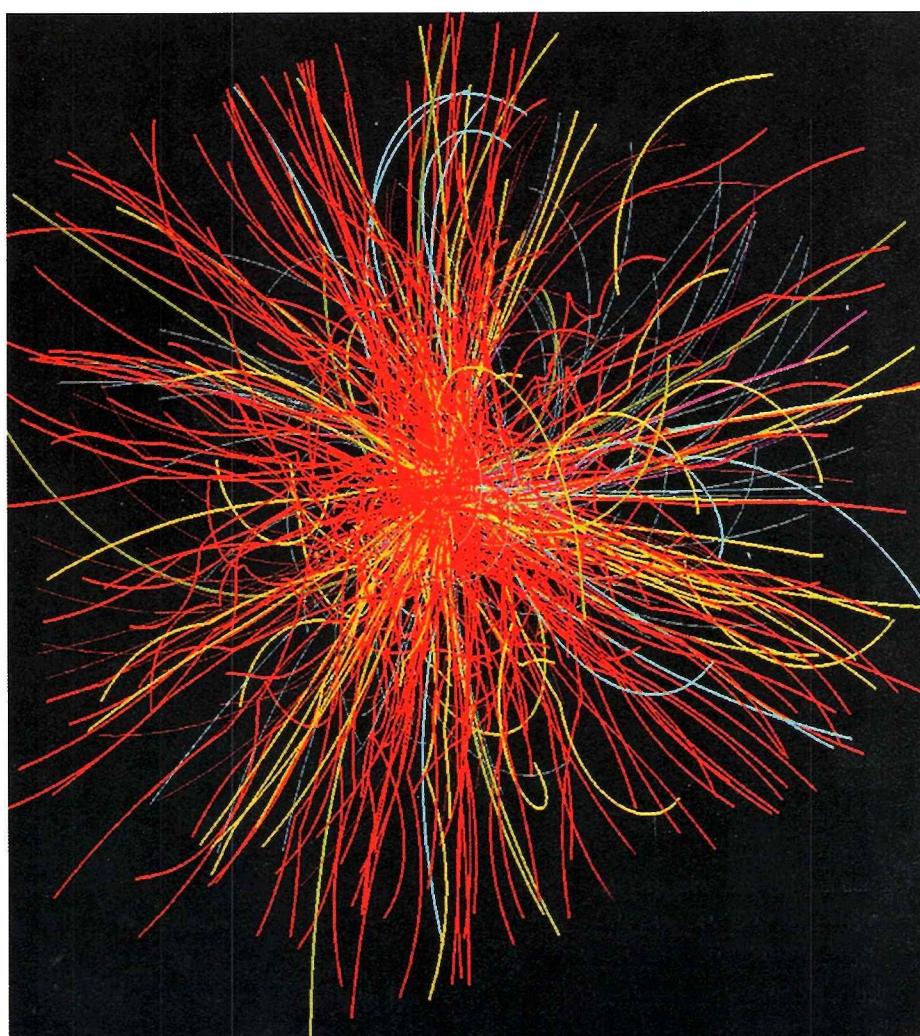


dzi zdanlivo nezlučiteľnými javmi. A stane sa základňou kozmickej jednoty, ktorú symbolizuje myticky had Ouroboros i fyzikmi vysnívaný vzorec všetkého. Slovami starých Grékov: „Hen to pan (jedno je všetko)“.

Bild der Wissenschaft 10/2015

E. G.

Výbuch častic: rekonštrukcia kolíznych stôp pri energii 13 TeV v detekore ATLAS. Popri spráke sekundárnych častic (uprostred) sú produkтом zrážky aj dva výtrysky.



Higgsove časticie žijú extrémne krátko. Zanikajú takmer v tom istom okamihu ako vznikli. Na Zemi sa to deje zámerne iba v urýchlovači LHC. Nepolapitelné bozóny sa však vyskytujú aj inde. Tvoria sa nad našimi hlavami, v atmosfére, vo výške 26 kilometrov. Zmerať sa však nedajú, lebo ich okamžitý rozpad nezaznamenáva nijaký detektor. Fyzikom častic jednotlivé prípady veľmi nepomôžu, pretože pre štatistiku potrebujú enormné množstvo údajov.

Joshua Unger z Drážďanskej univerzity odhadol nedávno prirodzenú produkciu higgsov v atmosfére. Vzdušnú obálku Zeme neustále bombarduje kozmické žiarenie, z čoho 90 % tvoria protóny s energiami okolo 1 TeV. (Produkcia protónov v urýchlovačoch má ešte vyšiu energiu, ale je zriedkavejšia.) Ak sa protón kozmického žiarenia zrazí v atmosfére s atómom kyslíka alebo dusíka, zrodí sa zavše Higgsov bozón.

Unger: „V celej atmosfére sa každú sekundu vytvorí 0,12 bozónov. Inými slovami: v priemere každých 8,3 sekundy vznikne kdeši nad nami jeden higgs. To je 1,7-krát viac ako v LHC, ktorý počas 4 rokov trvajúcej činnosti vyprodukoval okolo 450 000 týchto bozónov. Teraz pracuje ešte efektívnejšie. Ak sa fyzikom podarí zvýšiť intenzitu žiarenia pri 14 TeV zhruba na dvojnásobok hodnoty z roku 2012, produkoval by urýchlovač LHC toľko higgsov, koľko vzniká v atmosfére.“

Mini big bang: v hmýrení stôp po časticach hľadajú fyzici príznaky rozpadu Higgsových bozónov, častic s mimoriadne krátkym životom.

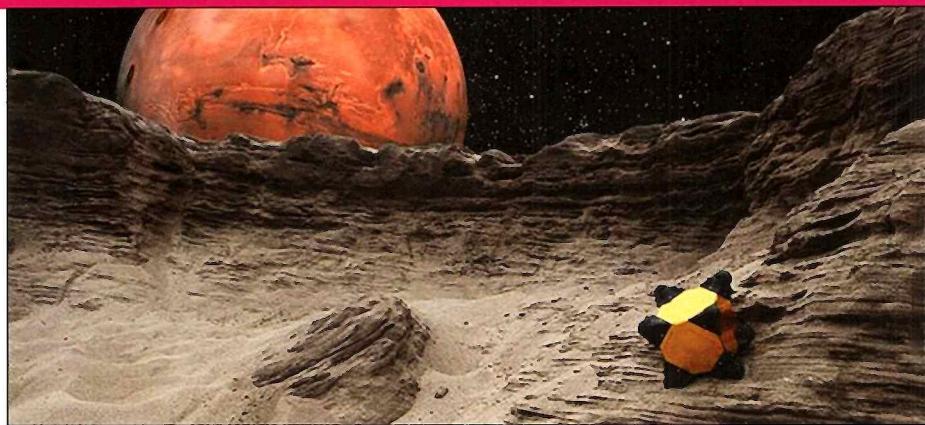
„Ježko“

– prieskumník asteroidov, komét a iných telies Slnečnej sústavy

Tím inžinierov pracuje na konštrukcii roviera (vozidla schopného pohybovať sa v ľažkom teréne) v tvare kocky, ktorý bude slúžiť na prieskum oblastí v najextrémnejších podmienkach kozmického priestoru. Predstavme si nehostinnú krajinnu, v ktorej sa vyskytujú zubaté horské hrebene s ostrými kameňmi a voľné kopy štrku, roztrúsené medzi nepravidelnými trhlinami a hlbokými korytami prachu, akú ešte nik nevidel. Predpokladajme, že budeme musieť do takejto krajiny poslat robota, do ústia strmého kráteru, na okraj jamy pokrytej ľadom, a potom ho poslat o 1 000 metrov ďalej. Navyše si predstavme, že gravitácia je malý zlomok toho, čo máme na Zemi a že nemôžeme komunikovať s robotom, pretože je vzdialený od nás 80 miliónov km a pohybuje sa na odvrátenej strane Marsu. Ako by takýto robot mal vyzerat?

Tvar kocky ako dobrá možnosť

„Ježka“, ako sprievodcu pri prieskume malých telies, akými sú asteroidy a komety, ktoré sa



Ježko v akcii podľa predstavy umelca.

(Európska kozmická agentúra) dosiahli iba čiastkový úspech, keď uskutočnili kontakt s asteroidmi a kométami. V najlepšom prípade sa tieto sondy obmedzili na miesta pristátia. Žiadna z nich v skutočnosti neurobila rozsiahly prieskum nijakého malého telesa.

Projekt Ježko je súčasťou spolupráce medzi vedcami na Stanforde, MIT a v laboratóriách JPL (Jet Propulsion Laboratory) a je financovaný pomocou NASA programu NIAC (NASA Innovative Advanced Concepts). Programový riaditeľ Jason Derleth hovorí, že NIAC sa snaží nahradíť súčasné vesmírne projekty takými, ktoré sú inovatívne a viero hodné.

Rover, ktorý navrhol Dr. Pavone, bude vykonávať dané úkony na povrchu malých telies (s nízkou gravitáciou), čo doteraz nebolo možné. Pri konštrukcii roviera boli len novým spôsobom využité existujúce technológie.

Jazda vo „Vomit Comet“

Ako Pavone a Hockman vyriešili rebus pohybu v oblasti s nízkou gravitáciou, je príbehom ich kreativity spojený s obmedzenými možnosťami. V prostredí s nízkou gravitáciou by sa určite nedali použiť rovery s kolesami alebo pásmi, ktoré sa používajú na výskum Marsu. Ak v prostredí, v ktorom by sme nevážili viac ako spinka na spisy, by sme trochu viac vyskočili, nemuseli by sme už dopadnúť späť. Kolesá a chápadiel by museli vynaložiť veľké úsilie, aby mohli vykonať pohyb vpred a jeden nepredvídateľný náraz by mohol beznádejne prevrátiť rover.

Ježko namiesto valivého pohybu využíva pohyb poskakováním. Kocka na to, aby mohla absorbovať nárazy pri pristávaní, má spevnené rohy. V jej vnútri sú umiestnené tri gyroscopy, ktoré pohybujú kockou počas jej dopadu na povrch. Zrýchlením rotácie a brzdením gyroscopy menia točivý moment a umožňujú, aby kocka kontrolované poskakovala. Keď sa potrebuje dostať na nejaké miesto, tak to robí ako gymnasta pri kotrmelcoch na žinenke. V prípade, že sa Ježko zaborí do jamy s pieskom, môže vykonať manéver „tornádo“, t.j. prevŕta sa smerom nahor.

Hore uvedené manévrovacie pohyby Ježka boli len teoretické, ako by sa mohol pohybovať v prostredí s nízkou gravitáciou. Aby sa teória overila v praxi, vedci ho v júni 2015 vzali do „Vomit Comet“ lietadla NASA, ktoré môže letieť hore a dolu po prudkej parabole a vytvára takmer bezváhové prostredie. V priebehu štyroch dní vy-

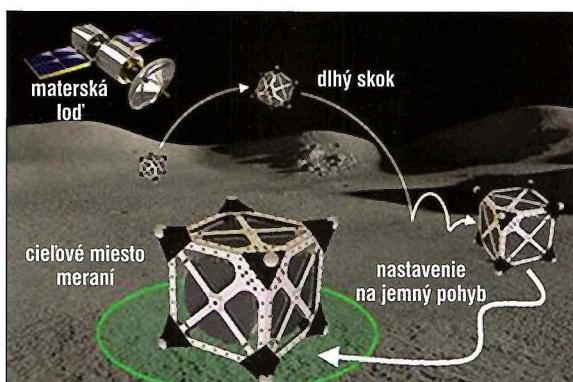
robilo lietadlo 200 intervalov takmer bezváhového stavu. Počas každého intervalu, ktorý trval 20 sekúnd, vedci Ježka postrčili, aby sa začal pohybovať. Testovali sa rôzne pohyby poskakovania a krútenia sa na rôznych povrchoch, s ktorými by sa rover mohol fakticky dostať do styku na asteroide. Bola to príležitosť vidieť ho, ako by sa prejavoval pri poskakovanií alebo v prípade iných manévrov na asteroide alebo kométe. Hockman dodáva: „Boli sme vcelku spokojní s tým, ako sa prejavoval. V súčasnosti analyzuje všetky údaje a navyše sledujeme, či sa skoky Ježka v smeroch, ktoré sme mu prikázali, zhodujú. Úspešne sme ukázali nové príklady pohybu v prostredí mikrogravitácie.“

Cieľom je autonómia

Teraz, keď vedci úspešne dokázali, že Ježko môže spoľahlivo vykonávať jednotlivé manévre, musia skombinovať série skokov a otáčania, aby bol rover schopný pohybovať sa cieleno a nezávisle na ovládaní človekom. „Bavíme sa o prostredí, ktoré je také extrémne a také vzdialé, že tam môžeme poslať iba automatického robota, inak sa tam jednoducho nedostaneme,“ hovorí Pavone.

Pozornosť sa v ďalšej etape sústredí na to, aby boli vyvinuté snímacie a inteligentné schopnosti Ježka tak, aby mohol identifikovať svoju aktuálnu polohu a vypočítať, aké vnútorné otáčavé pohyby jeho gyroskopov budú potrebné na to, aby ho dostali na požadované miesto. „Autonómia si vyžaduje mozog, ktorý povie robotovi kde je, kam musí ísť a ako sa tam dostane,“ hovorí Hockman. „Na Stanforde vyvíjame navigačný algoritmus, ktorý umožní Ježkovi pohybovať sa inteligentne za predpokladu, že poznáme jeho polohu. Je to fascinujúce, na akých programoch a akých vedeckých úlohach sa taká malá kocka zúčastní. Napríklad na úspešnom prieskume asteroidov a komét, pri analýze ich chemických a fyzikálnych vlastností a pre lepšie pochopenie evolúcie našej Slnečnej sústavy a eventuálneho mimozemského života. Dokonca je možné využiť vlastnosti takéhoto roviera aj na prieskum Fobusu, väčšieho mesiaca Marsu, ktorý môže zohrať významnú úlohu pri osídľovaní červenej planéty.“

Tieto drobné rovery by mohli byť prvými návštěvníkmi, ktorí budú skúmať vhodné lokality a určovať vhodné zdroje a súčasne prispejú k ďalšiemu vedeckému poznávaniu kozmického priestoru. „Skoky a premety, ktoré Ježko ovláda, sú ďalším krokom na našej ceste, ale musíme toho ešte veľa urobiť, kým bude pripravený vykročiť po vlastných,“ skonštatoval Pavone.



Obr. 2. Schéma pohybu Ježka po povrchu malého telesa.

nachádzajú v našej Slnečnej sústave, navrhol Mark Pavone, profesor zo Stanforde pre aeronautiku a astronautiku a Ben Hockman, doktorand strojného inžinierstva. Takýto vesmírny rover nemá kolesá pre valivý pohyb, nemá ramená, aby mohol uchopíť predmety, a ani nohy, aby mohol kráčať. Je to iba jednoduchá kocka, ktorá dokáže poskakovať a prevraťať sa naprieč neznámym terénom asteroidov, komét a malých mesiacov. Kým ešte nie je Ježko súčasťou výbavy žiadnej kozmickej misie, výskumný tím tohto roviera rieši dôležitý problém, ako zmeniť robotickú kocku na rover slúžiaci na prieskum kozmických telies.

Jeden malý skok pre roverty

Extrémne prostredie a slabá gravitácia sú dva problémy, ktoré nesmierne komplikujú pristávanie v prípade výskumu malých telies, konštuuje Pavone. Misie **Hayabusa** (Japonská agentúra pre letecký a kozmický výskum) a **Rosetta**

Juno

– výskum pod smrtiacou radiáciou

Úrodný rok 2015, čo sa týka výskumu Slnčnej sústavy, pokračuje aj v roku 2016. Sonda Rosetta priniesla (a stále prináša) nové poznatky o jadre kométy Čurjumov-Gerasimenko, nové poznatky o trpasličej planéte Ceres chrlí DAWN a postupne sú prenášané na Zem aj poznatky z tešného preletu okolo ľadovej trpasličej planéty Pluta a jeho mesiacov sondou New Horizons. A aby bol obraz ešte komplexnejší – 4. júla 2016 sa priblížila k Jupiteru sonda Juno.

Sonda Juno

Sonda je pomenovaná podľa rímskej bohyne Juno, ktorá bola manželkou boha Jupitera. V mytológii sa hovorí, že Jupiter pomocou závoja mrakov, ktorými sa obklipil, skrýval svoju pravú tvár. Jedine Jupiterova manželka, bohyňa Juno, bola schopná nahliadnuť cez oblaky a odhalila Jupiterovu pravú podstatu. Symbolicky – misia Juno sa bude tiež snažiť nahliadnuť pod oblačnú vrstvu a odhaliať, čo je pravou podstatou najväčej planéty Slnčnej sústavy.

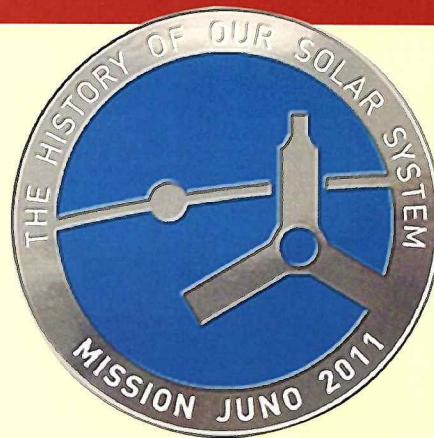
Juno je kozmická sonda NASA určená na výskum planéty Jupiter. Je súčasťou programu New Frontiers. Získané výsledky by nám mali spresniť naše predstavy o vzniku a vývoji Jupitera. Pochopenie procesov formovania tejto najväčzej planéty v Slnčnej sústave a jej neskoršej migrácie nám umožní rozlúsknuť aj doteraz málo známe procesy formovania ostatných planét vrátane našej Zeme. Druhou cestou, ktorá nám v poslednom desaťročí pomáha dospiť k podobným výsledkom, je štúdium exoplanét a zákonitostí ich vzniku. Juno sa sústredí na údaje o gravitačnom a magnetickom poli Jupitera a štruktúre jeho atmosféry.

Prevádzku sondy zabezpečuje Jet Propulsion Laboratory (Pasadena). Vedeckú náplň misie koordinujú Southwest Research Institute (San Antonio) a Goddard Space Flight Center (Greenbelt).

Sonda štartovala 5. augusta 2011. V dňoch 30. augusta 2012 a 14. septembra 2012 prebehli dve korekcie dráhy. 9. októbra 2013 preletela tesne okolo Zeme, minimálna výška bola 558 km. Po tomto manévre definitívne zamierila k Jupiteru a na obežnú dráhu okolo Jupitera prišla 4. júla 2016. Plánovaná je obežná dráha nad pólmami planéty s perijovom 4 300 km a apoiovom až dva milióny kilometrov, na ktoréj sa Juno vyhne väčšine intenzívnych radiačných oblastí Jupitera. Okolo Jupitera obehne za 20 mesiacov plánovanej činnosti 37-krát. Peniaze na prevádzku sú vyčlenené do februára 2018, v prípade mimoriadnych úspechov nie je vylúčené predĺženie misie.

Konštrukcia a prístrojové vybavenie

Sonda vrátane antén sa zmestí do kocky s hranou 3,5 m. Je vybavená troma rozkladacími panelmi slnečných batérií s celkovou plochou 65 m², ktoré sú schopné dodávať vo vzdialenosťi Jupitera elektrickú energiu s výkonom 400 W. Vďaka veľkej účinnosti moderných slnečných článkov sa sonda bude spoliehať len na slnečné batérie. Pri všetkých doterajších letoch do takýchto alebo väčších vzdialenosťí od Slnka boli sondy vybavené aj rádioizotopovými batériami. Juno ťaží z pokrokov vo vývoji slnečných článkov, keď súčasné sú o 50 percent efektívnejšie ako kremíkové články, ktoré mala kozmonautika k dispozícii pred 20 rokmi. Výkonové potreby misie sú skromné. Vedecké prístroje vyžadujú plný výkon len asi šesť hodín z každého 11-dňového obлетu Jupitera (v období najväčšieho priblíženia k planéte). Dráha sondy je navrhnutá tak, aby nedochádzalo k žiadnym zatmeniam Jupiterom, takže s výnimkou blízkeho preletu okolo Zeme v roku 2013 sú články spojite napájané slnečným žiareniom. Na komunikáciu sa využíva parabolická anténa s priemerom 3 m pevne umiestnená na tele sondy. Hmotnosť sondy je 3 625 kg.



Sonda Juno – štart 5. augusta 2011.

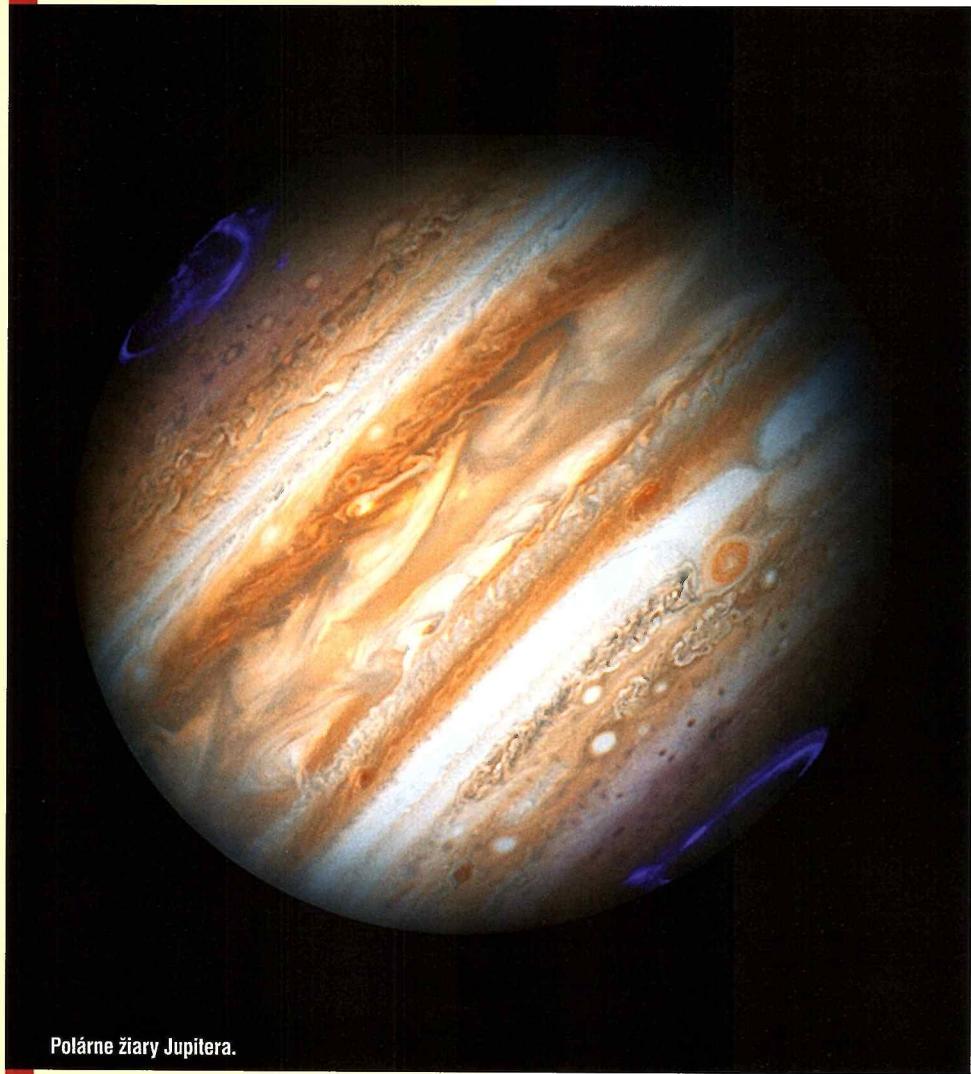
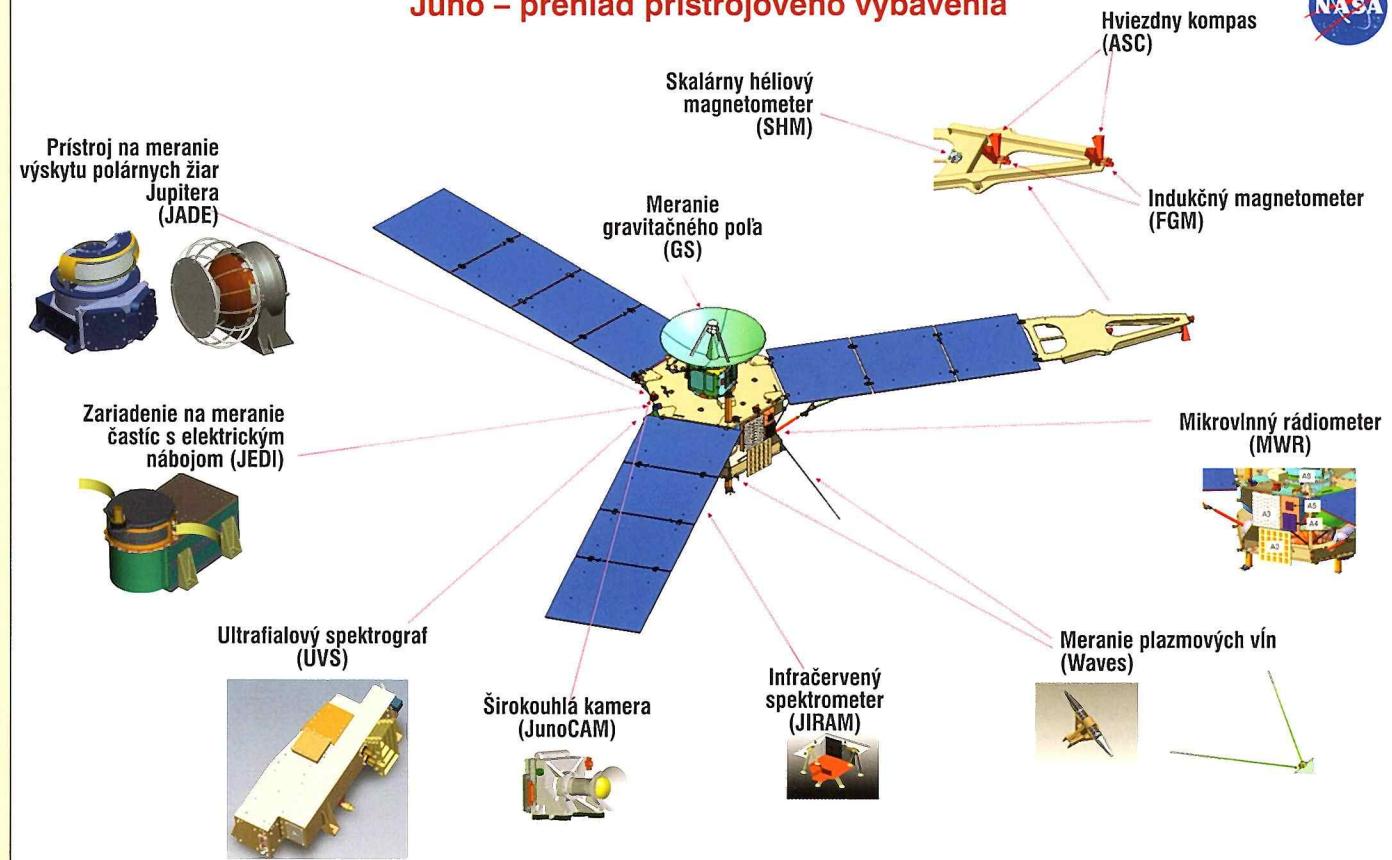


Juno v montážnej hale na myse Canaveral.





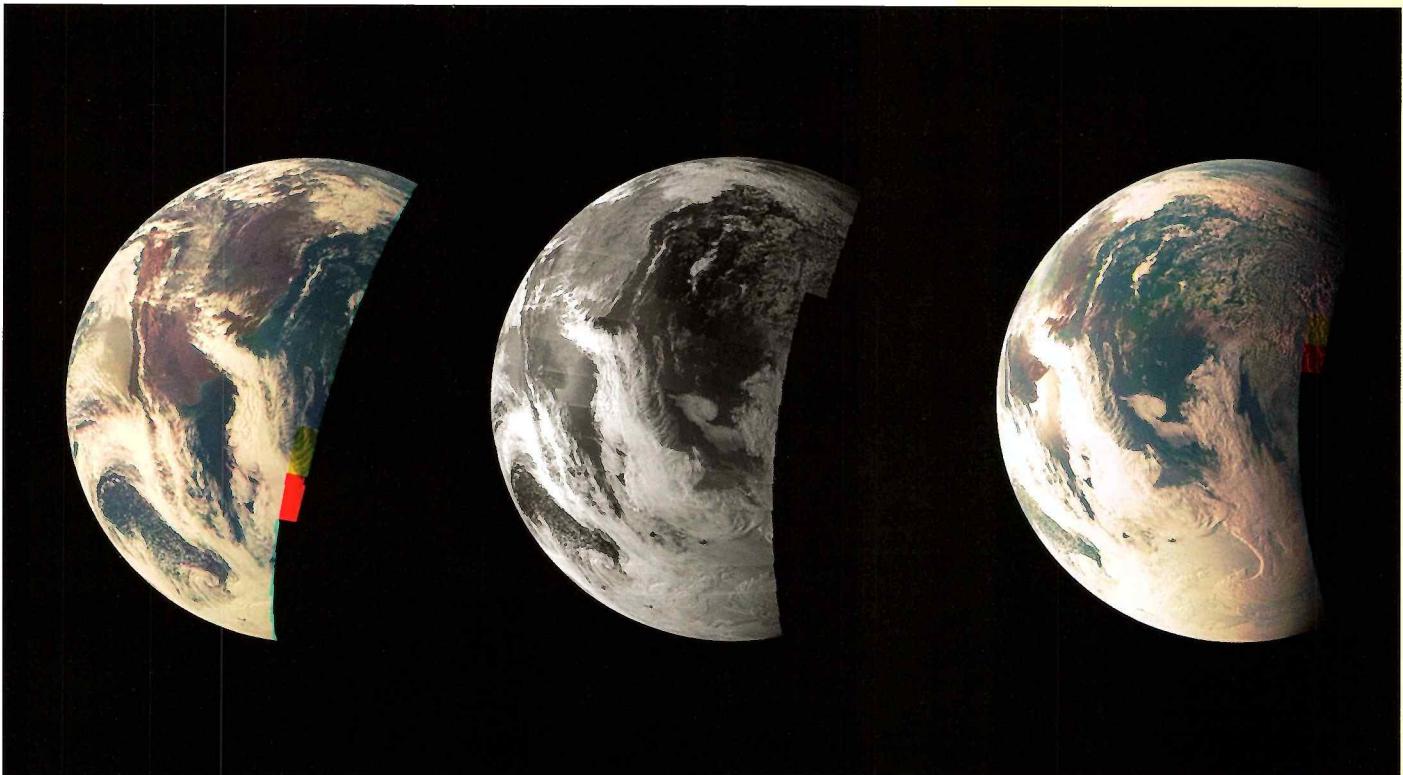
Juno – prehľad prístrojového vybavenia



Polárne žiary Jupitera.

Na splnenie vytýčených cieľov je Juno vybavené týmito prístrojmi:

- **Prístroj na meranie výskytu polárnych žiar Jupitera (JADE)** – bude merať výskyt elektrónov a rozdelenie rýchlosťí a zloženie iónov vodíka, hélia, kyslíka a síry.
- **Zariadenie na meranie častic s elektrickým nábojom (JEDI)** – sada detektorov na meranie energie a priestorového roloženie nabitých častic.
- **Ultrafialový spektrograf (UVS)** – spektrograf citlivý na ultrafialové emisie.
- **Skalárny héliový magnetometer (SHM)** – bude merať veľkosť magnetického poľa v okolí Jupitera s veľkou presnosťou.
- **Meranie gravitačného pola (GS)** – presné dopplerovské meranie parametrov dráhy pre detailné mapovanie gravitačného poľa planéty a zistenie vnútornej štruktúry Jupitera.
- **Širokouhlá kamera (JunoCAM)** – na zhodovanie prvých farebných snímok oblastí pôlov a farebných snímok vrcholov Jupiterových oblakov vo viditeľnom svetle.
- **Infračervený spektrometer (JIRAM)** – bude získávať infračervené spektrá a obrázky Jupitera, ktoré budú využité na výskum chemickej zloženia atmosféry v blízkosti polárnych žiar do hĺbky 50 až 70 km.
- **Hviezdný kompas (ASC)** – určenie presnej orientácie magnetometrov počas meraní.
- **Indukčný magnetometer (FGM)** – dva senzory budú merať veľkosť a smer magnetického poľa v okolí Jupitera.
- **Mikrovlnný rádiometer (MWR)** – sondáže Jupiterovej atmosféry do hĺbky 550 km a meranie teploty v rôznych hĺbkach,
- **Meranie plazmových vín (Waves)** – detekcia rádiových a plazmových vín v magnetosfére Jupitera.



Na konštrukciu prístrojov sú použité elektrotechnické súčiastky a obvody odolné voči silnému žiareniu. Kedže Jupiter má radiačné pásy podobné zemským Van Allenovým pásmom, len podstatne vyššej intenzity, je elektronika sondy chránená dvomi dodatočnými opatreniami. Prvým je volba dráhy sondy tak, aby sa vytlačila najintenzívnejším oblastiam žiarenia a citlivé merania vykonávala v hladinách pod radiačnými pásmi planéty. Druhým je radiačné tienenie, ktoré má Juno namontované na ochranu citlivých elektronických časťí. Bez týchto opatrení by nebol možný dlhodobý prieskum v takom radiačne náročnom prostredí.

3. Ciele misie

Tajomstvá ležia hlboko v hustej atmosfére Jupitera, ktorý je chránený najsilnejším magnetickým poľom a najintenzívnejšími radiačnými pásmi v Slnečnej sústave. Hlavným cieľom je pochopiť pôvod a vývoj Jupitera. K tomu budú slúžiť tieto čiastkové úlohy:

- podrobné štúdium radiačných pásov Jupitera, čo nám umožní pochopiť aj mechanizmus fungovania radiačných pásov Zeme;
- štúdium zloženia planéty vrátane hľadania odpovede na otázku, či má Jupiter pevné jadro (nejednoznačné výsledky k tejto otázke sme získali v roku 1994 pri zrážke Jupitera s jednotlivými úlomkami komety D/1993 F2 Shoemaker-Levy 9);
- podrobné zmapovanie gravitačného poľa;
- štúdium magnetoféry vrátane mohutných polárnych žiar;
- analýza rozloženia vody a čpavku v atmosfére, od čoho si vedci sľubujú potvrdenie alebo vyvrátenie rozdielnych hypotéz formovania planéty;
- štúdium atmosféry Jupitera s meraním zloženia, teploty a pohybov mrakov;
- štúdium búrok v atmosfére s rýchlosťami vetra až 600 km/h.

Všetky teórie o vzniku Slnečnej sústavy začínajú kolapsom obrovského prachoplynového oblaku, z väčšiny ktorého sa vytvorilo Slnko. Kedže Jupiter sa svojím zložením (hlavne vodík a hélium) veľmi podobá Slnku, musel vzniknúť veľmi skoro po sformovaní našej centrálnej hviezdy. Scenár, ako to celé prebehlo, je však nejasný. Nevyriešenou a rovnako vážnou je otázka, akú úlohu hrali pri formovaní Jupitera ľadové planetezimály. Určenie ich množstva môže spresniť vzdialenosť od Slnka, v ktorej sa Jupiter sformoval. Pre pochopenie fungovania planéty je dôležité tiež vedieť, ako hlboko siahajú všeobecne známe Jupiterove farebné pásy, kde dosiaľ pozorujeme len ich najvŕchnejšiu vrstvu. Sonda by mala získať údaje o atmosféri do nebývalej hĺbky.

Hlboko v atmosfére Jupitera je pod veľkým tlakom plynný vodík stlačený do kvapaliny známej ako kovový vodík. Vodík sa tam správa ako elektricky vodivý kov, ktorý je považovaný za zdroj intenzívneho magnetického poľa planéty. V silnom magnetickom poli vznikajú mohutné polárne žiary, ktoré bude Juno pozorovať v ultrafialovom svetle pri preletech nad polárnymi oblasťami.

**Doc. RNDr.
Ján Svoreň, DrSc.,
Astronomický ústav
SAV**

Snímky Zeme zhotovené Junom počas blízkeho preleta 9. októbra 2013. Prelet slúžil na urýchlenie sondy pre let k Jupiteru a snímky Zeme boli testom kamery JunoCam.

Pohľad na Jupitera so 4 galileovskými mesiacmi ako ho videlo Juno 21. júna 2016, vo vzdialosti 10,9 milióna kilometrov.

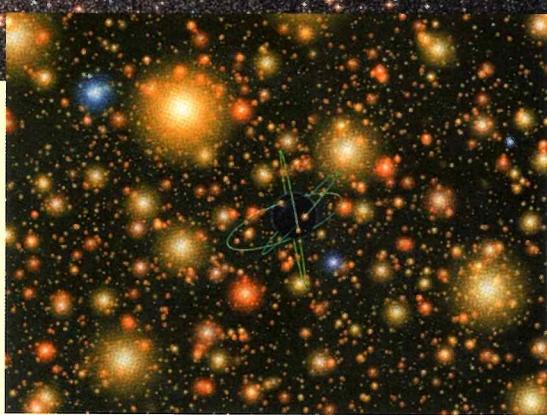


Čierne diery

so strednou hmotnosťou



Omega Centauri, s priemerom 150 svetelných rokov, je najväčšou gulôvou hviezdomkopou v našej Galaxii (hore). V centre podobných hviezdomkô by mohli hniezdiť čierne diery s hmotnosťami stoviek až statisícov Slnk. Dôkaz o ich existencii by mali priniesť údaje o pohybe hviezd v blízkosti takýchto čiernych dier (dole).



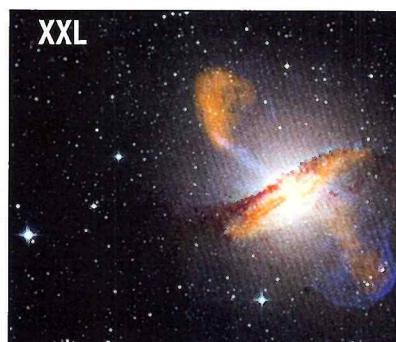
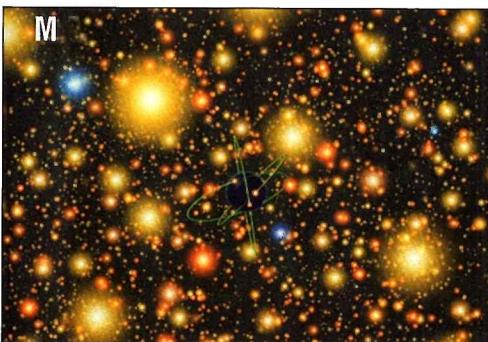
Zatiaľ sme objavili a overili iba dva druhy čiernych dier: tie obrovské, supermasívne, s priezemmi Slnka alebo Jupitera a gigantickými hmotnosťami miliónov, až miliárd Slnk; a stelárne čierne diery, čo majú hmotnosť nanajvyš niekoľko stoviek Slnk. Najbližšia supermasívna čierna diera Sagittarius A* (Sgr A*) sídli v srdci našej Galaxie. Jej hmotnosť je zhruba 4 milióny Slnk. Stelárne čierne diery, pozostatky po kedysi masívnych hviezdoch, objavujeme v bežných populáciach hviezd.

Existujú aj „poloňažké“ čierne diery s hmotnosťami niekolko stoviek až sto tisícok Slnk? Ľudovo, existuje okrem veľkostí S a XXL, aj veľkosť medzi nimi? Na túto otázku hľadá odpoveď čoraz viac tímov. Objaviteľskú horúčku vyvolali pozorovania extrémne masívnych čiernych dier s veľkým červeným posunom, objektov, ktoré sú veľmi vzdialené od našej Mliečnej cesty. Svetlo z týchto objektov putuje na Zem niekolko miliárd rokov. To znamená, že sa zrodili už krátko po big bangu. Ako však dokázali v takom krátkom čase nabaliť také množstvo hmoty?

Najjednoduchšou odpovedou je, že aj tá najhmotnejšia čierna diera začína ako obyčajná stelárna čierna diera, ktorá začala nabalovala hmotu zo okolia. Ibaže takéto nabalovanie hmoty by trvalo strašne dlho. Dlhšie ako vesmír, v ktorom sa čierne diery sformovali. Takže museli existovať aj väčšie objekty, ktoré boli zárodkami týchto gigantov: stredne velké čierne diery. Tieto objekty otvorili zhruba pred desiatimi rokmi úplne nový odbor výskumu čiernych dier.

Od tmavých hviezd k čiernym dieram

Čierne diery vzrušujú astronómov už niekolko storočí. Britský filozof a geológ John Michell (1724 – 1793) bol prvý, kto možnosť existencie takýchto telies zverejnil v článku v periodiku Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Chytil sa Newtonovej predstavy



o svetle ako o prúde nepatrých častíc. Usúdil, že ak tieto časticie majú akúsi hmotnosť, mali by sa aj ony riadiť zákonmi gravitácie.

Podľa Michellových výpočtov by mali existovať aj hviezdy s hmotnosťou $500 M_{\odot}$. Tie by mali také silné gravitačné polia, že by z nich nemohlo uniknúť ani svetlo! Prečo? Rýchlosť, pomocou ktorej by ste chceli uniknúť z povrchu takejto hviezdy, musela by byť vyššia ako rýchlosť svetla. Michell pre také objekty zaviedol pojmom „tmavé hviezdy“.

Michell so svojou hypotézou o existencii tmavých hviezd predbehol dobu. Možno až príliš. Až v roku 1915, keď Einstein predstavil svoju teóriu relativity, bolo možné čierne diery teoreticky opísť. O niekoľko mesiacov neskôr podarilo sa nemeckému fyzikovi Karlovi Schwarzschildovi (1873 – 1916) vyriešiť rovnice všeobecnej teórie relativity pre nehybný bod v časopriestore. Pomocou niekoľkých modifikácií možno z týchto rovníc odvodíť polomer nazvaný po Schwarzschildovi.

Tento polomer opisuje horizont udalostí jednoduchej, nerotujúcej, sférickej čiernej diery, spoza ktorého (ak ich zaň gravitácia vtiahne) nemôžu uniknúť ani svetlo, ani hmota.

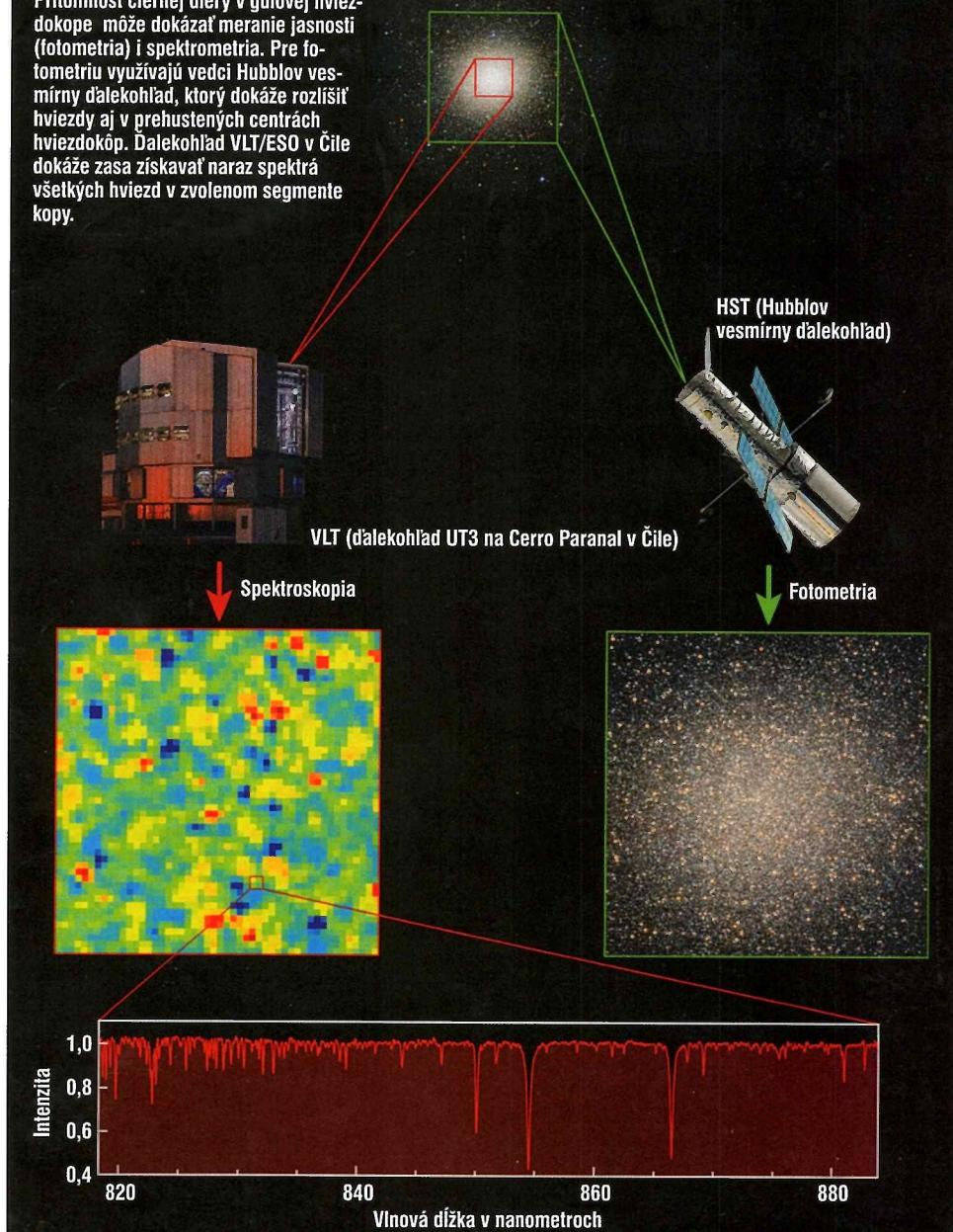
Vďaka Einsteinovi vieme, že sa nič nemôže pohybovať rýchlejšie ako svetlo a že čierna diera robí svojmu menu čest: priamo sa pozorovať nedá, pretože z nej neuniká ani žiarenie, ani hmota. Čierne diery však výrazne pôsobia na svoje okolie, ktoré pozorovať môžeme. Z údajov napozorovaných okolo čiernych dier odvodzujeme (nepriamo) skoro všetko, čo o čiernych dierach vieme.

Trieda S: stelárne čierne diery

Prvé nepriame pozorovania čiernych dier boli možné až 50 rokov po Schwarzschildovi. Až vtedy vypustili prvé sately, ktoré mohli skúmať vesmír aj v röntgenovej oblasti spektra. V roku 1964 po prvýkrát preskúmali americké sately (s Geigerovým počítacom na palube) malý segment oblohy. Zrazu objavili silný zdroj röntgenového žiarenia v súhvezdí Labute. Zdroj označený ako Cygnus X-1 bol v tom čase najsilnejším zo všetkých zdrojov röntgenového žiarenia.

Dnes vieme, že Cygnus X-1 je čierna diera. Presnejšie, dvojhviezda, ktoré zložkami sú čierna diera s hmotnosťou $15 M_{\odot}$ a normálna hviežda. Obe tieto telesá krúžia okolo spoločného tažiska, pričom čierna diera odsáva zo svojho sprivedu hmotu. Nasávaný plyn prúdi do akréčného disku, ktorý čoraz vyššou rýchlosťou špiráluje k horizontu udalostí. Vysoká rýchlosť a silné trenie zahrevajú plyn do takej miery, že emittuje silné röntgenové žiarenie.

Pritomnosť čiernej diery v guľovej hviezdochope môže dokázať meranie jasnosti (fotometria) i spektrometria. Pre fotometriu využívajú vedci Hubblov vesmírny ďalekohľad, ktorý dokáže rozlíšiť hviezdy aj v prehustených centrálach hviezdochôp. Ďalekohľad VLT/ESO v Čile dokáže zasa získavať naráz spektrá všetkých hviezd v zvolenom segmente kopy.



Cygnus X-1 je pritom iba vrcholcom ľadovca: medzičasom sme objavili veľa dvojhviezd v našej i v iných galaxiách. Medzi nimi i dvojhviezdy, kde sú obe zložky sústavy čierne diery.

Ako sa formujú čierne diery? Proces umožňuje logickú vlastnosť gravitácie: pôsobiť na okolie výlučne dosťredivo. Všetky objekty, planéty, hviezdy, galaxie sa navzájom pritáhujú. Je teda iba otázkou času, kým v niektorých miestach vesmíru dôjde k takému nahusteniu hmoty, ktoré vznik čiernej diery umožní.

V dejinách vesmíru dochádza k podobným udalostiam nepretržite, ale čoraz zriedkavejšie.

Najviac čiernych dier sa formovalo v mladom, hustom, horúcom vesmíre.

Stelárne čierne diery (s hmotnosťami do $100 M_{\odot}$) sú produkmi agónie masívnych, normálnych hviezd. Hviezdy, ktoré už spotrebovali zásoby energie (vodíka) a reakcie fúzie v ich jadrach utichli. V momente, keď prírodný reaktor prestane produkovať miliardy fotónov s vysokou energiou prenikajúcich na jej povrch, tlak žiarenia už nedokáže vzdorovať gravitácii a hviežda skolabuje.

Zložité procesy vo vnútri kolabujúcej hviezdy vygenerujú najčastejšie supernovu. Explózia odvrhne obálku umierajúcej hviezdy do okolia a zároveň stlačí jej jadro tak, že z neho vznikne superhusté teleso: neutrónová hviežda, alebo čierna diera.

