Číslo 6 * december 2015 – január 2016 * Ročník 47 * Cena 1,80 €

KOZMOS

Lovci neutrín z Antarktídy

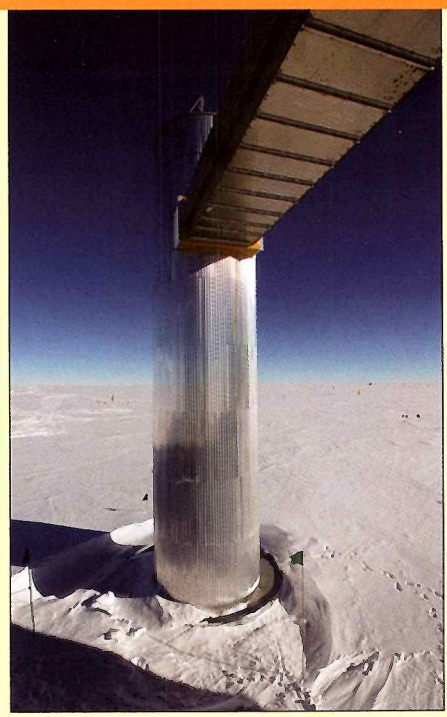
Rosetta - vodný cyklus a objav molekulárneho kyslíka

Úplné zatmenie Mesiaca

Kam by Ikaros nedoletel

Polarizácia reliktného žiarenia

Obálka



Výskumná stanica Ice Cube na južnom póle je iba špičkou detektora-ľadovca. Pod stanicou, v 2,5 km hlbokých vrtoch, uložili vedci 86 káblov, na ktorých visia vysokocitlivé senzory. *Dočítate sa v článku Lovci neutrín z antarktídy na stranách 22 – 24.*

Servis Kozmosu

ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA (30)

K Slnku – takmer na dotyk
Milan Rybanský *s. 34 – 35*

Slnečná aktivita (august – september 2015)
Ivan Dorotovič *s. 35*

POZORUJTE S NAMI

Obloha v kalendári (december 2015 – január 2016)
Pripravil Pavol Rapavý *s. 42 – 45*

Kalendár úkazov a výročí
Pavol Rapavý *s. 45*

Tabuľky východov a západov (december 2015 – január 2016)
Pavol Rapavý *s. 45*

Podujatia

Coimbra Solar Physics Meeting 2015
Ivan Dorotovič *s. 32 – 33*

Astrofilm 2015
Drahoslava Výbochová *s. 36*

SAS, Galileo a svetlo...
Daniela Rapavá *s. 37*

Hviezdna stanica teenager 2015
Valentín Korinek *s. 47*

Slnečná sústava

Rosetta – vodný cyklus a objav molekulárneho kyslíka
Ján Svoreň *s. 3 – 5*

Stelárna astronómia...

Prvá detekcia lítia z novy *s. 6*
Najstaršia generácia hviezd *s. 6*
Najsilnejšie explózie vo vesmíre... *s. 7*
Mapovanie pomalej smrti vesmíru *s. 7*
Supernovy v nesprávnom čase na nesprávnom mieste *s. 8*
Čierne diery: ideálne prírodné laboratóriá... *s. 9*
Vyhasnuté galaxie v kope Coma... *s. 10*
Úlovky z Oka medúzy *s. 10*
Ako tmavá hmota ovplyvňuje galaxie *s. 11*
Zvláštna medzera v protoplanetárnom disku blízkej hviezdy *s. 11*
Prečo sú hviezdy „blue hook" také horúce? *s. 17*
Ozveny po výbuchu neutrónovej hviezdy... *s. 18*
Malá dvojhviezda otriasla modelmi vývoja hviezd *s. 29*

Extrasolárne sústavy

51 Eridani b: priamo objavená exoplanéta *s. 12*
Exoplanéta s hmotnosťou Marsu *s. 12*
Prvý exomesiac? *s. 13*
Atmosférické vrstvy exoplanéty *s. 13*
Gigantický vodíkový oblak *s. 14*
Objav exouránu pomocou mikrošošovkovania *s. 15*
Modely planét podobných Zemi *s. 16*

Astrofyzika

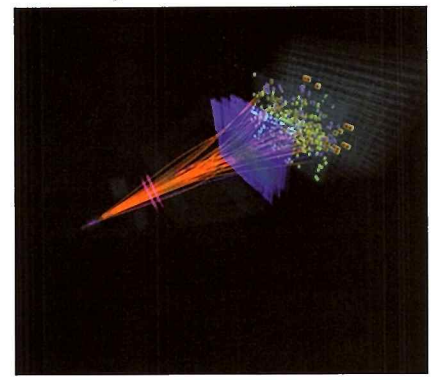
Polarizace reliktního záření
Jiří Krtička *s. 30 – 31*

Aerológia

Kam by Ikaros nedoletel
Pavel Žárský, Anna Pribullová *s. 25 – 28*

Fyzika

Nová etapa urychlovače LHC v cestě za fyzikou z počátku vesmíru (2)
Vladimír Wagner *s. 19 – 21*



Lovci neutrín z Antarktídy
Bild der Wissenschaft *s. 22 – 24*

Album pozorovateľa

Najväčší „superspln" v tomto roku a úplné zatmenie Mesiaca
Pavol Rapavý, František Michálek, Michal Lachký, Peter Delinčák, Daniela Rapavá *s. 40, 41, 48*

Výročie

Milan Antal (1935 – 1999)
Peter Kušnirák *s. 36*

Sci-fi poviedka

Chlapec a vesmír
Ján Gálik *s. 46 – 47*

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia tohto čísla: RNDr. Daniel Očenáš a RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

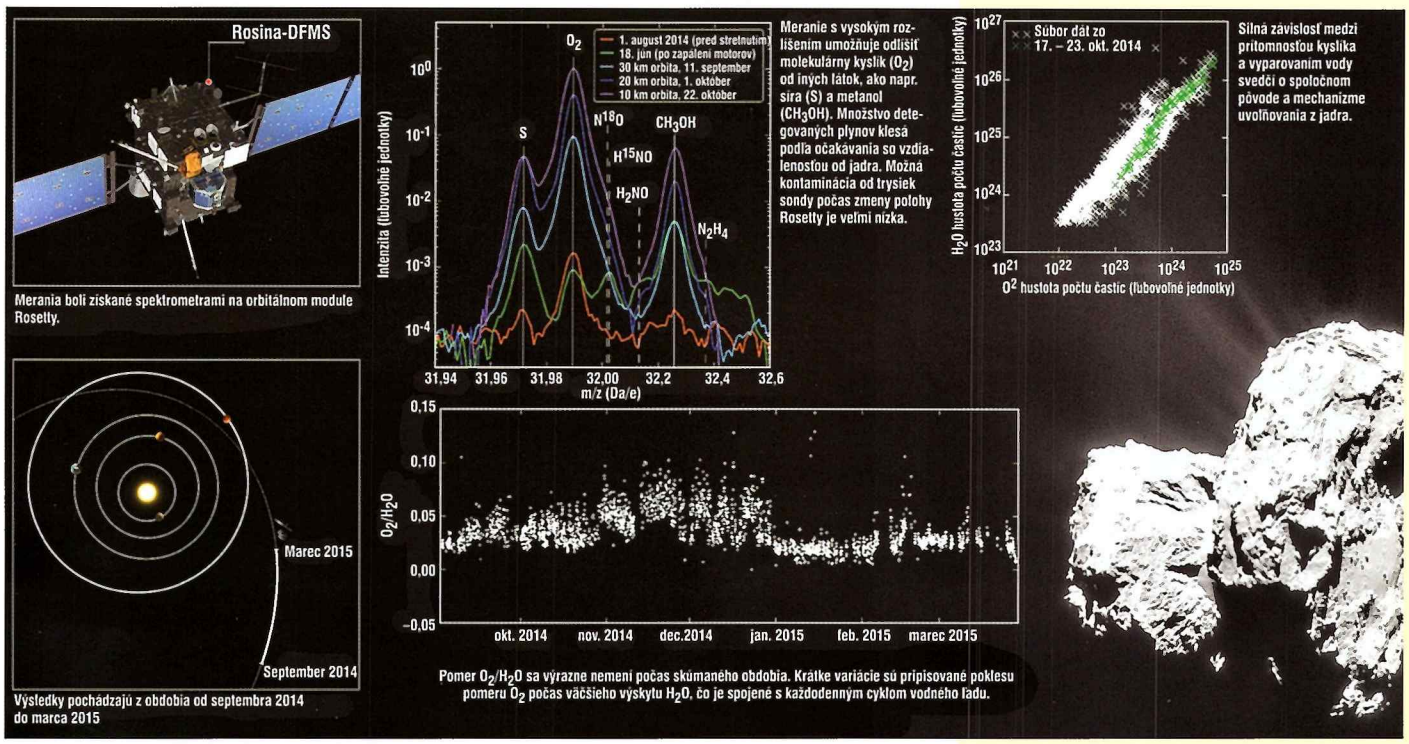
Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/ /760 24 87. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. * **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Michal Ač – redaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail **kozmos@nextra.sk** * **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., Mgr. Ladislav Druga, doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. Predseda redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc. * **Tlač:** Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava. * **Vychádza:** 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. * **Cena** jedného čísla 1,80 € (45,00 CZK). Pre abonentov ročne 9,60 € (250 CZK) vrátane poštovného. * **Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk. * **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., PP 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. * Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. * EV 3166/09 * Zadané do tlače 15. 11. 2015 * **ISSN 0323 – 049**

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

Rosetta – vodný cyklus a objav molekulárneho kyslíka

Pre Kozmos píše doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.

Od zaslania článku do Kozmosu 4/2015 sa vesmírna sonda Rosetta opäť činila. Sprevádzala periodickú kométu 67P Čurjumov Gerasimenko počas zvýšenej aktivity spojenej s prechodom cez perihélium 13. augusta 2015 a obohatila naše vedomosti o kométach o množstvo nových poznatkov. Najvýznamenjšie zverejnené v tomto období sú objav molekulárneho kyslíka v kome kométy a objav cyklu vodného ľadu na povrchu a tesne pod povrchom kometárneho jadra v závislosti na množstve žiarenia zo Slnka. Štúdiom útvarov na povrchu už vieme viac aj o vzniku kometárneho jadra bizarného tvaru a pomocou kamier Rosetty sme sa pozreli aj na nočnú neosvetlenú stranu kometárneho jadra.



Obr. 1. **Objav molekulárneho kyslíka**

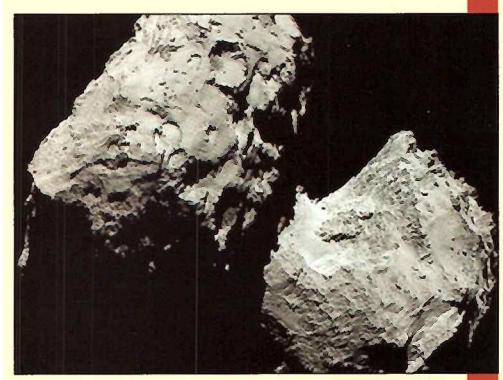
Objav molekulárneho kyslíka – doteraz najväčšie prekvapenie celej misie

Vesmírna sonda Rosetta urobila objav, aký nikto nečakal. Je ním prvá detekcia molekulárneho kyslíka na kométe. Výsledky prezentované na obrázku prevzatom zo stránky ESA (aj ďalšie) sú založené na údajoch získaných spektrometrami Rosetty v období od septembra 2014 do marca 2015, kedy Rosetta bol ešte na predperihéliovom oblúku dráhy. Na obrázku vpravo hore vidno silnú koreláciu množstva molekulárneho kyslíka s vodnou parou, čo naznačuje spoločný pôvod a únikový mechanizmus z jadra. Na *obr. 1 dole uprostred* vidno, že pomer O_2/H_2O sa významne nemení v priebehu skúmaného obdobia. Krátke variácie sú pripisované poklesu pomeru O_2 počas väčšieho výskytu H_2O, čo je spojené s každodenným cyklom vodného ľadu. Z celkovo viacmenej konštantnej úrovne O_2 vyplýva, že O_2 nevzniká v súčasnosti pôsobením slnečného vetra alebo interakciou ultrafialového žiarenia Slnka s povrchovými ľadmi. Vyzerá to tak, že O_2 je uzavretý v inklúziách kometárneho ľadu od vzniku jadra v počiatkoch formovania Slnečnej sústavy a postupne sa uvoľňuje so sublimáciou vodného ľadu pri nahrievaní jadra.

Rosetta študovala kométu viac ako rok a detegovala množstvo rôznych plynov unikajúcich z jadra. Vodná para, oxid uhoľnatý a oxid uhličitý boli zaznamenané najčastejšie, ale postupne s približovaním sa kométy k perihéliu boli zaznamené aj zlúčeniny dusíka, síry a uhlíka a dokonca aj vzácne plyny ako argón.

Kyslík je tretí najrozšírenejší prvok vo vesmíre, ale najjednoduchšia molekulárna verzia plynu, O_2, sa pozoruje len vzácne, pretože je vysoko reaktívna a ľahko vytvára zlúčeniny s ďalšími prvkami. Vplyvom slnečného žiarenia sa molekuly vody v kometárnej kome rozkladajú, ale výsledkom nie je vodík a kyslík, ale vodík a molekula hydroxylu OH. Vodík ako produkt disociácie vody je oveľa ľahší ako hydroxyl, dostáva sa preto do oveľa väčších vzdialeností od

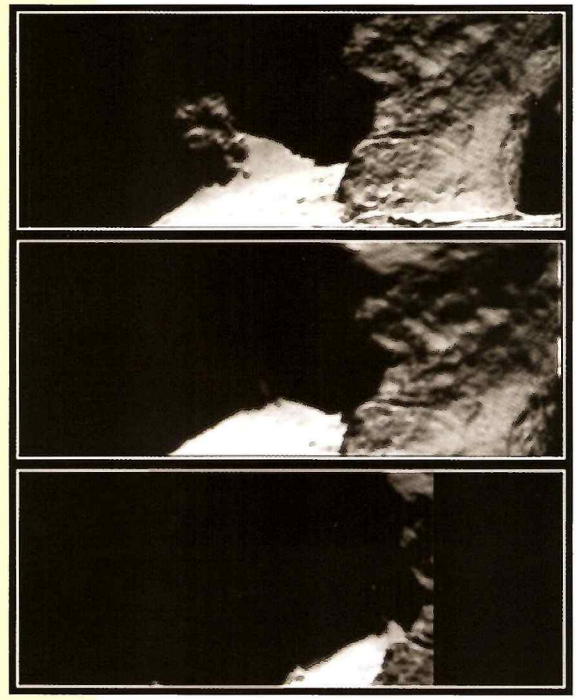
⇨⇨



Obr. 2. **Obrázok kométy 67P/Čurjumov-Gerasimenko zložený z troch obrázkov snímaných cez červený, zelený a modrý filter zo vzdialenosti 120 km od jadra.**

Obr. 3. **Kométa v perihéliu.** ▲

jadra a vytvára známe vodíkové halo, ktoré po jadre, kome a chvoste môžeme považovať za štvrtú regulárnu časť kométy. Kyslík bol detegovaný na ľadových mesiacoch Jupitera a Saturna, nikde doteraz však nebol zaznamený ako prchavá látka unikajúca z kométy.



Obr. 4. **Hapi región na krku jadra (najužšia časť kométy spájajúca menší a väčší lalok). Na sérii snímok *hore* z 12., *v strede z* 13. a *dole* zo 14. septembra 2014 vidíme premeny tejto oblasti v časovej škále niekolkých hodín. Medzi hornou a strednou snímkou urobila kométa jednu rotáciu, medzi strednou a dolnou snímkou tri otočky.** ▶

V sledovanom období bol zaznamenaný výskyt molekulárneho kyslíka na úrovni 1 až 10 % vzhľadom k H_2O, s priemernou hodnotou 3,80 ± 0,85 %. Je to hodnota o rád väčšia oproti očakávaniu vyplývajúcemu z modelov molekulárnych oblakov, z akých sa vytvorila Slnečná sústava a s ňou aj kométy. Meranie kyslíka ukazujú, že minimálne významná časť materiálu kométy je staršia než naša Slnečná sústava, a má zloženie typické pre tmavé hmloviny, z ktorých sa neskôr formujú hviezdy a planetárne systémy. Objav molekulárneho kyslíka je tak prekvapivý, že bude vyžadovať opravy niektorých teoretických modelov formovania Slnečnej sústavy.

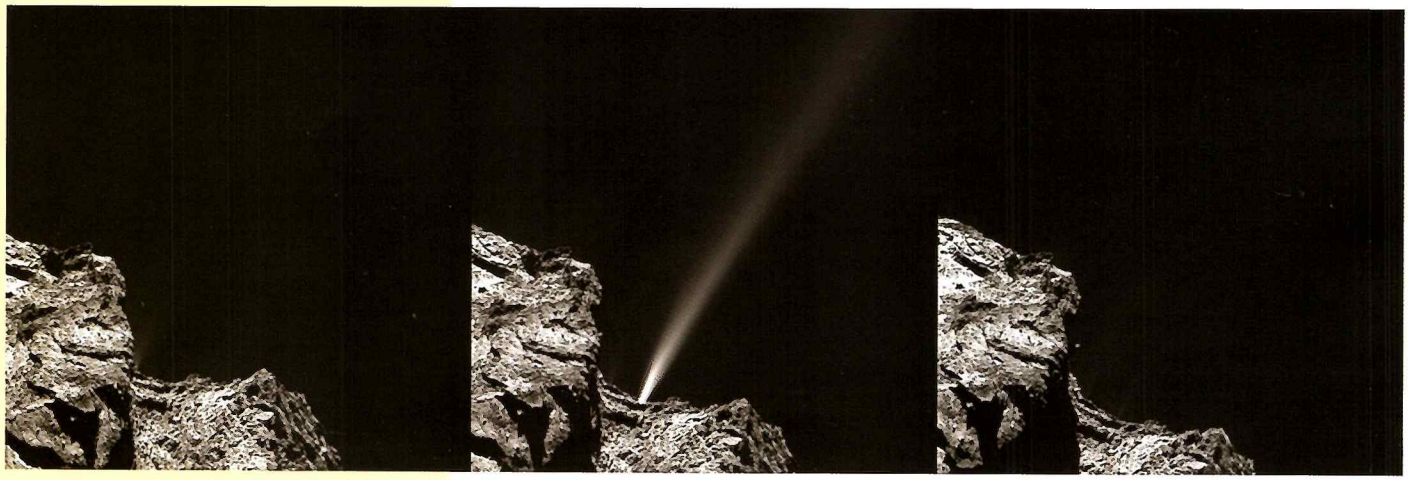
Vodný cyklus na povrchu jadra a tesne pod povrchom

Ďalším významným objavom Rosetty bolo pozorovanie denného cyklu vodného ľadu na povrchu kometárneho jadra a tesne pod povrchom.

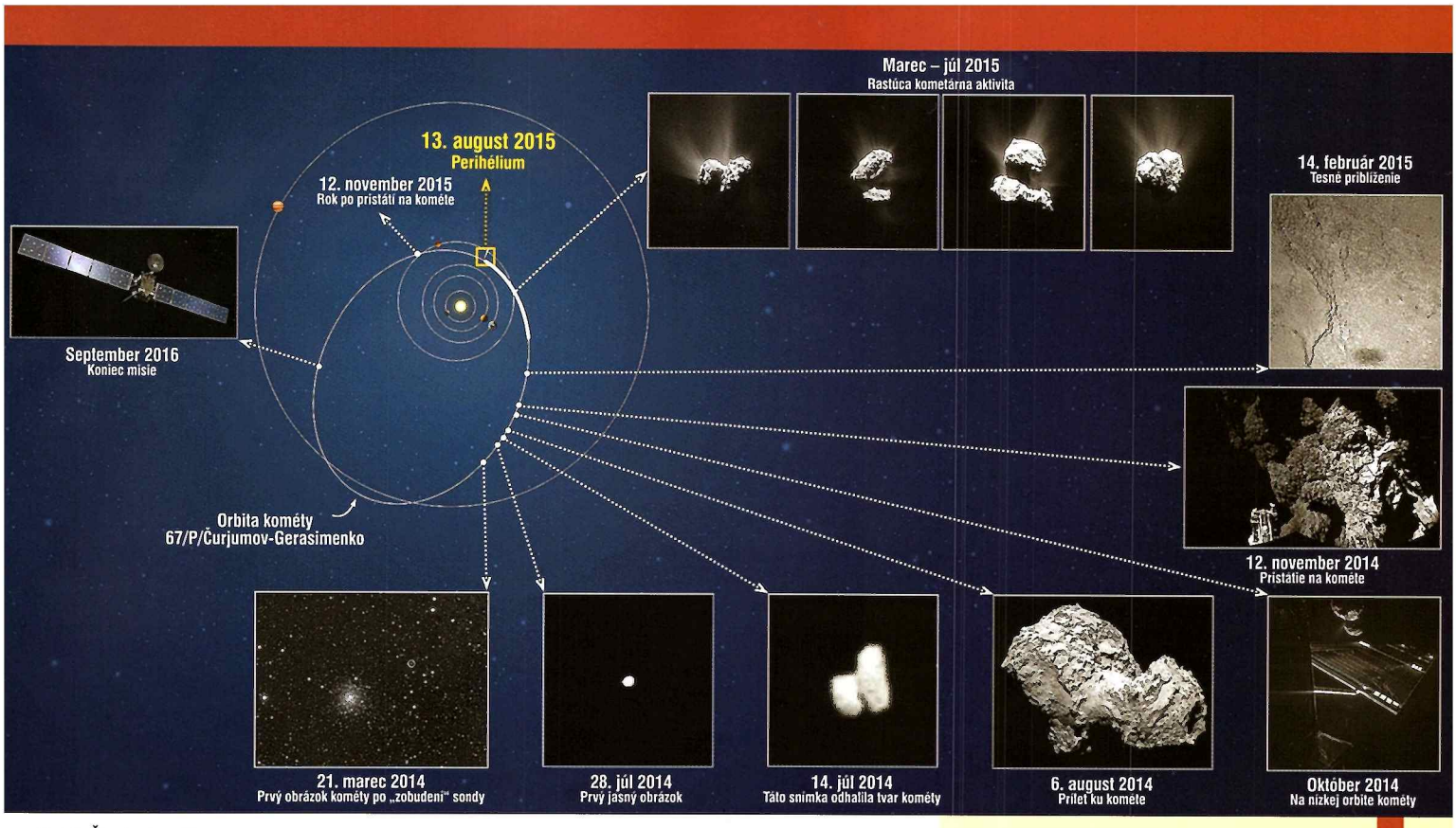
Podľa Whippleovho modelu kometárneho jadra overeného sondami „in situ" sú kométy telesá obsahujúce zmes prachu a ľadov. Väčšinu času je kometárne jadro v zmznutom neaktívnom stave. S približovaním do perihélia slnečné svetlo ohrieva zmrznuté jadro kométy a vodný ľad, ktorý prevažuje, ale aj ďalšie zmrznuté prchavé látky sublimujú a vytvárajú hmlovitú obálku komu a u aktívnejších komét aj chvost.

Rosetta študuje kométu 67P/Čurjumov-Gerasimenko od priblíženia v auguste 2014. Dňa

Obr. 5. **Aktivita kométy v blízkosti perihélia.** ▲



Obr. 6. **Výbuch na jadre. Tieto tri obrázky kométy 67P/Čurjumov-Gerasimenko boli získané kamerou OSIRIS 29. júla 2015. Na prvej snímke výbuch ešte nie je vidieť. O osemnásť minút neskôr, kamera zachytila obrovský únik plynov. Na treťom obrázku sú viditeľné už len slabé stopy. Vzdialenosť od kométy 186 kilometrov.** ▲



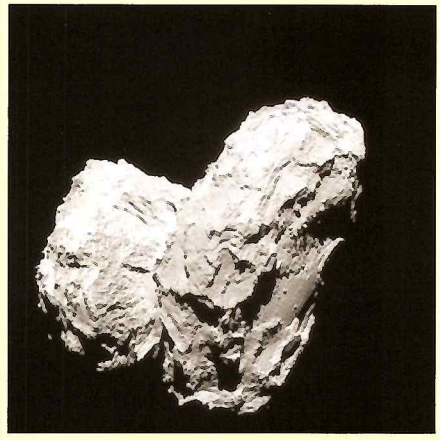
Obr. 7. **Život s kométou.**

13. augusta 2015 kométa prešla perihéliom a pozdĺž svojej 6,5-ročnej obežnej dráhy sa teraz pohybuje smerom od Slnka. Vedci pomocou spektrometra VIRTIS sledovali kometárne jadro vo viditeľnom a infračervenom svetle a identifikovali oblasť na povrchu kométy, kde sa vodný ľad objavoval a mizol synchrónne s rotačnou periódou kometárneho jadra. Vedci sledovali rozličné oblasti kométy. Pri rotačnej dobe jadra trochu nad 12 hodín rozličné oblasti boli rôzne osvetlené. Charakteristické prvky vodného ľadu sa objavili v spektrách len vtedy, keď študovaná oblasť bola v tieni. A opačne, keď Slnko svietilo na túto oblasť, ľad zmizol. To ukazuje na cyklické správanie vodného ľadu v priebehu každej otočky jadra. Napozorované údaje naznačujú, že vodný ľad na povrchu a niekoľko centimetrov pod povrchom „sublimuje" pri osvetlení slnečným svetlom – mení sa na plyn, ktorý potom prúdi smerom od kométy. Keď s otáčaním jadra oblasť prestane dostávať teplo zo Slnka, povrch sa rýchlo ochladí. Je dobre známe z pozorovaní viacerých komét, že kometárna aktivita prebieha len na strane osvetlenej Slnkom. Vďaka nízkej tepelnej vodivosti jadra sa teplo nešíri na neosvetlenú stranu.

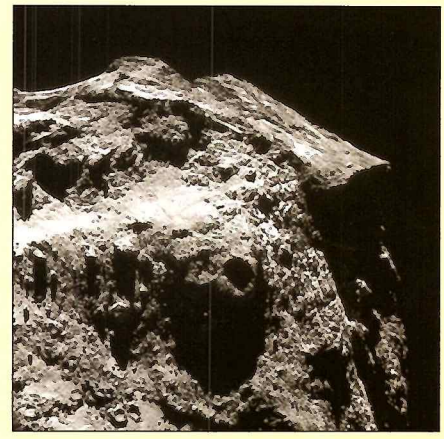
Rok činorodého života s kométou

Týždeň pred prechodom perihéliom oslávila vesmírna sonda Rosetta jeden rok letu s kométou 67P/Čurjumov-Gerasimenko. Na *obrázku hore*, prevzatom z prezentácie ESA, vidíme na predperihéliovom oblúku dráhy kométy prehľad získaných poznatkov a na poperihéliovom oblúku plány do budúcnosti. Pri príležitosti tohto výročia, ESA zverejnila nádhernú galériu – 12 predtým nepublikovaných snímok z jednotlivých mesiacov. *(V rámčeku vpravo prinášame malú ukážku.)*

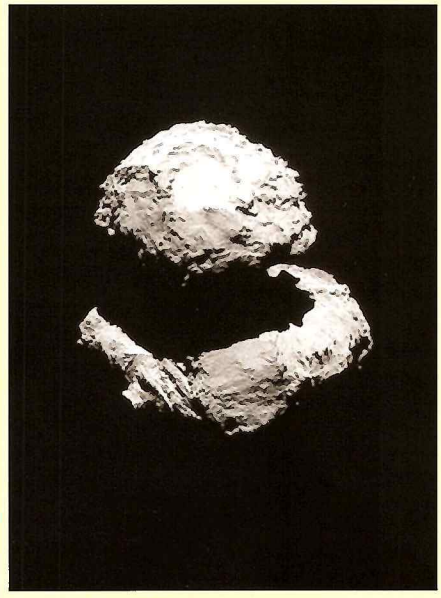
JÁN SVOREŇ



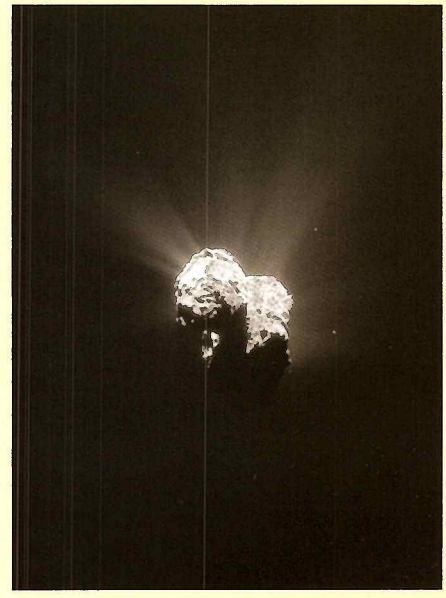
Obr. 8. **August 2014.**



Obr. 9. **December 2014**



Obr. 10. **Marec 2015**



Obr. 11. **Jún 2015**

Prvá detekcia **lítia z novy**

Jednou z otázok, ktorú si stelárnici kladú, znie: Prečo tak veľa mladých hviezd má viac lítia, ako by podľa teórie malo mať? Objav lítia v Nove Centauri 2013 je chýbajúcim dielcom v skladačke, znázorňujúcej chemickú evolúciu Mliečnej cesty. Objav je zároveň veľkým krokom k pochopeniu podielu rozličných prvkov vo hviezdach našej Galaxie.

Ľahký chemický prvok – lítium, patrí medzi niekoľko prvkov, ktoré sú podľa teórie produktom big bangu. Vznikol pred 13,8 miliardami rokov. Údaje o množstve lítia v starých a mladých hviezdach v dnešnom vesmíre je jedným z problémov stelárnej astronómie: staré hviezdy majú menej lítia, ako sa očakávalo, mladé ho majú až 10-krát viac.

Už v polovici 70. rokov minulého storočia niektorí stelárnici špekulovali o tom, koľko „prebytočného lítia" (detegovaného v mladých hviezdach) vyprodukovali výbuchy nov. Odpoveď na túto otázku však nezískali ani po analýze niekoľkých desiatok týchto hviezd, ktoré na konci života vybuchnú a rozptyľujú do okolia množstvo hmoty, materiálu, z ktorého sa formujú ďalšie generácie hviezd.

Talianski astronómovia pomocou prístroja FERROS (na 2,2 m MPG/ESO ďalekohľade na La Silla) i spektrografu PUCHEROS (na 0,5 m ESO ďalekohľade v Santiago de Čile) študovali Novu Centauri 2013. Táto nova vybuchla na južnej oblohe neďaleko jasnej hviezdy Beta Centauri a stala sa najjasnejšou novou, objavenou v tomto storočí. (Dlho sa dala pozorovať aj voľným okom.)

V získaných údajoch zistili jasné stopy lítia, ktorý bol výbuchom vynesený do okolia rýchlosťou 2 milióny kilometrov za hodinu. Ide o prvú detekciu lítia z novy!

Objav stelárnikov potešil. Dávno vedia, že kým nepochopia všetky záhady okolo lítia, každý zo scenárov big bangu môže byť spochybnený.

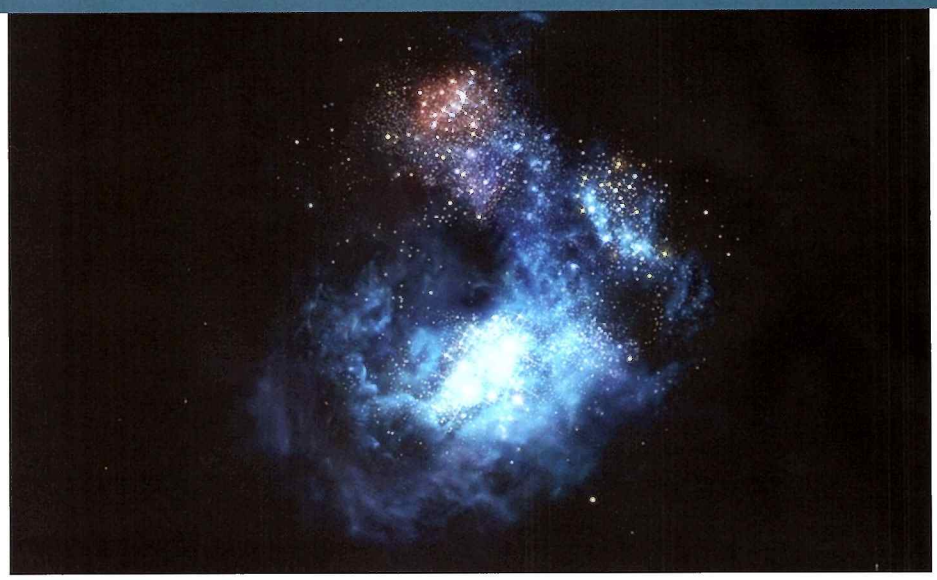
Množstvo vyvrhnutého lítia z Novy Centauri 2013 je veľmi malé: menej ako 1/1 000 000 000 (jedna miliardtina) hmotnosti Slnka. Nakoľko v Mliečnej ceste počas jej vývoja vybuchlo niekoľko miliárd nov, lítia je v nej dosť na vysvetlenie jeho nečakane vysokého podielu v našej Galaxii.

Talianski vedci Luca Paquini a Massimo Della Valle sa snažia detegovať lítium v novách už vyše dvadsaťpäť rokov.

ESO Press Release

http://www.eso.org/public/news/eso1531/

Nova Centauri 2013 na snímke New Technology Telescope (NTT) na observatóriu La Silla, ktorú tento ďalekohľad exponoval 18 mesiacov po výbuchu. Aj po takom čase bola táto nova *(uprostred)* najjasnejším objektom v tejto oblasti na južnej oblohe. Ide o prvú novu, v ktorej zaznamenali prítomnosť lítia.



Ilustrácia znázorňuje veľmi vzdialenú galaxiu CR7, ktorú objavil ďalekohľad VLT/ESO. CR7 je predbežne najvzdialenejšou galaxiou z tých, ktoré objavili v mladom vesmíre, pričom je trikrát jasnejšia ako všetky vzdialené galaxie, ktoré doteraz objavili. V tejto galaxii našli najstaršie hviezdy, ktoré vyprodukovali prvé ťažšie prvky, bez ktorých by sa nesformovali ani hviezdy ďalších populácií, ani planéty okolo nich.

Najstaršia generácia **hviezd**

Astronómovia v galaxii CR7, najjasnejšej zo všetkých vzdialených galaxií, objavili hviezdy, ktorých existencia bola donedávna skôr teoretická. V jadrách týchto masívnych jasných hviezd vznikli prvé atómy a molekuly ťažkých prvkov, bez ktorých by sa hviezdy ďalších generácií (i planéty krúžiace okolo nich) nemohli sformovať.

Okolo najstarších hviezd (známych ako populácia III) je ešte veľa nejasností. Predpokladáme, že sa sformovali z primordiálneho materiálu, z hmoty, ktorá sa zrodila z big bangu.

Ďalšie ťažké prvky – kyslík, dusík, uhlík či železo, sa však zrodili vo vnútri mladších hviezd. To však znamená, že najstaršie hviezdy sa sformovali iba z vodíka, hélia a nepatrného množstva lítia.

Hviezdy populácie III boli obrovské: mali 100- až 1 000-násobne väčšiu hmotnosť ako Slnko. Boli to horúce hviezdy s krátkym životom. Už 2 milióny rokov po zrode zanikali ako supernovy. Toľko teória. Priame fyzikálne dôkazy o existencii týchto hviezd však neboli doteraz dostatočne preukázané.

Portugalskí a holandskí vedci využili ďalekohľady VLT/ESO, HST a Keck a nazreli do najhlbšieho vesmíru. Do obdobia reionizácie, ktorá nastala 800 miliónov rokov po big bangu. Na rozdiel od svojich predchodcov sa nezamerali na úzke a hlboké snímky malých políčok oblohy. Práve naopak: vyhotovili doteraz najširšiu prehliadku veľmi vzdialených galaxií.

Tím objavil a potvrdil existenciu celého radu prekvapujúco jasných, mladých galaxií. Jedna z nich – CR7 – sa ukázala byť mimoriadne zriedkavým objektom. Ide o najjasnejšiu galaxiu v tejto etape vývoja vesmíru. Už objav tejto a ďalších podobných jasných galaxií považovali za senzáciu. Podrobnejšia analýza snímok však priniesla ďalší, ešte vzrušujúcejší objav.

Citlivé prídavné detektory na VLT zaznamenali v CR7 emisie silne ionizovaného hélia, ale, na veľké prekvapenie, nijaké stopy po ťažších prvkoch.

Prvý priamy dôkaz o hviezdach populácie III bol na svete.

Nebolo to len niekoľko hviezd. Vedci v galaxii CR7 objavili celé kopy modrastých i červenkastých hviezd. Z objavu vyplynulo, že najstaršie hviezdy sa formovali vo vlnách, tak, ako sa predpokladalo. To, čo tím objavil a pozoroval, bola posledná z vĺn hviezd populácie III. Po objave vieme, kde máme tieto najstaršie hviezdy hľadať: v jasných galaxiách, uprostred normálnych hviezd, a nie v najstarších, najmenších a najtmavších galaxiách, ktoré žiaria tak slabo, že ich nedokážeme skúmať ani najmodernejšími prístrojmi.

Hviezdy populácie III budú vedci skúmať nielen pomocou ďalekohľadu VLT, ale aj rádioteleskopom ALMA a ďalekohľadom HST.

Poznámky:

1. Prečo vedci označujú najstaršie hviezdy pojmom populácia III? Preto, že hviezdy v našej Galaxii označili už dávno ako hviezdy populácie I. Do tejto populácie patria hviezdy podobné Slnku, bohaté na ťažké prvky, s protoplanetárnymi diskami. Do populácie II zaradili hviezdy, ktoré objavili v guľových hviezdokopách i v centrálnej výduti Mliečnej cesty. Ide napospol o staršie hviezdy, s nízkym obsahom ťažších prvkov.
2. CR7, označenie galaxie, je skratkou označenia COSMOS Redshift 7, ktoré vyjadruje jej polohu v pojmoch kozmického času. Čím väčší červený posun, tým vzdialenejšia je galaxia. A16899-zD1, jedna z vôbec najstarších galaxií, má červený posun $z = 7{,}5$. Skratku CR7 presadili portugalskí objavitelia galaxie, ktorých inšpiroval ich krajan, jeden z najlepších futbalistov sveta Cristiano Ronaldo, ktorý hráva v drese číslo 7.
3. CR7 vyžaruje trikrát jasnejšie emisie v oblasti UV ako galaxia Himiko, ktorá bola donedávna na čele rebríčka najstarších galaxií. Mladšie horúce galaxie, obalené prachom, vyžarujú často oveľa viac energie, ale najmä v rozsahu infračerveného žiarenia. (Tak sa prezrádza horúci prach.) Energia vyžarovaná galaxiou CR7 sa prejavuje najmä UV- a viditeľným žiarením.

ESO Press Release

http://www.eso.org/public/news/eso1524/

Najsilnejšie explózie vo vesmíre...

...produkujú najsilnejšie magnety. Údaje z observatórií La Silla a Paranal (obe v Čile) pomohli určiť vzťah medzi dlhými vzplanutiami žiarenia gama a neobyčajne silnými výbuchmi supernov. Ukázalo sa, že výbuch supernovy nie je generovaný rádioaktívnym rozpadom. Generuje ho rozpad supersilných magnetických polí v okolí magnetaru.

Vzplanutia žiarenia gama (GRB) patria medzi úkazy, ktoré vedci spájajú s najväčšími explóziami po big bangu. Detegujú ich ďalekohľady krúžiace okolo Zeme, citlivé pre tento typ žiarenia s vysokou energiou. Tento typ žiarenia nedokážu zaznamenať zariadenia operujúce na dlhších vlnových dĺžkach, či už ide o pozemské, alebo vesmírne ďalekohľady.

Vzplanutia žiarenia gama trvajú obyčajne niekoľko sekúnd, iba veľmi vzácne dokonca celé hodiny. Jedno z ultradlhých vzplanutí, ktoré zaznamenala sonda Swift 9. decembra 2011, GRB 111209A, je doteraz najdlhším i najjasnejším vzplanutím žiarenia gama.

Dosvit rekordného GRB študovali vedci pomocou dvoch prístrojov. Jedným bol GROND na 2,2 m MPG/ESO ďalekohľade na La Silla; druhým detektor röntgenového žiarenia na Very Large Telescope (VLT), ktorý stojí na Paranale.

Vďaka týmto prístrojom objavili zdroj rekordného GRB – supernovu, ktorú zaniesli do katalógov ako SN 2011kl. Je to prvý prípad objavu supernovy spájanej s ultradlhým vzplanutím gama.

Nakoľko dlhé vzplanutia žiarenia gama produkuje iba jedna z 10 000 až 100 000 supernov, explózia musí byť výnimočná. Vedci predpokladali, že tieto GRB sú produktom veľmi masívnych hviezd (50 $M_\odot$) a zároveň príznakom formovania čiernej diery. Ale objav supernovy SN 2011kl tieto predpoklady vyvrátil.

Podľa najviac akceptovaných scenárov pre kolaps masívnej hviezdy (kolapsaru) sa očakávalo, že dlhé vzplanutia (viditeľných a infračervených) emisií sú generované rádioaktívnym rozpadom niklu-56, ktorý sa formuje v explózii. V prípade GRB 111209A analýza kombinovaných údajov dvoch prístrojov po prvý raz ukázala, že tento predpoklad bol omyl!

Jediným vysvetlením GRB po výbuchu supernovy SN 111209A je, že zdrojom explózie bol magnetar. Malá neutrónová hviezda, ktorá sa otočí okolo svojej osi niekoľko stokrát za sekundu a má oveľa silnejšie magnetické pole ako normálne neutrónové hviezdy (rádiopulzary). Vedci považujú magnetary za najsilnejšie zmagnetizované objekty v známom vesmíre.