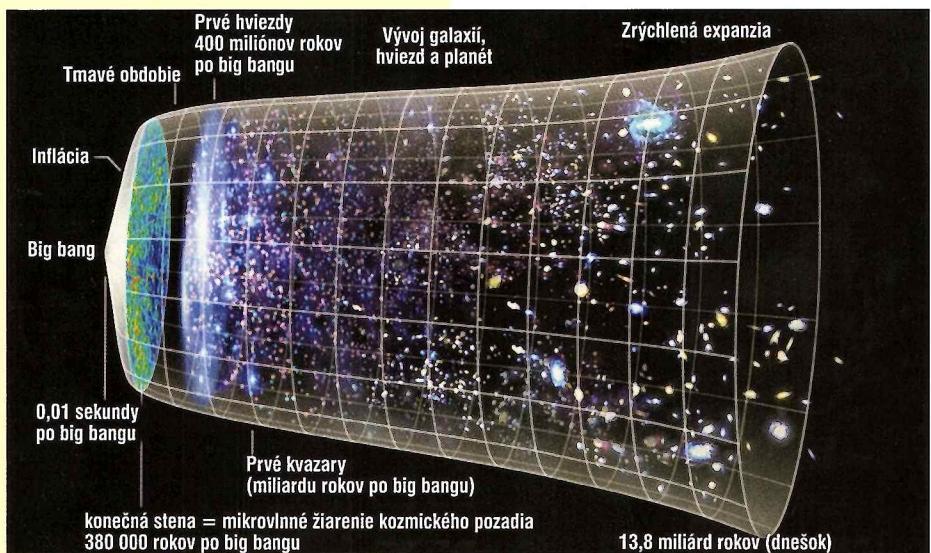
Superačiaké objekty

Stelárne čierne diery nie sú „ani zdäka“ najväčšími a najhmotnejšími objektmi svojho druhu. V roku 1963 pozoroval holandský astronóm Maarten Schmidt zdroj rádiových emisií 3C273 v súhvezdí Panny. Objekt najskôr považoval za



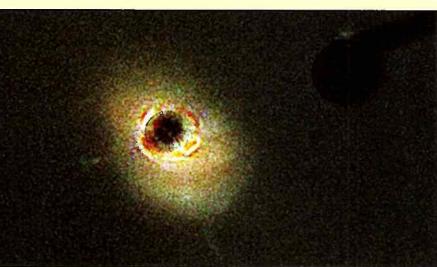
Čierne diery rôznych veľkostí

Obrazne: čierne diery sa vyskytujú v troch konfekčných veľkostach: stelárne čierne diery (S) sú konečným produkтом agónie svojich progenitorov, masívnych hviezd. Nie sú väčšie ako najväčšie asteroidy, hoci ich hmotnosti dosahujú až $100 M_{\odot}$. Stredne veľké (poločiarké) čierne diery (M) môžu mať hmotnosť až $100 000 M_{\odot}$. Ich existencia nebola zatiaľ potvrdená. Malí by sa nachádzať v strede guľových hviezdochôp, ktoré majú zhruba milión hviezd. Extrémne hmotné čierne diery (XXL) s hmotnosťami miliónov až miliarad M_{\odot} hniezdia v jadrach galaxií, ktoré obsahujú miliařdy hviezd. Tieto diery prezrádzajú jednak žiarenie generované akréčnym diskom, krúžiacim okolo čiernej diery, alebo pohyby hviezd, ktorých dráhy sa ocitnú v ich bezprostrednej blízkosti.



Od prvých hviezd k prvým kvazaram

Vývoj vesmíru sa začal big bangom a krátkou, inflačnou fázou. 400 miliónov rokov trvalo, kym sa sformovali prvé hviezdy. Miliardu rokov trvalo, kym dozreli prvé kvazary, jasné, horúce jadrá aktívnych galaxií. Ich energiu generuje hmota nasávaná extrémne hmotnými čiernymi dierami. Vedci zatiaľ nevedia, ako sa tito kozmickí giganti mohli sformovať z hviezd. Teoretici sa nazdávajú, že bez fázy, keď dominovali stredne hmotné čierne diery, by sa veľké čierne diery neboli mohli vyuvinúť.



3C273 v súhvezdí Panny je opticky najjasnejší kvazar na oblohe.

hviezdu. Neskôr zistil, že čiary v spektri tohto zdroja sú posunuté k červeným vlnovým dĺžkam. Usúdil, že objekt 3C273 musí byť oveľa vzdialenejší, ako predpokladal. Uvedomil si, že skutočná jasnosť tejto zdánlivej hviezdy musí byť extrémna. Inak by ju v takej vzdialosti nebolo možné rozlíšiť.

Schmidt nazval zvláštny zdroj kvázistelárnym objektom. Z toho sa neskôr vyuvinul pojem kvazar. Ako vieme, objekt, ktorý Schmidt objavil, neboli hviezdom, ale žiariacim, jasným jadrom aktívnej galaxie. Teda kvazaram. Kvazar 3C273, vzdialenosť 2,5 miliárd svetelných rokov, je najjasnejším kvazaram na oblohe: žiare biliónkrát jasnejšie ako naše Slnko.

Už krátko po Schmidtovom objave dospel britský astrofyzik Donald Lynden-Bell k názoru, že takým gigantickým zdrojom energie môže byť iba objekt schopný nabalovať ozrútne množstvo hmoty – supermasívna čierna diera v jadre neznámej galaxie.

Aj akrény disk takého giganta má úctyhodné parametre: gravitácia čiernej diery nasáva do ozrutej špirály prach, plyn i rozpadajúce sa zvyšky gravitačne deštruovaných hviezd z najbližšieho okolia. Keď sa hmota v špirále disku

zahreje, žiare podobne ako v prípade stelárnych čiernych dier. Toto žiarenie však má aj v kozmickom meradle gigantickú intenzitu.

Nové generácie ďalekohľadov, nové, revolučné technológie i oveľa efektívnejšie spracúvanie napozorovaných údajov umožnili čoraz početnejšie objavy kvazarov v čoraz odľahlších oblastiach vesmíru. Zrazu sa zdalo, že vesmír je plný extrémne hmotných čiernych dier.

Záhady okolo gigantov

Vzdialenosť v astronómii znamená v každom prípade prienik do viac či menej hlbokej minulosťi vesmíru. Čím je ten-ktorý objekt od nás vzdialenejší, tým dlhšiu dobu potrebuje svetlo, aby k nám od neho doletelo. Čím dlhšie k nám svetlo letí, tým mladší je vesmír, v ktorom sa sformovalo svetlo/žiarenie emitujúce teleso. Dnes poznáme kvazary, ktorí vyslali svoje svetlo v čase, keď mal vesmír sotva 1 miliardu rokov!

Miliarda rokov je dlhé obdobie, ale iba vtedy, kym si neuvedomíme, ako sa supermasívne čierne diery, tieto generátory kvazarov, formovali. Ako sa vo vesmíre plnom malých, stelárnych čiernych dier mnohé z nich postupne gravitačne spájali a vteľovali do čoraz väčších čiernych gigantov?

Niektorým vedomcom sa zdalo, že miliarda rokov je na dovršenie takýchto procesov prikrátka. Navýše prvé stelárne čierne diery sa mohli formovať najskôr 400 miliónov rokov po big bangu. Najstaršie, väčšinou obrovské hviezdy, ktorých kolapsom prvé stelárne čierne diery vznikali, mali neobyčajne krátky život: iba niekoľko miliónov, či desiatok miliónov rokov. Pritom: aj na „prípravu“ prvých hviezd potreboval vesmír istý čas. Obdobie, v ktorom sa horúca plazma postupne menila na subatomárne čästice, vzápäť na atómy a molekuly prvých prvkov: najmä vodíka, hélia a trošky lítia.

Túto záhadu riešili viaceré teórie. Dnes sa vedi prikláňajú k názoru, že prvé čierne diery museli byť väčšie ako dnešné stelárne čierne diery. Zo simulácií na počítačoch vyplynulo, že už pri počiatočnej hmotnosti $10\ 000\ M_{\odot}$ (stonásobok hmotnosti stelárnej čiernej diery) prebieha akrecia (nabalovanie hmoty) oveľa rýchlejšie. Tak sa malá čierna diera oveľa rýchlejšie môže vyuvinúť na väčšiu, masívnejšiu.

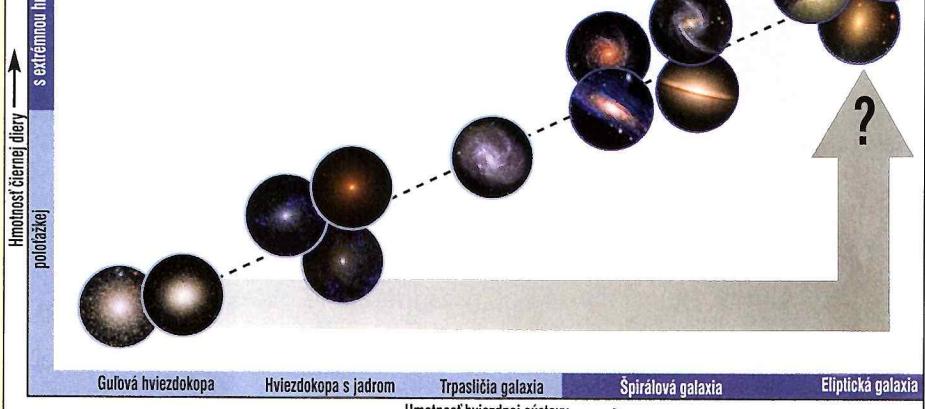
Ešte rýchlejšie prebieha proces gravitačného splývania menších čiernych dier do jedinej, extrémne masívnej.

Na obrazovkách počítačov sa sformovala nová kategória virtuálnych, „poločažkých“ čiernych dier: s hmotnosťami 100 až 100 000 M_{\odot} . Na obrazovkách stredne veľké čiernej diery vznikali a fungovali. Už ich bolo iba treba objaviť.

Uprostred guľovej hviezdkopy

Ako vznikali poločažké čierne diery? Vedci navrhli dve možnosti: buď kolapsom extrémne hmotnej hviezdy, alebo gravitačným splývaním viacerých malých čiernych dier.

Vieme, že hviezdy vznikajú gravitačným kolapsom zhustkov hmoty a plynu v gigantických oblakoch. Vedci však nepoznajú mechanizmus, ktorý by týmto spôsobom mohol formovať objekty s hmotnosťami tisíckov Slnk. Gravitačný kanibalizmus im pripadal ako oveľa reálnejšia možnosť vzniku poločažkých čiernych dier.



Hmotnosť hviezdných systémov určuje zatiaľ neznámy vzťah medzi nimi a hmotnosťou ich centrálnych čiernych dier. Sivá šípka zviditeľňuje možnosť, podľa ktorej by poloažké čierne diery (ČD so strednými hmotnosťami) v gulových hviezdkopách mohli byť zárodkami extrémne masívnych čiernych dier.

Guľové hviezdkopy v počítači

Simulácie s N-telesami patria medzi najstaršie simulácie svojho druhu v astronómii. Vychádzajú z najmä Newtonovej rovnice pre gravitáciu, pomocou ktorej telesá s nenulovou hmotnosťou na seba pôsobia.

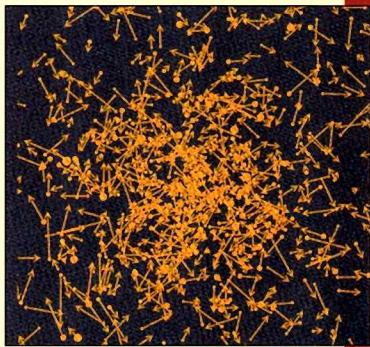
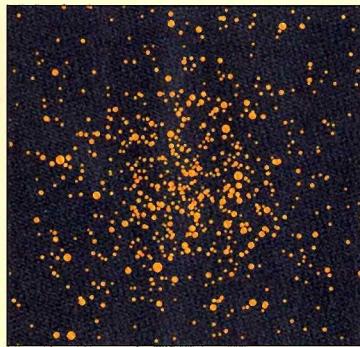
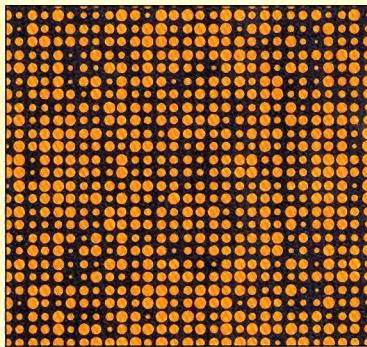
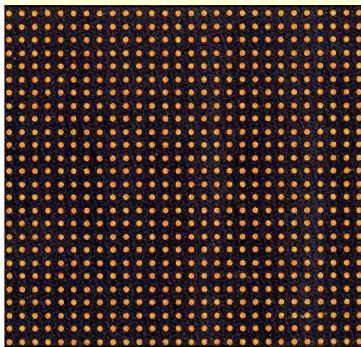
V prípade dvoch telies možno túto rovnica presne vyriešiť. Ak do rovnice dosadíme Slnko a jeho planéty, výsledkom budú keplerovské dráhy (elipsy, hyperboly, paraboly) okolo centrálneho telesa.

V prípade troch a viac telies však už rovnica presné riešenia nemajú. Jedinou možnosťou, ako určiť správanie takého systému, je meranie

zmien rýchlosť a poloh zúčastnených objektov. Taký postup je však veľmi nákladný, nakoľko pre každé teleso musí byť zohľadnená celková sila, ktorá je súčtom gravitácie všetkých ostatných objektov, takže ku každému kroku v čase musí byť priradený jeden N.N krok. Preto na analýzu guľovej hviezdkopy potrebujú aj superpočítače niekoľko mesiacov.

Na simuláciu N-teles potrebujeme štyri kroky (pozri obrázky).

Pre každý krok v čase (jeho hodnota závisí od počtu hviezd a dĺžky ich obežných dráh) vypočítaj iba nové polohy a rýchlosť všetkých hviezd a tak simuluje vývoj guľovej hviezdkopy. Simuláciu vzápäť porovná s napozorovanými údajmi.



Prvý krok – počet: zvolíme si vhodný počet N-teles, alebo hviezd. Naokolo čas, potrebný na výpočet sa s každým ďalším N zvyšuje, je kompromis medzi pri- blžnou (ale blízkou reálnej) skutočnosťou a vynaloženým časom, ktorý je ešte obhájiteľný, nutnosťou.

Druhý krok – hmotnosti: Primerane k charakteristickému rozloženiu prideliť jednotlivým teliesám rôzne hmotnosti. Tak ako v skutočnej guľovej hviezdkope má simulovaný objekt veľa malých a niekolko veľkých hviezd.

Tretí krok – rozloženie: Hviezdy sa rozmiestnia do priestoru v ich počiatocných polohách. Podľa rozloženia hmotnosti, tak ako to pozorujeme pri skutočných guľových hviezdkopach. Smerom k stredu hustota narastá.

Štvrtý krok – rýchlosť: Každej hviezde priradíme istú rýchlosť tak, aby sa simulovaná guľová hviezdkopa nachádzala v stabilnej rovnováhe medzi gravitáciou a energiou pohybu.

Takéto gravitačné splývanie však môže prebiehať iba vo hviezdami prehustených oblastiach, tam, kde sú vzdialenosť medzi hviezdami oveľa menšie, ako vo väčšine rozpínajúceho sa vesmíru, napríklad v guľových hviezdkopach.

Najviac hviezdkop sa vyskytuje na periferii veľkých galaxií alebo v ich hale. V priebernej hviezdkope je zhruba milión hviezd. Vzdialenosť medzi nimi zriedka prevyšuje 1 svetelný rok. Uprostred guľových hviezdkop býva hustota hviezd ešte vyššia. Počet kolízii hviezd či čiernych dier je vo hviezdkopach oveľa vyšší ako v okolitom vesmíre.

Na výše guľové hviezdkopy patria medzi najstaršie útvary vo vesmíre. Guľová hviezdkopa M15 v súhvezdí Pegasa, vzdialenosť 33 000 svetelných rokov, má zhruba 12 miliárd rokov. Hviezdy v takomto zoskupení sa sformujú v priebehu 100 miliónov rokov. Ergo: tieto zhluky hviezd existovali ešte predtým, ako sa sformovali prvé galaxie, najmä tie, v ktorých hniezdia supermasívne čierne diery.

Vynorila sa otázka: Môžu byť guľové hviezdkopy utajenými fabrikami na výrobu „položkých“ čiernych dier, objektov, z ktorých sa neskôr gravitačne pozliepajú supermasívne čierne diery, generátory kvazarov?

V guľových hviezdkopach by však vedci mohli objavíť aj čosi iné... Vieme, že platí: ak porovnáme doteraz overené masívne čierne diery s ich hostitelskými galaxiami, zistíme, že čím väčšia je galaxia, tým masívnejšia je jej čierna diera. Presnejšie: existuje priama závislosť medzi hmotnosťou galaxie a hmotnosťou jej čiernej diery. Generátory kvazarov?

Tento vzťah je záhadný, hoci na prvý pohľad ho vnímame ako logický. Ukázalo sa totiž, že hocjaká galaxia a jej centrálna čierna diera sa navzájom ovplyvňovať nemôžu. (Ak aj, tak iba nepatrne, čo je v absolútnom nepomere k veľkosti tej-ktorej galaxie.)

Jediným vysvetlením je, že galaxia i čierne diery prešli podobným procesom rastu a ich hmotnosti sa počas celého procesu zväčšovali proporcionálne!

Ak tento vzťah platí aj pre položké čierne diery, v akých systémoch by sa mali nachádzať? Mali by to byť systémy s hmotnosťami 1 až 100 miliónov M_{\odot} . Pre galaxie je to málo, hoci boli objavené aj trpasličie galaxie s hmotnosťami 100 000 M_{\odot} , čo je hodnota na hornom konci hmotnostného rebríčka položkých čiernych dier.

Na spodnom okraji tejto škály (100 a 10 000 M_{\odot} pre čiernu dielu) pripadajú do úvahy iba také hostitelské sústavy hviezd, ktoré sú menšie ako trpasličie galaxie. Presne sem pasujú aj guľové hviezdkopy.

Pátranie po neviditeľnej hmotnosti

Ak pre existenciu položkých čiernych dier hovorí len nepriamych dôkazov, prečo sa nám nedá objavovať ich, napriek tomu, že vedci už niekolkokrát presnorili celú oblohu v rötenovom i rádiovom okne? Prečo? Vedľa toho dokážeme detegovať signály stelárnych čiernych dier, prečo sa to nedá v prípade tých položkých?

Jedna z možných odpovedí súvisí s „krámkom“ čiernych dier. Guľové hviezdkopy, ako najstaršie objekty, sa skladajú iba z hviezd. Tieto hviezdy už všetok prach a plyn z hviezdkopy na seba nabalili. Tam, kde net plyn, tam sa nemôže vytvoriť ani akréčny disk krúžiaci okolo čiernej diery, ktorý emituje jasný signál: röntgenové žiarenie. Z času na čas sa sice môže stať, že aj položká čierna diera v takejto kope nejakú hviezu ulovi, rozdrví a skonzumuje. Takéto hody by sme však museli vystihnuť. Ale ako? Podobné udalosti sú vyslovene zriedkavé. Predvídať sa nedajú. Neustále monitorovanie vhodných guľových hviezdkop bolo zasa príliš

nákladné. Samotná čierna diera sa v takomto hniezde nijako neprevádzuje. Jediné, čo ju môže prezradiť, je jej silné gravitačné pole.

Utajenú čiernu dielu vo hviezdkope však môže prezradiť pohyb hviezd v jej blízkosti. Taktiež nepriamo dokázali vedci aj existenciu centrálnej čiernej diery v Mliečnej ceste.

V prípade guľovej hviezdkopy je nám na dobrej pomoci jej dynamika. Rovnako ako vo všetkých sústavách hviezd sú hmotnosť a pohyb hviezd v rovnováhe. Ak by sa hviezdy v takej kope prestali pohybovať, okamžite by skolabovala. Ak by sa, naopak, pohybovali príliš rýchle, kopa by sa skoro rozpadla.

V rovnováhe hviezdkopy sa hviezdy pohybujú práve tak rýchle, že ostanú vo hviezdkope viazané. Z rýchlosťi hviezd možno teda odvodíť hmotnosť celej kopy vrátane čiernej diery, ak vôbec v jej centre hniezdi.

Pre takéto meranie rýchlosť potrebujeme dva súbory údajov: fotometrické a spektroskopické. Fotometrické obstaráva najmä vesmírny dalekohľad Hubble, pretože má zo všetkých optických prístrojov najlepšiu rozlišovaciu schopnosť. Ostrost snímok z HST je doslova omračujúca: dokážeme na nej rozlišiť väčšinu hviezd kopy, dokonca aj v jej strede! Pomocou týchto snímok dokážu vedci hviezdy vo hviezdkope porátať.

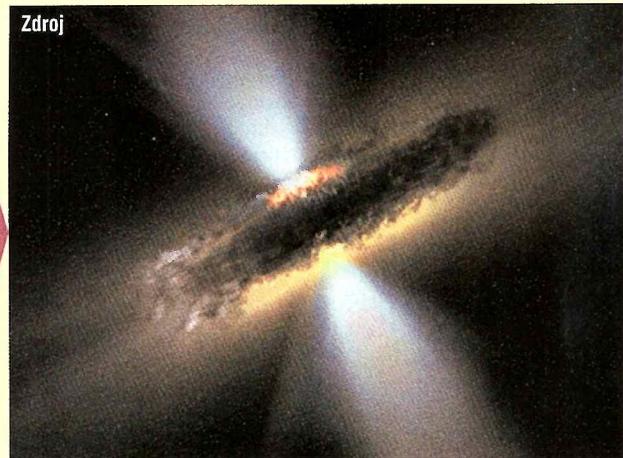
Rýchlosť pohybu hviezd sa meria pomocou dalekohľadu VLT UT3/ESO v Čile. Tento dalekohľad nemá súčasť také rozlišenie ako HST, pracuje však s presnejšími prístrojmi. Jedným z nich je špeciálny spektrograf, umožňujúci získať razom spektrá všetkých hviezd vo zvolenom výseku oblohy, nie iba jednotlivých objektov. Táto metóda je priam stvorená pre získavanie údajov o prehustených hviezdkopach. Doplerovské posuny v spektrach hviezd preprádzajú ich dynamiku: čím rýchlejšie sa smerom k nám



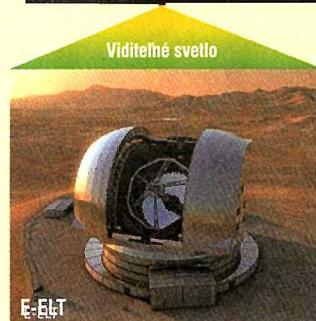


Athena

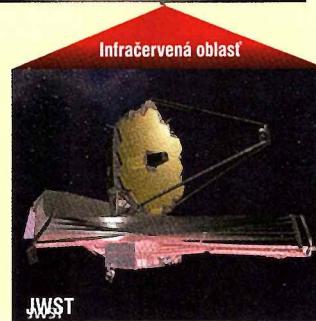
Ďalekohľady budúcych generácií nazrú oveľa hlbšie do vnútra guľových hviezdomôpôp a kvazarov. Ich rozlišovacia schopnosť mnohonásobne prekoná možnosti dnešných prístrojov. Ďalekohľad E-ELT presnejšie zmeria pohyby hviezd v guľových hviezdomôpôp. Okolie extrémne masívnych čiernych dier dopodrobna preskúmajú nové prístroje v infračervenej, rádiowej a röntgenovej oblasti.



Zdroj



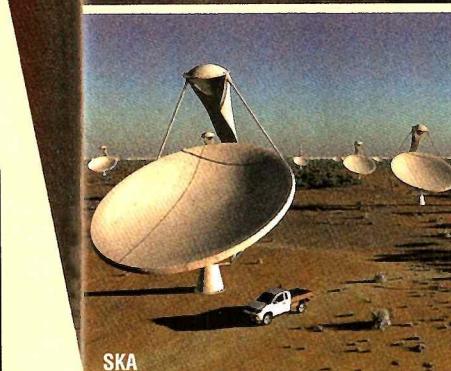
E-ELT



JWST



ALMA



SKA

Rádiiová oblasť

pohybujú, tým viac sa ich svetlo posúva do modrej oblasti. A naopak: čím rýchlejšie sa pohybujú smerom od nás, tým viac sa posúva do červenej.

Takto zistíme, či sa hviezdy okolo stredu hviezdomôpôp naozaj pohybujú iba tak rýchle, ako sa to očakáva z ich počtu. Ak sa pohybujú rýchlejšie, malo by sa v strede kopy nachádzať viac hmoty, ako vidíme!

Aj táto metóda však má svoje slabiny. Na rozdiel od galaxií, kde ju vedci s úspechom používajú, pri hviezdomôpôpach sú výsledky neurčitejšie. Prečo? Počet hviezd v dosahu čiernej diery je v hviezdomôpe oveľa menší ako v galaxiach. Preto aj jediná hvieza môže výsledok merania výrazne ovplyvniť, hoci sa len nepatrne odchýli od svojej dráhy.

Ďalším problémom je počítanie hviezd v guľovej hviezdomôpe. Tieto, napospol staré hviezdy ani zdaleka všetky nežiaria. Kopa obsahuje množstvo pozostatkov po bývalých hviezdoch: bielych trpaslíkov, neutrónové hviezdy i menšie čierne diery. Akú celkovú hmotnosť tie-to nepozorovateľné telesá majú, nevedno. Koľko neviditeľnej hmoty je sústredenej v čiernej diere? Koľko v ostatných kompaktných objektoch?

Vedci v takomto prípade simulujú situáciu pomocou superpočítačov. Simulácie s takzvaným N-počtom telies sa robia v prípade rekonštruovania vývoja celej kopy. Iba tak možno hojnosť výskytu neviditeľných objektov aspoň približne odhadnúť.

Učené škriepky

Nejednoznačnosť nameraných údajov výskum na tomto poli neprijemne stáruje. Bezmála každý objav „poločaskej“ čiernej diery v guľovej hviezdomôpe býva spochybňovaný údajmi z dielne iného tímu. Napríklad prípad Omega Centauri v súhviedzi Kentaura:

Táto najväčšia guľová hviezdomôpa v našej

Galaxii je od nás vzdialenosť 15 800 svetelných rokov. Tvorí ju najmenej 10 miliónov hviezd. Tím z University of Texas zaznamenal v roku 2008 v tejto kope príznaky prítomnosti poločaskej čiernej diery. Vyhodnotením údajov z HST a VLT zistili, že má hmotnosť 40 000 M_{\odot} .

O dva roky neskôr zistil tím zo Space Telescope Science Institute (STSI) tento objav spochybnil. Celé roky (pomocou HST) zaznamenávali zmeny poloh jednotlivých hviezd v kope, porovnávali ich a tak vypočítávali ich rýchlosť. Na rozdiel od spektroskopie ide o oveľa zdôľavejšiu metódu. Tím zistil, že rýchlosť hviezd v strede kopy sa nemenia tak rýchlo, ako by sa mali, keby tam sídlila čierna diera s hmotnosťou 40 000 M_{\odot} . Odhadli, že ak vôbec v strede kopy Omega Centauri nejaká čierna diera hniezdi, nemôže mať vyššiu hmotnosť ako 12 000 M_{\odot} .

Nielen kvôli Omega Centauri sa vedci sporia. Aj v guľovej hviezdomôpe NGC 6388, vzdialenej 35 000 svetelných rokov, by mala hniezdiť poločaskej čierna diera. Ale tím, čo ju skúmajú, sa nevedia dohodnúť, ktoré údaje o rýchlosťi pohybu hviezd v tejto kope (odvodené z ich spektier), sú správne.

A tak podnes nemáme definitívny dôkaz o tom, či čierne diery strednej veľkosti a hmotnosti naozaj existujú. Vedci však objavili niekoľko slubných kandidátov.

Čoraz intenzívnejšie pátranie

Podobné spory prebiehalo a prebiehajú aj v iných odboroch astronómie. Niektorí trvajú aj celé desaťročia. Stáva sa, že spor vyriešia až ďalekohľady novej generácie. V našom prípade sa vedci spoliehajú najmä na European Extremely Large Telescope (E-ELT/ESO), optický ďalekohľad, ktorý bude pracovať v Čile. Bude mať 10-krát vyššie rozlíšenie ako HST. Astrometria v guľových hviezdomôpôpach bude teda ove-

ľa presnejšia. Spory okolo Omega Centauri a NGC 6388 by mali potom utichnúť.

Astronómovia s pomocou tohto ďalekohľadu dokážu priamo pozorovať pohyb hviezd okolo potenciálnych čiernych dier v guľových hviezdomôpôpach. Rovnako ako pohyb hviezd okolo čiernej diery v srdci Mliečnej cesty. Analýza údajov o rýchlosťi a možnosti zaznamenávať aj zrýchlenia jednotlivých hviezd v hviezdomôpôpach umožní odhalit vlastnosti centrálnych čiernych dier.

Výkonnejšie prístroje sa vyvíjajú aj pre ďalšie okná do vesmíru. Röntgenový ďalekohľad Athena (ESA), ktorý vypustia o dvanásť rokov, dokáže rozlíšiť akréciu najmasívnejších čiernych dier aj v tých najvzdialenejších galaxiach. Porovnaním údajov o zmenách veľkosti čiernych dier dokážu vedci rekonštruovať evolúciu vesmíru.

Aj čoraz silnejšie rádioteleskopy (ALMA v Čile, alebo Square Kilometer Array – SKA – v Južnej Afrike a v Austrálii) nebudú monitorovať iba akréciu okolo vzdialenejších, masívnych, ale aj stelárnych čiernych dier.

V infračervenej oblasti sa najväčšie nádeje vkladajú do vesmírneho ďalekohľadu James Webb, ktorí nahradí HST. Na palube bude mať dôležitý prístroj na detegovanie čiernych dier, ktorý dokáže analyzovať aj svetlo kvazarov na samom okraji dnes pozorovateľného vesmíru.

Lavínu údajov budú vedci spracovať pomocou najvýkonnejších počítačov a dôtipných algoritmov. Tieto prístroje umožnia pochopiť nielen vznik a vývoj najmasívnejších čiernych dier, ale pomocou „poločaskej“ exemplárov odhaliť aj tajomstvo ich neuveriteľne rýchleho rastu.

Sterne und Weltraum, 3/2016

E. G.

Objav galaktickej priestorovej zvláštnosti, alebo „kozmický kanibalizmus“

Tento článok dávam do pozornosti aj našim amatérskym pozorovateľom nočnej oblohy, nakoľko je výborným príkladom toho, ako aj v takej náročnej oblasti, akou je výskum galaxií, a špeciálne galaktický kanibalizmus, môžu kvalitné amatérské pozorovania zohrať dôležitú úlohu.

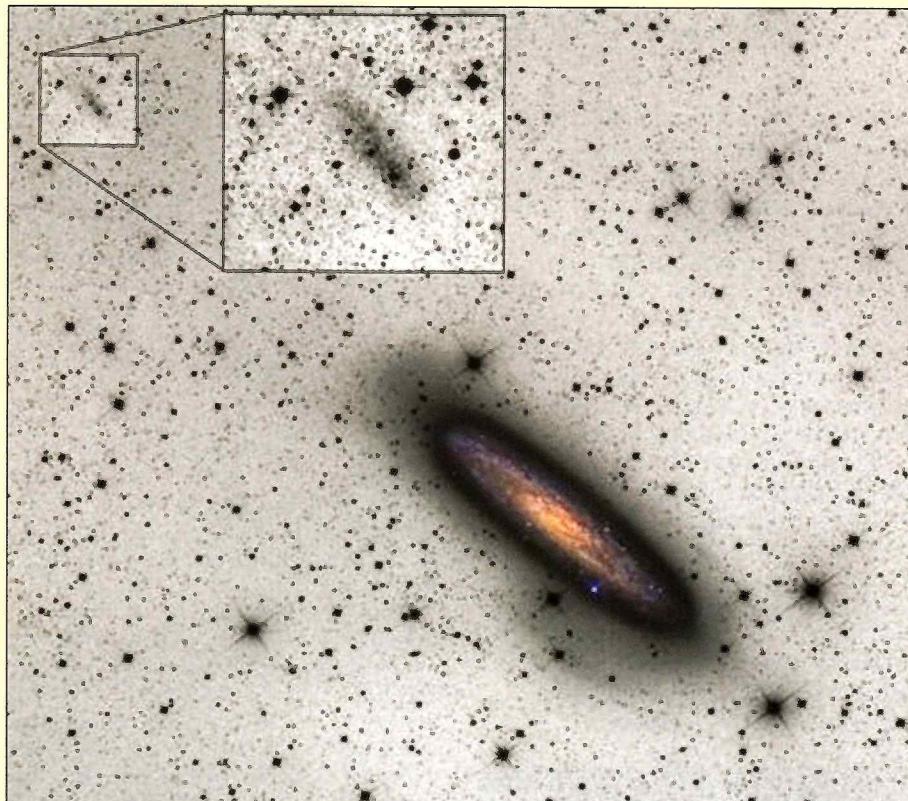
Medzinárodný tím vedcov, ktorý riadil Aaron Romanowsky zo San José State University, použil ďalekohľad Subaru na identifikáciu slabej trpasličej galaxie, ktorú deformuje nedaleká obria špirálová galaxia. Vonkajšie oblasti obrúc galaxií, podobných našej Mliečnej ceste, obsahujú množstvo chaoticky rozloženého odpadu po stovkách menších galaxií, ktoré sa kedy sú rozpadli na kúsky. Tieto trpasličie galaxie sú považované za stavebný materiál obrovských galaxií, no priamych dôkazov o tom, ako obrie galaxie absorbuju materiál okolitých trpaslíkov, je stále poriedko. Teraz sa podarilo zaznamenať páru galaxií v akte „smrtelného objatia“, ako to opisuje Dr. Romanowsky.

V uvedenej práci sa študovali dva objekty, NGC 253, ktorá sa už dávnejšie nazýva aj galaxia Strieborný dolár. Novoobjaveným objektom je trpasličia galaxia NGC 253-dw2. Obidve galaxie sa nachádzajú v súhvezdí Sochára vo vzdialosti 11 miliónov svetelných rokov od Zeme. Ich vzájomná vzdialenosť je 160 000 svetelných rokov. Trpasličia galaxia má pretiahnutý vzhľad, čo je dôsledok slapového pôsobenia nedalekej obrej galaxie. Trpasličia galaxia bola uväznená gravitačiou veľkej galaxie a neprežije dlho nedotknutá. V nedalekej budúcnosti (z kozmického hladiska) sa dostane bližšie k hostiteľskej galaxii, kde môže byť roztrhaná až do zabudnutia. Môže však dôjsť aj k poškodeniu tvaru obrej galaxie v prípade, ak je hmotnosť trpaslíka dostatočne veľká. Vzájomné pôsobenie obidvoch galaxií môže vyriešiť záťať pretrvávajúcu záhadu NGC 253, nakoľko špirálový obor vykazuje znaky porušenia tvaru pravdepodobne z dávnej minulosti. Odhadované objekty, ktoré to mohli spôsobiť, už dávno zanikli, no teraz sa konečne podarilo odhaliť a identifikovať konkrétneho páchatela.

Objav NGC 253-dw2 má neobyčajný pôvod. Tento slabý objekt ako prvý objavil amatérsky astrofotograf Michael Sidonio z Austrálie, ktorý získal digitálnu fotografiu danej oblasti pomocou iba 30-cm ďalekohľadu. Ďalší amatéri si všimli slabý objekt na uvedenom zábere, a tak použili väčší, 80-cm amatérsky ďalekohľad v Čile pod vedením Johanna Schedlera. Identita objektu stále nebola istá, a preto sa problému ujali profesionáli, ktorí v decembri 2014 použili na získanie záberu 8,2-m ďalekohľad Subaru, ktorý pracuje na hore Mauna Kea na Havaji. Ani profesionáli si neboli istí hned prvým záberom, no využitím špeciálneho softvéru dokázali, že škvorna na zábere je zložená z jednotlivých hviezd, a tak bolo jasné, že objekt je trpasličou galaxiou. Tento objav je prekrásnym príkladom plodnej spolupráce medzi amatérskymi a profesionálnymi astronómami.

L. H.

<http://subarutelescope.org/Pressrelease/2016/02/08/index.html>



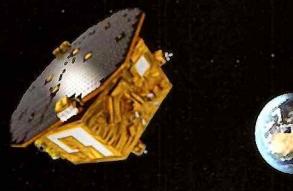
Negatívny pohľad na špirálovú galaxiu NGC 253 (Strieborný dolár) a na trpasličiu galaxiu NGC 253-dw2, ktorej tvar je silne deformovaný gravitačným pôsobením obrej galaxie.



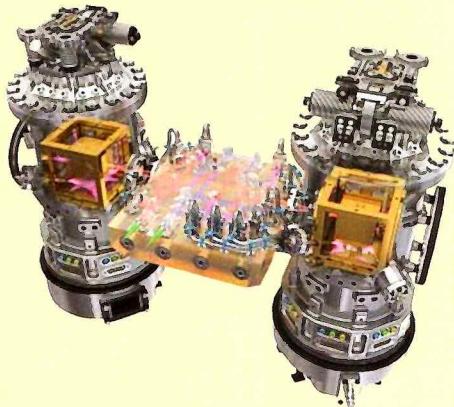
Detailný pohľad na trpasličiu galaxiu NGC 253-dw2.

Sonda LISA Pathfinder prekonala očakávania vedcov

Po ukážkovom štarte nosnej rakety Vega, 50 dňovom putovaní vesmírnym priestorom do cieľovej destinácie vo vzdialosti 1,5 milióna kilometrov od Zeme a úspešnom uvoľnení testovacích telies začala 1. marca 2016 sonda LISA Pathfinder overovať kľúčové technológie potrebné pre uskutočnenie projektu veľkého vesmírneho laserového interferometra eLISA. Z výsledkov prvých dvoch mesiacov prevádzky tohto kozmického laboratória vedci neskrývajú nadšenie: sonda LISA Pathfinder úspešne demonštrovala použitelnosť technológií pre detekciu gravitačných vln. Navyše, citlivosť prístrojov je asi 5-krát lepšia ako bolo pôvodne požadované a takmer dosahuje úroveň plánovanú pre budúce vesmírne gravitačné observatórium LISA.



Sonda LISA Pathfinder sa nachádza v blízkosti libračného bodu L_1 sústavy Slnko – Zem, asi 1,5 milióna kilometrov od Zeme smerom k Slnku.



LISA Technology Package (LTP) je vedeckým srdcom sondy LISA Pathfinder. Pomocou tohto prístroja sa sleduje takmer dokonalý volný pohyb dvoch testovacích telies umiestnených v samostatných vákuových komorách. Testovacie teliesa (zobrazené spolu s mechanizmom, ktorý ich fixoval počas štartu kozmickej sondy) sú kocky zo zlátiny zlata a platiny. Ich poloha, orientácia a pohyb sa meria pomocou vysokopresného laserového interferometra umiestneného medzi vákuovými komorami.

Ako sme čitateľov podrobne informovali v minulých číslach (KOZMOS 2 a 3/2016), pomocou laserových interferometrov LIGO (advanced Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, California Institute of Technology) boli 14. septembra 2015 po prvý raz priamo detegované gravitačné vlny, ktorých existenciu už pred 100 rokmi predpovedal Albert Einstein. Observatória aLIGO naznamenali gravitačný odtačok záverečného štadia vzájomného špirálovitého pohybu dvojice veľmi hmotných čiernych dier, ktorý skončil ich splynutím. Priama detektia gravitačných vln sa stala nielen ďalším potvrdením Einsteinovej všeobecnej teórie relativity, ale tiež otvorila úplne nové „okno do vesmíru“, čo môže mať zásadný dopad na výskum evolúcie hviezd a hviezdnych sústav, ako aj vesmíru ako takého.

Vznik novej vednej oblasti – gravitačnej astrofyziky vytvára potrebu nových observatórií, ktoré budú nielen citlivejšie, ale budú detegovať gravitačné vlny aj v ďalších frekvenčných oblastiach. Pozemské gravitačné detektory ako aLIGO alebo aVirgo sú obmedzené na oblasť frekvencií v intervale desiatok a stoviek hertzov, v ktorom je možné sledovať zriedkavé splynutia neutrónových hviezd alebo hviezdnych čiernych dier vo vzdialých galaxiách. V oblasti nižších frekvencií je však možné pozorovať gravitačné vlny generované šírou paletou vesmírnych objektov a javov, napr. ďaleko častejšie pohltenia hviezd a čiernych dier supermasívymi čiernymi dierami v jadrach galaxií. Citlivosť pozemských gravitačných detektorov je však v tejto oblasti silne ovplyvnená seizmickým a tepelným šumom, ako aj fluktuáciami pozemského gravitačného pola. Navyše, detektia gravitačných vln s frekvenciami 0,1 mHz – 1 Hz vyžaduje meraňa minimálnej odchýlky vzájomnej vzdialenosťi testovacích objektov vzdialých milióny kilometrov. Jednoduchým spôsobom ako tieto požia-

davky splniť je umiestniť gravitačné observatórium do kozmického priestoru. A tak vznikol projekt LISA (Laser Interferometer Space Antenna), resp. jeho priameho nasledovníka eLISA (evolved alebo european LISA), ktorý pripravuje Európska vesmírna agentúra (ESA).

Gravitačné vlny sú periodické zmeny krivosti časopriestoru, ktoré sa šíria prostredí v podobe vln. Ak máme v priestore voľne rozložené hmotné telesá, zmeny krivosti časopriestoru spôsobia, že telesá zmenia svoju polohu. Keďže gravitačné vlny sú priečne, telesá sa začnú pohybovať v rovine kolmej na smer šíriacej sa vlny. Problém detektie gravitačných vln spočíva v tom, že zmeny vzdialostí testovacích telies sú veľmi malé. Na to, aby sme ich mohli detegovať, potrebujeme zariadenie, ktoré je schopné merať vzdialenosť s extrémne vysokou presnosťou. Ako ukázal aj nedávny objav gravitačných vln, ideálnymi prístrojmi na takéto merania sú laserové interferometry.

V interferometoch sa laserový lúč rozdelí pomocou polopriepustného zrkadla na dva lúče. Tie sa šíria v dvoch navzájom na seba kolmých ramenach, odrazia sa od voľne zavesených zrkadiel na koncoch ramien a pomocou toho istého polopriepustného zrkadla sa znova zlúčia, pričom vzniká interferenčný obraz. Ak gravitačná vlna prejde interferometrom, môže zmeniť vzdialenosť jednotlivých ramien (zrkadiel, ktoré v tomto prípade reprezentujú testovacie telesá), čo sa prejaví zmenou detegovanej interferenčnej vzdialenosťi. Relatívna zmena vzdialenosťi je však nepatrá, a preto dĺžka ramien v prípade projektu gravitačného observatória eLISA bude 1 milión kilometrov. Ramená tohto vesmírneho interferometra budú tvoriť tri družice, jedna „materská“ a dve „dcérské“, obiehajúce okolo Slnka v trojuholníkovej konfigurácii. Laserový interferometer bude merať zmeny vzdialenosťí medzi testovacími telesami, ktorými budú kocky (so stranou

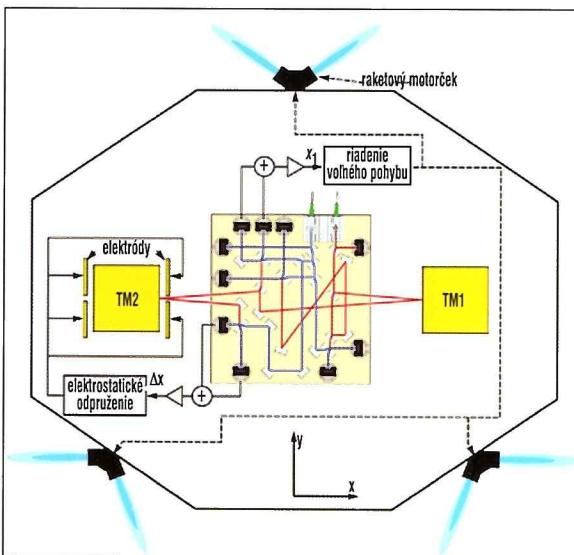
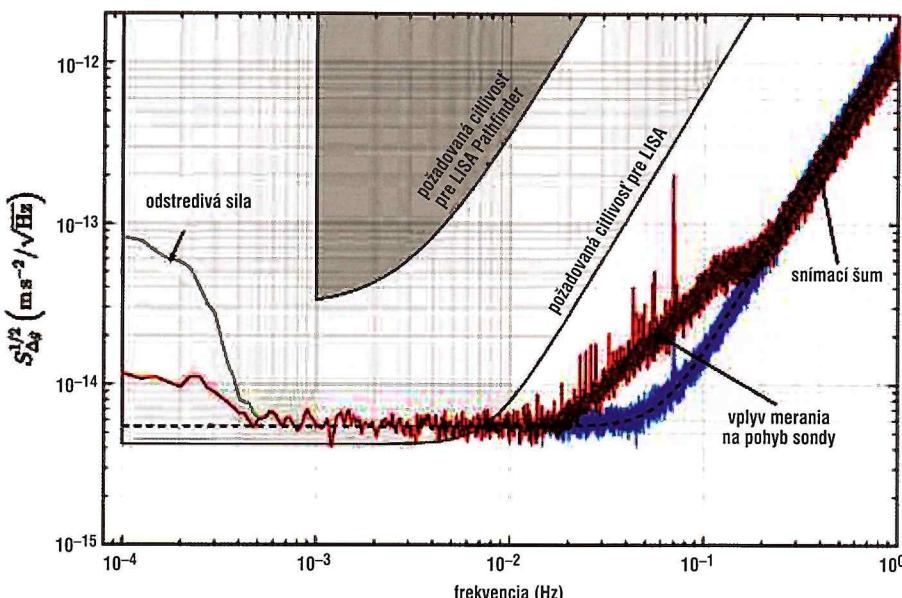


Schéma LISA Technology Package (LTP). Poloha a orientácia testovacích telies TM1 a TM2 sa meria pomocou dvoch laserových interferometrov, ktorých optická sústava pozostáva z 22 zrkadiel a polopriepustných zrkadiel. Tieto sú ukovené na optickej lavici zostrojenej z keramického skla Zerodur s velkosťou $20 \times 20 \text{ cm}$. Pomocou tejto sústavy sa určujú vzdialenosť Δx a x_1 . Meraňa vzdialenosťí Δx slúžia na riadenie elektrostatického odpruženia telesa TM2, ktoré sa realizuje pomocou elektrických sôl generovaných zlatými elektrodami obkladujúcimi toto testovacie telieso (schematicky sú zobrazené len štyri). Meraňa vzdialenosťí x_1 riadiaci systém využívajúce polohu testovacích telies a pomocou raketových motorčekov ovláda polohu, orientáciu a pohyb družice tak, aby sa tieto telesá pohybovali po volných (bezporových) dráhach.



Priebeh spektrálnej hustoty amplitúdy fluktuácií zrýchlenia testovacích telies v závislosti od frekvencie tohto šumu. Čím nižšie sú namerané hodnoty, tým dokonalejší a menej rušený je volný pohyb testovacích telies a tým vyššia je presnosť merania ich polohy, ktorá je klúčová pre detekciu gravitačných vln. Merania boli získané počas 6,5-dňového obdobia 127 dní po štarte sondy LISA Pathfinder. Relatívna presnosť meraní je 10 %, absolútna kalibrácia je lepšia ako 5 %. Červená krivka bola získaná po odstránení vplyvu odstredivej sily (v nízkykh frekvenciach), modrá krivka po korekcii vplyvu interferometrických meraní na pohyb sondy (detegovaný v intervale frekvencií 20 – 200 mHz). Dosiahnutá presnosť je asi pätkrát lepšia ako bolo pôvodne požadované pre sondu LISA Pathfinder (tmavošedá oblasť) a len pre frekvencie menšie ako 5 mHz je asi 1,25-krát väčšia ako úroveň plánovaná pre vesmírny gravitačný interferometer LISA (svetlošedá oblasť).

46 mm a hmotnosťou 2 kg) vyrobené z nemagnetickej zlatiny zlata a platiny.

Na testovanie telesá však môže pôsobiť mnoho síl, ktoré menia ich vzájomnú vzdialenosť. Ak chceme merať iba tie, ktoré sú spôsobené periodickými zmenami krvosti časopriestoru, teda gravitačnými vlnami, musia sa testovacie telesá pohybovať voľne, bez odporu prostredia (ang. free-drift). (Pozn. V prípade pohybu telesa v gravitačnom poli je týmto pohybom volný pád.) Vplyvy negravitačných síl ako odpor prostredia (zvyškovej atmosféry Zeme alebo rozptýlenej medziplanetárnej hmoty), elektrických, magnetických síl alebo síl spôsobených gradienom tlaku žiarenia či slnečným vetrom, ktoré sa môžu tiež s časom meniť, musia byť v maximálnej miere eliminované. Družice projektu eLISA preto budú plniť aj úlohu „štítu“ chrániaceho testovacie telesá pred týmito vplyvmi. Každá družica bude vybavená systémom, ktorý bude neustále merať relatívnu polohu medzi testovacím telesom a samotnou družicou a riadiaci systém bude ovládať raketové trysky družice tak, aby sa družica pohybovala okolo testovacieho telesa zachovávajúc tak jeho voľnú (bezodporovú) dráhu.

Na otestovanie jednotlivých technológií potrebných pre úspešné uskutočnenie projektu veľkého vesmírneho gravitačného interferometra eLISA, dňa 3. decembra 2015 ESA vypustila technologický demonštrátor LISA Pathfinder. 22. januára 2016 sonda dosiahla libračný bod L_1 (1,5 milióna kilometrov od Zeme v smere k Slnku) a 16. februára 2016 boli uvoľnené testovacie kocky s cielom otestovať klúčovú technológiu volného pohybu testovacích telies. Podobne ako v prípade budúceho vesmírneho interferometra eLISA, testovacími telesami sú kocky so stranou 46 mm a hmotnosťou 2 kg vyrobené zo zlatiny

gravitačné vlny generované v dôsledku splynutia supermasívnych čiernych dier v centrach galaxií kdekoľvek vo vesmíre.

Dosiahnuté výsledky analýzy dát z prvých dvoch mesiacov prevádzky sondy LISA Pathfinder, ktoré boli publikované 7. júna 2016 v prestížnom fyzikálnom vedeckom časopise (M. Arnano a kol., 2016, *Physical Review Letters* 116) ukazujú, že testovacie telesá boli voči sebe takmer bez pohybu, s relativným zrýchlením menším ako biliardtina (10^{-15}) gravitačného zrýchlenia na povrchu Zeme. V rozsahu frekvencií od 60 mHz do 1 Hz je presnosť limitovaná iba snímacím šumom optického systému, pomocou ktorého sa monitoruje poloha a orientácia testovacích telies. V oblasti nižších frekvencií (1 – 60 mHz) šum spôsobujú molekuly plynu, ktoré zostali v komorách po vytvorení vákuu, a ktoré narážajú do stien testovacích kociek. Ako budú tieto molekuly postupne unikať z vákuových komôr do vesmíru, šum v tejto frekvencnej oblasti sa bude ďalej zmenšovať. Na ešte nižších frekvenciách (menej ako 1 mHz) vedeči naznamenali malú odstredivú silu pôsobiacu na testovacie kocky, ktorá vzniká ako dôsledok kombinácie tvaru dráhy sondy LISA Pathfinder a nepresnosti zariadení, ktoré slúžia na určovanie jej orientácie v priestore (tzv. startrackers). Táto odstredivá sila však nebude mať žiadny vplyv na budúce vesmírne gravitačné observatórium eLISA, keďže v prípade tohto projektu budú testovacie telesá umiestnené v samostatných sondách milión kilometrov od seba.

Sonda LISA Pathfinder úspešne demonštrovala funkčnosť technológie volného pohybu testovacích telies, ktorá je klúčová pre realizáciu veľkého vesmírneho laserového interferometra eLISA. Veríme, že tento úspech, ako aj nedávna prvá priama detekcia gravitačných vln, urýchli vývoj a konštrukciu tohto projektu. Vesmírne observatórium eLISA bude citlivé vo frekvencnej oblasti od 0,1 mHz do 0,1 Hz, čím rozšíri možnosti detektie gravitačných vln o také frekvencie, ktoré nie sú detegovateľné na Zemi. Tým bude schopné detegovať gravitačné vlny vyžarované ešte pestrejšou paletou vesmírnych objektov a javov. Mnohé z nich už poznáme, no gravitačné vlny nám umožnia ich študovať úplne novým spôsobom. Mnohé len tušíme. A určite je veľmi veľa takých, ktoré si nateraz nevieme ani len predstaviť. Ako ukázala sonda LISA Pathfinder, technológie na ich objav a výskum sú už pripravené. Gravitačné okno do vesmíru je otvorené.

Rudolf Gális

Dňa 26. decembra 2015 laserové interferometry LIGO zachytili ďalšie gravitačné vlny, ktoré boli generované počas záverečných štadií splynutia dvoch čiernych dier. Signál bol podobný tomu, ktorý bol detegovaný 14. septembra 2015, no tentokrát boli čierne diery menšie a tak záznam ich splynutia trval jednu sekundu, teda 5× dlhšie ako v prípade prvého pozorovania. Odhadnuté hmotnosti čiernych dier pred splynutím sú 14 a $8 M_\odot$ a k udalosti došlo 1,3 miliaiardy svetelných rokov od Zeme. Podobne ako v prípade prvej udalosti, detegovaný signál presne zodpovedá predpovediam všeobecnej teórie relativity.

Utajení obri v Mliečnej ceste

Pomocou monitorujúceho dalekohľadu VISTA objavili astronómovia 35 cefeíd: doteraz neznámú populáciu týchto mladých obrích hviezd. Na svete je dôkaz, že naša, už dávno nie najmladšia Galaxia, ešte vždy rodí hviezdy.



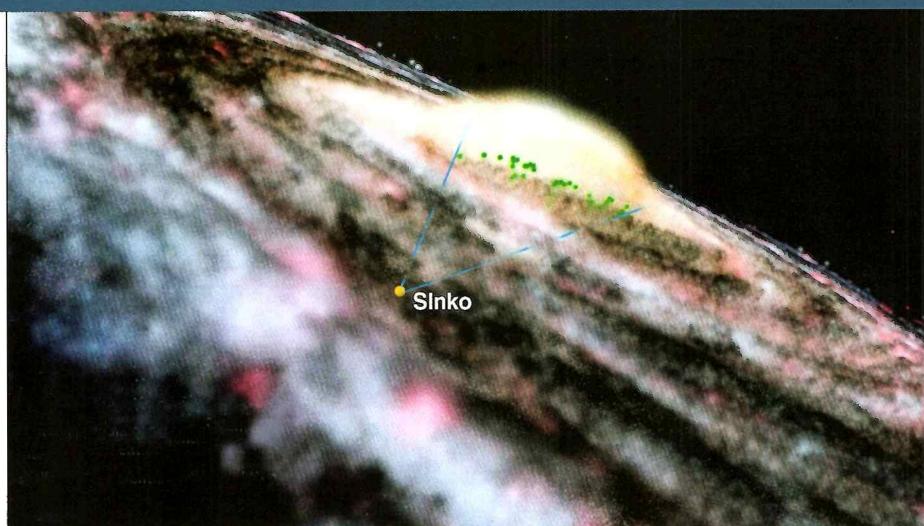
VISTA, dalekohľad pre optické a infračervené prehliadky, je prístrojom, ktorý súčasne využívajú najmä na prieskum vnútorného stelárneho disku pozdĺž roviny Mliečnej cesty. VISTA so svojím 4,1 m hlavným zrkadlom je najväčším dalekohľadom z tých, pomocou ktorých sa robia prehliadky oblohy. Infračervená kamera VIRCAM, s hmotnosťou 3 tony, má 67 miliónov pixlov a dokáže zmonitorovať poličko $1,1 \times 1,5 = 1,65$ štvorcového stupňa. (Plochu rovnajúcu sa dvom Mesiacom v splne.) Pomocou tohto dalekohľadu preskúmali (v rámci prehliadky „VISTA Variables in the Via Lactea“ (VVV) centrálnu oblasť Mliečnej cesty v blízkej infračervenej oblasti spektra.

Poloha novoobjavených cefeíd

Tridsaťpäť klasických cefeíd, objavených počas prehliadky VVV, sa nachádzajú pozdĺž celej oblasti centrálnej vypukliny Mliečnej cesty. Na hornom obrázku sú polohy cefeíd označené zelenou farbou. Takmer všetky „nové“ cefeidy sú nachádzajú na strane vypukliny odvrátenej od Slnka. Prečo? Bližšie cefeidy sú pre dalekohľad VISTA príliš jasné.

Polohu centrálnej priečky zviditeľňuje červená vlnovka. Polohu stredu našej Galaxie označuje biely kríž. Modré, vonkajšie čiary vymedzujú hránice skúmanej oblasti oblohy, modrá, kužeľovitá výseč najvnútorejšie oblasti centra, ktoré vedci kvôli veľkej hustote hviezd vyhľadávali. Oranžové a žlté body označujú už dávnejšie známe cefeidy mimo vypuklinu (oranžové) a vo vypukline (žlté).

Na snímke dole znázornili vedci polohy pozdĺž galaktického rovníka. Objavených 35 cefeíd je voči rovine Galaxie rozptýlených iba minimálne. To dokazuje existenciu riedkeho disku hviezd pozdĺž galaktickej roviny. Polohy cefeíd znázornili na mape, ktorá zviditeľňuje intenzitu infračervenej žiarenia hviezd, ovplyvňovaného medzihviezdým prachom. Červená farba vyjadruje silné, modrá farba oslabenie žiarenia.



Novoobjavené cefeidy (označené zelenou farbou) pred a za galaktickou vypuklinou naznačujú existenciu mladého, pomerne riedkeho, vnútorného galaktického disku pozdĺž roviny našej Galaxie. Modré čiary na ilustrácii vymedzujú preskúmanú oblasť.

Naša Slnečná sústava obieha jadro Galaxie takmer na jej periférii, v odľahlých končinách galaktického disku. Veľké oblasti Mliečnej cesty začínajú z nášho pohľadu husté oblačky prachu a plynu. Najmä pozorovania galaktickej vypukliny (bulge) a jej „zaprášeného“ okolia sú veľmi limitované.

Hlbší prienik do vnútra vypukliny umožňujú najmä čoraz výkonnejšie infračervené dalekohľady. Údaje, ktoré boli získané v rámci prehliadky VISTA Variables in the Via Lactea (VVV), umožňujú skúmať aj v čase premenné úkazy vo vnútri Mliečnej cesty.

Cefeidy ako štandardné sviece

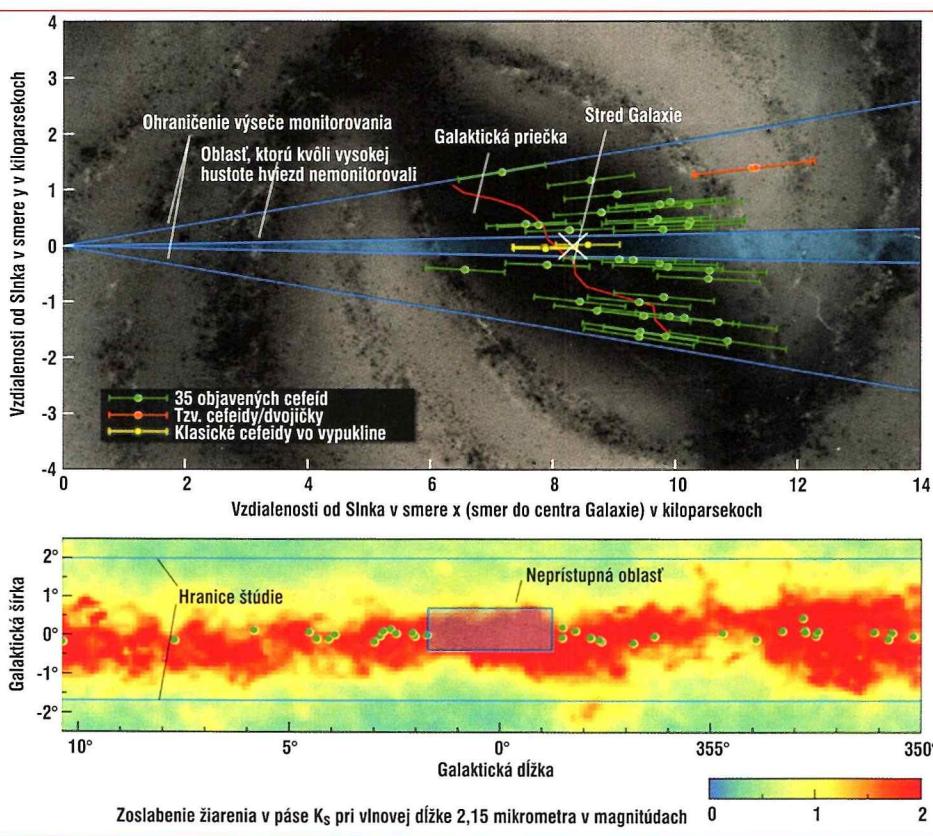
István Dékány z Instituto Milenio de Astrofísica v Čile sa sústredil najmä na cefeidy. Na pulzujúce premenné hviezdy, ktoré periodicky menia svoj polomer i jasnosť. Astronómom robia neoceniteľnú službu: vďaka objavu astronómky

Henrietty Leavittovej, ktorá v roku 1912 zistila, že dĺžka pulzu tej-ktorej cefeidy je priamo závislá od jej svietivosti.

Odtedy sa cefeidy využívajú ako štandardné sviece pri určovaní vzdialenosťí. Cefeidy pomenovali podľa hviezdy Delta Cephei, prvej hviezdy s vyššie spomenutými vlastnosťami.

Dékányov tím preskúmal výsek oblohy okolo centra našej Galaxie. Vedci analyzovali údaje z prehliadky VVV (v období 2010 až 2014). Pri každom zdroji analyzovali až 70 nameraných údajov v K_s páse blízkej infračervenej oblasti s vlnovou dĺžkou 2,15 mikrometra. Tak objavili vyše 30 000 premenných objektov. Z tých napokon (po vyhodnotení svetelných kriviek, periód a amplitúd pulzov) vyselektovali 655 kandidátov s vlastnosťami typických cefeíd.

Najtažšie bolo identifikovať v tejto množine klasické cefeidy. Medzi cefeidy totiž okrem „klasickej cefeidy“, mladých obrích hviezd s hmot-



3.6. Astrofyzika neutronových hvězd a černých děr

R. Archibald aj. pozorovali u magnetarů **reverzní skoky v rychlosti rotace**. Poměrně často se u neutronových hvězd (pulsarů) pozorují skoky v periodě, kdy se rotace náhle zrychlí, protože supratekutá neutronová kapalina jejich niter rotuje rychleji než vnější vrstvy, a vyšší rychlosť se náhle vtiskne do vnějších vrstev. Autoři však pozorovali pomocí družice *RXTE* po dobu 16 let **magnetar 1E 2259+586** s indukcí magnetického pole 6 GT, jehož rotační perioda 7 s se skokově zpomalila v letech 2002, 2007, 2009 a 2011 relativním tempem řádu 10^{-14} . Skoky byly doprovázeny záblesky v tvrdém pásmu rentgenového záření. Podle R. Duncana je proto třeba *revidovat celou teorii skoků v rotujících neutronových hvězdách*, protože v neutronové suprakapalině nitra vznikají neutronové páry a vnitřní kůra tak může vlivem silného zakroucení magnetických siločar rotovat pomaleji než vnější kůra neutronové hvězdy. Obecně platí, že na povrchu neutronové hvězdy se vyskytují jádra atomů, jež jsou v pozemských podmírkách stabilní. V radiálním směru dovnitř pak přibývá zastoupení volných neutronů a stabilních slupek s magickými počty neutronů 50 a 82, což odpovídá původním jádrům atomů niklu a cínu.

A. Steiner aj. ukázali, že pro **neutronovou hvězdu o hmotnosti $1,4 M_{\odot}$** vychází její poloměr v rozmezí $10,4 \div 12,9$ km. Rozmezí nezávisí na tom, z čeho je složeno jádro neutronové hvězdy, tj. mohou to být třeba i kvarky. **Vztah mezi hmotností neutronové hvězdy a poloměrem** odvodili pro rozsah hmotností $1 \div 2,5 M_{\odot}$ a různé stavové rovnice v rozsahu poloměrů $8 \div 17$ km. B. Kiziltan aj. zjistili pomocí sledování párů neutronových hvězd, resp. neutronová hvězda - bílý trpaslík, že **funkce hmotnosti** neutronových hvězd má dva vrcholy pro hmotnosti $1,33 M_{\odot}$ a $1,55 M_{\odot}$. Svědčí to o silné akreci materiálu během zrychlování rotace neutronových hvězd. Páry neutronová hvězda-bílý trpaslík jednoznačně prokazují, že *horní mez hmotnosti neutronových hvězd se nachází u hodnoty $2,1 M_{\odot}$* , takže ani kvarkové ani podivné degenerované hvězdy neexistují. Zmíněná horní mez souvisí s vývojem dvojhvězd; nepředstavuje tedy teoretické meze vyplývající z obecné relativity, popřípadě z kvantové teorie jaderné fyziky.

A. Levan aj. zjistili, že **velmi dlouhá (0,5 – 20 h) vzplanutí zábleskových zdrojů záření gama** vznikají při gravitačním hroucení veleobrů přímo na černé díry. K. Yagi a N. Yunes nalezli důležitý vztah mezi momentem setrvačnosti neutronových hvězd, jejich kvadrupólovým momentem a slapovým Loveovým číslem. Stačí tedy změřit dva parametry, a to umožňuje vypočítat i zbyvající třetí, protože tento *vztah nezávisí na struktuře neutronové hvězdy*. To v praxi umožní rozlišit klasické neutronové hvězdy od hypotetických kvarkových hvězd.

D. Vigano aj. upozornili na velkou **rozmanitost projevů neutronových hvězd** v podobě rádiových pulsarů, magnetarů, pulsarů se silným magnetickým polem a osamělých neutronových hvězd se silným vyzařováním v rentgenovém pásmu. Díky Hallovu jevu vzniká složitá interakce mezi magnetickým polem a elektrony v kůře neutronových hvězd. Elektrony tak mohou protékat kůrou neutronové hvězdy a dokáží vysát její magnetické pole za pouhých 10 tis. let. Dlouhodobé sledování 40 neutronových hvězd družicemi *Chandra* a *Newton* tak odhalilo vývojovou posloupnost, která začíná mladými neutronovými hvězdami v podobě magnetarů, jež postupně vychládají na pulsary se silným magnetickým polem, dále pak na rádiové pulsary a konečně na osamělé neutronové hvězdy, jež vynikají silným rentgenovým zářením.

3.7. Zábleskové zdroje záření gama (GRB)

M. Muccino aj. ukázali, že **GRB 090227B** představuje spojovací článek mezi krátkými (*SGRB*) a dlouhými (*LGRB*) vzplanutími záření gama. Energetické spektrum úkazu získané družicí *Fermi* totiž prokázalo, že v prvních 96 milisekundách vzplanutí se skládalo z krátkodobé tepelné složky (≈ 500 keV, tj. 50 GK!) a z netepelné složky, která pak přetrvala až do optického dosvitu zdroje. Autoři odhadli vzdálenost úkazu na $\approx 3,0$ Gpc, čemuž pak odpovídá celková vyzářená energie v pásmu gama $3 \cdot 10^{46}$ J (!) během vlastního času 0,35 s. Odtud autoři usoudili, že za celý úkaz bylo odpovědné *splynutí dvou neutronových hvězd* o shodné hmotnosti $1,34 M_{\odot}$ a shodných poloměrech 12,2 km, přičemž tuhá kůra obou hvězd měla tloušťku 0,5 km.

A. Penacchioni aj. popsali kuriózní průběh vzplanutí **GRB 110709B**, které se skládalo ze dvou oddělených epizod zjasnění. První epizoda trvala 140 s a druhá začala po 10 minutové pauze klidu a trvala 135 s. Podle autorů probíhala podobně i již dříve pozorovaná vzplanutí *GRB 970828*, *GRB 090618* a *GRB 101023*. Společným jmenovatelem těchto úkazů jsou zřejmě těsné dvojhvězdy, kde jedna složka je už dříve vzniklou neutronovou hvězdou, a druhá složka hvězdou na konci své termonukleární kariéry, jež vybuchne jako supernova a vymřtí část svých rozpínajících se plynných obalů směrem k neutronové hvězdě. Tuto část obalu neutronová hvězda spolkne, a následkem překročení kritické hmoty se z ní stane *černá díra*. Izotropně vyzářená energie první epizody dosáhla hodnoty přes 10^{47} J a druhá epizoda spojená s kolapsem neutronové hvězdy na černou díru uvolnila energii $2,4 \cdot 10^{45}$ J. Setkáváme se tedy podobně jako v několika předešlých případech s podnícením druhého vzplanutí tím prvním. Komplexní data o tomto nejnovějším GRB však byla natolik komplexní, že umožnila definitivně prokázat, že *dvojitá vzplanutí mají svou společnou příčinu*.

F. Virgili aj. ukázali na základě pozorování družic *Konus-Wind*, *Swift* a *Fermi*, že **GRB 091024A** trval 22 minut, takže ho v té době stihly už pozorovat i četné robotické dalekohledy a dokonce i obří teleskop s průměry zrcadel 8 – 10 m. Z optického protějšku se podařilo určit červený posuv $z = 1,1$, tj. vzdálenost 2,5 Gpc. Průběh světelných křivek v pásmu gama a optickém je dobře korelován, takže během aktivní fáze docházelo k dopředným i zpětným rázovým vlnám v silně magnetických výtryscích. Autoři proto soudí, že kromě dosud definovaných krátkých (*SGRB*; trvání < 2 s) a dlouhých (*LGRB*; 2 – 100 s) bude patrně potřebí přidat novou třídu extrémně dlouhých GRB.

C. Mundell aj. oznámili, že se jim podařilo pozorovat vysokou optickou polarizaci v optickém dosvitu dlouhého (≈ 100 s) **GRB 120308A** díky polarimetru *RINGO2* na 2m robotickém teleskopu *Liverpool*, jenž sledoval dosvit od 4. do 14. min. po vzplanutí gama, přičemž získal 5,6 tis. polarimetrických měření. Během té doby klesl stupeň lineární polarizace z 28 % na 16 % a směr polarizačního úhlu se mohl změnit nanejvýš o 15°. V další hodinách a dnech pak polarizace klesla na ≈ 4 %. Tato měření potvrzují základní představu o průběhu vzplanutí GRB, tj. ihned po výbuchu na povrchu degenerované hvězdy se do okolí rychle šíří zplodiny výbuchu a srázejí se s částicemi cirkumstelárního prostředí. Tím vznikají *dopředné rázové vlny*, kdežto do protilehlých usměrněných výtrysků směřují *zpětné rázové vlny*. Optické záření zpětného rázu bude lineárně polarizováno a směr polarizace se zachová v případě, že

výtrysky jsou silně magnetické, což se nyní potvrdilo. V předešlých pozorovaných případech GRB nepřekročila lineární polarizace 10 %.

M. Ackermann aj. zveřejnili údaje o průběhu vzplanutí **GRB 110731A**, které bylo pozorováno řadou kosmických i pozemních aparatur (družice *Swift* a *Fermi*; optické přehlídky MOA – *Microlensing Observations in Astrophysics* na Novém Zélandu a *GROND* – *Gamma-Ray burst Optical/Near infrareD survey*) na La Silla v Chile. Vzplanutí v pásmu gama trvalo neobvykle dlouho (>13 min) a celý úkaz byl rovněž sledován v infračerveném a optickém oboru spektra. V oboru gama se s velkým zpožděním vyskytly fotony s energiemi >100 MeV a světelné křivky ve všech sledovaných pásmech podléhaly rychlým fluktuacím s velkou amplitudou. Autoři odtud odvodili extrémně vysoké *Lorentzovy faktory* až 550, čili celý úkaz probíhal superrelativisticky.

B. Gendre aj. a G. Stratta aj. zkoumali průběh ještě daleko delšího **GRB 111209A** (poloha 0057-4648), které trvalo plných 7 h (!). Vzplanutí nejprve zaznamenala družice *Swift*, ale pak se přidaly aparatury na družicích *Konus-Wind* a *Newton*, a také pozemní optické dalekohledy. Při vzdálenosti 1,9 Gpc tomu odpovídá izotropně vyzářená energie $6 \cdot 10^{46}$ J, což je o tři řády více, než u běžných GRB. Autoři postupně vyloučili uvolnění energie roztrháním objektu slapy, anebo výbuchem klasické supernovy. Nakonec dospěli k závěru, že příčinou mocného výbuchu bylo gravitační zhroucení velmi hmotného modrého veleobra s nízkou metalicitou (populace III). Optické zjasnění bylo vůči sekundárnímu vzplanutí v pásmu gama (půl hodiny po prvním maximu) opožděno o 7 minut, což autoři vysvětlují absorpcí optického záření na oblacích prachu. Další podružné optické zjasnění nastalo až po 1,1 dni od počátku úkazu. Velmi pravděpodobně hrálo roli, že modrý veleobr měl průvodce se stejnou nebo menší hmotností. Je zřejmé, že v raném vesmíru bylo takových veleobrů s mimořádně vysokými hmotnostmi více, takže lze očekávat postupné objevování extrémně dlouhých GRB, jejichž příčinou jsou kolapsy veleobrů nejstarší hvězdné generace. Ke stejném závěru dospěli D. Nakauchi aj., kteří za tuto novou třídu vzniku GRB považují všechny úkazy, které v oboru gama zářily po dobu delší 2,75 h.

G. Ghirlanda aj. ukázali, že pro určení energetické mohutnosti konkrétního GRB jsou rozhodující dva parametry, a to **vrcholový úhel výtrysku** záření gama a **Lorentzův faktor**, který rychle roste na hodnoty větší než 1, pokud se rychlosť relativistických častic ve výtrysku přibližuje k rychlosti světla ve vakuu. Naneštěstí je spolehlivé určení obou parametrů pozorovatelsky nesnadné. Je potřebí znát vzdálenost zdroje od nás a pokrýt podrobně světelnou křivku vzplanutí v mnoha oborech elektromagnetického spektra. Přestože družice *Vela*, *Compton*, *INTEGRAL*, *Swift*, *Fermi* aj. zaznamenaly již na 4 tisíce GRB, dobré údaje o zmíněných parametrech se podařilo získat jen o 30 z nich. Z rozboru těchto vzácných údajů vyplývá, že maximální energie uvolněná během konkrétního vzplanutí GRB nikdy nepřesahuje 10^{44} J. Podle očekávání je maximální výkon GRB tím vyšší, čím užší je vrcholový úhel výtrysku. Jevy GRB předcházejí jen 0,3 % lokálně pozorovaných supernov tříd Ib a Ic a 4,3 % lokálních hypernov (supernovy tříd Ib/Ic se širokými spektrálními čarami).

C. Kanaan a J. de Freitas Pacheco zjistili, že *medián vyzářené energie dlouhých GRB (LGRB) se mění v závislosti na jejich vzdálenostech od nás*. Medián se pohybuje kolem střední hodnoty $3 \cdot 10^{42}$ J a odpovídá energii odvozené z pozorování optických dosvitů. Odtud pak plyne, že předchůdci LGRB mohou být obézní hvězdy s původními hmotnostmi $>90 M_{\odot}$ (!). Po LGRB následně v <9 % případu dojde k výbuchu supernovy třídy Ib/Ic.

Souvislost **GRB a extrémně svítivých supernov** však provází řada neobjasněných problémů, jak zjistili R. Scherbakov aj., když prosto dovali průběh exploze blízkého (150 Mpc) **GRB 060218** a následné **supernovy 2006aj**. Nakonec dospěli k poměrně nečekanému závěru, že před výbuchem šlo o bizarní pár intermediální černé díry o hmotnosti řádu $10 kM_{\odot}$ a bílého trpaslíka, který byl slapy černé díry roztrhán a následkem toho vybuchl jako supernova.

Největším překvapením roku se však stal **GRB 130427A** objevený družicí *Fermi*, protože významně překonal *rekord v trvání vzplanutí gama (1 den !)* v pásmu energií >100 MeV. To také umožnilo snadno pořídit souběžné světelné křivky vzplanutí v optickém, infračerveném i rádiovém oboru spektra. Byl též průběžně pozorován dalšími šesti družicemi pracujícími v pásmu gama a řadou robotických dalekohledů, které zaznamenaly klesající jasnost jeho optického protějšku. R. Liu aj. zjistili, že v pásmu energií >10 GeV objekt zářil plných 8 minut a osamělý foton o energii 95 GeV (!) dorazil 4 minuty po začátku vzplanutí. Podle Y. Z. Fana přišlo od objektu celkem 5 extrémně energetických fotonů v pásmu >32 GeV; poslední v čase 9,5 h (!) po začátku vzplanutí. V průběhu vzplanutí se údajně překrývaly různé mechanismy vzniku energetického záření gama. V pásmu 100 MeV – 1 GeV šlo o *dopředný ráz synchrotronového záření*, zatímco v pásmu >1 GeV o *inverzní Comptonův jev*.

C. Kouveliotová aj. však posléze analyzovali data z nové rentgenové družice **NuSTAR** (*Nuclear Spectroscopic Telescope ARray*; start 13. 6. 2012), jež pokrývá pásmo energií 3 – 79 keV, a pozorovala **GRB 130427A** v době 1,5 – 5 d po začátku vzplanutí. Autoři tak mohli zpracovat všechny světelné křivky od optických až po tvrdé záření gama a na základě toho zjistili, že ve skutečnosti celý multispektrální úkaz lze popsat jako *synchrotronové záření*. Pouze údaje z pásmu >10 GeV vyžadují korekce relativistické teorie rázových vln, protože zmíněné velmi energetické fotony přišly s tak obrovským zpožděním. Navíc D. Xu aj. ukázali, že na místě GRB vzplanula posléze **supernova 2013cq** třídy Ic se širokými spektrálními čarami, která dosáhla maxima 17. den po vzplanutí gama, čili 12. den ve vlastním čase zdroje GRB. Anonymní mateřská galaxie má hmotnost $1 GM_{\odot}$ s relativně nízkou tvorbou hvězd tempem $2 M_{\odot}/r$. Optický dosvit dosáhl jasnosti 7,4 mag v pásmu R, jelikož galaxie je poměrně blízko ve vzdálenosti 1,2 Gpc. Díky známé vzdálenosti pak autoři odvodili, že celková vyzářená energie byla nepochybně rekordní na úrovni 10^{47} J. Supernova určitě vznikla zhroucením velmi hmotné hvězdy (*kolapsaru*).

Jak ukázali W. Atwood aj., tak družice *Fermi* za 4,5 roku provozu zaznamenala již čtyři GRB, které byly zdrojem **opožděných vysoko energetických (>10 GeV) fotonů** záření gama. Snad vůbec nejpodivuhodnější z nich je velmi vzdálený **GRB 080916C**, který vzplanul ve vzdálenosti 3,8 Gpc, tedy před 12,3 mld. let. Odtamtud přiletěl foton s kosmologicky červeně posunutou energií 27 GeV, což však odpovídá klidové energii ve vztažné soustavě zdroje 147 GeV.

Z. P. Jin aj. využili spektrografo pro blízkou infračervenou oblast instalovaného na *HST* ke sledování dosvitu krátkého (0,18 s) **SGRB 130603B**, jenž byl objeven družicí *Swift*, a určili tak jeho vzdálenost 1,2 Gpc. Díky tomu mohli odvodit jeho zářivý výkon, který byl v optickém oboru o tři řády vyšší než u nov, ale o 2 řády slabší než u supernov. Těmto objektům se začalo říkat **kilonovy**. Podle domněnky astronomů Li a Paczynského jde o následky splynutí dvou neutronových hvězd, popřípadě neutronové hvězdy a hvězdné černé díry. K témuž závěru dospěli také A. Cucchiara aj., kteří určili pomocí 8,1m teleskopu *Gemini-S* na *Cerro Pachon* v Chile polohu optického protějšku, který měl 8,5h po začátku vzplanutí GRB jasnost 21,5 mag a nacházel se ve vzdálenosti >5 kpc

od centra anonymní galaxie. Ze spektra galaxie pak zjistili, že má sluneční metalicitu podobnou naší Galaxii a podobné tempo tvorby hvězd ($1,8 M_{\odot}/r$). Rovněž tito autoři soudí, že příčinou vzplanutí bylo splynutí dvou neutronových hvězd.

K. Hotokezaka aj. a N. Tanvir aj. ukázali, že v *radioaktivních zplodinách gigantického výbuchu bohatých na neutrony* se jejich následným rozpadem uvolní energie charakteristická právě pro kilonovy. Pozorovaná energie se mohla uvolnit *splynutím dvou neutronových hvězd*, pokud je stavová rovnice měkká, anebo *splynutím neutronové hvězdy s hvězdnou černou dírou*, pokud je stavová rovnice neutronových hvězd tuhá. V obou případech tak mohou vznikat silné **gravitační vlny**, které se šíří izotropně a bylo by možné je zachytit vylepšenými interferometry typu *LIGO*. Podle D. Kasena a J. Bergerové poslední fáze před jejich splynutím byla nesmírně dramatická, protože tato *dvě tělesa o průměru kolem 30 km, obíhala kolem sebe v periodě 1 milisekundy* a odstředivou silou z nich odletala jádra atomů těžkých kovů jako zlato a platina. Tyto prvky se posléze dostaly do sluneční pramhlhoviny a dnes je těžíme na Zemi!

4. Mezihvězdná látka

Jedním z letitých nerozrešených problémů astronomie je tajemná povaha rychle se pohybujících mezihvězdných mračen neutrálního vodíku (**HVC – High Velocity Clouds**) objevených v r. 1963. Y. Faermanovi aj. se nyní podařilo objasnit povahu kompaktních **HVC** díky přehlídkce **ALFALFA** (*Arecibo Legacy Fast Alfa*) na frekvenci čáry H I (1,42 GHz; 211 mm). Autoři ukázali, že kompaktní **HVC** představují mračna vodíku o teplotě 10 K a typickém rozměru 700 pc, která se nacházejí ve vzdálenostech 0,3 – 2,0 Mpc od Slunce. Jedno z mračen (**Leo T**) se podařilo ztotožnit s trpasličí galaxií (satelitu) naší Galaxie ve vzdálenosti 420 kpc, která má hmotnost $8 MM_{\odot}$. Z toho nejspíš vyplývá, že *HVC jsou indikátory polohy opticky slabých trpasličích galaxií v Místní soustavě*, což souběžně řeší i další dlouholetý problém kosmologických simulací, z nichž vyplývá, že *trpasličích galaxií v Místní soustavě by mělo být o řad více, než se pozoruje*.

V. Moss aj. zveřejnili **katalog HVC** na jižní polokouli získaný *64m radioteleskopem v Parkesu* v Austrálii, jenž obsahuje 1,7 tis. položek. Z toho 65 % objektů má kladnou rychlosť, tj. vzdaluje se od nás, zbytek se k nám naopak přibližuje. Medián rozptylu rychlostí činí jen 19 km/s, ale téměř 800 **HVC** vykazuje větší anomální rychlosti. **HVC** byly též objeveny v dalších větších galaxiích místní soustavy **M31** a **NGC 205** (*And*), **M33** (*Tri*) a **M101** (*UMa*).

L. Ben-Jaffel aj. připomněli, že již v 70. letech minulého století se řadě autorů podařilo pozorovat **interstelární H I** v blízkosti Země pomocí jeho interakce s anizotropním a proměnným slunečním větrem. Na tomto výzkumu se podílejí zejména některé kosmické sondy (*Voyager 1 a 2*, *SOHO*, *Ulysses*, *IBEX*). Z jejich měření vyplývá **indukce magnetického pole** v lokálním interstelárním prostředí $0,2 - 0,3 \text{ nT}$ (vzdálenost ≈ 84 au od Slunce) ve směru galaktických délek $(56 \pm 6)^\circ$ v letech 2001 – 2005 a $(36 \pm 6)^\circ$ v letech 2006 – 2008. Díky pohybu Slunce vůči tomuto poli by se měla někde za heliopauzou vyskytovat **oblouková rázová vlna** rychlého větru interstelárního neutrálního vodíku.

B. Gaczkowski aj. využili kosmického infračerveného teleskopu *Herschel* k úplnému zobrazení komplexu **mlhoviny Carina** v daleké infračervené oblasti spektra. Snímky pokryly oblast o ploše 8,7 čtv. stupňů. Jde jednoznačně o nejaktivnější a nejrozsáhlejší kolébku hvězd v naší Galaxii. Autoři našli na snímcích přes 600 objektů, které představují hvězdy ve stavu zrodu, a nejsou dosud pozorovatelné ani v optické, ani ve střední infračervené oblasti spektra. Plné 3/4 z nich tvoří prahhvězdy, které se vyvinou v masivní hvězdy spektrální třídy O. V současné fázi vývoje se však jejich bolometrický zářivý výkon pohybuje pod hranicí 5 kL_{\odot} a tempo tvorby nových hvězd nepřesahuje $10 M_{\odot}/r$.

Podobně M. Robberto aj. využili různých kamer *HST* (*ACS*, *WFPC2* a *NICMOS*) k hluboké (mezní hvězdná velikost až 25,5 mag) přehlídkce komplexu **mlhovin v Orionu** (*M42*) v 11 barevných filtroch od UV po blízký infračervený obor na ploše 600 čtv. minut. Získali tak údaje o více než 3 tis. hvězd ve stavu zrodu. Všechna naměřená data jsou nyní veřejně přístupná pro další výzkum.

M. Indebetouw aj. se zaměřili na nejaktivnější hvězdnou kolébku **Tarantule** (30 Dor) ve *Velkém Magellanově mračnu*, vzdálenou od nás 49 kpc. Pomocí obří mikrovlnné aparatury *ALMA* v náhorní poušti *Atacama* v Chile pracující na vlnové délce 1,3 mm (230 GHz) s lineárním rozlišením $0,4 \times 0,6 \text{ pc}^2$ pozorovali molekulové mračno na sever od **hvězdokupy R136** v pásech CO, H30- α a H₂CO (formaldehyd). Objevili tak četné „sloupy stvoření“ a shluky chuchvalců mezihvězdné látky o typických rozměrech ≈ 1 pc a hmotnostech $\approx 1 \text{ kM}_{\odot}$.

E. Doran aj. dokončili velkou přehlídku mladých hvězd v komplexu Tarantule. V jejím centru se nachází hvězdokupa **NGC 2070**, jež obsahuje kompaktní koncentraci velmi mladých a hmotných hvězd **R136**, jež je odpovědná za největší část záření celého komplexu. Kdyby se komplex nacházel ve vzdálenosti *Velké mlhoviny v Orionu* (*M42*; vzdálenost 400 pc), tak by v noci od jeho světla vrhali lidé stíny. Pomocí aparatury **FLAMES** (*Fibre Large Array Multi Element Spectrograph*) *VLT ESO* na *Paranalu* v Chile proměřili hvězdy v zorném poli o průměru 10', což odpovídá lineárnímu průměru 150 pc. Celkem tak v komplexu rozlišili přes 1,1 tis. svítivých horkých hvězd a pro 500 z nich získali dobrá spektroskopická data. Pouze 31 hvězd klasifikovali jako hmotné Wolfovy-Rayetovy hvězdy, popř. hvězdy sp. třídy Of/WN, ale tato početně malá skupina je odpovědná za téměř polovinu ionizace plynu v komplexu. Zejména hvězdy WN mají totiž hmotnosti $> 100 M_{\odot}$ (!) a samy stačí pokrýt asi čtvrtinu energetického elektromagnetického záření celé oblasti. Poměrně nečekané je však zjištění, že v současné době probíhá v komplexu tvorba nových hvězd nízkým tempem jen $0,07 M_{\odot}/\text{rok}$. Přesto celkový zářivý výkon Tarantule závislý převážně na zmíněných nejhmotnějších hvězdách je ještě 2krát vyšší, a výkon pocházející z hvězdných větrů těchto hvězd dokonce 9krát vyšší, než se dosud soudilo.

E. Schinnerová aj., J. Pety aj., A. Hughes aj. a S. Meidt aj. uveřejnili výsledky rozsáhlé přehlídky **PAWS** (*Plateau de bure interferometer Arcsecond Whirlpool Survey*) známé **galaxie M51** (*CVn*; „Vír“; vzdálenost 7,6 Mpc) pomocí radiointerferometru *IRAM* (6 parabol s průměrem 15 m na *Plateau de Bure* ve Francii a 30m parabola na *Pico Veleta* ve Španělsku), během níž zmapovali vzhled 1,5 tisíce **obřích molekulových mračen** (*OMM*) v této galaxii, kterou vidíme prakticky čelně. Zjistili, že mračna o typických rozměrech 40 pc jsou ponořena do řídké mlhy neutrálního vodíku o průměru až 1,3 pc a vzájemná interakce obou složek ovlivňuje způsob, jak z mračen vznikají hvězdy. Hmotnost těchto obřích struktur činí v průměru 4 GM_{\odot} . U dobře vyvinutých spirálních galaxií, což je právě případ *M51*, je zřejmé, že celková struktura a rozložení *OMM* v nich je silně ovlivněna dynamickým vývojem spirální

struktury. Lze tím vysvětlit, proč spotřebovávání interstelárního plynu ve spirálách je mnohem pomalejší, než v galaxiích s aktivním jádry (*AGN*) a také v trpasličích galaxiích. V porovnání s *OMM* v galaxii **M33 (Tri)** a ve *Velkém Magellanově mračnu* jsou *OMM* v galaxii **M51** větší a jasnější; kromě toho jeví i větší rozptyl rychlostí svého pohybu.

R. Sahai aj. zkoumali aparaturou *ALMA* v čarách molekul CO (frekvence \approx 115 GHz; \approx 2,6 mm) podivuhodnou mlhovinu **Boomerang** (*Cen*, poloha 1245-5431; vzdálenost 1,5 kpc), která se vývojově nachází na přechodu od větve obrů do stádia planetární mlhoviny. Mlhovina se už proslavila tím, že v ní byly objeveny kapsy extrémně chladného (\approx 1 K) plynu. Díky jedinečnému úhlovému rozlišení *ALMA* se nyní zdařilo zobrazit bipolární laloky („*přesýpací hodiny*“) studeného plynu, který je nejchladnější v dutinách uvnitř laloků, zatímco na jejich okrajích se už ohřívá fotoelektrickým jevem. V úzkém pasu bipolární mlhoviny o hmotnosti jen 0,07 M_{\odot} se vyskytuje poměrně velká (\approx 1 mm) studená zrna mezihvězdného prachu. Studený plyn se uvnitř laloků adiabaticky rozpíná rychlostí 164 m/s, což ho pak ochlazuje pod teplotu reliktovního záření (2,7 K), podobně jako na teplotu \approx 278 K chladí potraviny naše chladničky. Autoři však objevili i teplejší plyn, jenž se uvnitř laloků rozpíná rychlostí jen 35 km/s. Mlhovina tak ztrácí hmotu vysokým tempem $1 \text{ mM}_{\odot}/\text{r}$ a její zářivý výkon dosahuje úctyhodných 300 L_{\odot} .

N. Peretto aj. využili skvělých parametrů aparatury *ALMA* v pásmu vlnových délek 3,2 mm (94 GHz) k podrobnému snímkování temného mračna **SDC333.579-0.272** (vzdálenost 3,2 kpc) z katalogu infračerveného kosmického teleskopu *SST*, který pracoval v pásmech 3,6 – 8 μm . Autoři měli též díky kosmickému teleskopu *Herschel* k dispozici zobrazení mračna v submilimetrovém pásmu 350 μm . Mračno vyniká svou vláknitou strukturou. Jeho vlákna se protínají uprostřed mračna, kde se nachází dvě **infračervené prahvězdy** o poloměrech <6 kau a bolometrických zářivých výkonech 20 kL_{\odot} . To znamená, že obě prahvězdy dají v budoucnu vznik mimořádně hmotným hvězdám s hmotnostmi \approx 100 M_{\odot} . Autoři tak ukázali, že velmi hmotné hvězdy mohou vznikat rovnou gravitačním zhroucením hmotných temných mračen, která se během kolapsu nestihnou rozpadnout na méně hmotné chuchvalce, protože na snímcích *ALMA* je dobře vidět, jak zmíněné prahvězdy rychle vysávají prach a plyn ze svého okolí. Životnost takových monster je ovšem astronomicky krátká – rádu jednotek milionů let.

Reflexní **McNeilova mlhovina** (tmavé mračno **L 1630**; vzdálenost 400 pc) kolem hvězdy **V1647 Ori** vzbudila pozornost již v r. 1966, kdy se náhle výrazně zjasnila a opět zeslábla až po několika letech. Další zjasnění astronomové pozorovali v r. 2003, kdy se mlhovina zjasnila o plných 5 mag. J. Ninan aj. nyní popsali průběh dalšího naprostě neočekávaného zjasnění mlhoviny v září 2008, které sledovali pomocí dvou indických 2m teleskopů až do března 2013. Jasnost mlhoviny stoupala nejvíce (25x) ve středním infračerveném pásmu 12 μm a 15x v blízkém infračervené oblasti. Zato v submilimetrovém pásmu žádné zjasnění nepozorovali. Za všechna vzplanutí může mateřské hvězda o efektivní teplotě \approx 10 kK, z níž v době vzplanutí vane hvězdný vítr rychlostí 350 km/s.

R. Loomis aj. objevili během přehlídky **PRIMOS** (*Prebiotic Interstellar Molecule Survey*; frekvenční pásmo 9 – 50 GHz, tj. vlnové délky 6 – 33 mm) pomocí **100m radioteleskopu v Green Banku** v molekulovém mračnu **Sgr B2-Sever E-kyanoethanimin** (CH_3CHNH), což je organická sloučenina hrájící důležitou úlohu při vzniku aminokyseliny *alaninu*. V téže přehlídce se podařilo D. Zaleskemu aj. identifikovat pásy **E-kyanomethaniminu** (HNCHCN), který umožňuje vznik nukleotidu *adeninu*. A. Belloche aj. pozorovali totéž mračno pomocí evropského **30m radioteleskopu IRAM na Pico Veleta** v pohoří *Sierra Nevada* ve Španělsku. Objevili tak několik tisíc spektrálních čar v pásmu vlnových délek 3 mm (100 GHz) a z toho se již více než polovinu podařilo ztotožnit s přibližně půl stovkou organických molekul od *kyanovodíku* až po *vinylykyanid*, *n-propylkyanid*, *ethylformát* a *aminoacetonitril*.

5. Galaxie a kvasary

5.1. Hvězdokupy a intermediální černé díry (IMBH)

S. Vereščagin aj. zkoumali směr a velikost vlastních pohybů v nejbližší (47 pc) otevřené hvězdokupě **Hyády** (= *Caldwell 41*; *Tau*; stáří \approx 625 Mr) a zjistili, že jednotlivé hvězdy obíhají kolem preferované osy rotace, která je kolmá na apex (směr prostorového vlastního pohybu) hvězdokupy. B. Zuckermann aj. zjistili, že poblíž (\approx 100 pc) Slunce se nachází dvě mladé skupiny či **asociace hvězd**. První z nich ve směru k souhvězdí *Oktantu* obsahuje 15 hvězd mladších než 20 mil. let vzdálených od nás 140 pc, jež ale zřejmě vznikly jen \approx 70 pc od Slunce, protože se od nás vzdalují tempem 3,6 km/s. Díky družici *HIPPARCOS* navíc autoři objevili v témž směru dalších 14 hvězd se shodným vektorem rychlostí ve vzdálenostech do 100 pc, jež jsou staré 30 – 200 Mr. Mezi nimi je dokonce dvojhvězda **EQ Peg** (stáří $<$ 100 Mr), která se nyní nalézá pouhých 6 pc od Slunce. Druhou takovou skupinou je pohybová skupina kolem hvězdy **Castor** (α *Gem*; vzdálenost 16 pc), tvořená mimo jiné známými jasnými hvězdami: **Vega (Lyr)**, **Fomalhaut (PsA)**, **Alderamin (Cep)** a **Zubenelgenubi (Lib)**.

J. Curtis aj. využili spekter a snímků nejstarší (\approx 2,5 mld. roků) blízké (300 pc) otevřené hvězdokupy **Ruprecht 147**, pořízených **3m reflektorem Lickovy observatoře** a **5m Haleovým reflektorem** v Kalifornii, jakož i **6,5m reflektorem MMT** na *Hopkinsově hoře* v Arizoně k sečtení všech více než 100 hvězd, jež hvězdokupu tvoří. Pozorovací materiál doplnili také o vícebarevnou fotometrii pomocí **3,6m teleskopu CFHT** na *Mauna Kea* a infračervené indexy přehlídky **2MASS**. V souboru hvězd tak našli 5 modrých loudalů, 11 červených obrů a 5 dvojčarových spektroskopických dvojhvězd. Odtud odvodili jednak průměrnou metalicitu hvězd o 7 % vyšší než u Slunce, a dále zlepšenou hodnotu stáří soustavy 3 mld. let. Blízkost soustavy a její stáří se tak stává vztažným etalonem pro výzkumy ostatních známých otevřených hvězdokup. M. Jeffries aj. nalezli pomocí **3,5m teleskopu WIYN** na *Kitt Peaku* v Arizoně dvě oddělené základové a současně dvojčarové spektroskopické dvojhvězdy v otevřené hvězdokupě **NGC 6819** (*Cyg*; 2,2 kpc) a odtud odvodili metalicitu o 9 % vyšší než sluneční a stáří hvězdokupy (2,5 – 0,2) mld. let.

J. Kaluzny aj. nalezli v kulové hvězdokupě **M4** (= *NGC 6121*; *Sco*) tři základové dvojhvězdy s oběžnými periodami 2,3; 8,1 a 48 dnů a tak mohli určit jejich vzdálenost od nás 1,8 kpc. Odtud pak odvodili hmotnost hvězdokupy 70 kM_{\odot} a její stáří (11,2 – 11,3) Gr. Jde o hodnotu o něco menší, než jaká vyplýnula z diagramu vztahu barvy a jasnosti hvězd (>12 Gr), ale v každém případě se tak odstranil dlouhodobý rozpor, že pro některé kulové hvězdokupy dostávali astronomové stáří vyšší než je celkový věk vesmíru. S tímto závěrem také souhlasí výsledek další statistické studie A. Bahramiana aj., kteří zkoumali pravděpodobnost vzniku těsných dvojhvězd v jádřech 124 kulových hvězdokup v naší Galaxii. Při vysoké koncentraci hvězd v jádřech tam velmi často vznikají dvojhvězdy.

hvězdné soustavy se silnou interakcí mezi složkami, tj. nejenom klasické polodotykové dvojhvězdy, ale také rentgenové dvojhvězdy a milisekundové rádiové pulsary.

N. Leigh aj. ukázali, že záhada **modrých loudalů** (*blue stragglers*) – hvězd, které vypadají mladší než je stáří dotyčné kulové hvězdokupy, se dá řešit statisticky. Objevili totiž přímou úměrnost mezi výskytem modrých loudalů a celkovou hmotností jádra. To znamená, že většina loudalů vzniká přenosem hmoty mezi nestejně hmotnými složkami dvojhvězd, čímž se méně hmotná složka výrazně „omladí“, spíše než původně populárnější koncepcí, podle níž při vysoké koncentraci hvězd v jádře hvězdokup dochází k jejich přímým srážkám a tím podstatnému zvýšení hmotnosti a omlazení výsledné splynuvší hvězdy.