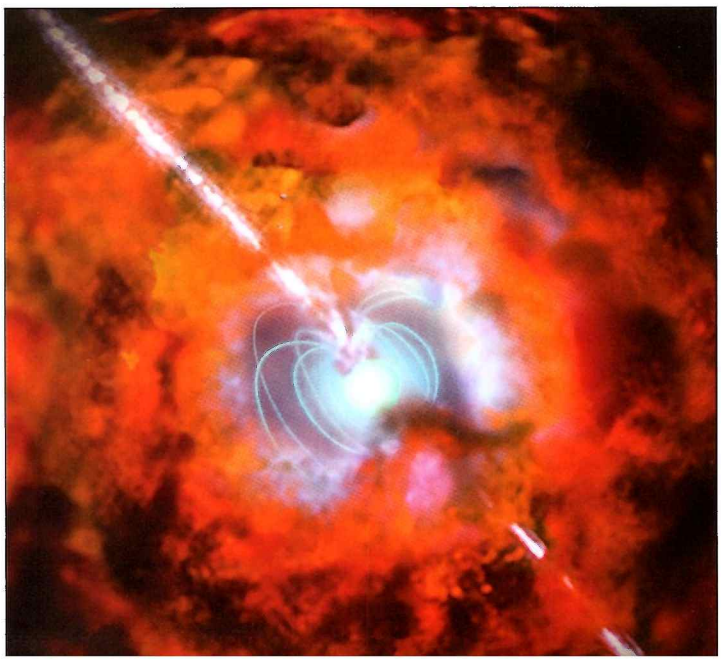
Získané údaje sú silným dôkazom nečakaného vzťahu medzi GRB, veľmi jasnými supernovami a magnetarmi.

Prípad SN 2011kl/GRB 111209A prinútil astronómov rozmýšľať o prijateľnejších alternatívach k scenáru kolapsarov.

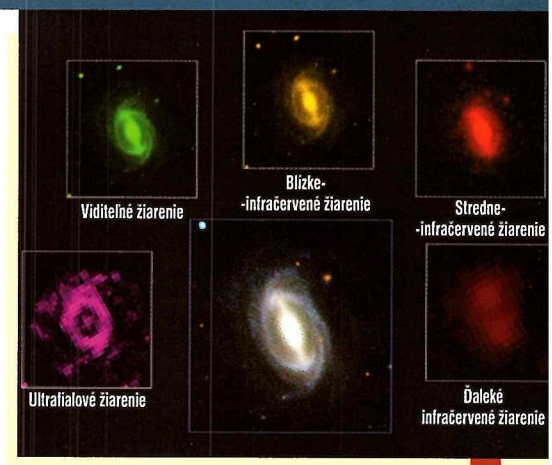
Poznámky:

1. Normálne vzplanutie GRB trvá 2 až 2 000 sekúnd. V ostatných rokoch objavili 4 GRB, ktoré trvajú 10 000 až 25 000 sekúnd. (Označili ich za ultradlhé GRB.)
2. Podľa platnej teórie sú GRB generované relativistickými výtryskami, ktoré vznikajú v horúcom akréčnom disku, rútiacom sa k povrchu masívnej hviezdy.
3. Množstvo niklu-56, ktoré namerali pri supernove SN 2011kl, je príliš veľké, takže nie je v súlade s údajmi o silných UV-emisiách, ktoré zachytil detektor röntgenového žiarenia.
4. Inými zdrojmi energie mimoriadne jasnej supernovy by mohli byť aj interakcie nárazových vĺn s medzihviezdnou hmotou v jej okolí. Umierajúca hviezda nárazovými vlnami postupne odvrhuje niekoľko vrstiev obálky ešte pred výbuchom supernovy. Alebo zdrojom energie by mohol byť aj modrý superobor v úlohe progenitora. Údaje z SN 2011kl však obe možnosti vylúčili.
5. Pulzary sú najčastejším typom pozorovateľnosti neutrónových hviezd. Magnetary však generujú magnetické polia, ktoré sú 100 až 1 000-krát silnejšie ako magnetické polia pulzarov.
6. Istá závislosť medzi supernovami a dlhými GRB vyplynula po prvý raz z údajov, ktoré získali vedci pozorovaním supernovy SN 1998w a GRB 030329 v roku 2003.

ESO Press Release
http://www.eso.org/public/news/eso1527/



Ilustrácia znázorňuje supernovu, ktorú spájajú so vzplanutím žiarenia gama, generovaného rýchle rotujúcou neutrónovou hviezdou s mimoriadne silným magnetickým poľom. Z údajov vyplynulo, že GRB 112209A nie je úkazom, ktorý bol vyvolaný rádioaktívnym rozpadom. Spôsobil ho rozpad supersilného magnetického poľa okolo magnetaru.



Snímky dokumentujú, ako sa typická galaxia javí na odlišných vlnových dĺžkach. V rámci prehliadky GAMA zmerali vedci výdaj energie z vyše 200 000 galaxií na 21 vlnových dĺžkach: od ultrafialovej až po infračervenú. Snímka *uprostred dole* znázorňuje galaxiu po integrovaní snímok získaných na jednotlivých vlnových dĺžkach.

Mapovanie pomalej smrti vesmíru

Vyše 200 000 galaxií preskúmal medzinárodný tím astronómov s cieľom zmerať množstvo vygenerovanej energie vo veľkom segmente časopriestoru. Získali tak doteraz najpresnejšie údaje o výdaji energie v blízkom vesmíre. Zistili, že množstvo energie, produkovanej vo zvolenom segmente vesmíru, je dnes sotva polovičné oproti stavu pred 2 miliardami rokov!

Toto pohasínanie sa prejavilo na všetkých vlnových dĺžkach: od ultrafialovej až po infračervenú.

Vedci využili celý rad pozemských i vesmírnych ďalekohľadov. Tak sa im podarilo zmerať pri každej galaxii výdaj energie na 21 vlnových dĺžkach. Získané údaje pomôžu vedcom lepšie pochopiť formovanie a vývoj rozličných typov galaxií.

Výskum je súčasťou projektu Galaxy And Mass Assembly (GAMA), prehliadky, v rámci ktorej skúmali objekty v doteraz najväčšom rozsahu vlnových dĺžok. Cieľom prehliadky GAMA je zmapovanie a modelovanie všetkej energie, ktorú vygeneroval vesmír v rozličných etapách svojej evolúcie, aj tej, ktorú generuje dnes.

Všetku energiu vesmíru vytvoril big bang. Na počiatku bola iba energia. Počiatočné množstvo energie vesmíru sa už počas dosvitu big bangu rýchle zmenšovalo. Energia sa postupne menila na hmotu. Na druhej strane hviezdy, presne podľa slávnej Einsteinovej rovnice $E = mc^2$ dokážu (vďaka fúzovaniu vodíka na hélium v jadrách) meniť hmotu na energiu, a túto energiu priebežne do vesmíru vracať, dopĺňať. Významným zdrojom energie sú aj horúce disky krúžiace okolo čiernych dier, kde sa gravitačná energia mení na elektromagnetické žiarenie v kvazaroch a aktívnych jadrách galaxií.

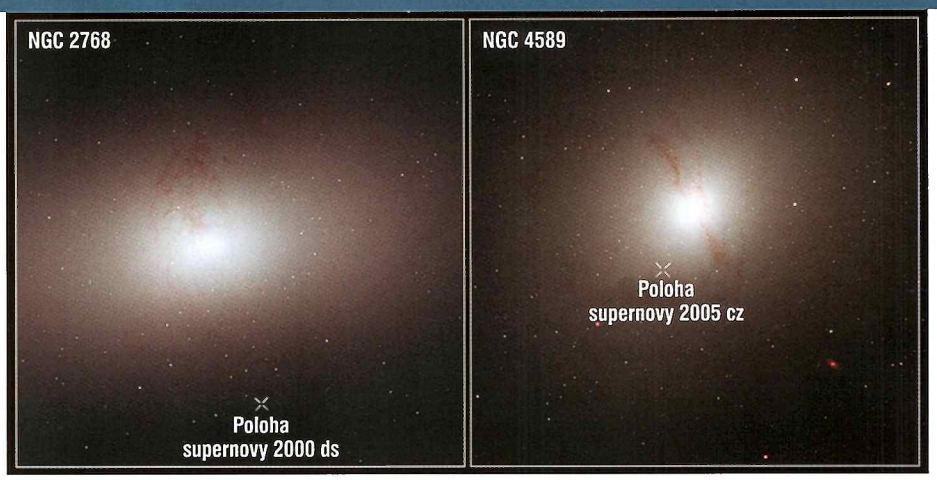
Túto novú energiu buď absorbuje prach v materskej galaxii, alebo uniká do medzigalaktického priestoru a šíri sa v ňom, až kým žiarenie nezasiahne nejakú hviezdu, planétu, alebo, mimoriadne zriedkavo, zrkadlo nejakého ďalekohľadu.

Fakt, že vesmír postupne chladne, pohasína, bol známy už koncom minulého storočia. Projekt GAMA však odhalil, že tento trend, prejavujúci sa na všetkých vlnových dĺžkach, bude pokračovať. Vesmír bude pomaly chladnúť a starnúť.

Na projekte sa podieľal celý rad najvýkonnejších pozemských ďalekohľadov, vrátane VISTA a VST na observatóriu Paranal, určených na prehliadky oblohy, dva ďalekohľady z dielne NASA – GALEX a WISE plus európsky ďalekohľad Herschel.

ESO Press Release
http://www.eso.org/public/news/eso1533/

Supernovy
v nesprávnom čase na nesprávnom mieste



Na oboch snímkach z HST vidíte eliptické galaxie s tmavými prúdmi prachu, čo svedčí o tom, že sú produktmi nedávneho splynutia dvoch galaxií. Tento prach je jediným pozostatkom po menšej galaxii, ktorú kolízia celkom deštruovala. Stred krížikov označuje polohy výbuchov supernov, ktoré boli kedysi súčasťou galaxií. Vzdialenosti týchto supernov od materských galaxií sa rôznia: SN 2000 ds *(vľavo)* je vzdialená najmenej 12 000 svetelných rokov od materskej galaxie NGC 2768; SN 2005 cz *(vpravo)* je vzdialená od svojej galaxie NGC 4589 7 000 svetelných rokov. Prvá z týchto galaxií je od Zeme vzdialená 75 miliónov, druhá 108 miliónov svetelných rokov. Obe supernovy patria do súboru 13 supernov, nachádzajúcich sa mimo materských galaxií, ktoré vedci v rámci projektu študovali.

Zvláštne supernovy objavili mimo najplodnejších oblastí galaxií, kde sa rodí najviac hviezd. Vedci netušia, prečo vybuchli o miliardy rokov skôr, ako by mali. Preto využili archivované pozorovania niekoľkých ďalekohľadov a po analýze vyrukovali s teóriou, odkiaľ sa tieto supernovy vzali a ako sa dostali tam, kde ich dnes pozorujeme.

Podľa platnej teórie boli supernovy kedysi hviezdami v dvojhviezde. Na svojej púti sa priblížili k dvojici čiernych dier v jadre kolidujúcej galaxie. Čierne diery ich z materskej galaxie gravitačne katapultovali. Brutálna interakcia s čiernou dierou však obe hviezdy k sebe priblížila, čo urýchlilo ich splynutie. V niektorých prípadoch dochádza po kritickom priblížení oboch zložiek dvojhviezdy ku gravitačnému kanibalizmu a následne k výbuchu supernovy.

Vedci pomocou údajov z troch pozemských ďalekohľadov (Lick, Subaru a Keck) vypočítali, ako rýchle sa títo hviezdni tuláci pohybovali a pohybujú. Prekvapilo ich, že sa pohybujú rovnakou rýchlosťou ako sólohviezdy, ktoré boli z Mliečnej cesty vyhostené: 7 miliónov kilometrov za hodinu!

Zamerali sa preto na galaxie v oblasti, kde sa rýchle supernovy najhojnejšie vyskytujú. Po analýze snímok z archívu HST sa ukázalo, že väčšinou ide o masívne, eliptické galaxie, ktoré práve kolidujú s inou galaxiou, alebo nedávno po takejto zrážke splynuli.

Vo väčšine týchto galaxií objavili aktívne čierne diery, ktoré kolízia prebrala z driemot, lebo sa do ich blízkosti dostal nadbytok hmoty.

Aktívne galaxie sa vyskytujú najmä v prehustenom priestore, uprostred kôp galaxií, kde k takýmto kolíziám často dochádza. Príznakom galaktického kanibalizmu sú najmä husté, prelínajúce sa oblaky prachu a plynu.

Vedci usúdili, že poloha supernov oproti starým materským galaxiám naznačuje, že už pôvodné hviezdy museli byť staré. Ako sa však staré dvojhviezdy ocitli na perifériách 13 skúmaných galaxií?

Z údajov HST vyplynulo, že bezmála každá zo skúmaných galaxií má v centre masívnu čiernu dieru. Po gravitačnom splynutí dvoch galaxií obe čierne diery migrujú do stredu novej galaxie. Každá so sebou strháva strapec hviezd. Medzi nimi aj dvojhviezdy.

Hviezdy krúžia okolo čiernych dier. Predtým než splynú, obiehajú okolo spoločného ťažiska a približujú sa k sebe. Ak sa k nim dvojhviezda pred splynutím priblíži, tancujúce čierne diery obvykle jednu zložku dvojhviezdy zo stredu galaxie katapultujú, druhú, naopak, pritiahnu bližšie k sebe a časom ju roztrhajú a prehltnú.

Iné dvojhviezdy sa však po každom blízkom stretnutí s čiernou dierou k sebe o niečo priblížia. Tento proces trvá až dovtedy, kým obe zložky hviezdy gravitačne nesplynú.

Ak po zrážke galaxií dôjde ku gravitačnému splynutiu dvoch centrálnych čiernych dier, nastanú búrlivé interakcie hviezd s ich sprievodcami. Mnohé z týchto hviezd a dvojhviezd sa ocitnú na dráhach, ktoré ich po špirále približujú k supermasívnej čiernej diere. V takom prípade počet katapultovaných hviezd dramaticky vzrastie. Zatiaľ čo čierna diera v jadre Mliečnej cesty vyhostí jednu hviezdu za rok, supermasívna čierna diera ich z hviezdneho ostrova katapultuje až 100-krát viac!

Ak čierna diera dvojhviezdu nezničí, ale vyhostí, obe zložky sa k sebe priblížia. Okolo spoločného ťažiska začnú krúžiť čoraz rýchlejšie.

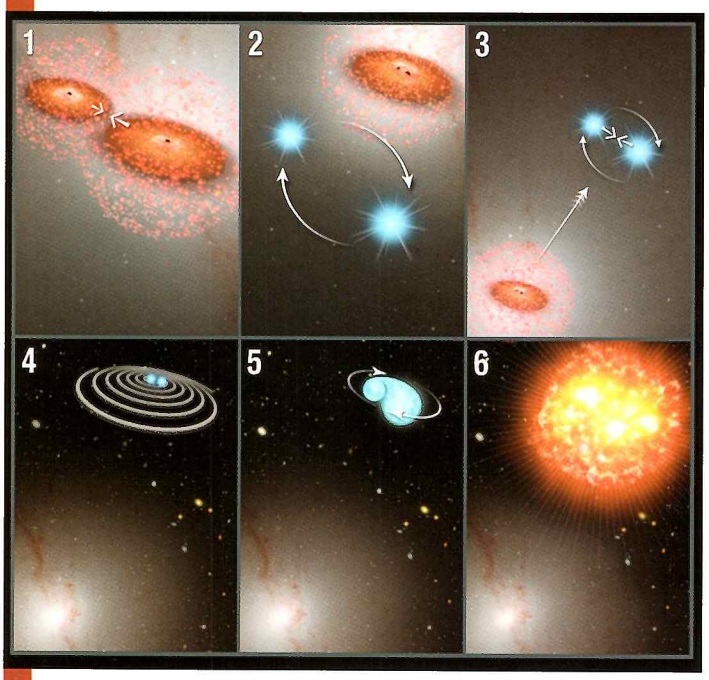
Zložkami dvojhviezd sú najčastejšie dvaja bieli trpaslíci. Sú to malé hviezdy, „potomkovia" umierajúcich hviezd podobných Slnku. Keď sa bieli trpaslíci priblížia k sebe natoľko, že jeden začne nasávať hmotu z druhého, podmienky pre výbuch supernovy dozrievajú. Keď nabaľovaný materiál jednu z mŕtvych hviezd „oživí" nad kritickú mieru, dochádza k výbuchu. Zrodí sa supernova.

Kým jedna zo zložiek katapultovanej dvojhviezdy vybuchne, uplynie zhruba 50 miliónov rokov. To je vo vesmíre pomerne krátka doba. Dvojhviezdy, ktorých vývoj blízke stretnutia s čiernymi dierami neurýchlili, potrebujú na splynutie viac ako 13,8 miliardy rokov. (Teda viac, ako je aktuálny vek nášho vesmíru.)

Hoci vedci už pochopili, čo spôsobuje vyhosťovanie progenitorov potenciálnych supernov, niekoľko záhad okolo nich im ešte nedáva spávať: Prečo sú tieto supernovy také slabé? Prečo produkujú 5-krát viac vápnika ako iné hviezdne explózie?

Normálna supernova má totiž dosť energie na to, aby dokázala vytvoriť celý rad ťažších prvkov (niklu a železa), nielen prebytok ľahšieho vápnika. Tieto atypické supernovy priškrtia reťazec jadrových fúzií kdesi uprostred výbuchu. Dôsledok: explózia vytvorí prebytok vápnika, ale iba minimum železa.

Vedci vedia, že výbuchy „potulných supernov" sú výrazne slabšie, uvoľňujú menej energie a majú nižšiu jasnosť ako typické supernovy. Ba čo viac, zdá sa, že vyvrhujú aj oveľa menej hmoty. Normálny výbuch dokáže totiž progenitora supernovy doslova rozmetať.



Ilustrácia znázorňuje proces, ktorým prechádzajú hviezdni tuláci, kým vybuchnú ako supernovy.
1. Najprv splynú po kolízii galaxií dve čierne diery. Každá z nich s viazaným sprievodom najmenej milióna hviezd a dvojhviezd.
2. Jedna dvojhviezda sa príliš priblíži k dvojici čiernych dier.
3. Gravitácia čiernych dier katapultuje dvojhviezdu z galaxie. Interakcia obe zložky dvojhviezdy k sebe priblíži.
4. Zložky dvojhviezdy sa naďalej k sebe približujú, pretože svoju energiu na obežnej dráhe strácajú v podobe gravitačných vĺn.
5. Ak sa k sebe príliš priblížia, jednu z hviezd slapové sily roztrhajú.
6. Ak sa hmota z mŕtvej hviezdy rýchle nabalí na hviezdu, ktorá prežila, nastane výbuch supernovy.

HST Press Release
http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2015/28/

Čierne diery: ideálne prírodné laboratóriá...

... na skúmanie tmavej hmoty. Tak to aspoň vyplynulo zo simulácií na počítačoch NASA. Vedci po analýze simulácie dospeli k presvedčeniu, že častice tmavej hmoty, kolidujúce v prostredí extrémnej gravitácie čiernej diery, môžu vyprodukovať silné, potenciálne pozorovateľné žiarenie gama. Ak by astronómovia v reálnom vesmíre tieto emisie detegovali, získali by nový nástroj na skúmanie čiernych dier i podstaty tajomnej tmavej hmoty.

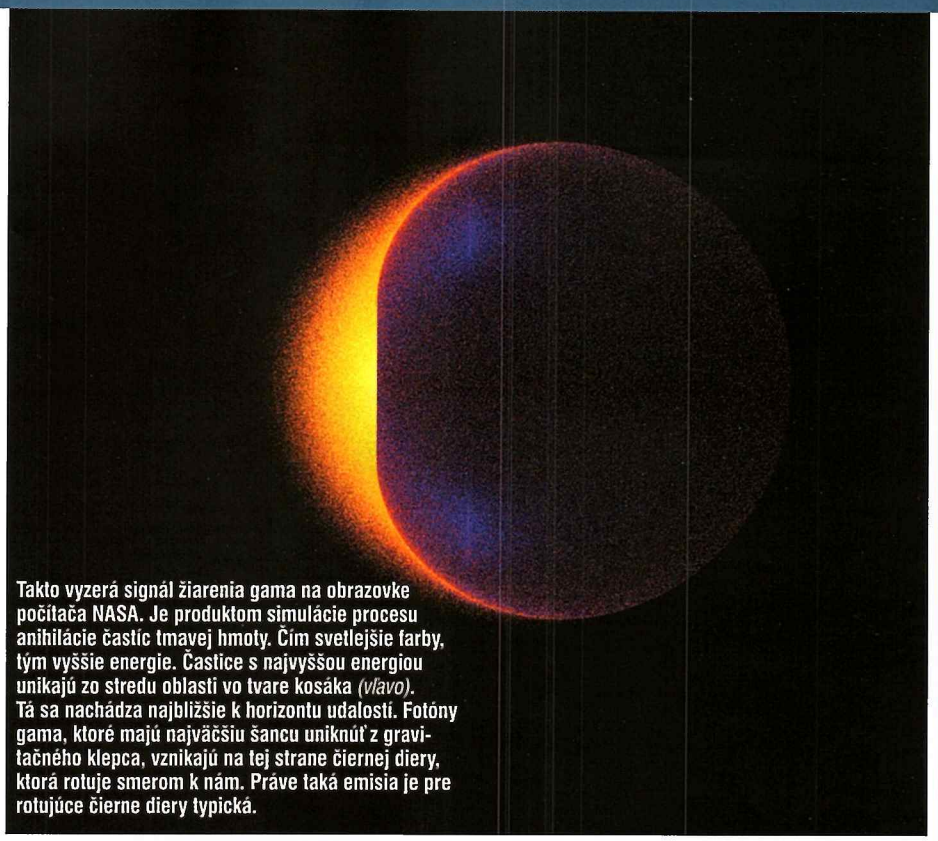
„Nevieme, čím je tmavá hmota. Vieme však, že so zvyškom vesmíru interaguje iba prostredníctvom gravitácie. Z toho vyplýva, že najviac tmavej hmoty by sa malo akumulovať okolo čiernych dier," vyhlásil svojho času astrofyzik Jeremy Schnittman z Goddard Space Flight Center v Marylande. „Čierne diery častice tmavej hmoty prirodzeme koncentrujú. Navyše, gravitácia čiernych dier znásobuje nielen energiu častíc tmavej hmoty, ale aj počet kolízií, ktoré sú, podľa všetkého, zdrojom žiarenia gama."

Schnittman naprojektoval a uskutočnil simuláciu na počítači kvôli tomu, aby overil, či sa dajú sledovať obežné dráhy miliónov častíc tmavej hmoty i žiarenia gama, ktoré vzniká ako produkt zrážok týchto častíc v blízkosti čiernej diery.

Vedci zistili, že niektoré fotóny žiarenia gama unikajú rýchlosťami, ktoré ďaleko prekonávajú všetky teoretické limity.

V simulácii nadobúda tmavá hmota formu WIMP-ov (slabo interagujúcich masívnych častíc), ktoré sa v ostatnom čase opäť stali najsľubnejšími kandidátmi na to, čím by tmavá hmota mala byť. Podľa tohto modelu v momente, keď sa dva WIMP-y zrazia, okamžite vzájomne anihilujú. Energia ich zrážky sa premení na žiarenie gama, najenergetickejšiu formu elektromagnetického žiarenia. Takéto zrážky sú však za normálnych okolností mimoriadne zriedkavé.

Počas ostatných rokov sa teoretici vrátili k čiernym dieram. Považujú ich za „koncentrátory" tmavej hmoty. Iba okolo čiernych dier panujú podmienky, v ktorých sa zvyšuje nielen počet zrážok častíc, ale aj množstva ich energie. Ide o variant Penroseho procesu.



Takto vyzerá signál žiarenia gama na obrazovke počítača NASA. Je produktom simulácie procesu anihilácie častíc tmavej hmoty. Čím svetlejšie farby, tým vyššie energie. Častice s najvyššou energiou unikajú zo stredu oblasti vo tvare kosáka *(vľavo)*. Tá sa nachádza najbližšie k horizontu udalostí. Fotóny gama, ktoré majú najväčšiu šancu uniknúť z gravitačného klepca, vznikajú na tej strane čiernej diery, ktorá rotuje smerom k nám. Práve taká emisia je pre rotujúce čierne diery typická.

Britský astrofyzik identifikoval v roku 1969 proces, ktorý uberá energiu z rotujúcej čiernej diery. Čím rýchlejšie rotuje, tým viac energie stráca.

Všetky udalosti Penrosovho procesu sa odohrávajú nad horizontom udalostí čiernej diery v stenčujúcej sa oblasti zvanej ergosféra. (Horizont udalostí je rozhranie, pod ktorým už nič z čiernej diery nemôže uniknúť.) V ergosfére rotácia čiernej diery strháva so sebou aj časopriestor, takže všetko je nútené pohybovať sa rovnakým smerom bezmála rýchlosťou svetla. Takéto podmienky sú ideálnym prírodným laboratóriom na skúmanie tmavej hmoty.

Čím rýchlejšie čierna diera rotuje, tým väčšia je jej ergosféra. To umožňuje zrážanie častíc s vysokou energiou ďalej od horizontu udalostí, čím sa zvyšujú šance pozemských astronómov detegovať fotóny gama unikajúce z čiernej diery.

Prvé výsledky simulácií očakávania vedcov sklamali. Ukázalo sa, že v kolíznej verzii Penroseho procesu bolo maximum vyžarovanej energie iba o 30 % vyššie ako pri jeho začiatku. Navyše, z ergosféry unikalo iba veľmi málo fotónov gama s vysokou energiou. Nádej, že možno detegovať žiarenie gama okolo čiernych dier ako dôkaz existencie tmavej hmoty, sa rozplynula.

Prvé pokusy však vychádzali zo zjednodušených predstáv o tom, kde sa vlastne zrážky s najvyššou energiou odohrávajú. Vedci vypracovali nový model, umožňujúci sledovať dráhy veľkého počtu vzájomne interagujúcich častíc v blízkosti rotujúcej čiernej diery.

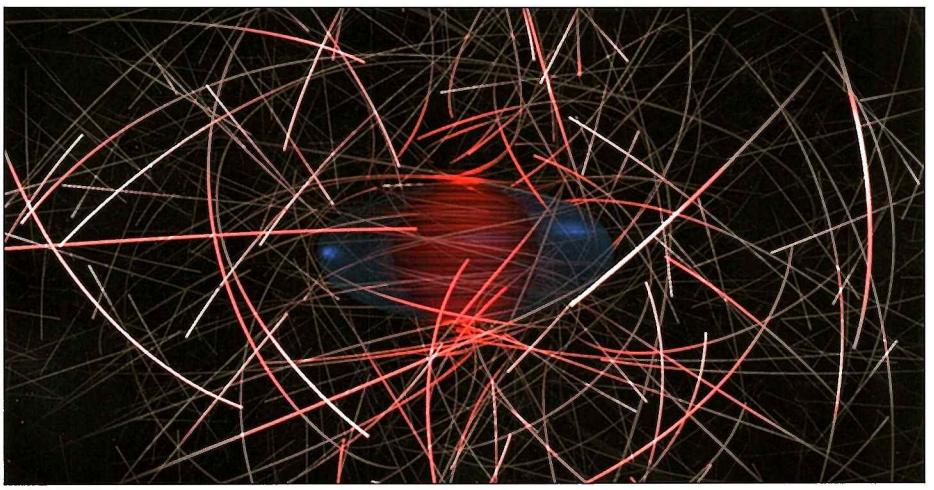
Schnittmanova simulácia tieto nové poznatky zohľadnila. Výsledok všetkých ohromil: kolízie a vzájomné anihilácie častíc v blízkosti čiernej diery generovali fotóny gama s oveľa vyššími energiami, ako sa očakávalo. Schnittman dokonca identifikoval aj donedávna neznáme dráhy častíc, na ktorých zrážky produkujú fotóny gama až so 14-krát vyššou energiou, ako sa dovtedy predpokladalo.

Vedec pomocou nových údajov zostavil aj simulovaný obraz žiary, ktorú vytvárajú fotóny gama tak, ako by ju mal vidieť pozemský pozorovateľ sledujúci oblasti okolo rovníka čiernej diery. Žiarenie s najvyššou energou uniká zo stredu kosák pripomínajúcej oblasti na okraji čiernej diery, ktorá rotuje smerom k nám. Práve tam majú fotóny gama najväčšiu šancu uniknúť z ergosféry a byť zaznamenané prístrojmi pozemšťanov.

Schnittman nepochybuje, že po zdokonalení terajších ďalekohľadov gama nimi astronómovia predpovedané signály v krátkom čase objavia.

NASA Press Release

http://phys.org/news/2015-06-nasa-simulation-black-holes-ideal.html



Schémy sú upravené tak, aby počet častíc tmavej hmoty bol čo najvyšší. Častice sú znázornené ako pospájané sivé guľky a vytvárajú stopy ich pohybu. Červenšie trajektórie prezrádzajú častice pohybujúce sa tesne nad horizontom udalostí, na ktoré gravitácia čiernej diery pôsobí silnejšie. (Horizont udalostí je čierna guľa uprostred, čiastočne prekrytá dráhami častíc.) Ergosféra, kde sa všetka hmota i žiarenie musia prispôsobiť rotácii čiernej diery, je znázornená modro-zeleno.

Vyhasnuté galaxie v kope Coma...

... sú obalené tmavou hmotou. Kopa galaxií, vzdialená 300 miliónov svetelných rokov, obsahuje 100-krát viac tmavej, ako viditeľnej hmoty. Vyplýva to zo štúdie austrálskch astronómov, ktorí zverejnili výsledky mimoriadne sofistikovaných počítačových simulácií, zameraných na galaxie v kope Coma. (Ide o jednu z najväčších štruktúr vesmíru, kde gravitácia spútala dovedna vyše 1 000 galaxií.)

Zo simulácie vyplynulo, že galaxie sa stali súčasťou kopy už pred 7 miliardami rokov. To je v súlade s platnou teóriou formovania galaxií, podľa ktorej kopy galaxií môže udržiavať pokope iba veľké množstvo tmavej hmoty. Podľa štúdie International Centre for Radio Astronomy Research tvoria kopu stovky rovnako veľkých galaxií ako naša Mliečna cesta. Tieto hviezdne ostrovy však majú 100-krát menej hviezd ako naša Galaxia. Podľa vedcov ide o staré galaxie (7 až 10 miliárd rokov), v ktorých hviezdotvorba ustala už predtým, ako sa stali súčasťou kopy Coma.

Sú to v podstate vyhasnuté galaxie, ktorým sa už minul plyn potrebný na hviezdotvorbu.

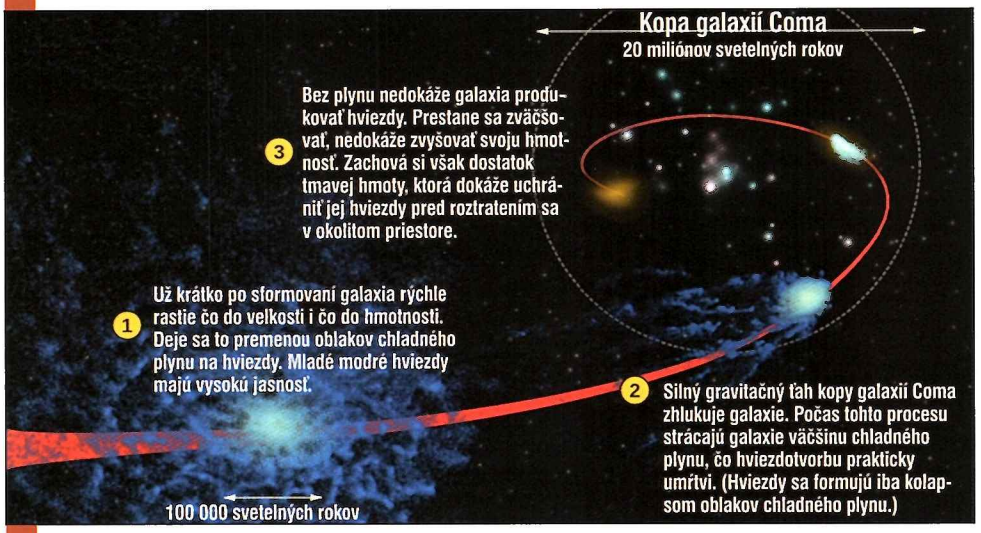
Tieto galaxie sa sformovali z gigantických oblakov vodíka, ktoré skolabovali a premenili sa na hviezdy. Prečo sa však v týchto galaxiách vytvorilo tak málo hviezd? Lebo je v nich málo plynu? Prečo však o svoj plyn prišli?

Jedným z dôvodov straty plynu môže byť práve zoskupovanie galaxií do kopy. Nesmierne gravitačné sily kopy pôsobia na jednotlivé galaxie, sťahujú ich dokopy. Ostrovy hviezd sa zhlukujú, ale sily pôsobiace počas týchto procesov z nich väčšinu chladného plynu doslova „vytlačia". (Rovnako ako vodu zo špongie.)

Menšia časť plynu sa počas týchto procesov zohreje, zotrvá v kope, ale oblaky horúceho plynu nekolabujú. Teda netvoria sa v nich hviezdy.

Prečo sa tieto galaxie pred 7 miliardami rokov zhlukli dokopy? Prečo sa v rozpínajúcom vesmíre neroztratili v priestore? Dnes to už vieme: preto, lebo ich udržala pohromade tmavá hmota.

http://www.ras.org.uk/news-and-press/2686-dead-galaxies-in-coma-cluster-may-be-packed-with-dark-matter



Ilustrácia znázorňuje proces, počas ktorého normálna modrá (hviezdy formujúca) galaxia stratila svoj plyn, pretože sa stala súčasťou kopy Coma už v ranom štádiu svojho vývoja.

Úlovky z Oka medúzy

NOEMA (Northern Extended Millimeter Array) je najvýkonnejším milimetrovým ďalekohľadom na severnej pologuli. Antény tohto rádioteleskopu rozostavili na Plateu de Bure vo francúzskych Alpách. Vedci rozhodli, že prvou úlohou tohto ďalekohľadu bude získanie snímky z extrémnej formácie hviezd v Medúze v oblasti, kde sa vo vzdialenosti 100 miliónov svetelných rokov zrazili dve galaxie.

Presnejšie, ďalekohľad zamerali na Oko Medúzy. Na obrovskú centrálnu oblasť (priemer 500 svetelných rokov) uprostred kolízie dvoch hviezdnych ostrovov, kde sa uprostred superhustých prachových a plynových oblakov formujú masívne hviezdy. Tieto hviezdy však vo viditeľnom svetle nemožno pozorovať.

Medúzu už pozorovali vedci z viacerých observatórií. Gigantickú zrážku zmapovali najrozličnejšie prístroje. Ani jeden z nich však neobjavili „Oko", oblasť plynu s extrémne vysokou hustotou. Dávnejšie pozorovania zaznamenali oxid uhlíka (CO), molekuly, ktoré sa pri pozorovaniach v rádiovej oblasti na milimetrových vlnových dĺžkach využívajú najviac. Ibaže vedcom ešte nikdy detekcie CO neprezradili toľko detailov. Ani o oblasti Oko. Tím IRAM (Institute de Radioastronomie Millimetrique) vo francúzskych Alpách detegoval aj molekuly kyanidu vodíka (HCN) a formylia (HCN^+).

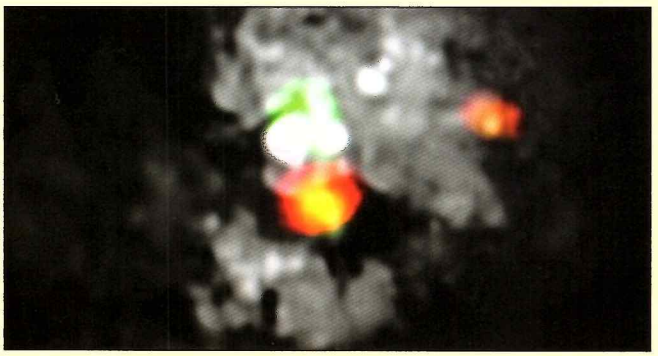
Tieto objavy dokazujú, že vývoj hviezd možno skúmať aj v tých etapách ich formovania, ktoré sa zaznamenávaním CO nedali detegovať. Úspešná detekcia najrozličnejších molekúl v extrémnej hviezdnej formácii dokazuje v procesoch formovania galaxií existenciu oveľa komplexnejších chemických látok, ako sa vedci domnievali.

Ako galaxie počas histórie vesmíru vznikali, ako sa vyvíjali a hromadili do kôp, možno vyčítať najmä zo z ich zrážok, kolízií. Pre vedcov z tímu IRAM, ktorí analyzovali údaje z ďalekohľadu NOEM, bolo veľkým prekvapením pozorovať jasnú oblasť Oka, iluminovanú tisíckami neustále sa rodiacich, mladých hviezd. Plodnejšej maternice v kolíznych poliach dvoch galaxií v celom známom vesmíre niet! Ukázalo sa, že pri prieskumoch komplexných procesov hviezdotvorby aj v tých v najzahalenejších oblastiach nebude mať zariadenie NOEMA ešte dlho páru.

NOEMA využíva synergiu s najväčšími a najdôležitejšími astronomickými prístrojmi na Zemi i vo vesmíre! Môže skúmať chladný vesmír (okolo –250 °C) a detegovať chladnú, medzihviezdnu látku (prach a plyn), z ktorých sa formujú hviezdy i planéty. NOEMA je jedným z prvých rádioteleskopov novej generácie vyvinutých s využitím najnovších technológií. Hoci ešte nie je kompletný, je najvýkonnejším interferometrom na severnej pologuli. Momentálne operuje so siedmimi anténami (s priemerom 15 m), pričom každá je vybavená ultracitlivým prijímačom. Po skompletizovaní na 12 antén sa NOEMA stane jedným z najdôležitejších astronomických prístrojov na prieskum najvzdialenejších a najzahalenejších oblastí vesmíru.

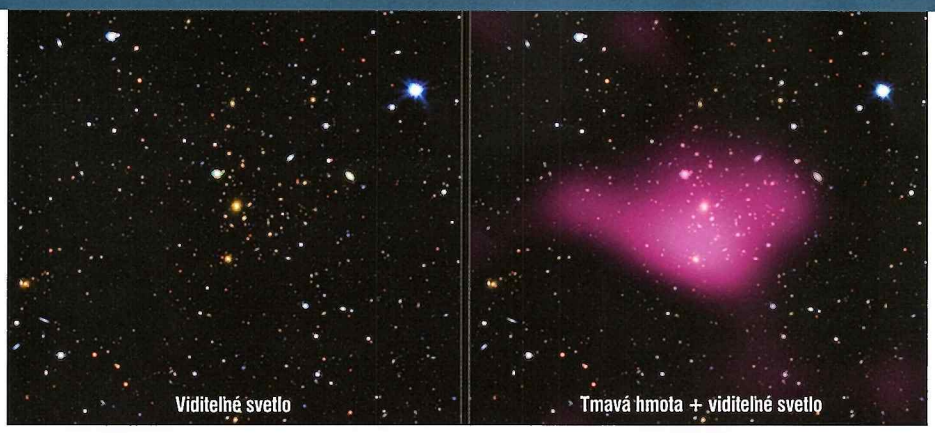
IRAM Press Release

http://phys.org/news/2015-06-technique-powerful-radio-telescope-chemical.html



Snímka Oka medúzy *(oranžová farba)*, **ktorú vyhotovili zo snímok exponovaných na rozličných vlnových dĺžkach. Samotné oko nájdete priamo pod čiernou dierou v centre NGC 4149** *(biela a zelená farba)*.

NOEMA, najvýkonnejší milimetrový rádioteleskop na severnej pologuli, postavili na Plateau de Bure vo francúzskych Alpách.



Na snímke *vľavo* vidíte jednu zo skupín galaxií, ktorú zmapovali v rámci prehliadky južnej oblohy KiDS. Na snímke *vpravo* vidíte tú istú oblasť, ale už s tmavou hmotou (ružová farba).

Ako tmavá hmota
ovplyvňuje galaxie

Zverejnili prvé výsledky veľkej prehliadky južnej oblohy, zameranej na hniezda tmavej hmoty. Dozvedáme sa z nich, do akej miery sú vlastnosti galaxií ovplyvňované neviditeľnými oblakmi tmavej hmoty, ktoré ich obklopujú.

Prevažnú časť hmoty vesmíru tvorí tmavá hmota. Nakoľko tmavá hmota nevyžaruje, ani neabsorbuje žiarenie, astronómovia jej hniezda detegujú iba sledovaním a meraním jej pôsobenia na okolité hviezdy a galaxie.

Vedci pomocou prehliadky KiDS (Kilo-Degree Survey), počas ktorej využili najvýkonnejší ďalekohľad ESO, určený na prehliadky a jeho veľkú kameru – OmegaCAM, čím získali súbor snímok, ktoré dokonalejšie ako kedykoľvek predtým zmapovali rozloženie tmavej hmoty na južnej oblohe.

Jedným z hlavných cieľov VST je využiť tieto mapy na pochopenie záhadnej tmavej energie, ktorá generuje zrýchľovanie vesmíru.

Poznámka: Optický ďalekohľad VST doplnili kvôli prehliadke KiDS infračerveným ďalekohľadom VISTA.

Najefektívnejšou metódou objavovania hniezd tmavej hmoty je gravitačné šošovkovanie. Táto technika využíva deformácie tkaniny vesmíru pôsobením gravitácie, ktorá zakrivuje žiarenie prichádzajúce zo vzdialených galaxií, ďaleko za práve skúmaným hniezdom tmavej hmoty. Analýzou týchto efektov je možné zmapovať oblasti, kde je gravitácia najsilnejšia, a určiť miesta, kde sa hmota vrátane tej tmavej nachádza.

V materiáloch, ktoré tím KiDS predbežne zverejnil, sú snímky vyše 2 miliónov galaxií. Väčšina z nich sa nachádza vo vzdialenostiach zhruba 5,5 miliardy svetelných rokov. Vedci pomocou týchto snímok študujú zakrivenie žiarenia emitovaného galaxiami. Zakrivenie sa prejavuje vtedy, keď žiarenie križuje masívne zhluky tmavej hmoty na ceste zo zdroja k Zemi.

Prvé výsledky zverejňujú údaje iba o 7 % objektov. Sústreďujú sa najmä na mapovanie rozloženia tmavej hmoty v skupinách galaxií. Väčšina galaxií sa vyvíja v skupinách. (Naša Mliečna cesta je súčasťou Miestnej skupiny galaxií.) Preto je spresňovanie odhadov množstva tmavej hmoty v takýchto zoskupeniach kľúčom k overeniu celej teórie formovania galaxií v kozmickej sieti. Z efektov gravitačného šošovkovania vedci vyčítali, že v skúmaných skupinách galaxií je 30-krát viac tmavej, ako viditeľnej hmoty.

Predbežne najzaujímavejšie výsledky:

Najjasnejšie galaxie skoro vždy hniezdia uprostred hniezda tmavej hmoty.

Predpoveď teórie formovania galaxií, podľa ktorej proces zoskupovania sa galaxií do skupín priebežne pokračuje, ešte nikdy nebola demonštrovaná tak presvedčivo.

Prvé zverejnenie údajov je iba začiatkom veľkého programu využívania gigantického množstva údajov z prehliadky KiDS. Údaje uložené v archíve ESO budú voľne prístupné pre všetkých vedcov sveta.

ESO Press Release

http://www.eso.org/public/news/eso1528/

Zvláštna medzera
v protoplanetárnom disku blízkej hviezdy

Nedávno objavená medzera v disku Slnku podobnej hviezdy TW Hydrae nie je jediná. Pred časom v tom istom disku objavil medzeru aj Hubblov vesmírny ďalekohľad. Medzera, ktorú objavili pomocou ďalekohľadu Subaru, dokazuje, že v disku tejto hviezdy sa formuje viac planét. Objav uskutočnili v rámci prieskumu SEEDS (Strategic Exploration of Exoplanets and Disks) vedci z Národného astronomického observatória v Japonsku.

Mladá hviezda HW Hya (7 až 10 miliónov rokov), má oproti Slnku polovičnú hmotnosť. Je vzdialená 180 svetelných rokov a je najbližšou hviezdou typu T Tauri. Relatívna blízkosť tejto hviezdy i jej fyzikálne vlastnosti ju predurčili na to, aby sa stala terčom pozorovania na niekoľkých vlnových dĺžkach s vysokým rozlíšením. Okrúhla medzera v protoplanetárnom disku, ktorú v infračervenej oblasti objavil HST pred dvomi rokmi, je od centrálnej hviezdy vzdialená 80 AU.

Medzera, ktorú objavil ďalekohľad Subaru, je od hviezdy vzdialená iba 20 AU. Spektrálne rozloženie energie (ide o údaj o geometrickej štruktúre najvnútornejšej časti disku, ktorý je vzhľadom na blízkosť hviezdy priamo nepozorovateľný) medzi viditeľnými a strednými infračervenými vlnovými dĺžkami naznačuje, že disk (s priemerom 4 AU) sa nachádza oveľa bližšie k hviezde, ako sa pôvodne predpokladalo.

Tím SEEDS pozoroval prach s veľkosťou 0,1 až 1 mikrometer v disku okolo hviezdy TW Hya v H-pásme (1,6 mikrometra). To vedcom umožnilo rozlíšiť štruktúru medzery vo vzdialenosti 20 AU od hviezdy. V našej Slnečnej sústave by sa táto medzera nachádzala vo vzdialenosti obežnej dráhy Urána (19,19 AU). Tento objav a potvrdenie dávnejšie objavenej medzery v disku TW Hya potvrdili, že sa v ňom tvorí v rozličných vzdialenostiach od hviezdy viacero zoskupení gravitačne sa „zliepajúcich" planetezimál.

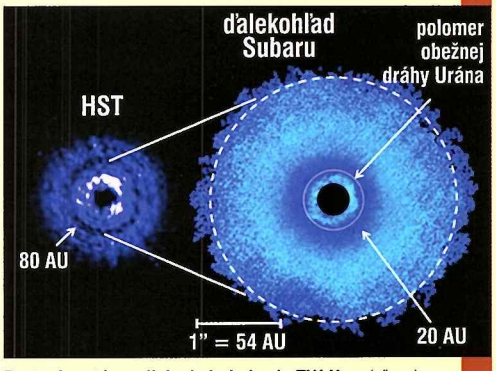
Od roku 1995, keď okolo Slnku podobnej hviezdy 51 Pegasi objavili prvú exoplanétu, do katalógov zaniesli viac ako 5 000 kandidátov na exoplanéty. Nakoľko hviezdy s väčším počtom planét predstavujú v týchto objavoch značný podiel, vedci sú presvedčení, že vo vesmíre je takýchto sústav veľa.

TW Hya, nachádzajúca sa uprostred procesu formovania planetárnej sústavy, umožňuje vedcom študovať, čo sa dialo v našej sústave pred 4,5 miliardami rokov. Vedcov, ktorí detegovali na povrchu disku zrniečka prachu s veľkosťou 0,1 až 1 mikróna zaujíma, ako sa zrnká počas procesu zväčšujú. Bez toho sa nedá pochopiť rozloženie veľkých zrniek (1 mm a viac) vo vnútri disku.

Rádioteleskop ALMA objavil podobé medzery aj v disku inej mladej hviezdy HL Tauri, ktorá je dokonca mladšia ako HW Hya. Nasledujúce pozorovania potvrdili rozloženie väčších zrniek prachu v celom disku dookola hviezdy. Veľké zrnká vo vnútri disku HW Hya chce detegovať v milimetrovej i submilimetroveh oblasti aj tím okolo SEEDS. Navyše: výkonné rádioteleskopy dokážu detegovať nielen plyn (hlavnú zložku veľkých jovánskych planét), ale aj atmosféry okolo terestrických planét.

Po skombinovaní údajov zo Subaru a z ALMA vzniknú trojrozmerné štruktúry protoplanetárnych diskov, ktoré budú slúžiť k pochopeniu mechanizmov formovania planét. Až prístroj ďalšej generácie Thirty Meter Telescope (TMT) však bude schopný definitívne odhaliť pôvod medzier v protoplanetárnych diskoch. A možno poopraviť aj dnešné predstavy o formovaní planét v nich.

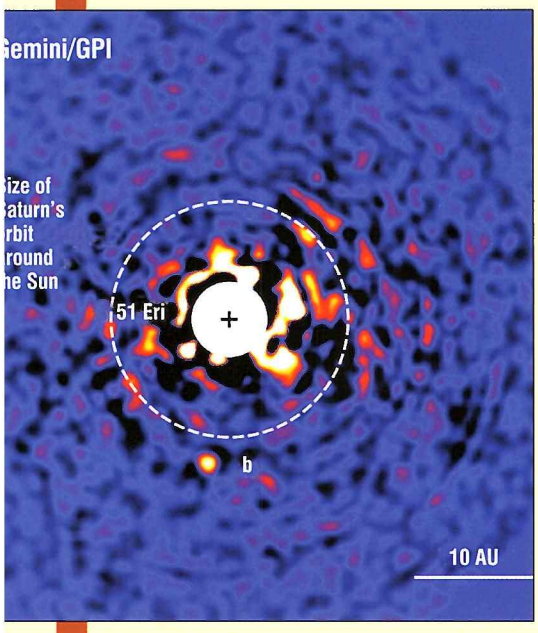
Ilustrácia sústavy hviezdy TW Hya znázorňuje obe medzery v protoplanetárnom disku. Vo vonkajších oblastiach disku sa dajú rozoznať ďalšie potenciálne medzery. Formujú sa v nich ďalšie planéty?



Protoplanetárny disk okolo hviezdy TW Hya *(vľavo)*. Snímka, exponovaná kamerou HST v oblasti blízkej infračervenému spektru zviditeľňuje vo vzdialenosti 80 AU od hviezdy medzeru v disku *(vpravo)*. Nová snímka zo Subaru zviditeľnila medzeru, vzdialenú od hviezdy TW Hya 20 AU, čo je vzdialenosť obežnej dráhy Uránu. Tmavý kruh uprostred s polomerom 11 AU je maska zacláňajúca hviezdu. Povrchová jasnosť disku bola zvýšená na oboch snímkach.

SEEDS a ALMA Press Release

http://phys.org/news/2015-06-discovery-multiple-ring-like-gaps-protoplanetary.html



Na snímke vidíte joviánsku exoplanétu 51 Eridani b, exponovanú prístrojom Gemini Planet Imager v blízkej infračervenej oblasti. Jasná centrálna hviezda 51 Eridani je prekrytá maskou. Iba tak dokázal spektrometer detegovať exoplanétu s miliónkrát nižšou jasnosťou.

51 Eridani b: priamo objavená exoplanéta

Skupina astronómov zo Space Telescope Science Institute v Baltimore využila kameru Gemini Planet Imager, ktorú nedávno vyvinuli pre lovcov exoplanét. S cieľom priamo objaviť exoplanétu, ktorá by sa čo najviac podobala na planétu z našej Slnečnej sústavy.

Zámer sa podaril: objavili exoplanétu 51 Eridani b, vzdialenú 100 svetelných rokov, dvakrát hmotnejšiu ako Jupiter. Planéta okolo materskej hviezdy obieha po obežnej dráhe vo vzdialenosti 13 AU (v našej sústave niekde medzi Saturnom a Uránom).

Mimoriadne citlivý spektrometer na Gemini ziskal unikátne spektrum metánovej atmosféry na exoplanéte, pripomínajúcej našich plynových obrov. Exoplanéta 51 Eridani b pripomína mladšiu, väčšiu verziu Jupitera. Fakt, že sa podarilo jednoznačne detegovať metán na exoplanéte s miliónkrát nižšou jasnosťou ako jej materská hviezda (a to napriek hustej atmosfére), sľubuje v budúcnosti čoraz presnejšie chemické diagnózy prostredia aj na exoplanétach s ešte nižšou jasnosťou.

Vedci si veľa sľubujú najmä od vesmírnych ďalekohľadov James Webb a Wide-Field Infrared Survey Telescope.

HST Press Release

http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2015/30/

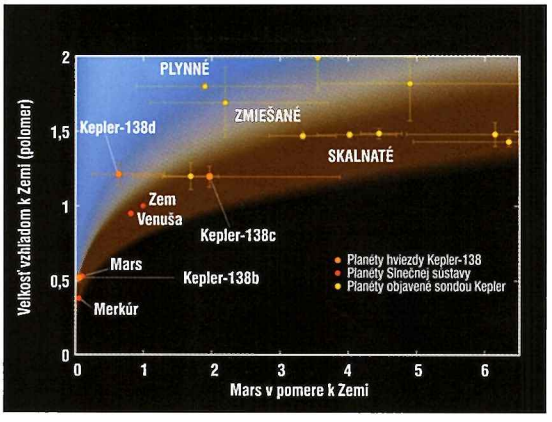
Exoplanéta s hmotnosťou Marsu

Porovnať veľkosť exoplanéty s veľkosťou Zeme v záplave žiarenia materskej hviezdy, vzdialenej stovky svetelných rokov, sa donedávna považovalo za nemožné. Vypočítať hmotnosť takejto planéty z údajov o vplyve jej gravitácie na materskú hviezdu je o niečo ľahšie. Držiteľom rekordu bol donedávna tím, ktorému sa podarilo zmerať hmotnosť exoplanéty o polovicu menšej ako Zem. Tento rekord padol: americkí astronómovia porovnali hmotnosť exoplanéty s veľkosťou Marsu, ktorá má iba desatinu hmotnosti Zeme!

Kepler-138b je navyše prvou exoplanétou menšou ako Zem, pri ktorej sa podarilo zmerať tak jej hmotnosť, ako aj veľkosť.

Vedci najčastejšie vypočítavajú hmotnosť planéty z údajov o nepatrných zmenách rýchlosti materskej hviezdy pod vplyvom gravitácie skúmanej planéty. Pri exoplanétach s hmotnosťou Zeme je to pre súčasnú generáciu prístrojov neobyčajne náročná a nespoľahlivá metóda. Oveľa efektívnejšia je metóda monitorovania zmeny jasnosti materských hviezd opakujúcimi sa zákrytmi jej planét.

Ak okolo hviezdy obieha viac planét, ktorých obežné dráhy nie sú od seba príliš vzdialené, možno uplatniť aj inú metódu. Vedci z Centra pre exoplanéty a obývateľné svety (Pennsylvania State University) zmerali hmotnosti troch planét v sústave hviezdy Kepler-138 pomocou novej metódy.



Graf znázorňuje hmotnosti a veľkosti najmenších exoplanét, pri ktorých sa podarilo získať oba údaje. Tri planéty zo sústavy hviezdy Kepler-138 *(oranžové)* patria medzi štyri najmenšie planéty s hodnovernými údajmi o ich veľkosti a hmotnosti.

Pohyb každej z týchto planét ovplyvňuje aj gravitácia ostatných planét sústavy. Pod ich vplyvom sa ich pohyb buď periodicky spomaľuje, alebo zrýchľuje. Nepatrné zmeny rýchlosti počas jednotlivých obehov umožňujú vedcom zmerať hmotnosti planét.

Počas každého zákrytu hviezdy planétou jej žiarenie nepatrne zoslabne. Pomocou tejto metódy objavila sonda Kepler tisíce exoplanét.

Zmeraním hmotnosti i veľkosti exoplanéty môžu vedci vypočítať aj jej hustotu a do istej miery aj jej zloženie a určiť, či sa tá-ktorá planéta sformovala prevažne zo skál, alebo z vody a plynu.

Exoplanéta Kepler-138b má hustotu zodpovedajúcu terestrickým planétam typu Zeme či Marsu. Či však naozaj ide o terestrickú planétu, to vyplynie až z ďalších pozorovaní.

Ilustrácia zobrazuje planetárnu sústavu, v ktorej okolo materskej hviezdy obieha aj exoplanéta Kepler-138b. Prvá z objavených exoplanét, pri ktorej sa podarilo zmerať jej hmotnosť i jej veľkosť. Planéty sú oproti hviezde zobrazené väčšie ako v skutočnosti.

Okolo hviezdy Kepler-138, ktorá je o polovicu menšia a o 30% chladnejšia ako Slnko, krúžia tri planéty. Exoplanéta Kepler-138b obieha okolo hviezdy po najbližšej, najvnútornejšej dráhe. Sústava sa nachádza vo vzdialenosti 200 svetelných rokov.

Ďalšie dve planéty, Kepler-138c a Kepler-138d sú približne rovnako veľké ako Zem. Kepler-138c je podľa všetkého terestrická planéta. Kepler-138d má nižšiu hustotu, takže sa nemohla sformovať z rovnakej zmesi materiálu ako Zem. Nakoľko všetky tri planéty krúžia okolo svojej hviezdy po veľmi blízkych obežných dráhach, voda v tekutom skupenstve tam nie je. Už dávno sa vyparila.

Rozdiel medzi hustotami dvoch väčších planét svedčí o tom, že zďaleka nie všetky planéty, čo do veľkosti podobné Zemi, sú terestrické. Iba z pozorovaní ďalších Zemi podobných exoplanét vyplynie, či sú terestrické planéty s parametrami Zeme bežné, alebo zriedkavé.

V 20. storočí väčšina astronómov študovala širokú škálu hviezd kvôli charakteristike a klasifikácii ich rozličných typov. Astronómovia v 21. storočí robia to isté kvôli pochopeniu rôznorodosti populácií planét. Predbežne iba v našej Galaxii, aj to iba v dosahu súčasnej generácie prístrojov.

Údaje o malých planétach, ktoré získava sonda Kepler a onedlho aj sonda TESS (Transiting Exoplanet Survex Satellite), analyzujú vedci kvôli identifikovaniu znakov vo vzťahu medzi ich hmotnosťou a veľkosťou. Mimoriadne sa tým prehlbuje pochopenie histórie Zeme a ďalších planét v našej Slnečnej sústave. Osoh z toho však budú mať aj ďalšie generácie lovcov exoplanét a mimozemského života.

Nature

http://phys.org/news/2015-06-mass-mars-size-exoplanet.html

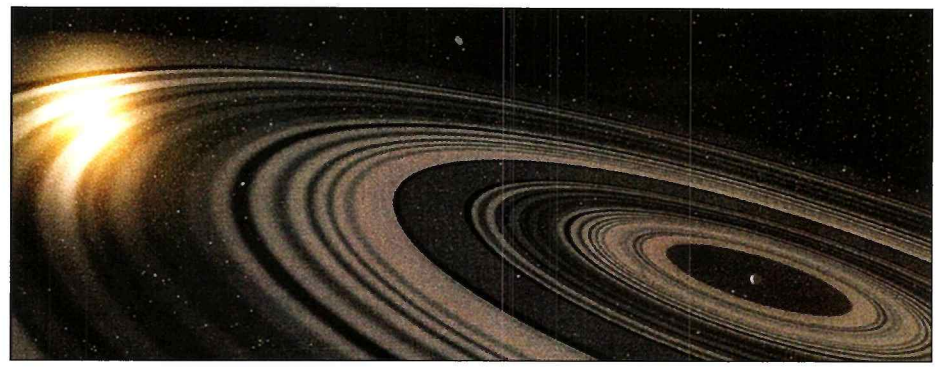
Prvý **exomesiac?**

Okolo hviezdy J1407 krúži teleso (obria planéta či hnedý trpaslík?) s gigantickým prstencom. V prstenci sa asi práve formuje mesiac. Prvý mesiac okolo exoplanéty?

Prstence okolo obrích planét sa vyskytujú bežne, nielen v našej Slnečnej sústave. A planetológovia sa nazdávajú, že aj v týchto prstencoch, presnejšie v ich prvotných štádiách, sa sformovali ich veľké mesiace.

V roku 2012 Matt Kenworthy (Leiden Observatory) a Eric Mamajek (University of Rochester) objavili okolo spolupútnika hviezdy J1407 protoplanetárny disk.

Teleso odvtedy často monitorovali a po získaní nových údajov z dvoch robotických ďalekohľadov programu SuperWASP, zameraných na vyhľadávanie planét metódou tranzitu, údaje znova analyzovali. Zistili, že ide o hviezdu spektrálneho typu K. Okolo hviezdy obieha teleso J1407b, v približne polovičnej vzdialenosti Slnko – Zem. Samotný tranzit telesa popred materskú hviezdu nenastane, ale rozsiahly disk mnohonásobne zakrýva svetlo hviezdy. V elipsovitých prstencoch (je ich vyše 30) krúžiacich okolo tejto planéty objavili vedci niekoľko medzier.



Ilustrácia znázorňuje prstenec krúžiaci okolo obrej planéty alebo hnedého trpaslíka J1407b tak, ako sa pozemskému pozorovateľovi javil v roku 2007. Celý systém, ktorý tvorí vyše 30 jednotlivých prstencov, obieha okolo materskej hviezdy 1SWASP J1407.93-394542.6 (skratka J1407).

Prstenec s priemerom 1,2 AU sa sformoval z materiálu s hmotnosťou 100 Mesiacov. (Hmotnosť Saturna je zhruba 1 000 Mesiacov.)

Vedcov najviac zaujala veľká, jasná medzera v prstenci, ktorú podľa všetkého zväčšujúci sa mesiac „vyoral". Nie hocijaký mesiac: malo by to byť teleso menšie ako Zem a väčšie ako Mars!

Vedci vypočítali, že teleso J1407b obehne okolo hviezdy približne za 10 rokov. Vzhľadom na veľkú nepresnosť údaja vedci zatiaľ nevedia vypočítať, kedy nastane ďalší zákryt. Zajtra, budúci rok, o niekoľko rokov... Objekt si vyžaduje neprestajné pozorovanie, a tak Mamajekov tím vyzval amatérov z Americkej asociácie pozorovateľov premenných hviezd, aby J1407 monitorovali. Amatéri už niekoľko orbitálnych periód vylúčili. Ak astronómovia pristihnú planétu J1407b počas zákrytu prstencom, spresnia nielen údaje o jej perióde, ale aj o veľkosti, hmotnosti mesiaca i hmotnosti prstenca.

The Astrophysical Journal

Atmosférické vrstvy exoplanéty WASP-33b

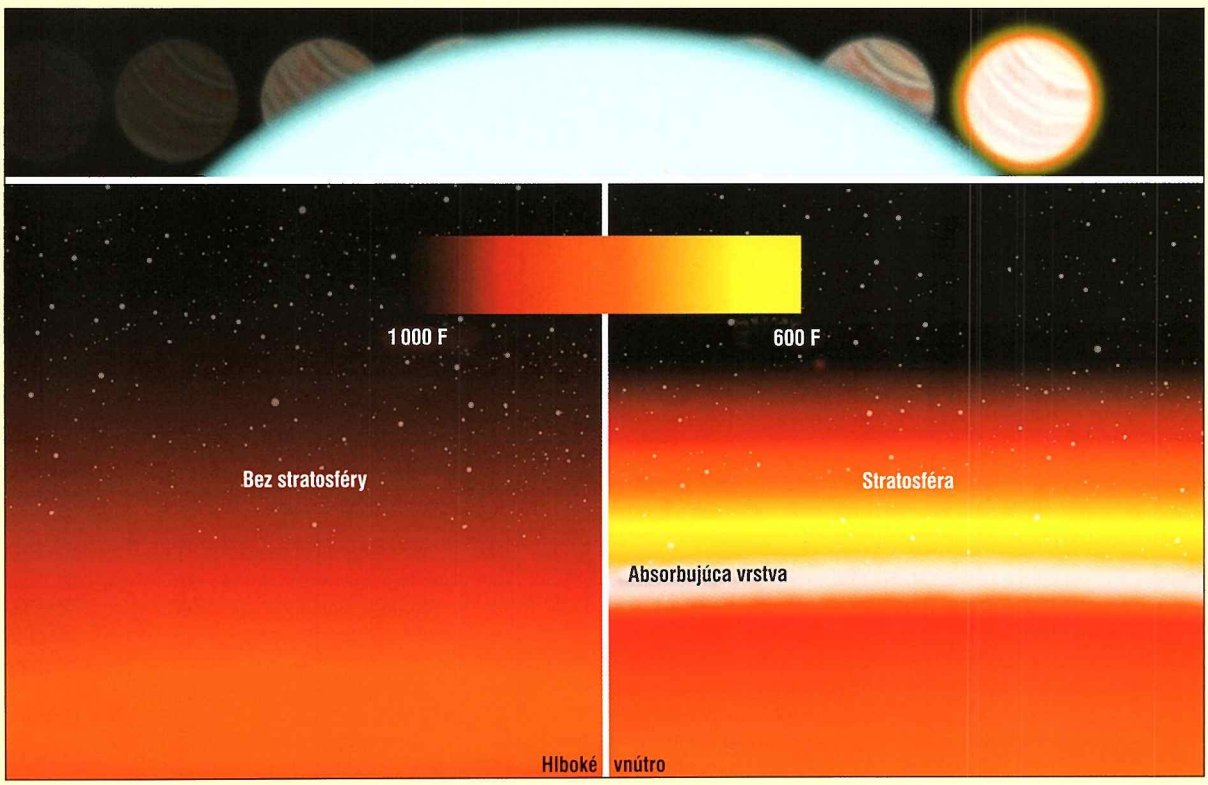
Exoplanéta WASP-33b je niekoľkokrát hmotnejšia ako Jupiter. Hubblov vesmírny ďalekohľad nasnímal vrstvy jej rozsiahlej atmosféry. Na snímkach sa podarilo rozlíšiť stratosférickú teplotnú inverziu.

Stratosféra Zeme obaľuje troposféru, turbulentnú aktívnu oblasť, siahajúcu od povrchu Zeme až po horné okraje najvyššie sa pohybujúcich oblakov. Práve v troposfére prebiehajú všetky procesy, ktoré nazývame počasím.

V troposfére sú teploty najvyššie nad povrchom Zeme. Čím vyššie, tým je troposféra chladnejšia. V stratosfére je to presne naopak: jej teplota s výškou narastá! Tento jav sa nazýva teplotná inverzia. Inverziu spôsobuje ozón, absorbujúci v stratosfére časť slnečného žiarenia, ktoré už hlbšie neprenikne. Preto túto časť atmosféry ohrieva.

Podobné teplotné inverzie sa objavujú aj v stratosférach iných planét Slnečnej sústavy, aj na Jupiteri a Saturne. Exoplanéta WASP-33b však okolo materskej hviezdy krúži po takej blízkej obežnej dráhe, že teplota jej atmosféry dosahuje až 6 700 °C. V takej horúcej atmosfére sa periodicky môžu objavovať aj dažde oxidu titaničitého.

HST Press Release
http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2015/25/



Vedci pomocou ďalekohľadu HST objavili stratosféru na exoplanéte WASP-33b. Stratosféra sa začína tam, kde molekuly atmosféry absorbujú ultrafialové i viditeľné žiarenie hviezdy. Táto absorpcia stratosféru zohrieva, pôsobí ako ochranná vrstva nad planétou. Stratosféru na exoplanéte WASP-33b objavili meraním poklesu žiarenia počas zákrytu hviezdy planétou *(hore)*. **Teploty v spodnej stratosfére sa zvýšili, pretože molekuly absorbovali žiarenie z hviezdy** *(vpravo dole)*. **Bez stratosféry by hodnota teploty začala klesať v oveľa väčších výškach** *(vľavo dole)*.

Gigantický vodíkový oblak

Ilustrácia Benemotha znázorňuje obrovský, chvost kométy pripomínajúci oblak vodíka, unikajúceho z teplej neptúnickej planéty, vzdialenej iba 30 svetelných rokov od Zeme. Na obrázku vidíte aj materskú hviezdu, slabého červeného trpaslíka GJ 436. Vodík sa z hviezdy vyparuje pod vplyvom extrémnej radiácie z hviezdy. Nič podobného zatiaľ vedci nepozorovali.

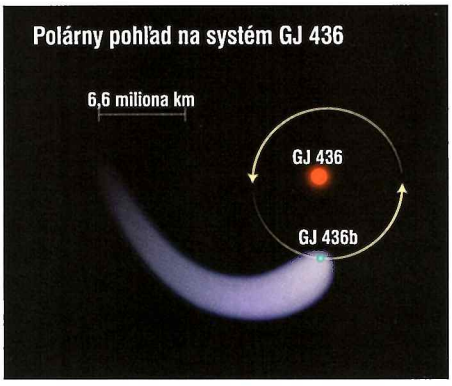
Objavitelia ho nazvali Benemoth (obluda). Vodíkový oblak, ktorý sýti vyparovanie z planéty, krúžiacej okolo svojej hviezdy po blízkej obežnej dráhe. Gigantický, kométu pripomínajúci objekt, je 50-krát väčší ako materská hviezda.

Vodík sýtiaci oblak sa vyparuje z teplej neptunickej planéty pod vplyvom extrémneho žiarenia z blízkej hviezdy. Vedci zatiaľ nič podobného pri nijakej inej exoplanéte nepozorovali.

Možno, že sme na stope procesu zrodu superzeme, masívnej, skalnatej obdoby Zeme, ktorá sa objaví až po vyparení horných vodíkových vrstiev a obnažení jej skalnatého jadra. Alebo Benemoth možno zmení naše predstavy o atmosférach celej populácie neptunických planét a exozemí, prinajmenšom v UV-oblasti.

V minulosti materská hviezda planéty GJ 436b, dnes slabý, červený trpaslík, bola oveľa aktívnejšia. To znamená, že počas prvých miliárd rokov sa aj z jej planéty vyparilo oveľa viac vodíka. Vedci vypočítali, že počas tejto doby stratila až 10 % svojej atmosféry.

Planétu GJ 436b pomenovali pre jej veľkosť „teplý Neptún". Okolo svojej hviezdy však obieha po oveľa bližšej dráhe ako náš chladný Neptún okolo Slnka. Zdá sa, že planéta ani po ďalších miliardách rokov o svoju atmosféru nepríde, čím by sa obnažilo jej pevné, skalnaté jadro. GJ 436b však môže objasniť, ako vznikajú horúce superZeme, ktoré krúžia tesne nad povrchom materských hviezd.



Obrázok znázorňuje polárny pohľad na sústavu hviezdy GJ436b. Teplá neptúnická exoplanéta GJ 436b, obieha okolo hviezdy po veľmi blízkej obežnej dráhe. Unikajúci vodík z atmosféry exoplanéty vytvára oblak, ktorému objavitelia dali meno Benemoth.

Tieto horúce terestrické telesá objavila sonda CoRoT (Convection Rotation and Planetary Transits), prepojená s viacerými pozemskými i vesmírnymi ďalekohľadmi. I so sondou Kepler. Horúce superzeme môžu byť pozostatkami oveľa masívnejších planét, ktoré o ich mohutné, plynové atmosféry pripravilo podobné vyparovanie, ako pozorujeme na GJ 436b.

Pozemské ďalekohľady Benemotha objaviť nemohli, pretože atmosféra Zeme väčšinu UV-žiarenia neprepúšťa. Tento objekt by sme však vo viditeľnom svetle nevideli ani z vesmíru. UV „oči" HST ho však vnímajú ako čosi neobyčajné.

Planéta GJ 436b obieha okolo svojej hviezdy, vzhľadom k pozemskému pozorovateľovi, po dráhe s priaznivým sklonom. Preto vedci môžu pravidelne sledovať nielen zákryty hviezdy planétou, ale aj zákryty vodíkovým oblakom Benemothu.

Prečo sa plyn tvoriaci tento oblak nerozptyľuje do okolitého priestoru? Prečo krúži okolo hviezdy?

Najskôr preto, že ho v tejto neskorej etape vývoja sústavy už nevytláča ani slabnúci tlak žiarenia chladnúceho červeného trpaslíka, ani výrony vyššej teploty generované starnúcou hviezdou.

Čosi podobného by sme (asi) mohli pozorovať aj v našej Slnečnej sústave. Pravda, iba na počiatku jej vývoja, keď bola Zem obalená atmosférou bohatou na vodík, ktorá sa rozptýlila až počas 100 až 500 miliónoch rokov.

V tom čase mala Zem pravdepodobne chvost podobný kométe. Čosi podobné sa možno zopakuje aj na sklonku života našej planéty, keď sa Slnko začne rozpínať a premení sa na červeného obra. V jeho žiarení sa naša atmosféra vyparí.

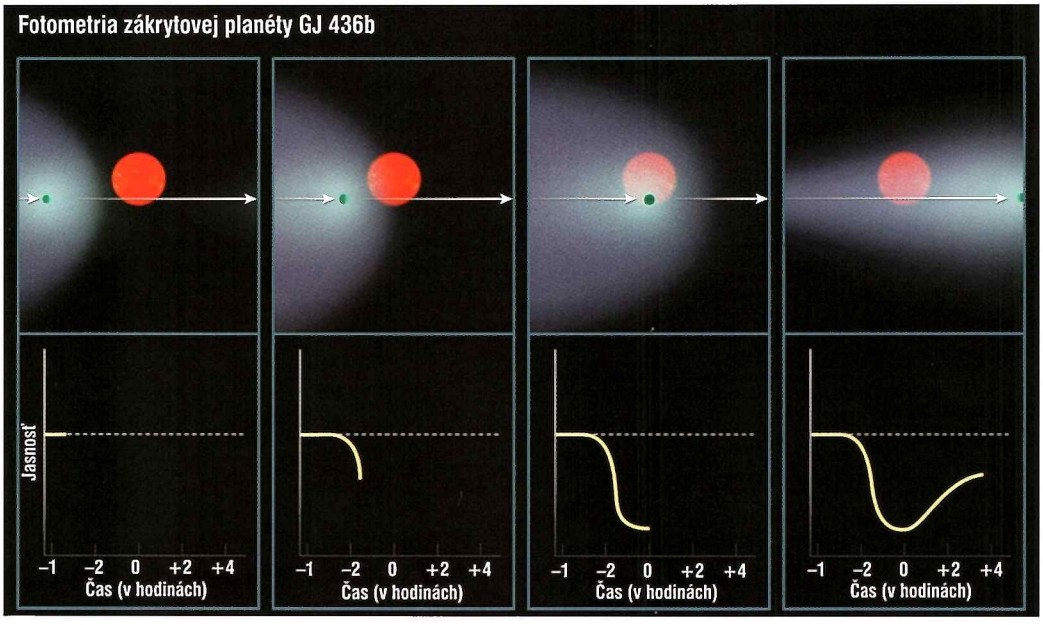
GJ 436b obieha okolo svojej hviezdy po veľmi blízkej obežnej dráhe, ktorá má menej ako 4,5 milióna km. Obehne okolo nej za 2,6 dňa. Táto exoplanéta je však staršia ako Zem. Má prinajmenšom 6, ale možno až 12 miliárd rokov. Jej hmotnosť: okolo 23 hmotností Zeme. Vo vzdialenosti 30 svetelných rokov je jednou z najbližších extrasolárnych planét.

Objav Benemotha otvára nové možnosti skúmania atmosfér celej populácie neptúnických planét i superZemí v ultrafialovej oblasti. Vedci predpokladajú, že počas najbližších rokov objavia tisíce takýchto objektov.

UV-technika, ktorú využili pri tomto pozorovaní, je schopná zaznamenať aj vyparovanie oceánov na menšej, Zemi podobnej planéte. Priamo vodnú hladinu by nezaznamenala, ale zaznamenala by vodík, ktorý vznikol po rozložení molekuly slnečným žiarením. Ak vedci zaznamenajú únik atómov vodíka z planéty, ktorá je o niečo teplejšia a má o niečo menšiu hmotnosť ako GJ436b, bude to dosť silný dôkaz toho, že na telese je oceán.

HST Press Release

http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2015/17/



Tento graf znázorňuje nezvyklú svetelnú krivku, ktorá vzniká, keď sa exoplanéta GJ 436b a veľký vodíkový oblak Benemoth ocitnú pred materskou hviezdou. Vďaka priaznivému sklonu môžu pozemskí pozorovatelia sledovať periodické zákryty. Astronómov zaujal výrazný zlom svetelnej krivky spôsobený oblakom.

Objav exouránu pomocou mikrošošovkovania

Väčšina doteraz objavených exoplanét obieha okolo svojich hviezd po viac či menej blízkych obežných dráhach. Také planéty sa najľahšie objavujú. Objaviť všetky, aj najvzdialnejšie planéty sústav je však oveľa zložitejšie. Najmä tie menšie objekty.

Hubblov vesmírny ďalekohľad i obrí ďalekohľad Keck na Havaji nezávisle na sebe potvrdili existenciu exoplanéty, ktorá okolo materskej hviezdy obieha po vzdialenej obežnej dráhe.

Vzdialený exoUrán objavili technikou mikrošošovkovania.

Mikrošošovkovanie sa prejaví vtedy, ak hviezda v popredí zosilní svetlo hviezdy v pozadí v momente, keď sa ocitnú na jednom zornom lúči s pozemským pozorovateľom. Ak má hviezda v popredí planéty, tie tiež svetlo hviezdy v pozadí zosilňujú, ibaže počas oveľa kratšieho času ako ich materská hviezda. Z presného záznamu priebehu zákrytu i veľkosti zvýšenia jasnosti možno odvodiť údaje o hviezde v popredí a jej planétach.

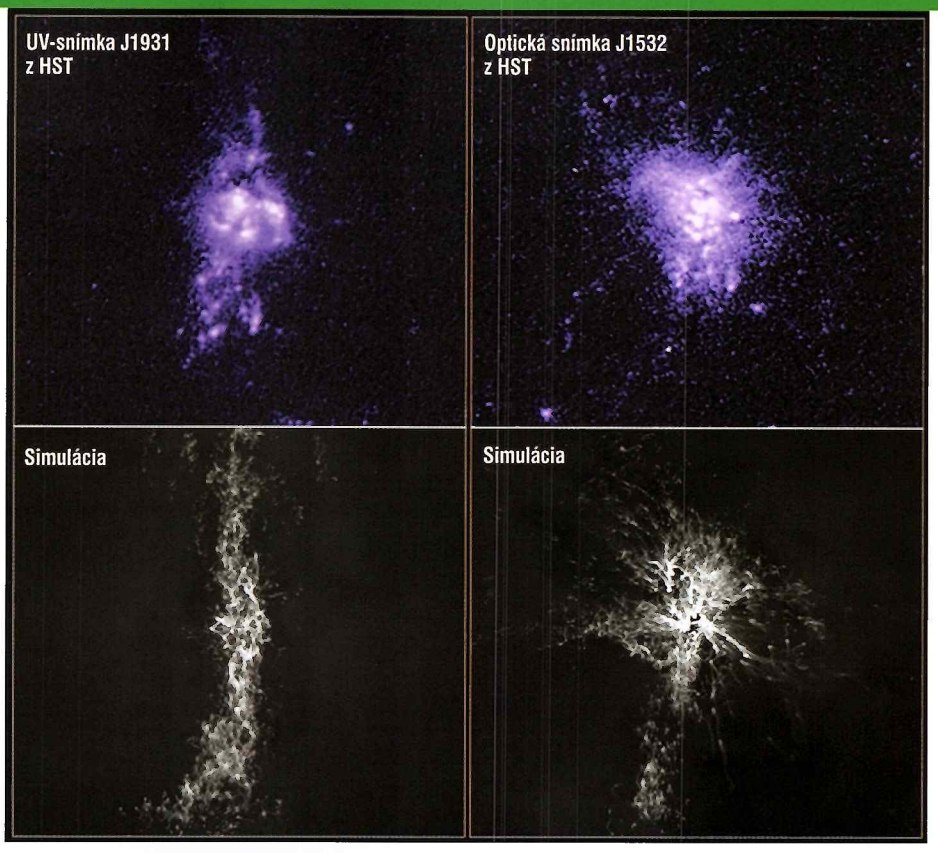
Sústavu OGLE-2005-BLG-169 objavili pred desiatimi rokmi v rámci experimentov OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) a MicroFUN (Microlensing Follow-Up Network). Za účasti členov MOA (Microlensing Observations in Astrophysics), skupín zameraných na objavovanie exoplanét pomocou mikrošošovkovania.

Podmienkou úspešného objavu exoplanét touto metódou je najmä presná charakteristika hviezdy v popredí. Pomocou ďalekohľadov HST a Keck sa dvom tímom podarilo potvrdiť objav exouránickej planéty, ktorá krúži okolo materskej hviezdy vo vzdialenosti 560 miliónov kilometrov! Materská hviezda exoplanéty je o 70 % hmotnejšia ako náš Jupiter.

Takéto priaznivé konštelácie sú nesmierne zriedkavé. Pre danú planétu sa opakujú iba raz za milión rokov. Na potvrdenie objavu si astronómovia budúcnosti teda počkajú. Našťastie, detegovaný signál prezradil, ako rýchlo sa polohy hviezdy v pozadí a materskej hviezdy exouránu prestali prekrývať. To potvrdilo, že sa vedcom po prvý raz podarilo objaviť exoplanétu pomocou mikrošošovkovania. Ako sa zdá, mikrošošovkovanie sa stáva čoraz efektívnejšou metódou lovcov exoplanét.

Planéty sú v porovnaní s hviezdami malé telesá. Iba niekoľko exoplanét objavili priamo. Nepriame metódy boli donedávna oveľa efektívnejšie: či už meranie zmien pohybu materskej hviezdy, alebo meranie nepatrného poklesu jasnosti hviezdy počas zákrytov. Obe nepriame metódy však spoľahlivo fungujú najmä pri detegovaní veľkých planét alebo planét, krúžiacich okolo svojich hviezd po veľmi blízkych dráhach.

Planetológovia v snahe pochopiť architektúru vzdialených planetárnych sústav sa snažia zmapovať ich rozloženie v každej z doteraz objavených planetárnych sústav. Najmä tých, čo svoje hviezdy obiehajú po vzdialenejších obežných dráhach, ako krúži Jupiter okolo Slnka.



Grafika znázorňuje, ako dokáže hviezda zjasňovať žiarenie vzdialenej hviezdy v pozadí, ak sa ocitne pred ňou. Ak má šošovkujúca hviezda (hviezda v popredí) planéty, potom aj tieto telesá jasnosť šošovkovanej hviezdy zvyšujú, ale tieto úkazy trvajú oveľa kratšie ako v prípade materských hviezd. Metódu mikrošošovkovania budú vedci využívať čoraz častejšie, najmä pri objavovaní exoplanét v sústavách čoraz vzdialenejších hviezd.

Cieľom tohto skúmania je porovnávanie čo najväčšieho počtu úplných planetárnych systémov s našou sústavou. Preto sa stáva mikrošošovkovanie čoraz významnejšou metódou.

Exoplanéta v sústave OGLE je podľa všetkého „nedozretým Jupiterom". Objektom, ktorý stihol sformovať svoje jadro zo skál a ľadu (s hmotnosťou asi 10 M_Z), ale nezväčšoval sa tak rýchlo, aby dokázal nabaliť dostatočné množstvo vodíka a hélia.

Vedci predpokladajú, že planét, akou je OGLE-2005-169Lb (priemerná hmotnosť 1/20 M_J), je oveľa viac ako dozretých Jupiterov. Predpokladá sa, že obiehajú najmä okolo hviezd s menšou hmotnosťou ako Slnko.

Mikrošošovkovanie je mimoriadne výhodné aj pri meraní pohybov hviezd, ktoré sú také nepatrné, že ich bez mimoriadne presných meraní ani nezaznamenáme. Keď sa však jedna hviezda ocitne pred inou hviezdou v pozadí, jej gravitácia pôsobí ako gigantická šošovka, zosilňujúca žiarenie hviezdy, ktorú prekryla.

Planéta krúžiaca okolo hviezdy v popredí môže produkovať bezpočet malých zjasnení hviezdy v pozadí. Fluktuácia týchto zjasnení môže prezradiť prítomnosť planéty príliš malej na to, aby ju objavili aj tie najväčšie ďalekohľady.

Úkaz mikrošošovkovania môže trvať celé mesiace. Variácie zjasňovania spôsobovaného planétou však trvajú iba niekoľko hodín, najviac niekoľko dní.

Prvé údaje získané mikrošošovkovaním o existencii exoplanéty OGLE-2005 prezradil kombinovaný systém dvoch hviezd a planéty. Kvôli efektom seeingu sa v našej atmosfére prejavil v políčku plnom hviezd, pokrývajúcom oblohu smerom k centru našej Galaxie, celý rad podobných efektov.