B. Hansen aj. porovnávali **metalicity hvězdokup**, které se nacházejí v galaktické výduti s těmi, které pozorujeme v halu Galaxie. Obecně platí, že *hvězdokupy v halu mají nízkou metalicitu* (a tedy vysoké stáří) v porovnání s hvězdokupami ve výduti i tlustém disku Galaxie. Typickým příkladem je známá **kulová hvězdokupa 47 Tuc** (= NGC 104; vzdálenost 4,5 kpc), která je minimálně o 2 mld. let mladší než hvězdokupy v halu Galaxie. Jádro hvězdokupy o úhlovém průměru 40" je tak husté, že se pozemními dalekohledy nedá rozlišit na hvězdy. Dokázala to teprve kamera *WFPC2* na *HST*. V jádře se nachází neuvěřitelných 46 tis. hvězd hlavní posloupnosti. Autoři zde objevili 11 zákrytových dvojhvězd a 65 proměnných hvězd, z toho třetinu dosud neznámých.

S. Villanova aj. využili spektrografové *UVES VLT ESO* k rozboru chemického složení atmosfér devíti červených obrů v kulové hvězdokupě **Ruprecht 106**. Specificky zkoumali zastoupení lehkých prvků (O až Al), prvků vzniklých procesem α (Si, Ca, Ti), železným vrcholem (Sc až Zn) a zachycováním neutronů (Y až Pb). Zjistili, že příslušná zastoupení byla v mezích pozorovacích chyb pro všechny devět obrů stejná. Jde zatím o jediný takový případ; ve všech ostatních studovaných hvězdokupách se tato zastoupení pro jednotlivé hvězdy silně liší, což znamená, že už jsou více ovlivněna předešlým pokolením hvězd populace II. Zmíněná hvězdokupa má metalicitu asi $30\times$ nižší než Slunce a její současná úhrnná hmotnost (24 kM_\odot) představuje spodní mez pro to, aby v kulové hvězdokupě vůbec mohly vznikat hvězdy populace II. Autoři též odvodili dnešní stáří hvězdokupy na 12 Gr. Obecně lze proto konstatovat, že kulové hvězdokupy musí mít při svém vzniku vyšší hmotnost než zmíněná mez proto, aby v nich hvězdy populace III dokázaly vytvořit dostatečné množství kovů (jader atomů s protonovými čísly >5), které je nutné pro vznik „zašpiněných“ hvězd populace II.

K podobnému závěru dospěli také R. Schiavon aj., kteří zkoumali **72 starých kulových hvězdokup** v galaxii *M31 (And)* a našli výraznou závislost mezi zastoupením jader dusíku a hmotností hvězdokupy. To znamená, že čím vyšší je hmotnost hvězdokupy, tím pestřejší jsou následné rozdíly v metalicitě různých hvězd populace II, a to pak vede ke vzniku více generací hvězd v dostatečně staré kulové hvězdokupě.

D. Vandenberg aj. sestojili na základě pozorování kamerou *ACS HST* barevné diagramy pro **55 kulových hvězdokup** a určili tak jejich individuální stáří v rozmezí 13,0 – 11,0 mld. let. S klesajícím stáří roste metalicitu ve shodě se základním paradigmatem chemického vývoje vesmíru. Přesnost určování stáří dosáhla přitom $\pm 0,25$ mld. let, ale různé složky dané kulové hvězdokupy jeví rozptyl vzniku $\pm 0,5$ mld. let.

A. Feldmeier aj. využili pozemních obřích reflektorů *VLT* a *CTIO* v Chile i kamery *ACS HST* k určení hmotnosti kulové hvězdokupy **NGC 5286** (= *Caldwell 84; Cen*; vzdálenost 8,9 kpc od centra Galaxie; 11 kpc od Slunce), Obdrželi tak úhrnnou hmotnost 440 kM_\odot a nevyloučili, že v centru hvězdokupy se nachází *intermediální černá díra* s očekávanou hmotností $1,5\text{ kM}_\odot$.

R. D'Souza a H. Rix určovali vlastní pohyby hvězd v obří kulové hvězdokupě **Ω Cen** (= NGC 5139; 3,7 mag; vzdálenost 5,2 kpc) a odtud odvodili zatím nejpřesnější hodnotu její úhrnné hmotnosti $4,6\text{ MM}_\odot$. Tato hvězdokupa se proto často považuje za otrhané jádro trpasličí galaxie. Svou hmotností totiž bezmála o řadu převyšuje hmotnosti ostatních kulových hvězdokup v naší Galaxii. D. Haggardová aj. se pokoušeli objevit pomocí dlouhých expozic rentgenové družice *Chandra* známky výskytu intermediální černé díry v centru hvězdokupy. Nenašli však v centru hvězdokupy žádný bodový zdroj se zářívým výkonem $>1,6 \cdot 10^{23}\text{ W}$, zatímco intermediální černá díra o hmotnosti 10 kM_\odot by měla dávat díky akreci materiálu z disku výkon o 12 řádů (!) vyšší.

5.2. Naše Galaxie

P. Polidová aj. využili přehlídky infračervené přehlídky **2MASS** (*Two Micron Sky Survey*; 1,3m teleskopy na *Hopkinsově hoře* v Arizoně a *CTIO* v Chile) z let 1997-2001 ve fotometrických pásmech J H K k určení **rozměrů hlavních složek Galaxie**. Škálová radiální délka *tenkého disku* dosahuje 2,1 kpc a jeho radiální výška 205 pc; *centrální díra* v disku má průměr 2 kpc. *Tlustý disk* o škálové radiální délce 3 kpc má radiální výšku 640 pc. *Centrální sféroid* má průměr 400 pc. Výhoda infračervené přehlídky spočívá přirozeně v možnosti prozkoumat strukturu zaprášených centrálních partií Galaxie, jež jsou v optickém oboru neprůhledné.

Y. Fujita aj. se zabývali vznikem **obřích bublin v pásmu gama**, jež obklopují hlavní rovinu Galaxie směrem ke galaktickému halu. Soudí, že jejich vznik souvisí s minulou aktivitou černé veledíry v centru Galaxie. Záhadou jsou ostré vnější okraje bublin a maximum zářivé energie v oblasti řádu TeV, kde jsou bubliny nejrozsáhlější. Alternativou by mohla být dávná překotná tvorba hvězd v okolí centrální veledíry. V každém případě vzniká v bublinách *energetické kosmické záření*, a jeho energetický profil by měl nakonec rozhodnout o způsobu, jak bubliny vznikly a jak jsou stabilní v čase. H. Völk a E. Berezhko upozornili, že aparatura **LAT** (*Large Area Telescope*) družice *Fermi* vykazuje přebytek proti modelům vysokoenergetické difúzní složky elektromagnetického spektra Galaxie již od energií několika GeV až do 100 GeV. Tento přebytek naznamenala již aparatura **EGRET** (*Energetic Gamma Ray Telescope*) družice *Compton*, ale odborníci ho tehd偃 nebrali vážně, protože jej považovali za nepřesnost měření. Dnes je vidět, že přebytek sahá až k energiím fotonů 10 TeV, kde rozdíl proti modelům už přesahuje celý řád. Autoři se domnívají, že na vině je energetické kosmické záření z neznámých zdrojů.

J. Bland-Hawthorn aj. dávají existenci **obřích bublin** do souvislosti s **Magellanovým proudem** vytvořeným chomáčky horkého plynu nad jižním galaktickým pólem ve vzdálenosti 50 – 100 kpc od centra naší Galaxie. Nejjasnější část proudu má tvar kuželes s vrcholovým úhlem 50° , jehož špička se nachází přímo nad jižním pólem Galaxie. Stáří proudu i kuželes odhadli na 0,6 – 2,9 mil. let. Za existenci proudu je podle autorů odpovědná vysoká aktivita v okolí černé veledíry v centru Galaxie, kterou lze zvnějšku klasifikovat jako Seyfertovu galaxii a jež kulminovala v období před 1 – 3 mil. lety. To nápadně dobře souhlasí s odhadovaným stářím energetických bublin, objevených družicí Fermi.

R. Eatough aj. podali důkaz o silném **magnetickém poli** v oblasti kolem centra Galaxie. V blízkosti centra Galaxie se totiž nachází rádiový pulsar **PSR J1745-2900** (rotační per. 3,8 s), vzdálený od nás 8,3 kpc, ale jen $\approx 0,2$ pc od centrální černé veledíry. Pulsar je soustavně sledován řadou velkých radioteleskopů v širokém pásmu rádiových frekvencí, ale také rentgenovou družicí NuSTAR. Tak se podařilo odhalit rekordně vysokou Faradayovu rotaci rádiových signálů 1,8 tis./cm³.pc, odpovídající magnetické indukci ≈ 300 nT ve vzdálenosti 300 tis. Schwarzschildových poloměrů od černé veledíry. To přímo svědčí o přítomnosti silných magnetických polí ($\approx 0,01$ T) v bezprostředním okolí centrální černé veledíry, což je v souladu s pozorovaným synchrotronovým zářením vycházejícím z jejího akrečního disku.

M. Clavelová aj. odhalili díky pozorováním rentgenové družice *Chandra* v období 2009 – 2011 krátké odlesky rentgenového záření v čáře Fe K α (6,4 keV) a v přilehlém kontinuu od různých molekulových mračen úhlově vzdálených 5° a 20° od centrální černé veledíry. To znamená, že v minulých stoletích byl zdroj **Sgr A*** obklopující veledíru krátkodobě i střednědobě velmi aktivní. Nejméně dvakrát během té doby dosahoval jeho zářivý výkon hodnot řádu $> 10^{32}$ W po dobu několika let.

A. Drake aj. zjistili pomocí více než **1,2 tis. proměnných hvězd typu RR Lyr**, jejichž vzdálenosti se podařilo určit díky přehlídce *Catalina* na observatoři *Mt. Lemmon* v Arizoně, že z hala naší Galaxie vybíhá **slapový proud** začínající ve vzdálenosti 100 kpc od jádra naší soustavy, jenž se posléze překrývá s dalším slapovým proudem **Sgr**. Autoři soudí, že proud je pozůstatkem rozbité soustavy hvězd, jenž propojuje vnější halo s pekuliární kulovou hvězdokupou **NGC 2419** (*Lyn*; průměr 80 pc; hmotnost $0,9 M_{\odot}$; vzdálenost od centra Galaxie 92 kpc a od Slunce 84 kpc; oběžná doba kolem centra Galaxie 3,4 mld. let) obloukem o úhlové délce plných 60°.

S. Sohn změřili během 5 let pomocí *HST* prostorový pohyb trpasličí galaxie **Leo I**, která je satelitem navzdory své vzdálenosti 260 kpc od centra naší Galaxie. Její prostorová rychlosť vůči naší Galaxii dosahuje 220 km/s, přičemž radiální složka činí 170 km/s a tangenciální 100 km/s. *Leo I* obíhá kolem naší Galaxie po protáhlé eliptické dráze a prošla pericentrem před 1 mld. let ve vzdálenosti 91 kpc. Byla naší Galaxií gravitačně zachycena již před 2,3 mld. let. Tehdy to vedlo ke zvýšení tempa tvorby hvězd, zatímco v pericentru byla tvorba hvězd potlačena. Podle M. Boylana-Kolchína aj. lze z pohybu *Leo I* odhadnout viriálovou hmotnost (včetně skryté látky) naší Galaxie na $1,6 TM_{\odot}$.

K. Immer aj. využili *radiointerferometru VLBA* k trigonometrickým měřením vzdáleností dvou vznikajících hvězdokup se silnou tvorbou hmotných hvězd ve spirálním ramenu *Scutum* k opravě vzdáleností tohoto ramene z 3,7 kpc na $(2,4 \pm 0,2)$ kpc. Tím se posouvá klasifikace hvězd o 1,5 třídy k pozdnějším spektrálním typům. Podobně B. Zhang aj. proměřovali pomocí *VLBA* přírodní masery na frekvenci 22 GHz (14 mm) v oblastech rané tvorby hvězd v I. kvadrantu spirálního ramene *Perseus*. Kvadrant je dlouhý 6 kpc a jeho vzdálenost od nás pokrývá rozmezí 10,8 – 11,1 kpc. Ve zmíněných oblastech se však tvoří nové hvězdy poměrně vzácně.

A. Bobylev a A. Bajková zkonstruovali **rotační křivku** naší Galaxie pomocí trigonometrických měření poloh a kinematiky 73 interstelárních maserů v mračnech neutrálního vodíku. Nová křivka sahá od centra Galaxie až do vzdálenosti 20 kpc. Ve vzdálenosti Slunce (8,0 kpc od centra) jim vyšla **kruhová rychlosť oběhu** kolem centra Galaxie 240 km/s.

T. Fang aj. se věnovali zapeklité otázce **chybějící baryonové složky** hmoty naší Galaxie. Podle jejich názoru se chybějící baryonové hmota může skrývat v horkém (1 MK) plynu v halu Galaxie. Jeho rozložení se obtížně mapuje, ale autoři předpokládají, že větší část horkého plynu se nachází ve velkém centrálním jádru a zbytek v rozptýleném obalu v halu Galaxie. V tom případě se může v této složce nacházet až $100 GM_{\odot}$ horkého plynu.

I. Dékány aj. stanovili zlepšenou hodnotu **vzdálenosti Slunce od centra Galaxie** na základě parametrů více než **7,6 tis. proměnných hvězd typu RR Lyr**, které oscilují v základním módu. Parametry hvězd jsou veřejně přístupné v přehlídce **VVV Variable Via Lactea** ESO uskutečněné přehlídkovým 4,1m teleskopem *VISTA* na *Paranalu*. Na rozdíl od špičky větve červených obrů, kteří mají vysokou metalicitu, je metalicitu hvězd RR Lyr nízká, takže tyto proměnné patří k nejstarší složce Galaxie. Jejich prostorové rozložení je sféroidální s výraznou centrální koncentrací, takže odtud vychází **vzdálenost Slunce** od centra Galaxie $(8,3 \pm 0,2)$ kpc.

Vzdálenosti uvnitř Galaxie jsou stále zatíženy překvapivě velkými chybami, jak vyplývá z práce Z. Malkina, jenž uvádí, že za posledních 20 let bylo zveřejněno 52 údajů o vzdálenosti Slunce od centra Galaxie. Publikované hodnoty pokrývají rozmezí 7,0 – 8,7 kpc. Autor je optimista, protože soudí, že v těchto údajích už nehrájí velkou roli systematické, ale jen statistické chyby. **Příklání se k ideální hodnotě 8,0 kpc.**

5.3. Jádro Galaxie

Proslulý **prachoplynový oblak G2**, jenž se pohybuje extrémně blízko k černé veledíře v centru naší Galaxie, nejevil podle S. Gillessena aj. příznaky slapového trhání během roku 2013. Přitom jeho eliptická dráha dosahuje extrémní výstřednosti $e = 0,97$. Ačkoliv lineární rychlosť jeho oběžného pohybu vzrostla v průběhu roku 2013 o plných 400 km/s proti r. 2011, jasnost oblaku se od r. 2008 nezvýšila ani o 10 %. Pozorování v infračerveném pásmu L (3,8 μm) pomocí aparatur *NACO* a *SINFONI* vybavených adaptivní optikou a instalovaných na observatoři *VLT ESO* na *Paranalu* ukázala, že prach v oblaku je docela teplý (600 K), což je důsledek jeho ohřevu ultrafialovým zářením mladé hvězdokupy poblíž veledíry. Oběžnou periodu *oblaku G2* odhadli na 200 let s tím, že pericentrum dráhy by se mělo nacházet ve vzdálenosti 140 au od veledíry.

A. Ghezová aj. využili 10m Keckova dalekohledu ke změření dráhové lineární rychlosti > 2 tis. km/s pohybu oblaku v r. 2013 a odhadli čas průletu oblaku pericentrem své dráhy na *březen 2014*. Současně vyslovili podezření, že **uvnitř oblaku se nachází hvězda!** Toto podezření poslili K. Phifer aj., kteří ze spektrálních pozorování Keckovým dalekohledem v blízkém infračerveném oboru v letech 2006 – 2012 určili čas průchodu hvězdy pericentrem na polovinu března 2014 v lineární vzdálenosti jen 130 au, tj. pouhých 1,6 tis. Schwarzschildových poloměrů od veledíry. V té chvíli by měla lineární rychlosť dráhového pohybu G2 dosáhnout téměř 28 tis. km/s! Přitažlivost vlastní hvězdy však zabránila oblaku, aby byl slapově roztrhán veledírou, jak vyplývalo z dřívějších simulací. *Oblak G2* byl poprvé spatřen v r. 2012 také v rádiovém oboru spektra anténní soustavou *VLA* v *Socorro* (Nové Mexiko) a od té doby je plynule sledován. Podle D. Fraila aj. byl však dodatečně nalezen v archivu *VLA* již v r. 2002! Z těchto pozorování se podařilo odhadnout **úhrnnou hmotnost mračna** na $3 M_{\odot}$.

Kromě toho v dubnu 2013 objevil J. Kennea aj. díky družici *Swift* v blízkosti (vzdálenost 0,12 pc) veledíry **magnetar SGR 1745-2900**, který je rentgenovým pulsarem s periodou 3,8 s, jak ukázala družice *NuSTAR*. Vzápětí R. Shannon a S. Johnston oznámili, že se jim podařilo identifikovat pulsar také v rádiovém oboru spektra v rozsahu frekvencí 4,5 – 20 GHz (vlnové délky 15 – 67 mm) pomocí aparatury **ATCA** (*Australian Telescope Compact Array; Narrabri*; soustava 6 parabol o průměrech 22 m a s délkou základny až 6 km). To je nesmírně cenný objev, protože tím získáváme téměř ideálně přesné **Einsteinovy hodiny** v blízkosti veledíry, které umožňují odhalit efekty teorie relativity na eliptickou dráhu pulsaru v silném a proměnném gravitačním poli veledíry.

J. R. Lu aj. ukázali, že v bezprostředním okolí (<0,5 pc) veledíry v jádře Galaxie se nachází mladá (stáří ≈4 mil. let) **hvězdokupa** se souhrnnou hmotností hvězd 14 – 37 kM_⊙. Od mladých hvězdokup v okolí Slunce se liší svou funkcí hmotnosti. Zatímco pro hvězdokupy v okolí Slunce je funkce hmotnosti dosti strmá (četnost hvězd je nepřímo úměrná 2,4. mocnině hmotnosti), centrální hvězdokupa je průběhem funkce hmotnosti výrazně povlovnější (exponent jen 1,7).

V. Krasnov aj. využili 22m radioteleskopu v Puščinu ke dlouhodobému sledování aktivity vodních masérů v hustém **molekulovém oblaku Sgr B2** (vzdálenost od černé veledíry 120 pc; rozměr oblaku 45 pc; teploty 40 – 300 K; úhrnná hmotnost 3 MM_⊙). Během let 2005 – 2012 tak pozorovali sedm erupcí s rádiovým tokem >1 kJy (!), které se vyskytly v místech s intenzivní tvorbou hvězd. Nejsilnější výtrysk dosáhl toku 7,3 kJy, což je nový rekord pro vodní masery ve vesmíru. Eruptce byly provázeny rozpínáním zasažených struktur rychlostmi 61 – 126 km/s.

F. Antonioni a D. Merritt simulovali **vývoj drah mladých hvězd hlavní posloupnosti** označovaných písmenem S, které obíhají těsně kolem černé veledíry v centru Galaxie po výstředních drahách. Do výpočtu zahrnuli i dráhové poruchy vyvolané efekty obecné teorie relativity. **Životnost hvězd S** na hlavní posloupnosti dosahuje nanejvýš 100 mil. let. Podle výsledků simulací se hvězdy S během té doby slapově roztrhají vinou veledíry s pravděpodobností <1 %, což je tedy zanedbatelné riziko.

Přímý důkaz o tom, že v bezprostředním okolí černé veledíry v centru Galaxie hvězdy skutečně vznikají, přinesla podle F. Yusefa-Zadeha aj. první pozorování centra Galaxie během zkušebního provozu anténní soustavy *ALMA* na náhorní poušti Atacama v Chile. Slapové síly v okolí veledíry by teoreticky měly zabírat vzniku nových hvězd, jestliže hustota shluků chladného plynu v jejím okolí není dostatečně vysoká, aby převýšila rušivé slapové síly. Autoři zjistili, že dobrým indikátorem dostatečné hustoty shluků neutrálního plynu mohou být molekuly SiO, které prozrazují výskyt velmi mladých hvězdných objektů **YSO** (*Young Stellar Objects*), z nichž vytéká plyn do jejich okolí. Díky vynikajícímu rozlišení ještě nedokončené (12 parabol o průměru 12 m) soustavy *ALMA* se jim podařilo najít v okolí veledíry celkem 11 shluků ve vzdálenostech do 0,6 pc od veledíry, z nichž vytéká plyn rychlostmi až 150 km/s. To je dobře patrné na profilech čáry SiO (přechod 5-4) o klidové frekvenci 217 GHz (vlnová délka 1,4 mm). Kinetická teplota plynu se přitom pohybuje v rozmezí 100 – 200 K. Z pozorování vyplývá, že v překvapivě malé vzdálenosti od veledíry vznikají v posledních 100 tis. letech zárodky velmi hmotných hvězd, což je v souladu s pozorováním tak početných hvězd S. *Keck 10m teleskop* ve spojení s adaptivní optikou dokáže sledovat pohyby hvězd S v okolí veledíry již od vzdálenosti ≈40 mil. km (260 au) od ní. Srážky shluků, popřípadě vnější tlak záření od aktivních hmotných hvězd na tyto shluky, tedy stačí na dostatečné zvýšení hustoty shluků, aby je nerozmetaly slapové síly veledíry.

Z. Li aj. přinesli pomocí rentgenové družice *Chandra* a radiointerferometru *VLA* důkaz, že černá veledíra v jádře Galaxie je obdařena **kolimovaným lineárním výtryskem plynu**, jak je pro tyto objekty charakteristické. Zjistili totiž že rádiový objekt **G359.944-O.052** v okolí černé veledíry v jádře Galaxie představuje obloukovou rázovou vlnu vzniklou nárazem kolimovaného výtrysku, jenž do vzdálenosti 1 parseku směřuje rovnoběžně s osou rotace celé Galaxie. Kolimované výtrysky totiž odnášejí přebytečný moment hybnosti z akrečních disků černých děr a tím dovolují, aby materiál z disku mohl být pohlcen příslušnou dírou. W. Brown aj. změřili pomocí spektrografu u *10m Keckova teleskopu* rychlosť pohybu hvězdy **HVS17** (sp. B V; hmotnost 4 M_⊙; stáří 150 Mr; vzdálenost od centra Galaxie 50 kpc) v inerciální soustavě spojené s jádrem Galaxie. Obdrželi úctyhodnou hodnotu 450 km/s, což znamená, že hvězda, která vznikla poblíž jádra, byly odtamtud posléze vymrštěna vyšší než únikovou rychlosť. Další zpřesnění jejího osudu se nejspíš podaří, jakmile budou zveřejněny výsledky pozorování astrometrické družice *Gaia*.

Vhodný mechanismus, jak mohou hvězdy z okolí černé veledíry v centru Galaxie uprchnout únikovou rychlosť, navrhli K. Zubovas aj. Vyšli ze skutečnosti, že dosud objevené **desítky prchajících hvězd** jsou rozloženy vůči galaktickým souřadnicím anizotropně. Autoři proto soudí, že k únikům dochází tehdy, když v těsné dvojhvězdě ve hvězdném disku o poloměru 1 pc kolem veledíry vybuchne jedna složka jako supernova, čímž se druhá složka doslova utrhne ze řetězu. Odhadli, že k takové ztrátě gravitační vazby ve hmotných dvojhvězdách dochází přibližně jednou za 10 tis. let a interakce přeživší složky s diskiem je nutně anizotropní. Dále usoudili, že ve zmíněném hvězdném disku vznikly dnes existující hvězdy v průběhu posledních 100 mil. let, protože hmotné hvězdy nemohou žít déle. Interakce prchajících hvězd s hvězdným diskiem většinu z nich zpomalí, takže autorům nakonec vyšlo, že na hyperbolickou únikovou dráhu se za tu dobu dostalo nanejvýš 20 hvězd, což je v uspokojivém souladu s pozorováním.

L. Oskinová aj. zkoumala možnosti **vzniku osamělých velmi hmotných hvězd**, jež podle dosavadních pozorování nemohou vznikat mimo hustá jádra velmi kompaktních hvězdokup. Díky nové aparatuře *SINFONI VLT ESO* se jim podařilo objevit v blízkosti centra Galaxie Wolfsovou-Rayetovu hvězdu **WR 102ka**, která je zcela osamělá a určitě neprchla z nějaké husté hvězdokupy, protože nemá kolem sebe typickou obloukovou rázovou vlnu; vznikla tedy takříkajíc na místě. Okolí centra Galaxie je tedy rovněž vhodnou lhítkou pro hvězdy s hmotnostmi >100 M_⊙.

D. An aj. využili pozorování **plošného centra Galaxie** o rozměrech 250 × 60 pc *Spitzerovým kosmickým teleskopem (SST)* ve středním infračerveném pásmu 10 – 35 μm k důkazu, že tam plynule vznikají velmi hmotné hvězdy, ale že na rozdíl od galaxií s aktivními jádry (AGN) nejvíce naše Galaxie žádne příznaky takové aktivity, takže její veledíra trpí podvýživou – doslova anorektička. To je poměrně překvapující, protože když se spočítá ztráta hmoty velmi hmotných hvězd, tak by jádro naší Galaxie mělo být milionkrát (!) jasnější než je. Rentgenový snímek centra Galaxie družicí *Chandra* při expozici dlouhé skoro 35 dnů (!) však podle Q. D. Wangy a. ukázal, že *jen 1 % plynů vyvrhovaných hmotnými hvězdami (10⁻⁵ M_⊙/r)* nakonec na veledíru dopadá, zatímco *99 % se tomuto osudu vyhne* tím, že z vnějších oblastí akrečního disku kolem veledíry unikne a odnáší tak přebytečný moment hybnosti. Podle R. Blandforda aj. za tento únik mohou siločáry silného magnetického pole, které materiál z vnějšího disku vytěsní, čili *1 % plynů se obětuje*, aby těch 99 % pokračovalo v koloběhu látky ve vesmíru.

5.4. Místní soustava galaxií

G. Beslaová aj. se podivili tomu, jak účinné jsou projekty *OGLE* a *MACHO* při objevování gravitačních mikročoček ve **Velkém Magellanově mračnu (VMM)**. Podrobným rozborem dosavadní statistiky zjistili, že v této galaxii existuje disková populace čočkujících hvězd, která se nachází vůči nám o 4 – 10 kpc blíže než hvězdy, které podléhají mikročočkování. Tím se dá dobře vysvětlit, proč většina mikročočkových zjasnění trvá 17 – 71 d. Autoři odtud dovozují, že obě *Magellanova mračna se navzájem prolínala* před 100 – 300 mil. lety. Vinou slámových sil bylo **Malé Magellanovo mračno (MMM)** očesáno o málo hmotné hvězdy, které vytvořily **spojovací most** mezi oběma mračny. V mostě by se tedy měly nacházet početné hvězdy třídy *RR Lyr* s relativně nízkou metalicitou a pohybující se vůči disku *VMM* vysokými rychlostmi.

Přímý důkaz o existenci tohoto mostu podali A. Fox a P. Richter, když pozorovali pomocí *HST* vzdálené kvasary, jejichž světlo zmíněným mostem procházelo. Zjistili tak, že chemické složení hvězd v mostu odpovídá stavu *MMM* v době před 2 mld. let. Most není kontaminován žádnými hvězdami *VMM*.

G. Pietrzynski aj. využili osmi dlouhoperiodických zákrytových dvojhvězd ve *VMM* objevených v rámci projektu sledování gravitačních mikročoček *OGLE* za posledních 16 let k podstatnému zlepšení přesnosti hodnoty **vzdálenosti VMM**. Dvojhvězdy patří do skupiny oddělených složek, kde sekundárem jsou pozdní hvězdy ve věti obrů, což zlepšuje přesnost parametrů drah příslušných dvojhvězd. Na získání spekter se podílely spektrografy u 6,5m *Clayova teleskopu Magellan* na *as Campanas* a dále *HARPS* u 3,6m *reflektoru La Silla ESO* v Chile. Infračervená fotometrie dvojhvězd pochází z 3,5m *reflektoru NTT*. Tak se podařilo zpřesnit průměrnou vzdálenost těchto dvojhvězd na $(49,88 \pm 0,13)$ kpc a určit i polohu těžiště *VMM* na 05h 25min 06s, $-69^{\circ}47'00''$ a jeho vzdálenost $(49,97 \pm 0,19)$ kpc. Přesnost ve vzdálenosti dosáhla **relativní chyby 0,4 %**, což je zatím nejpevnější základní příčka *kosmologického žebříku vzdáleností*.

L. Inno aj. odvodili z rozboru infračervených světelných křivek klasických cefeid ve *VMM* i *MMM* zatím nejlepší odhady vzdáleností obou našich blízkých sousedů v Místní soustavě. Podařilo se jim pozorovat přes 3,0 tis. ve *VMM* a přes 4,1 tis. cefeid v *MMM*. Odtud dostali moduly vzdáleností obou galaxií, tj. $(50,8 \pm 1,8)$ kpc pro *VMM* a $(63,9 \pm 2,8)$ kpc pro *MMM*.

J. Kalirai aj. zkusili využít potenciálu kamery *ACS HST* ke snímkování hvězd s nízkou hmotností v *MMM* a v úhlově nedaleké $(2,4')$ kulové hvězdokupě naší Galaxie **47 Tuc**. Tak se jim podařilo určit funkci hmotnosti pro hvězdy v *MMM* pro interval hmotností $0,37 - 0,93 M_{\odot}$. Nejnižší hmotnost $0,17 M_{\odot}$ odpovídá ve vzdálenosti *MMM* 30,5 mag, k čemuž bylo potřebné kumulativní expozice téměř 8 dnů (!). Vzdálenost *MMM* je nyní určena dosti dobře na základě sledování 40 zákrytových dvojhvězd: $(60,6 \pm 2,0)$ kpc, ale tloušťka této galaxie ve směru zorného paprsku je obrovská: 20 kpc, což ji poněkud diskvalifikuje jako druhou příčku kosmologického žebříku vzdáleností. V každém případě je zřejmé, že *navzdory velkému počtu zkoumaných cefeid a využití vhodnějších infračervených světelných křivek, jede stále o řadu horší výsledek než měření vzdáleností pomocí zákrytových dvojhvězd, která má před sebou perspektivu dalšího zvyšování přesnosti*.

M. Yusof aj. upozornili, že obě mračna vynikají také tím, že se v nich tvoří **nadhvězdy** s hmotnostmi až $>300 M_{\odot}$. Modelové výpočty prokázaly, že teoreticky tam mohou vznikat nadhvězdy s hmotností až $500 M_{\odot}$. To vcelku odpovídá pozorováním, protože v anonymní galaxii v *Panně* vybuchla **supernova 2007bi**, která musela mít při svém vzniku hmotnost $\approx 200 M_{\odot}$ a těsně před výbuchem $>160 M_{\odot}$. Pro *VMM* tak z pozorování vychází horní mez $>300 M_{\odot}$ a pro *MMM* $290 M_{\odot}$. Tyto **obézní nadhvězdy** pak vybuchují vinou **párové nestability**, tj. materializací páru pozitron-elektron z energetických fotonů záření gama, čímž se prudce snižuje tlak v jádře nadhvězdy, a ta se gravitačně zhroutí.

M. Matsuura aj. zjistili, že *hvězdy z asymptotické větve obrů a červení veleobří* v *MMM* souhrnně ztrácejí hmotu tempem jen $0,0014 M_{\odot}/r$. **Výbuchy supernov třídy II** tam dodávají do mezihvězdného prostoru plyn tempem $0,03 M_{\odot}/r$. Týtež skupiny zdrojů uvolňují také prach tempem $10 \mu M_{\odot}/r$, resp. $1 mM_{\odot}/r$. Souhrnná dodávka stavebního materiálu pro nová pokolení hvězd je tedy podstatně nižší než současné tempo tvorby nových hvězd ($0,08 M_{\odot}/r$). To znamená, že *MMM* žije z podstaty a tempo tvorby nových hvězd se bude rychle snižovat. Největší záhadou je však vysoký obsah *polycyklických aromatických uhlovodíků*, který v *MMM* dosahuje úhrnné hmotnosti 1,8 tis. M_{\odot} , ačkoliv jejich hlavní dodavatelé – uhlovodíky na asymptotické věti červených obrů – dokáží během svého života dodat do prostoru jen $100 M_{\odot}$ PAH.

R. Ibata aj. objevili díky projektu **PAndAS** (*Pan-Andromeda Archaeological Survey*), tj. soustavným snímkováním 400 čtv. stupňů oblohy v okolí **spirální galaxie M31** pomocí širokoúhlé kamery 3,6m *teleskopu CFHT* na *Mauna Kea*, celkem 27 trpasličích galaxií. Třináct z nich leží v dobře definované rovině o tloušťce jen 14 kpc ve vzdálenostech 35 – 400 kpc od těžiště *M31*. V *pozdném prodloužení této roviny kupodivu leží i naše Galaxie* ve vzdálenosti 780 kpc, zatímco disk *M31* je k ní skloněn pod úhlem 50° . Z měření radiálních rychlostí vyplývá, že satelitní galaxie obíhají kolem *M31* ve smyslu její rotace kolem těžiště spirální galaxie. Jde o první úspěšný pokus **trojrozměrného mapování prostoru** mezi *M31* a naší Galaxií, jenž ovšem přinesl naprostou záhadu v podobě existence zmíněné dosti placaté obří roviny. A. Conn aj. však z téhož pozorovacího materiálu zjistili, že zmíněný tenký disk tvorený dokonce 15 satelity má tloušťku jen 12 kpc, a dále, že *celkem 20 satelitů leží na straně přivrácené k naší Galaxii*.

W. Gieren aj. v rámci velkého projektu určování **vzdáleností objektů** v Místní soustavě galaxií pozorovali v galaxii *M33* infračervené světelné křivky 26 dlouhoperiodických cefeid a odtud odvodili zpřesněnou hodnotu vzdálenosti těžiště této galaxie (840 ± 27) kpc.

A. Wolfe aj. potvrdili pozorováním mračen neutrálního vodíku, že existuje **most mezi galaxiemi M31 a M33 (Tri)** o úhlové délce 15° (lineární délce 215 kpc). Most obsahuje dostatek materiálu pro tvorbu nových pokolení hvězd v obou takto propojených galaxiích.

Nejpodrobněji se problémem **vzniku tenkých struktur trpasličích galaxií** v Místní soustavě zabývali E. Shaya a R. Tully, kteří poukázali na tři hlavní hráče tohoto velkolepého kosmického kulečníku, tj. galaxii **Cen A** (= *NGC 5128*; vzdálenost ≈ 4 Mpc), *M31* a naší Galaxii. Jejich gravitační interakce uspořádává trpasličí galaxie do různých proudů a zmíněných placatých desek. Všechno ještě navíc komplikuje nejbližší lokální **kupa galaxií v Panně** (vzdálenost ≈ 16 Mpc), k níž je tažena například naše Galaxie.

M. Fardal aj. se pokusili určit úhrnnou (viriálovou) hmotnost spirální galaxie *M31* (= *NGC 2244; And*) na základě jejího slámového působení na jižní proud o hmotnosti $3 GM_{\odot}$. Dostali tak úděsnou hodnotu $2 TM_{\odot}$ pro viriálový poloměr 200 kpc. S. Phelps aj. získali

na základně principu nejmenší akce hmotnost ($1,5 - 5,5$) TM_\odot a pro naši Galaxii ($1,5 - 4,5$) TM_\odot , přičemž za velkou nejistotou stojí neznámý průběh obrysů hal skryté látky. C. Partridge aj. odhadli **viriálovou hmotnost celé Místní soustavy galaxií** na ($4,9 \pm 1,1$) TM_\odot za předpokladu, že stavová rovnice skryté energie $w = -1$, tj. je obsažena v kosmologické konstantě.

5.5. Galaxie v lokálním vesmíru

K. McQuinnová aj. objevili pomocí radioteleskopu v *Arecibu* během přehlídky *Legacy Fast Alfa* relativně velmi blízkou (vzdálenost 1,7 Mpc) trpasličí galaxii **Leo P** bohatou na interstelární plyn. Nepatří sice do naší Místní soustavy, ale do asociace již dříve objevených čtyř relativně blízkých trpasličích galaxií. Vyniká mezi nimi velmi nízkou metalicitou. Představuje patrně spojovací článek mezi nepravidelnými galaxiemi bohatými na interstelární plyn a sféroidálními trpasličími galaxiemi, kde už je plyn na tvorbu dalšího pokolení hvězd spotřebován.

M. Nikolajuk a R. Walter sledovali v Seyfertově galaxii **NGC 4845** (vzdálenost 14,5 Mpc) od počátku r. 2011 silnou rentgenovou erupci zdroje **IGR J1258+0134**, která nabíhala k maximu několik týdnů a pak pozvolna slábla po dobu celého roku. Průběh erupce odpovídá *slapovému trhání tělesa o hmotnosti $30 M_\odot$ v gravitačním poli intermediální černé díry s hmotností $\approx 300 kM_\odot$* . Tvrz rentgenové záření pocházelo z koróny, jež se vytvořila v blízkosti černé díry kolem akrečního proudu materiálu, jenž na ni padal. Jde o první případ, kdy byla taková koróna skutečně pozorována.

T. Davis aj. konstatovali, že pro pochopení souvislosti mezi vývojem galaxií a vznikem černých veledér v jejich těžištích je zapotřebí určit *hmotnost a případně i spin a veledíry*. To je však bohužel obtížné. Přímé měření využívá kinematických vlastností hvězd v raných galaxiích, kinematiky ionizovaného plynu v některých typech spirálních galaxií a velmi vzácně maserové čárové emise v centru příslušné galaxie. Autoři však nyní úspěšně využili *kinematiky (rotační rychlosti) molekulového plynu (CO)* v rané obří galaxii **NGC 4526** (kupa Virgo, lenticulární spirální galaxie s příčkou; vzdálenost 17 Mpc) proměřené radiointerferometrickou aparaturou **CARMA** (*Combined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy*) v *Owens Valley* v Kalifornii. Celkem 23 parabol o průměrech 3,5; 6,1 a 10,4 m umožnilo stanovit hmotnost veledíry 450 MM_\odot , byť se značnou střední chybou $\pm 50\%$. Podle názoru autorů však radiointerferometr nové generace **ALMA** umožní tuto metodu zpřesnit pro galaxie do vzdálenosti až 75 Mpc během nanejvýš 5 h pozorovacího času.

J. Walshawová aj. využily spektroskopie **galaxie M87 (Vir)** pomocí spektrografového *STIS HST* k revizi hmotnosti černé veledíry z kinematiky ionizovaného plynu do vzdálenosti 40 pc od ní. Podle těchto nových měření má veledíra úctyhodnou hmotnost 3.5 GM_\odot , jak se na klíčovou galaxii v kupě v Panně zajisté sluší.

M. Nakamura a K. Asada podrobně prostudovali archivní údaje radiointerferometru **VLBI** o známém **výtrysku z centra galaxie M87** na frekvencích 43 a 86 GHz (vlnové délky 7 a 3,5 mm). Z pozorování v širokém rozsahu úhlových rozlišení od 0,1 obloukové milivteřiny až po $10''$ vyplývá, že na všech těchto úhlových stupnicích je struktura výtrysku shodná a jeho zdrojem je oblast vzdálená jen $10 R_s$ ($R_s = \text{Schwarzschildův poloměr černé veledíry v těžišti M87}$) od veledíry. Výtrysk se chová jako *nelineární torzní Alfvénova vlna*, která je urychlována silným magnetickým polem zejména ve vzdálenostech $100 - 1000 R_s$, takže od této horní meze dosahuje supersonické rychlosti. K. Hada aj. zkoumali týž výtrysk v rozsahu rádiových frekvencí 2 – 86 GHz (vlnové délky až 150 mm) pomocí interferometru **VLBA**, a tak rovněž prokázali, že zdroj výtrysku se nachází ve vzdálenosti $10 R_s$ od veledíry. Jeho kolimační profil je zcela plynulý až do vzdálenosti 4,5 kpc od zdroje výtrysku. Je velmi pravděpodobné, že tyto poznatky lze přenést i na jiné černé veledíry, které jsou příliš daleko na tak podrobný výzkum.

V téže kupě J. Strader aj. objevili **trpasličí galaxii M60-UCD1** poblíž velké obří elliptické galaxie **M60** (= *NGC 4649*; vzdálenost 16,8 Mpc), která je silně koncentrovaná do vnitřní elliptické složky o poloměru 14 pc a vnější kulové složky o poloměru 49 pc. Rentgenová družice *Chandra* dává její zářivý výkon 10^{31} W a z optických pozorování vychází její metalicitá shodná se sluneční. Z těchto a dalších měření vychází její stáří > 10 Gr, úhrnná hmotnost 200 MM_\odot a absolutní hvězdná velikost -19 mag (5 GL_\odot). Jde tedy o nejhustší známou galaxii vůbec. Autoři se domnívají, že jde o pozůstatek podstatně větší a hmotnější galaxie, která byla vinou slapového působení *M60* otrhána o vnější disk a halo, takže zřejmě teď pozorujeme obnažené jádro původní velké galaxie s centrální černou veledírou.

M. Cantiello aj. upozornili na rozpor v určení vzdáleností galaxie **NGC 1316 (Fornax A)**, která patří do druhé největší blízké kupy galaxií hned po kupě *Virgo*. Její vzdálenost se dá totiž určit několika nezávislými metodami; především pomocí cefeid, ale též z fluktuací povrchové jasnosti galaxie, a také díky supernovám Ia, jež v ní občas vybuchují. Vzdálenosti galaxie určované pomocí cefeid a fluktuací sice navzájem souhlasí (20,8 Mpc), ale vzdálenost odvozená ze supernov trídy Ia vychází o celých 17 % menší, což je velmi mrzuté. Kupa v souhvězdí *Chemické pece* má přitom poměrně malou tloušťku ve směru zorného paprsku, což zvyšuje její cenu pro kalibraci vzdáleností na blízkých příčkách kosmologického žebříku. Kupa vyniká také tím, že se v ní poměrně často vyskytují supernovy trídy Ia, které jsou velmi vhodné pro nezkreslené (?) měření vzdáleností mateřských galaxií.

R. Eufrasio aj. využili archivní pozorování obří (průměr > 150 kpc) spirální galaxie **Kondor** (= *NGC 6872, Pav*, vzdálenost 65 Mpc) v širokém rozsahu vlnových délek (UV až IČ) k důkazu, že obří soustava se před 130 mil. lety těsně sblížila s lenticulární galaxií **IC 4970** pětkrát menší než *Kondor*. Sblížení vyvolalo překotnou tvorbu nových hvězd v severovýchodním a jihozápadním ramenu obří spirály ve vzdálenostech kolem 40 kpc od jejího centra. Tehdejší silná slapová interakce obou galaxií způsobila podle všeho vznik trpasličí galaxie ve vzdálenosti 90 kpc od centra spirály, jež obsahuje mladé hvězdy zářící výrazně v ultrafialové oblasti spektra.

Neúnavná rentgenová družice *Chandra* pořídila se zatím nejdelší expozicí (6,3 d) hluboký snímek centrálních partií obří **kupy galaxií A1659 (Com)** (vzdálenost 100 Mpc), jež se nachází poblíž severního pólu naší Galaxie. Kupa obsahuje velké množství obřích elliptických galaxií a byla důležitým vztažným bodem při prvních měřeních rozpínání vesmíru a také jako první doklad existence skryté látky (*dark matter*) ve vesmíru. Horké plazma v intergalaktickém prostoru jeví vysokou turbulenci, podílí se asi z 10 % na celkovém vyzařování kupy, a vyskytuje se podél hustých tenkých rámenných dlouhých až 150 kpc, což svědčí o jejich stabilitě po dobu řádově stovek milionů let. Za tuto strukturu vděčí centrum kupy zřejmě silným magnetickým polím indukovaným v poslední miliardě let před současností. Kromě toho se uvnitř kupy vyskytují menší koncentrace struktur (*podkupy*).

5.6. Galaxie v hlubokém vesmíru

K. Willett aj. ve spolupráci s dobrovolníky projektu *Galaxy Zoo2* vykonali obří práci při **morfologické klasifikaci** 300 tis. galaxií jasnějších než 17 mag v databázi přehlídky **SDSS** (*Sloan Digital Sky Survey*; 2,5m zrcadlo na *Apache Point* v Novém Mexiku). Klasifikace zprvu hrubá (galaxie rané, pozdní a splývající) se postupně díky úsilí mnoha dobrovolníků zjemňovala, takže se klasifikovaly i příčky, výdutě a spirály. Spolehlivost klasifikace přitom přesáhla 90 % při porovnání vzorků s důkladnou profesionální klasifikací.

D. Watson a C. Conroy zjistili ke svému údivu, že *mechanismy směřující ke vzniku satelitních galaxií v obřích kupách galaxií a v relativně malých skupinách galaxií se nápadně podobají*, přestože v malých skupinách je pro nějaké ovlivňování málo hmoty i času. V obou těchto vývojových celcích hraje významnou roli halo skryté látky, takže i v mladých minisoustavách vzdálených <2,4 Gpc (stáří >6 mld. po Velkém třesku) vznikají satelitní galaxie týmž fyzikálním mechanismem jako v obřích kupách. S. Andreon aj. využili infračervených snímků (pásma 3,6 μm) z kosmického teleskopu *SST* k proměření průběhu **funkce svítivosti v závislosti na úhrnné hmotnosti hvězd** pro 150 galaxií v pěti kupách galaxií v kosmologických vzdálenostech >2,8 Gpc (stáří kup <4,6 Gr po Velkém třesku). Z těchto měření zjistili, že tvorba hvězd v těchto kupách s mediánem vzdáleností 2,9 Gpc skončila dříve, než se uvádělo dosud (3,7 Gr po Velkém třesku). Typická souhrnná hmotnost hvězd v těchto galaxiích (200 GM_⊙) se totiž přestala zvětšovat již v čase 2,6 Gr po Velkém třesku, a možná ještě dříve.

H. Fu aj. studovali podrobně splývající dvojici obřích galaxií **HXMM01** (*J0220-0601*) objevenou v submilimetrové přehlídce kosmického teleskopu *Herschel* v r. 2012 ve vzdálenosti 3,3 Gpc (stáří 2,9 Gr po Velkém třesku). Využili ke snímkování také *Keckova 10m* a radiointerferometrů *VLA* a *SMA*. Ukázali, že v této soustavě probíhá tvorba hvězd závratným tempem 2 kM_⊙/r (!), čili o řadu rychleji než u běžných galaxií. Odhadli však, že tato epizoda překotné tvorby hvězd skončí během následujících 200 mil. let a vznikne elliptická galaxie s úhrnnou hmotností hvězd kolem 400 GM_⊙. Obecně tak platí, že *obří elliptické galaxie vznikají ze splývajících galaxií, které se prozradí vysokou svítivostí v submilimetrovém oboru elektromagnetického spektra*.

N. Bouché aj. podali důkaz, že *velké galaxie získávají další materiál pro tvorbu hvězd akrecí intergalaktického plynu*. Pomocí spektrografu *SINFONI VLT ESO* na *Paranalu* pozorovali chuchvalce chladného intergalaktického plynu, který obíhá za halem anonymní galaxie vzdálené od nás 3,3 Gpc (stáří 2,8 Gr po Velkém třesku). Využili k tomu šťastné náhody, že v malé úhlové vzdálenosti od obrazu galaxie se v pozadí nalézá **kvasar HE 2243-30**, jehož emise jsou absorbovány v chladném plynu vzdáleném 26 kpc od centra zmíněné galaxie. Autoři tak prokázali, že chladný plyn je dodáván směrem do centra galaxie a zvyšuje dokonce její moment hybnosti. Tempo akrece tohoto plynu dobře odpovídá tempu vzniku hvězd v této galaxii.

M. Jarvis aj. zveřejnili první výsledky přehlídky **VIDEO** (*Vista Deep Extragalactic Observations*) uskutečňované pomocí zatím největšího 4,1m přehlídkového teleskopu **VISTA** (*Visible and Infrared Survey Telescope*) *ESO* na *Paranalu* v Chile. Obří kamera pracuje v blízkých infračervených pásmech Z (880 nm), Y (1 020 nm), J (1 250 nm), H (1 650 nm) a K (2 200 nm). V přehlídce na ploše 12 čtv. stupňů dosáhla po řadě mezních hvězdných velikostí 25,7; 24,5; 24,4; 24,1 a 23,8 mag. Na takto hlubokých snímcích našli autoři nejstarší galaxie ve vzdálenostech až 3,7 Gpc, tj. ze stáří 1,6 mld. let po Velkém třesku. V té době vrcholila **éra reionizace vesmíru** díky výskytu galaxií s aktivními jádry (AGN) a maximu tempa tvorby nových hvězd, takže první kupy galaxií dosáhly své zralosti. Data z přehlídky *VIDEO* jsou veřejně přístupná, což usnadňuje jejich využití pro kosmologické studie.

M. Ouchi a G. Himiko objevili kombinací pozorování *HST* a mikrovlnné observatoře *ALMA* anonymní mladou galaxii s nízkou metalicitou i nepatrným zastoupením chladného prachu a horkého plynu, která je od nás vzdálena 4,0 Gpc (stáří 830 mil. let po Velkém třesku). V galaxii se intenzivně tvoří hvězdy tempem 100 M_⊙/r, a přitom nejde ani o galaxii s aktivním jádrem, ani o galaxii s jasností zvýšenou mezilehlou gravitační čočkou. Na snímcích je vidět nápadně modré jádro, kolem něhož obíhají dva hmotné chuchvalce prvotního plynu. Zřejmě zde pozorujeme vznik galaxie v epoše dozívající reionizace vesmíru.