Iba snímky z HST a Kecka umožnili vedcom rozlíšiť „tú ich" hviezdu od hviezd v najbližšom susedstve. Napriek tomu, že HST exponoval toto políčko 6,5 roka po mikrošošovkovaní, zdroj i šošovkujúca hviezda boli na oblohe ešte vždy tak blízko seba, že ich obrazy splývali. Mali tvar pripomínajúci predĺžený, vajcovitý obraz hviezdy.

Astronómovia dokážu zmerať jasnosť oboch hviezd aj z takýchto snímok. Keď ich potom skombinujú a porovnajú so svetelnou krivkou mikrošošovkovania, z jasnosti šošovky dokážu odvodiť nielen hmotnosť, ale aj vzdialenosť medzi šošovkovanou hviezdou a jej planétou. Rovnako ako vzdialenosť skúmanej sústavy od Zeme.

Počas pozorovaní pomocou blízkej infračervenej kamery 2 ($NIRC_2$) na ďalekohľade Keck 2 (osem rokov po šošovkovaní!), získali vedci presné údaje o pohyboch oboch hviezd: tej šošovkovanej i šošovkujúcej. Po prvý raz sa tak podarilo úplne rozlíšiť zdrojovú i šošovkujúcu hviezdu dávno po udalosti.

Pomocou ďalekohľadou HST a Keck overia vedci aj koncepciu ďalšej metódy detegovania exoplanét. Využívať ju bude vesmírny ďalekohľad WFIRST (Wide-Field Infrared Survey Telescope), ktorý dokáže odvodzovať hmotnosti planét z údajov mikrošošvkovania.

WFRIST dokáže urobiť podobné merania, také, ktoré viedli k objavu exoplanéty OGLE-2005, paralelne zo všetkých viditeľných šošovkovaných udalostí. Tak získajú vedci hmotnosti a vzdialenosti tisícok planét objavených pomocou tohto vesmírneho ďalekohľadu.

HST Press Release

http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2015/26

Modely planét podobných Zemi

Astrobiológovia sa už roky nevedia zorientovať v tom, aké biologické činitele spolupôsobia na planétach podobných Zemi. Preto vyvinuli počítačové modely, ktoré skúmajú, do akej miery UV-žiarenie blízkych slnk takéto planéty ovplyvňuje.

„Vieme, že ultrafialové žiarenie, v závislosti od jeho intenzity, môže vznik života tak ohroziť ako aj podporiť," tvrdí Lisa Kaltenegger, riaditeľka nového Inštitútu Carla Sagana. „Pokúšame sa preto zistiť, aké množstvo žiarenia by iné mladé Zeme potrebovali zachytiť, aby to umožnilo vznik života na nich."

Štúdia má dlhočizný názov: Ultrafialové prostredie na povrchu Zemi podobných planét krúžiacich okolo hviezd typu F, G, K a M počas geologickej evolúcie.

Vedci zamýšľajú študovať všetky druhy planét vo všetkých obdobiach ich evolúcie. Preto definovali štyri možné epochy histórie zemegule ako vzorky toho, čo by sme mali na exoplanétach pozorovať. Predpokladajú, že operujúce i v dohľadnej dobe plánované sondy im umožnia čoraz podrobnejšie skúmať neobyčajnú rôznorodosť extrasolárnych planét .

Prvou namodelovanou epochou je prebiotický svet s atmosférou, v ktorej dominoval CO_2. Podobne ako na Zemi pred 3,9 miliardami rokov.

Počas druhej epochy (zhruba pred 2 miliardami rokov) sa začali vytvárať podmienky pre vznik aktívnej biosféry a procesov biosyntézy na báze kyslíka. Prvé „dávky" kyslíka (bezmála 1 % súčasnej koncentrácie) vyprodukovali kyanobaktérie. Zároveň vedci definovali, ktoré vlnové dĺžky UV-žiarenia sú pre DNA a ďalšie biomolekuly najškodlivejšie.

Viacbunkový život sa objavil pred 800 miliónmi rokov, na začiatku tretej epochy, počas ktorej sa podiel kyslíka v atmosfére zvýšil z 1 % na 10 % súčasného stavu.

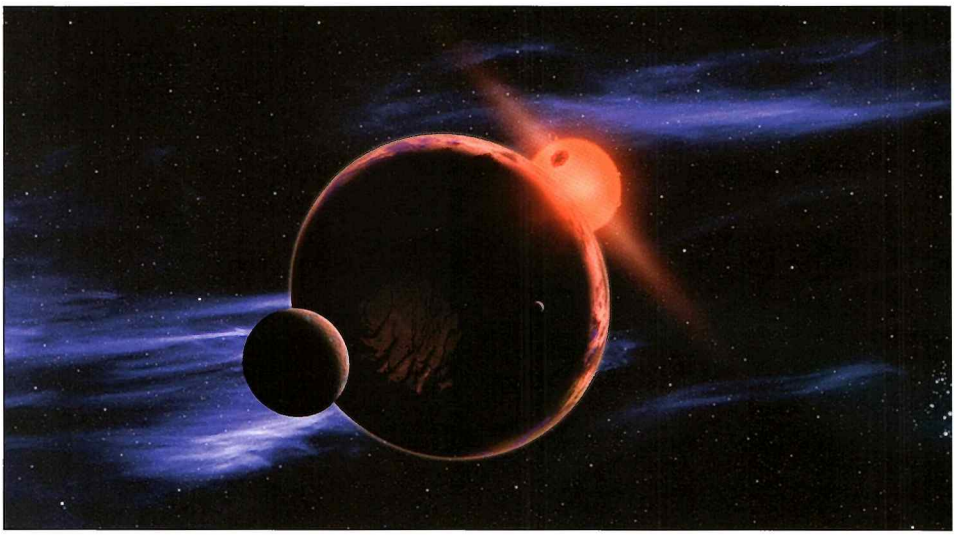
Štvrtá epocha zodpovedá dnešnej Zemi, kde podiel CO_2 predstavuje 1/355 súčasného množstva kyslíka v atmosfére.

Z modelov vyplynulo, že vo všetkých epochách, potom, ako sa začal zvyšovať podiel kyslíka v atmosfére, produkovali najhorúcejšie a najchladnejšie hviezdy menej biologicky priaznivého UV-žiarenia. V prípade najhorúcejších hviezd to spôsobil čoraz efektívnejší „ozónový štít", v prípade najchladnejších takmer nulový tok UV-žiarenia.

Astrobiológia integruje čoraz viac vedcov z najrozličnejších disciplín. Okrem Saganovho inštitútu sa na projekte podieľali aj vedci z Universidad Nacional Autonoma de Mexico a z Harvard Smithsonian Center for Astrophysics.

NASA/ESA Press Release

http://phys.org/news/2015-06-astronomers-array-earth-like-planet.html



Ilustrácia znázorňuje hypotetickú zelenú planétu s dvoma mesiacmi, ktorá obieha okolo červeného trpaslíka. Astronómovia zistili, že štatisticky najmenej 6 % červených trpaslíkov má planétu s veľkosťou Zeme v zelenej zóne, kde sa voda, aspoň okolo rovníka, udrží na povrchu v kvapalnom skupenstve. Nakoľko sú červení trpaslíci hojne sa vyskytujúcim typom hviezd, štatisticky najbližšia Zemi podobná planéta by mala byť vo vzdialenosti 13 svetelných rokov.

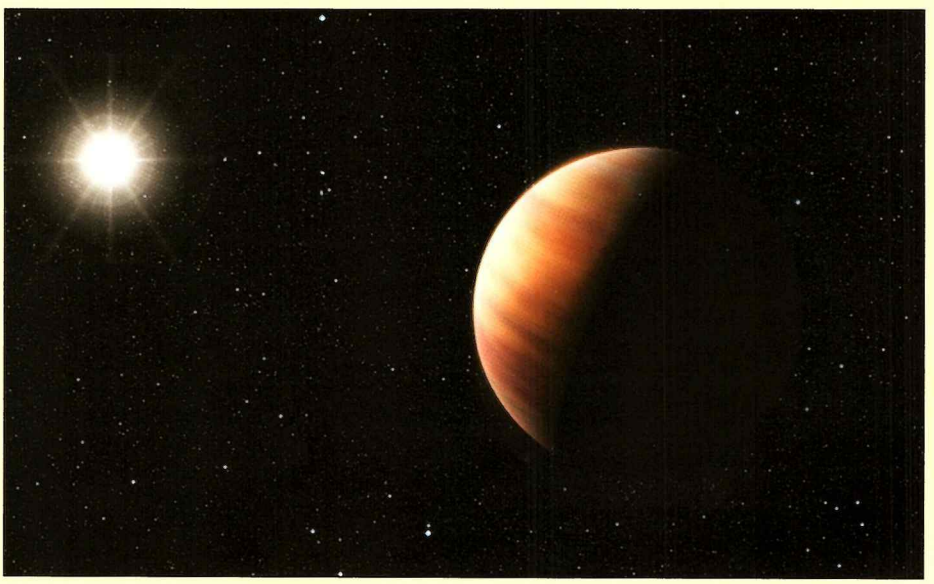
Jupiter pri dvojníkovi Slnka

Okolo Slnku podobnej hviezdy HIP 11915 obieha exoplanéta s parametrami nášho Jupitera. Ba čo viac: tento exoJupiter krúži kolo materskej hviezdy v rovnakej vzdialenosti ako ten náš! Vedcov táto „astromomická zhoda okolnosti" priviedla na myšlienku overiť, či v tejto planetárnej sústave nenájdu viac podobností s našou Slnečnou sústavou.

Ukázalo sa, že hviezda HIP 11915 má nielen rovnaký vek ako Slnko, ale aj veľmi podobné zloženie. Obsahuje materiál vhodný na formovanie terestrických planét.

V katalógoch doteraz objavených exoplanét dominujú veľké telesá, pripomínajúce našich obrov (najmä horúce jupitery), ale aj menšie objekty – superzeme s hmotnosťami niekoľkých Zemí. Planetológovia však nedokážu vysvetliť, prečo tam, kde vo väčšine objavených planetárnych sústav krúžia po blízkych obežných dráhach najmä planetárni obri, v našej sústave krúžia štyri terestrické, pomerne malé planéty.

Podľa najnovších teórií našu Slnečnú sústavu, takú priaznivú pre život, usporiadal Jupiter. Presnejšie: jeho gravitačný vplyv počas formovania našej sústavy. Ak by sme



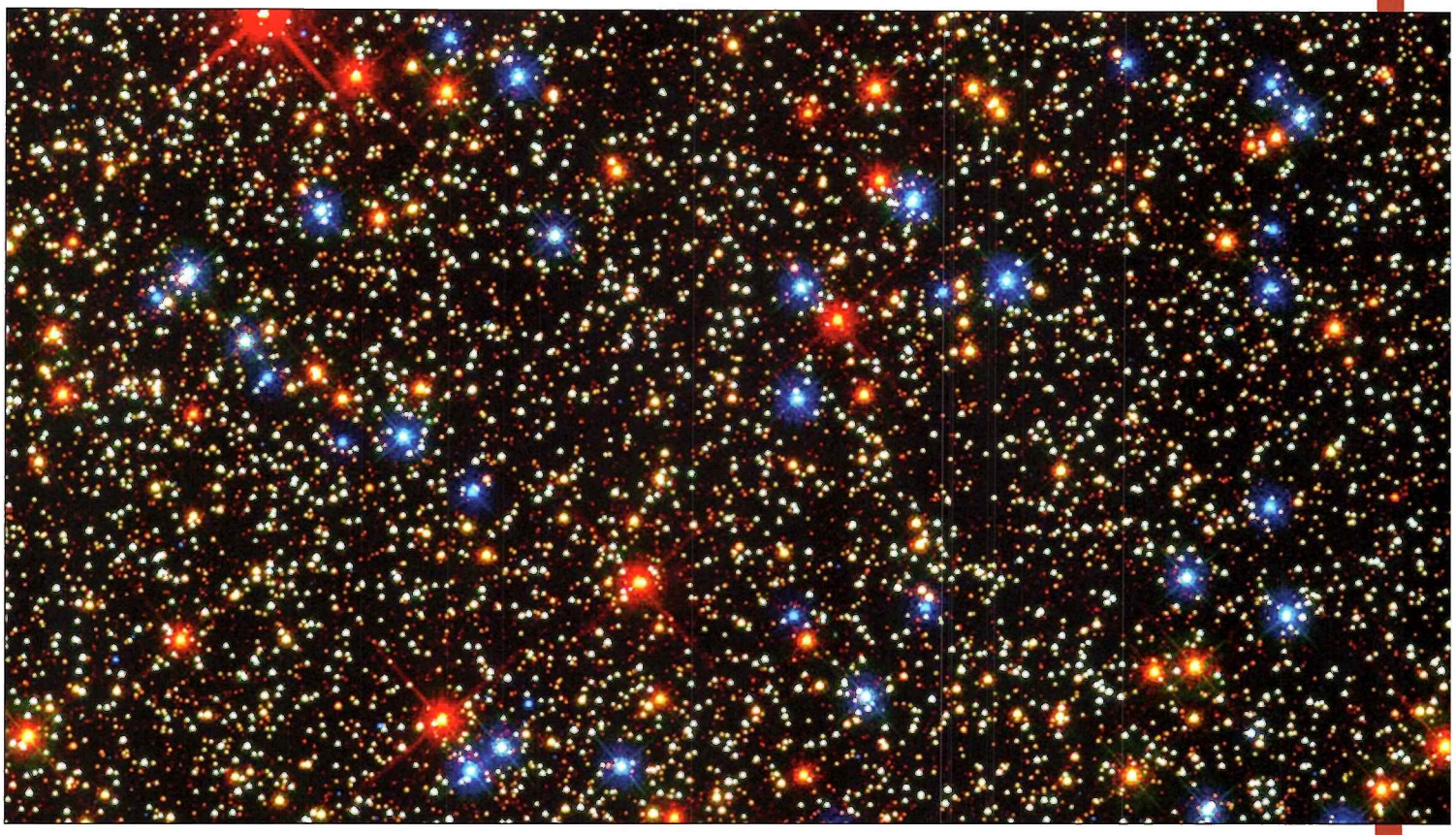
našli podobne usporiadanú sústavu, akou je tá naša, bol by to prinajmenšom objav desaťročia.

Tím, ktorý objavil pri hviezde HIP 11915 exojupitera využíva HARPS, jeden z najpresnejších prístrojov v službách lovcov exoplanét. HARPS prepájajú s 3,6 m ESO ďalekohľadom na observatóriu La Silla v Čile.

Planét podobných Jupiteru už našli mnoho. Ale okolo materských hviezd krúžia v rozličných vzdialenostiach. V tomto prípade majú hviezda a exoJupiter rovnaké parametre ako v našej sústave. Rovnaký vek hviezdy i takmer zhodné chemické zloženie záujem vedcov o tento systém ešte zvýšili.

ESO Press Release

http://www.eso.org/public/news/eso1529/



Hviezdami preplnený stred guľovej hviezdokopy Omega Centauri.

Prečo sú hviezdy „blue hook" také horúce?

Donedávna astronómovia netušili, prečo sú malé horúce modré hviezdy, ktoré objavili uprostred hustých hviezdokôp, 10-krát horúcejšie ako Slnko. Napriek tomu, že majú sotva polovicu hmotnosti našej hviezdy, sú aj neobyčajne jasné. Bola to záhada.

Guľové hviezdokopy sú prostredím, kde sa väčšina hviezd sformovala v gigantickom prachoplynovom oblaku približne v rovnakom čase a neďaleko od seba. Tak sa o tom píše v učebniciach astronómie. Zdá sa však, že tieto predstavy o hviezdokopách budeme musieť do značnej miery poopraviť.

Medzinárodný tím študoval guľovú hviezdokopu Omega Centauri, ktorú tvorí približne 10 miliónov hviezd. Omega Centauri je jedinou guľovou hviezdokopou, ktorú pozemšťan rozlíši na oblohe aj voľným okom.

Vedci zistili, že hviezdy sa v tejto kope nesformovali v rovnakom čase, tak ako tvrdí teória. Objavili v nej záhadné modré hviezdy, ktoré sú (vzhľadom na svoje parametre) oveľa jasnejšie a horúcejšie, ako by mali byť. Usúdili, že ide napospol o hviezdy druhej generácie. Vedcov to prekvapilo, ale čoskoro vyrukovali s vysvetlením.

Keď sa takáto hviezda pred miliardami rokov formovala v ionizovanom disku plynu uprostred prehusteného stredu hviezdokopy, musela s diskom kolidovať iná hviezda alebo hviezdy. Zrážka disk zničila, čím sa vývoj hviezdy podstatne zmenil.

Veľký disk ionizovaného plynu okolo formujúcej sa hviezdy obyčajne brzdí jej rotáciu magnetickými efektmi. Progenitorom hviezd typu „blue hook" včasná deštrukcia disku umožnila rotovať rýchlejšie, pretože disk už rýchle nabaľovanie plynu neobmedzoval.

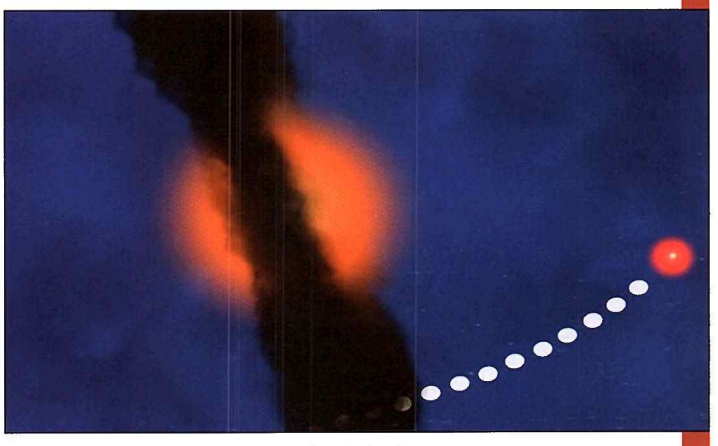
Nakoľko rýchla rotácia čiastočne znižuje pôsobenie gravitácie navonok, hviezdy konzumovali vodíkový plyn oveľa pomalšie, čo ich ďalší vývoj zásadne ovplyvnilo.

Fáza „blue hook" v živote takýchto hviezd sa prejavila až po viac ako 10 miliardách rokov. V čase, keď už vodíkové palivo spotrebovali a začali spaľovať hélium. V tomto štádiu sa zbavujú chladnejších vonkajších vrstiev obálky. Táto evolúcia spôsobila, že hviezdy „blue hook" majú hmotnejšie jadro, ktoré žiari jasnejšie ako jadro v typických hviezdach spaľujúcich hélium. Preto sú jasnejšie a horúcejšie.

ANU Presse Release

http://phys.org/news/2015-06-blue-stars-unusually-hot.html

Guľová hviezdokopa Omega Centauri v plnej kráse.



Rozpad protohviezdneho disku po kolízii s hviezdou.

Ozveny po výbuchu **neutrónovej hviezdy...**

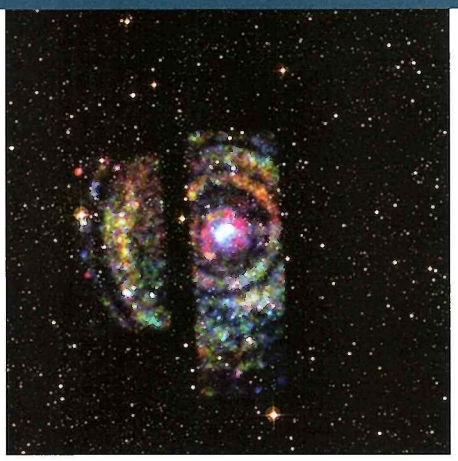
...umožnili vedcom vyvinúť novú metódu merania. Circinus X-1 je žiariaci pozostatok po dvojhviezde, ktorá vybuchla pred 2500 rokmi ako supernova. Sústavu tvorí neutrónová hviezda (extrémne husté jadro skolabovanej hviezdy, ktorá vybuchla, ale udržala sa v sústave) obalená hmlovinou vyvrhnutého materiálu, a normálna hviezda.

Circinus X-1 je röntgenová dvojhviezda. Zdrojom žiarenia je horúca hmota normálnej hviezdy, ktorú na seba neutrónová hviezda nabaľuje.

V roku 2013 neutrónová hviezda nečakane vybuchla. Po celé dva mesiace sa stala na röntgenovej oblohe najjasnejším zdrojom. Potom rýchle pohasla.

Röntgenové žiarenie z čudnej dvojhviezdy monitoroval detektor na palube Medzinárodnej vesmírnej stanice (ISS). Vedci z University of Wisconsin previedli zároveň celú sériu pozorovaní pomocou vesmírnych ďalekohľadov Chandra a XMM-Newton. Tak objavili štyri röntgenové kruhy, všetky okolo neutrónovej hviezdy v srdci Circinus X-1.

Kruhy sú ozvenami röntgenového žiarenia po vzplanutí supernovy. Každý z týchto kruhov naznačuje prítomnosť hustého mraku medzi nimi a zvyškom po supernove. Keď sa fotóny röntgenového žiarenia zrazia so zrnkami prachu v medzihviezdnom priestore, kolízia ich môže vychýliť. Ak sú oblaky prachu veľmi husté, môžu istú časť fotónov odkloniť až do kolmého smeru.



Dvojhviezdu Circinus X-1, skrytú v rovine Mliečnej cesty za oblakmi prachu, nemožno optickými ďalekohľadmi pozorovať. Circinus X-1 je žiariaci pozostatok po výbuchu supernovy, ktorým pred 2500 rokmi zavŕšila svoj život jedna z hviezd binárneho systému. Po výbuchu sa premenila na neutrónovú hviezdu, ktorá s inou, normálnou hviezdou aj po výbuchu krúži okolo spoločného ťažiska.

Tento fenomén poskytol tímu príležitosť využiť geometriu kruhov a časový rozdiel medzi odchýleným a neodchýleným röntgenovým žiarením na zmeranie vzdialenosti Circinus X-1. Zmeranie vzdialenosti doteraz znemožňovali záclony prachu.

„Pomocou geometrie kruhov a spomínaných časových rozdielov sme vytvorili röntgenovú tomografiu," vysvetľuje Sebastian Heinz, šéf tímu. „Nakoľko sa fotóny röntgenového žiarenia pohybovali viac po kolmej ako priamej dráhe, trvalo im dlhšie, kým k nám dorazili ako fotóny, ktoré sa po zrážkach nerozptýlili."

Po skombinovaní meraní s pozorovaniami prachových oblakov rádioteleskopom Mopra (Austrália) dokázal tím určiť, ktorý z prachových oblakov spôsobil jednotlivé svetelné ozveny. Až po ich identifikácii mohli po prvý raz presne vypočítať vzdialenosť zdrojov.

Vieme, že merania vzdialeností v astronómii najviac sťažuje poloha objektov za rovinou Mliečnej cesty, kde ich zacláňajú hrubé vrstvy prachu. Optické ďalekohľady nedokážu cez tieto záclony preniknúť.

V tomto prípade vedci vďaka prachu vyvinuli novú metódu merania vzdialeností röntgenových zdrojov. Astronómovia už vedia, že Circinus X-1, jeden z najbizarnejších objektov v Mliečnej ceste, je vzdialený 30 700 svetelných rokov.

Chandra Press Release
http://news.wisc.edu/23858

Hanblivá čierna diera v susednej galaxii

Rádioteleskop Very Large Array (VLA) zaznamenal signál, ktorý by mohol byť dlho očakávanou rádioemisiou zo supermasívnej čiernej diery v jadre jednej z najbližších galaxií. O existencii supermasívnej čiernej diery v tejto malej galaxii sa totiž, napriek štúdiám o pohyboch hviezd v nej a najbližšom okolí, ako aj údajom z rádioteleskopov, dlho pochybovalo.

Galaxia M 32 je satelitom galaxie v Andromede. Na rozdiel od Andromedy a Mliečnej cesty, ktoré sú špirálami, M 32 je eliptickou galaxiou so slabou hviezdotvorbou.

Väčšina supermasívnych čiernych dier generuje výtrysky (presnejšie: výtrysky generuje prúd hmoty v akrečnom disku rútiaci sa do čiernej diery), ktoré sa šíria bezmála rýchlosťou svetla. Práve tieto výtrysky sú neraz zdrojom rádiových emisií.

Intenzita týchto emisií závisí od „pažravosti" tej-ktorej čiernej diery. Čierne diery v jadrách Andromedy a Mliečnej cesty sú slabými generátormi rádiového žiarenia. V ich okolí je málo hmoty, ktorú by mohli nabaľovať, takže dočasne driemu.

Rádiové emisie z čienej diery v galaxii M 32 patria medzi najslabšie z tých, ktoré sme v Miestnej skupine galaxií zaznamenali. Skúmanie takýchto pritajených, „hanblivých" čiernych dier umožňuje vedcom rozšíriť predbežne chabé poznatky o fyzike týchto objektov.

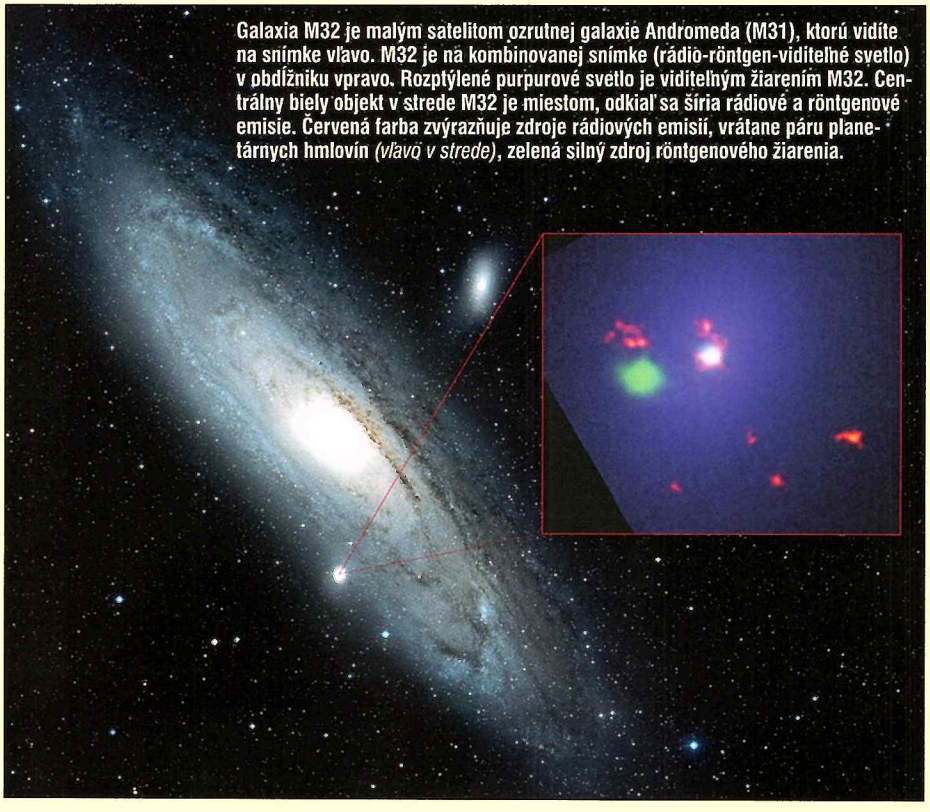
Objav umožnila neobyčajná citlivosť VLA, špeciálne schopnosť sústavy antén detegovať extrémne slabé rádiové vlny. Vynovený rádioteleskop dokázal zaznamenať z M 32 90-krát slabšie rádiové emisie ako prístroje, ktoré mali k dispozícii predchodcovia úspešných astronómov z Nanjing University.

Čínski vedci na snímkach z VLT rozlíšili slabý objekt emitujúci rádiové vlny v oblasti, z ktorej zachytili aj röntgenové žiarenie a pozorovali v nej hviezdy pohybujúce sa po kruhových obežných dráhach. Čo iné by to mohlo byť, ak nie čierna diera?

Čierna diera v M 32 má hmotnosť 2,5 milióna Slnk. Hmotnosť čiernej diery v Mliečnej ceste je iba 4 milióny Slnk.

VLT detegovala v M 32 aj tri ďalšie, rádiové vlny emitujúce objekty. Pravdepodobne ide o planetárne hmloviny, už dávnejšie objavené optickými ďalekohľadmi. Planetárne hmloviny sú produktom postupne vyvrhovaných vrstiev obálok umierajúcich hviezd, podobných Slnku. Po prvý raz sa tieto objekty podarilo rádioteleskopom detegovať na okraji Lokálnej skupiny galaxií.

Astrophysical Journal Letters
https://public.nrao.edu/news/pressreleases/bashful-black-hole



Galaxia M32 je malým satelitom ozrutnej galaxie Andromeda (M31), ktorú vidíte na snímke vľavo. M32 je na kombinovanej snímke (rádio-röntgen-viditeľné svetlo) v obdĺžniku vpravo. Rozptýlené purpurové svetlo je viditeľným žiarením M32. Centrálny biely objekt v strede M32 je miestom, odkiaľ sa šíria rádiové a röntgenové emisie. Červená farba zvýrazňuje zdroje rádiových emisií, vrátane páru planetárnych hmlovín *(vľavo v strede)*, zelená silný zdroj röntgenového žiarenia.

Srážka při energii 13 TeV pozorovaná experimentem LHCb 7. července 2015.
Zdroj: CERN

Nová etapa urychlovače LHC

v cestě za fyzikou z počátku vesmíru

Pre Kozmos píše Vladimír Wagner

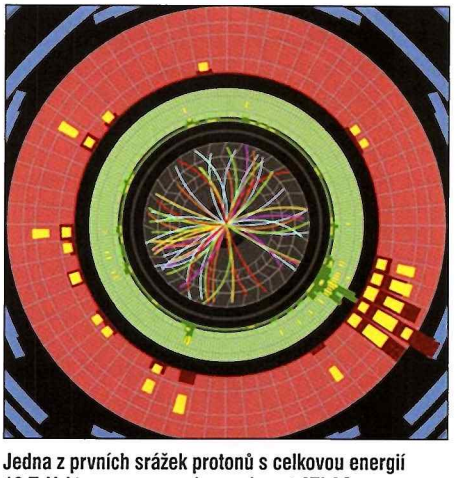
Dokončenie článku z minulého čísla

Co se změnilo během přestávky?

Více než dvouletá přestávka, která začala 13. února 2013, měla dva hlavní cíle. Prvním bylo připravit urychlovač na bezpečný a stabilní provoz při maximálních dosažitelných energiích. A zvýšení počtu srážek za časovou jednotku. Vyšší energie protonů znamená větší počet produkovaných částic v jedné srážce. Větší počet srážek pak také pochopitelně zvyšuje počet zaznamenaných částic, se kterým se musí vypořádat detekční systémy. Vylepšení detektorů jednotlivých experimentů tak, aby se s touto situací vyrovnaly, bylo druhou hlavní výzvou.

U urychlovače bylo potřeba vyloučit možnost vzniku takové havárie, která se udála při spouštění zařízení v roce 2008. Bylo třeba hlavně zlepšit ochranu elektromagnetů při ztrátě supravodivosti a zlepšit průběh vyvedení energie z nich. Problém je, že pro udržení protonů s energií 6,5 TeV je potřeba intenzita magnetického pole 8 T a v supravodivém elektromagnetu musí téct proudy přes 11 000 A. A tyto proudy musí být v případě ztráty supravodivosti včas a bezpečně vyvedeny. Zároveň se instalovaly dodatečné pojistné ventily, které by zajistily možnost úniku plynného helia při ještě masivnějším vypaření, než ke kterému došlo při nehodě v roce 2008.

Zajímavou skutečností je, že je třeba elektromagnety na činnost při tak vysokých hodnotách magnetického pole natrénovat. Vinutí elektromagnetů, na které působí stále intenzivnější elektromagnetické síly, se při prvním zvyšování proudu přes danou hodnotu v něm postupně usazuje. I velice drobné pohyby vinutí vedou k uvolnění tepelné energie, která je sice jen velmi malá, ale přesto stačí ke ztrátě supravodivosti. Každý z osmi sektorů, ve kterém je 154 magnetů, tak musí být postupně natrénován. Probíhá to tak, že se postupně zvyšuje proud v elektromagnetech sektoru až do okamžiku, kdy dojde ke ztrátě supravodivosti (anglicky „quench") na některém z magnetů. V tom okamžiku zapracují bezpečnostní systémy a vyvedou z magnetů energii. Při dalším zvyšování proudu už příslušný magnet vydrží, vinutí si sedlo. K sesednutí vinutí pak dojde na jiném magnetu, a to při vyšším proudu. Postupuje se tak dlouho, až všechny elektromagnety vydrží více než potřebných 11 000 A.



Jedna z prvních srážek protonů s celkovou energií 13 TeV, kterou pozoroval experiment ATLAS.
Zdroj: CERN

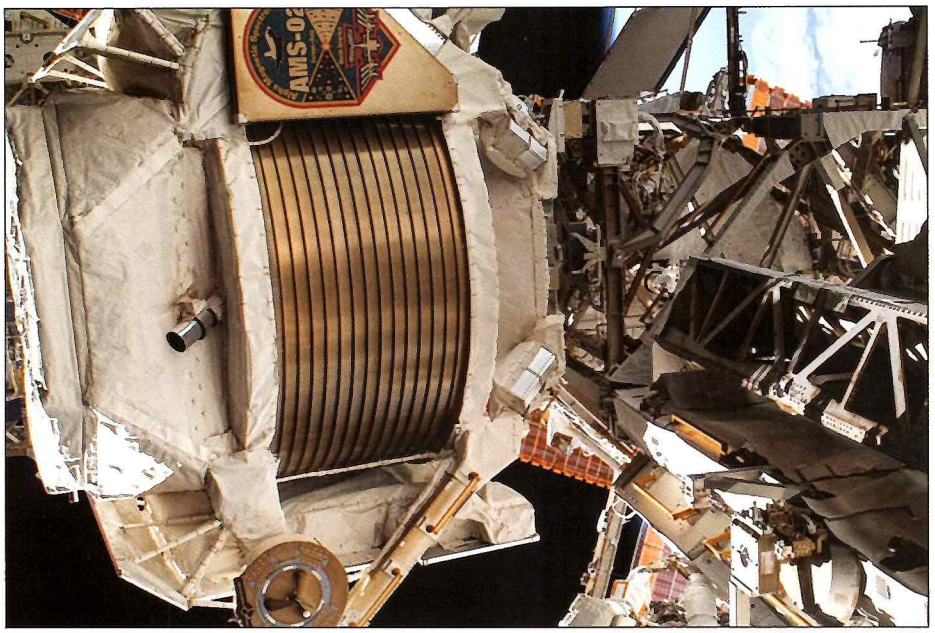
Důležité bylo také vylepšení detekčních systémů jednotlivých experimentů. Nejvíce jsou při zvýšení počtu srážek a částic, které se při nich produkují, zatíženy vnitřní dráhové detektory. Ty jsou nejblíže místa srážky, kde je nejvyšší plošná hustota částic. Většinou se zde využívají křemíkové dráhové detektory, což jsou vlastně křemíkové destičky. Ty jsou pokryty elektrodami s rozměry v řádu desítek mikrometrů, což určuje přesnost určení polohy průletu nabité částice. Několik vrstev těchto vnitřních dráhových detektorů mají všechny čtyři velké experimenty, které urychlovač LHC využívají. Systém pak umožňuje zobrazit velice přesně ve třech rozměrech dráhy krátce žijících částic a průběh jejich rozpadů. Zároveň umožňuje určit, odkud částice vyletěla. Pokud tak dojde při kolizi shluků protonů k několika srážkám, umožní určit přesnou polohu konkrétní srážky, ze které daná částice pochází. To je extrémně důležité v novém experimentálním období, kdy bude často docházet až k desítkám srážek zaznamenaným v jednom případě vyčítání údajů z detektorů. Zároveň jsou tyto detektory vystaveny nejvyšší radiační zátěži. Proto bylo právě u těchto detektorů nutno nejčastěji přistoupit k výměnám, modifikacím a přidávání dalších vrstev.

Začátkem roku 2015 se podařilo všechny modifikace a vylepšení postupně dokončit. Podařilo se vytrénovat i všechny magnety. A zmíněného dne 21. května 2015 se podařilo uskutečnit první srážky při energiích urychlených protonů 6,5 TeV.

Na co se můžeme těšit v nejbližších letech?

Nové období experimentování na urychlovači LHC bude pro další rozvoj fyziky částic, nebo fyziky vysokých energií, jak se jí také říká, kritický. Jak už bylo zmíněno, až doposud všechna měření odpovídala v mezích experimentálních a modelových nejistot Standardnímu modelu hmoty a interakcí. My však víme, že ve vesmíru existují jevy i hmota, kterou Standardní model vysvětlit nedokáže. Není v něm obsažena temná hmota a už vůbec ne temná energie. S největší pravděpodobností nedokáže vysvětlit ani asymetrii mezi hmotou a antihmotou. Takovou, aby vysvětlila vznik dostatečného přebytku hmoty nad antihmotou, který by v našem vesmíru umožnil naši existenci. Standardní model nepopisuje gravitaci a neznáme kvantovou teorii gravitace. Bez jejího začlenění do obecnější teorie struktury hmoty není možné najít teorii všeho. Cestu k ní hledá Stephen Hawking, jak popisuje i nový film o jeho životě s příznačným názvem „Teorie všeho".

⇨⇨



Spektrometr AMS na stanici ISS pozoruje zvětšování podílu pozitronů ve směsi elektronů a pozitronů pro vysoké energie. Jedno z vysvětlení tvrdí, že jde o rozpad částic temné hmoty na pár elektron a pozitron.
Zdroj: NASA

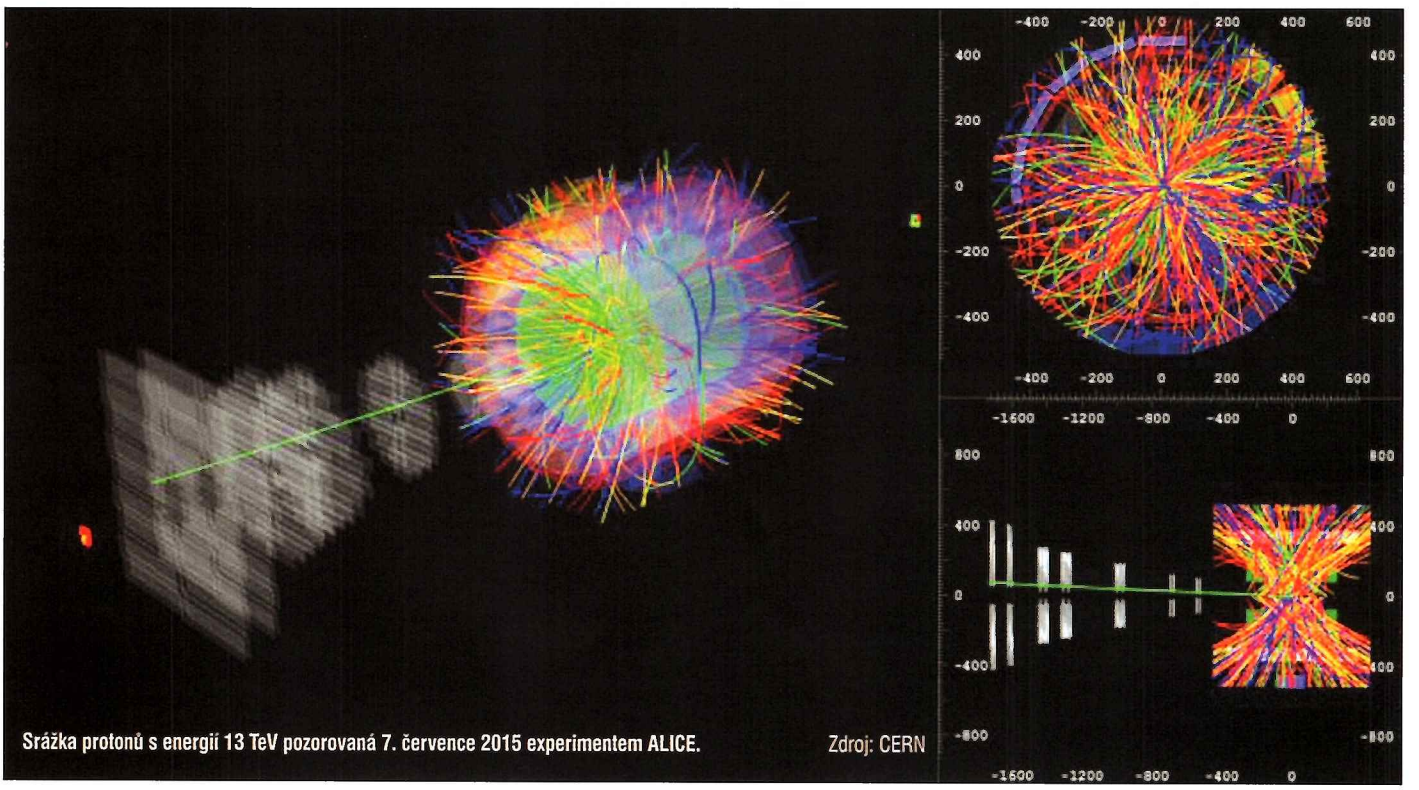
Hledání původu temné hmoty – spolupráce částicových fyziků a astrofyziků

Temnou hmotu by mohly vysvětlit třeba supersymetrické částice. Ty předpovídají hypotézy, které se snaží popsat exotickou fyziku nad Standardním modelem. Teorie velkého sjednocení, které se snaží sjednotit popis silné a elektroslabé interakce, či dokonce teorie zahrnující i popis kvantové teorie gravitace. Nevíme, jakou by měly mít tyto částice hmotnost. Nepozorování jejich produkce na urychlovači LHC ukazuje, že v případě jejich existence musí překračovat jejich hmotnost jistou, poměrně vysokou hodnotu.