S. Finkelstein aj. využili nového infračerveného spektrografu **MOSFIRE** (*Multi-Object Spectrometer For InfraRed Exploration*) u *Keckova 10m teleskopu* k určování vzdáleností vybraných galaxií objevených v poli **CANDELS** (*Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalaxy Legacy Survey*) pomocí *HST*. Ze 100 galaxií, jejichž barevné indexy určené *HST* naznačovaly, že by mohlo jít o galaxie vzdálené ≈4 Gpc, vybrali 43 a pro ně určovali přesné vzdálenosti z kosmologického červeného posuvu čáry Ly-α, jejíž kladová vlnová délka spadá do daleké ultrafialové oblasti 122 nm. V 8 případech se jim podařilo pozorovat zmíněnou čáru posunutou do blízkého infračerveného oboru spektra, ale jen v jednom případě byl signál čáry dostatečně vysoko nad hranicí fluktuací šumu. Šlo o galaxii **z8GND_5296** (poloha 1237+6218), kde čára Ly-α měla pozorovanou vlnovou délku 1 034 nm, čemuž odpovídá vzdálenost 4,0 Gpc a stáří 700 Mr od Velkého třesku. Odtud vyplývá, že tempo tvorby hvězd v této galaxii dosahuje 330 M_⊙/r; je o celé dva řády vyšší než v naší usedlé Galaxii. Autoři rovněž odhadli, že takto vzdálených galaxií s vysokou tvorbou hvězd a dostatečnou metalicitou bude ve skutečnosti ve vesmíru více než dost.

Vzápětí N. Werner aj. prokázali pomocí rentgenové družice *Suzaku*, která v letech 2009 – 2011 proměřovala metalicitu v intergalaktickém prostoru kupy galaxií v souhvězdí *Persea* (vzdálenost 74 Mpc; stáří 13,5 Gr), že metalicitu v celém prostoru kupy je všude táz (30 % metalicity Slunce), což svědčí o dobrém promíchání zastoupení těžších prvků už před více než 10 Gr.

A. Koekemoer aj. připomněli, že v roce 2012 započal *HST* s opakovaným snímkováním pole v projektu **HUDF12** (*Hubble Ultra-Deep Field*; souhvězdí *Chemické pece* [*Fornax*], souřadnice 0333-2747). Pole *HUDF* bylo již snímkováno prvními kamerami *HST* v r. 2002 – 2003. Nyní se přímo nabízelo využít skvělých vlastností kamery *WFC3*, instalované v r. 2009. V r. 2012 se podařilo snímkovat pole *HUDF* během 128 oběhů *HST* kolem Země (souhrnná expozice téměř 8 dnů !) v blízké infračervené oblasti spektra (0,8 – 1,6 μm). Tak se podařilo objevit galaxie se stářím <650 mil. let po Velkém třesku a doložit tak tempo tvorby hvězd v éře reionizace vesmíru.

R. Ellis aj. objevili v poli *HUDF12* celkem 7 galaxií s pravděpodobnou vzdáleností >4 Gpc. Nová měření tak potvrzují, že úbytek zářivé hustoty galaxií, který pozorujeme již pro vzdálenosti >3,9 Gpc (stáří 950 mil. let po Velkém třesku), pokračuje pro větší vzdálenosti, čili směrem ke kratším údobím od Velkého třesku. G. Illingworth aj. zkombinovali všechna pozorování hlubokých polí (**HDF**, **HUDF**, **XDF**, **HUDF12**) od r. 2003 do r. 2012, takže v tomto jedinečném materiálu jsou zachyceny galaxie s integrální jas-

ností až 31,2 mag. Úhrnné expozice dosáhly 21,7 d. V poli **XDF** (úhlová plocha $4,7'$) je tak zobrazeno 7 tis. galaxií až do času jen 800 mil. let po Velkém třesku.

Jak však uvedli M. Ashby aj., daleko rozsáhlejší přehlídka objektů v hlubokém vesmíru **SSDF** (*South pole telescope – Spitzer Deep Field*) uskutečnil *Spitzerův kosmický teleskop* (**SST**) pomocí infračervené kamery *IRAC* na ploše 94 čtv. stupňů oblohy kolem jižního galaktického pólu (souřadnice 2330-55). Přehlídka byla ještě zkvalitněna tím, že tutéž oblast na obloze pozoroval infračervený kosmický teleskop **Herschel** v daleké infračervené oblasti spektra, infračervená družice **WISE**, rentgenová družice **Newton**, 4,1m přehlídkový teleskop **VISTA ESO** a radioteleskop **ATCA** a **SPT**. Přehlídka obsahuje téměř 4 mil. zdrojů, z toho většinu představují extrémně vzdálené galaxie. Data z obou obřích přehlídek jsou navíc veřejně přístupná, takže k jejich vytěžení pro poznání rané historie vesmíru mohou pomoci kvalifikovaní odborníci z celé astronomické vědecké komunity.

S. K. Yi aj. polemizovali s názorem, že v obřích kupách galaxií nemůže probíhat populární **splývání galaxií**, které vede ke vzniku obřích galaxií. Pozorování totiž ukázala, že téměř 40% hmotných raných galaxií v těchto kupách jeví příznaky takových splynutí. Na základě numerických hydrodynamických simulací tak zjistili, že ve skutečnosti k častým splýváním může docházet i v bohatých kupách galaxií a srovnání výpočtů s pozorováním jeví překvapivě dobrou shodu. Také J. Lotzová aj. zjistili na základě pozorování kamerou *WFC3 HST*, že v anonymní kupě galaxií vzdálené od nás 3,0 Gpc se nápadně často (57 %) vyskytuje páry galaxií s roztečí jader <20 kpc, takže jsou zajisté v gravitační i zářivé interakci, přičemž úhrnná hmotnost hvězd v každé složce páru činí ≈ 30 GM_{\odot} . V jednom případě vykazují obě složky páru v rentgenovém oboru spektra zářivé výkony $>10^{36}$ W, takže v jejich centrech se určitě nacházejí černé veledíry. Naproti tomu u galaxií v obecném poli mimo kupy je takových případů o řadu méně. To znamená, že *kupy představují příhodné prostředí pro hierarchické splývání galaxií*, ačkoliv tomu dříve skoro nikdo nechtěl uvěřit.

H. Röttgering aj. využili téměř dokončeného evropského interferometru **LOFAR** (*Low Frequency Array*) pro nízkofrekvenční rádioastronomii (<250 MHz; vlnové délky $>1,2$ m; nepohyblivé všeobecné antény zobrazují konkrétní objekty pomocí fázových změn signálů v centrálním superpočítací rychlostmi řádu Tflops) k zobrazení dvou kup galaxií, objevených nedávno klasickými radio-interferometry **GMRT** (*Giant Meterwave Radio Telescope*) v *Pune* (Indie) a **WSRT** (*Westerbork Synthesis Radio Telescope*) v Holandsku. První kupa **CIZA J2242+5301** nazvaná podle svého tvaru „*Klobása*“ je od nás vzdálena 725 Mpc a druhá kupa **1RXS J0603+4214** zvaná „*Zubní kartáček*“ se nalézá ve vzdálenosti 830 Mpc. Severní výběžek *Klobásy* charakterizuje silná magnetická indukce a neméně hluboké chlazení částic urychlovaných synchrotronovým mechanismem ve vzdálenosti 2 Mpc od centra kupy. V podobné vzdálenosti od centra *Zubního kartáčku* našli autoři rovněž velmi podivnou strukturu. Podle prvních odhadů jde o doklad splývání trojice struktur v dané kupě. *LOFAR* bude schopen studovat obdobné úkazy až do vzdálenosti 2,5 Gpc.

D. Whalen aj. řešili otázku, jak mohou v raném vesmíru vznikat **černé veledíry** o hmotnostech mnoha milionů až několika miliard M_{\odot} v čase kratším než 800 mil. let od Velkého třesku. Ukázali, že oblaka baryonů o hmotnostech až 100 KM_{\odot} se mohou během první čtvrtmiliardy let po Velkém třesku zhroubit buď přímo na intermediální černé díry, jež pak navzájem splývají na veledíry, anebo na nadhvězdy, jež při svém brzkém termonukleárním výbuchu uvolní energie řádu 10^{47} J.

N. Cappelluti aj. porovnali na ploše o úhlových rozměrech $8' \times 45'$ **fluktuace infračerveného záření kosmického pozadí** naměřené kosmickým teleskopem *SST* v pásmech 3,6 a 4,5 μ m s obdobnými fluktuacemi v pásmu **rentgenového záření**, které měřila družice *Chandra* v energetickém pásmu 0,5 – 2 keV. Zdrojem fluktuací infračerveného záření jsou hvězdy, kdežto fluktuace rentgenového záření pocházejí od akrece horkého ionizovaného plynu na černé díry. B. Yue aj. pak ukázali, že tyto **černé díry vysokých hmotností vznikaly v raném vesmíru přímým zhroucením hal prvotních galaxií** a zmíněné fluktuace infračerveného záření s typickým úhlovým rozměrem $<1^{\circ}$ potvrzují, že tento mechanismus vzniku černých veledér dobrě funguje.

5.7. Gravitační mikročočky a čočky

A. Zitrin aj. pozorovali pomocí kamery **ACS** (*Advanced Camera for Surveys*) *HST* protáhlou kupu galaxií **El Gordo** („*Tlouštík*“; *ACT-CL J0102-4915*; vzdálenost 2,2 Gpc), objevenou v r. 2011 pomocí 6m mikrovlnného radioteleskopu *Atacama Cosmology Telescope*. Kupa se vyznačuje vysokou svítivostí (2.10^{38} W) v rentgenovém pásmu spektra a silným Sjunjaevovým-Zeldovičovým efektem v pásmu reliktního záření, což je typické pro velmi husté kupy galaxií. Z nových pozorování *HST* tak vyplývá její hmotnost $>1,7$ PM_{\odot} – nejpravděpodobněji dokonce $2,3$ PM_{\odot} (!). Není divu, že je vynikající gravitační čočkou. Autoři našli na pozadí kupy 9 objektů vzdálených až 4,1 Gpc (stáří 530 mil. let po Velkém třesku) pozorovaných díky 27 čočkovaným obrazům.

H. Dahle aj. našli v přehlídce **SDSS** kvasar **J2222+2745** (vzdálenost 3,5 Gpc) zobrazený šestinásobně gravitací kupy galaxií vzdálené od nás 1,5 Gpc. Největší úhlová rozteč mezi obrazy dosahuje $15''$. Světelná křivka kvasaru kolísá v čase s amplitudou 10 – 30 %, což umožnilo určit zpoždění jednotlivých obrazů vůči sobě v rozmezí 0,3 – 6 r.

J. Fohlmeisterová aj. sledovali od ledna 2007 do června 2012 gravitačně rozštěpené obrazy A a B kvasaru **SDSS J1029+2623** (vzdálenost 3,3 Gpc), které vykazují zatím rekordní úhlovou rozteč $22,6''$, což svědčí o velmi dobrém slícování s mezilehlou gravitační čočkou – kupou galaxií ve vzdálenosti 1,7 Gpc. Proměnná světelná křivka obrazu B je vůči obrazu A zpožděna o 2,04 roku. Na snímcích je pozorovatelný i velmi slabý obraz C, který se však promítá do těsné úhlové blízkosti obrazu B.

J. Vieira aj. sledovali pomocí mikrovlnné aparatury **ALMA** v poušti Atacama 47 galaxií ve vzdálenostech 3,2 – 3,9 Gpc, jejichž obrazy jsou zesílené mezilehlými gravitačními čočkami, ALMA je zobrazila v pásmech vlnových délek 0,3 – 3 mm, přičemž k určení kosmologického červeného posuvu galaxií stačily pouze několikaminutové expozice. Na snímcích jsou navíc viditelné předtím neviditelné morfologické podrobnosti v čočkovaných galaxiích.

A. van der Wel aj. našli pomocí *HST* a *LBT* v poli **CANDELS** zatím nejvzdálenější gravitační čočku v podobě kupy galaxií vzdálené od nás 2,9 Gpc. Díky této kupě objevili čtyři až 40krát zesílené obrazy rané galaxie vzdálené od nás 3,6 Gpc (stáří 1,9 Gr po Velkém třesku), jež se navzdory své malé hmotnosti 100 MM_{\odot} prozradila silnou emisí zakázané čáry [O III] díky probíhající překotné tvorbě hvězd. Z absorpcie obrazů kupy se též podařilo určit hmotnost gravitační čočky 800 MM_{\odot} . Z toho asi 60% připadá na neviditelnou skrytou látku.

W. Zheng aj. využili projektu **CLASH** (*WFC3 HST*) k objevu dvou velmi vzdálených galaxií, jejichž obrazy byly zesíleny kupou

mi galaxií *MACS J0329-02* (vzdálenost 1,4 Gpc; hmotnost 190 TM_\odot) a *MACS J1149+22* (vzdálenost 1,7 Gpc; hmotnost 2,5 PM_\odot). První ze vzdálených galaxií byla zobrazena mezilehlou gravitační čočkou 4 \times . Její vzdálenost 3,9 Gpc poukazuje na mocnost metody gravitačních čoček při zkoumání počátečních fází vývoje galaxií ve vesmíru, neboť v tomto případě vidíme objekt starý 900 Mr po Velkém třesku. Druhá galaxie ve vzdálenosti 4,1 Gpc byla zobrazena ve stáří jen 500 Mr po Velkém třesku. Autoři celkem prohlédli 16 kup galaxií v projektu *CLASH* a s jejich pomocí pak identifikovali 65 vzdálených galaxií ve stáří \approx 780 mil. let a 18 galaxií starých \approx 650 mil. let po Velkém třesku. Tyto objekty jsou dostačně jasné díky gravitačnímu čočkování a sledují se nejsnáze v blízké infračervené oblasti spektra (1 060 nm), v níž jejich jasnost dosahuje hodnot kolem 26,6 mag.

J. Vieira aj. též zveřejnili na základě pozorování 10m mikrovlnného *South Pole Telescope (SPT)* a následné přehlídky pomocí aparatury *ALMA katalog 1 300 galaxií* vzdálených od nás $>$ 2,4 Gpc a zobrazených pomocí mezilehlých gravitačních čoček. Vzdálenost galaxií $>$ 3,7 Gpc se však měří přesně obtížně, protože v jejich spektrech nejsou vidět žádné vhodné spektrální čáry. Přesto autoři odhadli, že alespoň 10 čočkovaných galaxií v uvedeném souboru vzniklo dříve než 1,5 Gr po Velkém třesku. U 23 galaxií se podařilo pozorovat některou čáru interstelárního CO a u 12 galaxií více čar, takže pak bylo určení vzdáleností jednoznačné. Většina galaxií v souboru se vyznačuje vysokou infračervenou svítivostí, silným zaprášením interstelárního prostoru a překotnou tvorbou hvězd. *Jejich četnost v takto raném vesmíru byla zřejmě zhruba tisíckrát vyšší než dnes.*

S. Kozlowski aj. využili databáze z polské přehlídky mikročoček *OGLE III (Optical Gravitational Lensing Experiment; 2001 – 2009)* k vyhledání galaxií AGN a kvasarů, jež se zobrazují skrze nejbližší galaxie (*VMM* a *MMM*, tj. *Magellanova mračna*). Tyto objekty byly totiž velmi často snímkovány v rámci projektu hledání gravitačních mikročoček. Zatím se autorům podařilo prohledat všechna pole ve *VMM* a 70 % polí v *MMM*. Nalezli tak celkem 758 vzdálených galaxií AGN, z toho 563 ve *VMM* a 193 v *MMM*. Jejich klasifikaci pak potvrdili spektroskopicky. Naprostá většina (713, tj. 94% !) objektů nebyla předtím známa. Světelné křivky některých kvasarů pokrývají celý časový interval projektu *OGLE* (12 let). Pomocí jasnejších kvasarů lze pak také *zpřesňovat vlastní pohyby hvězd v Mračech i celkový vlastní pohyb obou Mračen vůči prakticky stacionárním kvasarům*. Padesát nejjasnějších kvasarů se dokonce hodí pro proměření absorpce v interstelárním a intergalaktickém prostředí.

Z. Y. Huo aj. objevili **509 nových kvasarů** na ploše 135 čtv. stupňů oblohy v pozadí galaxií *M31 (And)* a *M33 (Tri)* pomocí výkonného Schmidtova dalekohledu s adaptivní optikou a 4 tisíci optickými vlákny ke spektrografům *LAMOST (Large Sky Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope)*, jenž byl v r. 2008 uveden do chodu na stanici Xinglong v Číně. Obdélníková korekční deska má rozměry $5,7 \times 4,4$ m a ohnisková rovina má průměr 1,75 m, čemuž odpovídá zorné pole o průměru 5° ! Z uvedeného souboru se 17 kvasarů promítá do centrální oblasti a jihovýchodního hala spirální galaxie *M31*. Tyto objekty jsou od nás vzdáleny 0,4 – 3,6 Gpc a jeví se jako hvězdy 15,5 – 20 mag. Nově objevené kvasary umožňují díky absorpcí svého světla v blízkých galaxiích **Místní soustavy** studovat zdejší chemické složení interstelární a intergalaktické látky, vlastní pohyby jednotlivých složek **Místní soustavy** i polohu jejího těžiště.

Tři kosmické teleskopy (*HST*, *SST* a *Chandra*) začaly spolupracovat v projektu **FF (Frontier Fields)**, jenž umožňuje využít obří kupy galaxií ve vzdáleném vesmíru jako gigantickou spojku (gravitační čočku) s ohniskovou vzdáleností řádu miliardy parseků, a zmíněné teleskopy slouží jako okuláry. Zesílení jasnosti velmi vzdálených galaxií promítaných na tyto čočky tak může snadno dosahovat až 5 mag. Díky rentgenové družici *Chandra* lze pak určit hmotnost černé veledíry v jádřech gravitačně zobrazovaných galaxií i velikost gravitačního zesílení jejich jasnosti. *HST* přitom slouží hlavně k proměření zastoupení skryté látky v čočce – mezilehlé kupě galaxií a *SST* dokáže ve středním infračerveném pásmu objevovat jak velmi vzdálené mezilehlé kupy, tak i vůbec nejvzdálenější čočkované galaxie.

E. Medezinskiová aj. prozkoumali podrobně rozložení hmoty v kupě galaxií **MACS J0717.5+3745**, která se nachází ve vzdálenosti 2,5 Gpc (stáří 8,3 Gr po Velkém třesku). Kupa byla objevena v rámci přehlídky *CLASH (Cluster Lensing and Supernova survey with Hubble)*, neboť se hodí jako komplexní rozlehlá gravitační čočka k objevům ještě podstatně vzdálenějších supernov a galaxií, jejichž obrazy jsou mezilehlou kupou významně zesíleny. K tomu je ovšem potřebí znát co nejpřesněji rozložení látky (zářící a skryté) po celé ploše zaujmáné zmíněnou kupou galaxií. Autoři k tomu využili širokoúhlých snímků japonského *8,2m teleskopu Subaru* na *Mauna Kea* a podrobných snímků z *HST*. Na nich zkoumali obrazy ještě vzdálenějších galaxií, jež podléhaly deformacím v různých částech plošné mezilehlé gravitační čočky. Tímto náročným postupem dokázali zmapovat rozložení látky v kupě až do lineární vzdálenosti 5 Mpc od jejího těžiště. Zejména skrytá látka má vláknitou strukturu, přes níž se překládá devět víceméně kulových soustředných hal. Zároveň se jim podařilo určit **viriálovou hmotnost kupy 3 PM_\odot** , což je zatím nejvyšší hodnota pro známé kupy vůbec. Současně tak nezávisle potvrdili platnost standardního kosmologického modelu Velkého třesku.

D. Coe aj. využili též přehlídky *CLASH* k objevu galaxie **MACS0647-JD**, zesílené 80 \times , 7 \times a 2 \times mezilehlou kupou galaxií **MACSJ0647.7+7015** (vzdálenost 1,8 Gpc). Z polohy hrany Lymanovy série čar vodíku pak odvodili červený posuv $z = (10,7 \pm 0,5)$ což dává pro čočkovanou galaxii vzdálenost 4,1 Gpc, tj. stáří asi 480 Mr po Velkém třesku. Její hmotnost odhadli na \approx 1 % hmotnosti naší Galaxie.

5.8. Kvasary a aktivní jádra galaxií (AGN)

B. Peterson připomněl, že kvasary byly objeveny právě před půlstoletím v r. 1963 společným úsilím australských radioastronomů pod vedením C. Hazarda, který pomocí zákrytu bodového rádiového zdroje **3C-273** v souhvězdí Panny Měsícem zpřesnil pomocí obřího **64m radioteleskopu v Parkesu** jeho souřadnice na 1", což umožnilo M. Schmidtovi identifikovat pomocí **5m Haleova teleskopu na Palomaru** identifikovat bodový optický protějšek 13 mag a pořídit jeho spektrum, které vykazovalo emisní čáry v polohách, které neodpovídaly žádnému známému prvku. Schmidt však nakonec usoudil, že jde o emise vodíku extrémně posunuté k červenému konci spektra, takže odtud vyšla rekordní vzdálenost objektu 600 Mpc. To okamžitě vzbudilo pozornost, protože z fluktuací optické jasnosti vycházel rozdíl objektu menší než Sluneční soustava, zatímco **zářivý výkon 2 TL_\odot byl o o dva řády vyšší než úhrnný zářivý výkon naší Galaxie!** Jméno objektu **quasar (QUAsi-Stellar)** navrhl americký astrofyzik Hong-Yee Chiu. Brzy se podařilo objevit, že objekt není úplně bodový, ale že z něho vychází kolimovaný optický i rádiový výtrysk o délce 50 kpc, který přispívá výrazně k souhrnnému zářivému výkonu objektu. Odtud se podařilo určit, že výtrysk vznikl před 160 tis. lety.

nosťami až $10 M_{\odot}$ a 10 000-násobne vyššou jasnosťou patria i cefeidy typu II. Tieto cefeidy sú oveľa staršie, majú zhruba o $1 M_{\odot}$ nižšiu hmotnosť, takže aj ich jasnosť je výrazne slabšia ako jasnosť ich „klasických sestier“. Nakolko sa najviac starých hviezd nachádza vo vnútri Galaxie, mala by byť väčšina zo súboru 655 kandidátov cefeidi typu II.

Rozlišiť obe odrody cefeíd nie je ľahké. Cefeidy typu II majú podobné dĺžky períód, podobné farby, ale odlišné jasnosti ako ich „klasické sestry“. Odhady vzdialenosť pomocou nich, určované iba na základe vzťahu períoda/svetlivosti, by však boli skreslené. Vedci preto využívajú galaktické mapy, na ktorých je pri hviezdach uvádzaný aj stupeň zoslabenia jasnosti. Napríklad kvôli hustým oblakom prachu.

Nakolko sa modré svetlo pôsobením oblakov prachu rozptyluje viac ako červené, narastajúca vzdialenosť hviezdy sa prejavuje čoraz väčším sčervenáním..

Takto, pomocou máp, dokážeme aj nezávisle, inou metódou, odhadnúť vzdialenosť skúmaného objektu.

Vedci sa rozhodli, že súbor 655 kandidátov preskúmajú na dvakrát: s predpokladom, že vo všetkých prípadoch ide o klasické cefeidy; i s predpokladom, že vo všetkých prípadoch ide o cefeidy typu II.

Tak sa prejavili všetky nesprávne klasifikované cefeidy. (Prezradili ich nezrovnalosti medzi odhadmi vzdialenosťí, získaných zo vzťahu períoda/svetlivosti a odhadmi, odvodnenými z hodnôt sčervenania.)

Tak sa podarilo vyloviť zo súboru 655 kandidátov 35 klasických cefeíd.

Klasické cefeidy sú rozptýlené pozdĺž celej skúmanej oblasti oblohy, teda do vzdialenosťí zhruba 10° galaktickej dĺžky (oboma smermi) od centra Mliečnej cesty (*pozri graf na predchádzajúcej strane*). Vo všetkých prípadoch ide o objekty, ktoré sa pohybujú v mladom, riedkom, vnútornom disku hviezd pozdĺž celej roviny Galaxie.

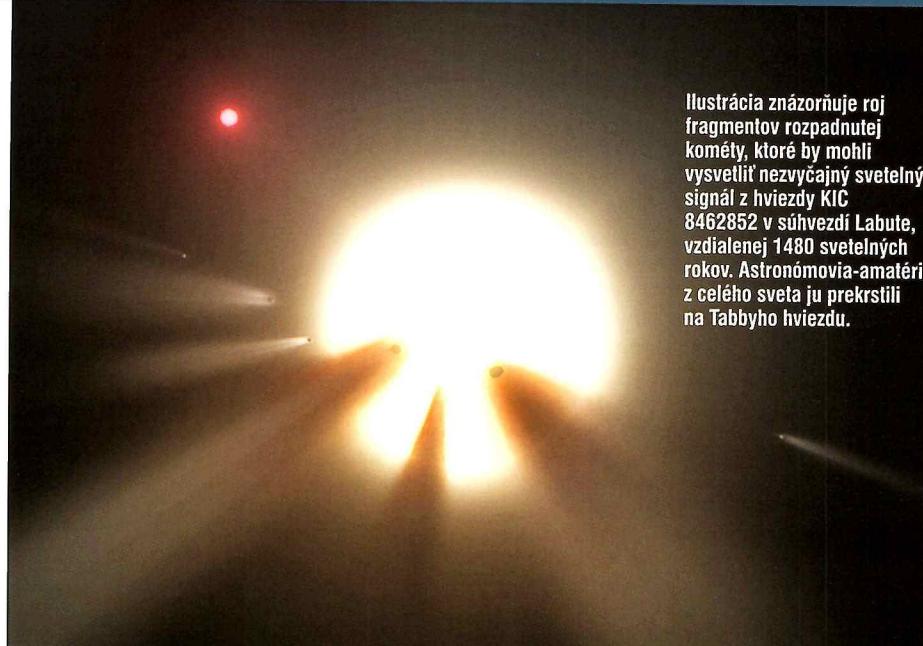
Tieto objekty majú rôzny vek: cefeidy uprostred disku majú zhruba 100 miliónov rokov. Najmladšia zo „súboru 35“ má sotva 25 miliónov rokov. Z toho vyplynulo, že pozdĺž roviny Galaxie (v jej vnútorných oblastiach) sa počas ostatných 100 000 miliónov rokov priebežne formovali hviezdy.

Hľadanie ďalších cefeíd

Vo vnútorných oblastiach Mliečnej cesty by však malo byť oveľa viac cefeíd. Ďalekohľadom VISTA sa objekty, ktoré majú vyššiu jasnosť ako 11 magnitud, nedajú kvôli vysokej jasnosti analyzovať. Priestorové rozloženie 35 objavených cefeíd možnosť objavenia ďalších takýchto objektov významne zosilňuje: skoro všetky sa nachádzajú na vzdialenejšej strane galaktickej vypukliny! Prečo? Pretože všetky bližšie cefeidy sú pre VISTA príliš jasné.

Objav 35 klasických cefeíd je významný. Dékány: „Vzhľadom na to, že špirálové galaxie s malými vypuklinami podobne našej sa vo vesmíre vyskytujú hojne, hlbšie porozumenie základných vlastností hviezd je vždy ďalším klúčom k pochopeniu všetkých galaxií.“

Sterne und Weltraum
E. G.



Ilustrácia znázorňuje roj fragmentov rozpadnutej komety, ktoré by mohli vysvetliť nezvyčajný svetelný signál z hviezdy KIC 8462852 v súhvezdí Labute, vzdialenej 1480 svetelných rokov. Astronómovia-amatéri z celého sveta ju prekrstili na Tabbyho hviezdu.

Mimozemšťania premenlivosť hviezdy KIC 846852 nespôsobili

Bolo že to rozruchu okolo správy, ktorú vlnali na jeseň zverejnili skupina „lovcov exoplanét“ z Občianskeho vedeckého zoskupenia, ktoré pomáha vedcom analyzovať údaje získané vesmírnym ďalekohľadom Kepler (NASA). Rozruch bol o to väčší, že za senzačné vysvetlenie nezvyčajných fluktuačí žiarenia hviezdy typu F (o niečo väčšej a horúcejšej ako Slnko) sa postavila skupina renovalových vedcov z Yale University.

Najpozoruhodnejšie z týchto fluktuačí sa prejavili ako desiatky nerovnakých, neprirozených poklesov jasnosti, ktoré sa objavovali s períodom 100 dní. Vedci tieto výkyvy jasnosti vysvetlili tým, že istý počet veľkých, nepravidelných objektov krúži okolo hviezdy a občas zablokuje časť jej svetla.

Keď skupina astronómov z Pennsylvania State University zverejnila diagnózu „bizarnej svetelnej krvky“ hviezdy KIC 8463852, objav sa dostal aj na prvé strany serióznych publikácií: „Ide možno o megaštruktúry, skonštruované mimozemšťanmi.“

Senzácia zaktivizovala vedcov okolo inštitútu SETI. Zamerali na podozrivú hviezdu Alien Telescope Array (ATA) sústavu rádioteleskopov, schopných zaznamenať prípadné signály cudzích civilizácií. Už koncom lanského roku sme sa dozvedeli, že ATA nijaké „podozrivé“ signály nezachytila.

Medzičasom údaje o hviezde KIC 8462852, prekrstenej na Tabbyho hviezdu (podľa mena Tabetha Boyajiana, objaviteľa záhadnej krvky), preštudovali astronómovia z Luisiana State University. Tí priliali olej do ohňa hystérie okolo hviezdy, keď zistili, že sa jej jasnosť počas ostatných 100 rokov znížila o 20%!

Astrofyzici toto „pohasínanie jasnosti“ nedokázali priateľne vysvetliť. Svet oveľa viac vziaľovala predstava, že mimozemšťania využívajú materiál planét v sústave hviezdy na budovanie megaštruktúr (solárnych elektrární?), ktoré čiastočne zacláňajú „to ich Slnko“. Túto hypotézu nedávno zverejnili aj v periodiku *Astrophysical Journal*.

Ten istý časopis zverejnil neskôr aj štúdiu, ktorá tvrdenie, že jasnosť hviezdy sa priebežne počas udanej períody naozaj menila, v podstate vyvrátila.

Vtedy sa do archívu Digital Acces to a Sky Century (DASCH), posadil študent astronómie Michael Lund z Vanderbilt University. Archív obsahuje viac

ako 500 000 digitalizovaných fotografických sklenených platení, exponovaných vedcami Harvard University počas rokov 1885 až 1993.

Lund si chcel overiť, či neboli údaje o meniacej sa jasnosti hviezdy počas 100 rokov spôsobené využívaním velkého počtu najrozličnejších ďalekohľadov a kamier s nerovnakými parametrami. Jeho podozrenie sa potvrdilo. Ale záhadu Tabbyho hviezdy to nevysvetlilo.

Nezrovnalosti v svetelnej krvke tejto hviezdy si vedci všimli už v roku 2009. Pohasnutie hviezdy zakaždým trvalo zhruba týždeň. V svetelných krvkách exoplanét pozorujeme symetrické jamky, tieto však boli výrazne asymetrické, akoby ich spôsobovalo nepravidelné teleso, napríklad kométa.

Lund zistil, že jasnosť Tabbyho hviezdy, dva roky bez akejkoľvek zmeny, sa vzápäťi na sedem dní znížila o celých 15 %. Ďalšie dva roky sa opäť nič neudialo. V roku 2013 sa však hvieza prejavila sériou nerovnakých, neprirozených jamiek, ktoré zaznamenávali celých 100 dní. V momente najhlbšieho poklesu sa intenzita svetla hviezdy znížila až o 20%. Vedci vypočítali, že rovnaký efekt by vyskalo iba zákryt telesom 1 000-násobne väčším ako Zem.

Sonda Kepler pri viacerých hviezdach zaznamenala podobne nepravidelné jamky, ale nikdy v takom počte a tak husto za seba.

Lovci exoplanét okolo Tabbyho zvažovali niekoľko vysvetlení:

Buď sú to dozvuky zrážky typu Zem – Mesiac, alebo medzihviezdné oblaky prachu a plynu pohybujúce sa medzi Zemou a hviezdou KIC 8463852; alebo rozličné typy rozpadu trpasličej hviezdy, druhej zložky dvojhviezdy. Ani jedno z vysvetlení však nedokázalo objasniť všetky aspekty pozorovania. Hádam najpríjateľnejším vysvetlením sa zdal byť zánik obrovskej komety, ktorá sa rozpadla na celý rad menších komet.

Takže čo spôsobuje záhadu? Mimozemšťania to určite nie sú. Tvar krviek detegovaných Keplerom je však realný. Niečo okolo Tabbyho hviezdy musí krúžiť, ale čo...? Nevieme isto.

Vesmírny ďalekohľad Kepler už oblasť súhvezdia Labute nemonitoruje. Americká asociácia pozorovateľov premenných hviezd (AAVSO) však z celého sveta dostáva množstvo fotografií od tisícov astronómov-amatérov. Všetci veria, že práve tá ich prispeje k rozlúšteniu tejto kozmickej záhady,

<https://astronomynow.com/2016/05/10/natural-causes-not-aliens-explain-mystery-stars-behaviour/>

Vanderbilt University Press Release

E. G.

Astrofyzika a elektromagnetizmus

Hoci novopostavené veľké ďalekohľady prinášajú neustále nové a prekvapivé pozorovania, s výsledkami výskumu nemôžeme byť spokojní. Nové pozorovania prinášajú nové problémy a staré nie sú vyriesené. Časť vedcov vidí príčinu zaostávania v zastaralých, konzervatívnych metódach astrofyziky, a riešenie hľadá v zmenách prístupu k pozorovaným javom a v širšom využití elektromagnetizmu, konkrétnie vo fyzike nerovnovážnej vesmírnej plazmy.

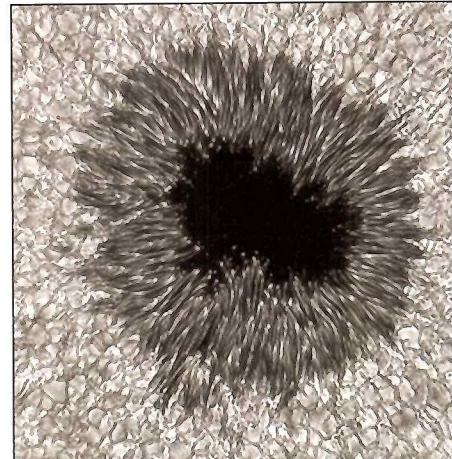
V poslednej dobe sa stále častejšie objavujú články, ktoré kritizujú tradičné astrofyzikálne postupy. Tie vznikali paralelne s rozvojom fyziky. O ozajstnej astrofyzike však môžeme začať hovoriť až po objave spektrálnej analýzy, t.j. približne od roku 1860. Astrofyzika sa snaží opísť stav hmoty v rôznych vesmírnych objektoch, ale základnou úlohou je vysvetlenie stavby hviezd. Informátorom je svetelný lúč, lebo hvieza pre nás predstavuje bodový zdroj svetla. O štruktúre povrchu nemôžeme povedať nič reálne.

Z analýzy svetelného lúča vybudovala astrofyzika teóriu hviezdných atmosfér. Ak vieme určiť vzdialenosť zdroja, zmeriame jas, nepriamo určíme hmotnosť a teplotu, a tak pomocou gravitačného zákona a plynových zákonov „poskladáme“ hviezu. Určite nám pritom pomohol aj pohľad na Slnko. Predpokladáme, že zdroj energie je vo vnútri telesa a rôznymi mechanizmami (žiarivý prenos a konvekcia) sa energia prenáša na povrch, kde sa vyžaruje do priestoru. Pri tomto „skladaní“ nám ešte pomáhajú dopĺňajúce fyzikálne parametre (teplota, tlak, stupeň ionizácie), ktoré sa dajú zistiť zo spektra v rámci znalosti atómovej fyziky.

To znamená, že z fyziky potrebujeme iba gravitačný zákon, stavovú rovnici pre plyn a niekoľko poznatkov z atómovej fyziky, aby sme opísali vlastnosti hviezdy. Vznikne krásny, pokojný obraz hviezdy rôzneho druhu, odstupňovaný podľa množstva hmoty.

Avšak tento pokojný obraz narušujú rôzne explozívne úkazy na oblohe, ako sú novy, fyzikálne premenné hviezdy a pod., ale najmä úkazy na Slnku, ktoré súhrnnne nazývame slnečnou aktivitou, a ktoré vôbec nevyplývajú z astrofyzikálnej teórie.

Najmohutnejšiu zmenu predstavujú novy, kde jas hviezdy môže stúpnuť až o 16^m , t.j. vy-



Obr. 3. Detailná snímka slnečnej škvŕny.

zarovaná energia v priebehu niekoľkých minút stúpne 2 500 000-krát. Na obr. 1 je tzv. Krabia hmlovina – pozostatok po výbuchu supernovy z roku 1054, keď bola podľa čínskych a arabských záznamov viditeľná aj vo dne počas 23 dní. Nachádza sa vo vzdialosti okolo 2 000 pc, má priemer cca 2 pc a rozpína sa rýchlosťou 1 800 km/s.

Ďalšiu veľkú skupinu vesmírnych objektov, ktoré odolávajú riešeniam podľa klasickej astrofyziky, tvoria premenné hviezdy. Zmeny jasnosti sa pohybujú od zlomkov magnítud až po 10^m . Poznáme rôzne typy týchto objektov. Zmeny jasu pri niektorých, tzv. zákrytových premenných, ktoré sa skladajú z dvoch hviezd obiehajúcich okolo spoločného fáziska, môžeme ľahko objasniť. Horšie je to s fyzikálne premennými, ktorých zmeny jasu sú spôsobené zmenami úrovne vysielanej energie z nejakých vnútorných príčin. Sú to rôzne nepravidelné premenné, ďalej cefidy a mnohé iné typy pulzujúcich hviezd, pulsary a eruptívne hviezdy.

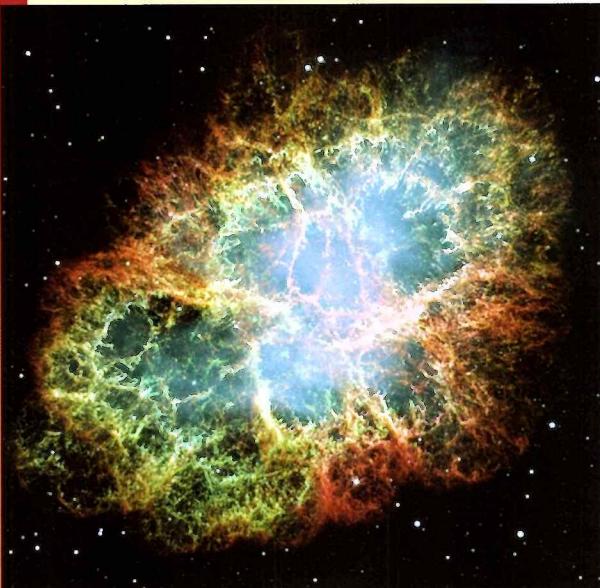
Avšak najväčšiu skupinu premenných úkazov, ktoré sa nedajú odvodíť z astrofyzikálnych poučiek, môžeme pozorovať na Slnku. Obecne majú názov slnečná aktivita. Najdlhšie známe sú slnečné škvŕny (obr. 2 a 3).

Slnečné škvŕny objavil ešte Galileo v roku 1611. V 19. storočí sa zistilo, že premennosť ich počtu sa cyklicky opakuje v intervale okolo 10 – 11 rokov. V 20. storočí sa zistilo, že v umbrách škvŕn je silné magnetické pole. Postupne sa nakopilo obrovské množstvo pozorovacích faktov, ale o príčinách vzniku, vývoja a príčinách cyklicnosti výskytu nevieme prakticky nič.

Rovnaká situácia je aj pri iných prejavoch slnečnej aktivity ako sú napr. erupcie, slnečné protuberancie (obr. 4), alebo koronálne slučky, pozorované z kozmických observatórií v oblasti ďalekého ultrafialového žiarenia – EUV (obr. 5).

Rozsiahle množstvo prác, ktoré sú venované týmto objektom, má väčšinou opisný charakter a nepreniká k ich podstate.

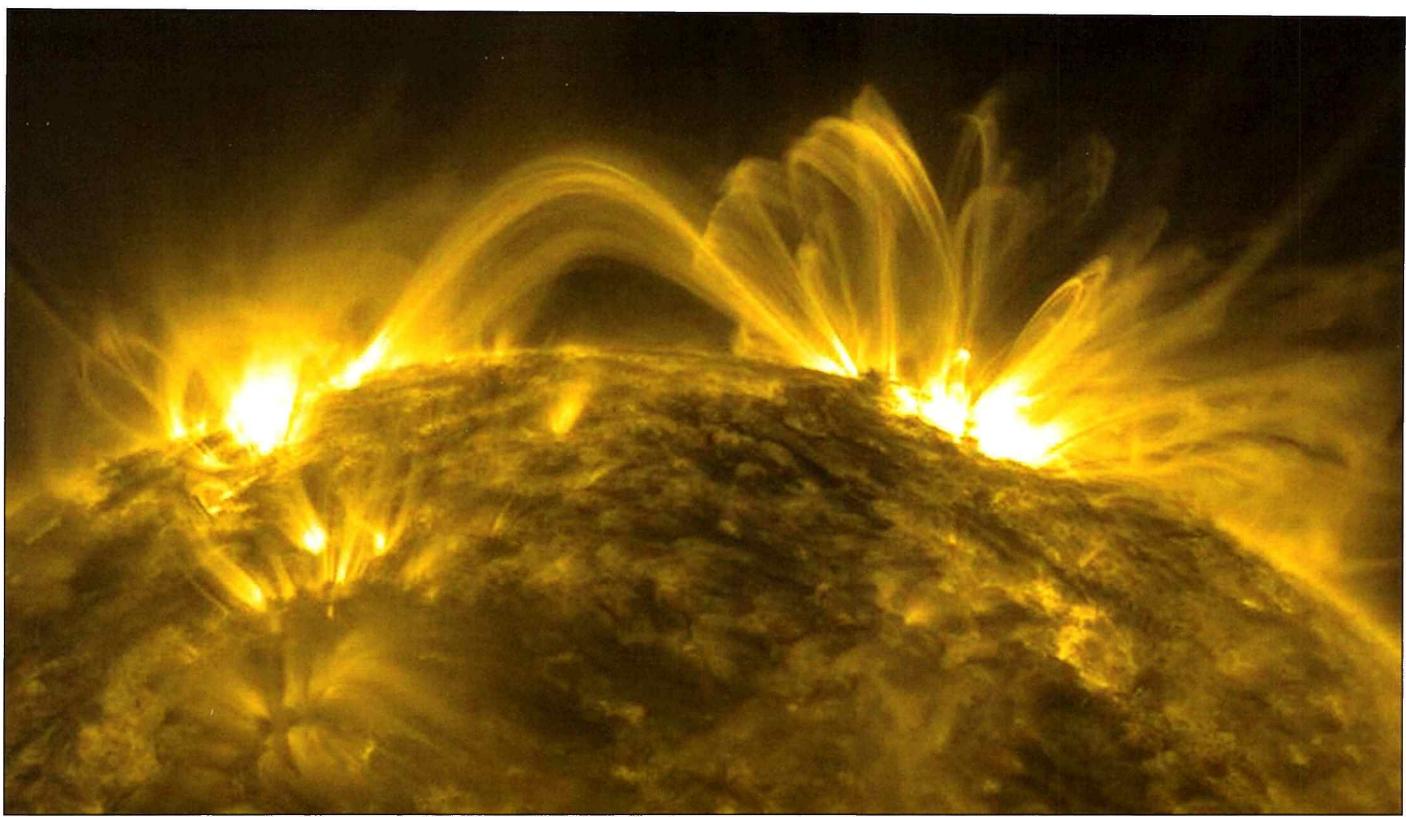
Zničujúcu kritiku astrofyzikálnych postupov uverejnil D. E. Scott v knihe „Elektrický vesmír“



Obr. 1. Krabia hmlovina.

Obr. 2. Slnečné škvŕny na slnečnom disku pri jeho západe.





Obr. 5. Sústava koronálnych slučiek, pozorovaná prístrojom AIA na SDO v čiare Fe XIV – 21,1 nm.

(nakladatelstvo Alternatíva, Praha, 2012).

Príčinu stagnácie pri výskume vyššie spomínaných objektov vidí v ignorantskom postojo k elektromagnetickému vysvetleniu mnohých vyššie spomínaných úkazov. Postoj, podľa autora, pramení jednak z diligentizmu (astrofyzici neovládajú elektrotechniku!?) a jednak zo súčasnej politiky prijímania prác na uverejnenie, kde sa prijímajú iba také práce, ktoré súhlasia s názormi redakcie a recenzentov.

V knihe zároveň uvádzá vysvetlenie mnohých

problémov pomocou elektromagnetizmu. Tieto sa týkajú všetkých vesmírnych objektov, od okolia Zeme až po skupiny galaxií.

Autor spochybňuje mnohé už zakorenené vysvetlenia, napríklad:

- Za zdroj energie nepokladá termojadrovú reakciu v centre hviezdy;
- rekonexia je proces, ktorý neexistuje;
- o otvorených magnetických poliach hovorí ako o „bájkach“;
- neverí na veľký tresk, rozpínanie vesmíru,

čierne diery, skrytú hmotu a magnetohydrodynamiku.

O tom, že astrofyzika, aspoň pokiaľ ide o Slnko, stagnuje, nie je problém sa ľahko presvedčiť. Prečítať som si „Report on Astronomy from IAU Commissions 10, 12 a 49“ z roku 1996, t.j. spred dvadsiatich rokov, kde sa píše o stave výskumu a jeho cieľoch na ďalšie obdobie v danej oblasti v celosvetovom merítku – a je na nerozoznanie od tohtoročného „Report-u...“.

MILAN RYBANSKÝ



Obr. 4. Slnečná protuberancia pozorovaná prístrojom AIA na SDO v čiare jedenkrát ionizovaného hélia, 30,4 nm.

ASTROOBCHOD.sk

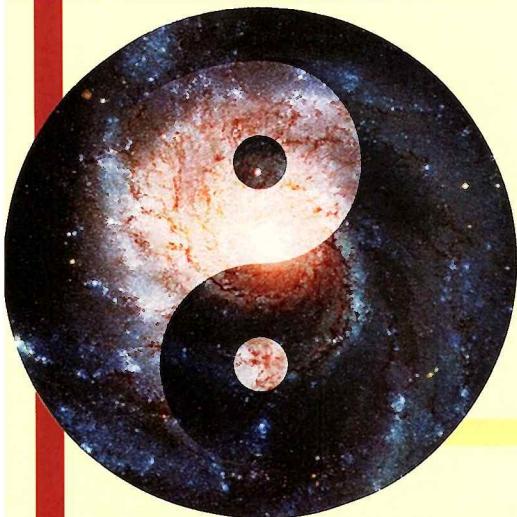
Pohlédněte do hlubin vesmíru
vlastním dalekohledem!



ASTROOBCHOD.cz

ASTROFILM

V dňoch 11.- 13. októbra 2016 sa bude v Kultúrno-spoločenskom centre Fontána v Piešťanoch konať jubilejný 10. ročník Medzinárodného filmového festivalu Astrofilm. Organizátori: Slovenská ústredná hvezdáreň, MsKS Piešťany a mesto Piešťany pripravujú bohatý program a srdečne Vás pozývajú. Blížsие informácie nájdete na www.astrofilm.sk; www.facebook.com/astrofilm



Jin a jang sú pojmy z čínskej filozofie taoizmu. Ten-to krásny symbol využívajú dnešní kozmológovia na vyjadrenie jednoty makro- a mikrokozmu.

Najväčší a najsilnejší urýchľovač častic na svete, Large Hadron Collider v CERNe pri Ženeve, je od lanského leta opäť v prevádzke. Pomocou nedávno objaveného Higgsovho bozónu chceli vedci preskúmať scenáre hylogenézy a higgsogenézy; zistit, prečo je vo vesmíre viac hmoty ako antihmoty; pochopiť podstatu tmavej hmoty a tmavej energie a vysvetliť, prečo je hustota energie Higgsovho pola, bez ktorej by život nebol možný, taká „neprirodzene“ nízka.

Jin-jang univerzum

Géraldine Servant prednáša tichým hlasom. Téma, ktorú táto krehká francúzska fyziká rozvíja, je však mimoriadne závažné: týka sa celkovej hmoty vesmíru. Táto hmota je totiž záhadná: na jednej strane je takmer úplne neviditeľná (iba 4 % môžeme skúmať priamo, v celom rozsahu elektromagnetického spektra), na druhej strane je táto hmota zdanivo fyzikálne nemožná, vylúčená. Napriek tomu existuje a významne ovplyvňuje svoje okolie gravitáciou.

V barokovej sále voľakedajšieho kláštora Irsee (v Bavorsku) stretávajú sa pravidelne astronómia a časticová fyzika z celého sveta. Napospol

členovia Výskumného združenia „Exzellenzcluster Universe“ pri Mnichovskej univerzite a Inštitúte Maxa Plancka. Stretávajú sa, aby niekolko dní diskutovali o problémoch kozmológie a časticovej fyziky. Počas ostatného sympózia v júni lanského roka mala Géraldine Servant úvodnú prednášku. Oboznámila kolegov s troma smelými nápadmi, ktoré so spolupracovníkmi v posledných rokoch vypracovala. Ale pekne po poriadku...

Tápanie v temnotách

Fyzici už celé desaťročia dobre vedia, o čom nemajú ani šajnu. Jednou zo záhad je aktuálny pomer baryónov k fotónom.. Fotónov je bezmála 10-miliardkrát viac ako protónov, neutrónov a ďalších baryónových častic.

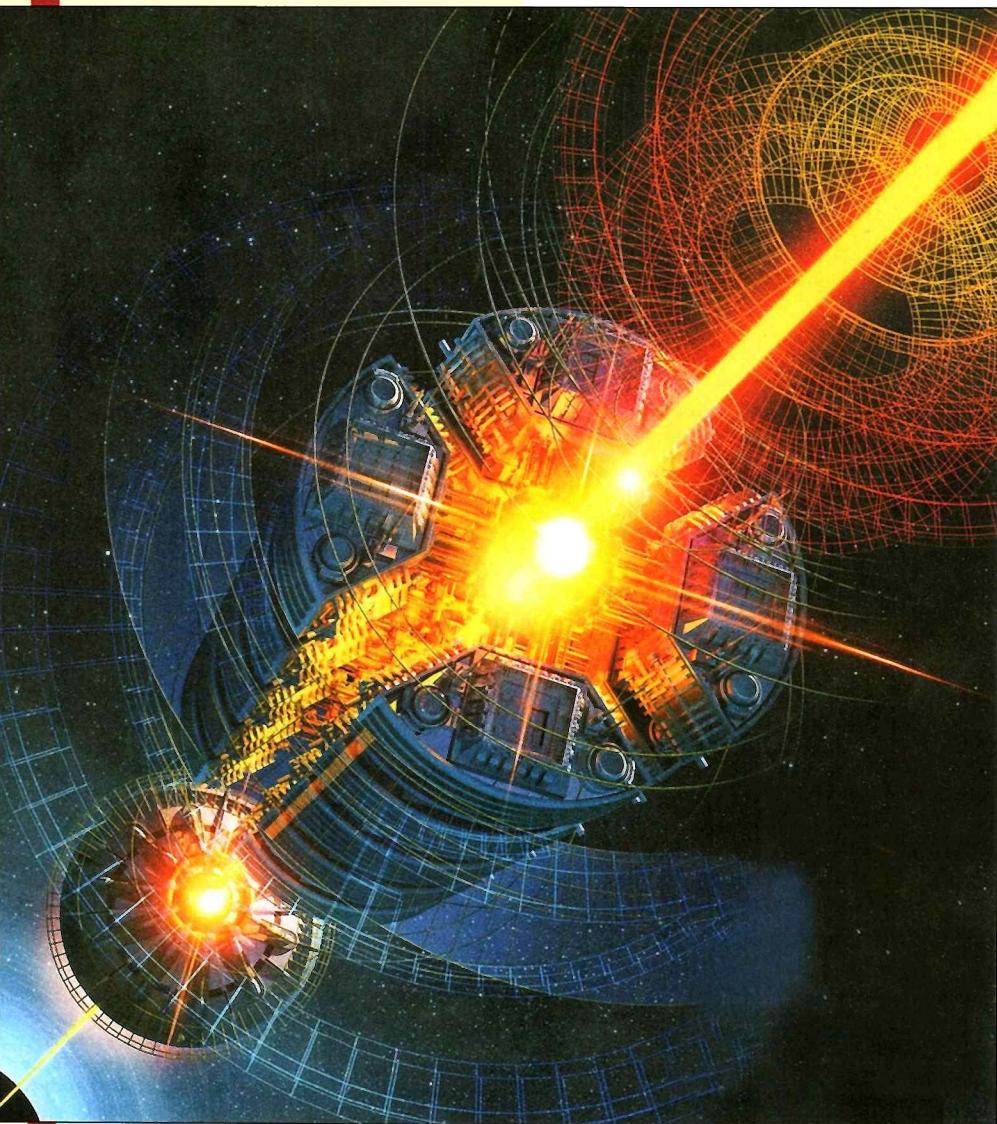
Tieto fotóny, toto svetlo je zväčša pozostatkom po zničujúcej bitke, ktorá prebehla bezprostredne po big bangu, po vzájomnej anihilácii hmoty a antihmoty. Obe „látky“ vznikli už zlomky sekundy po big bangu, pričom hmoty bolо o niečo viac.

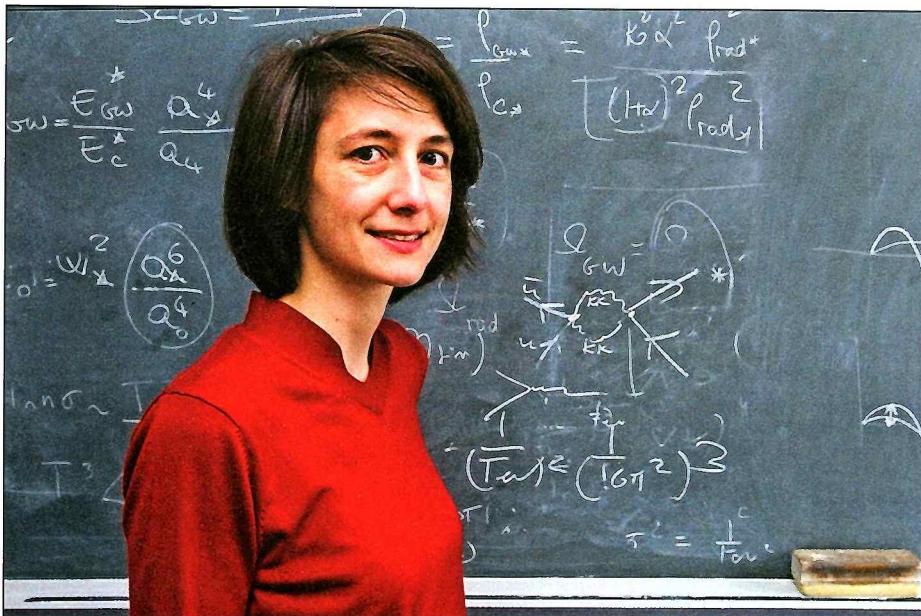
Poznámka: Nakolko v kozmickom žiareni dokážeme odlišiť častice od antičasticí, vieme, že baryónov je neporovnatelné viac ako antibaryónov. Pomer je $1:10^{10}$ v prospech baryónov. Záhadné porušenie symetrie bolo (asi) pre ďalší vývoj nášho vesmíru nevyhnutné. To isté platí pre rovnako záhadný fakt, že fotónov je (pozri vzťah) oveľa viac ako baryónov. Možno preto, že fotóny sú vedľajším produktním veľkej anihilácie a baryóny tým zvyškom hmoty, ktorá počas anihilácie nezanikla, pretože antičasticí bolo o niečo menej. Vzplanutia gama detegujeme v ostatných rokoch v jadre Mliečnej cesty, kde podľa všetkého, dochádza občas k anihilácii hmoty a antihmoty.

Táto asymetrická genéza baryónov, teda zrod ďalších častic jadra – protónov a neutrónov, korení asi vo fundamentálnej asymetrii prírodných zákonov. Štandardný model túto záhadu nedokáže vysvetliť.

Ďalšou záhadou je tmavá hmota: zhruba 80 % hmoty v galaxiach a kopach galaxií je tmavých. To znamená, že nevydávajú nijaké elektromagnetické žiarenie. Táto hmota sa prejavuje iba gravitáciou, ktorou ovplyvňuje pohyb galaxií. Väčšina vedcov sa nazdáva, že tmavú hmotu tvoria zatiaľ neznáme častice, ktoré sa v štandardnom modeli nevyskytujú. Najobľúbenejšími kandidáti (experimetalne najlahšie dokázateľnými) sú WIMPy (slabo interagujúce masívne časticie). Mali by byť až 100-krát hmotnejšie ako protóny.

Do hry však vstupujú aj ďalší kandidáti s vyššou či nižšou hmotnosťou, ale nikto nevie,





Francúzka Géraldine Servant, dnes prvá dáma svetovej fyziky, prekvapuje svojich kolegov originálnymi nápadmi i smelými koncepciami o pôvode a prebytku normálnej hmoty i o tmavej hmote. Práve ona pripisuje Higgsovemu bozónu dodatočné funkcie.

ktorý z nich bude v súlade s hypotézou. Vedcov okrem iného udivuje i to, prečo tmavá hmota, čo do objemu, patrí do rovnakej hmotnostnej kategórie ako normálna, baryonická hmota. Tmavej hmoty je totiž iba 5-krát viac, čo je z hľadiska kozmológie zanedbatelný rozdiel. Je to náhoda? Alebo existuje skryté prepojenie medzi dvoma takými odlišnými druhmi hmoty?

Fyzici vynaložili veľa času a energie, aby tieto dve záhadu objasnili a navrhli celé desiatky iných, konkurenčných modelov. Zatiaľ bez úspechu. Všetci tápajú v temnotách. Podaktorí dokonca zapochybovali o platnosti všeobecnej teórie relativity a tmavú hmotu považujú iba za fikciu.

V aréne fyziky sa však objavili nové nápady a pri každom zohráva Higgsov bozón klúčovú rolu. Tri najdôležitejšie myšlienky si teraz bližíme so zreteľom na otázku, ktorú si teoretickí fyzici kladú: Do akej miery je nás vesmír prirodzený?

Prvá odpoveď na túto otázku sa objavila iba nedávno.

Model 1: Hylogenéza a tmavý antisvet

Neraz sa stalo, že vedci nenašli riešenie tohto-ktoreho problému iba preto, že „nevideli pre oči“. Mnohí uviazli v pasci falosočných predpokladov. Iní si netrúfli ísť s vlastnou vedeckou kožou na trh. Podaktorí zo samej skromnosti.

Kris Sigurdson z University of British Columbia sa nebál gordický uzol roztať: „Záhada prebytku kozmickej hmoty a záhada tmavej hmoty majú možno spoločného menovateľa. Jednou rano musíme zabíť dve muchy.“

Ako to urobiť, nad tým Sigurdson, spolu so Seandom Tulinom, Hoomanom Davoudiaslom a Davidom Morriseyom špekulujú už šiesty rok. Svoj model nazvali hylogenéza. (Hylo v gréckine znamená prahmota, genesis pôvod.) Podľa týchto vedcov je asymetria hmoty a antihmoty presne vyvážená asymetriou tmavej hmoty

a tmavej antihmoty! Podľa nich by aj v mystérieznej ríši tieňov mal existovať časticovo fyzikálny obraz a jeho zrkadlový obraz, prípadne antisvet. Táto predstava je v rozpore z hypotézou WIMPov, ktoré by boli aj vlastními antičasticami, takže by sa pri stretnutí navzájom a úplne anihilovali.

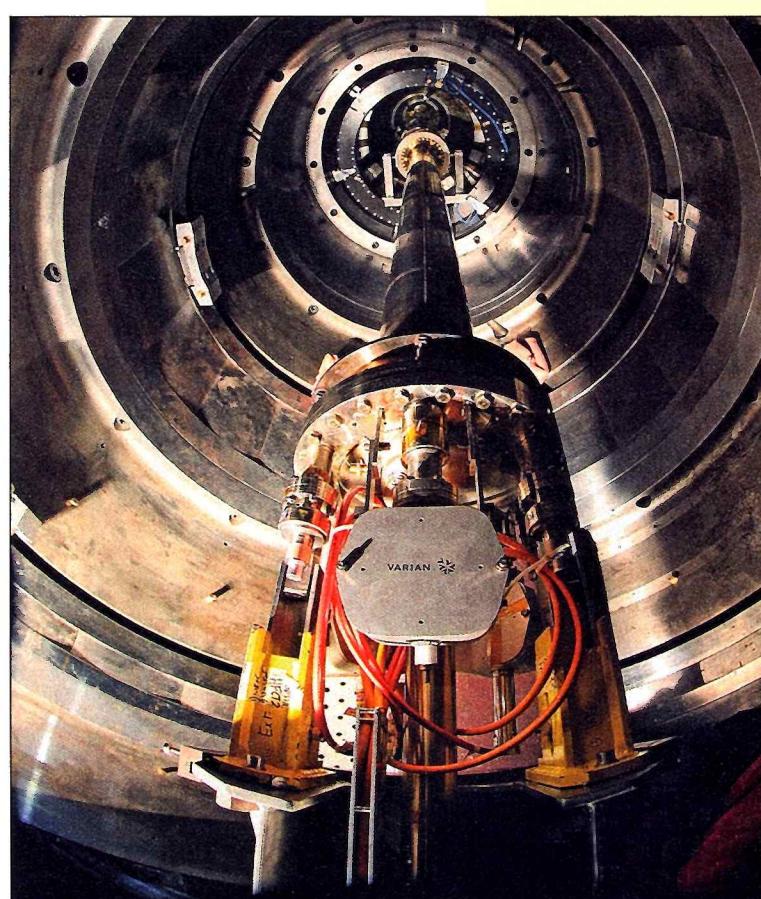
Východiskom k hylogenéze je predpoklad hmotnejších druhov častic. Pre zjednodušenie ich označme X a anti-X. Časticie museli vzniknúť krátko po big bangu a okamžite sa rozpadnúť.

Kto vymyslel axióny?

Takzvaný silný CP-problém je zdánlivá absurdita, ktorá mohla vziť iba z dielne fyzikov: Prečo slabá jadrová sila narušuje CP-invarianciu a silná interakcia nie? Pojem CP-invariancia (charge/parity) znamená, že zmena náboja (charge) plus zámena obrazu a zrkadlového obrazu nemá na rozpad časťice vplyv.

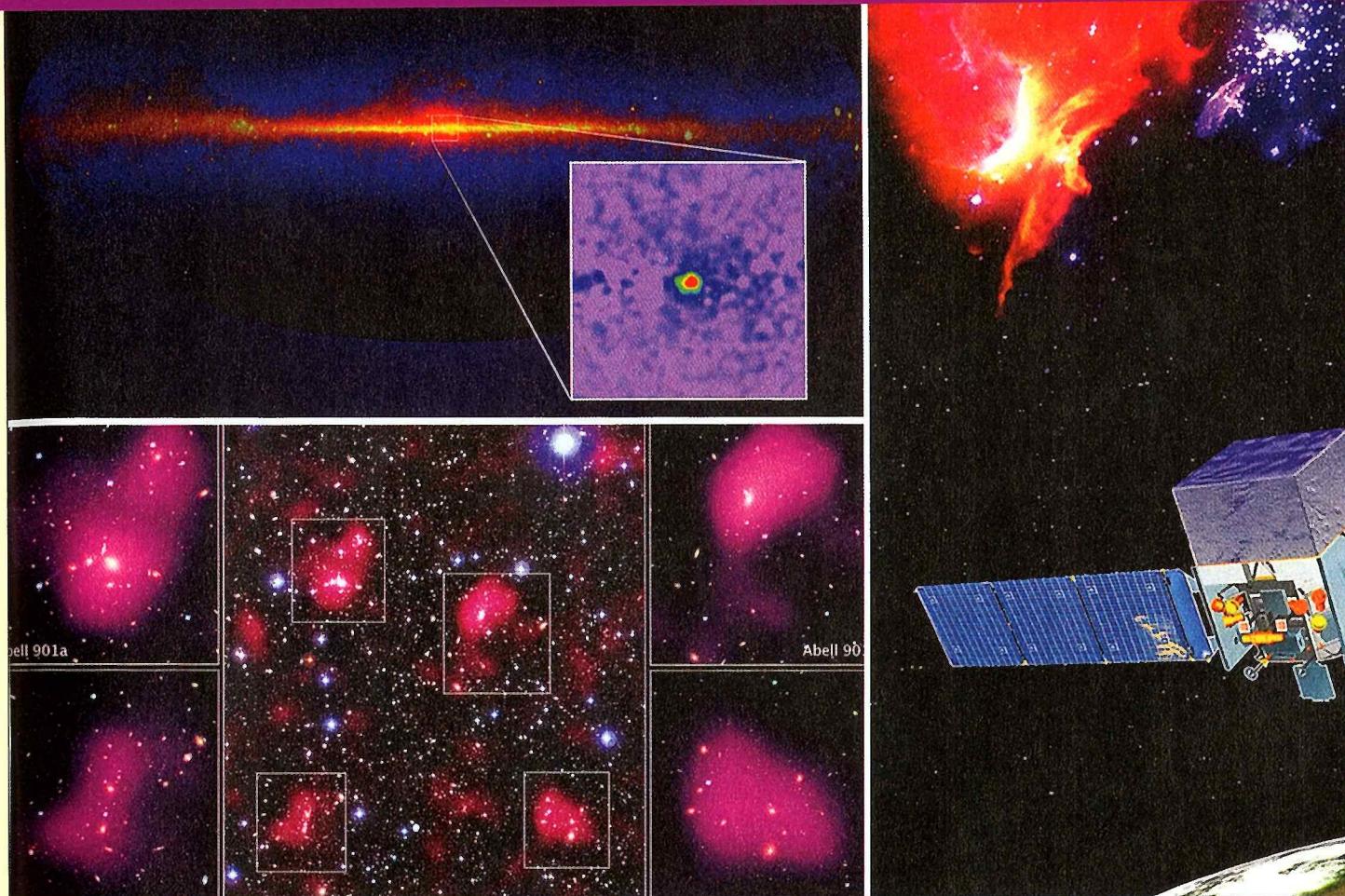
Podľa tohto základného prírodného zákona sa niektoré rozpady častic neradia. Platí iba pre slabú, nie silnú jadrovú silu. Fyzici neustáva prečo. Kvantovochromová dynamika, teória silnej sily, sice dokáže udržanie tejto symetrie opísť, ale vyžaduje ovela jemnejšie vyladenie, a okrem toho aj jeden „z rukáva vytriasený“ parameter, ktorý sa vedcom zdá byť „neprirodený“. Ak by sa CP-symetria narušila, mohlo by to na elektrický dipól neutrónu zapôsobiť tak, že by sa stal biliónkrát silnejším, ako vyplýva z merania. Interakcie s novým skalárovým poľom s narušenou symetriou (podobne ako pri Higgsovom mechanizme) by silný problém CP odstránil. Toto riešenie navrhli už Roberto Puccei a Helen Quinn v roku 1977. Ak majú pravdu, musela by existovať doteraz neznáma častica, kvantum tohto poľa.

O rok neskôr poukázal na to aj neskorší nobelista Frank Wilczek a nezávisle na ňom aj Steven Weinberg. Wilczek hypotetickú časticu nazval axiónom, podľa komerčnej značky čistiaceho prostriedku. Už ako chlapec si zaumienil, že objaví neznámu elementárnu časticu a pokrstí ju. Wilczek: „Axión by naše problémy vyriešil. Nakoľko axión súvisí s axiálnymi prúdmi, nostericky konzervatívni redaktori periodika Physical Review Letters názov odobrili.“



Pohľad do rúry urýchľovača LHC počas viac ako ročnej odstávky, keď sa, okrem iného zvyšovala citlivosť CMS-detektora.

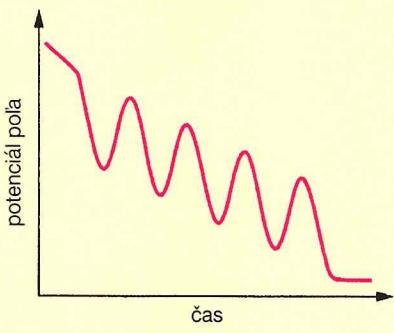




Vesmír je plný tmavej hmoty: dokazujú to aj meraenia slabých gravitačných efektov v kope galaxií Abell 901/902 (vľavo dole), vzdialenej 2,6 miliárd svetelných rokov. Spôsobujú ich neznáme časticie zoskupené do fialových ostrovov. Počas anihilácie môžu vygenerovať žiarenie gama. Časté vzplanutia žiarenia gama naznamenajú satelit Fermi (vpravo) v jadre Mliečnej cesty (vľavo hore).

Kozmický zostup

Prečo je dnes hustota energie Higgsovho pola, rovnako ako počas prvého zlomku sekundy big bangu, taká nízka v porovnaní s teoreticky možnými a dokonca pravdepodobnejšími hodnotami? To je jedna zo záhad, ktorá kvári fyzikov i kozmológov. Aj kvôli tejto záhade postavili a prevádzkujú urýchľovač LHC. Podľa niektorých fyzikov bola hodnota higgsu kedysi oveľa vyššia, ale počas exponentiálneho rozpínania sa vesmíru (počas inflácie) sa rýchlosť znižovala. Graf znázorňuje vývoj hypotetického axiónového pola, ktoré znižuje hustotu energie s ním previazaného Higgsovho pola.



Odohralo by sa to asymetricky: z ixiek sa vytvorilo o niečo viac normálnej hmoty ako normálnej antihmoty. Z antiixiek o niečo viac tmavej antihmoty ako tmavej hmoty. (Model je, pravdaže, oveľa komplikovanejší. Objavujú sa v ňom aj časticie ψ a té ako aj ich antičasticie ako medzistupe.) Po veľkej anihilácii, zničujúcej bitke častic a antičastic, by ostali dva prebytky: malý prebytok hmoty a malý prebytok tmavej antihmoty.

Na konci procesu by sme mali o niečo viac hmoty a o niečo viac tmavej antihmoty, pričom by sa oba prebytky navzájom vykompenzovali. Sigurdson to prirovnáva k známemu symbolu jin-jang, vytvárajúceho harmonickú, celostnú symetriu.

Model by vysvetlil aj to, prečo je tmavej hmoty iba 5-krát viac a nie oveľa viac ako hmoty normálnej. Táto koincidenca naznačuje spoločný pôvod. Podľa hylogenézy tvorí hmotu i tmavú antihmotu rovnaké množstvo častic, pričom tie druhé majú 2- až 3-krát vyššiu hmotnosť ako protón. Sú teda oveľa ľahšie ako hypotetické WIMPy.

Model hylogenézy možno overiť. Podľa tohto modelu sa môžu protóny charakteristickým spôsobom pri kolízii anihilovať (čo je v štandardnom modeli vylúčené). Koniec sveta nám však nehrozí: Tento proces je taký zriedkavý, že rozpad protónov by našu Zem postihol až po uplynutí 10^{30} rokov.

Model 2: Higgsogenéza

Sean Tulin z University of Michigan mieri ešte vyššie. Model hylogenézy považuje za príliš

skromný. Na pomoc mu prichádza Géraldine Servant a spolu sa im podarilo Higgsov bozón integrovať.

V štandardnom modeli hmoty je častica kvantom Higgsovoho pola. Toto pole spôsobuje, že aj iné časticie majú pokojovú hmotnosť.

„Po objave higsa sme si položili otázku, či môže mať táto častica aj iné vplyvy,“ vraví Géraldine Servant, fyzička, ktorá báda v CERNe, vyučuje na Barcelonskej univerzite a nedávno sa stala aj členkou Teoretickej skupiny pri Nemeckom elektrónovom synchrotrone DESY v Hamburgu.

Tulin a Servant dali svojmu scenáru meno – **higgsogenéza**: „Zatial čo viaceré teórie považujú Higgsov bozón za akýsi vedľajší produkt big banu, pre nás ide o klíčový fenomén,“ vravia. „Higgsov sprostredkovaný proces by sa mal odohrať počas prvej nanosekundy vesmíru. V oblastiach energií vysoko prevyšujúcich 100 gigaelektrónvoltov (GeV).“

Proces by prebehol ešte pred tzv. elektroslabým fázovým prechodom, počas ktorého sa slabá jadrová sila a elektromagnetická sila od seba oddelili. Obe sily by vo chvíli odpojenia zároveň „zapojili“ Higgsovo pole (pri energii zhruba 100 GeV). A Higgsovo pole by začalo produkovať pokojovú hmotnosť elementárnych častic. Bez tohto fázového prechodu, ktorý experimenty na urýchľovači LHC, ale aj na iných pracoviskách presne charakterizovali, nebolo donedávna možné udalosti vo vesmíre pochopiť.

Čo spája viditeľnú a tmavú hmotu?

Idea higgsogenézy ešte iba vyzrieva, už teraz však udivuje svojou elegantnou jednoduchosťou.



v tmavom sektore, podobne ako v peknej, zaokruhlenej jednote jin-jangu.

Fyzikov higgsogenéza zaujala. Teoretický fyzik Manoj Kaplinghat z University of California: „Vieme, že higgs existuje. Vieme, že aj tmavá hmota existuje. Vieme, že medzi hmotou a antihmotou vľadne asymetria. Tieto tri skutočnosti sa nám raz určite podarí previesť na spoločného menovateľa.“

Ako vždy, aj v tomto prípade bude treba teóriu overiť. Ak je model správny, potom sa musia počas mnohých higgsovských rozpadov, ktoré LHC priebežne meria, tu i tam vytvárať neznáme tmavé častice. Prejavíť by sa mali v podobe „chýbajúcej energie“ v bilanciach rozpadu. Servant: „Takéto častice predpovedajú aj iné hypotézy, takže posádka okolo LHC beztak po nich pátra.“ Ak by sa ich podarilo objaviť, dôkaz higgsogenézy by bol na spadnutie.

Súčasťou tohto scenára je aj tmavá hmota z WIMPov. Ak by sa WIMPy podarilo objaviť (pracuje na tom niekolko tímov) mali by vedci v rukách ďalšiu indíciu. WIMPy sa vo vesmíre môžu aj prírodnene rozpadáť, aj so svojimi antičasticami anihilovať. V takom prípade by sa v galaktickom hale museli objaviti charakteristické signály žiarenia gama. Zaznamenať by ich mohol vesmírny ďalekohľad Fermi.

Je pravdepodobné, že tieto vzplanutia sa v mladom vesmíre podieľali na reionizácii hmoty, takže by mali zanechať stopu aj v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia.

Astronómovia majú čo robiť, ale ich pokroky sú slabné. Nakolko satelit Fermi zatiaľ WIMPy nedetegoval, musia mať tieto častice energiu pri najmenšom 50 GeV, inak by už vedci anihiláciu zaznamenali.

Model 3: Axióny – pomocníci pri pôrode

Konkurencia máva pozitívny vplyv aj vo vede. Iba zo sporov idej sa rodia nové hypotézy, ktoré sa postupne testujú a preverujú. V dnešnom svete sa narastajúca konkurencia vo všetkých odboroch vedy prejavuje aj tým, že hypotéz (a s nimi otvorených problémov) je čoraz viac, ale väčšinu z nich (zatiaľ) namerané údaje nepotvrdzujú. Veľké objavy však visia vo vzduchu.

Niektoří vedci robia konkurenciu samým sebe. Napríklad Géraldine Servant: ak by jej model higgsogenézy nefungoval, ponúka ďalšiu alternatívu. Podľa nej sa tmavá hmota neskladá z ťažkých WIMPov, ale z iných elementárnych častíc – z veľmi ľahkých, tiež hypotetickejých axiónov, ktoré si lovci tmavej hmoty už dávnejšie obľubili. Existencia axiónov sa však bude dokazovať oveľa ľahšie ako existencia WIMPov.

Podľa Servant by axióny nevyriešili iba problém tmavej hmoty, ale na rozdiel od higgsogenézy aj prebytok hmoty. Najradšej by jednou ranou zabilia dve muchy. A opäť pritom zohráva Higgsov bozón dôležitú rolu. Ibaže tento model sa nezaobíde bez zavedenia nového pola. Servant mu dala meno *dilaton*.

Vznikla hmota chladným procesom?

Podľa Servantovej viedla interakcia higgsa a dilatonu k spomalenému, elektroslabému

prelomeniu symetrie, počas ktorej by elementárne častice nadobudli v Higgsovom poli svoju hmotnosť. Preto sa vesmír začal rýchlejšie ochladzovať (až na hodnotu 1 GeV) a baryogenéza, teda tvorba normálnej hmoty, sa začala až neskôr, pri nízkych teplotách.

Interakcie axiónov a gluónov, ktoré prenášajú silnú jadrovú silu, spôsobili, že sa tvorilo o niečo viac častíc hmoty ako antihmoty. V štandardnom modeli nie je také niečo možné. Naproti tomu v „podchladenom“ vesmíre by tzv. porušenie CP symetrie medzi hmotou a antihmotou (pôsobením silnej jadrovej sily za pomoci axiónov) vyústilo do jednoznačnej dominancie hmoty.

„Stalo sa tak počas miliardtiny sekundy hned po big bangu,“ odhaduje Servant. „Podľa tradičných predstáv sa častice normálnej hmoty (baryogenéza) začali tvoriť počas elektroslabého fázového prechodu zhruba pri teplote 100 GeV. V našom modeli sa dobre zaobídeme bez exotických rozpadov, napríklad hypotetickejých leptokvarkov. Štandardná teória elektroslabého zlomu energie postačuje. V tomto prípade by sa však musel vesmír po chladnej baryogenéze opäť zohriať na zodpovedajúcu teplotu 100 GeV. Potom sa už vyvíjať tak, ako si to dnes predstavujeme. Neskôr formovanie jadier atómov a žiarenie kozmického pozadia na tom nič nemení.“ Hej, ale ani tento scenár nevysvetluje pomer tmavej a normálnej hmoty.

Model však stojí na troch predpokladoch, ktoré je možné overiť.

Predovšetkým by museli existovať axióny. Ak existujú, majú nepatrú hmotnosť (10^{-6} až 10^{-2} eV) a vyskytujú sa vo vesmíre v gigantických množstvach, takže by sa stali dobrým kandidátom na vysvetlenie záhadnej tmavej hmoty. S normálnymi časticami však interagujú mimoriadne slabo. Najmä s gluónmi a fotónmi, miešajú sa však aj s piónnimi.

Fyzici sú už axiónom na stope

Mimoriadne strašidelným sa zdá byť efekt, pri ktorom by sa svetlo (presnejšie laserový lúč v magnetickom poli) pretuneloval cez hrubú stenu a za ňou by sme ho zmerali.

Rovnako zaujímavým by bolo kvantum dilatonového pola (teda dilatón) s hmotnosťou 100 až 200 GeV, rovnako „ťažký“ ako higgs. Takúto časticu by mali detektory LHC už čoskoro zmerať. Doterajšie merania existenciu dilatónu nevylúčili!

Servant navrhuje aj zvláštny test, ktorý je záťaľu ďalšou budúcnosťi; oneskorený, elektroslabý fázový prechod by mal zanechať stopu aj v časopriestore: pozadie gravitačných vĺn v oblasti milihertzov. Vesmírny satelit eLISA, vyvíjaný na meranie gravitačných vĺn, by tieto vlny mohol v najbližších rokoch zaznamenať.

Neprirodzený vesmír?

Naše chápanie sveta stojí na skúsenosti, že sa javy s odlišnou energiou a na rozličných škálach vzdialenosť takmer nijako neovplyvňujú. Iba preto sú pre tú-ktorú oblasť špecifické teórie efektívne, nezávisle od seba možné a osožné. Inými slovami, všeličo sa dá vysvetliť jednotlivu, bez nevyhnutnosti vysvetliť naraz všetko. Táto vlastnosť univerza zároveň umožňuje vedom krok za





High-Tech vyžaduje mimoriadnu čistotu. Na snímke jeden z tisícov zriaďencov ozrutného urýchľovača čistí detektor ATLAS pomocou vysávača.

krokom posúvať sa čoraz „hlbšie“ do nejasnej problematiky, skúmať navzájom prerastené teórie, prenikať do čoraz extrémnejších škál. A v princípe, aj keď nie v praxi, všetko odvodíť z časticovej fyziky.

Fyzici tvrdia, že všetky teórie „prirodzene“ navzájom súvisia. „Prirodzenosť“ znamená, že sa dobre zaobídeme bez jemného doladovania parametrov hociktorej teórie, ak ju posudzujeme z nadhládu nadradenej teórie z vyšších oblastí energií. Ani to však nie je celkom samozrejmé. Možno to dokonca kvantitatívne sformulovať, tak ako to dokázali nobelista Kenneth Wilson a Gerardt Hooft už koncom 70. rokov minulého storočia: teória je iba vtedy prirodzená, keď sú všetky jej parametre bez dimenzií (teda holé čísla, vyjadrené rovnako „vykrátenými“ metrickými jednotkami) súčasťou najvyššieho usporiadania. Teda vesmíru.

Platiť to pre veľa fenoménov. Vo fyzike však existujú dve výnimky. Prvou je udivujúco nízka hodnota Einsteinovej kozmologickej konštanty, blížiaca sa k nule, hoci by mala mať, záleži na odhadoch, hodnotu až 10^{100} . S týmto problémom si fyzici už celé desaťročia nedokážu poradiť.

Druhou výnimkou je hmotnosť Higgsovoho bozónu, respektívne hustota energie príslušného poľa. Aj v tomto prípade sa zdá byť hodnota neprirodzene nízka. Navyše mimoriadne jemne vyladená. Už nepatrňá zmena tejto hodnoty by vesmír (presnejšie: tzv. elektroslabé vákuum) urobila nestabilným, takže by sa v ňom všetky prírodné konštanty a zákony okamžite a významne zmenili.

„Ak chceme hmotnosť higgsa na elektroslabej škále stabilizovať, musíme parametre higgsovho potenciálu otestovať v ráde 10^{-32} ,“ tvrdí Géraldine Servant a všetky postrehnuté problémy zjednocuje špeciálnym menovateľom, ktorý (pod názvom **problém hierarchie**) zamestnáva

fyzikov už celé desaťročia. Pripomeňme, že práve tento „problém hierarchie“ bol jedným z hlavných dôvodov vybudovania urýchľovača LHC pri CERNe, bez ohľadu na jeho náklady.

Planckova škála pre 10^{-19} GeV a 10^{-35} cm je konečnou hranicou, fyzikálnym režimom, v ktorom sa priestor a čas súčasne začínajú rozkladať, mimo ktorého už prírodné zákony i teória relativity zlyhávajú.

Fyzici v snahe hodnoty higgsa vysvetliť a „prirodzene“ interpretovať (a nevŕniť ich iba ako nepravdepodobnú kuriozitu) vyrukovali už krátko po objave s niekolkými návrhmi:

1. Navrhli niekoľko rozšírení štandardného modelu: o supersymetriu; o poskladanú (teda nie elementárnu) Higgsovú multičasticu; o dodatočné priestorové dimenzie; o neznáme kvantové efekty na Planckovej škále.
2. Na druhej strane, v rámci kozmológie multiverza, sa vynárajú argumenty, podľa ktorých všetky možné hodnoty higgsa či kozmológickej konštanty sú už realizované v množstve odlišných vesmírov. Nemali by sme sa teda čudovať, ale uspokojiť sa s tým, že žijeme vo vesmíre, ktorý nám vyhovuje. (Ktorý nám je „šitý na mieru“.)

Kozmické schodisko

Iba nedávno sa objavilo tretie možné východisko zo slepej uličky. Navrhla ho trojica vedcov z University of California v Stanforde a v Berkeley: Peter W. Graham, David E. Kaplan a Surjeet Rajendran. Podľa nich sa hodnota higgsa počas evolúcie kozmu významne zmenšila. Dnes nám sice pripadá „neprirodzene“ nízka, ale vďaka bola „prirodzene“ vysoká, ale postupne sa znižovala. Vedci tento proces prirovali k dlhému schodisku.

Teraz (po objave) by higgs nemal ďalej zo stupovať po schodoch do pivnice, ale mali by sme ho využiť. Graham a jeho kolegovia ukázali,

ako by to bolo možné: prepojením higgsa s axiónovým poľom počas zdlhovej periody kozmickej inflácie, ktorá vesmír počas big bangu nepredstaviteľne „nafúkla“, sa vesmír stal oveľa väčším, ako predpokladali bežné, „krátke“ modely inflácie, čo však na astronómiu nemalo nijaký vplyv. Vedľa my zo Zeme a v tomto čase dokážeme pozorovať iba zanedbatelný kúsok multiverza.

Géraldine Servant s kolegami z Barcelonskej univerzity tento model ešte upravila. Zmenili higgsovskú závislosť od klesajúceho schodiska a zaviedli ďalšiu odrodu axiónov. Jeden z nich by mal byť mimoriadne sľubným kandidátom na vyriešenie záhady tmavej hmoty.

Aj v tomto prípade sa Servant pokúša zabiť dve muchy jednou ranou. Ak má pravdu, potom by bola platnosť štandardného modelu oveľa väčšia, ako sa predpokladalo. Zapadli by doň aj energie 1 000 000 TeV. Pre fyzikov okolo LHC by to však nebola dobrá správa, pretože v takomto prípade by na LHC nemohli objaviť nijaké príznaky „novej fyziky“.

Servant: „Je to sugestívny názor, pretože všetky návrhy riešenia (odhliadnuc od scenárov multiverza) nové fyzikálne efekty v tejto oblasti energií predpovedali.“

Géraldine Servant v jednej zo svojich ostatných prác zakončila výklad filozofickou poznámkou, ktorá sa opäť týka prepojenia makro- a mikrozozumu: „Zatiaľ čo v minulosti časticová fyzika zásadne prispela k tomu, že sme začali dejiny kozmu chápať, dnes, ak sa ukáže, že sa autori nových myšlienok nepomýlili, zohrá evolúcia kozmu klíčovú úlohu v chápaní niektorých dôležitých parametrov fyziky častic.“



Astronómovia pozorovali dve čierne diery v blízkych galaxiach, ktoré zo svojich spoluúčastníkov (v dvojhviezdoch) nabáľajú gigantické množstvá hmoty a zároveň vyvrhujú časť nabaľovanej hmoty rýchlosťou 70 000 kilometrov za sekundu, čo je bezmála štvrtina rýchlosťi svetla.

Superrýchle vetry zo zvláštnych dvojhviezd

Vedci pristihli čiernu dieru (zložku dvojhviezdy) v blízkej galaxii, ktorá už takmer rozložila a skončila hviezdu – druhú zložku binárnej sústavy. Rýchlosť procesu deštrukcie a nabaľovania hmoty zo zničenej hviezdy prekonala všetky doteraz predstaviteľné limity. Ba čo viac, rýchlosť výtryskov, šíriacich sa z akréčneho disku, dosiahla až 70 000 kilometrov za sekundu, čo je bezmála štvrtina rýchlosťi svetla!

Na objave sa podieľali vedci z Cambridge University, ktorí analyzovali údaje vesmírneho ďalekohľadu XMM-Newton (ESA). Newton detegoval niekoľko zdrojov extrémne intenzívneho röntgenového žiarenia.

Vo vesmíre, pozorovanom v rozsahu röntgenových vlnových dĺžok, dominujú dva zdroje: supermasívne čierne diery v jadrach veľkých galaxií a dvojhviezdy, ktorých dominantnou zložkou je pozostatok po dávnych hviezdoch – bud' biely trpaslík, alebo neutrónová hvieza či čierna diera. Dominantná, hmotnejšia zložka takejto dvojhviezdy nabáľuje hmotu z druhej, menšej hviezdy.

V každom prípade sa okolo hmotnejšej hviezdy sformuje akréčny disk, v ktorom rýchlosť krúžiacej hmoty/plynu narastá. Úmerne s rýchlosťou sa zvyšuje aj teplota hmoty v disku. Po prekonaní kritickej hranice vyšlahnú z disku dva protismerné výtrysky žiarenia. Toto žiarenie zaznamenávame na rozličných vlnových dĺžkach s vrcholom v röntgenovej oblasti spektra.

V roku 1980 boli objavené objekty, ktoré vedci doposiaľ nepochopili. Sú 100 až 1 000-krát jasnejšie ako obyčajné röntgenové dvojhviezdy. Zdrojmi tohto žiarenia však nie sú supermasívne čierne diery. A navyše väčšinu týchto zdrojov neobjavili blízko jadra, ale na periférii materskej galaxie.

Vedci sa nazdávajú, že tieto ultrajasné röntgenové zdroje sú zvláštne dvojhviezdy, nabáľujúce oveľa viac hmoty ako obyčajné röntgenové dvojhviezdy. V niektorých z nich hniezdia vysoko zmagnetizované neutrónové hviezdy. Iné možno utajujú už dávnejšie „vypočítané“, ale doteraz neobjavené čierne diery so stredou hmotnosťou! Tieto objekty by mali mať zhruba 1 000-krát vyššiu hmotnosť ako Slnko. Vo väčšine prípadov však vedci príčiny extrémneho správania týchto zdrojov nedokázali vysvetliť.

Vedci z Cambridge University niekoľko rokov zbierali údaje z troch ultrajasných zdrojov röntgenového žiarenia. Všetky sa nachádzajú v blízkych galaxiach do vzdialenosťi 22 miliónov svetelných rokov. (Údaje získaval pomocou spektrometra RGS – Reflection Grating Spectrometer – na ďalekohľade

Newton. Tento prístroj dokáže rozlíšiť v spektrach aj veľmi jemné štruktúry.) Pri každom z troch zdrojov identifikovali röntgenové emisie z plynu vo vonkajších oblastiach diskov krúžiacich okolo centrálnych, kompaktných objektov.

Ibaže pri dvoch z troch týchto zdrojov – NGC 1313X-1 a NGC 5408-X1 – zaznamenali jasné znaky plynom absorbovaného röntgenového žiarenia, ktorý prúdi z centrálnej oblasti rýchlosťou 70 000 kilometrov za sekundu. Angličanom sa takto po prvý raz podarilo detegovať hviezdné vetry prúdiace z ultrajasných röntgenových zdrojov. Vysočá rýchlosť týchto výtryskov umožňuje vedcom odhadnúť, aké telesá tak nenásytne pohlcujú hmotu.

Horúci plyn z disku, prúdiaci smerom k centrálnemu objektu, tiež jasne žiarí. Tlak unikajúceho žiarenia ho však vytláča von. Je to vyvážený, vybalanovaný proces: čím vyššia je hmotnosť centrálneho telesa, tým je rýchlosť nabaľovaného plynu vyššia. V takom prípade sa plyn rýchlejšie zohrieva, emituje viac žiarenia a zvyšuje tlak žiarenia zvnútra. Tento protismerný tlak rútiaci sa plyn pribrzdzuje, aby ho vzápäť vymietol do okolia.

Existuje teoretický limit, určujúci, kolko hmoty môže objekt s danou hmotnosťou nabaliť. Hodnotu limitu vypočítal Arthur Eddington iba pre hviezdy, využíva sa však aj pri neutrónových hviezdoch a čiernych dierach.

Eddingtonove výpočty hovoria o ideálnom prípade, keď hmotu nabaľovanú na centrálny objekt i žiarenie, ktoré tento objekt produkuje, sú vo všetkých smeroch v rovnováhe.

Naše tri zdroje výdatne „vykrmuje“ hmotu v diskoch. Tie sa zväčšujú, puchnú pod vplyvom gigantického vnútorného tlaku žiarenia, ktoré nim preniká. Tieto hrubé disky **prekračujú Eddingtonov limit** a dokážu sformovať žiarenie do úzkeho kužeľa, ktorý objekt (ak je výtryskom privrátený k nám) neobyčajne zjasňuje. Hmotu takto z gravitačnej pasce uniká v podobe vetrov s vysokou rýchlosťou. Tieto vetry vedci v Cambridge zaznamenali.

Pozorovaním röntgenových zdrojov, ktoré prekonávajú Eddingtonov limit, môžu vedci skúmať procesy akrécie mimoriadne podrobne. Radi by sa dozvedeli, o kolko môže byť Eddingtonov limit prekročený a čo generuje prúdenie takých silných vetrov.

Aké kompaktné objekty hniezdia v jadrach oboch zdrojov, vedci zatiaľ netušia.

Vzhľadom na veľkú jasnosť skúmaných röntgenových zdrojov vedci usúdili, že mohutné vetry sú generované akréčnymi prúdmi, smerujúcimi do neutrónovej hviezdy či čiernej diery. Ak ide o čierne diery, mali by mať hmotnosť až niekoľkých desiatok hmotností Slnka. Angličania tieto objekty preskúmajú nielen na röntgenových, ale aj na optických a rádiových vlnových dĺžkach.

<http://www.cam.ac.uk/research/news/winds-a-quarter-the-speed-of-light-spotted-leaving-mysterious-binary-systems>

ESA Press Release

E. G.

Tmavú hmotu netvoria isté, axiónom podobné časticie

Vedci zo Stockholm University prispeli k spresneniu modelov ľahkých častic tmavej hmoty. Vylúčili isté, axiónom podobné časticie, zo súboru kandidátov častic na tmavú hmotu.

Čoraz viac vedcov skúma, čo tvorí tmavú hmotu násloho vesmíru. Jednou z možností sú extrémne ľahké časticie s hmotnosťou jednej miliardtiny hmotnosti elektrónu! Tieto časticie pomenovali časticami ALP (axion like particles). Nakolko sa ALPy nedajú ľahko objaviť, vedci zatiaľ nedokážu otestovať rozličné typy, ktoré by mohli byť súčasťou tmavej hmoty.

Prednedávnom vedci využili údaje z vesmírnej sondy Fermi, ktorá deteguje zdroje žiarenia gama. Boli to údaje z centrálnej galaxie kopy galaxií Perseus. V údajoch však zatiaľ nenašli ani stopu po hľadané odrodze ALPov, hoci pozorovania mali dostatočnú rozlišovaciu schopnosť na to, aby vylúčili, či potvrdili isté typy zatiaľ virtuálnych ALPov. (Poznámka: ALPy sa iba vtedy môžu stať súčasťou tmavej hmoty, keď majú niekoľko charakteristik.)

ALPy nemožno detegovať priamo. Existuje však nepatrňa šanca, že sa dokážu transformovať na obyčajné žiarenie/svetlo (a napäť, zo žiarenia na ALPy), keď prechádzajú magnetickým polom. Vedci sa zamerali na mimoriadne jasné zdroj, centrálnu galaxiu v kope galaxií Perseus, s cieľom tieto premeny zaznamenať. Žiarenie gama s vysokou energiou vyžarované touto galaxiou by sa mohlo zmeniť na ALPy počas prechodu magnetickým polom, ktoré vyplňuje priestor medzi galaxiami v kope.

„ALPy, ktoré dokážeme detegovať, by mohli tvoriť istý objem tmavej hmoty. Naša analýza dosiahla citlivosť, ktorú na Zemi prekonajú až experimenty vo vzdialejnej budúcnosti“, tvrdí Manuel Mayer, člen tímu.

Hľadanie ALPov pomocou vesmírneho ďalekohľadu Fermi bude pokračovať. S cieľom identifikovať 94% hmoty vesmíru.

<http://www.su.se/english/about/profile-areas/astrophysics-cosmology-and-particle-physics/dark-matter-does-not-contain-certain-axion-like-particles-1.279966>

Stockholm University Press Release

E. G.



Ilustrácia znázorňuje ako sa žiarenie/svetlo transformuje na ALPy pod vplyvom galaxie.

Spomienka na Mikuláša Thege Konkolyho na medzinárodnej konferencii v Hurbanove



Generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec otvára konferenciu. Po jeho ľavici Mgr. Stanislav Šišulák, PhD., odborný garant konferencie a po pravici Dr. Mikuláš Thege-Konkoly.



Pohľad na účastníkov konferencie tesne po otvorení.



Dr. Martin Benko, PhD., Generálny riaditeľ Slovenského hydrometeorologického ústavu, odovzdáva symbolický dar – Klimatický atlas Slovenska.



Časť účastníkov konferencie na horizontálnom slnčnom spektrografe, ktorý sa stále používa na získavanie pôvodných vedeckých pozorovaní.



Počas prehliadky meteorologického observatória došlo k zaujímavému javu v atmosfére, keď stopa po vysoko lietiacom lietadle vrhla tieň na nižšie položené oblaky.

Dr. M. Thege-Konkoly zanechal pre astronómov na Slovensku veľké dedičstvo, a preto si zasadlúži, aby sme si občas pripomenujeli jeho aktivity, hlavne ak ide o 100. výročie od jeho smrti. (Hlavné momenty z jeho života boli zaujímavo popísané aj v Kozmose 2/2016, str. 12 – 13.) Podobný názor mali aj v Hurbanove a pod záštitou generálneho riaditeľa Slovenskej ústrednej hvezdárne (SÚH), Mgr. Mariána Vidovencu zorganizovali v dňoch 18. – 20. mája 2016 medzinárodnú konferenciu na vysokej odbornej a vedeckej úrovni. Hlavným organizátorom a zostaviteľom odborného programu bol historik Mgr. Stanislav Šišulák, PhD., pracovník SÚH v Hurbanove.

145. výročie observatória

K uvedenému výročiu sa viaže aj 145 rokov od doby, keď Dr. Konkoly založil svoje observatórium, ktoré neskôr daroval štátu v prospech vedy a konkrétnie astronómie, geofyziky a meteorológie. Preto aj na konferencii prezentovali svoje práce viacerí odborníci z rôznych oblastí vedy zo Slovenska, Maďarska a Českej republiky. Konferenciu otvoril dvojjazyčným príhovorom generálny riaditeľ Mgr. M. Vidovenec, pričom poukázal na odkaz Dr. Konkolyho pre súčasný rozvoj observatória a zároveň účastníkom zaželal príjemné rokovanie a pobyt počas konferencie. Zástupkyňa mesta zase vyzdvihla význam observatória pre budovanie povedomia o Hurbanove. Oficiálne príhovory zavŕšil Dr. Martin Benko, PhD. Generálny riaditeľ Slovenského hydrometeorologického ústavu, ktorý odovzdal Mgr. M. Vidovencovi aj symbolický dar – Klimatický atlas Slovenska.

Vedecký program konferencie otvoril Mgr. Ladislav Druga, ktorý na pozadí života a diela Dr. Konkolyho uviedol účastníkov konferencie do jej hlavnej problematiky. Na jeho prezentácii nadviazal Mgr. Marián Vidovenec, ktorý stručne popísal hlavné historické momenty observatória od jeho založenia v roku 1871, cez rozpad Rakúsko-Uhorska, vznik spoločného štátu Čechov a Slovákov až po súčasný stav v roku 2016. Mgr. Fridrich Valach, PhD. predstavil prí-

tomným úlohu Geomagnetického observatória v Hurbanove. Pred večernou diskusiou ešte prehovoril Dr. Ladislav Hric, CSc., ktorý prezentoval hlavné objavy v astrofyzike od Konkolyho éry až po súčasnosť. Za každým pokrokom je možné identifikovať konkrétné osobnosti – veľikánov vedy, a práve aj Dr. Konkolyho môžeme považovať za jedného z nich.