Částice temné hmoty musí být neutrální, jinak bychom je mohli prostřednictvím náboje a elektromagnetické interakce detekovat. Pokud se jedná o supersymetrické částice, tak by částice temné hmoty byly těmi nejlehčími. Ty těžší nabité s delší dobou života by se daly zachytit detektory. Krátce žijící by se daly zachytit pomocí detekce produktů jejich rozpadu. Pokud by energie stačila právě na produkci těch nejlehčích supersymetrických částic, které interagují pouze slabou interakcí a mají dlouhou dobu života, bude je možné zjistit pouze z chybějící energie. Ve srážkách, kde se vytvoří neutrální supersymetrická částice, bude chybět energie odpovídající její energii. Z největší části to bude klidová energie spojená s její velkou klidovou hmotností.

Zajímavé by bylo, kdyby se potvrdilo vysvětlení výrazného přebytku vysokoenergetických pozitronů v kosmickém záření pozorované spektrometrem AMS na stanici ISS pomocí rozpadů částic temné hmoty. To by znamenalo, že by mohly být v dosahu urychlovačů založených na soudobých technologiích. Připomeňme, že spektrometr AMS potvrdil předchozí pozorování například sondy Pamela, že pro energie větší než 10 GeV začíná podíl počtu pozitronů oproti elektronům v kosmickém záření stoupat. Tento růst se zastavuje při energii pozitronů nad 200 GeV. Průběh se dramaticky odlišuje od předpovědi klasických modelů. Jednou z možností je přebytek pozitronů, ale i elektronů, vznikající v rozpadu částic temné hmoty právě na tyto dvě částice. Příspěvek elektronů z rozpadu částic temné hmoty by však byl zanedbatelný vůči počtu elektronů z klasických procesů a v elektronovém spektru by se vliv rozpadu částic temné hmoty neprojevil. Prozatímní statistika pozorování AMS nestačí k tomu, aby se zjistil tvar spektra nad 300 GeV. Velice důležité je to, zda bude po maximu pokles počtu pozitronů s energií pozvolný nebo půjde o rychlý pád. Pokud půjde o pomalý pokles, jsou zdrojem vysokoenergetických pozitronů pravděpodobně klasické procesy, například vyzařování pulsarů. Pokud půjde o dramatický pád, zvyšuje se pravděpodobnost, že jde o rozpad částic temné hmoty. Hrana by pak ukazovala klidovou energii částice temné hmoty. Ze současného tvaru lze dedukovat energii hrany zhruba mezi 400 až 900 GeV. To jsou klidové energie částic dosažitelné současnými technologiemi urychlování.

V dubnu 2015 uveřejnil spektrometr AMS výsledky velice přesných pozorování spektra antiprotonů z kosmického záření až po energii 470 GeV. U nich se předpokládá, že jejich jediný klasický zdroj je interakce kosmického záření s mezihvězdnou hmotou. Spolehlivost zjištění, zda existuje v nějaké energetické oblasti přebytek



Srážka protonů s energií 13 TeV pozorovaná 7. července 2015 experimentem ALICE. Zdroj: CERN

antiprotonů způsobený třeba jejich produkcí v rozpadech částic temné hmoty, je silně závislé na přesnosti určení toku a spektra jader kosmického záření a také na spolehlivosti popisu rozložení hmoty v Galaxii. Spektrometr AMS provedl velice přesná měření toku protonů, heliových i těžších jader a dramaticky zvýšil přesnost modelování produkce antiprotonů. Porovnání nasimulovaného spektra antiprotonů a velmi přesných pozorování pomocí AMS ukazují, že v oblasti energií od 10 GeV až po zmíněných 470 GeV se vyskytuje přebytek počtu pozorovaných antiprotonů oproti nasimulovaným hodnotám. Připomeňme, že jde o stejnou energetickou oblast, kde se přebytek pozoruje i v případě pozitronů. Ovšem, jestliže se vezmou v úvahu nejistoty při určování produkce sekundárních antiprotonů v reakcích primárního kosmického záření s mezihvězdnou hmotou, leží experimentální hodnota na hranici koridoru nejistot okolo vypočtené hodnoty. Je tak možné, že žádný přebytek naznačující zdroj antiprotonů z rozpadů částic temné hmoty reálně neexistuje.

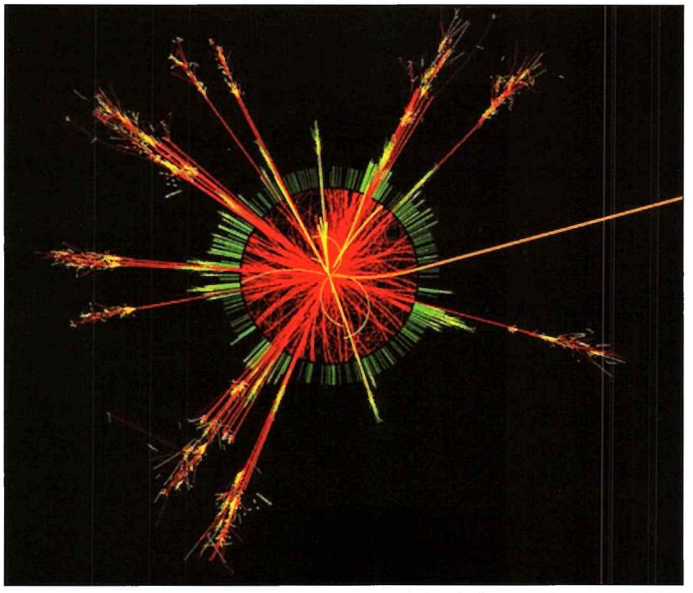
Zatím se spíše zdá, že spektrometr AMS známky rozpadů částic temné hmoty nepozoruje a pozorovaný přebytek pozitronů u vysokých energií je jiného původu. V každém případě však bude zajímavé sledovat přesnější výsledky založené na zpřesnění analýzy a zvýšení statistiky dat z AMS. Potenciál pro zlepšení je pořád značný.

Existence nových těžkých exotických částice se může projevit, i když LHC nebude mít dostatek energie na jejich produkci. To je v případě, že jejich hmotnost bude větší než 1 000 GeV/c^2.Rozpady některých, zvláště těžkých částic se mohou realizovat přes virtuální stavy těžkých exotických částic. Nové možnosti rozpadu částic se projeví ve zkrácení jejich doby života oproti předpovědím Standardního modelu. Stejně tak se oproti Standardnímu modelu mohou s vyšší pravděpodobností uskutečnit některé typy procesů a produkce částic, když přibydou možnosti jejich realizace přes virtuální stavy nových částic. Pravděpodobnost ovlivnění je tím nižší, čím je klidová hmotnost exotických částic vyšší. To, že se na LHC zatím nepodařilo pozorovat odchylky od Standardního modelu, naznačuje vysokou hmotnost případných exotických částic souvisejících s novou fyzikou. Zmenšuje se tak i šance, že by mohly být v nové experimentální etapě pozorovány přímo. A také to, že by mohla vysvětlit pozorování přebytků pozitronů s vysokými energiemi na AMS spektrometru. I když to pořád není vyloučeno.

Jiná exotická fyzika

Daleko pravděpodobnější však je pozorování odchylek od pravděpodobností produkce a rozpadu různých částic předpovídaných Standardním modelem. Tato pozorování by nám něco mohla říci o vlastnostech těchto částic a teoriích, kterých jsou součástí. Bylo by tak jasné, jaké energie částic se musí dosahovat na urychlovači, který by je měl produkovat. Bude tak možné rozhodnout, zda je takový urychlovač v dosahu současných technologií.

Nemusí jít jen o objev nových částic nebo projevů nové fyziky v měření odchylek od předpovědí Standardního modelu. Může jít o pozorování něčeho úplně nového. Příkladem takového procesu by mohl být vznik a vypaření mikroskopické černé díry. Její pozorování by bylo přímou informací o kvantové teorii gravitace a umožnilo by najít správný směr k teorii všeho. Vznik mikroskopické černé díry s hmotností odpovídající energii dosažitelné na LHC (tedy hmotnosti v řádu tisícovky hmotnosti protonu) ve srážkách na LHC není možný, pokud gravitace na vzdálenostech srovnatelných s rozměry jádra či až tisíciny jeho rozměru funguje stejně jako v našem makroskopickém světě. Tedy klesá s kvadrátem vzdálenosti. Aby mikroskopická černá díra mohla vzniknout, musela by gravitace na těchto rozměrech klesat mnohem rychleji. To by mohlo být v případě, pokud by kvantová teorie gravitace byla založena na teorii s více rozměry než čtyřmi (tři prostorové a jeden časový) a některé z těch dalších rozměrů by nebyly svinuty na velikost o mnoho řádů menší než je tisícina rozměru jádra. Ty nedostatečně svinuté rozměry způso-bují, že gravitace se ve zmíněných vzdálenostech blízkých rozměru jádra chová jinak. Schwarzchildův poloměr černé díry s hmotností tisíce hmotnosti protonů tak není o mnoho řádů menší než tisícina rozměru protonu, což je vlnová délka, tedy i neurčitost v poloze, partonů (kvarků nebo gluonů) srážejících se na LHC. Naopak může být velikost Schwarzchildova poloměru stejná jako zmíněná vlnová délka a ke vzniku takové mikroskopické černé díry může při srážkách na LHC dojít.



Simulace detekce vzniku a vypaření mikroskopické černé díry experimentem ATLAS. Zdroj: CERN

Tyto hypotetické objekty by se kvůli své malé hmotnosti měly velmi rychle vypařit Hawkingovým zářením. Částice, které jsou produktem tohoto vypaření, nesou informace nejen o teplotě mikroskopické černé díry. Umožňují tak bezrozpornou identifikaci tohoto objektu. Je třeba připomenout, že mikroskopické černé díry zatím na LHC pozorovány nebyly a jejich pozorování v dalším experimentálním období patří k těm spíše málo pravděpodobným. Kvantové teorie gravitace, které je umožňují, jsou spíše ty exotičtější. Pokud se je však podaří pozorovat, znamenalo by to pro Stephena Hawkinga jistou pozvánku do Stokholmu.

Existence mikroskopických černých děr by měla zajímavý dopad na využití srážek urychlených částic pro zkoumání stále menších detailů struktury protonu. Pokud by začaly vznikat mikroskopické černé díry na LHC, znamená to, že nelze studovat detaily menší než zhruba desetitisícina rozměru protonu. Pokud by byla částice urychlena na hybnost (energii) odpovídající vlnového délce srovnatelnou s Schwarschildovým poloměrem hypotetické mikroskopické černé díry, tak tento objekt vznikne a nedozvíme se nic o struktuře menší než je tento rozměr. Jak bylo zmíněno, není pozorování mikroskopických černých děr příliš pravděpodobné, ale i jejich nepozorování je přínosné. Umožňuje vyloučit řadu hypotéz, které se snaží popsat kvantovou gravitaci.

Co po LHC?

Nové období experimentování urychlovače LHC bude rozhodující pro další rozvoj vysokoenergetické fyziky i kosmologie. Pokud se najdou příznaky existence nové fyziky a ukáže se, že nové částice nebo nové procesy jsou v dosahu současných technologií, bude možné postavit větší nástupce LHC. V současné době se uvažuje o novém urychlovači, který by srážel protony i jádra při ještě větší energii. Pro protony by měly mít tyto srážky energii 100 TeV, tedy téměř o řád větší než na současném LHC. V tomto případě by LHC sloužil jako předurychlovač. Zatímco LHC má obvod 27 km, nový urychlovač by měl obvod buď 80, nebo 100 km. Jeho velikost by závisela na tom, jaké magnety by se podařilo vyvinout. Pro obvod 80 km by bylo nutné mít supravodivé magnety s intenzitou magnetického pole 20 T, pro urychlovač s obvodem 100 km by stačily magnety s intenzitou 16 T. Připomeňme, že současné elektromagnety LHC dosahují maximálních hodnot intenzity magnetického pole necelých 9 T. Pokud by se však nenašly jasné příznaky nové fyziky, které by slibovaly pro nový urychlovač zajímavé objevy, bylo by získání finančních prostředků na jeho výstavbu patrně nemožné.

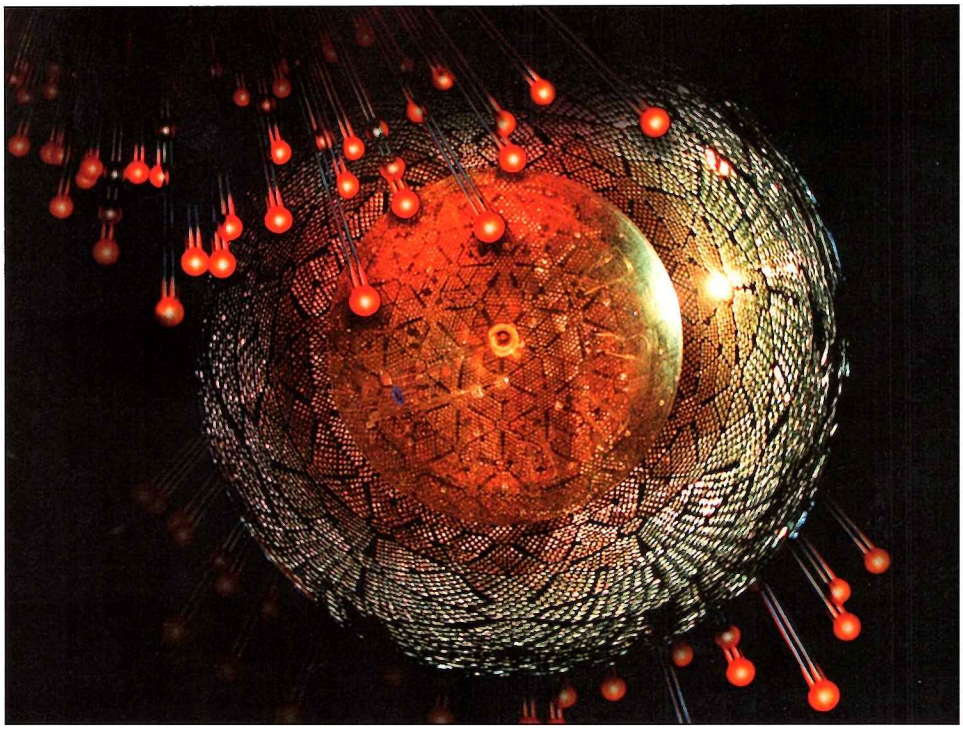
Ani v takovém případě by průlom v poznání nové fyziky, kterou se řídil vesmír v těch nejrannějších obdobích, nebyl vyloučen. Mohlo by k tomu vést třeba stále detailnější studium vlastností reliktního záření. Nebo experimenty, které se snaží detekovat částice temné hmoty. Je však pravdou, že by bylo škoda přijít o tak produktivní oblast, jakou byla experimentální fyzika využívající stále větší energie urychlovačů. Takže držme LHC v novém období experimentování palce.

VLADIMÍR WAGNER

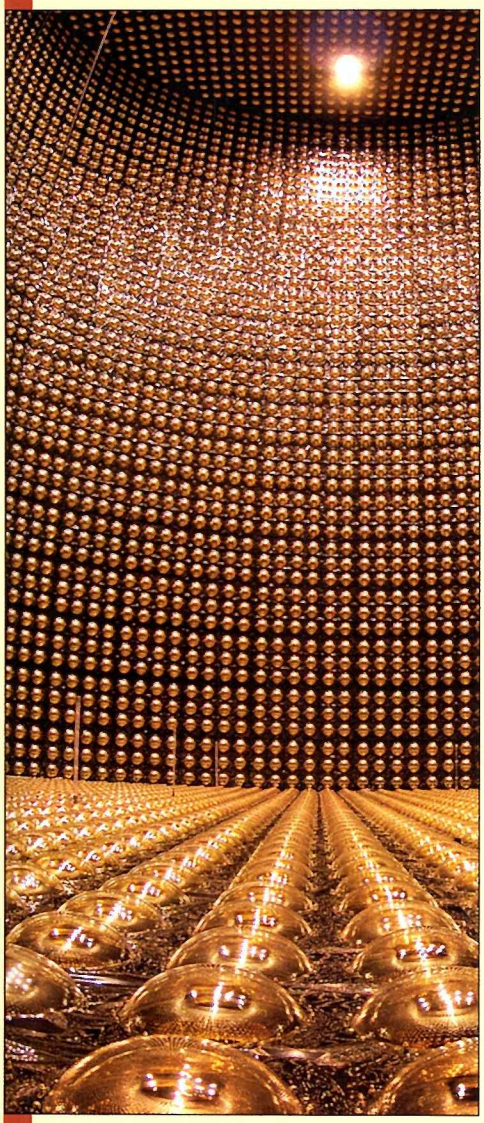
●

Lovci neutrín z Antarktídy

Na južnom póle Zeme stojí najväčší detektor neutrín na svete – Ice Cube (Ľadová kocka). Pomocou tohto zariadenia otvorili vedci počas ostatných rokov nové okno do vesmíru. Napríklad: detegovali neutrína s energiami, ktorých hodnoty o niekoľko rádov prekonávajú hodnoty doteraz namerané. Tieto častice, pohybujúce sa bezmála rýchlosťou svetla, museli byť vyžiarené zo zdrojov vzdialených milióny svetelných rokov. Nikto však netuší, aké zdroje by to mohli byť. Ocitli sme sa na prahu novej epochy astronómie?



Neutrína, častice pohybujúce sa rýchlosťou svetla, dokážu hladko, bez kolízie preniknúť takmer každou látkou. Cez naše telá i cez planétu Zem. Iba pomocou gigantických senzorov dokážu fyzici tieto záhadné častice zaznammenať. Neutrínová astronómia sa počas ostatných rokov stala novým oknom do vesmíru.



Astronómovia, ktorí dnes chcú prekúmať vnútro Slnka či najodľahlejšie objekty a úkazy vo vesmíre, sťahujú sa aj so svojimi prístrojmi hlboko pod povrch Zeme. Citlivé detektory, tak ako japonský Superkamiokande *(na obrázku je iba jeho časť)*, **dokážu zaznamenať signály neutrín z vesmíru iba hlboko pod povrchom, kde ich pred rušivým kozmickým žiarením chráni štít niekoľko kilometrov hrubých vrstiev kameňa.**

Podľa Francisa Halzena z Wisconsinskej univerzity nemožno o tom pochybovať. Roky mu trvalo, kým sa mu podarilo získať peniaze nielen pre vývoj, výrobu a zariadenie Ice Cube, ale aj pre prevádzku tohto detektora v drsných antarktických podmienkach. Dnes už nik nepochybuje o tom, že náklady na Ice Cube sa bohato vracajú. Unikátnym úlovkom je napríklad detekcia neutrín s vysokou energiou, ktorá miliónkrát prevyšuje energiu neutrín vygenerovaných výbuchom supernovy 1987 vo Veľkom Magellanovom oblaku.

Už detekcia neutrín zo susednej galaxie vedcov nadchla. Po prvý raz sa im podarilo zaznamenať neutrína zo zdroja mimo našej Galaxie a Slnečnej sústavy. Neutrína, ktoré krátko pred výbuchom supernovy vyžiarila umierajúca hviezda – modrý obor Sanduleak.

Najväčší fyzikálny experiment

Vzhľadom na to, že projekt Ice Cube považujú vedci za najväčší experiment v dejinách fyziky, náklady naň ani neboli príliš veľké: 270 miliónov dolárov. Súčasťou zariadenia je totiž aj príroda: kubický kilometer antarktického ľadu, na ktorý sa premenil sneh všetkých fujavíc počas ostatných 100 000 rokov. V tejto kocke ľadu generujú neutrína, častice s nepatrnou, nenulovou hmotnosťou charakteristické záblesky. Záblesky sú produktmi zrážok neutrín s elektrónmi.

Tieto záblesky zaznamenávajú vedci pomocou 5 160 fotonásobičov. Fotonásobične spustili do 86 vertikálnych šácht, hlbokých 1 450 až 2 450 metrov. Tieto guľaté detektory, rozmiestnené s odstupmi 125 metrov, vytvárajú hexagonálnu mrežovanú štruktúru rovnostranných trojuholníkov *(pozri obrázok hore)*.

V rámci projektu spolupracuje 250 vedcov zo 40 inštitúcií a 11 krajín. Ice Cube pracuje nepretržite. Každý deň vyšle postredníctvom satelitu 90 gigabajtov nameraných údajov do vzdialených pracovísk. Nedávno tím okolo Ice Cube vyhodnotil údaje namerané počas prvých 998 dní prevádzky.

Detektor každý rok zaznamená okolo 100 000 neutrín. Polovica z nich pochádza „zdola". Ich zdrojom je severná pologuľa Zeme. Tieto neutrína, rovnako ako takmer všetky, ktoré prichádzajú „zhora", vznikajú ako produkty interakcií kozmického žiarenia s atómami atmosféry Zeme. Ice Cube dokáže zaznamenať iba neutrína s vysokými energiami, nad hladinou 10 gigaelektrónvoltov. Miliardy slnečných neutrín s podstatne nižšími energiami Ice Cube neregistruje.

Ice Cube však nedeteguje iba neutrína, ale aj vyše 85 miliárd udalostí, ktoré sa pripisujú vplyvu kozmického žiarenia. Kozmické žiarenie totiž produkuje poruchy, od ktorých treba zaznamenané častice namáhavo „očistiť". Ide najmä o mióny, o hmotnejších súrodencov elektrónov.

„Tieto udalosti neobyčajne sťažujú lov na neutrína, ale pre fyzikov študujúcich kozmické žiarenia sú doslova zlatou baňou," tvrdí Francis Halzen.

Vedci pôvodne očakávali detekciu difúzneho signálu kozmických neutrín uprostred atmosférických neutrín. Predpokladali, že sa v spodných vrstvách atmosféry vytvárajú akési zhluky kozmických neutrín, pomocou ktorých sa aj po rokoch budú dať určiť ich zdroje na oblohe. Udalosti sa však zoradili presne naopak: difúzny signál zaznamenali vedci iba pred niekoľkými mesiacmi, ale už v roku 2012, pri analýze údajov

z roku 2010, objavili dva mimoriadne silné signály. Tieto signály spôsobili v citlivej elektronike fotonásobičov uložených v ľade hotový ohňostroj. Obe neutrína mali energiu 1 petaelektrónvoltu (10^{15} elektrónvoltov.)

Ernie a Bert

Vedci vzácne neutrína pokrstili. Dali im žartovné mená Ernie a Bert, po obľúbených postavičkách detského televízneho seriálu Sezamroad. A rozhodli sa, že všetky nasledujúce signály budú pomenúvať podľa postavičiek z detských seriálov (aj Muppet Show). Nie každému sa to páči, preto v odborných článkoch používajú výskumníci radšej skratky ako HESE (High Energy Stating Event) a príslušné číslo.

Po detekciách Ernieho a Berta zaznamenali vedci 26 ďalších udalostí v o niečo slabších oblastiach energií: od 30 až po 250 teraelektrónvoltov (10^{12} elektrónvoltov).

Článok, ktorý koncom roku 2013 zhrnul v časopise Science prvé výsledky lovcov neutrín, vyhodnotili ako „prelom roka vo fyzike". A to napriek tomu, že štatistika, potrebná na odobrenie každého fyzikálneho objavu, ešte nebola v norme. (Nedosahovala hodnotu 5 sigma, čo je štatistická istota 1:3,3 miliónom.) Inými slovami: spolu 28 zaznamenaných udalostí by mohlo mať pôvod aj v našej atmosfére.

Veľký vták

Po tomto úspechu sa tím okolo Ice Cube ešte s väčším vzrušením pustil do analýzy údajov ďalšieho roku. Vedci opäť objavili častice s vysokými energiami. Dohromady ich bolo deväť. Jednej z nich dali meno Big Bird. S hodnotou 2 petaelektrónvoltov ide o najenergetickejšie neutríno, aké kto kedy zaznamenal!

Iba pre porovnanie: Veľký hadrónový urýchľovač v CERN-e, najvýkonnejší zo všetkých urýchľovačov, zaznamenal zatiaľ iba časticu s energiou 8 teraelektrónvoltov (ako energiu zrážok 2 protónov), čo je 1/250 energie neutrína Big Bird.

Zaznamenaním 37 udalostí s energiami nad hodnotou 30 TeV prekonali vedci aj limit štatistickej vierohodnosti: 5,7 sigma. Technicky formulované: aj keby 8,8 ±4,2 udalostí bolo produktmi miónov a 5, maximálne 13 produktmi atmosférických neutrín, aj vtedy by 12 neutrín s vysokou energiou bolo poslami z hlbín vesmíru. Čo však bolo ich zdrojom?

Zdrojom neutrín môže byť veľa objektov a procesov vo vesmíre. Na túto tému sa v odbornej tlači publikujú stovky článkov ročne. Vedci sa zamýšľajú nielen nad tým, kde sú tieto zdroje (v Mliečnej ceste, alebo v iných galaxiách), ale aj nad procesmi, ktoré takéto častice dokážu generovať.

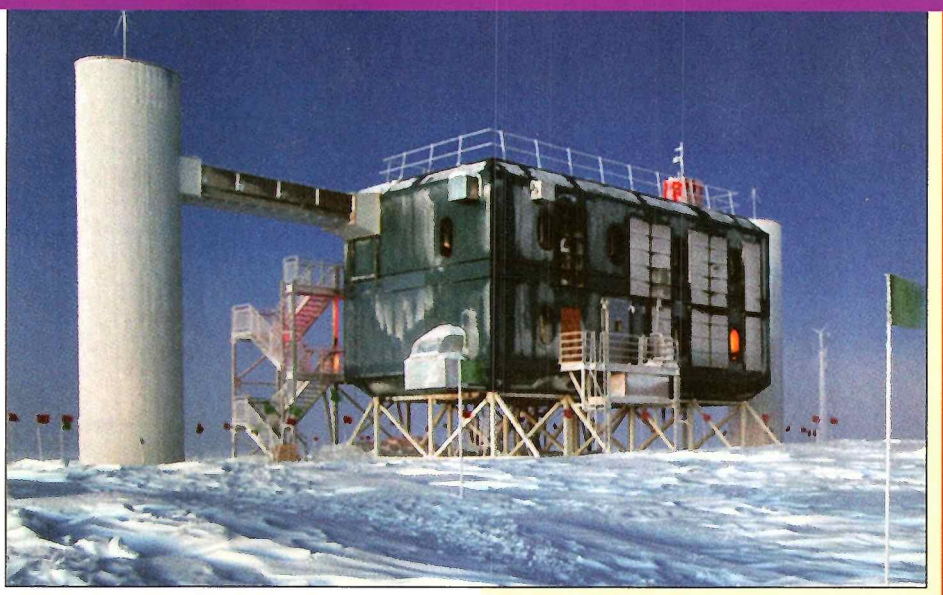
Aké sily dokázali častice urýchliť do takej miery, že sa rozpadli, alebo premenili? Takéto rozpady a premeny sú zdrojom kozmických neutrín.

Medzi potenciálne zdroje neutrín v našej Galaxii patria zvyšky po supernovách i planetárne hmloviny, zvyšky po výbuchu hviezd, ktoré sa v agónii premenia na pulzary. Zo smeru pulzaru v Krabej hmlovine, ktorý by mal byť mimoriadne silným zdrojom neutrín, pretože ide o blízku udalosť, ktorá sa odohrala pomerne nedávno, však zatiaľ nič nezaznamenali.

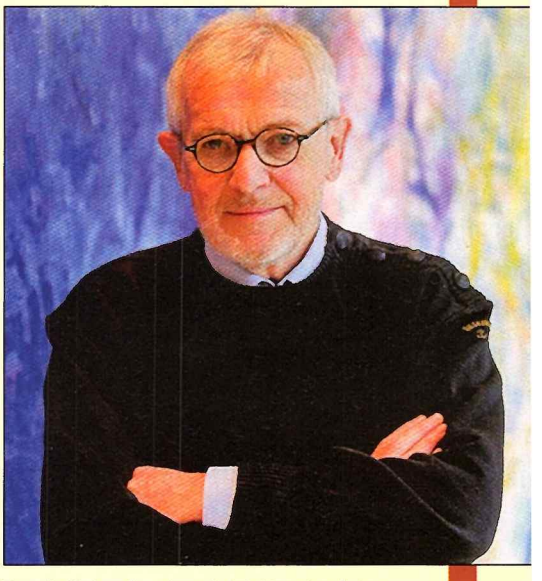
Zo zoznamu potenciálnych zdrojov vypadli aj interkacie kozmického žiarenia s medzihviezdnym prostredím, teda zrážky s atómami rozptýlenými medzi hviezdami: neutrína, ktoré takto vznikajú, majú v najlepšom prípade iba 1/100 energie Ernieho a Berta.

Aj mimogalatických kandidátov je požehnane. Podaktorí astronómovia favorizujú galaxie s búrlivou hviezdotvorbou. V týchto galaxiách sa nachádza veľa zvyškov po supernovách. Podľa najnovších modelov však ani výbuch supernov nedokáže častice urýchliť tak, aby dokázali vysvetliť namerané energie neutrín. Dokonca hypernovy, prípadne vzplanutia žiarenia gama (GRB), už nie sú horúcimi kandidátmi, pretože Ice Cube zatiaľ nijaké neutrína v časovej súvis-

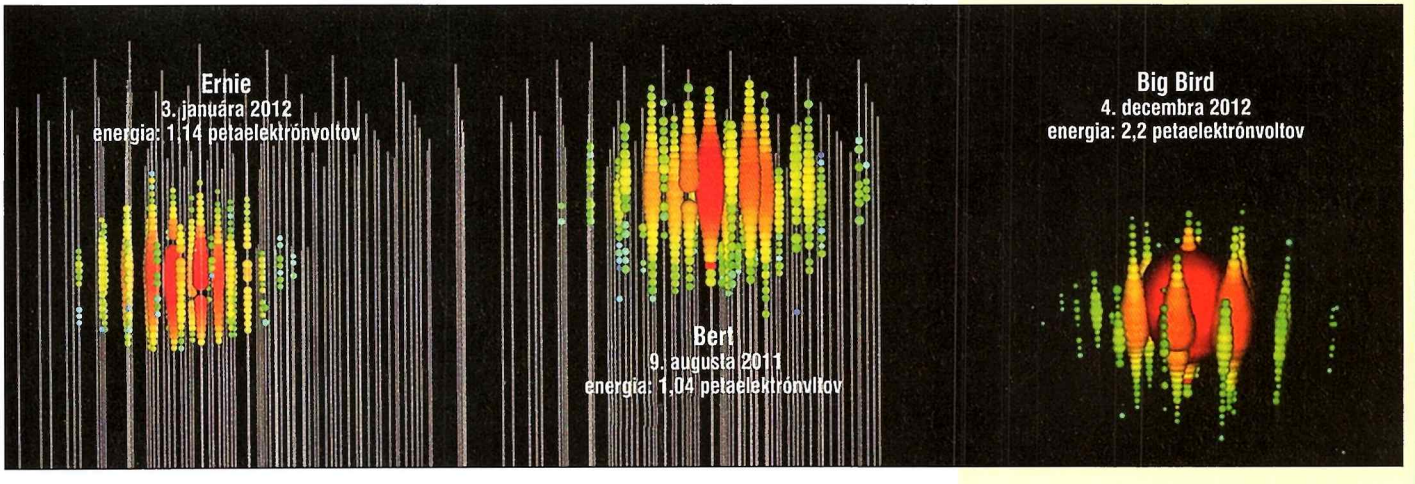
⇨⇨



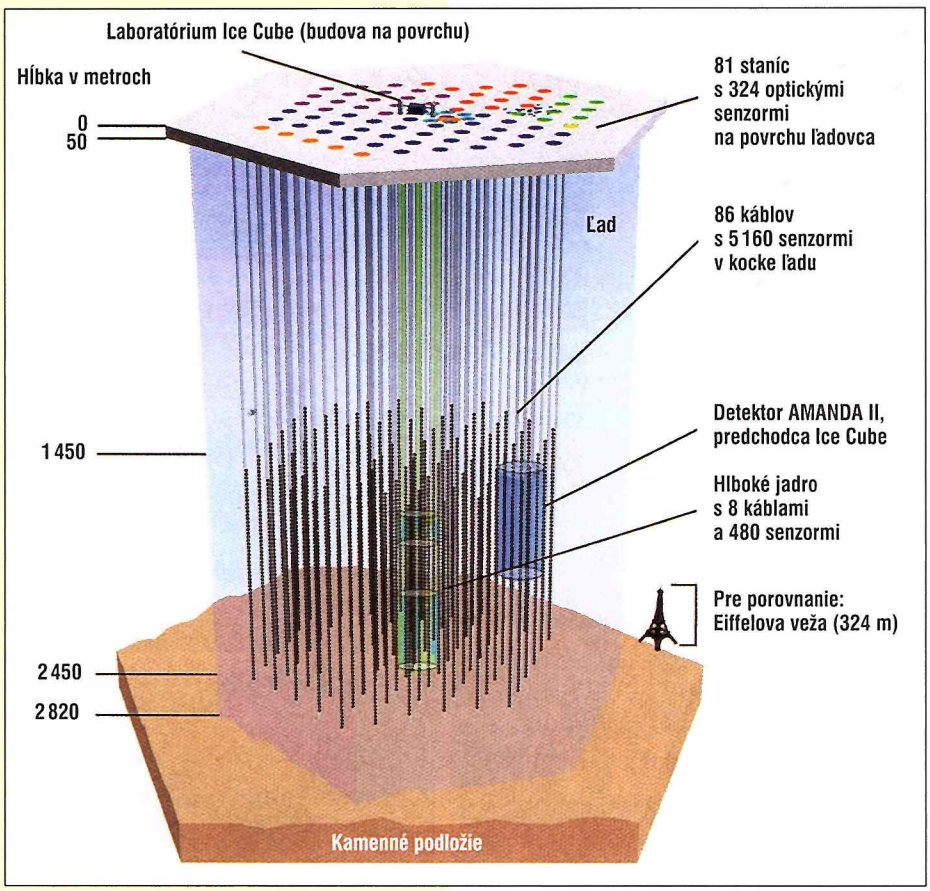
Výskumná stanica Ice Cube na južnom póle je iba špičkou detektora-ľadovca. Pod stanicou, v 2,5 km hlbokých vrtoch, uložili vedci 86 káblov, na ktorých visia vysokocitlivé senzory.



Francis Halzen je „otcom" detektora Ice Cube, vedúcim projektu i riaditeľom zariadenia.



Stopy troch najenergetickejších neutrín z vesmíru, ktoré sa kedy zaznamenali. Obrázky znázorňujú intenzitu ich rozptýleného žiarenia v ľade, 2 km pod povrchom Zeme. Záblesky po neutrínach detegovali fotonásobiče detektora Ice Cube.



Medzinárodný detektor IceCube a jeho predchodca – AMANDA (Antarctic Muon And Neutrino Detector Array) v priereze aj s prídavnými zariadeniami na výskum kozmického žiarenia.

losti vzdialených gigantických výbuchov hviezd nezaznamenal.

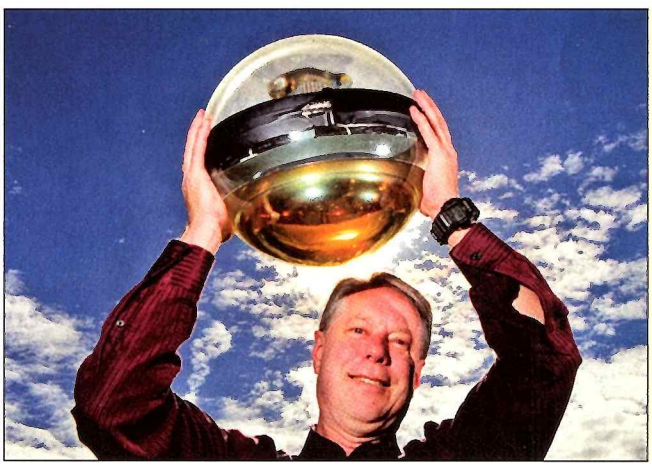
Vedci momentálne zvažujú, či zdrojmi neutrín s vysokými energiami môžu byť zrážky galaxií či energetické procesy prebiehajúce v blízkosti masívnych čiernych dier. Špekuluje sa aj o exotických zdrojoch: mohli by nimi byť rozpady neznámych častíc (tmavej hmoty), alebo interakcie hypotetických častíc – leptokvarkov.

„Pôvod neutrín s vysokými energiami je novým rébusom fyziky častíc," tvrdí Kohta Murase z Inštitútu pre pokročilé štúdie v Princetone. „Je veľmi pravdepodobné, že ide o mimogalaktické zdroje, aj keď je medzi nimi aj zopár neutrín z Mliečnej cesty."

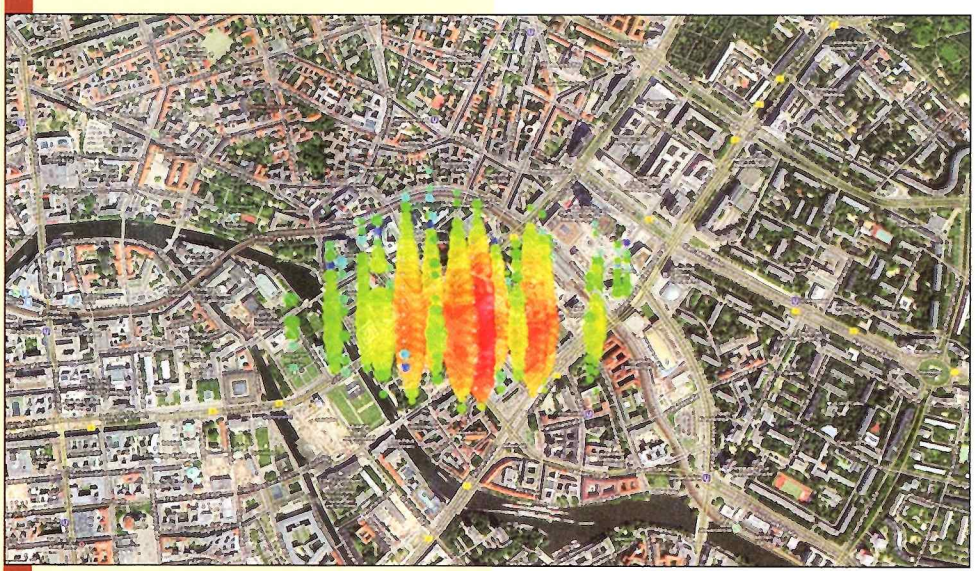
Stopy po čiernych dierach?

Uhlová rozlišovacia schopnosť Ice Cube je, žiaľ, neobyčajne nízka. Pod hladinou 1 stupňa dokáže lokalizovať iba 20 % neutrín, pretože sa ich stopy v detektore miešajú s miónmi, časticami s mimoriadne presným signálom. Iné udalosti sa určovali s presnosťou 15 stupňov. Dodajme, že pokiaľ nie je častica presne zmeraná, jej zdroj sa nedá zistiť.

Jedno je isté: rozloženie neutrín na oblohe je rovnorodé. Z toho vyplýva, že prinajmenšom časť neutrín nepochádza z našej Galaxie, ale má mimogalaktický pôvod. (V opačnom prípade by sa zoskupovali v rovine Galaxie.) Priradiť tieto neutrína k niektorému zo známych zdrojov vo vesmíre vedci nemôžu, lebo údaje nie sú zatiaľ štatisticky vierohodné.



Steven Barwick z Kalifornskej univerzity dvíha nad hlavu jeden z fotonásobičov, ktorým bol vybavený predchodca Ice Cube – AMANDA.



IceCube sa skladá z 5160 fotonásobičov, rozmiestnených v kubickom kilometri ľadu. Iba takto sa dajú zachytiť slabé, ale obrovské stopy po prelete energetických neutrín. Na obrázku signál neutrína Bert, pre porovnanie projektovaný na snímku Berlína.

Napriek tomu: vieme, že 7 z 37 neutrín s vysokými energiami priletelo z centra Mliečnej cesty. Ďalších 10 udalostí súvisí s polohami 9 blazarov a aktívnou galaxiou Centaurus A.

Blazary sú súčasťou aktívnych jadier galaxií. Sýtia ich kolapsy obrovských oblakov prachu a plynu, rútiacich sa k horizontu udalostí supermasívnych čiernych dier. Takáto gigantická krútňava funguje tak v galaxii Centaurus A, ako aj v Mliečnej ceste, kde však čierna diera v ostatnom čase (podľa všetkého preto, že momentálne nemá čo konzumovať) drieme.

Najsľubnejší zdroj neutrín sa nachádza v polohe blazaru H2356-309, ktorý spájajú s najmenej tromi udalosťami zaznamenanými v Ice Cube.

Bild der Wissenschafft

C. Porcová aj. se dlouhodobě věnuje výzkumu **Saturnových prstenců**, jelikož sonda *Cassini* pořídila do r. 2013 již 285 tis. jejich snímků zblízka. Hlavní prsteny A + B + C zabírají plochu *40 mld. čtv. kilometrů*, což je stonásobek plochy povrchu Země. Proto také výrazně přispívají k jasnosti planety zejména v době, kdy jsou široce rozevřené – nejbližší takové maximum nás čeká v r. 2018. Infračervená měření teleskopu *SST* ukázala, že **jemný prach** kolem Saturnu sahá až do vzdálenosti 12 mil. km od centra planety, tedy až ke dráze nepravidelného měsíce **Phoebe** o průměru 215 km, jehož velká poloosa dráhy činí téměř 13 mil. km, má výstřednost 0,16 a pohybuje se vůči Saturnu retrográdně se sklonem 28° k jeho rovníku. Jde tedy o prach z *Phoebe*, který směřuje k Saturnu, ale část ho zachytí **Iapetus** a zbytek **Hyperion**. Gejzíry z měsíce *Enceladus* zase zásobují prachem *prsten E*. Při pohledu zdálky je však nejrozsáhlejší *prsten F*, který nemůže být starší než milióny let a nejspíš vznikl rozpadem nějakého křehkého měsíce. Těsně pod ním obíhá pastýřský měsíc **Prometheus**.

V hlavním (vnějším) **prstenu A** se pozorují tisíce *vrtulek* objevených právě pomocí sondy *Cassini* již v r. 2006. Pocházejí zřejmě od miniaturních měsíčků s rozměry kolem 300 m. V **prstenu B** skoro žádné vrtulky nepozorujeme, ale zato radiální tmavší **špice**, které souvisejí se změnami magnetického pole. Obrovským překvapením byly však především **jemné drážky** v prstencích, připomínající drážky na poněkud přerostlé gramofonové desce. Tvoří je úlomky o rozměrech od centimetrů do 1 m. Drážky se však vyskytují i uvnitř **Cassiniho dělení** mezi prsteny B a A. Celková hmotnost prstenců se odhaduje na $>10^{20}$ kg, což je asi *setina jejich původní hmotnosti*.

J. O'Donoghue aj. pozorovali spektrometrem *NIRSPEC* Keckova teleskopu II propojení poměrně slabého **magnetického pole Saturnu** (indukce jen 25 μT, tj. polovina indukce magnetického pole Země) s jednotlivými měsíci. V širokém rozsahu zeměpisných šířek (25 – 60°) prší z prstenců elektricky nabité částice do svrchní ionosféry planety, takže prstence poměrně rychle ničí elektromagnetická eroze. **Magnetická osa Saturnu** je rovnoběžná a středově souměrná s osou rotace.

R. Canupová upozornila na *rozdíly v poloměru Rocheovy meze podle hustoty těles*, která se rozpadají slapovými silami centrální planety. Kamenná tělesa jsou pochopitelně odolnější proti rozpadu než ledová, a tomu odpovídá skutečnost, že z *ledových měsíců mohly vzniknout prstence*, zatímco původ kamenných měsíců **Titanu, Enceladu** a **Dione** musí být odlišný. *Titan* je téměř určitě od počátku samostatným objektem, popřípadě vznikl srážkami ještě starších kamenných měsíců. Jak poznamenali P. Goldreich a S. Tremaine, má *dynamika soustavy Saturnových prstenců* hodně společného s procesy, které probíhají při vzniku planet z akrečních disku kolem hvězd.

Sonda *Cassini* se dostala 19. července 2013 do zákrytu za Saturnem, takže mohla zhotovit působivé *snímky Saturnových prstenců ozářených Sluncem, ale také planety Země a jejího průvodce Měsíce* ze vzdálenosti 1,45 mld. km. Jde teprve o čtvrtý portrét Země z kosmické vzdálenosti větší než 10 mil. km. *NASA* při té příležitosti iniciovala mezinárodní kampaň **„Zamávejte Saturnu"**, jež našla odezvu u zhruba 20 tis. pozemšťanů, kteří s předstihem 80 minut před snímkováním zamávali do kamery v čase 21:27 – 21:42 UTC *(saturn.jpl.nasa.gov/news/waveatsaturn/timezones)*.

1.1.7. Uran a Neptun

L. Sromovsky aj. zveřejnili úžasný snímek **atmosféry Uranu** získaný 10m Keckovým teleskopem II vybaveným adaptivní optikou. Byl pořízen kamerou pro blízkou infračervenou oblast spektra v červenci 2012. Autoři pořídili na 200 snímků s krátkými expozicemi a z nich 117 nejlepších sečetli v počítači. Kvalita výsledného snímku je lepší než záběry Uranu, které vyslala kosmická sonda *Voyager 2* při průletu kolem planety v r. 1986. Na snímku lze snadno rozlišit četné oblačné systémy v různých šířkách planety, z nichž některé se nehýbou a jiné driftují a mění rozměry i tvar. Přitom Uran dostává jen 0,1 % sluneční energie v porovnání se Zemí. Oblaka tam vytvářejí husté kumuly a poloprůhledné cirry a dokonce je zobrazen i **Uranův prstenec ε**.

C. a R. de la Fuente Marcosovi nalezli dočasného průvodce Uranu **(83982) Crantor** původně klasifikovaného na základě pozorování z let 2000 a 2002 jako *Kentaur*. Nová pozorování potvrdila, že *Crantor* se nachází *v rezonanci 1:1 s Uranem* a jeho relativní dráha vůči Uranu má typický podkovovitý tvar. Současně zjistili, že při započtení gravitačních poruch od všech 8 planet, našeho Měsíce a soustavy Pluto-Charon, je zmíněná podkova překvapivě stabilní. Nakonec však všechno zkazí *Saturn*, jehož rezonanční poruchy nakonec objekt z báječné stability vypoklonkují na nestabilní dráhu.

H. Feuchtgruber aj. měřili pomocí spektrografu PACS infračervené družice *Herschel* **poměry D/H** pro atmosféry Uranu i Neptunu. Zjistili, že obě atmosféry vykazují *mírný přebytek deutéria* proti hodnotám ze sluneční pramlhoviny, protože jim vyšel poměr 4.10^{-5} s chybou ±10 %, zatímco ve sluneční pramlhovině je tento poměr 6.10^{-5} s chybou ±20 %. Protože poměr D/H pro protoplanetární ledy činí $(15 – 30).10^{-5}$, lze odtud vyvodit, že led tvoří nanejvýš 14 – 32 % hmotnosti planet, takže uvnitř se nacházejí dosti významná **kamenná jádra**. Podle Y. Kaspiové aj., kteří zkombinovali údaje získané *Voyagerem 2* a *HST*, nemohou být atmosféry obou planet tlustší než 1 tis. km, takže jejich hmotnosti představují pouze 0,15 % hmotnosti Uranu a 0,2 % hmotnosti Neptunu. Obě planety vykazují **tryskové proudění** v poměrně tenké vrstvě a rychlost vichřice na Neptunu představuje rekord pro tělesa Sluneční soustavy s atmosférou: 2,5 tis. km/h! M. Hasselfield aj. měřili pomocí mikrovlnného radioteleskopu ACT v poušti Atacama s průměrem přesné paraboly 6 m *jasové teploty Uranu a Saturnu* v letech 2007 – 2010 v pásmu frekvencí 148 – 277 GHz (2,0 – 1,1 mm) a dostali tak pro Uran hodnotu 103 K a pro Saturn 137 K.

M. Showalter aj. objevili v červenci 2013 na snímcích *HST* z let 2004 – 2009 **nový měsíc Neptunu S/2004 N 1** (měsíc není zobrazen na žádném záběru z *Voyageru 2* zřejmě kvůli svému příliš rychlému úhlovému pohybu). Obíhá v rovině Neptunova rovníku po kruhové dráze ve vzdálenosti 105 tis. km od centra planety v periodě 22,5 h. Z jeho průměrné jasnosti 26,5 mag odhadli, že jeho průměr nedosahuje ani 20 km.

1.2.1. Trpasličí planety a transneptunská tělesa (TNO)

M. Person aj. zpracovali výsledky pozorovací kampaně zákrytů hvězdy z katalogu 2UCAC v poloze 1826 – 1848 **Plutem** i **Charonem** dne 23. června 2011. Zákryty pozorovala jednak létající infračervená observatoř *SOFIA* (společný projekt *NASA*

a německé agentury pro letectví a kosmonautiku *DLR*), a dále pozemní observatoře ve *Flagstaffu* v Arizoně, na *Mauna Kea* na Havaji, a na *Cerro Tololo* v Chile. Odtud se podařilo určit **tloušťku svrchní vysoké atmosféry** Pluta (1 288 ±1 km). Svrchní atmosféra se jeví dlouhodobě velmi stabilní, zatímco v nízké atmosféře se pozorují výrazné změny hustoty i tlaku.

L. Beauvalet aj. přišli s přesnějšími řešením pohybu **(134340) Pluta** kvůli tomu, že k této trpasličí planetě míří kosmická sonda *New Horizons* a dosavadní efemeridy polohy *Pluta* v červenci 2015 nejsou pro ten účel dostatečně přesné. *HST* sice situaci poněkud usnadnil objevem dalších dvou měsíců Pluta v letech 2011 – 2012, ale ani to nestačí, protože pro úspěšný průlet spojený s rychlým nabíráním dat je nutné dosáhnout přesnosti efemerid s chybou <1 000 km. Jakmile se sonda počátkem r. 2015 probudí, bude muset sama *Pluta* najít zdálky a tím získat vysoce přesné podklady pro navigaci během průletu kolem *Pluta* i *Charonu*. Nejnověji objevené měsíce P4 a P5 dostaly počátkem r. 2013 svá jména: *Kerberos* a *Styx*. M. Buie aj. ukázali, že díky *HST*, který sledoval měsíce *Pluta* již od r. 2007, klesly chyby v určení poloh *Nixe* a *Hydry* na 60 km, resp. 38 km, ale chyby v poloze *Kerbera* a *Styxe* dosahují desítek tis. km. Je zajímavé, že *oběžné periody malých měsíců nejsou v dokonalé rezonanci s oběžnou periodou Charonu* (6,4 d). Poměr pro periody *Hydry* s *Charonem* totiž činí 5,98; *Kerbera* s *Charonem* 5,04 a *Nixe* s *Charonem* 2,89.

J. Ortiz aj. zpracovali pozorování zákrytu hvězdy trpasličí planetou **(136472) Makemake** na pěti stanicích jižní polokoule v Brazílii a Chile. Úkaz v trvání až 1 minuty se odehrál 23. dubna 2011 a autoři odtud odvodili rozměry, hustotu a albedo *Makemake*. Jejich výsledky však kritizoval M. Brown, který ukázal, že *Makemake* měla v době zákrytu svou rotační osu namířenu téměř přímo k nám, takže spolehlivě se dal určit jen *rovníkový průměr* (1 434 ± 14) km a projekce polárního průměru (1 422 ±14) km. Odtud pak vychází *mimořádně vysoké albedo 81 %*, ale nelze spolehlivě určit střední hustotu trpasličí planety.

M. Čuk aj. se zabývali párem měsíců trpasličí planety **(136108) Haumea**, které dostaly jména **Namaka** a **Hi'iaka**. *Namaka* začínal s dráhovou rezonancí 8:3, což postupně zvýšilo jak výstřednost, tak sklon jeho dráhy k ekliptice. *Haumea* je velmi protáhlá díky rychlé rotaci. Autoři proto propočítali vývojový scénář, v němž *Haumea* měla původně jeden velmi hmotný měsíc s hmotností 100krát menší než trpasličí planeta. Ten obíhal kolem *Haumey* po výstředné (e – 0,5) dráze ve vzdálenosti 25 tis. km. a rozpadl se jednak na rozsáhlý disk otáčející se kolem planetky, ale též na rodinu TNO s centrem *Haumea*. Z disku pak vznikly zmíněné drobné měsíce *Namaka* a *Hi'iaka*.

W. Fraser aj. podrobně studovali planetku **(50000) Quaoar** s průvodcem *Weywot*, který kolem ní obíhá v periodě ≈12 d po eliptické dráze s velkou poloosou 14 000 km a výstředností 0,15. Odtud lze určit také hmotnost soustavy $1{,}4.10^{21}$ kg a z pozorování apulsu s hvězdou 12 mag v červnu 2011 i horní mez průměru *Quaoaru* 890 km. To znamená, že *Quaoar je vůbec nejhustším tělesem Edgeworthova-Kuiperova pásu* s minimální hustotou 2,7násobku hustoty vody, ale může být i pětkrát hustší! Jeho satelit však bude nejspíš převážně z vodního ledu. Autoři to vysvětlují tak, že **velké objekty TNO** mají jádra ze silikátů obklopená ledovými plášti. Při náhodných srážkách se tedy nejspíš odpaří část ledového pláště, a zbylé TNO tak postupně zvyšuje svou střední hustotu. F. Braga-Ribas aj. využili *zákrytů hvězd Quaoarem* v květnu 2011, jakož i únoru a říjnu 2012, ke zpřesnění *rovníkového průměru* na 1,14 tis. km a polárního na 1,04 tis. km. Při albedu 11 % odtud vychází střední hustota planetky dvojnásobku hustoty vody. *Weywot* neobíhá v rovníkové rovině Quaoaru, který podle průběhu zákrytu není obklopen žádnou atmosférou.

Spektrální a zobrazovací aparatury na infračervených družicích *Herschel* a *WISE* i teleskopu *SST* umožnily S. Fornasierovi aj. proměřit základní charakteristiky (rozměry, albedo, teploty) sedmi jasných objektů z oblasti *TNO* a dvou *Kentaurů* **Chironu** a **Charikla**. Pozorování se uskutečnila ve spektrálních pásmech 12 – 500 μm. Tak se potvrdilo, že *Quaoar* s průvodcem *Weywot* jsou opravdu nejhustší mezi všemi dosud známými objekty *TNO*. *Quaoar* se zkrátka velmi podobá trpasličím planetám a mohl by být mezi ně v budoucnu přiřazen. Má totiž s nimi i stejné mineralogické složení žáruvzdorných prvků promíchaných s ledem.

D. Rabinowitz aj. upozornili na nezvyklé dráhové parametry **TNO 2010 WG9** získané v přehlídce *QUEST* na *La Silla* (ESO) a pomocí 1,3m reflektoru na *CTIO* v Chile. Objekt má průměr asi 100 km a mění jasnost s amplitudou 0,14 mag v periodě 5,5 d. Sklon dráhy k ekliptice dosahuje „kometárních hodnot" 70°! *Pomalá rotace* je nejspíš důsledkem slapového vývoje původně binárního objektu, který se do oblasti TNO dostal ze vzdálenějšího Oortova oblaku.

H. Schlichtig aj. srovnávali pozorování těles v Edgeworthově-Kuiperově pásu s modely **koagulace planetesimál** v protoplanetárním oblaku. Ukázali, že objekty s průměrem >60 km vykazují původní rozdělení neovlivněné srážkami. Pro tělesa s původním rozměrem <60 km hrají srážky významnou roli. Proto se pozoruje *deficit těles s průměrem 4 km* a naopak jejich *přebytek pro tělesa s rozměrem ≈ 20 km*. V protoplanetární mlhovině *vzniklo z planetesimál nejvíce planetek s průměry v rozmezí 0,8 – 8 km*, takže samy planetesimály mohly nanejvýš vyrůst na průměry ≈20 km.

M. Brownovi se podařilo určit střední hustotu poměrně velkého tělesa Edgeworthova-Kuiperova (EK) pásu **2002 UX25**, jenž při průměru 650 km má hustotu jen 80 % hustoty vody za normálních podmínek. Přesto je to tuhé těleso, což lze vysvětlit jedině tím, že je dosti porézní, ale porozita sotva dosáhne 20 %. Skutečně velká (>1 tis. km) tělesa pásu EK však mají hustoty 1,5x vody! Zdá se, že *rozhraním pro porozitu je průměr planetky 350 km*; nad touto hranicí dochází k samovolnému stlačení vzduchových pórů a tím začne hustota objektu růst.

1.2.2. Planetky hlavního pásu a Trojáni

V září 2007 byla právě dvě století po objevu planetky *Vesta* H. Olbersem vypuštěna kosmická sonda **Dawn** (NASA), která se stala dočasnou oběžnicí planetky mezi 16. červnem 2011 a 5. zářím 2012. Poté se sonda vydala pomocí iontového pohonu k trpasličí planetě **(1) Ceres**. První výsledky vědeckého zkoumání *Vesty* pomocí sondy *Dawn* zveřejnil v listopadu 2013 vědecký časopis *Meteoritics and Planetary Science* v celkem 16 vědeckých pracích, které přirozeně znamenají převrat ve výzkumu samotné planetky, ale i v širších souvislostech týkajících se historie vzniku a vývoje planetární soustavy Slunce.

M. Jutzi aj ukázali, že na základě pozorování planetky **(4) Vesta** sondou *Dawn* je zjevné, že jde o *původní exemplář basaltické protoplanety*, z nichž se pak tvořily planety Sluneční soustavy. Planetka má železné jádro, obsahuje také krystalicky vázanou vodu. Neměla však ani oceány, ani vulkány nebo atmosféru, takže je vskutku *zachována v původním stavu*. Na jejím povrchu byly identifikovány minerály *howardit, eucrit a diogenit*, které známe z meteoritů *HED* nalézaných na Zemi, kde ve sbírkách představují asi

6 % z celkového počtu meteoritů. Dvě století po objevu planetky se tak potvrdila domněnka z r. 1970, že *meteority HED pocházejí z Vesty*.

Velmi důležitým svědectvím o poměrech v dávných dobách Sluneční soustavy je objev dvou **obřích impaktních pánví** na jižní polokouli Vesty, *Venetia* o průměru 400 km staré asi 2 mld. let a mladší (před ≈1 mld. let) *Rheasilvia*, jakož i vysoká četnost menších impaktních kráterů z období před 4,1 – 3,4 mld. Za tyto úkazy mohou nejspíš obří planety *Jupiter* a *Saturn*, které prodělaly před 4,1 mld. let **dráhové migrace** a tím měnily výstřednosti drah úlomků planetek, jež následně dopadaly i na Vestu vyššími rychlostmi, a zanechávaly v kůře planetky výrazné jizvy.

Podle E. Ammannita aj. je překvapením vysoké zastoupení **minerálu olivínu** na severní polokouli planetky, kde je zhruba napůl promíchání s *howarditem*. Nachází se zejména na stěnách impaktních kráterů a v paprscích vystřeleného materiálu kolem kráterů. Odborníci předpokládali, že na povrchu Vesty bude olivín vzácný, a pokud se vůbec někde najde, tak jedině ve zmíněných obřích impaktních pánvích, které mohly prorazit kůru až do svrchního basaltického pláště, kde bývá olivín hojně zastoupen. Přitom v meteoritech *HED* nalezených na Zemi je olivín zastoupen vzácně.

V. Carruba se zabýval vlastnostmi čtvrté největší a nejhmotnější planetky hlavního pásma, kterou je **(10) Hygiea**, objevená A. de Gasparisem v r. 1849. Planetka patří do třídy C (silné zastoupení karbonátů na povrchu těles), takže má velmi nízké albedo 7 %, ale zato velkou hmotnost (9.10^{19} kg) i rozměry (530×407×370 km^3). Obíhá ve vnějším pásu planetek po dráze s velkou poloosou 3,14 au a výstředností 0,14 v periodě 5,6 roků. Představuje *hlavní těleso početné rodiny planetek,* protože představuje 90 % hmotnosti celé rodiny. V době, kdy je Zemi nejblíže, dosahuje jasnosti 9 mag a během přísluní se její povrch ohřívá až na –26 °C.

M. Jutzi aj. uvedli, že sonda *Rosetta* (ESA) objevila pomocí kamer aparatury *OSIRIS* v červenci 2010 během průletu kolem planetky **(21) Lutetia** velké množství impaktních kráterů kolem severního pólu planetky. Největší z nich má průměr 34 km a vznikl poměrně nedávno následkem rychlé (5 km/s) srážky s projektilem o průměru 2,3 km.

D. Jewitt aj. se věnovali interpretaci pozorování podivuhodné **planetky-komety P/2010 A2**, objevené 6. ledna 2010 díky nápadnému prachovému ohonu. Planetku snímkoval *HST* kamerou *WFC3* mezi 25. lednem a 29. květnem 2010 a autoři z rozboru snímků a dalších dat usoudili, že miniplanetka o průměru 120 m se srazila s kamenným meteoritem o průměru 3 m vzájemnou rychlostí asi 5 km/s někdy v únoru či březnu 2009. *Srážka způsobila vymrštění prachového oblaku o hmotnosti 5 tis. tun*, což znamená, že miniplanetka přišla o 10 % své hmotnosti. Během čtyř měsíců byly prachové částice s poloměrem <3 mm odvanuty tlakem slunečního záření, zatímco větší částice přetrvávají ve chvostu poškozené miniplanetky. Autoři odtud usoudili, že podobné srážky jsou poměrně četné a průběžně obohacují pás zodiakálního světla. Naproti tomu J. Agaralová aj. změřili na citovaných snímcích úkazu z *HST* rychlosti vzdalování malých úlomků od planetky *2010 A2* tempem 0,02 – 0,3 m/s, přičemž úniková rychlost z jejího povrchu činí 0,08 m/s. Odtud usoudili, že spíše než srážka s meteoritem byl příčinou úkazu *únik prachu z povrchu planetky odstředivou silou* vyvolanou kritickou rychlostí její rotace.

Koncem srpna 2013 objevila robotická soustava čtyř 1,8m robotických dalekohledů *PanSTARRS* na Havaji další podivuhodný kometární objekt **P/2013 P5**. Vzápětí ho snímala kamera *HST* a tak se ukázalo, že objekt má celkem *6 prachových kometárních chvostů*, jejichž vzhled se rychle měnil v čase. Podle D. Jewitta aj. objekt zapadá svými charakteristikami (podobně jako *P/2010 A2*) do hlavního pásu planetek. Má střední poloměr 0,24 km, a i když nelze zcela vyloučit, že se stal obětí srážky s rychlým menším astronomickým projektilem, je v tomto případě pravděpodobnější, že planetka se roztočila na kritické otáčky působením tlaku záření a v proměnlivých epizodách odvrhuje odstředivou silou prach z povrchu do tvaru vícečetných kometárních chvostů. Autoři odhadli, že tak během léta 2013 planetka ztratila asi 1 kt materiálu.

Když se ukázalo, že infračervená družice **WISE** se báječně hodí k objevování planetek ve Sluneční soustavě, byla její činnost prodloužena v září 2010, kdy se vyčerpala kryogenika, v rámci projektu NEOWISE. Přednostním cílem prodloužení projektu je objevovat v pásmech 3,4 a 4,6 μm planetky, které křižují dráhu *Země*. Do února 2011 tak *WISE* a *NEOWISE* pozorovala více než 158 tis. planetek, z toho 34 tis. nově objevených, mezi nimi 135 křížičů. Navíc pozorovala 21 komet. Poté byla hibernována do konce listopadu 2013. Od té doby je znovu v provozu nejméně na tři roky s cílem určovat především **dráhy, rozměry a albeda křížičů**.

Celkový počet identifikovaných (očíslovaných) planetek přesáhl koncem roku 2013 hranici **350 000** a dále lineárně roste s časem. Zdalipak astronom *Franz Xaver von Zach* (1746-1826) byl mohl tušit, co způsobí jeho nápad zřídit mezinárodní *Nebeskou policii* při konferenci vybraných odborníků v Gothě v r. 1798, svolanou s cílem systematicky hledat „chybějící planetu" mezi Marsem a Jupiterem?

P.Kuchynka a W. Folkner přišli s naprosto nečekanou metodou, jak zpřesnit určování **hmotnosti planetek**. Jejich poměrně nízká hmotnost se totiž zjišťuje obtížně klasickými prostředky nebeské mechaniky. *Až dosud se podařilo takto určit s chybami <35 % hmotnosti pouhých 27 planetek a velmi hrubé odhady máme jen pro dalších asi 70 planetek.* Autoři si uvědomili, že od r. 1999 lze díky soustavným měřením **poloh Marsu** pomocí oběžných sond *Mars Global Surveyor* (1997 – 2006), *Mars Odyssey* (2001 – dosud) a zejména *Mars Reconnaissance Orbiter* (2006 – dosud) průběžně získávat hodnoty *okamžité vzdálenosti Marsu od Země s neuvěřitelnou přesností ±1 m*!

Mars je přitom docela blízko k hlavnímu pásu planetek a jeho přesná poloha je na gravitační poruchy od blízko prolétajících planetek velmi citlivá. Díky přehlídce infračervené družice *WISE* jsou nyní známy průměry asi 100 tis. planetek. Autoři se proto zaměřili na **3,7 tis. planetek** s průměry >20 km, z toho dokonce na **200 objektů TNO**. Podařilo se jim tak z poruch Marsovy dráhy určit *hmotnosti 343 planetek, které dohromady dávají asi 90 % hmotnosti hlavního pásu.* Podle těchto měření má hlavní pás hmotnost 13.10^{-10} $M_\odot$, tj. $4{,}3.10^{-4}$ M_Z, resp. **0,035 hmotnosti Měsíce**. Dřívější odhady dávaly hmotnosti o 40 – 150 % vyšší. S ohledem na objev **Edgeworthova-Kuiperova pásu** se tedy ukazuje, že *název „hlavní pás" pro planetky na drahách mezi Marsem a Jupiterem by měl být opuštěn*; hmotnost Edgeworthova-Kuiperova pásu se odhaduje na **>0,1 M_Z** a jeho rozsah je asi 20krát větší než rozsah pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem.

Zato selhávají pokusy nalézt další pás drobných těles uvnitř dráhy planety *Merkur*, kterým se obvykle říká **vulkanoidy**. (V XIX. stol. se U. Le Verrier pokoušel hypotézou o planetě **Vulkán** obíhající tak blízko Slunce, že je technicky nemožné ji pozorovat ze Země, vysvětlit přebytek stáčení přísluní Merkuru; exces se však podařilo vysvětlit A. Einsteinovi, když formuloval v r. 1915 obec-

nou teorii relativity.) A. Steffl aj. využili kamer na páru družic *STEREO* k prohlídce interiéru dráhy *Merkuru*, a nenašli známky žádného objektu s rozměrem >5,6 km. Stále sice ještě zbývá možnost, že blízko *Slunce* se pohybuje až něco přes 70 vulkanoidů s průměrem >1 km, ale nepřímé důkazy takovou možnost prakticky vylučují.

R. Martinová a M. Livio soudí, že *obecně mohou pásy planetek vznikat v okolí hvězd poblíž tzv.* **sněhové čáry**, kde už veškerá voda zmrzla. Za jejich existenci bývá zodpovědná obří planeta, která vznikla až za sněhovou čarou a zabránila tak vzniku větší kamenné planety mezi sebou a sněhovou čarou. Takto umístěné obří planety nejsou však příliš početné, a navíc ještě narušují stabilitu planetárních soustav svou migrací směrem k mateřské hvězdě. To obecně *snižuje pravděpodobnost obydlitelnosti kamenných planet před sněhovou čarou*. Autoři však připouštějí, že výskyt planetek v oblasti sněhové čáry se může kamenným planetám před sněhovou čarou hodit, neboť impakty planetek mohou přinášet planetám **vodu a další organické látky** vhodné pro následný vznik života na planetách.

B. Timerson aj. zorganizovali 19. ledna 2012 na severovýchodě USA pozorovací kampaň sledování zákrytu hvězdy *HD 70920* (8 mag) **Trojánem (911) Agamemnon** (16 mag). Jeden z pozorovatelů využívající 0,36m reflektor natočil celý průběh zákrytu na video. Zpracováním všech pozorování se podařilo odhalit vejčitý tvar planetky s osami 191 × 144 km a objevit i jejího **průvodce** o průměru 3 – 10 km, jenž obíhá ve vzdálenosti 278 km od planetky (úhlová vzdálenost 0,9 obl. milivteřiny). K případnému zobrazení průvodce nestačí tedy ani teleskopy třídy *VLT* vybavené adaptivní optikou. Průvodce ovšem nebyl objeven při předešlých zákrytech hvězd v březnu 2000 a květnu 2004. Úhlový průměr kotoučku hvězdy jim vyšel na (0,5 ± 0,1) obl. milivteřin v dobré shodě s očekáváním (0,6 obl. milivteřin). Zatím známe jen dva *Trojány Jupiteru*, které mají solidní průvodce: **(624) Hector** (průměr 225 km) má průvodce o průměru (10 – 15) km a **(617) Patroclus-Menoetius** je dvojplanetka s průměru složek ≈100 km.

T. Grav aj. zveřejnili výsledky **přehlídky Jupiterových Trojánů** uskutečněné v posledních letech infračervenou družicí *WISE/NEOWISE* v letech 2009 – 2011. Družice potvrdila existenci 1 750 Trojánů, přičemž jejich výskyt v Lagrangeových bodech L_4 a L_5 není rovnoměrný. *V okolí vedoucího bodu L_4 se nachází o 40 % více planetek, než v okolí vlekoucího se bodu L_5.* Konvence pro pojmenování větších Trojánů přitom přiřazuje planetkám v bodě L_4 proslulým útočníkům v Trojské válce, zatímco obránci se soustřeďují kolem bodu L_5. Pro 400 Trojánů se podařilo díky *WISE* určit i jejich barvy, které nesouhlasí s barvami objektů *TNO*. Proto autoři usuzují, že *Trojáni Jupiteru patří k vůbec nejstarším dochovaným objektům Sluneční soustavy*, takže by se vyplatilo poslat k nim kosmickou sondu a zkoumat jejich vlastnosti zblízka, popřípadě in situ.

D. Nesvorný aj. ukázali, že *Trojáni Jupiteru jsou pozůstatkem daleko početnější populace planetesimál* z období rané Sluneční soustavy, takže jejich výskyt umožňuje zpětně propočítat, co se s planetesimálami stalo v mezidobí, a zejména jak hmotný byl původní planetesimální disk. Autoři ukázali, že na nestejné populaci Jupiterových Trojánů v bodech L_4 a L_5 se podepsaly **skoky v rychlosti migrace Jupiteru a Saturnu** vlivem přeskoku poměru oběžných period z rezonance 2:1 na 2,3:1 v době 5,7 mil. let od začátku simulovaného dráhového vývoje obou obřích planet. Velká poloosa dráhy Jupitera se tak skokově zkrátila z původních 5,5 au na současných 5,2 au vinou setkání s *hypotetickou 5. obří ledovou planetou*, jež během této interakce opustila Sluneční soustavu. Autoři odhadli, že původní hmotnost disku planetesimál dosahovala 14 – 28 M_Z, takže *dnešní „hlavní pás" planetek představuje nepatrný zbytek tak hmotné původní populace těles mezi Marsem a Jupiterem*. Autoři také odhadli, že průměrné rozměry planetesimál se pohybovaly kolem 80 km a albedo jejich povrchů asi 7 %.

M. Aleksander aj. nalezli pomocí 3,6m teleskopu *CFHT* na *Mauna Kea* prvního **Trojána Uranu 2013 QF99**, paradoxně během systematické přehlídky hledání *Trojánů Neptunu* (o Uranu se soudilo, že nemůže mít stabilní Trojány kvůli různým gravitačním poruchám zejména od *Jupiteru* a *Saturnu*). Nový objekt má průměr asi 60 km, je od Slunce vzdálen 19 au a nachází se opodál Lagrangeova bodu L_4. Výpočty však naznačují, že jeho dráha je metastabilní, takže nejpozději za 1,7 mil. let opět unikne do volného prostoru mezi *Saturnem* a *Uranem*, kde se ostatně nacházejí všichni *Kentauři*.

A. Parker aj. objevili **Trojána 2011 HM102 Neptunu** během pozorovacího programu, jehož cílem je nalézt v *Edgeworthově-Kuiperově pásu* vhodného kandidáta pro sondu *New Horizons poté*, co proletí kolem trpasličí planety *Pluta*. Troján Neptunu se nachází v okolí Lagrangeova bodu L_5, což je teprve druhý Neptunův Troján v tomto bodě. Na objevu se podílely velké dalekohledy *Magellan*, *Subaru* a *CFHT*. V době objevu byl objekt vzdálen 27,8 au od Slunce. Sklon 29° jeho dráhy vůči ekliptice představuje nový rekord pro Trojány.

1.2.3. Křížiči (NEO)

Křižující **miniplanetka 2012 DA14** proletěla kolem Země 15. února 2013 přesně podle výpočtu. První snímek planetky při jejím přibližování pořídil M. Mašek pomocí dálkově ovládaného českého robotického teleskopu *FRAM* na observatoři *Pierra Augera* v Argentině 15. února 2013 v 0:53 UT. Nejblíže Zemi byla v 19:25 h UT, kdy se pohybovala úhlovou rychlostí 0,8°/min. Jak uvedli J. de Léon, přiblížila se v té chvíli k povrchu Země na vzdálenost 27,7 tis. km; níže než probíhá geostacionární dráha. V té době ji už sledovaly velké teleskopy na Kanárských ostrovech a ve Španělsku, které pořizovaly nejenom optické, ale i infračervené světelné křivky a také spektra. Odtud se podařilo určit, že jde o *planetku třídy L*, tj. podobající se uhlíkatým chondritům. Její rotace před průletem nebyla přesně známa, ale po průletu se zrychlila na 9,0 h. Miniplanetka měla nepravidelný a protáhlý tvar s ekvivalentním průměrem 18 m a albedem 40 %.

N. Tějmurov aj. sledovali planetku na *Šemachinské observatoři* v Ázerbajdžánu po dobu půl hodiny, když se už od Země vzdalovala rychlostí 7,8 km/s stále ještě vysokou úhlovou rychlostí 0,7°/min. Podle jejich měření byla planetka v 19:49 h UT jen 27,55 tis. km nad Zemí a do 20:19 h UT se vzdálila na 34,43 tis. km. Za tu dobu urazila 13,7 tis. km. T. Tarai aj. měli možnost pozorovat planetku po dobu 2 h 0,55 m reflektorem japonské observatoře *Saitama*, a znovu i další noc po dobu celých 5 h. Určili odtud amplitudu červené světelné křivky 1,6 mag, kterou způsobily dva překládající se efekty, tj. vlastní rotace planetky a změny fázového úhlu. Po jejich rozpletení dostali periodu rotace planetky 11,0 h. Potvrdili také vysoké optické albedo jejího povrchu.

J. Giorgini aj. ukázali na základě všech dosud vykonaných pozorování potenciálně rizikové **planetky (99942) Apophis** o průměru ≈0,3 km (!), objevené v r. 2004, že nás určitě mine jak 13. dubna 2029, tak i v r. 2036. K vyloučení druhého data srážky totiž přispěla radarová pozorování na observatoři *Arecibo* z počátku r. 2013, kdy Apophis proletěla kolem Země v minimální vzdálenosti 14,5 mil.

km. Podle výpočtů autorů se v r. 2019 *Apophis* přiblíží k povrchu Země na 32 tis. km. Bude ovšem snadno pozorovatelná očima jako pohybující se objekt 3 mag. Současně se ale zdaleka vyhne rizikové *„klíčové dírce"* o šířce pouhých 600 m. Kdyby se totiž do dírky strefila, tak by to znamenalo srážku se Zemí 13. dubna 2036. Ve skutečnosti se v tom roce přiblíží k Zemi nanejvýš na 23 mil. km, a spíše ještě dále.

I. Wlodarczyk aj. na základě 4 tis. optických poloh *Apophisy* a dalších radarových měření z druhé poloviny března 2013 propočítali **budoucí dráhy** planetky až do r. 2110. Vyšla jim teoretická možnost srážky planetky se Zemí 15. října 2068, kdy by se střetla se Zemí v oblasti jižního Atlantiku.

Dalším potenciálně nebezpečným křížičem je objekt **2013 UQ4**, jenž proletí přísluním 5. července 2014 ve vzdálenosti 1,08 au od Slunce. Má velkou výstřednost dráhy 0,98 a retrográdní dráhu se sklonem 145° k ekliptice. Vzhledem k nízkému albedu 4 % má patrně docela **obří průměr 19 km**, a není to přitom kometa. Od počátku září do počátku prosince 2013 byla v mezinárodní kampani proměřována světelná křivka křížiče **(8306) Shoko**. Tak se podařilo objevit, že jde o dvojplanetku s poměrem velikostí 1:0,4 a oběžnou dobou složek 36 h. Zatímco primární složka rotuje v periodě 3,35 h, sekundární složka jeví rotaci vázanou s oběžnou dobou. Velmi pravděpodobně se původně jediná planetka rozpadla před 300 – 600 tis. lety.

Docela velká planetka **1998 QE2** (průměr 3 km!) proletěla podle radarových pozorování pomocí 70m paraboly v *Goldstonu* v Kalifornii 31. května 2013 ve zcela bezpečné vzdálenosti necelých 6 mil. km od Země. M. Brozovicová aj. přitom zjistili, že kolem hlavního tělesa obíhá satelit o průměru 600 m, což obecně zvyšuje nebezpečnost takových párů, protože jednak se jejich budoucí dráhy dají hůře zpřesňovat a hlavně případný pád obou těles na Zemi by měl významně drsnější následky. Podle dosavadní statistiky *má svůj satelit každá sedmnáctá planetka s průměrem nad 200 m.*

T. Mueller aj. sledovali planetku **(308635) = 2005 YU55** během jejího těsného průletu kolem Země 8. listopadu 2011, kdy se k nám přiblížila na vzdálenost 327 tis. km. Planetku sledovali pomocí řady přístrojů na Zemi i kosmickým teleskopem *Herschel* v rozsahu vlnových délek 0,009 – 1,3 mm a měření dále zkombinovali s pozorováními radarem a adaptivní optikou na velkých dalekohledech. Zjistili, že planetka má prakticky kulový tvar o průměru 305 m a albedo jen 5,5 %. Rotuje retrográdně, ale periodu rotace se nepodařilo stanovit, takže se nejspíš převaluje. Geologicky se podobá planetce *(25143) Itokawa*, takže představuj hromadu sutě. Jde o druhý nejbližší pozorovaný průlet řádově stametrové planetky kolem Země; vůbec nejbližší průlet podobně velké planetky ve vzdálenosti jen 190 tis. km od Země byl pozorován v r. 1976.

S. Naidu aj. využili radarů v *Arecibu* (vlnová délka 126 mm) a *Goldstonu* (vlnová délka 35 mm) k proměření tvaru a zpřesnění dráhy rizikové planetky **(162421) = 2000 ET70** během jejího těsného průletu u Země v únoru 2012. Lineární rozlišení na radarových snímcích dosáhlo až 15 m a na optických snímcích 100 m. Tak se ukázalo, že planetku lze přibližně popsat jako trojoosý elipsoid s rozměry 2,6 × 2,2 × 2,1 km^3. Planetka rotuje retrográdně v periodě 9,0 h a má extrémně nízké albedo 2 %. Na jejím povrchu byly rozlišeny povlovné srázy se sklonem <30°. Nejdůležitějším výsledkem je ovšem zpřesnění dráhy pro období let 460 – 2813 n.l. Je tedy jisté, že do začátku 29. století se planetka netrefí do Země.

H. Campins aj. připomněli, že planetka **(162173) = 1999 JU3**, která byla vybrána za cíl nové japonské sondy *Hayabusa 2*, jež má k planetce doletět v r. 2020, je vskutku potenciálně nebezpečným křížičem o průměru ≈ 1 km a s nízkým albedem 7 %. Pochází z vnitřního pásu planetek, ale v současné době má velkou poloosu dráhy jen 1,19 au, výstřednost dráhy 0,19, malý sklon k ekliptice 6° a oběžnou dobu 1,3 roku. To znamená, že v přísluní (0,96 au) křižuje zemskou dráhu a patří k typickým členům nejnebezpečnější rodiny planetek *Apollo*. N. Murdochová aj. upozornili, že přistání kosmické sondy na křehké planetce (hromadě sutě) může na povrchu planetky vyvolat lavinu!

M. Nolan aj. sledovali v letech 1999 a 2005 opticky i pomocí radarů na observatořích *Arecibo* a *Goldstone* těsné průlety planetky **(101955) Bennu** a odtud zjistili, že planetka má přibližně tvar trojosého elipsoidu s rozměry 565 × 535 × 508 m^3, a pomalu rotuje v periodě 4,3 d. *Bennu* je cílem kosmické sondy **OSIRIS-REx** (*Origins Spectral Interpretation Resource Identification Security – Regolith Explorer*), jež má odstartovat v září 2016, aby se stala dočasnou oběžnicí planetky v r. 2018. Po zevrubném průzkumu povrchu planetky z nízké oběžné dráhy má pak sonda velmi zvolna sestoupit do výšky 5 m nad povrch planetky a vysunout rameno, jež nabere z povrchu planetky malé vzorky horniny a prachu. Návrat vzorků na Zemi je naplánován na r. 2023.

Ačkoliv je riziko od planetek, které křižují zemskou dráhu snad **nejvýznamnější hrozbou kosmického původu**, preventivnímu objevování a zpřesňování budoucích drah křížičů se věnuje málo astronomů a prostředků. Jak uvedl P. Scheirich, první soustavnou přehlídku **Spacewatch** začali v r. 1982 v USA na observatoři *Kitt Peak* pomocí 0,9m reflektoru a posléze ji doplnil i 1,8m reflektor. Od r. 1995 následovala přehlídka **NEAT** (*Near-Earth Asteroid Tracking*; 1m reflektory na *Mt. Palomaru* a na sopce *Haleakala* na ostrově *Maui* v Havajském souostroví; od r. 2001 1,2m *Oschin Schmidt* na Palomaru; ukončena 2007) V r. 1997 se přidala velmi úspěšná přehlídka **LINEAR** (*LIncoln Near-Earth Asteroid Research; White Sands*, Nové Mexico) se dvěma 1m širokoúhlými reflektory a posléze třetím 0,5m zrcadlem. O rok později začala klíčová přehlídka **Catalina** (1,5m reflektor na *Mt. Lemmon* a 0,7m Schmidt na *Mt. Bigelow*, Arizona) a **LONEOS** (*Lowell Observatory Near-Earth-Object Search*; 0,6m Schmidt) ve Flagstaffu (Arizona; ukončena 2008), a dvě přehlídky v Austrálii (0,5m Schmidt a UKST 1,2m Schmidt, *Siding Spring*). Nejnovějším (2010) a nejvýkonnějším přírůstkem se stal 1,8m reflektor *PS1* systému **PanSTARRS** (*Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System*) na sopce *Haleakala* se zorným polem 3° snímaným v pěti barevných filtrech kamerou o kapacitě 1,4 Gpix! Odtud lze sledovat během roku 73 % oblohy. Každou jasnou noc lze pokrýt snímky asi 6 tis. čtv. stupňů oblohy, což znamená uložit do databáze asi 2 TB dat. Celá obloha se dá přehlédnout během 40 h expozičního času, takže *během jedné lunace lze oblohu právě viditelnou z observatoře zobrazit čtyřikrát* a tím odhalit jak řadu nových planetek, tak i krátkodobé variace jasnosti mnoha proměnných hvězd.

Kromě toho O. Vaduvescu aj. ukázali, jak velké bohatství údajů o blízkozemních planetkách obsahují **digitální databáze středně velkých dalekohledů** třídy 2m, které mívají širokoúhlé korekční systémy a tomu odpovídají mozaiku čipů CCD. Konkrétně jde o 2,2m reflektor *ESO/MPG* na *La Silla* (od r. 1999) a britský 2,5m Newtonův reflektor *IN* (od r. 1998) na *Kanárských ostrovech*, jež věnují část pozorovacího času přehlídkám v zorném poli o ploše přes 0,5 čtv. stupně. Autoři vytvořili velmi účinný výpočetní program pro dolování potřebných údajů o polohách křížičů a použili ho pro vytěžení 330 tis. snímků pořízených oběma přístroji od počátku přehlídky. Podařilo jim tak najít a určit dráhy **44 potenciálně nebezpečných křížičů** a dalších 108 „bezpečných" křížičů.