Aj keď na ubytovanie bolo potrebné všetkých účastníkov po rokovani presunúť do Komárna, bolo dobrým nápadom konferenciu realizovať priamo v budove SÚH v Hurbanove, kde bola skutočne tá pravá autentická atmosféra. Potvrdil to aj druhý konferenčný deň, keď v doobedňajších hodinách prebiehala prehliadka jednotlivých pavilónov a prístrojov observatória. Po obeде sa dostali k slovu aj hostia a účastníci konferencie z Maďarska. Nemôžem vymenovať všetkých, no určite ma najviac zaujala prítomnosť Dr. Lajosa Balázsa z Konkolyho observatória Maďarskej akadémie vied, s ktorým, ako sme spoločne zis-



Dr. Lajos Balázs.



Renáta Kolivošková rozpráva zaujímavý príbeh jedného ďalekohľadu.



Účastníci konferencie.

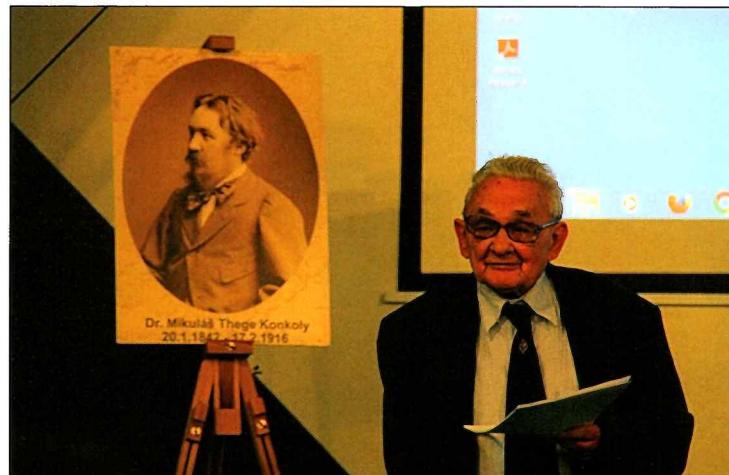
tili, sme sa nevideli celých 34 rokov. Tiež hovoril o dôležitých objavoch v astrofyzike, ktoréj sa pred odchodom do dôchodku venoval celý život. Zaujímavú prednášku prezentoval aj Dr. Lajos Bartha z Maďarskej astronomickej spoločnosti. Dr. Konkolyho predstavil ako konštruktéra, organizátora a politika. V tomto bloku prednášok by som ešte vyzdvihol prezentáciu Dr. Ladislava Pastoreka, ktorý začiatky observatória v Hurbanove konfrontoval na pozadí jeho prístrojového vybavenia.

V posledný rokovací deň vystúpil Dr. Zdislav Šíma, CSc., z Astronomického ústavu AV ČR v Prahe, ktorý vypracoval podrobnejší štúdiu o Dr. Bohumilovi Šternberkovi, pričom v prednáške sa venoval hlavné jeho práci na Slovensku. Veľmi zaujímavý príbeh pod názvom *Pribeh jedného ďalekohľadu* si pripravila Renáta Kolivošková z Hvezdárne a planetária v Prešove. Hovorila o veľkom reflektore s priemerom 60 cm, ktorý bol pôvodne v Hurbanove, no po Mnichovskom diktáte bol zachránený neodkladným prevozom do Prešova. Neskôr bol vyše 2 desaťročia najväčším prístrojom observatória na Skalnatom plese a dnes po celkovej rekonštrukcii slúži na observatóriu v Modre. Bolo by zaujímavé štúdiu R. Kolivoškovej doplniť o štatistiku pozorovaní (typy objektov a počet získaných pozorovaní) na Skalnatom plese ale aj v Modre. To je však už tip pre niekoho z pracovníkov Astronomického ústavu SAV a Astronomického a geofyzikálneho observatória UK v Modre.

Záverom by som ešte spomenul veľmi profesionálnu prezentáciu Dr. Miroslava Morovicsa, CSc., vedeckého pracovníka Historického ústavu SAV a zároveň člena Predsedníctva SAV. Zaobral sa spolupracovníkom Dr. Konkolyho, ktorým bol Radó Kövesligethy, a tak doplnil obraz danej doby.



Dr. Miroslav Morovics, CSc., zo SAV.



Prof. Lajos Bartha

Dosť bolo slov, myslím, že viac o atmosfére konferencie už napovedia priložené fotografie. V každom prípade patrí vďaka organizátorom za hodnotný zážitok.

Celkový prehľad príspevkov je zverejnený na webovej stránke SÚH:

http://www.suh.sk/images/Program_Konkoly.pdf

LADISLAV HRIC, SÚH Hurbanovo

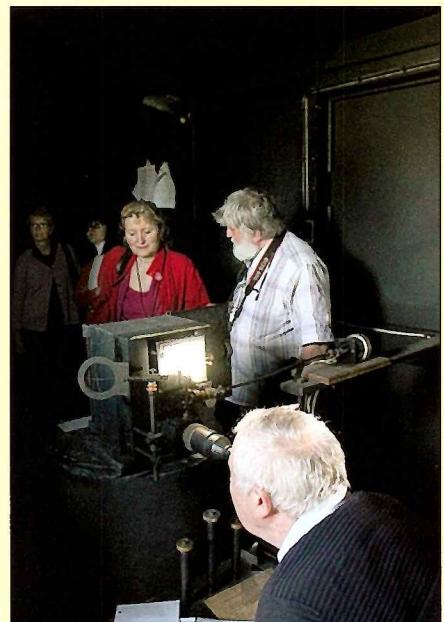
Foto: L. Hric (9), Z. Csontos (1), P. Rapavý (3)



Čo dodať, dopadlo to výborne – dá sa čítať z tváre
Mgr. Mariána Vidovencová po ukončení konferencie.



Historický seismograf a Mgr. Fridrich Valach, PhD.



Spektrohelioskop.

BEZOVEC 2016: Na programe bol aj krst



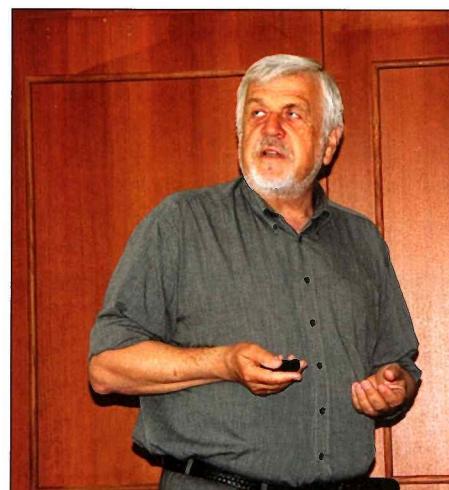
Krst knihy a veselá chvíľa pri otváraní sektu (a zase sa postriekal...). Zľava prof. Z. Mikulášek ako krstný otec, Mgr. J. Krištofovič v úlohe odborníka na otváranie sektov, Dr. P. Hanisko ako autor knihy a Dr. L. Hric ako predseda SAS pri SAV.



Dr. P. Hanisko hovorí o gravitácii.



Dr. P. Bakala sa práve snaží uchopiť časopriestor.



Prof. Z. Mikulášek vrhá pochybovačný pohľad na výslednú svetelnú krivku.

Medzinárodná konferencia na Bezovci sa už tradične konala prvý júnový víkend, začala sa však úplne netradične: v piatok večer krstom novej knihy...

Poznamenajme ešte, že Mgr. Jozef Krištofovič, riaditeľ Hvezdárne a planetária M. R. Štefánika v Hlohovci, pátral v archíve hvezdárne a výsledkom je číslo 58. Tohtoročný Bezovec, ako skrátene nazývame Medzinárodnú konferenciu o úspechoch stielárnej astronómie, je veľmi pravdepodobne už 58. v neprerušenom poradí svojho každoročného konania.

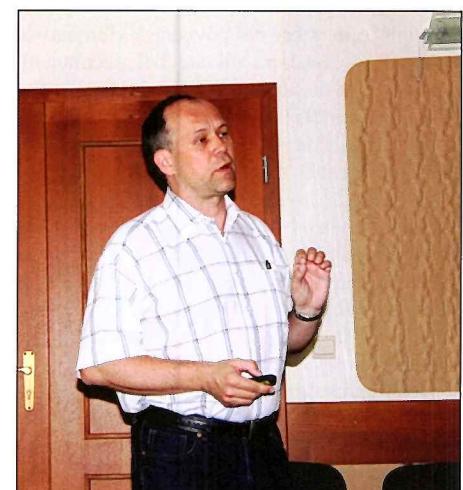
Krištofovičovo číslo potvrdené Grygarom

Číslo 58 potvrdil aj Dr. Jiří Grygar (Kozmos 3/2016), ktorý si pamäta, že prvé stretnutia na Bezovci mali charakter meteorických expedícií. Postupne sa tu vystriedalo množstvo významných slovenských a českých astronómov. Grygar spomien mená ako Lubor Kresák, Vladimír Guth, Zdeněk Ceplecha, Zdeněk Kvíz a Luboš Kohoutek, ktorí položili základy tejto tradície.

Neskôr sa na konferenciach zameraných na stielárnu problematiku zúčastnili Luboš Perek, Svatopluk Kríž, Petr Harmanec, Tomáš Horák, Mirek Vetešník, Pavel Koubský, Petr Hadrava, Jan Palouš, Zdeněk Mikulášek, Zdeněk Stuchlík, Juraj Zverko, Jozef Žižňovský, Augustín Skopal, Ján Budaj a mnohí ďalší - aj zahraniční astronómovia z Maďarska, Ruska, Ukrajiny, Grécka, Srbska, Chorvátska, USA a pod.

Gravitácia v teórii i praxi

Vráťme sa však do súčasnosti, prebieha krst knihy „Pohyb telies v gravitačnom poli“, ktorej autorom je PaedDr. Ing. Peter Hanisko, PhD. Vydala ju Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV. Prof. Zdeněk Mikulášek z Brna sa ochotne podujal byť krstným otcom, no červený sekt otvára odborník na podobnú činnosť – Jožko Krištofovič. Kedže sa opäť celý postriekal, krstu okamžite vtísol veselú náladu. A keďže kniha sa venuje gravitácii, nechali sme túto silu pôsobiť aj na ňu. Kniha v ochranej bedničke padla vol-



Doc. R. Gális by chcel ešte o trošičku zlepšiť pozorovacie dátá.



Pohľad na účastníkov konferencie, v popredí Mgr. Karol Petrik – člen organizačného výboru, vľavo Dr. Pavol Hazucha – pamätník na bezovecké konferencie.

ným pádom na dlažbu a nič sa jej nestalo. Je to dobrá kniha a teraz už môže ísi do sveta.

Sobotnajší vedecký a odborný program konferencie sa niesol v znamení nedávnej detektie gravitačných vln, ktorých zdrojom bolo splynutie dvoch čiernych dier. Dr. P. Hanisko vo svojej podrobnej prednáške zhrnul storočnú história hľadania gravitačných vln od formulovania teórie gravitácie samotným Einsteinom cez pokusy a pozorovanie, ktoré túto teóriu postupom času nekompromisne potvrdzovali. Posledná časť jeho prehľadového referátu sa venovala vývoju zariadení na priamu detekciu gravitačných vln. Spomenul pripravované a plánované experimenty, ktoré by mali ďalej zvyšovať citlivosť gravitačných detektorov a postupne tak viac a viac otvárať toto nové okno do vesmíru. Téma priniesla okrem odpovedí aj množstvo nových otázok, ktoré kládli viacerí účastníci konferencie.

Život pri čiernej dieri?

Dr. Pavel Bakala zo Slezskej univerzity v Opa-ve sa venoval záhadným čiernym dieram a predstavil ich v lepšom, čiže menej záhadnom svetle. Jeho tím teoreticky spočítal, kolko žiarenia a energie je možné získať z reliktového žiarenia vplyvom relativistických efektov v okolí rotujúcej čiernej diery. Rozruch vyvolala ich publikovaná práca v renomovanom vedeckom časopise, kde načrtli predstavu existencie života na

hypotetickej planéte, krúžiacej okolo čiernej diery.

Slezská univerzita v Opave prispela do programu konferencie už tradične aj prácamy svojich študentiek. Debora Lančová a Kateřina Goluchová sa na univerzite venujú teoretickým počítačovým simuláciám v oblasti kompaktných objektov. Prvá z nich skúmala vplyv Pointing-Robertsonovo efektu na pohyb častic v tenkých akrečných diskoch neutrónových hviezd. Druhá študentka analyzovala oscilujúce torusy v blízkosti kompaktných astrofyzikálnych objektov. Je veľmi dobré, keď fyzikálne teórie ukazujú, po akých cestách by mohla kráčať pozorovateľská astrofyzika, alebo sa zaoberajú prejavmi rôznych fyzikálnych mechanizmov vybraných kozmickej objektov. Nakoniec to tak bolo aj v prípade detektie gravitačných vln. Bez teoretických predpokladov by astronómovia vlastne nevedeli, čo detegovali a či tak slabý signál môže odpovedať reálnym fyzikálnym javom.

Načo sú nám zákryty

Tradičnému zameraniu konferencie o úspechoch stelárnej astronómie boli verní ďalší prednášatelia. Prof. Zdeněk Mikulášek z Masarykovej univerzity v Brne predviedol výsledky fenomenologického modelovania svetelných kriviek nezákrytových dvojhviezd. Pravda, zákrytový efekt je len špeciálnym a náhodným prípadom dvojhviezdnej sústavy, keď sa pozorovateľ nachádza vo vhodnom a pomerne úzkom zornom uhle. Oveľa viac je však sústav, v ktorých zákryty nepozorujeme a tiež by sme potrebovali poznať ich základné fyzikálne vlastnosti. A práve to bolo cieľom jeho práce.

Doc. Rudolf Gális z Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach predstavil výsledky spektroskopického výskumu symbiotickej hviezdy AG Draconis, publikované v jednom z najlepších svetových astrofyzikálnych časopisov (MNRAS), ktoré dosiahol s kolektívom spoluautorov L. Hric (Slovenská ústredná hvezdáreň, Hurbanovo), L. Leedjärv (Tartu Observatory, Estónsko) a J. Merc (UPJŠ, Košice).

Astronomický ústav SAV zastupoval iba jediný účastník konferencie – Dr. Lubomír Hamálek, ktorý hovoril o predbežných výsledkoch výskumu štvorhviezdného systému V2610 Oph. Ladislav Šmelcer z Valašského Meziříčí podal

prehľad o eruptívnych zákrytových dvojhviezdach, pre ktoré získal fotometrický pozorovací materiál v rokoch 2014 – 2016. Na záver tohto bloku prednášok Mgr. Karol Petrik z HaP M. R. Štefánika v Hlohovci predstavil zaujímavý projekt vybudovania astronomického observatória na budeve Slezskej univerzity v Opave, ktorý sa uskutočnil najmä vďaka podpore prodekana P. Bakalu. Univerzita v ďalšom kroku plánuje vybudovať aj vlastné planetárium, nakoľko chce ďalej zlepšovať popularizáciu vedeckého výskumu.

„Bláboly“ zmizli, matematika zostala

V ďalšom kole prednášok sa predstavil prof. Vadym Savanevych (Uzhgorod National University) so svojím softvérom na kalibráciu astronomických obrazov. Ide o mimoriadne efektívnu matematickú metódu, vhodnú pre oblasť priameho zobrazovania astronomických objektov. Pavol Dubovský z observatória na Kolonici, ktorý s autorom spolupracuje, ukázal, že momentálne testeje v praxi, či uvedenú metódu je možné použiť aj v prípade CCD snímkov, určených na fotometriu.

Záverom treba poznamenať, že na konferencii dostali príležitosť aj amatérski astronómovia – dokonca ako prednášajúci. Konkrétnie Michal Ormandy, člen SAS pri SAV, ukázal svoju predstavu dynamického fyzikálneho priestoru. Samozrejme, narazil na teoretických fyzikov, ktorí chýbal matematický aparát, čím by svoje predstavy mohol dotiahnuť do potrebnej fyzikálnej teórie; a o tej by sa už dalo diskutovať na odbornej úrovni.

Zanietená diskusia však bola prospešná pre obidve strany. Ukázala, že je nenávratne preč doba, keď bolo možné skúmať realitu a podstatu vesmíru púhym filozofovaním. (Nakoniec ešte máme v pamäti, keď sa marxistickí filozofi snažili pochopiť vznik vesmíru „blábolmi“ o vlastnostiach hmoty.) Na druhej strane rovnosť gravitačnej a zotrvačnej hmotnosti môže viesť pre laika k nepochopeniu teórie gravitácie.

V nedelu na obed sme konferenciu končili so želaním, aby sme tradícii zachovali ešte aspoň tie dva roky a dosiahli tak na tú neuveriteľnú šesťdesiatku.

LADISLAV HRIC, SÚH Hurbanovo



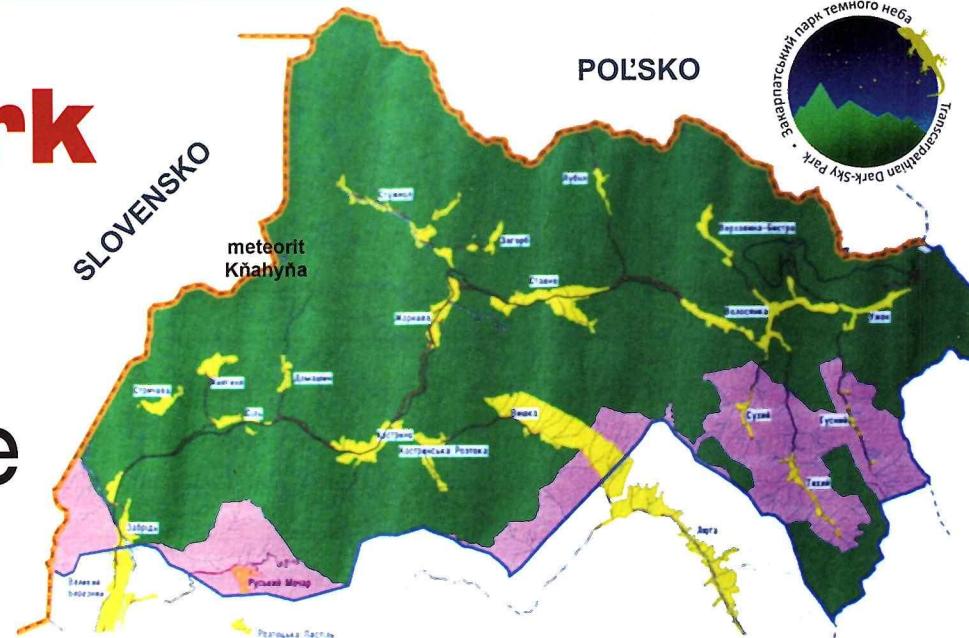
Dr. L. Hambálek hovorí s istotou o predbežných výsledkoch.

Prvý park tmavej oblohy na Ukrajine



Pamätník pádu meteoritu Kňahyňa je asi 15 m od krátera.

Memorandum podpisuje gubernátor Zakarpatskej Ukrajiny Z. Moskáľ.



I. Kudzej číta pozdrav zo Slovenska od Parku tmavej oblohy Poloniny.

Hmlisté ráno v sobotu 11. 6. 2016 na ukrajinskej strane Karpatského oblúka je sprevádzané neobvyklým ruchom. Desiatky ľudí z rôznych smerov prichádzajú pešo, na koňoch, štvorkol-

kách a terénnych automobiloch. Borili sa s tažkým terénom hory Stinky s jediným cieľom: byť pri oslave 150. výročia pádu meteoritu Kňahyňa (9. 6. 1866; Kozmos 3/2016), ktorý zorganizovali oblastné i miestne autority. Aj zo slovenskej strany prichádza auto so slovensko-poľskou posádkou. Za Park tmavej oblohy Poloniny Igor Kudzej a Miroslav Buraľ a za Park hviezdneho neba Bieščady Robert Bury a Robert Žuravľ.

Tento deň je totiž výnimcočný ešte niečim iným. Je vyvrcholením vyše dvojročnej aktivity vytvoriť park tmavej oblohy aj na ukrajinskej strane a jeho spojením s už existujúcimi na Slovensku a Poľsku vytvoriť predpoklad pre vznik Parku tmavej oblohy Východné Karpaty. Utvorí sa tak jedinečné chránené územie – najväčšie a najtmavšie v Európe. Tento cieľ sme si vytýčili už v memorande Parku tmavej oblohy Poloniny v roku 2010.

Nový park dostal názov Zakarpatský park tmavej oblohy (ZPTO), v jeho logu je súhvezdie Jašterica, čo vhodne korešponduje so salamandrou, ktorá je symbolom Užanského národného parku, na území ktorého sa ZPTO nachádza. Memorandum podpísali: gubernátor Zakarpatskej Ukrajiny G. Moskáľ, riaditeľ Užanského národného parku V. Birkovič, rektor Užhorod-

skej národnej univerzity V. Smolanka a predseda Inštitútu pre rozvoj Karpatského regiónu N. Kablak.

Rozloha parku je 46 302 ha, jeho súčasťou je Užanský národný park s rozlohou 38 498 ha a zvyšok sú extravilány obcí Suchyj, Tichyj, Gusnyj, Ljuta, Ruskij Močar a časť extravilánu mesta Velykyj Bereznyj. Hranice parku a mapu vypracoval I. Kalinič, dekan fakulty geodézie a kartografie Užhorodskej univerzity.

Podujatia sa zúčastnilo vyše 160 ľudí rôznych národností. Vážnosť mu dodala práve prítomnosť gubernátora G. Moskaľa, ktorý vo svojom príhovore vyjadril podporu rozvoja astroturizmu v Zakarpatskej Ukrajine. Na mieste pádu meteoritu Kňahyňa bol zhotovený nový pamätník s modelom meteoritu a pamätnou tabuľou. Areál dopĺňa päť drevených oddychových altánkov a informačné tabule, všetko citlivu umiestnené v prekrásnej prírode Čiernej mláky pod vrchom hory Stinka.

Veríme, že je to prvý krok pri poznávaní magických Karpát nielen cez deň, ale aj v noci.

Želáme jasné nebo, veľa súl pri ďalšom rozvoji tohto magického miesta, ktoré má ambíciu stať sa centrom rozvoja astroturistiky na ukrajinskej strane Karpát.

RNDr. Igor Kudzej, CSc.,
Vihorlatská hvezdáreň v Humennom



Spoločná fotografia iniciátorov založenia ZPTO pri pamätníku miesta pádu meteoritu.

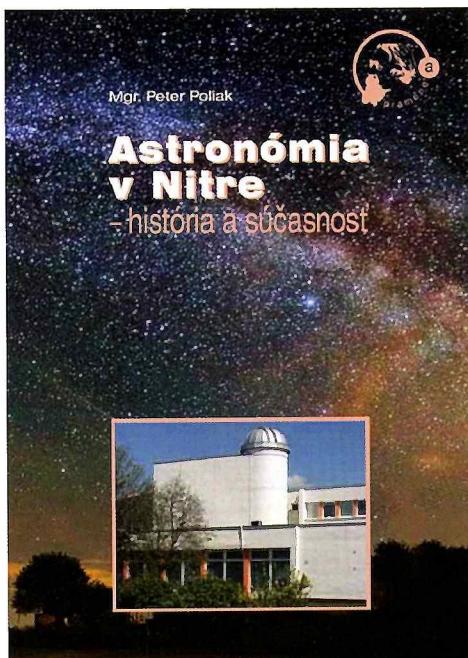


Časť účastníkov slávnostného vyhlásenia parku.

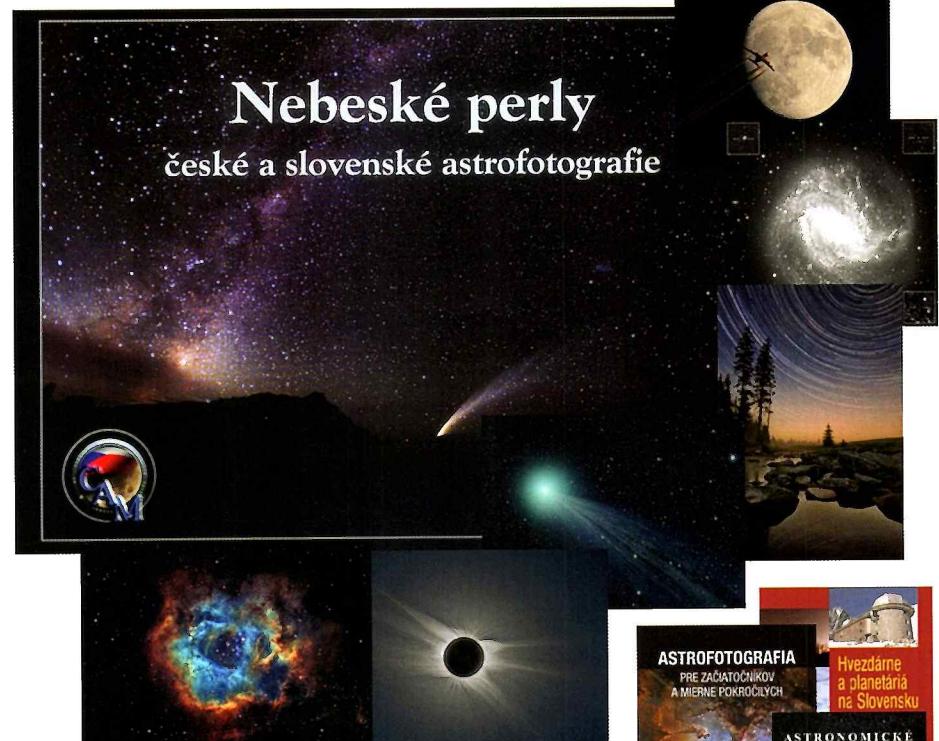
Nové knihy

SLOVENSKÁ ÚSTREDNÁ HVEZDÁREŇ VYDALA:

Naše najnovšie publikácie:



Peter Poliak: Astronómia v Nitre
- história a súčasnosť



Nebeské perly české a slovenské astrofotografie
Výťazné práce zo súťaže Česká astrofotografie měsíce
Editori: Pavol Rapavý a Zdeněk Bardon



Publikácie z minulého roka:



Ondrej Králik: Noc a samota v NP Poloniny, 19. 5. 2015, 11 vertikálnych fotiek zložených do panorámy, 11 × (1 × 30 s), ISO 1600. Modifikovaný Canon 1000D, Sigma 18 – 35 mm, f/1,8, fotografický statív. Snímka je zo súťaže Astrofoto 2015.

Matúš Pokorný

Uni Geo

Matúš Pokorný napísal prvú poviedku ako 17-ročný. Dielo sa páčilo, čo ho motivovalo k ďalšiemu písaniu. Po de-siatich rokoch, keď už mal čo-to načítané, sa jeho tvorba výrazne zlepšila.

Matúš Pokorný obľubuje romány a poviedky zo sveta Discworld (Terry Pratchett), Warhammer 40K (napríklad Dan Abnett), alebo u nás menej známy vesmír BattleTech s obrovskými bojovými robotmi (Mech). Napriek tomu, že nepohrdne slovenskou tvorbou a slovenskými či českými prekladmi, najradšej má diela v pôvodnom, anglickom jazyku.

S poviedkou Uni Geo súťažil v Martinus Cena Fantázie 2015. Tento rok sa zapojil aj do anglickej súťaže poviedok Fantasy Award. Finalisti oboch súťaží budú známi v septembri. Celkového víťaza súťaže Martinus Cena Fantázie 2016 budú môcť vybrať čitatelia na stránke kultura.sme.sk. Päticu najlepších tento rok zvolili porotcovia Alexandra Pavelková, Erich Mistrík, Katarína Čavojová, Maroš Hečko a Kristína Farkašová. Vyhodnotenie víťazov prebehne na knižnom veľtrhu Bibliotéka.

Lucia Lackovičová

Ahojte! Volám sa Uni Geo a som... hm, alebo to nechám na Vašej fantázii. Iste sa vám čosko-ro podarí predstaviť si ma. Ak nie, pokojne si môj príbeh prečítajte druhý či tretí raz. Ak teda máte chvíľku čas, chcel by som vám ho celý porozprávať.

Neviem presne, kedy som sem prišiel. Len tak odrazu, v jednej chvíli, som tu zrazu bol. Možno som bol aj predtým, ale až v tomto momente som si to uvedomil. To bol môj začiatok, najobmedzenejšie obdobie môjho života. Jediné, čo som vtedy vnímal, bolo také chvílkové šteklenie. Chvíľku ma štekli, potom nie, neskôr opäť áno. Tak na striedačku.

Ani neviem ako a kedy, ale zrazu som si začal uvedomovať beh času. Spominal som si, kedy šteklenie bolo, či teraz je, a tiež dúfam, že niekedy ešte bude. Ani si neviete predstaviť, aká vzácná novinka to vtedy pre mná bola. Bola to obrovská zmena. Môj prvý postup o úroveň vyššie. Keď si spomínám na to, aký som bol vtedy na seba hrdý, zdá sa mi to teraz smiešne. Chápmem ale, prečo som sa tak cítil, a iste to pochopíte aj vy, keď ma lepšie spoznáte.

Potom mi pribudla schopnosť vidieť. „Ďalšia úroveň!“ potešil som sa v duchu. Videl som, čo je predo mnou a čo je za mnou. „Fascinujúce!“ vravel som si. Netrvalo to dlhšie ako pári okamihu a pocítil som také nutkanie, zvedavosť. Chcel som vidieť viac. Po prvý raz som sa pohol z miesta. Úžasný pocit, ešte teraz sa chvejem, keď si spomeniem na to vzrušenie. „Idem, hýbem sa, dopredu, viac, viac, rýchlejšie, ešte ďalej!“ opakoval som si v mysli. Začal som si uvedomovať vzdialenosť a smer. Blízko a ďaleko, vpred, alebo vzad. Raz bola predo mnou tma, inokedy svetlo. Raz šteklenie, potom zasa nič. Pohrával som sa s novými možnosťami. Napriek zvedavosti som niekoľko ráz zmenil smer. Najmä preto, lebo som zistil, že to príjemné šteklenie viem svojím pohybom ovplyvniť. Konkrétnie tak, že sa vrátim na miesto, kde to štekli. Niekedy som mohol aj stať na mieste, a šteklenie prišlo alebo odišlo samo. Ako keby mi utieklo, no keď som sa pohol, niekedy som ho dokázal znova chytiť. To znamená, že tu nie som sám. Šteklenie sa stalo mojím tichým priateľom, správalo sa úplne samostatne. Dlhosom sa s tým ale nezdržiaval, pretože som cítil potrebu ísť ďalej.

Zanedlho nasledoval ďalší objav. Vedel som sa predĺžiť a skrátiť. Za tento objav vďačím práve štekleniu. To, že som predĺžený, som si najprv ani neuvedomil. No keď som zacítil šteklenie, až kdesi vzadu, pochopil som. Pomaly prechádzalo po celej mojej dĺžke zozadu až dopredu. A keď som sa pohol vpred či vzad, pohlo sa aj šteklenie do mojej zadnej či prednej časti. Bolo to príjemné a vtedy ma to veľmi rozveselilo.

Nech som bol v mojich začiatkoch na seba akokoľvek pyšný, ďalšia úroveň mi len ukázala, ako málo som o sebe vedel. Pýcha upadla a pochopil som, že čím som mûdrezší, tým viac si uvedomujem, kolko mi toho unikalo a iste aj ďalej uniká. Pozrel som sa vpravo, potom vľavo. Otvoril sa mi nový svet, obrovský, dokonca až nekonečný. Zistil som, že tu nie sme len ja a šteklenie. V skutočnosti som to ja a množstvo iných. Niektorí boli dlhší, iní kratší, ba niektorí boli takí malí, že ich nebolo vidieť. Nájsť sa dali len tým, že som na tom mieste cítil šteklenie. Toto bol nás prostriedok komunikácie. Vedome sme vedeli ovládať, kedy toho ďalšieho poštaklím. Bol však potrebný kontakt, teda dotyk, alebo prienik. Komunikovali sme teda šteklením. Nie slovami, pretože zvuky som začal vnímať až oveľa neskôr. Vždy, keď sme sa stretli, štekli sme sa. Najradšej som mal tých väčších, pretože prienikom s nimi som dokázal uspokojiť celú moju dĺžku. Zvedavosť vtedy ustúpila do pozadia. Oddal som sa štekliacim orgáim a užíval si s ostatnými. Tam, niekde uprostred toho som si na niektorých bytostiach všimol farby. Bytosti boli červené, modré, žlté aj rôznofarebné, ale niektoré ostali priesvitné ako doteraz. Najradšej som mal žltú, pretože štekli a pritom príjemne hriala.

Vtedy, bohužiaľ, prišla prvá zlá vlastnosť. Začal som byť prieberčívý. Hanbím sa za to. Tých menších a priesvitných som odháňal, alebo sa im vyhýbal, pretože ma plne neuspokojovali. Ešte k tomu aj nijako nevyzerali. Z tohoto zlepujúceho a nerestného „raja“ ma zachránilo len to, že sa podobne ku mne správali aj tí väčší a farebnejší. Uvedomil som si svoje sebecké správanie a rozhodol sa: „Stačí už šteklenia. Idem ďalej.“ Vtedy mi do zraku udrela ďalšia skutočnosť, ktorá mi dovtedy unikala. Niektoré bytosti okolo mňa mali okrem dĺžky aj šírku.

Aby som si to overil, jedného som si obišiel dookola. Odvtedy som šírku vnímal všade. Niektorí ju mali, iní nie. Jedni sa točili, iní kmitali sem a tam, vlnili sa alebo menili tvar. Prenikali jeden cez druhého, šteklili sa a užívali si. „Nie, stačí...“ zopakoval som si, keď to na mňa opäť prišlo, „...musím ísť ďalej.“ Práve vtedy som do šírky narastol aj ja. Pohľad na môj široký zadok ma potešíl, no už som pýchu necítil. Radšej som zvedavo sledoval svoje okolie. Videl som tam bytosti nižších úrovní. Necítil som však opovrhnutie, ale lútosť. Niektorí sa vedeli pohybovať len dvoma smermi. Nebolo ľažké sa im vyhnúť alebo ukryť. Stačilo trošku ustúpiť nabok. Iste ani netušili, že som tam a sledujem ich. Zrazu ma pošteklil jeden bezrozmerný. „Ten úbožiak sa ešte vôbec nepohybuje...“ zasmútil som, „...možno si už aspoň uvedomuje svoju existenciu.“ Bolo mi ho ľuto. Rozhodol som sa ho potešíť, a tak som ho striedavo šteklil tak, že som ním prenikal. Ten moment bol zázračný a nikdy naň nezabudnem. Maličký sa pohol. Zrejme vďaka mne. Spoznal som, čo mi robí ešte väčšiu radosť ako štekleanie. Pomáhať iným. Okamžite sa z neho stal môj priateľ. Hral som sa s ním, šteklil ho, provokoval, dokonca som mu vymyslel aj meno, Budd. Tešilo ma, ako sa Budd snaží byť poštelený. Doslova sa vrácal na miesto, kde som ho predtým šteklil. To mi pripomienulo mňa, keď som bol na jeho úrovni.

Boli to príjemné chvíle, no vedel som, že budem musieť vo svojej ceste pokračovať. Počkal som ešte chvíľku, pokiaľ Budd nenašiel. Keď sa to stalo, pomohol som mu uvedomiť si svoju dížku presne tak, ako som si ju uvedomil ja. Potom už ale naozaj prišiel čas odísť. Pošteklil som ho naposledy a výdal som sa daľej.

Cestoval som dlho. Mnohí sa snažili so mnou komunikovať. Šteklili ma. Slušne som ich pošteklil naspäť, ale bez zastavenia. Nech bol moje predošlé zmeny úrovne akékoľvek úžasné, táto posledná ich všetky spolu mohla strčiť do vrecka. Nech bol môj dovtedajší svet akýkoľvek široký a nekonečný, tento posledný by takýchto svetov obsiahol pokojne aj nekonečne veľa. Odrazu som okolo seba objavil priestor. Svet nielen predo mnou, za mnou a na oboch stranach, ale aj svet hore a dolu. Zbadal som ohromné množstvo bytostí, o ktorých som ani netušil, že sú tam a sledujú ma. Mohli byť priatom len kúsok odo mňa. Presne ako keď som sa ja doteraz pozeral na jedno- či bezrozmerných. Priestor bol plný rôznych bytostí. Videl som maličkých, dlhých, širokých a tiež... tučných. Boli nádherní. Mali rôzne tvary, farby a lietali si, kde sa im zachcelo. Trošku som im závidel a tátó túžba, byť tiež tučný, neprestajne viedla môj zrak po okolí. Hľadal som nejaký náznak, návod či pomôcku, ako by som mohol aj ja pribrať treći rozmer. Chvíľku to trvalo, ale nakoniec som ju našiel. Bola to plochá bytosť, ktorá sa všeliako nakláňala, vrtela, ohýbala a krútila. Nakoniec začala rotovať a v momente „PUF!“ bolo z nej tučné teleso. Neváhal som. Začal som robiť presne to isté. Ohýbal som sa, natáhoval, vrtel a točil. Niekoľko vo svojom strede som zacítil zvláštny podtlak. Zrazu sa mi tam objavila vypuklina a „PUF!“ bol som tučný tiež. Mal som z toho obrovskú radosť. A boli ďalší, ktorí sa začali vrtieť. Niektorým sa to podarilo, ale

niektorým... ani veľmi nie. Nešlo im to a nešlo. Vtedy som sa hlbšie zamyslel: „Nie každý postúpi na ďalšiu úroveň? Koľko mám ešte pred sebou úrovni? Ktorá bude posledná?“ Bolo to veľa otázok. Zbadal som Budda. To chúda bolo ešte stále jednorozmerné. Presunul som sa k nemu a začal som ho šteklieť. „Otoč sa, podí, pozri sa doprava, tu som!“ nabádal som ho v mysli. Nepočul ma, samozrejme. Začal však dostávať farbu. „Skvelé Budd, to je ono! Zafarbi sa, a potom sa otočíš ku mne,“ fandil som mu. Ostal celý žltý a príjemne ma hrial. Potom sa odrazu upokojil. Prestal sa hýbať sem a tam a len si tak plával po svojej priamke. „Si v poriadku Budd?“ pošteklil som ho. Žiadna reakcia. Znovu. Stále nič. Nechal som ho prenknúť k sebe dovnútra. Nie. Nehýbal sa. Dokonca ma ani nešteklil. Len plával, rovnako rýchlo, rovnakým smerom. „Ó nie,“ zachvátil ma strach, ktorý sa pomaly zmenil na smútok, „Budd...“ Bezmocne som sa ešte chvíľu vznášal na mieste a sledoval, ako sa môj neživý priateľ vzdáluje. Nebol sám v takomto stave. Okolo seba som zbadal mnoho ďalších, ktorí prestali javiť známky života. Pochopil som, že toto je finálna fáza, ktorá zrejme čaká nás všetkých. Napadlo mi: „Znamená farba koniec?“ no hned som si spomenul na hrejúce štekleanie žltých bytostí. K tomu ma ešte vzadu niečo príjemne pošteklilo. Bol to ružový kosoštvorec. Mal farbu a bol živý, takže odpoveď bola jasná. Neviem prečo, no vtedy som si veľmi oblubil túto kombináciu farby a tvaru.

Budda som neskôr zbadal znova. „Vrátil sa, ako to?“ čudoval som sa. Budd mal stále rovnaký tvar a farbu. Ale tentokrát bol... hmotný, a bol súčasťou niekoľkých pospájaných hmotných bytostí. Iste sa zrazil, zlepili a odvtedy lietali spolu. Chvíľu som ich sledoval. Príťahovali ďalšie a ďalšie finálne bytosti, ich kopa rástla a príťahovala iných stále z väčszej diaľky. Bolo to fascinujúce. Na mňa, aj keď som bol nedaleko, vôbec nepôsobili. Zrejme preto, lebo som ešte neboli hmotní. Ani farbu som ešte stále nemal. Trochu som im závidel. Nazval som ich Buddovou kopou.

Vznášal som sa priestorom, sledoval ostatných a učil sa o nich stále niečo nové. Ich reakcie, interakcie. Niektorí sa príťahovali, iní odpudzovali. Vtedy sa začal môj nekonečný rast. Rástol som do veľkých rozmerov, ale naozaj veľkých. Takých, až som mal pocit, že už sú v mojom vnútri úplne všetky ostatné bytosti. Nebola to pravda. Nás veľkých bolo viac. Každý obsahoval množstvo iných menších. Niektorí sme rástli ďalej, iní rást prestali a stali sa súčasťou mňa, alebo niekoho iného. Postaral som sa o to, aby Buddova kopa ostala mojom súčasťou. „Zostaneš pri mne, priateľu,“ ubezpečil som sa v mysli. Zázračné bolo, že som už nepotreboval zrak, aby som videl svoje vnútro. Každú jednu bytosť som si uvedomoval. Tam niekoľko hlboko, uprostred Buddovej kopy som zreteľne cítil môjho neživého priateľa.

Potom prišiel vek temnoty. Začal sa v momente, keď som si uvedomil, že v mojom vnútri sa všetky bytosti stali len neživými hmotnými schránkami. Cítil som sa osamelý. Čas som trávil sledovaním ich interakcií. Všetky schránky, alebo ich kopy na seba nejako pôsobili. Nebolo to však už vedome, všetko išlo

akosi samo. Naučil som sa, že tu začali platíť isté pravidlá. Kto na koho ako pôsobí, čo sa pri kontakte dvoch stane... Veľké množstvo pravidiel. Nebudem vám ich opisovať, ale poznám ich takmer všetky. Nechápal som len, ako a prečo sme sem všetci prišli. Ba ani to, aký je zmysel mojej existencie. Ostávalo mi len učiť sa a dúfať, že raz na tieto otázky nájdem odpovede.

Vďaka týmto pravidlám sa z chaosu v mojom vnútri stal poriadok. Kopy tvorené schránkami finálnych bytostí sa začali formovať. Spájali sa, zrážali a rozpadávali. Výsledkom boli väčšinou okrúhle tvary. Niektoré sa len tak neživo vznášali, ďalšie do okolia vypúšťali materiál alebo energiu, a niektoré to všetko zasa prítahovali k sebe. Všetko sa riadilo mojimi pravidlami. Doteraz som v úzase, ako toto všetko dokázal vzniknúť samo od seba.

Vek temnoty trval naozaj dlho. A aby som nezabudol poznámať, celý ten čas som rástol. Jeho koniec veku prišiel vo chvíli najpozoruhodnejšej udalosti. Niekde v mojom strede vznikol život. Nie však taký, ako som ja. Jednoduchší, ale o to viac fascinujúci. Nepredstaviteľnou náhodou, ale celkom pravdepodobnou vzhľadom na moju nepredstaviteľnú veľkosť, sa zo spojenia niekoľkých drobných neživých bytostí stala jedna živá. Naozaj žívá, samostatne reagujúca bytosť schopná reprodukcie. Konečne, po dlhom čase som sa prestal cítiť sám. Tú radosť neviem ani opísť. Táto drobučká živá bytosť začala konzumovať a spracovávať neživý materiál a vďaka energii, ktorú tým získala, vytvárať svoje kópie. S radosťou som ich sledoval ako to najkrajšie divadelné predstavenie. Kópie vytvárali ďalšie kópie. Umierali, množili sa, vyvýiali. Prispôsobovali sa rôznym podmienkam, vďaka čomu sa začali od seba výrazne odlišovať a specializovať. Dlho sa všetci živili neživým materiálom, no odrazu sa jedni naučili konzumovať druhých. Vždy prežil ten šikovnejší, množil sa a zdokonaľoval. Tieto bytosti už ale konali autonómne, samy, vlastným vedomím či inštinktom. Postupom času sa z úplne jednoduchých bytostí stali komplexnejšie a komplikovannejšie. Ich vedomie začalo byť zreteľnejšie. A stále sa vedeli úžasne prispôsobovať a vyvíjať. To všetko sa stalo veľmi rýchlo a deje sa to dodnes. A tu sa končí moje rozprávanie.

Predpokladám, že už viete, alebo aspoň tušite, kto som. Stále som nehmotný, bezfarebný a ešte stále rastiem. Moje rozmery sú nepredstaviteľné. Posledná veľká bytosť, ktorú som videl, mi zmizla z dohľadu ešte pred vekom temnoty, ale aj tak verím, že nie som sám. Každopádne sa nenudím, pretože v mojom vnútri je život. Jeho súčasťou ste aj vy, jedni z mnohých. Svoj príbeh som porozprával práve vám, pretože hlboko pod vašimi nohami je pochovaný maličký Budd a jeho kopa.

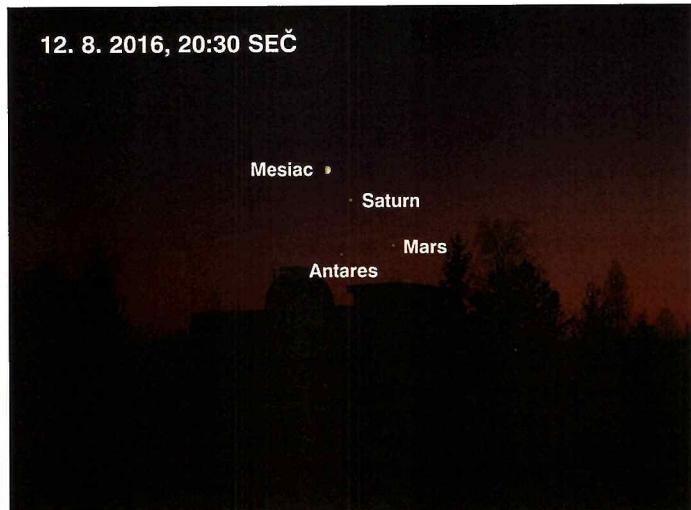
Casto sa sám seba pýtam, aký je môj osud. Či ešte stretnem nejakú veľkú bytosť. Či niekedy príde môj koniec. Alebo... či ešte postúpim o úroveň vyššie. Možno mám odpoveď na dosah, možno by stačilo sa rozhliadnuť...

Poriadne sa rozhliadnuť. Možno sa niečo... wau!

Toto je neuveriteľné. Tolko som sa toho už naučil, tolko som videl, no teraz vidím, ako toho bolo málo. Štvrtý...

August – september 2016

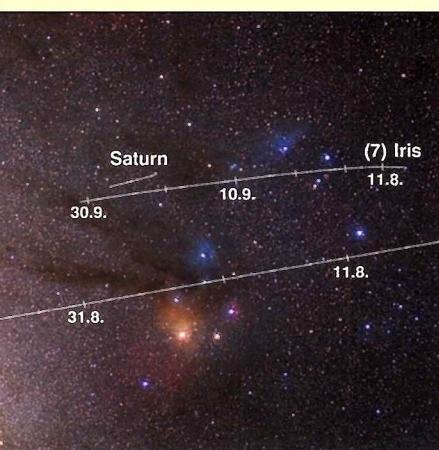
Obloha v kalendári



Noci sa už viditeľne predĺžujú, čo spolu s príjemnými teplotami dáva predpoklad na vcelku dobré obdobie. Mnohí sa zúčastnia tradičných expedícii s rôznorodým pozorovateľským programom. Meteorári sa sústredia na predmaximové Perzeidy a niektorí sa budú len tak kochať krásami nočnej oblohy. Septembrové polotieňové zatmenie Mesiaca verejnosť asi nezaujme, no užijú si ho predovšetkým astrofotografi. Skrátku prídu len tí, čo čakajú na nejakú jasnejšiu a dobre pozorovateľnú kométu...

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

2. 8.; 22:15	7. 8.; 21:25	17. 8.; 19:46	24. 8.; 20:36
3. 8.; 18:07	12. 8.; 20:36	20. 8.; 17:18	8. 9.; 18:08
5. 8.; 19:46	15. 8.; 18:07	22. 8.; 18:57	10. 9.; 19:47



Planéty

Merkúr začiatkom augusta zapadá v polovici nautického súmraku ako objekt 0 mag. Možnosti jeho pozorovania sú takmer totožné asi do polovice augusta. Od Slnka sa súčasne uholovo vzdaľuje a 16. 8. je v najväčšej východnej elongácii ($27,4^{\circ}$), no jeho jasnosť mierne klesá, sklon ekliptiky k obzoru je malý. Na prelome posledných dekád zapadne už na konci občianskeho súmraku s jasnosťou 0,5 mag. Jeho nájdanie na oblohe nám uľahčí jasná Venuša, od ktorej bude spočiatku 8° vľavo a okolo 10. 8. nájdeme Merkúr medzi Venušou a Jupiterom. Konjunkcia s Jupiterom 20. 8. už bude na svetlej oblohe, no triédrom uvidíme súčasne všetky tri planéty. Po dolnej konjunkcii 13. 9. sa presunie na rannú oblohu a geometrické podmienky sa budú rýchlo zlepšovať. Záverom septembra to budú najlepšie ranné pozorovacie podmienky v tomto roku, maximálna západná elongácia ($17,9^{\circ}$) nastane 28. 9. Merkúr s jasnosťou $-0,6$ mag zapadne až koncom nautického súmraku 1,5 hodiny po Slnku.

Konjunkcia s Mesiacom 4. 8. nastáva súčasne až pred polnocou, no už aj večer sa môžeme potešiť poohládom na nich cez triéder. Spoločnosť im bude robiť aj Venuša, Regulus a o niečo viac vľavo aj Jupiter. Približenie Merkúra s tenučkým kosáčikom Mesiaca si však môžeme naplno vychutnať 29. 9. pred východom Slnka.