Nalezli tak řadu předobjevových snímků planetek, což umožnilo výrazně zpřesnit jejich dráhové elementy. Autoři dále zveřejnili aplikaci *Mega-Precovery*, která umožňuje podobným způsobem prohlížet celkem 28 podobných archivů, v nichž se nachází 2,5 milionů snímků.

Ze současných statistik vyplývá, že *uvnitř dráhy Měsíce proletí kolem Země metrová mikroplanetka v průměru každých 12 minut*, a že *šestina křižujících planetek je podvojných* (ty jsou v případě srážky nebezpečnější než osamělá tělesa). Astronomové však registrují jen jedno metrové těleso za měsíc, takže naprostá většina takto malých těles pozornosti uniká. *Hranice rozměrů pro velkou katastrofu při drtivém dopadu na Zemi je dána průměrem kamenného tělesa >140 m.* Odhaduje se, že rizikových těles těchto rozměrů je asi 20 tisíc, takže většina dosud objevena není. *Přehlídka křížičů je víceméně úplná teprve pro tělesa s průměrem >1 km.*

Pokud dojde k neočekávané srážce, jako tomu bylo u **superbolidu Čeljabinsk**, lze aspoň dodatečně získat údaje z celosvětové sítě sledovacích stanic **CTBT** (*Comprehensive nuclear-Test-Ban-Treaty*) řízenou centrálou ve Vídni, kterou provozují jaderné velmoci. *CTBT* má po celém světě 321 monitorovacích stanic a 16 laboratoří a o její financování se stará 183 států světa. Její provoz stojí ovšem ročně asi 100 mil. dolarů.

Jak uvedl časopis *Nature*, význam této sítě nelze podceňovat, protože dokud neexistovala, tak by právě *Čeljabinsk byl mohl bezděčně vyprovokovat jaderný konflikt, kdyby si byl přispíšil o 30 a více let.* Méně než 100 km od Čeljabinsku se totiž vyrábějí a skladují ruské jaderné pumy. Zkázonosný výbuch by byl tehdy téměř určitě považován sovětským vedením za jaderný útok, protože ještě neexistovaly mobilní telefony, internet, ani zmíněná síť *CTBT*. Ostatně i v r. 2013 někteří ruští politici v první chvíli přišli s domněnkou, že USA nad Čeljabinskem testovaly nějakou novou tajnou zbraň. Dnes přirozeně existují také vojenské monitorovací stanice pro detekci všech větších výbuchů nejenom v atmosféře, ale i na zemi či v podzemí. Donedávna měli astronomové v případě superbolidů dodatečný přístup k datům o jejich průletu atmosférou. Tato éra však skončila, jelikož vojenské štáby jakékoliv – byť i dodatečné – uvolnění dat astronomům odmítají, protože by se tak prozradily údaje o rozlišovací schopnosti a důkladnosti takových sledování.

K dosavadní webové adrese o potenciálně rizikových planetkách, kterou už delší dobu provozuje NASA (*neo.jpl.nasa.gov/risks/*) díky laboratoři *JPL*, přibyla od září 2011 obdobná stránka ESA (*newton.dm.unipi.it/neodys/*) na webu univerzity v italské Pise.

1.2.4. Komety

Minimálně kometou desetiletí se měla stát kometa **C/2012 S1 ISON**, jež byla objevena ve velké vzdálenosti od Slunce (6,3 au). Kometu objevili pomocí dálkově ovládaného 0,4m reflektoru v *Kislovodsku* astronomové-amatéři Vitalij Něvskij a Arťom Novičonok 21. září 2012 v rámci mezinárodního projektu **ISON** (*International Scientific Optical Network*). Počátkem r. 2013 byly však pozorovací podmínky pro její sledování nepříznivé, protože její jasnost se zvyšovala jen pomalu (15 – 13) mag a zmizela v červnovém soumraku. Na ranní obloze se objevila v půlce srpna jako objekt 11 mag; 3. října proletěla v těsné blízkosti Marsu a koncem měsíce dosáhla největší západní elongace od Slunce 53°. Očekávalo se, že již počátkem listopadu bude dobře viditelná očima a s chvostem dlouhým 10?. Přísluním ve vzdálenosti 1,2 mil. km od povrchu Slunce prošla 28. listopadu 2013, takže se očekávalo, že dosáhne maxima jasnosti –5 mag, a v prosinci měla být ráno viditelná na severní polokouli s jasností ≈ –1 mag. Jelikož však šlo o panenskou kometu, jež ke Slunci přiletěla z Oortova oblaku poprvé, byla sice její dráha spočítána přesně – šlo o typický otírač, ale zato *její maximální jasnost a rozměry chvostu se od předpovědi velmi lišily.*

Podle K. Meechové aj. se podařilo kometu najít na předobjevových snímcích přehlídkového teleskopu *PanSTARRS* již od 30. září 2011, kdy byla kometa ještě 9,4 au od Slunce. Do června 2013 pořídily mnoho snímků komety velké dalekohledy, zejména *2,2m reflektor Havajské univerzity* a *8,2m reflektor Gemini-N* na *Mauna Kea*, dále *1,8m reflektor na Lowellově observatoři* v Arizoně, *1,2m zrcadlo na Calar Alto* atd. *Radioteleskop JCMT* hledal už v březnu 2013 ve vzdálenosti 4,5 au a v červnu ve vzdálenosti 3,35 au čáry CO a HCN, ale našel jedině čáry CO_2. Aktivita komety rostla pomalu od konce r. 2011 až do poloviny ledna 2013, kdy byla kometa 5 au od Slunce. Pak však začala poněkud překvapivě klesat až do června 2013. Během této epizody se na aktivitě komety nejvíce podílely molekuly CO. Podle J. Bortleho je pokles aktivity typický pro panenské komety, protože vrchní vrstvy těkavých látek se již odpaří a spodní jsou spíše inertní. Proto nakonec jsou pozorovatelsky vděčnější již ostřílené komety, které se dostaly vícekrát do těsné blízkosti Slunce, jako jsou právě periodické komety *Halley, West* nebo *Bennett*.

Jak uvedli L. O'Rourke aj., **kometu ISON** sledoval rovněž infračervený kosmický teleskop *Herschel* v březnu 2013, kdy se kometa nacházela 4,5 au od Slunce a 30m radioteleskop *IRAM* až do dubna 2013, kdy se kometa přiblížila na 4,2 au od Slunce. Tato měření umožnila zpřesnit průměr jádra komety na 4 km. Ve spektru komety se v té době ještě nevyskytovaly pásy vodní páry, a i množství vyvrhovaného CO bylo poměrně nízké (3.10^{27} mol/s). *HST* pozoroval kometu pomocí kamery *WFC3* 10. dubna 2013 a odtud se podařilo určit přibližný rozměr jádra (5 km) a velikost komy (5 tis. km). Na snímku z 9. října pak bylo vidět stále nedotčené jádro, komu modrozelené barvy a načervenalý chvost.

Počátkem listopadu objevil spektrograf *NIRSPEC* na 10m teleskopu *Keck II* ve spektru komety vodní páru, methan, kyanovodík a oxid uhelnatý; dále též organické molekuly (CH_3OH; C_2H_6). Jasnost komety ve vzdálenosti 1,1 au od Země a 0,8 au od Slunce přitom stoupla na 10 mag. Brzy potom dosáhla teplota na povrchu jádra 330 K ve vzdálenosti 0,7 au a kometa se rychle zjasnila na 1,5 mag. V říjnu 2013 se M. Knight a a K. Walsh pokusili předpovědět, zda jádro komety těsný průlet u Slunce vůbec přežije. Podle výpočtů obou autorů *největším rizikem pro jádro nejsou sluneční slapy, ale rychlost a směr rotace jádra*, tj. rychle prográdně rotující jádro se zničí sublimací. Na základě předešlých pozorování však autoři usoudili, že hlavní složka jádra komety průlet přežije.

V době průletu přísluním sledovala kometu sonda *SOHO*. Kometa se začala zjasňovat až na –2 mag a pak zmizela v centrálním zástinu kamery. Tam po ní marně pátrala kamera *EUV* sluneční družice *SDO* (*Solar Dynamics Observatory*). Všeobecně se čekalo, že kometa nemůže průlet přísluním přežít, ale k úžasu astronomů se při odletu opět vynořila ze zástinu, ovšem ve zcela odlišném vzezření. Evidentně šlo spíše o **oblak prachu**, který vykazoval difuzní chvost ve směru kolmém k trajektorii oblaku. Oblak však postupně slábnul a rozplynul se. Jak poznamenal A. MacRobert, *z komety IS-ON se stala kometa IS-OFF.*

P. McCauley aj. sledovali v pásmech rentgenového a EUV záření pomocí družic *SDO* a *Hinode* předešlého otírače Slunce – kome-

tu **C/2011 W3 (Lovejoy)** během průletu přísluním. Těsně po půlnoci UT 16. prosince 2011 prošla kometa přísluním ve vzdálenosti pouhých 140 tis. km (!) od povrchu Slunce, kdy svištěla rychlostí až 536 km/s. Její jasnost tehdy dosáhla až –4 mag. Po průchodu přísluním byla opět sledována družicí *SOHO* a sondami *STEREO*, takže průlet, byť značně ostrouhaná, přežila. Již 20 h po průletu přísluním ji zaznamenali astronomové amatéři v Kalifornii jako objekt –1 mag. Velmi instruktivní sérii snímků pořídil 1,5 d po průchodu přísluním J. Černý pomocí dálkově ovládaného robotického teleskopu *FRAM* na observatoři *Pierra Augera*. Jádro se protáhlo do úsečky a z něho vybíhal jasný chvost. O den později se však podle Z. Sekaniny a P. Chodase jádro zcela rozpadlo a kometa se definitivně rozplynula.

D. Jewitt aj ukázali na základě pozorování *HST*, že kometu **311P/2013 P5 (PanSTARRS)** nelze zařadit do standardní klasifikace aktivních těles v hlavním pásu planetek. Její dráhové parametry (a = 2,2 au; e = 0,12; i = 5°; per = 3,2 r) ji řadí mezi planetky vnitřního pásu, ale její aktivita nasvědčuje spíše kometární povaze, protože na snímcích *HST* je patrných 6 prachových vějířů připomínajících větrník, jenže jednotlivé listy větrníku se přidávaly postupně po dobu 5 měsíců. Nejde tedy o následky srážky, ale spíše o **rotační nestabilitu planetky**, která rozmetává prach do svého okolí odstředivou silou. Na vysoké obrátky ji roztočily efekty tlaku záření. Planetka patří do *rodiny planetek (8) Flora*. Rodina vznikla srážkou větších planetek před necelou miliardou let.

H. Leroux a D. Jacob si všimli, že v aerogelovém lapači mikroskopických zrníček z komy komety **81P/Wild 2**, jenž v návratovém pouzdru kosmické sondy *Stardust* přistál na Zemi v lednu 2006, ulpěly mikroskopické úlomky roztříštěných zrníček na vnitřních stěnách pouzdra. Zkoumali je pomocí transmisního elektronového mikroskopu a objevili tak chemicky navzájem provázané *polykrystalické silikáty* (olivín, pyroxen a spinel) jakož i sklovité chuchvalečky, které vznikly spečením roztaveného materiálu komety s aerogelem. Našli také miniaturní chondritická zrníčka submikronových rozměrů, která ještě před vytvořením jádra komety prodělala **silný ohřev** v nejranější fázi vývoje Sluneční soustavy.

Několik obsáhlých prací bylo věnováno výsledkům projektu **Stardust/EPOXI**, jak shrnuli M. A'Hearn aj. Stále dobře fungující kosmická sonda *Stardust* byla navedena na dráhu ke kometě **P9/Tempel 1**, na jejíž jádro narazil v červenci 2005 370kg měděný projektil, jenž vytvořil kráter a oblak prachu. Oblak však znemožnil průletové sondě **Deep Impact** pořídit kvalitní snímek impaktního kráteru. Proto byla sonda *Stardust* navedena počátkem ledna 2009 metodou gravitačního praku u Země na dráhu ke kometě *Tempel 1* (projekt **NExT** = *New Exploration of Tempel 1*), kam úspěšně dospěla 15. února 2011 v době, kdy byla kometa 1,55 au od Slunce. Sonda se zhruba měsíc po průchodu komety přísluním přiblížila rychlostí 11 km/s k jádru komety na minimální vzdálenost 178 km a pořídila sérii snímků okolí umělého impaktního kráteru s rozlišením až 12 m/pix. Sondě došlo palivo pro ovládání trysek raketových motorků koncem března 2011 a obíhá bezvládně Slunce po dráze v periodě 1,5 r. V nejbližším století se nedostane k Zemi blíže než na 1,7 mil. km.

Podle J. Veverky aj. má jádro komety *Tempel 1* poloměr 2,8 km, albedo povrchu 6 % a rotuje v periodě 41 h. Nerovnosti povrchu dosahují amplitudy 830 m. Průměr umělého impaktního kráteru činí 50 m, ale je možné, že se podstatně zmenšil po návratu částeček prachu, které se impaktem dostaly na balistické dráhy, a pak se vrátily zpět na povrch. Tloušťku sypkého materiálu v kráteru totiž odhadli na 15 m. S. Chesley aj. zjistili, že během každého průchodu přísluním se rotační perioda jádra zkracuje, protože asi 0,25 % povrchu jádra zabírají výtrysky, které jsou velmi aktivní v okolí přísluní a vlivem tepelné setrvačnosti se odehrávají na neosvětlené části jádra. Sublimace vodního ledu začíná již při teplotě 200 K. Z výtrysků totiž pochází asi 20 % prachových částic, přičemž v přísluní se do okolí jádra dostává až 260 kg materiálu za sekundu. Tento mechanismus rovněž přispívá k zasypávání umělého impaktního kráteru, takže není vyloučeno, že *těsně po impaktu měl kráter průměr až 200 m*.

Také kombinovaný projekt **EPOXI** (*EPOCh = Extrasolar Planet Observation and Characterization + DIXI = Deep Impact eXtended Investigation*) zamýšlený původně jako průlet kolem komety *85/Boethin* dopadl úspěšně, ačkoliv se cílová kometa nečekaně rozpadla. Odborníci NASA dokázali najít jako vhodný cíl kometu **103P/Hartley 2** a rychle propočítat potřebné manévry gravitačního praku pomocí Země, takže stihli úpravit dráhu sondy v polovině listopadu 2007 a využili praků v r. 2008 a 2009 k přesnému navedení sondy k jádru komety. Průlet kolem komety *103P* se uskutečnil 4. listopadu 2010 (týden po průletu přísluním) při rychlosti 12,3 km/s v minimální vzdálenosti 694 km od jádra, a ve vzdálenosti komety od Slunce 1,06 au. Podle P. Thomase aj. má jádro typický vzhled *„kosti pro psa"*, přičemž jádro je osově souměrné a evidentně porézní, jelikož jeho střední hustota dosahuje jen 30 % hustoty vody v pozemských podmínkách. Povrch jádra o objemu 0,8 km^3 zabírá plochu 5,2 km^2 a jeho efektivní poloměr dosahuje 0,6 km. J. Belton aj. zjistili, že jádro komety *103P* rotuje v periodě 14 h, ale současně se převaluje podél hlavní osy psí kosti v periodě 27 h.

D. Schleicher aj. oznámili, že pomocí 4,3m teleskopu *Discovery Channel Lowellovy observatoře v Arizoně* na vrcholu *Happy Jack* (2,3 km) uskutečnili koncem února 2013 první vědecké pozorování, jež se týkalo velké komety **10P/Tempel 2**, která se v té době blížila odsluní, jímž prošla v březnu 2013 ve vzdálenosti 4,7 au od Slunce. Z pozorování světelné křivky zjistili, že jádro má velmi nepravidelný tvar o rozměrech srovnatelných s *Halleyovou kometou*, ale na rozdíl od ní patří ke *kometám Jupiterovy rodiny*. Jádro rotuje prográdně v periodě 9,0 h a rotace se zvolňuje s tím, jak ubývá aktivita jádra.

Odborníkům stále nedá spát spektakulární výbuch komety **17P/Holmes**, jenž proběhl v říjnu 2007, tedy pět měsíců po průchodu komety přísluním, ve vzdálenosti 2,4 au od Slunce. M. Ishiguro aj. ukázali, že před výbuchem, který zjasnil kometu během jediného dne zhruba půlmiliónkrát (!), bylo na povrchu jádra jen 0,6 % plochy činných výtrysků prachu, zatímco při výbuchu se tato plocha zvětšila až 50krát! Autoři odhadli, že během gigantického výbuchu přišla kometa o 76 m tloušťky povrchových vrstev. Jádro však zůstalo aktivní ještě ve vzdálenosti 4 au od Slunce, kdy se z povrchu komety uvolňovala mikronová až milimetrová prachová zrníčka tempem >170 kg/s. (V odsluní je kometa vzdálena 5,2 au, takže patří rovněž do *Jupiterovy rodiny*.)

J. Rao ukázal, že **jasné komety** viditelné dobře očima se vyskytují zcela náhodně. Od počátku XX. stol. do konce r. 2012 se na obloze objevilo 25 jasných komet, čili *v průměru jedna za 4,5 roku*. Z nich 11 dosáhlo kolem přísluní záporných hvězdných velikostí. V letech 1928-1941 však nebyla na nebi žádná očima viditelná kometa. Rekord drží kometa **1965 S1 (Ikeya-Seki)**, která se otřela o Slunce a přitom dosáhla neuvěřitelné jasnosti –15,0 mag. Druhou nejjasnější kometou byla kometa **1927 K1 (Skjellerup-Maristany)**: –6 mag a bronz získala kometa **2006 P1 (McNaught)**.

Z. Sekanina a R. Kracht upozornili, že *četnost jasnějších komet otírajících se o Slunce a řazených do Kreutzovy rodiny se začíná v posledních letech zvyšovat*. Zatímco po dlouhou dobu přicházely tyto komety do přísluní průměrně jednou za rok, v poslední době pozorujeme otírače jasnější než 3 mag v průměru 4,6krát ročně, a pokud jde o komety jasnější než 2 mag 4,3krát ročně. Autoři pro-

to předpověděli, že vysoce pravděpodobně se blíží do přísluní **hlavní roj Kreutzovy družiny** a během několika desetiletí by se mohla dostavit i poněkud otrhaná obří *Matka kometa...*

D. Jewitt v přehledovém článku připomněl, že *dnes už nové komety ve Sluneční soustavě nevznikají*; naprostá většina je však stále uložena u ledu při teplotě –260 °C v *Oortově oblaku komet*. Jen o něco málo tepleji (–230 °C) se daří kometám v *Edgeworthově-Kuiperově pásu* (**EKB**). Jádra komet však vznikala původně mnohem blíže ke Slunci, jak o tom svědčí prachová zrníčka v kometárním materiálu, která prodělala v minulosti ohřev až na 1 tis. °C.

Komety z **Oortova oblaku** přicházejí ke Slunci vinou gravitačního působení při průchodu hvězd v blízkosti Slunce, ale také vinou stále působících galaktických slapů. Naproti tomu komety z **EKB** se dostávají do vnitřních částí Sluneční soustavy vinou poruch od obřích planet. Na povrchu aktivních komet se vyskytují průduchy, jimiž proudí ohřátý plyn a prach vytvářející posléze komu a chvosty. Průduchy obvykle pokrývají jen kolem 1 % povrchu; výjimkou je kometa **1P/Halley**, jejíž průduchy zabírají 10 % povrchu. Stále zůstává záhadou, proč některé komety vybuchují a výbuchy přežívají, a jiné komety se zdánlivě bez příčiny rozpadnou před našima očima. Nejnadějnější vysvětleni, že ohřev velmi studeného amorfního ledu vede k jeho krystalizaci za uvolnění velkého množství energie, je sice možný, ale neplatí v pásu *EKB*. protože tam se nachází krystalický led. Jádra komet se mohou rozpadnout také příliš rychlou rotací, ale jádro komety **103P/Hartley 2** rotuje v periodě 18 h, což je ještě dost daleko od kritické rychlosti rotace pro kamenné těleso o poloměru 600 m.

M. Brož aj. využili tzv. **Nicejského modelu** dynamického vývoje Sluneční soustavy k odhadu *přínosu kometárních jader do pásma planetek*. V Nicejském modelu hrají klíčovou roli *migrace obřích planet* následující po rozpuštění protoplanetárního plynného disku, čímž lze uspokojivě vysvětlit, proč proběhlo **pozdní těžké bombardování** těles ve vnitřní části Sluneční soustavy, jak vznikl vzdálený *Oortův oblak* kometárních jader, *Edgeworthův-Kuiperův pás*, *hlavní pás planetek* a *Trojáni Jupiteru a Neptunu*. Autoři ukázali, že model poukazuje na poměrně rychlé rozptýlení kometárních jader v pásu *EKB*, což by mělo patrně ovlivnit hlavní pás planetek, kde bychom mohli odhalit důsledky kometárního bombardování rozptýlenými jádry. Na základě počítačových simulací pokrývajících vývoj pásu planetek během posledních 4 mld. let nalezli dobrý *souhlas mezi četností kometárních bombardování a počtem 12 srážkových rodin planetek*, jejichž mateřská tělesa měla rozměry >200 km. Simulace však naznačují, že by v hlavním pásu mělo být také přes sto srážkových rodin s mateřskými tělesy >100 km, což je v rozporu s pozorováním. Autoři navrhli různá řešení tohoto rozdílu, ale uzavírají svou studii konstatováním, že *komety svým vpádem do pásma planetek zřejmě přispěly ke vzniku srážkových rodin větších planetek*.

A. Waszczak aj. uveřejnili výsledky proměření poloh **220 tis. objektů hlavního pásu planetek** za období od března 2009 do července 2012, což představuje plných 40 % současného počtu identifikovaných planetek hlavního pásu. Z 2 milionů měření objektů s průměrem >1 km odhalili existenci 626 nových objektů a kometární aktivitu u 115 objektů. Odtud jim také vyšla *horní mez <33 aktivních komet na 1 milion planetek*. Také I. Ferrín aj. hledali aktivní komety v hlavním pásu planetek. Ty se liší od komet Jupiterovy rodiny svým *Tisserandovým invariantem >3,0*, zatímco komety Jupiterovy rodiny vykazují invariant <3,0. **Aktivní komety v pásu planetek** mají odsluní <4,5 au. Je jich zatím známo 14, mezi nimi *2P/Encke, 133P/Scheila a (3200) Phaeton*. Ve vzdálenosti 1 au dosahuje jejich povrchová teplota (325 ±5) K. *Teplota se pak mění nepřímo úměrně odmocnině z okamžité vzdálenosti vyjádřené v astronomických jednotkách*. Podle autorů se však v hlavním pásu nachází velké množství **„Lazarových" komet**, které sice dlouhodobě spí, ale mohou se znovu probrat k životu, když se přísluní jejich dráhy posune směrem ke Slunci.

A. Gulijev aj. propočítali možný **vliv hustých meteorických rojů na fragmentaci kometárních jader**. Nalezli v literatuře celkem 114 komet, u nichž bylo pozorováno postupné dělení kometárního jádra na více složek, popřípadě dokonce zánik komety (typ D). Konfrontovali jejich dráhy s dráhovými parametry 68 meteorických rojů z katalogu A. Cooka, a porovnávali uzly drah komet a rojů. Ve 24 případech rojů nalezli souhlas s průchodem rojů dolním uzlem a v 15 případech horním uzlem drah. Speciálně tak fungují *Lyridy, Orionidy, sev. a již. Tauridy, Perseidy a Drakonidy*.

1.2.5. Meteory

Astronomy dlouho překvapovala sdělení laických pozorovatelů **jasných bolidů**, že *souběžně s optickým jevem slyšeli zvuky* většinou označované jako svisty. To nedávalo dobrý smysl, protože, jak známo, zvuk se v atmosféře Země šíří řádově miliónkrát pomaleji než světlo. Teprve kolem r. 1980 odborníci připustili, že nejde o halucinace. První **záznam elektrofonického zvuku bolidu mikrofonem** se zdařil až v r. 2002. Nejnověji A. Molina a F. Moreno podrobně zkoumali dva roje, jejichž bolidy často vydávají *elektrofonické zvuky*, a to **Lyridy**, jejichž mateřskou kometou je *C/1861 G1 (Thatcher)* s oběžnou dobou ≈ 415 let, a dále **Perseidy**, které mají mateřskou kometu *109P/Swift-Tuttle* s oběžnou dobou 135 let. Autoři ukázali, že *průlet pomalých bolidů jasnějších než –12 mag provází emise rádiových vln v pásmu VLF*, které se přirozeně šíří rychlostí světla a při styku s překážkou se transduktují do akustického oboru. Jenže u zmíněného zvuku z r. 2002 zaznamenaného mikrofonem nebyla pozorována žádná měřitelná emise vln v pásmu VLF! Naopak zase u jiného bolidu –8 mag byly pozorovány vlny VLF, ale zato žádný elektrofonický zvuk!

Autoři z toho všeho dovozují, že musí existovat více různých způsobů, jak **elektrofonické zvuky** vznikají. Pro *Lyridy* jim vyšlo, že klasické transdukce rádiového signálu na optický nastávají pro meteoroidy s průměrem 0,9 – 1,2 m. U *Perseid* vyšel minimální průměr 1,1 m při minimální hmotnosti 495 kg. Aby vše nebylo tak jednoduché, autoři objevili, že **krátké svisty** mohou produkovat i meteoroidy s rozměry 35 – 140 mm a hmotnostech pouhých 6 g! Autoři soudí, že na výskytu krátkých svistů se podílí okamžitý stav ionosférické vrstvy E ve výškách 90 – 150 km, jež během noci slábne, protože právě v těchto výškách začíná intenzivní interakce meteoroidu se zemskou atmosférou. Krátké svisty tak může vyvozovat rázová vlna v plazmovém obláčku, jenž vzniká při rychlém průletu meteoroidu řídkými vrstvami zemské atmosféry.

Na podivuhodnou provázanost různých oborů astronomie poukázalo zjištění, že v době činnosti *Perseid* se ve výšce ≈90 km nad Zemí zesiluje **sodíková vrstva**, která už desítky let slouží astronomům u dalekohledů vybavených adaptivní optikou k podstatnému zlepšení rozlišovací schopnosti zejména obřích dalekohledů zkoumajících objekty vzdáleného vesmíru. To znamená, že *během činnosti roje se zvyšuje jasnost umělých sodíkových „hvězd" vytvářených žlutými lasery* a astronomové tak mohou pozorovat slabší objekty než v jiných obdobích roku.

P. Wiegert aj. objevili na základě pozorování kanadského třístaničního **radaru CMOR** (Tavistock, Ontario), že ve dnech 3. – 5. prosince 2011 se zvýšila frekvence meteorů s radiantem v souhvězdí *Kasiopeji* až na 50 meteorů za hodinu. Výpočet dráhy poukázal na souvislost s vyhaslou kometou **3D/Biela**, která v letech 1872 a 1885 vyvolala meteorické deště *Andromedidy* (jejich radiant byl ve skutečnosti v souhvězdí Kasiopeji!). Geocentrická rychlost vstupu meteoroidů do zemské atmosféry byla velmi nízká – jen 16 km/s, jejich průměrná vstupní hmotnost činila jen 5.10^{-7} kg, rozměry ≈ 1 mm. Poruchový výpočet ukázal, že šlo o meteoroidy vyvržené z jádra komety při jejím návratu ke Slunci v r. 1649.

D. Janches aj. uveřejnili prvé výsledky **rádiového pozorování meteorických rojů na jižní polokouli** pomocí nového systému radarů **SAAMER-OS** (*Southern Argentina Agile MEteor Radar-Orbital System*; *Rio Grande Tierra del Fuego*; 68° z.d.; 34° j.š.). Systém nové generace, složený z 8 vysílacích antén s výkonem 60 kW a šířkou pásma 0,3 MHz pracující na frekvenci 32,5 MHz už od května 2008, má velmi dobré schopnosti získávat odrazy od meteorických stop i nízko nad obzorem. Autoři během prvních čtyř let činnosti pozorovali 32 různých meteorických rojů, které vykazují aktivitu alespoň po 3 dny. Z toho dva roje jsou nové. Od ledna 2012 začal radarový komplex měřit díky přidáním dvou dalších vzdálených radarů i průběh atmosférických drah meteorů.

R. Waryk aj. spustili v Kanadě automatický systém vizuálních a radarových pozorování meteorů **CAMO** (*Canadian Automated Meteor Observation*). To umožňuje v širokém zorném poli 30° pozorovat celkový přítok meteoroidů na Zemi pro meteory až do 5 mag. Kromě toho je v provozu citlivá kamera se zorným polem 20°, jež zachytí i meteory slabší než 7 mag. Třetí videokamera se zorným polem 1° dovoluje určit velmi přesné dráhy a rychlosti s přesností na desetiny procenta. Radianty rojů lze pak určovat s přesností ±0,01°. Širokoúhlé kamery pracují s přesností 3 % pro rychlosti meteoroidů a ±3° pro polohy radiantů. Plné 3/4 meteoroidů jeví během průletu atmosférou fragmentace různých typů.

L. Shrbený a P. Spurný vymysleli, jak lze určit **lineární rychlost jasných bolidů i bez rotujícího sektoru**, pokud se zdaří pořídit světelnou křivku průletu bolidu s vysokým časovým rozlišením nezávisle na snímku světelné stopy bolidu na fotografii. Synchronizaci obstarají fluktuace jasnosti bolidu, popř. jeho výbuchy, takže v rozsahu lineárních rychlosti 14,5 – 50 km/s lze tak určit průběh zpomalování bolidu s přesností na několik km/s.

J. Trigo-Rodríguez aj. pozorovali v říjnu 2011 navzdory silně rušícímu Měsíci nápadné zvýšení aktivity říjnových **Drakonid**. Identifikovali několik krátkodobých zvýšení zenitové frekvence až na 400 met/h a určili jejich přesné radianty. Podle jejich pozorování přibylo na Zemi během 6 h kolem maxima roje 950 kg rozprášených částic roje. Autorům se podařilo určit, že pozorovali prachové vlečky komety *21P/Giacobini-Zinner*, jež se vytvářely během průletů komety přísluním v letech 1873 – 1894, a následně též v r. 1900, kdy byla mateřská kometa roje poprvé pozorována Giacobinim. Kometa má oběžnou periodu 6,6 r, takže patří do *Jupiterovy rodiny komet*. Drakonidy předvedly nádherné meteorické deště v letech 1933 a 1946. Se Zemí se střetávají rychlostí 21 km/s. Podobně Q. Ye aj. pozorovali předpovězenou vyšší aktivitu Drakonid pomocí kanadského radaru *CMOR*, jenž zaznamenal 61 Drakonid z více stanic a 179 nasycených ozvěn z jedné stanice. Geocentrické rychlosti však vyšly o 2 – 3 km/s nižší než naznačovaly výpočty, hustota pozorovaných meteoroidů se pohybovala od 30 % do 300 % hustoty vody v pozemských podmínkách a hmotnosti v rozsahu 2.10^{-8} – 5.10^{-7} kg.

N. Brosch aj. využili třístaničního radaru **EISCAT** (*European Incoherent SCATter*), jehož radary se nacházejí v Norsku, Švédsku a Finsku a pracují v pásmu UHF na frekvenci 929,5 MHz, ke sledování meteorického roje **Geminid** v prosinci 2008. Následně v prosinci 2009 po maximu roje pozorovali sporadické meteory s cílem určit jejich geocentrické rychlosti. Z měření vyplývá, že *všechny meteoroidy sporadického komplexu vznikly uvnitř Sluneční soustavy*, tj. že žádné z nich nepřicházejí z interstelárního prostředí.

J. Madiedo aj. zpracovali pozorování **superbolidu Belmonte de Tajo** (–20 mag) z 13. července 2012 (0h 4m UT), který pozorovalo mnoho očitých svědků nad středním a jižním Španělskem, a také osm stanic pozorovací sítě **SPMN** (*SPanish Meteor Network*). Odvodili tak dráhy meteoroidu ve Sluneční soustavě, která se podobá dráze *Halleyovy komety*, ale houževnatost meteoroidu o řád vyšší než u jádra komety odpovídá planetkám. Vstupní hmotnost meteoroidu odhadli na 1,7 t a střední rozměr na 1 m. Svítící dráha v trvání 3 s započala ve výšce 100 km a skončila 35 km nad Zemí. Zatím se sice nepodařilo najít žádné úlomky meteoritu na zemi, ale podle autorů jde o objekt typu Damocloid podle prototypu, jímž je planetka **(5335) Damocles**.

A. Olech aj. pozorovali 19. října 2012 pomocí 5 videostanic a jedné fotografické observatoře v severovýchodním Polsku jasný bolid **PF 191012 Myszyniec**, který dosáhl maximální jasnosti –14,7 mag ve výšce 77 km. Začal však svítit jako objekt kolísající kolem 1,5 mag v rekordní výšce 168 km. Poloha radiantu v Orionu odpovídá příslušnosti k pravidelnému meteorickému roji *Orionid*, jehož meteoroidy vstupují do zemské atmosféry vysokou rychlostí 66 km/s. V porovnání s ještě o něco rychlejšími *Leonidami* (71 km/s) jsou však tužší a hustší.

P. Babadžanov aj. nalezli mezi lety 2005 – 2008 šest planetek křižujících zemskou dráhu, jejichž dráhové parametry se podobají komplexu meteorických rojů **chí- a δ-Sco** a denních rojů **β- a α-Li**.

L. Neslušan aj. upozornili na propojenost komplexů meteorických rojů pocházejících od komety **96P/Machholz** a od planetky **2003 EH1**. Komplexy tvoří minimálně šest meteorických rojů, z nichž čtyři spadají mezi ekliptikální a dva mezi toroidální složku. Autoři v počítačových simulacích dynamického vývoje jednotlivých rojů dokázali společnou příbuznost pro řadu rojů (*severní a jižní δ-Akvaridy, Kvadrantidy a denní Arietidy; možná i kappa-Velidy a α-Cetidy*). **Jižní Arietidy** byly nejnověji pozorovány kanadským meteorickým radarem CMOR. Odtud se jednak daří potvrdit existence toroidální složky meteorických rojů a také příslušnost **Kvadrantid** k tomuto významnému komplexu. Dynamický vývoj drah celého komplexu ovládá Jupiter.

A. Sekhar a D. Asher zjistili, že dráhy meteorických rojů **Orionid** a **Leonid** ovlivňují dráhové rezonance s *Jupiterem* (1:6 a 5:14) a *Saturnem* (1:3 a 8:9). Započtení těchto vlivů na dráhu prachových stop příslušných rojů umožnilo objevit **kompaktní stopy**, jejichž dráhy ovlivňují obě planety.

J. Ebr uvedl v přehledovém článku, že na severní polokouli lze během roku sledovat očima 13 nočních meteorických rojů, které vstupují do zemské atmosféry geocentrickými rychlostmi 29 – 71 km/s (*Leonidy*). Rychlé (66 km/s) jsou také *Orionidy* a *éta-Akvaridy*. Pokud jde o roční **přírůstek hmoty Země**, tak hlavní podíl mají sporadické meteoroidy (200 tis. tun).

1.3. Sluneční soustava kdysi a dnes

D. Burnett aj. zkoumali vzorky **slunečního větru**, které dopravil na Zemi přistávací modul sondy *Genesis*, která sbírala po dobu 29 měsíců vzorky různými typy detektorů v okolí bodu L_1 soustavy Slunce-Země. Plánované měkké přistání modulu se sice nezdařilo; modulu se neotevřel padák, takže dopadl 8. září 2004 rychlostí 311 km/h do přistávacího koridoru ve vojenské základně v Utahu. Posléze se ale ukázalo, že tvrdé přistání jednotlivé detektory dobře přežily. Autoři pečlivým a časově náročným zpracováním zastoupení izotopů zjistili, že sluneční vítr obsahuje více lehkých izotopů prvků dusíku, než se očekávalo. Také zastoupení izotopů O, N, Ar a Kr je velmi odlišné od jejich zastoupení v materiálu těles vnitřní části Sluneční soustavy; zato se částečně shoduje s izotopickým složením těchto prvků v atmosféře Jupiteru, a pokud jde o Kr, tak též našeho Měsíce. Z měření dále vyplynulo, že *izotopické složení slunečního větru se za posledních 100 mil. let nezměnilo.*

M. Rowan-Robinson a B. May shrnuli údaje o **zodiakálním světle** získané infračervenou družicí *IRAS*, mikrovlnnou družicí *COBE* a kosmickou sondou *Ulysses*. Zodiakální prach tvoří vějíř sahající od Země až ke dráze Marsu (≈ 1,5 au). Hlavními dodavateli mikroskopického prachu jsou komety (podíl 70 %), dále planetky (22 %) a interstelární prach (7,5 %). Dále od Slunce interstelárního prachu rychle ubývá a ve vzdálenosti 4 au jeho podíl na prachové složce klesá podle měření sondy *Ulysses* na pouhé 1 %.

Jak ukázali L. Saul aj., velkým úspěchem umělé družice Země **IBEX** (*Interstellar Boundary EXplorer*), vypuštěné na protáhlou (odzemí ve vzdálenosti 183 tis. km) dráhu kolem Země v r. 2008, se stalo nové okno otevřené ke studiu Sluneční soustavy – pozorování **neutrálních interstelárních atomů**, které do ní pronikají. Neutrální vítr k nám proudí od pozůstatků hvězdných explozí a také od prvotního vesmírného plynu a plazmatu. Jeho hustota se mění v závislosti na fázi sluneční činnosti. Po vypuštění *IBEX* se v r. 2010 podařilo objevit na okraji heliosféry *jasný pás*, což způsobují vysokoenergetické atomy vodíku vlétající dovnitř heliosféry z interstelárního prostoru. Vítr slábl současně s tím, jak rostla sluneční činnost. V r. 2012, kdy vodíkový vítr zeslábl proti počátečním hodnotám osmkrát, vymizel v pozadí. Autoři slábnutí vysvětlují tím, že jak roste tlak slunečního záření během přibližování k maximu slunečního cyklu, odklání tak interstelární vítr mimo Sluneční soustavu. Sluneční vítr představuje jakýsi větrný pytel, neboť rychlé protony polárního slunečního větru zachycují volné elektrony a vytvářejí tak uvnitř heliosféry mírně promáčknutý a zakřivený bezedný trychtýř směřující zhruba k jasným hvězdám *Betelgeuze* a *Aldebaran*.

P. Frisch aj. zjistili, že **heliosféra** se v čase mění tím, že Slunce prolétá dynamicky aktivním mezihvězdným prostředím. Jelikož v současné době máme díky celkem deseti umělým družicím i kosmickým sondám dobré údaje o stavu heliosféry od r. 1972, je vidět, že *tok interstelárního plynu se během té doby lineárně zvyšuje a směr příchodu interstelárních neutrálních atomů He se stáčí.*

V r. 1961 ruský nebeský mechanik *M. Lidov* a o rok později nezávisle japonský astronom *Y. Koza* objevili mechanismus, jak se mění dráha satelitu planety působením vzdálené třetí hmotné složky (planety). Zjistili, že poruchy způsobují **změny sklonu** dráhy satelitu k rovníku planety a současně se výrazně zvyšuje **výstřednost** jeho dráhy. Podobně to platí i pro těsné dvojhvězdy, kterým gravitačně kibicuje třetí vzdálená hvězda. Následně v letech 1978 – 1980 ukázali P. Goldreich a S. Tremaine, že podobný mechanismus může způsobit **dráhovou migraci obřích planet** Sluneční soustavy, především Jupiteru. Tyto teoretické předpovědi se podařilo vzápětí ověřit během tzv. *Velké cesty kosmických sond Voyager 1 a 2* zejména při jejich průletu kolem *Saturnu*. Migrace obřích exoplanet pak celou záležitost dovršila, protože jedině tak lze vysvětlit, že existují obří exoplanety v těsné blízkosti mateřských hvězd, takže jejich oběžné periody dosahují jen několika dnů a vzdálenosti od hvězdy jen pár milionů kilometrů.

Podle R. Brassera aj. začala **migrace obřích planet Sluneční soustavy** poměrně pozdě, ale zato proběhla velmi rychle, během jednoho milionu let. Vinou migrace byla totiž zřejmě jedna *obří ledová planeta vymrštěna ze Sluneční soustavy* a putuje jako nomád Galaxií. To se projevilo také na změnách drah terestrických planet, takže **Mars** měl původně velmi výstřednou a k ekliptice šikmo skloněnou dráhu, zatímco **Merkur, Venuše** a **Země** vykazovaly koplanární téměř kruhové ekliptikální dráhy. Jelikož dráhy terestrických planet během doby prodělávaly změny díky častým rezonancím, vypadá dnes planetární soustava úplně jinak než na počátku. K podobnému závěru dospěli také O. Lykawka a T. Ito, na základě 68 simulací vývoje terestrických planet z různých počátečních podmínek. Odtud plyne, že *obří plynné planety Sluneční soustavy nejprve putovaly směrem ke Slunci*, a tak dostávaly do rezonancí dráhy embryí budoucích terestrických planet. Odtud též vyplývá velký deficit planetek ve vzdálenostech 1,5 – 2,0 au, které vychytal *Mars*.

A. Kataoka aj. nalezli patrně řešení záhady, *jak se z mikronových zrnek protoplanetárního disku mohly vytvořit terestrické planety a jádra obřích plynných planet*. Lze přece namítnout, že taková zrnka se při vzájemných srážkách buď odrazí, odsunou, nebo rozpadnou na ještě drobnější zrníčka, spíše než aby se zcelovaly. Autoři však tvrdí, že původní materiál byl velmi načechraný a kyprý, takže slepování se tím usnadnilo. Rovněž zapůsobily elekrostatické síly a výsledkem byla **koagulace** tohoto měkkého materiálu do větších útvarů, které se pak už díky vlastní hmotnosti zahušťovaly a působily jako dostatečně silná gravitační centra. Původní hustota materiálu 0,001 g/cm^3 se tak zvýšila zmíněnou koagulací o dva řády, jakmile kyprá koule dosáhla rozměru řádu 10 km. Tento proces funguje až do vzdálenosti 6 au od Slunce.