Venuša ($-3,9$ mag) bude na večernej oblohe, jej viditeľnosť sa zlepšuje, uholovo sa od Slnka dostáva stále ďalej. Začiatkom augusta zapadne len po konci občianskeho súmraku, no na konci septembra už s blížiacim sa súmrakom astronomickým.

4. 8. je v konjunkcii s Mesiacom, no keďže táto nastáva ráno, večer už budú len vo vzdialosti asi 7° . O deň neskôr ju nájdeme stupeň nad Regulusom a skvelé rande s Jupiterom bude mať 27. 8., keď ich

budú deliť len 4° . Aj v tomto prípade je konjunkcia až neskoro v noci, no po západe si ich užijeme nie len voľným okom, ale aj dalekohľadom. Venuša bude „pred splnom“ a pri Jupiteri aj všetky jeho najväčšie mesiace.

Konjunkcia s Mesiacom 3. 9. už bude na tom lepšie ako tá augustová, aj keď len krátko po západe Slnka. Nižšie nad obzorom uvidíme aj Jupiter. Venušu v dalekohľade nájdeme však dopoludnia okolo 11:30 len 15° od južného rohu Mesiaca.

Mars ($-0,8$ až $0,1$ mag) sa presunie z Váh cez Škorpióna a Hadonosa až do Strelca. Zapadne hodinu pred polnocou a do konca septembra sa jeho viditeľnosť ešte o dve hodiny skráti. Medzi hviezdami sa bude pohybovať východne. 9. 8. sa presunie necelý stupeň popod modrobielu δ Sco (2,3 mag), 24. 8. $1,8^{\circ}$ severne od Antaresa a septembrovú púť skončí južne od fotogenickej hmloviny Lagúna (M 8; 5,8 mag).

Kedže sa od nás Mars vzdiali z 0,722 na 1,061 AU, jasnosť poklesne takmer o 1 mag a uholový rozmer klesne z 13 na $8,8^{\circ}$. Albedové útvary už budú pozorovateľné len obtiažne, no všimneme si jeho fázu, koncom septembra bude z neho osvetlených len 85 %.

Konjunkcie s Mesiacom 12. 8. a 9. 9. budú nevýrazné, vo vzdialenosťi len 7° , no za prítomnosť Saturna a na zaujímavom hviezdnom pozadí. K Saturnu bude najbližšie 4° 24. 8. a o niečo nižšie aj oranžový Antares.

Jupiter ($-1,7$ mag) sa presunie 9. 8. z Leva do Panne, jeho uholová vzdialenosť od Slnka sa zmenší a viditeľnosť teda zhoršuje. Začiatkom augusta ešte zapadne počas astronomického súmraku, na prelome mesiacov už začiatkom nautického súmraku a neskôr sa začne strácať na svetlej oblohe. 25. 9. je od nás najdalej (6,454 AU) a o deň neskôr v konjunkcii so Slnkom.



1. 8. – 1. 9. – 1. 10.



1. 9. 2016

30°

Zákryty hviezd Mesiacom (august – september 2016)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
16. 8.	00 19 39	D	27279	5,9	+85N	81	44	-67
19. 8.	21 50 28	D	31391	4,4	-29N	9	33	170
19. 8.	22 28 52	R	31391	4,4	+35N	305	128	-26
15. 9.	22 57 17	D	31061	3,7	+27N	3	3	168
15. 9.	23 30 02	R	31061	3,7	-27N	309	149	-181
21. 9.	22 56 52	R	5945	5,8	+78S	252	26	101
21. 9.	22 31 38	D	5971	4,8	-52S	122	44	35
21. 9.	23 14 19	R	5971	4,8	+37S	211	6	165
23. 9.	02 56 08	D	7602	5,5	-79S	101	95	15
24. 9.	01 16 22	D	9633	5,1	-46S	137	72	-24
24. 9.	01 59 52	R	9633	5,1	+34S	217	31	202

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

UT = čas zákrytu vo svetovom čase; f = typ úkazu: D – vstup, R – výstup; XZ = číslo hviezdy v katalógu XZ; mag = jasnosť hviezdy; CA = uhol meraný od severného (N) alebo južného (S) rohu Mesiaca k hviezde; PA = pozičný uhol meraný od severného okraja Mesiaca v kladnom smere.

5. a 6. 8. bude v jeho blízkosti Mesiac, no ďalšie konjunkcie už neuvíďime. 2. 9. bude pod obzorom v tesnej konjunkcii s Mesiacom a 30. 9. dokonca aj denný zákryt, no len vo vzdialnosti 3,5° od Slnka. Poteší však môže tesná konjunkcia s Venušou 27. 8., ktorá je popísaná vyššie.

Saturn (0,3 – 0,5 mag) v Hadonosovi je na večernej oblohe, zapadne o polnoci, koncom septembra krátko po 20. Kedže sa od nás vzdiali z 9,479 na 10,434 AU, jeho jasnosť poklesne. Prstence má však stále široko roztvorené, ich šírka je 17,5° a vidíme ich zo severnej strany. 13. 8. je v záštave a začne sa medzi hviezdami pohybovať v priamom smere (východne).

Zaujímavé bude sledovať zmenu vzájomnej polohy Saturna a Marsu severne od Antaresa. Obe planéty budú k sebe najbližšie 24. 8. a konjunkcia s Mesiacom bude Saturn absolvoovať 12. 8. a 8. 9. Vzdialenosť sice neklesne pod 3°, no aj vzhľadom na príomnosť červenkastého Marsu to bude pekné.

Urán (5,8 – 5,7 mag) v južnej časti Rýb sa pohybuje medzi hviezdami západne. Vychádza dve hodiny pred polnocou a podmienky jeho pozorovateľnosti sa zlepšujú. Koncom septembra je už nad obzorom počas celej noci, nakolko sa blíži do októbrovej opozície. Kulminuje vo výške 50° a môžeme sa ho pokúsiť nájsť aj bez ďalekohľadu, je na chudobnom hviezdom pozadí. Bezpečne ho však identifikujeme už triédrom a výkonnejší ďalekohľad nám ho ukáže ako malý kotúčik s priemerom 3,7''.

Konjunkcia s Mesiacom 22. 8. a 18. 9. sú nevýrazné, nastávajú počas dňa a pri veľkej fáze Mesiaca.

Neptún (7,8 - 7,9 mag) vo Vodnárovi je nad obzorom počas celej noci, nakolko je 2. 9. v opozícii. Do konca septembra sa jeho viditeľnosť skráti a západne 3 hodiny po polnoci. Pohybuje sa západne a nájdeme ho už malým ďalekohľadom 1,2 – 2,5° juhozápadne od červenkastej hviezdy λ Aqr (3,7 mag).

V deň opozície je k nám najbližšie (28,945 AU), jeho uhlový rozmer dosiahne 2,4''.

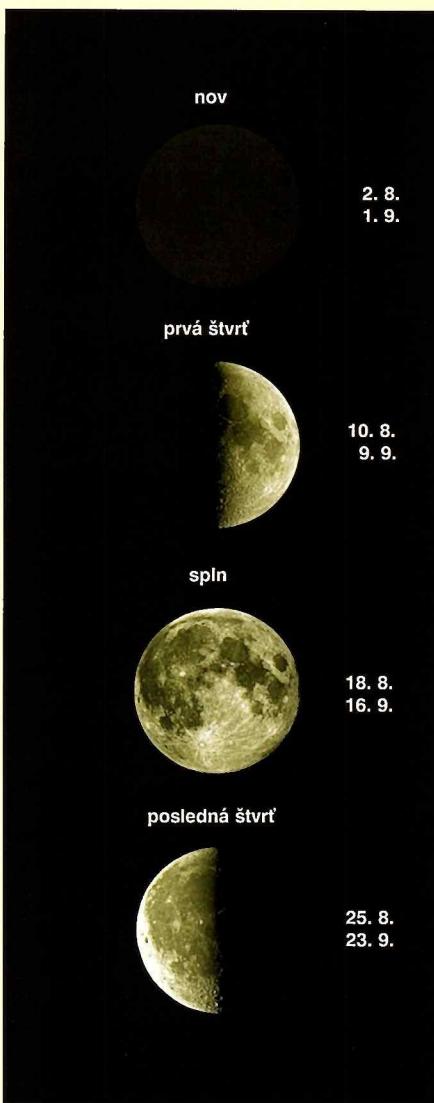
Konjunkcia s Mesiacom nastane 19. 8. počas dňa, no pri ďalšej 15. 9. nastane dokonca zákryt. Pozorovanie však nebude jednoduché, Mesiac je len deň pred splnom. Pozorovateľny bude vstup Neptúna za mesačný okraj, ktorý bude trvať asi 10 s. Vstup nastane pre polohu Rimavskej Soboty o 20:26,8.

Zatmenie Slnka a Mesiaca

Poletieňové zatmenie Mesiaca 18. 8. nastáva v dopoludňajších hodinách, Mesiac je teda u nás pod obzorom. Veľkosť zatmenia je však len 0,01, a teda aj tak by pozorovateľné nebolo. Mesiac vstúpi

Fázy Mesiaca

nov	2. 8.; 21:45	1. 9.; 10:03
prvá štvrt	10. 8.; 19:21	9. 9.; 12:49
spln	18. 8.; 10:27	16. 9.; 20:05
posledná štvrt	25. 8.; 04:41	23. 9.; 10:56



Jesenná rovnodenosť nastane 22. 9. o 15:21, Slnko bude presne na nebeskom rovniku. Až do zimného slnovratu sa bude jeho poludňajšia výška nad obzorom zmenšovať, dĺžka dňa sa skracuje a noci predlžujú.

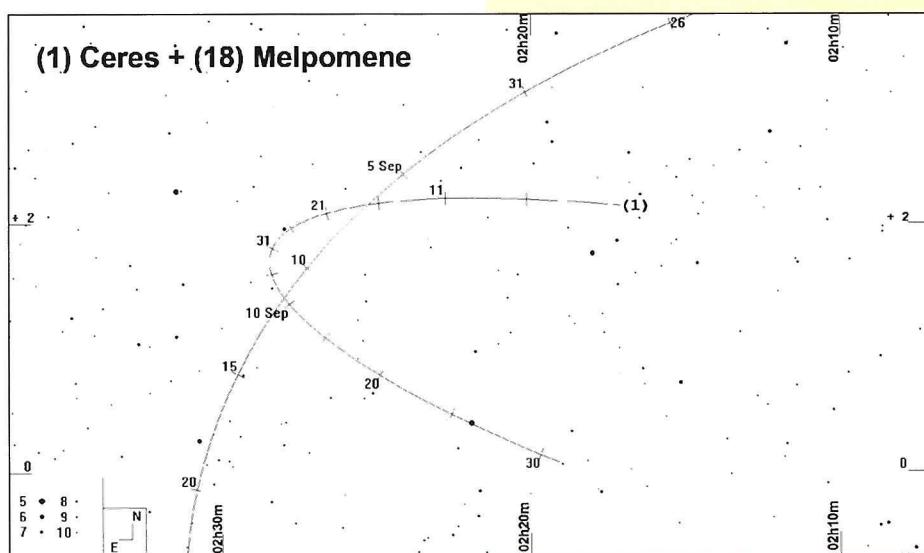
Konjunkcia Aldebarana s Mesiacom 21. 9. nebude sice najtesnejšia, no iste poteší. Aldebaran bude 18° od severného roku Mesiaca pred poslednou štvrtou.

Trpasličie planéty

(1) Ceres (8,8 – 7,8 mag) je vo Velrybe a podmienky jej pozorovateľnosti sa výrazne zlepšujú. Začiatkom augusta vychádza hodinu pred polnocou,



(1) Ceres + (18) Melampus



Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	02 ^h 17,1 ^m	+02°09,1'	8,8	96,1
6. 8.	02 ^h 20,2 ^m	+02°12,1'	8,8	100,0
11. 8.	02 ^h 22,8 ^m	+02°12,5'	8,7	104,1
16. 8.	02 ^h 25,0 ^m	+02°10,2'	8,6	108,3
21. 8.	02 ^h 26,6 ^m	+02°05,3'	8,5	112,6
26. 8.	02 ^h 27,8 ^m	+01°57,9'	8,5	117,0
31. 8.	02 ^h 28,4 ^m	+01°47,9'	8,4	121,6
5. 9.	02 ^h 28,4 ^m	+01°35,6'	8,3	126,3
10. 9.	02 ^h 27,8 ^m	+01°21,1'	8,2	131,2
15. 9.	02 ^h 26,7 ^m	+01°04,8'	8,1	136,1
20. 9.	02 ^h 24,9 ^m	+00°47,0'	8,0	141,2
25. 9.	02 ^h 22,6 ^m	+00°28,0'	7,9	146,3
30. 9.	02 ^h 19,7 ^m	+00°08,4'	7,8	151,4

Efemerida (134340) Pluto

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	19 ^h 06,2 ^m	-21°13,8'	14,3	156,4
11. 8.	19 ^h 05,3 ^m	-21°16,4'	14,3	146,6
21. 8.	19 ^h 04,5 ^m	-21°18,8'	14,3	136,8
31. 8.	19 ^h 03,9 ^m	-21°21,0'	14,4	127,1
10. 9.	19 ^h 03,5 ^m	-21°23,0'	14,4	117,3
20. 9.	19 ^h 03,3 ^m	-21°24,7'	14,4	107,5
30. 9.	19 ^h 03,3 ^m	-21°26,1'	14,4	97,7

Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	06 ^h 10,0 ^m	+21°03,0'	8,5	36,7
6. 8.	06 ^h 18,7 ^m	+21°04,3'	8,5	39,4
11. 8.	06 ^h 27,2 ^m	+21°04,0'	8,5	42,2
16. 8.	06 ^h 35,7 ^m	+21°02,0'	8,5	45,1
21. 8.	06 ^h 44,0 ^m	+20°58,6'	8,4	47,9
26. 8.	06 ^h 52,1 ^m	+20°53,7'	8,4	50,8
31. 8.	07 ^h 00,1 ^m	+20°47,7'	8,4	53,8
5. 9.	07 ^h 08,0 ^m	+20°40,5'	8,4	56,8
10. 9.	07 ^h 15,6 ^m	+20°32,3'	8,4	59,8
15. 9.	07 ^h 23,1 ^m	+20°23,4'	8,3	62,9
20. 9.	07 ^h 30,3 ^m	+20°13,9'	8,3	66,1
25. 9.	07 ^h 37,3 ^m	+20°03,9'	8,3	69,4
30. 9.	07 ^h 44,0 ^m	+19°53,8'	8,2	72,7

Efemerida asteroidu (18) Melpomene

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
26. 8.	02 ^h 15,5 ^m	+03°37,2'	9,1	119,6
31. 8.	02 ^h 20,2 ^m	+03°03,9'	9,0	123,4
5. 9.	02 ^h 24,1 ^m	+02°24,3'	8,8	127,2
10. 9.	02 ^h 27,3 ^m	+01°38,6'	8,7	131,3
15. 9.	02 ^h 29,5 ^m	+00°47,5'	8,6	135,5
20. 9.	02 ^h 30,8 ^m	-00°08,4'	8,5	139,7

Efemerida asteroidu (7) Iris

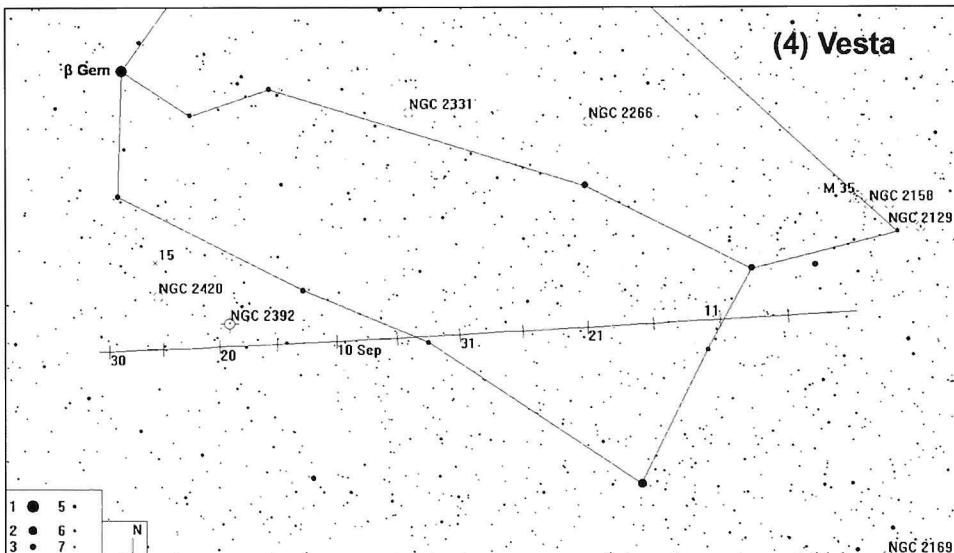
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	15 ^h 53,2 ^m	-20°10,2'	10,5	111,5
11. 8.	15 ^h 56,8 ^m	-20°07,9'	10,6	102,7
21. 8.	16 ^h 02,6 ^m	-20°12,9'	10,7	94,5
31. 8.	16 ^h 10,5 ^m	-20°23,5'	10,8	86,7
10. 9.	16 ^h 20,0 ^m	-20°37,9'	10,9	79,2
20. 9.	16 ^h 31,2 ^m	-20°54,3'	10,9	72,1
30. 9.	16 ^h 43,8 ^m	-21°11,0'	11,0	65,2

Efemerida kométy PANSTARRS (C/2013 X1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	14 ^h 28,2 ^m	-32°42,0'	8,1	96,1
11. 8.	14 ^h 20,6 ^m	-30°32,2'	8,6	84,7
21. 8.	14 ^h 18,1 ^m	-29°12,9'	9,0	74,4
31. 8.	14 ^h 18,6 ^m	-28°26,7'	9,4	64,9
10. 9.	14 ^h 21,0 ^m	-28°03,0'	9,7	55,8
20. 9.	14 ^h 24,6 ^m	-27°55,3'	10,0	47,1
30. 9.	14 ^h 29,0 ^m	-27°59,2'	10,3	38,7

Efemerida kométy 9P/Tempel

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	13 ^h 40,5 ^m	-10°02,6'	11,4	78,0
6. 8.	13 ^h 52,6 ^m	-11°50,8'	11,5	76,6
11. 8.	14 ^h 05,1 ^m	-13°36,7'	11,5	75,3
16. 8.	14 ^h 18,0 ^m	-15°19,8'	11,6	74,0
21. 8.	14 ^h 31,3 ^m	-16°59,6'	11,7	72,8
26. 8.	14 ^h 44,9 ^m	-18°35,3'	11,8	71,5
31. 8.	14 ^h 59,0 ^m	-20°06,4'	11,9	70,3



koncom augusta už pri astronomickom súmraku po 19. Jej vzdialenosť od nás sa zmenší z 2,635 na 1,974 AU, a tak príjemne zjasňuje. Kedže je 2. 9. v zastávke a začne sa medzi hviezdami pohybovať západne, opíše počas týchto dvoch mesiacov medzi hviezdami elegantný oblúk. Jej identifikácia medzi hviezdami v dalekohľade by nemala byť problematická, hviezdné pozadie je pomerne chudobné. 26. 8. bude v tesnej blízkosti hviezdy SAO 110542 (6,5 mag) a 26. 9. hviezdy 69 Cet (5,3 mag). 11. 9. sa v blízkosti Cerery, bude presúvať asteroid (18) Melpomene (8,7 mag).

(134340) Pluto (14,3 – 14,4 mag) v Strelovci má po júlovej opozícii ešte stále dobré podmienky pozorovateľnosti. Začiatkom júla kulminuje o 22. hod., koncom septembra už počas nautického súmraku. 26. 9. je v zastávke a začne sa pohybovať priamo. Nachádza sa asi 0,5° severne od σ Sgr (3,7 mag), no na jeho zbadanie potrebujeme dalekohľad s prieskonom aspoň 30 cm.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (20) Massalia (1. 8.; 9,9 mag), (85) Io (8. 8.; 10,2 mag), (19) Fortuna (9. 8.; 9,7 mag), (349) Dembowska (11. 8.; 9,7 mag), (56) Melete (15. 8.; 10,4 mag), (2) Palamas (20. 8.; 9,2 mag), (532) Herculina (24. 8.; 10,4 mag), (17) Thetis (25. 8.; 10,4 mag), (110) Lydia

(29. 8.; 11,0 mag), (185) Eunike (10. 9.; 10,7 mag), (92) Undina (14. 9.; 10,7 mag), (67) Asia (15. 9.; 10,3 mag), (11) Parthenope (29. 9.; 9,2 mag).

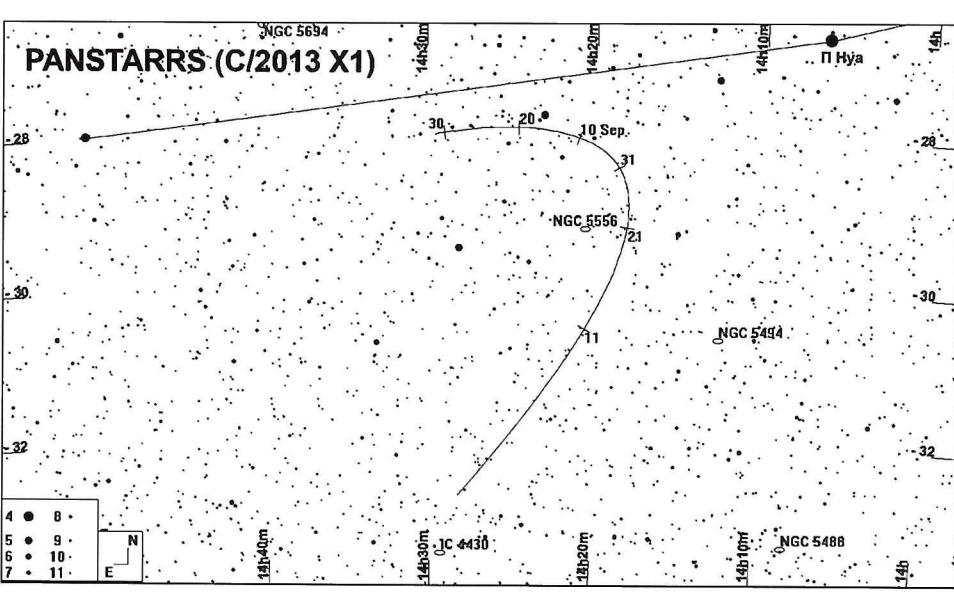
Najjasnejším asteoridom bude (4) Vesta, ktorá zjasnie z 8,5 na 8,2 mag, presunie sa z najsevernejšej časti Orióna do Blížencov. Na oblohe bude v druhej polovici noci, viditeľnosť sa zlepšuje, koncom septembra vychádza hodinu pred polnocou. 2. 9. sa bude presúvať len 10° severne od ζ Gem (4,0 mag).

(18) Melpomene bude v blízkosti (1) Ceres a (7) Iris je na peknom pozadí Škorpióna, kde je aj Mars a Saturn.

Kométy

S kométami je to v tomto období biedne, jasnejšie absentujú a ani výhľad na ďalšie obdobie nie je optimistický. Podľa jasnosti kométy PANSTARRS (C/2013 X1) by sme sa mohli v celku tešiť, no len ak by sme boli omnoho južnejšie... U nás je však začiatkom augusta na konci občianskeho súmraku vo výške len 3° a na prelome mesiacov už dokonca aj zapadá.

Periodická kométa 9P/Tempel je oproti nominálnej predpovedi slabšia asi o 0,5 mag, budeme ju hľadať len veľmi ľahko na večernej súmrakovej oblohe a začiatkom septembra sa aj ona dostane pod 12 mag.



Meteory

Druhá polovica prázdnin bude v znamení meteoričkých expedícii.

Začiatkom augusta bude ešte zvýšená aktivita južných rojov, ktoré mali maximálnu koncom júla. Podmienky sú dobré, Mesiac je v nove. Sledovanie silnejšej aktivity Perzeídu bude postupne rušiť do rastajúci Mesiaca. Maximum Perzeídu nastane 12. 8. popoludní, v noci bude rušiť Mesiac po prvej štvrti, ktorý zapadne pred polnocou.

Malo aktívne κ Cygnidy sú v maxime počas

splnu, no ideálne podmienky nastanú koncom augusta pri maxime α Aurigidi. Septembrové ε Perzeídy budú na tom dobre v druhej polovici noci.

Podľa J. Vaubaillona je možná aktivita ε Eridaníd 12. 9. vo večerných hodinách okolo 18:30. Roj súvisí s kométou C/1854 L1 (Klinkerfues), súradnice radiantu sú $\alpha = 57^\circ$, $\delta = -14^\circ$, rýchlosť meteorov 59 km/s. Pozorovania, aj negatívne, sú veľmi potrebné.

Pavol Rapavý

Tabuľky východov a západov (august – september 2016)

Slnko

	Východ	Západ	Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 8.	4:15	19:17	3:39	19:53	2:51	20:40	1:52	21:39
6. 8.	4:22	19:09	3:46	19:45	3:00	20:30	2:05	21:25
11. 8.	4:28	19:01	3:54	19:36	3:09	20:19	2:17	21:11
16. 8.	4:35	18:52	4:01	19:26	3:18	20:09	2:29	20:57
21. 8.	4:42	18:42	4:09	19:16	3:27	19:58	2:40	20:44
26. 8.	4:49	18:33	4:16	19:06	3:36	19:46	2:51	20:30
31. 8.	4:56	18:23	4:24	18:55	3:44	19:35	3:01	20:17
5. 9.	5:03	18:13	4:31	18:45	3:53	19:24	3:11	20:04
10. 9.	5:10	18:02	4:38	18:34	4:00	19:12	3:20	19:52
15. 9.	5:17	17:52	4:46	18:23	4:08	19:01	3:29	19:40
20. 9.	5:24	17:42	4:53	18:13	4:16	18:49	3:38	19:28
25. 9.	5:31	17:31	5:00	18:02	4:23	18:38	3:46	19:16
30. 9.	5:39	17:21	5:07	17:52	4:30	18:28	3:54	19:05

Mesiac

Východ	Západ	Východ	Západ		
1. 8.	2:44	18:05	1. 8.	8:09	20:52
6. 8.	8:09	20:48	6. 8.	7:55	20:34
11. 8.	13:13	23:08	11. 8.	7:41	20:16
16. 8.	17:32	2:18	16. 8.	7:26	19:58
21. 8.	20:22	8:12	21. 8.	7:12	19:41
26. 8.	23:40	14:10	26. 8.	6:58	19:23
31. 8.	3:46	17:55	31. 8.	6:44	19:05
5. 9.	9:02	20:07	5. 9.	6:30	18:47
10. 9.	13:49	23:10	10. 9.	6:16	18:29
15. 9.	17:16	3:20	15. 9.	6:02	18:12
20. 9.	20:05	9:42	20. 9.	5:49	17:54
25. 9.	14:44		25. 9.	5:35	17:37
30. 9.	4:49	17:19	30. 9.	5:21	17:19

Merkúr

Východ	Západ	Východ	Západ		
1. 8.	6:21	20:11	1. 8.	15:06	23:56
6. 8.	6:43	20:01	6. 8.	14:46	23:36
11. 8.	7:01	19:49	11. 8.	14:26	23:16
16. 8.	7:13	19:35	16. 8.	14:07	22:56
21. 8.	7:19	19:18	21. 8.	13:48	22:36
26. 8.	7:16	18:58	26. 8.	13:28	22:17
31. 8.	7:02	18:36	31. 8.	13:09	21:58
5. 9.	6:34	18:12	5. 9.	12:50	21:39
10. 9.	5:52	17:48	10. 9.	12:32	21:20
15. 9.	5:03	17:26	15. 9.	12:13	21:00
20. 9.	4:21	17:09	20. 9.	11:56	20:41
25. 9.	3:59	16:59	25. 9.	11:38	20:23
30. 9.	3:59	16:54	30. 9.	11:20	20:04

Venuša

Východ	Západ	Východ	Západ		
1. 8.	5:36	20:00	1. 8.	21:44	11:14
6. 8.	5:51	19:54	6. 8.	21:24	10:54
11. 8.	6:05	19:46	11. 8.	21:05	10:34
16. 8.	6:19	19:38	16. 8.	20:45	10:14
21. 8.	6:34	19:30	21. 8.	20:25	9:54
26. 8.	6:48	19:21	26. 8.	20:05	9:34
31. 8.	7:02	19:12	31. 8.	19:45	9:14
5. 9.	7:17	19:03	5. 9.	19:26	8:53
10. 9.	7:31	18:54	10. 9.	19:05	8:33
15. 9.	7:45	18:45	15. 9.	18:45	8:12
20. 9.	7:59	18:36	20. 9.	18:25	7:52
25. 9.	8:14	18:28	25. 9.	18:05	7:31
30. 9.	8:28	18:21	30. 9.	17:45	7:11

Mars

Východ	Západ	Východ	Západ		
1. 8.	14:33	22:54	1. 8.	20:23	7:19
6. 8.	14:24	22:40	6. 8.	20:03	6:58
11. 8.	14:16	22:27	11. 8.	19:43	6:38
16. 8.	14:09	22:15	16. 8.	19:23	6:17
21. 8.	14:02	22:04	21. 8.	19:03	5:57
26. 8.	13:56	21:53	26. 8.	18:43	5:37
31. 8.	13:51	21:44	31. 8.	18:23	5:17
5. 9.	13:45	21:35	5. 9.	18:03	4:56
10. 9.	13:40	21:27	10. 9.	17:44	4:35
15. 9.	13:35	21:19	15. 9.	17:24	4:15
20. 9.	13:29	21:13	20. 9.	17:04	3:55
25. 9.	13:24	21:07	25. 9.	16:44	3:35
30. 9.	13:18	21:03	30. 9.	16:24	3:14

Neptún

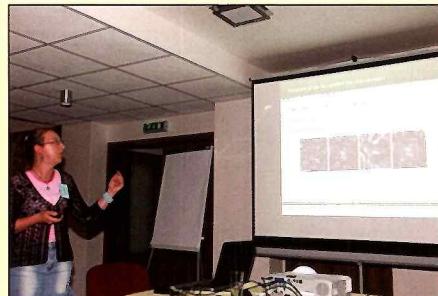
Východ	Západ	Východ	Západ		
1. 8.	20:23	7:19	1. 8.	20:23	7:19
6. 8.	20:03	6:58	6. 8.	20:03	6:58
11. 8.	19:43	6:38	11. 8.	19:43	6:38
16. 8.	19:23	6:17	16. 8.	19:23	6:17
21. 8.	19:03	5:57	21. 8.	19:03	5:57
26. 8.	18:43	5:37	26. 8.	18:43	5:37
31. 8.	18:23	5:17	31. 8.	18:23	5:17
5. 9.	18:03	4:56	5. 9.	18:03	4:56
10. 9.	17:44	4:35	10. 9.	17:44	4:35
15. 9.	17:24	4:15	15. 9.	17:24	4:15
20. 9.	17:04	3:55	20. 9.	17:04	3:55
25. 9.	16:44	3:35	25. 9.	16:44	3:35
30. 9.	16:24	3:14	30. 9.	16:24	3:14



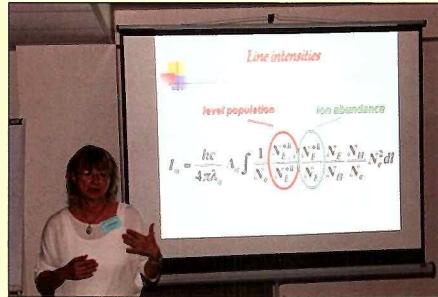
Účastníci seminára pred hotelom KLAR.

23. slnečný seminár na Liptove

Predchádzajúci slnečný seminár, o ktorom informoval J. Koza v Kozmose č. 4/2014, sa uskutočnil v období maxima práve prebiehajúceho 24. cyklu slnečnej aktivity. Po dvoch rokoch sme sa znova stretli v dobe klesajúcej slnečnej aktivity. Napriek nižšej aktívite na Slnku sa v aprili a máji 2016 vyskytli dve slnečné škvry, ktoré boli viditeľné aj volným okom.



M. Bodnárová skúmala možné spektroskopické prejavy prenosu energie do chromosféry.



E. Dzifčáková pri prednáške o efekte nerovnovážnej ionizácie elektrónovým zväzkom na EUV spektrá.

V dňoch 30. mája – 3. júna hostil Liptovský Mikuláš účastníkov 23. slnečného seminára s medzinárodnou účasťou, ktorý v hoteli KLAR zorganizovala Slovenská ústredná hvezdáreň (SÚH) Hurbanovo. Na organizácii podujatia sa už tradične podieľala aj Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV. Organizačnú prípravu seminára mal na starosti výbor v zložení: I. Dorotovič, E. Hodálová, A. Lovászová, L. Pastorek a M. Vidovenec. Odbornú stránku seminára mal pod palcom vedecký výbor v zložení: M. Bodnárová (AsÚ SAV, Tatranská Lomnica), I. Dorotovič, E. Dzifčáková (AsÚ AVČR, Ondřejov, ČR), L. Pastorek (SÚH Hurbanovo), M. Sobotka (AsÚ AVČR, Ondřejov, ČR), F. Valach (Geomagnetické observatórium Ústavu vied o Zemi SAV, Hurbanovo). Organizáciu seminára a vydanie CD zborníka referátov finančne podporila Slnečná sekcia Slovenskej astronomickej spoločnosti pri Slovenskej akadémii vied a firma Namex, s.r.o., Hurbanovo.

Do Liptovského Mikuláša prišlo 52 účastníkov, z toho 31 zo Slovenska, 15 z Českej republiky, 2 z Poľska a po jednom z Belgicka, Nemecka, Kolumbie a Ukrajiny. Po zaužívanom privítaní predstaviteľom miestnej samosprávy, ktorú teraz reprezentovala Ing. S. Višňovská z mestského úradu, bolo počas 6 poldňových zasadnutí prezentovaných 7 prehľadových a 31 krátkych referátov. Okrem toho bolo prezentovaných aj 6 posterov, ktoré boli ústne predstavené ich autormi v samostatnom bloku. Počas tohto seminára prispeli do programu prehľadovými referátmi: L. Pastorek – Pozorovanie Slnka vo hvezdári Hurbanovo (od roku 1872 po súčasnosť), E. Marková – Spomienka na Dr. Ladislava Křivského, C. Fischer – Magnetické polia pokojného Slnka, A. Berlicki – Slnečné chromosférické erupcie, J. Laštovička – Mezinárodní projekt SCOSTEP – VarSITI, M. Sobotka – Príbeh dalekohľadu GREGOR, K. Kudela – Kvázi-periodické variácie kozmického žiarenia pozorované v pozemných meraniach.

Slnečné semináre organizuje SÚH s cieľom poskytnúť priestor pracovníkom hvezdární a planetárií, študentom a doktorandom, aby prezentovali výsledky svojej práce. Zo slovenských hvezdární využili túto možnosť len V. Karlovský a J. Karlovský z Hvezdárne a planetária M. R. Štefánika v Hlohovci, ktorí mali 2 referáty a jeden poster a pracovníci SÚH



Slávnostné otvorenie seminára. Zľava: I. Dorotovič, M. Vidovenec, S. Višňovská.

Hurbanovo, ktorí mali 5 referátov a jeden poster. Teší nás tiež vytrvalý účasť kolegov z českých hvezdární: Hvězdárna Úpice (3 referáty) a Hvězdárna Valašské Meziříčí (3 referáty a jeden poster). Samozrejme, tieto podujatia dávajú možnosť načerpania nových vedomostí o pokroku a novinkách vo vybraných oblastiach slnečnej fyziky, geofyziky a kozmického počasia, ktoré možno využiť pri popularizácii astronómie a príbuzných vedúcich odborov v styku s mládežou a verejnosťou. Túto možnosť naopak využili kolegovia z viacerých slovenských hvezdární, ale aj individuálne záujemcovia o spomenuté oblasti výskumu. Doktorandi z AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici: R. Vašková, sa zamerala na časový vývoj emisných a kinematických charakteristik vybranej slnečnej erupcie a J. Kavka prezentoval výsledky spracovania spektropolarimetrických meraní získaných prístrojom GREGOR Infrared Spectrograph (GRIS) inštalovanom na 1,5-metrovom dalekohľade GREGOR v Observatorio del Teide, Tenerife, Španielsko. Podľa vyjadrení účastníkov bola príjemným osviežením pracovnej atmosféry seminára účasť niekoľkých zahraničných hostí (z pracovísk mimo SR a ČR), pretože nás pocvičili v anglickej terminológii a poskytli priamy pohľad na vedeckú činnosť na ich pracoviskách. Kolumbijský doktorand J. I. Campos Rozo z Observatorio Astronómico Nacional (Universidade de Bogota) predstavil programovací jazyk Sunpy, ktorý možno využiť na analýzu slnečných a heliosférických datových súborov so zameraním na sledovanie lokálnej korelácie (Local Correlation Tracking – LCT) v súboroch obrázkov z SDO a iných kozmic-



J. Klimeš sa zamýšľal nad fenoménom kozmického počasia.



Účastníci seminára počas prednášok.

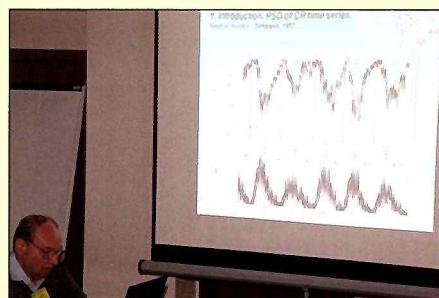
kých slnečných misií. O. Dudnik (Inštitút rádioastronómie NASU, Charkov, Ukrajina) predstavil výsledky štúdie radiačných pásov pomocou družicového časticového dalekohľadu STEP-F a slnečného fotometra mäkkého röntgenového žiarenia SphinX na palube družice CORONAS-Photon počas nedávneho hlbokého minima slnečnej aktivity, ako aj monitor nabitých častic pre slnečný röntgenový spektrometer ChemiX pre plánovanú medziplanetárnu misiu INTERHELIOPROBE. D. Utz (tentokrát z CTPA, KU Leuven, Belgicko) prezentoval výsledky analýzy magnetických jasných bodov na základe ich skúmania vo viačerých vlnových dĺžkach, čo umožňuje zísť informácie o parametri výškovej škály tlaku vo fotosfére. C. Fischer (Kiepenheuerov inštitút pre slnečnú fyziku, Freiburg, Nemecko) a A. Berlicki (Astronomický ústav, Univerzita vo Wroclavi, Poľsko) mali prehľadové referáty uvedené vyššie. K tradične vysokej odbornej úrovni seminára prispeli referáti a poslami pracovníci Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici, Geofyzikálneho odboru Ústavu vied o Zemi (ÚVZ) SAV v Bratislave, Geomagnetického observatória ÚVZ SAV v Hurbanove, Ústavu experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejove a Ústavu fyziky atmosféry AV ČR v Prahe, od ktorých sme sa mohli dozvedieť o dianí v domácej i svetovej slnečnej fyzike a geofyzike, čo umožňuje lepšie pochopiť a opísať javy kozmického počasia. M. Zapiór (AsÚ AV ČR, Ondřejov) prekvapil v závere svojej prednášky informáciou o solarografii pomocou jednoduchej kamery, pripevnenej na boku pivovej plechovky, ktorá zaznamenáva zmenu výšky oblúka denného pohybu Slnka nad obzorom počas jedného roka na fotocitlivý papier nalepený na vnútornnej valcovej ploche

plechovky. Výsledné fotografie sú dostupné na adrese <http://analemma.pl/astronomical-observatories>.

Hodnotný odborný program bol doplnený kultúrno-poznávacími aktivitami, exkurzou do Skanzenu v Pribiline (Múzeum liptovskej dediny) a Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, ktoré iba potvrdili, že na Slovensku sa máme čím popýšiť. Pripravenotím pracovnej atmosféry seminára bude CD zborník referátov, ktorý vydá SÚH Hurbanovo do konca tohto roka. Elektronická verzia zborníka bude dostupná na našej internetovej stránke. Keďže adresa je dlhá a môže sa zmeniť, jednoduchšie je zadať do Google reťazec „Zborníky referátov z predchádzajúcich slnečných seminárov“. Na danej adrese sú už dostupné zborníky referátov od 15. po 22. slnečný seminár. Na 24. ročník seminára sa plánujeme o dva roky presunúť do okresu Snina. Veríme, že to podporí účasť kolegov z východoslovenských hvezdární a planetárií. Dovidenia v roku 2018!

IVAN DOROTOVIČ,
SÚH Hurbanovo

Fotografia: Z. Csontos (2), I. Dorotovič (8)



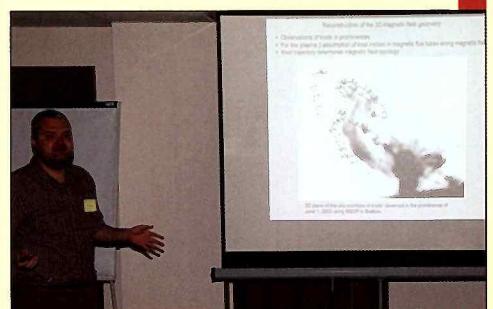
K. Kudela informoval o nových poznatkoch vo výskume kozmického žiarenia.



L. Lenža hovoril o fotometrii slnečných chromosférických erupcií.

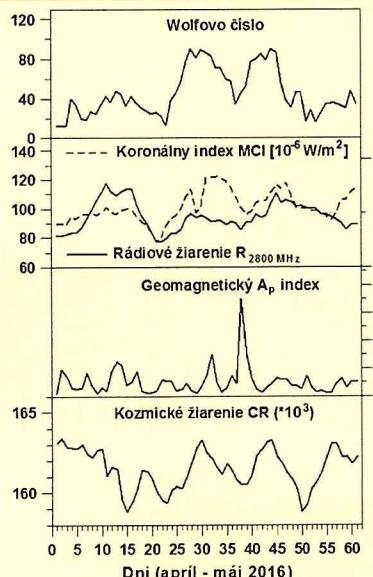


F. Valach predstavil interaktívnu metódu na určovanie geomagnetických K indexov.



M. Zapiór analyzoval trojrozmerný pohyb uzlov vo vybranej protuberancii.

Servis Kozmosu



Slnečná aktivita

Apríl - máj 2016

V priebehu slnečnej aktivity nastal mierny pokles v porovnaní s predchádzajúcim dvojomesačným obdobím. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí pod 50. Erupčná aktivity zostala pomerne nízka, nastala len jedna erupcia typu M (18. apríla), okrem toho sa vyskytlo mnoho slnečných erupcií typu C s útlmom aktivity na typ B ku koncu mája. V geomagnetickej aktívite sme zaznamenali výrazne zvýšené hodnoty planetárneho Ap indexu 8. mája, keď dosiahol tento index najvyššiu hodnotu 70.

Hoci Wolfovo číslo bolo v apríli pomerne

nízke, aktívna oblasť AR2529 zaujala dvoma skutočnosťami: objavila sa v nej slnečná škvrna, ktorá bola niekoľko dní okolo 15. apríla viditeľná aj volhým okom (samozejme, pri vhodnej ochrane zraku) a 18. apríla v nej nastala mohutná erupcia typu M6.7, ktorej následné efekty kozmického počasia najmä v Tichomôri dočasne narušili rádiovú komunikáciu na frekvenciach do 15 MHz. V máji sa v aktívnej oblasti AR2546 vyskytla ďalšia veľká škvrna viditeľná aj volhým okom. Obrazky tejto škvrny, ktoré fotografoval P. Dolinský, možno nájsť v galérii na adrese: <http://www.suh.sk/online-data/galerie/galeria-2016>.

Ivan Dorotovič

Prechod Merkúra pred slnečným diskom

Prechod Merkúra si nenechal ujsť azda žiadny astronóm, veď to bola príležitosť, na ktorú sme čakali od roku 2003. 9. mája 2016 bolo na hvezdárňach rušno už do poludnia, chystali sa ďalekohľady, fotoaparáty, kamery... S napäťom sa sledoval vývoj počasia. Nakoniec však všetko dopadlo dobre, aj keď miestami bolo spočiatku daždivo, premenlivá oblačnosť a v druhej polovici sa obloha zatiahla úplne. Viac zvýhodnení boli pozorovatelia na západe nášho územia.

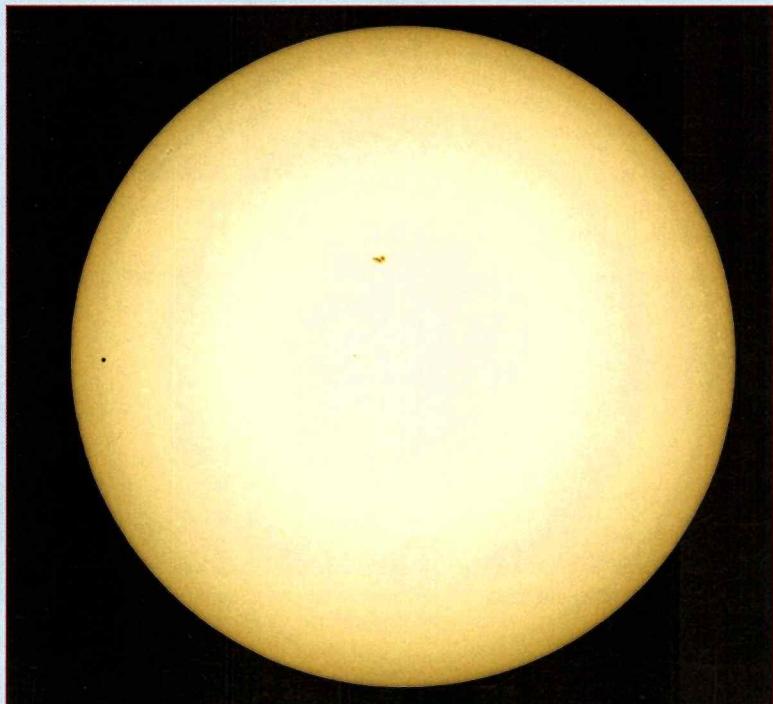
Merkúr, ktorý na Slnku pripomína malú čiernu pehu, sa pomaličky pohyboval po disku, na ktorom boli len tri nevelmi výrazné škvry.

Návštěvníci, ktorí si to prišli pozrieť naživo a dali tak prednosť zážitku pred záznamom či internetom, žasli nad tým, aký je Merkúr malý. Bola to opäť príležitosť prežiť si aj pocit pokory a vlastnej malosti vo vesmíre.

Pavol Rapavý

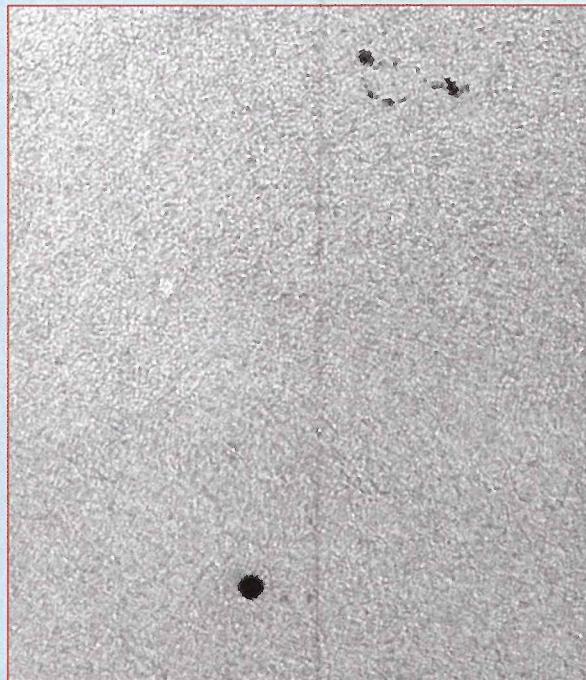


Návštěvníci hvezdárne pozorovali prechod Merkúra pred slnečným diskom aj v projekcii.
Foto D. Rapavá

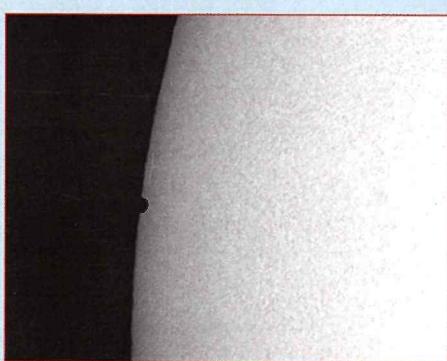


MC 5,6/1000, Canon 40D, ISO 100, exp. 1/500 s.

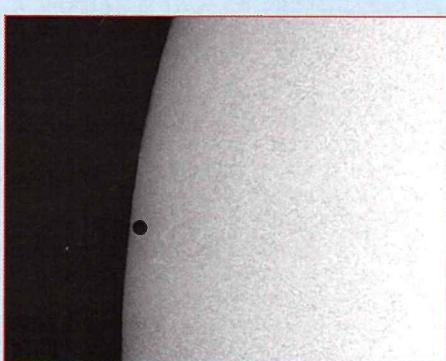
Foto: D. Rapavá



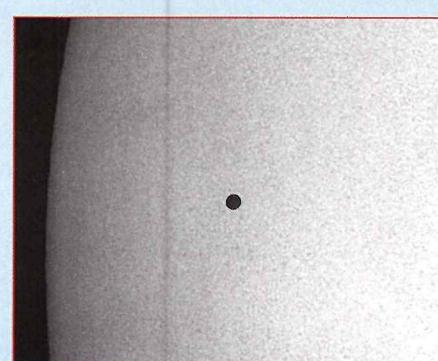
Merkúr so skupinou slnečných škvŕ NOAA 12543, kombinácia dvoch obrázkov. R 160/2450+2x, CCD SHT 1.3, exp. 15 ms



Začiatok prechodu (12:13:48 SEČ). Prvý kontakt pozorovaný neboli pre veľký neklud



(12:15:44 SEČ)



(12:52:30 SEČ)