S poměrně výstředním řešením hlavní otázky, **jak Sluneční soustava vznikla**, přišel M. Woolfson. Využil vyhlazených hydrodynamických simulací chování prvotních planetesimál a výpočtů pravděpodobností srážek vzniklých obřích těles k tvrzení, že *v rané Sluneční soustavě vznikly dvě obří planety* s hmotnostmi 800 a 600 M_Z (až téměř trojnásobné hmotnosti Jupiteru) a rozsáhlými obaly plynného vodíku. Tyto veleplanety se nakonec srazily, což vedlo k dočasné termonukleární reakci slučování jader deutéria na hélium, ale i na další prvky včetně železa. Následná exploze rozhodila těžší prvky do vnitřních partií Sluneční soustavy, kde se z nich postupně utvořily Venuše a Země. Měsíc, Merkur a Mars vznikly nejprve jako satelity Venuše a Země, ale pak se kromě Měsíce osamostatnily. Ostatními zbytky divokých procesů jsou pak planetky hlavního pásu, transneptunského pásu a Oortova oblaku. Pluto a Triton byly původně satelity Neptunu. (Docela žasnu, že v poměrně renomovaném časopisu *Earth, Moon and Planets* taková divočina prošla úspěšně recenzním řízením.)

L. Burlaga a N. Ness zpracovali pozorování *Voyageru 2* z r. 2010, kdy se sonda nacházela ve vzdálenostech 91,0 – 94,6 au od Slunce v severní heliografické šířce kolem 29°. V té době *dospívaly do této vzdálenosti elektricky nabité částice slunečního větru vymrštěné ze Slunce v r. 2009*, kdy byla sluneční činnost nízká a vítr zeslábl a pohyboval se už od Slunce pomaleji. Magnetometr sondy sice vykazoval fluktuace, ale jinak bylo **magnetické pouzdro heliosféry** poměrně klidné.

Vytrvalé sondy **Voyager 1 a 2** ovšem stále přinášejí nové údaje o opravdových hlubinách Sluneční soustavy. Počátkem srpna 2013 byl *Voyager 1* vzdálen od Slunce 125 au. S jeho provozem se počítá až do r. 2020 a v omezeném rozsahu ještě o něco déle. Sonda se pohybuje setrvačností rychlostí 17 km/s a za 300 let dosáhne vnitřního okraje *Oortova oblaku komet* a po dobu 30 tis. let jím pak bude prolétat. *Voyager 2* byl koncem prosince 2013 vzdálen od Slunce 103,6 au a vzdaloval se rychlostí 15,4 km/s. Obě sondy se během r. 2013 nacházely v heliomagnetickém pouzdru, ale *Voyager 1* už na tzv. **magnetické dálnici**, kde siločáry heliomagnetického pole se propojují se siločárami interstelárního magnetického pole.

Obě sondy se však dosud nalézají v heliosféře, i když je pravděpodobné, že *Voyager 1* ji už brzo opustí. Rozhraní mezi oběma sférami patrně není úplně ostré a dokonce se během času třepetá, takže podle S. Krimigise aj. i L. Burlagy aj. překonával *Voyager 1* během srpna 2012 pohyblivé rozhraní celkem pětkrát. Jak uvedli E. Stone aj., zaznamenaly přístroje na *Voyageru 1* od poloviny roku 2012 rychlý **pokles hustoty nízkoenergetických (10 – 40 MeV) iontů slunečního větru** o plné tři řády a současně **zesílení interstelární složky kosmického záření** s průměrnou energií 3 MeV/nukleon o 9 %. Indukce magnetického pole vzrostla během té doby z 0,2 nT na dvojnásobek, ale orientace magnetických siločar se přitom nezměnila. *Voyager 1* tak zřejmě pronikl do tzv. pouzdra (*heliosheath*) heliosféry. Pouzdro vyplňuje oblast za mezní rázovou vlnou slunečního větru uvnitř vnější heliopauzy.

Následně L. Burlaga aj. pozorovali koncem r. 2012 nejprve silné **oscilace elektronového plazmatu** a následně další **zesílení indukce magnetického pole** na 0,6 nT. Odtud usoudili, že *Voyager 1* se již nalézá v interstelárním plazmatu. Podle M. Schwadrona a D. McComase dosáhla hustota plazmatu již hodnoty 0,1 částice/cm^3, což odpovídá průměrné hustotě interstelárního plazmatu, ale magnetické pole tam ještě stále jeví spirální strukturu typickou pro heliopauzu. Jak uvedli J. Quenby a W. Webber, *v komplexní oblasti mezi rázovou vlnou, pouzdrem, heliopauzou a interstelárním prostorem dochází k celé řadě přechodných jevů a silné turbulenci*. Podivné je též náhle vymizení měkké (≈ MeV) anomální složky kosmického záření ve vzdálenosti 121,7 au od Slunce.

Když všechna zmíněná data probrali a komplexně hodnotili D. Gurnett aj., došli k závěru, že **Voyager 1 se od dubna 2013 po 36 letech od vypuštění nachází v interstelárním prostoru**. Pozorovali totiž v té době oscilace plazmatu s frekvencí 2,6 kHz, typické pro interstelární plazma. To znamená, že *pohyblivá vnější hranice heliopauzy probíhá ve vzdálenosti ≈125 au od Slunce*. Podle M. Swisdaka aj. je nyní v okolí *Voyageru 1* hustota plazmatu 80krát vyšší než v heliopauze. Odborníci prožívají nepochybně velmi vzrušující chvíle pro poznání složité struktury přechodu mezi heliosférou a interstelárním magnetickým polem, které závažně mění naše dosavadní schematické představy. Současně nelze neobdivovat **stabilní činnost sond Voyager**, jež jsou nepochybně technickým zázrakem nepilotované kosmonautiky.

M. Pitjeva aj. zkoumali **planetární efemeridy EPM2011** a porovnali je s 617 tis. měřeními poloh planet a také kosmických sond. Cílem porovnání bylo objevit případný gravitační vliv **skryté látky** (*dark matter*) na pohyb těchto těles. Uvažovali nejprve extrémní (nejspíš nerealistický) případ, že je veškerá skrytá látka koncentrována v těžišti Sluneční soustavy. Dostali tak docela ostrou horní mez pro množství skryté látky ve Sluneční soustavě až po poloměr dráhy Saturnu $<10^{-10}$ $M_\odot$. Pokud je průměrná hustota skryté látky napříč Sluneční soustavou nějak rozptýlena, tak porovnání efemerid s pozorováními dává horní meze v závislosti na vzdálenosti od Slunce rovněž docela nízké: ve vzdálenosti 1 au <14 g/cm^3; v 1,5 au <1,4 g/cm^3 a v 10 au $<1.10^{-20}$ g/cm^3.

1.4. Slunce

O další možné řešení věkovité záhady nepochopitelně **vysoké teploty sluneční koróny** se s úspěchem pokusili J. Cirtain aj. Autoři zjistili, že se zde překládají dva různé fyzikální mechanismy. Když je Slunce klidné, ohřívají korónu *Alfvénovy vlny* na teplotu ≈1,5 MK. Je-li Slunce aktivní, obstarává další zvýšení teploty na 2 – 4 MK *přepojování magnetických siločar* a jemné magnetické stužky sahající do koróny. Některé krátkodobé výtrysky dosahují teplot až 7 MK! Právě objev jemných struktur, které nedokáže zobrazit žádná družice nebo sonda, se podařil teprve teď díky rekordnímu rozlišení kamer (0,2", tj. lineárně 150 km) na vertikálních sondážních raketách. O objev jemné magnetické struktury v pásmu EUV (vlnová délka 19 nm) se tak zasloužily rakety, které mohou Slunce na rozdíl od družic a sond sledovat nanejvýš po dobu pěti minut!

Podobně vleklé debaty se vedou o domněnce R. Wolfa, jenž na konci XIX. stol. hledal **souvislost mezi fázemi cyklu sluneční činnosti a změnami polohy barycentra Sluneční soustavy**. Když však C. Hale objevil magnetickou povahu slunečních skvrn, tak bylo zřejmé, že taková souvislost nejspíš vůbec neexistuje. Přesto však debata mezi astronomy a geofyziky dále pokračovala bez jasného výsledku. Dobrým základem pro **historii sluneční činnosti** se nyní stala data o časové proměnnosti výskytu radionuklidů ^{14}C (poločas rozpadu 5,7 tis. let) a ^{10}Be (poločas rozpadu 1,4 mil. let) *v ledových jádrech z Arktidy i Antarktidy* za posledních 9,4 tis. let, která zveřejnili K. McCracken aj. V datech je vidět vliv kosmického galaktického záření s periodou <250 let a pozemské příčiny kolísání s periodami delšími. Celkem tak autoři odhalili v pozorovacím materiálu 15 významných periodicit v rozmezí 40 – 2 320 roků. Za tu dobu se odehrálo 26 velkých minim sluneční činnosti podobných známé *Maunderově periodě* z druhé poloviny 17. a počátku 18. století. Velká minima se vyskytují v sériích po dvou až sedmi, a pak následuje delší období (800 – 1 200 let) standardní sluneční činnosti. *Délka základního (Schwabeova) cyklu kolísá v rozmezí 8 – 15 let*! Docela stabilní je naproti tomu *Gleissbergova perioda 87 let*, která je i dostatečně úzká, takže autoři snadno nalezli její přibližné násobky 350, 510 a 708 let. Těchto údajů pak využili J. Abreu aj. a zjistili, že výskyt obou zmíněných radionuklidů potvrzuje existenci **dlouhodobých minim sluneční činnosti**: *Wolfovo (1280 – 1340), Spörerovo (1420 – 1540), Maunderovo (1650 – 1715)* a *Daltonovo (1795 – 1830)*. Autoři odtud usuzují, že na Wolfově domněnce o vlivu barycentra Sluneční soustavy na sluneční činnost by přece jen mohlo něco být, protože z moderní helioseismologie vyplývá, že *dno sluneční konvektivní zóny není kulově souměrné*, takže sluneční dynamo by mohlo být ovlivňováno proměnným gravitačním momentem vyvolaným kolísáním barycentra ve slunečním nitru. Efekt však nebude nejspíš dost výrazný, aby se hodil pro lepší předpovědi o úrovni sluneční činnosti. Abreovu práci však vzápětí kritizovali R. Cameron a M. Schüssler kvůli významnému podcenění náhodných koincidencí slapových působení planet o pět až osm řádů. Autoři proto uzavírají, že zmíněné kolísání radionuklidů nemůže s proměnností period sluneční činnosti vůbec souviset.

K. J. Li aj. ukázali, že počínaje 10. slunečním cyklem je patrné, že v rovníkovém pásu se **perioda rotace Slunce** prodlužuje.

Prodlužování diferenciální rotace směrem k rotačním pólům Slunce se zmenšuje v letech po minimu sluneční činnosti, a naopak se zvětšuje v období po jejím maximu. Globální magnetické pole Slunce reaguje na rozdíly v diferenciální rotaci nejsilněji v nízkých heliografických šířkách; směrem k pólům, kde se rotace Slunce výrazně zpomaluje, kolísá magnetické pole jen málo. Silná magnetická pole v okolí slunečního rovníku tedy potlačují diferenciální rotaci, zatímco rotační perioda ve vyšších šířkách reaguje na změny magnetického pole chabě. Naproti tomu R. Ikšanov a V. Ivanov tvrdí na základě měření vykonaných během 21. a 22. cyklu v letech 1976 – 2000, že **globální magnetické pole** Slunce rotuje jako tuhé těleso ve střední periodě 27,225 d, která však během slunečního cyklu kolísá.

Z. N. Qu a J. L. Xie zjistili, že magnetický tlak od proudových trubic na dně sluneční konvektivní zóny cyklicky kolísá, jak vyplývá z přesných měření kolísání **lineárního průměru Slunce** na observatoři v Calern za období od února 1978 do září 2000. Čím menší je sluneční průměr, tím vyšší je sluneční činnost. J. Rozelot a Z. Fazel publikovali výsledky měření zploštění Slunce z pozorování družice *SDO* a z výškových balónů, které měří poloměr Slunce po jeho celém obvodu. Výsledky pozorování dávají zploštění 8,2 obl. milivteřin, zatímco teorie rotačního zploštění předvídala zploštění 7,8 obl. milivteřin, což je zajisté vzhledem k delikátnosti takových měření vynikající souhlas.

H. Morgan aj. využili soustavných pozorování **aktivních oblastí** na Slunci, jež pořizuje na družici *SOHO* (ESA a NASA) spektrograf *LASCO* (*Large Angle and Spectrometric Coronagraph*) kamerou *C2* (bílá koróna v rozmezí 2 – 6 $R_\odot$), ke sledování vývinu aktivních oblastí na Slunci směrem do vnější koróny. Doprovodné magnetické pole se vějířovitě rozšiřuje až do vrcholového úhlu 50° a rychlost výstupu aktivní oblasti plynule roste od 10 km/s v chromosféře na dvojnásobek ve vzdálenosti 2,3 $R_\odot$ a dokonce na 60 km/s ve vzdálenosti 5 $R_\odot$. Magnetické pole v aktivní oblasti se postupně uzavírá do smyčky a aktivní oblast opustí sluneční okolí jako *tichá rozpínající se smyčka*. Spíše než o výtrysky tak jde o relativně plynulé proudění, které začíná na samém povrchu Slunce v průměru jednou za 3 hodiny a výstup z dané aktivní oblasti je pozorovatelný v průměru 3 dny.

R. Kwon aj. využili koronografů *COR1* instalovaných na obou kosmických sondách *STEREO-SECCHI* k první globální **seismologii sluneční vnitřní koróny**. Koronografy tak poskytly údaje o rychlosti magnetoakustických vln a hustotě koronálního pozadí. Ukázali, že hustoty i indukce magnetických polí v koronálních dírách je nižší než v koronálních paprscích, a dále že indukce magnetického pole pomalu klesá se vzdáleností od sluneční fotosféry. Naproti tomu rychlost vln klesá s výškou velmi prudce a variace rychlostí vln se řídí podle elektronové hustoty v dané oblasti koróny, a nikoliv podle velikosti magnetické indukce.

K významnému pokroku ve studiu aktivních oblastí na Slunci nyní přispívá družice **SDO** (*Solar Dynamics Observatory*; NASA), umožňující pořizovat multispektrální snímky aktivních oblastí na Slunci s kadencí 45 s. G. Chintzoglou a J. Zhang tak mohli prozkoumat prostorový vývoj aktivní oblasti **AR 11158**. Čtyři kořeny oblasti ve fotosféře byly seřazeny na úsečce a tvořily je magnetické póly střídavých polarit. Do chromosféry vybíhaly dva magnetické dipóly, přičemž každý pól jevil vnitřní stromovou strukturu užších proudových trubic propojujících opačné magnetické póly. Uvnitř konvektivní zóny Slunce jde zřejmě o svislé přímé proudové trubice, které se při prostupu vzhůru větví jak vodorovně, tak svisle. V chromosféře pak dochází k *magnetickým rekonexím* (přepojováním magnetických siločar), jež uvolňují velké množství energie z aktivních oblastí.

Družice *SDO* umožnila X. Chengovi aj. ukázat, jak se podél inverzní čáry magnetických polarit vytváří toková trubice v podobě zakrouceného horkého kanálu pozorovatelného v pásmech 9,4 a 13,1 nm, jež během impulsivní fáze vytvoří půlkulovou šňůru směřující do nízké sluneční koróny a je základem pro vymrštění **koronálního výtrysku hmoty** (*CME*) do meziplanetárního prostoru. T. Iju aj. studovali pomocí spektrografu *LASCO*družice *SOHO* a interplanetární rádiové scintilace na frekvenci 327 MHz (vlnová délka 917 mm) chování výtrysků *CME* v průběhu 23. cyklu (1997 – 2009). Zjistili, že *CME* s počáteční rychlostí >500 km/s se poměrně rychle zbrzdí na průměrnou rychlost slunečního větru, zatímco pomalu vymrštěné *CME* se na tuto průměrnou rychlost slunečního větru zrychlí. *Nejpozději ve vzdálenosti 0,8 au od Slunce mají všechny výtrysky stejnou rychlost jako průměrný sluneční vítr (480 km/s).* B. Bein aj. využili družic *STEREO A* a *B* k určení parametrů *25 CME*, jež vytryskly ze Slunce do meziplanetárního prostoru mezi prosincem 2007 a dubnem 2011. *CME* přibírá hmotu až do vzdálenosti 20 $R_\odot$. Počáteční hmotnosti *CME* dosahují hmotnosti $\approx 10^{11}$ kg, ale vyrostou na konečných 10^{14} – 10^{16} kg. Jejich kinetické energie se pohybují v rozmezí 10^{23} – 10^{25} J.

Unikátní příležitost k testování **struktury magnetického pole v nízké sluneční koróně** poskytla odborníkům kometa *C/2011 W3*, jež se v přísluní dostala na vzdálenost pouhých 140 tis. km od sluneční fotosféry. To se dosud nepovedlo žádné kometě, která se o Slunce otírala. C. Downs aj. využili snímků vzhledu chvostu komety v pásmu EUV k diagnostice proměn magnetického pole, jež je v této oblasti silně nehomogenní. Přímá měření směru a indukce magnetického pole tak blízko slunečního povrchu nejsou technicky možná, ale důmyslné magnetohydrodynamické simulace umožnily autorům poprvé vytvořit realistický model slunečního magnetického pole v této kritické vrstvě.

Družice *SDO* ve spolupráci s kosmickou sondou *STEREO A* sledovala 25. září 2011 vznik **slunečního tornáda**, tedy eruptivní protuberance se šroubovicovou strukturou. Jak uvedli N. Panesar aj., tornádo se vynořilo na okraji slunečního disku v pásmu EUV (vlnová délka 17 nm) v důsledku tří slunečních erupcí, které se odehrály v této oblasti v předchozích 10 hodinách. Tornádo vzniklo po druhé z erupcí a jeho urychlování obstarala třetí z erupcí v blízké aktivní oblasti. Erupce způsobila ztrátu magnetické energie v nízké koróně, kde vznikla magnetická dutina, rozpínající se magnetickým tlakem. Tornádo tedy bylo dynamickou reakcí na rozpínání dutiny.

P. Charbonneau a P. Smolarkiewicz tak právem poukázali na hlavní výsledek moderního výzkumu Slunce pomocí družic a sond: *magnetická pole na Slunci jsou motorem a energetickým komunikačním kanálem pro všechny projevy sluneční činnosti včetně erupcí, koronálních výtrysků hmoty a modulace fyzikálních vlastností interplanetárního plazmatu.*

Pro studium *přechodu od fotosféry přes chromosféru do sluneční koróny* vypustila NASA v červnu 2013 novou levnou (180 mil. dolarů) umělou družici **IRIS** (*Interface Region Imaging Spectrograph*), jež startovala z letadla *L-1011* letícího ve výšce 11,9 km, a pracuje ve výšce 620 – 680 km nad Zemí na polární dráze synchronizované se Sluncem v oběžné periodě 97 min. K překlenutí pozorování přechodových vrstev Slunce o teplotách 6 kK – >1 MK má na své palubě spektrografy pro pásma FUV a NUV a kameru se čtyřmi úzkopásmovými UV filtry. Během expozic dociluje na Slunci lineárního rozlišení 240 km (úhlově 0,3") a kadence snímků 1 – 5 s.

Kam by Ikaros nedoletel

Nevšední použití meteorologických balonů a radiosond

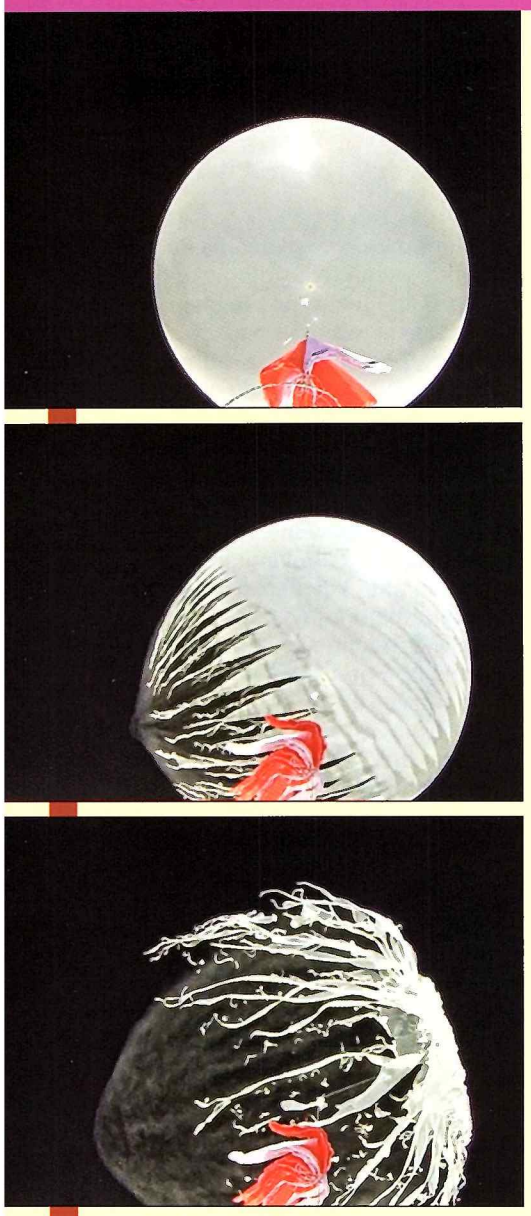
Obr. 12-1. **Stratocaching 2014. Záber z vypustenia balóna so zariadením Dropion.**

Mnoho let se setkáváme se snahou využít meteorologické balony i pro jiné účely, než je standardní vynášení radiosond až do stratosféry, pro změření základních prvků vertikálního profilu atmosféry. Nejprve to souviselo se snahou dostat do poměrně malé výšky zaměřovací bod pro zkoumání přímé viditelnosti vrcholu ještě třeba nepostavené věže. Malá zkušenost s chováním upoutaného balonu, kdy aerodynamický odpor balonu bývá vyšší než jeho vznosná síla, takové pokusy většinou omezoval jen na naprosté bezvětří.

Až nová doba umožnila zájemcům dostat se k balonům přes zahraniční e-shopy a také pokrok v miniaturizaci a odolnosti fotoaparátů přinášel nové a smělejší plány, jak se dostat do vzduchu jednoduše a pořizovat z výšky nevšední a mnohdy atraktivní záběry. Dostup těchto původně meteorologických balonů až nad 30 kilometrů nabízel možnost vyfotit zakřivení zeměkoule a černou barvu vesmíru. Takových projektů se objevila celá řada a výbava podvěsu balonu se musela zákonitě rozšiřovat o navigační prostředky, protože bylo také nutné kameru se vzácnými snímky po splnění úkolu a pádu na padáku na zemi také najít.

Postupně se do vzdušného prostoru nad námi začaly dostávat poměrně velké technologické sestavy, které již mohly ohrožovat bezpečnost leteckého provozu. Na tuto situaci musely reagovat státní úřady, které mají na starosti řízení leteckého provozu (ŘLP) a civilní letectví (ÚCL), jako celek. Proto se doporučení a předpisy ICAO (Mezinárodní organizace civilního letectví) odrazily na národních předpisech definujících a povolujících provoz neřízených balonů. A na aerology se o radu začalo obracet stále více jednotlivců i zájmových skupin, kteří chtěli své pokusy a projekty provozovat legálně.

⇨⇨



Obr. 12-2. **Stratocaching 2014. Zábery z kamery pripevnenej na zariadení, vrátane dokumentácie rozrtrhnutia meteorologického balóna.**

Stratocaching

Jedním z nejzajímavějších projektů byl **Stratocaching** zájmové skupiny Žádná věda. Původní malá skupinka nadšenců, složená z manažera, novináře, pedagoga, výtvarného umělce a geocachera se časem rozrostla o odborníky z řad radioamatérů, aerodynamiků z VZLÚ, anténářů z ČVÚT, ale nápad přilákal ke spolupráci i profesionální firmy se svým nejmodernějším technologickým vybavením.

Již na počátku se postupně začal rýsovat projekt něčeho, co kombinovalo pouhé natáčení obrázků z cesty do stratosféry s pozemní hrou pro velkou geocacherskou komunitu a také proto se aktivně využil zájem a um studentů slánského gymnázia, sdružených v talentcentru Laborky, které se již dříve prezentovalo svými pokusy, třeba i v pořadech ČT Zázraky přírody. Dílčí představa byla hotova a zbývalo JEN dořešit, jak zajistit vynesení a rozsypání do volné krajiny cílů geocacherů – kešky. Ti normálně hledají ukryté „poklady", na všech možných i nemožných místech, jejichž poloha je uvedena na internetu a v ČR jsou již desetitisíce organizovaných kečerů i kešek.

V tomto případě, po cestě ze stratosféry, líbivě pojmenované jako hranice vesmíru, musela být poloha kešek sledována elektronicky, pomocí GPS/GSM trackerů, které se běžně používají pro sledování věcí a osob. Nevyzkoušené bylo chování těchto trackerů v nízkých teplotách a velkých výškách stratosféry. Čili další dílčí pokusy a testy v laboratořích. Nosičem trackerů se stala umělecká modifikace javorového semínka, známého svojí schopností bezpečného a pomalého rozsevání pomocí autorotace. Konečnou fazonu celému projektu nosiče a semínek dal výtvarník Žádné vědy a pojmenoval ho Dropionem. Nejednalo se ale jen o líbivý vzhled, ale také o aerodynamické vlastnosti semínek, které se ověřovaly a pilovaly při mnoha testech.

V průběhu roku 2013 se na nás, aerology z pražské Libuše, obrátili organizátoři Stratocachingu se žádostí o konzultace v oblasti vypouštění balonů a přivítali naši přímou podporu. Poradili jsme jim i v oblasti vyjednávání povolení k letu balonu na ŘLP. Nakonec byl v rámci projektu Stratocaching 2013 Dropion nesen největším komerčně dostupným meteorologickým balonem o vlastní hmotnosti 3 000 gramů.

Režim vysypání semínek a ukončení letu byl řízen palubním počítačem z Laborek. Profesionálové a hlavně nadšenci z několika firem a organizací zajišťovali přímý přenos videa z palubní kamery, zaměřené směrem dolů, na internet, který přilákal přes 200 tisíc diváků. Dropion byl vybaven i několika nezávislými sledovacími systémy na odlišných kmitočtech, které předávaly radioamatérům údaje o poloze. Koncentrace výše než desítky samostatných vysílačů na malém prostoru komplikovala radiový provoz, ale nakonec byl největším nepřítelem elektroniky velký mráz po dlouhou dobu letu nahoru i dolů, tedy správně řečeno, odnesly to hlavně baterie trackerů v semínkách.

Start se odehrál 16. listopadu na území observatoře ČHMÚ v Praze-Libuši. Zde jsme řešili, jak balon nafouknout tak, aby zajistil stoupavost Dropionu kolem 5 až 6 m/s a nepraskl dříve, než nad třiceti kilometry. My jsme měli praktické zkušenosti jen s balony o hmotnosti 1 200 g, plněnými vodíkem, na kterých u nás běžně létají meteorologické sondy s ozonovým čidlem. Dropion byl ale dvakrát těžší a z bezpečnostních důvodů bylo nutné použít helium. Na akci byly k dispozici jen 2 tlakové láhve, a tak jsme si nemohli dovolit žádnou chybu. Přitom správně nafouknutý balon byl vůbec základní podmínkou konání této velké akce.

Již jen manipulace při nafukování a uvazování hrdla balonu s tahem přes 7 kg byla stresující, ale nakonec vše dobře dopadlo a ve slunečném dopoledni se balon s Dropionem vydal na „hranice vesmíru". Malý vítr na jedné straně nenutil projekt předčasně ukončit, protože nesmělo dojít k přeletění státních hranic, ale na druhé straně se nesplnilo očekávání organizátorů, že budou kešky rozptýleny na velkém území. Zákony fyziky, stav počasí a velmi podobné letové vlastnosti všech semínek nakonec měly na svědomí úzkou dopadovou oblast v délce jen několika km. Zamrzlá semínka, či jejich trackery, se z místa přistání neozvaly a tak se stovky kečerů musely spolehnout na své oči a z nebe spadlé kešky hledat jen vizuálně. I tak se jich nakonec našlo 7 z 12. Na šťastné nálezce čekaly sponzorské dary a všichni si snad odnesli i tu báječnou náladu, provázející tento projekt.

Organizátoři Stratocachingu hned začali myslet na další ročník a už jim bylo jasné, kde byly udělány chyby, co bylo podceněno. Pro nový Dropion byl navržen nový design, semínka byla dále vylepšována pro zachování svých letových vlastností, i když jim narostla hmotnost o baterie, které vyhřívaly trackery, aby opět nezmrzly.

Dropion 2014 nesl již 3 kamery, směřované na zem, na balon a na horizont. Na výrobu Dropionu a semínek byl použit nový technologický hit – 3D tiskárny, ale hmotnost komponent nakonec donutila se vrátit k původním lehkým materiálům a konečné společné testy veškeré elektroniky se tak opět posunuly na jen několik hodin před startem dopoledne 25. října. Opět byl libušskými meteorology připraven tříkilový balon, ale protože se mezitím dále zpřísnily po-

Obr. 13. **Rádiosonda nesená riadenou vzducholoďou.**

volovací podmínky ŘLP, i když nad Stratocachingem 2014 měl záštitu i ministr dopravy ČR, na poslední chvíli byl projekt povolen a uskutečněn pod hlavičkou ČHMÚ, kdy pod klasickou meteorologickou radiosondou visel navíc i Dropion. Při nočních testech elektronika fungovala uspokojivě, po ranním úplném zprovoznění všech palubních technologií a zaklopení tepelného víka Dropionu bylo zjištěno, že základní navigační prvek – systém GPS, který řídil i palubní počítač, má problémy. Zdálo se, že vypnutí vysílače přímého přenosu z kamer signál zlepšuje, a proto byl obětován, protože povolené letové časové okno experimentu neposkytovalo potřebný čas na hledání a odstranění příčin problémů. Kamery zůstaly v chodu, jen své záběry ukládaly na paměťové karty. Mohlo se tedy odstartovat a doufat, že ostatní systémy tentokrát zůstanou funkční. Signál GPS byl na palubě ale slabý, a tak počítač nemohl řídit vysypání kešek v plánované výšce ani oddělit balon od Dropionu před jeho prasknutím.

Nakonec až časová pojistka uvolnila semínka, ale až během pádu na padáku, ve výšce pouhých 4 km. Opět panovalo podzimní bezvětří, a tak se semínka společně snesla na jedno pole u Lipan, těch Lipan, kde u nás skončili husité. Trackery v semínkách tentokrát fungovaly na jedničku a svojí polohu hlásily ještě během přistávání i po dopadu. Proto ani není divné, že až na jednu kešku bylo hned 11 geokečery nalezeno. Ta dvanáctá se asi stala tajnou kořistí některého nálezce jako jedinečný suvenýr. Brzy byla objevena i příčina problémů palubních systémů závislých na GPS. Na poslední chvíli zkrášlené víko Dropionu barvou s kovovými částečkami, které signál GPS k anténám nepropustilo v dostatečné intenzitě.

Naše radiosonda, díky tomu, že nahoru letěla mezi balonem a Dropionem, s měřením a navigací polohy problém neměla. Při pádu se ale zamotala do spojovacích šňůr a v horizontální poloze nedostávala dostatečně silný signál GPS, čili se dala sledovat jen obtížně. Co pro nás ale bylo úplnou premiérou, byl na záznamu z horní kamery průběh zvětšování průměru balonu s výškou/poklesem tlaku a detail jeho prasknutí. To jsme ještě nikdy neviděli, jen na cizích videích. A stalo se to jen díky tomu, že k programovému odpojení balonu se sondou od Dropionu kvůli chybě nedošlo, a tak bylo vše zdokumentováno. Celý experiment tedy ani tentokrát nevyšel na celých 100 %, ale hlavní představy byly splněny a přinesl pro nás i něco neočekávaného.

Více na odkazech: http://stratocaching.idnes.cz/2013
http://technet.idnes.cz/stratocaching-0f7-/tec_technika.aspx?klic=73088

Vzducholodě

Tak trochu z jiné oblasti je účast pražských aerologů na akci, kdy Katedra elektromagnetického pole ČVÚT Praha potřebovala detailně změřit parametry atmosféry v přízemní vrstvě a její vliv na šíření radiovln. Pod pronajatou vzducholodí byla zavěšena klasická radiosonda a při průletech daným úsekem v různých výškových hladinách měřila a předávala data o teplotě a vlhkosti. Vše se odehrávalo na dohled od aerologické stanice Libuš a signály ze sondy byly přijímány a zpracovány pomocí stacionárního systému ČHMÚ. Proto se jednalo o oficiální měření s požadovanou certifikací kvality. Režim příjmu bylo nutné patřičně upravit, protože systém je navržen pro situaci, kdy balon sondu víceméně plynule unáší vzhůru a případ, kdy přestane sonda stoupat, nebo dokonce padat po prasknutí balonu (přestane klesat, nebo dokonce začne stoupat jí měřený tlak) je vyhodnocen jako konec výstupu a editace dat je přerušena. Další podobné akce se budou odehrávat během tohoto roku, jen se bude muset, vzhledem k jiné lokalitě, mimo náš dosah, vyřešit mobilní příjem jiným systémem. Sledování počítačově řízené vzducholodi se sondou nám opět rozšířilo aerologické obzory a jiné možnosti využití mírně upravených standardních meteorologických radiosond.

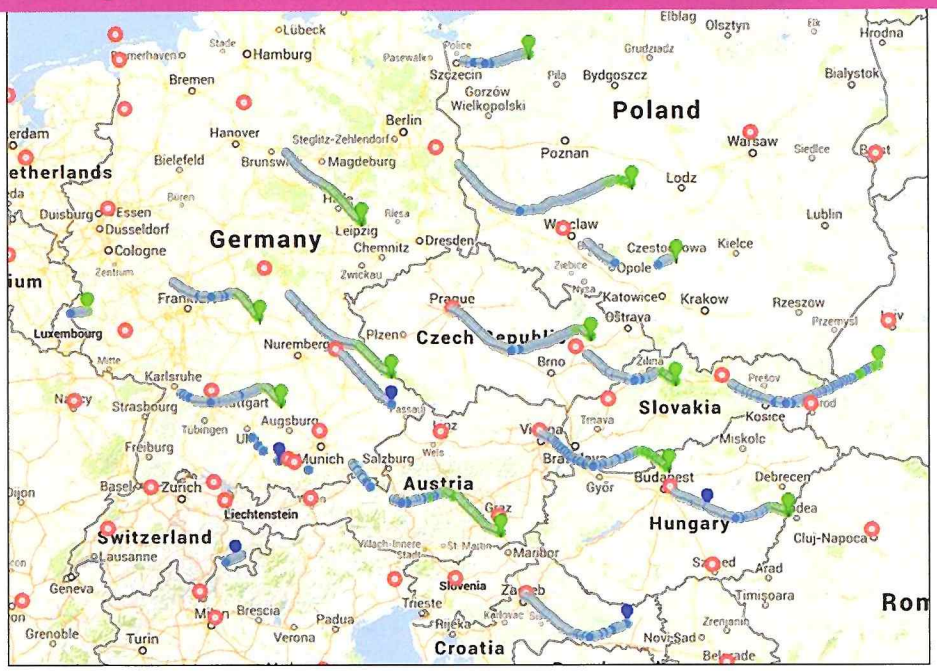
PAVEL ŽÁRSKÝ,
Oddelení aerologie ČHMU Praha-Libuš

Sonderi

Počet záujmových amatérskych alebo profesionálnych skupín vyvíjajúcich technológie na zabezpečenie meraní vo voľnej atmosfére, na prenos údajov, určovanie polohy rádiosondy alebo zameraných na vedecké aktivity (cielené merania) vo vyšších vrstvách atmosféry (čo úzko súvisí aj s činnosťou niektorých amatérskych astronómov) rastie.

Do jednej z týchto skupín patria záujemcovia

Obr. 14. **Na snímke hore je vianočný stromček sondera s úlovkami vo forme rôznych rádiosond, dole sonderova zbierka.** Foto: www. radiosonda.sk



Obr. 15. **Sondetracker – priebežné zakresľovanie polohy rádiosondy do geografickej mapy.** www.rádiosonda.sk

o šírenie rádiových signálov v atmosfére – často rádioamatéri, ktorí sa špecializujú na získavanie údajov z rádiosond používaných pravidelne pri aerologickej sondáži atmosféry alebo príležitostne pri cielených výskumných aktivitách vo vyšších vrstvách atmosféry. Keďže rádiosonda vysiela rádiový signál so zakódovanými informáciami o meraných veličinách na určitej frekvencii, ktokoľvek s vhodným prijímacím zariadením môže tento signál zachytiť a pokúsiť sa ho rozkódovať. Po rozkódovaní informácie o polohe sondy, ak vysiela aj pri zostupe na povrch, je možné zistiť aj to, kam rádiosonda s prasknutým balónom dopadne. Rádiosonda môže vysielať signál ešte niekoľko hodín po dopade na povrch až dovtedy, pokiaľ to umožňujú jej batérie. Práve takéto sondy so zvyškami balónov sú korisťou záujmovej skupiny tzv. sonderov.

Práve sonderi boli hlavnými záujemcami o spomínaný experiment Stratocaching. Hoci by sa zdalo, že profesionálnym aerológom ‚kradnutie' údajov z rádiosond nie je po chuti, opak býva zvyčajne pravdou. Pomoc sonderov aerológovia oceňujú hlavne v prípade problémov so signálom počas aerologického výstupu a v prípadoch, keď je potrebné monitorovať sondu počas zostupu k povrchu. Pre klasické aerologické meranie nie je informácia o polohe rádiosondy pri dopade zaujímavá. Niektoré profesionálne systémy využívané pre aerologické merania dokonca neumožňujú prijímať údaje z rádiosondy po ukončení aerologického výstupu (vtedy je výstup ukončený prasknutím meteorologického balóna). V prípade takýchto zariadení majú aerológovia informácie z priebehu zostupu rádiosondy na povrch iba od sonderov.

Amatéri v súčasnosti disponujú technikou, ktorá umožní zachytenie signálu na väčšiu vzdialenosť, sú organizovaní, a tak môže signál zo vzdialenej rádiosondy zachytiť rádioamatér nachádzajúci sa k rádiosonde bližšie ako aerologická stanica. Rádiosonda môže byť pri zostupe mimo dosah prijímacieho zariadenia a pokračovať vo vysielaní meraných dát. Môže však prestať vysielať dáta po vybití zdroja napätia a ďalej sa nachádzať vo vzduchu (napr. v silnom vlnovom prúdení). Preto aerológovia nemôžu vždy presne odpovedať na otázku ako najďalej dokázala rádiosonda s balónom od miesta vypustenia doletieť.

Pri vypúšťaní rádiosond so zariadením na meranie koncentrácie ozónu, ktoré sa dá opäť využiť, je potrebné ho sledovať, až kým nedopadne na povrch, a vtedy je spolupráca so sondermi veľmi užitočná. Na stanici ČHMÚ Praha-Libuš registrujú prípady, keď sa pri zostupe ozónová sonda s padákom dokázala dostať cca 400 km od aerologickej stanice, čo je vzdialenosť, keď už jej signál nie je schopné zachytiť prijímacie zariadenie. Vtedy sa sonda nachádza pod úrovňou tzv. rádiohorizontu (sonda už prijímacím zariadením pre zakrivenie zemského povrchu nie je „viditeľná"). V takýchto prípadoch umožňujú vyhľadanie rádiosondy iba informácie od sonderov. Tak sonderi pomáhajú šetriť nemalé finančné prostriedky.

Sledovanie rádiosondy počas zostupu k zemskému povrchu je dôležité aj pri testovaní používaných padákov, či spĺňajú limity ICAO kladené na takéto zariadenia, hlavne limity rýchlosti pri dopade na povrch.

Naopak, hlavne pri experimentálnych meraniach ako sú paralelné aerologické výstupy viacerých rádiosond, pokusy s novými rádiosondami, výstupy so špeciálnymi aerologickými rádiosondami, balónmi, padákmi a pod., majú sonderi záujem byť informovaní a získať zvyšky týchto zariadení po dopade na povrch. Je pre nich výzvou získavanie údajov z nových systémov využívajúcich moderné technológie.

Sonderi sú často súčasťou tímov pripravujúcich cielené experimenty vo vyšších vrstvách atmosféry, ktoré sú organizované ľudovými hvezdárňami http://www.astrokysuce.sk/index.php/odborne-aktivity/tart-stratosferickeho-balonu-2014.html, alebo organizáciami či občianskymi združeniami zameranými na výskumné activity vo vyšších vrstvách atmosféry ako napr. projekt STS (stratosférický balón) http://stsproject.net/, či projekty SOSA (Slovenskej Organizácie pre Vesmírne Aktivity) http://sosa.sk/stratosfericky-balon/.

Záver

Ak čitatelia Kozmosu po svojich potulkách prírodou alebo hviezdnou oblohou narazia na aerologickú rádiosondu s balónom (prípadne zvyšky týchto zariadení), nemusia ustrnúť hrôzou z toho, že prišli do kontaktu z niečím mimozemským. Rádiosonda býva pri prelete atmosférou vystavená extrémnym podmienkam, je však konštruovaná tak, aby ich dokázala nielen „prežiť", ale aj presne zmerať požadované parametre. Po dopade na povrch by mala obsahovať sprievodný lístok vysvetľujúci pôvod a účel zariadenia. V prípade reparovateľných systémov môže takýto objav na zemi znamenať pre nálezcu, ktorý ho odošle na požadované miesto, aj finančnú odmenu.

Možnosti, ktoré predstavuje spojenie klasickej aerologickej sondáže atmosféry s vymoženosťami súčasnej elektrotechniky, navigačných systémov a počítačovej techniky, môžu v budúcnosti pootvoriť dvere do doteraz neprebádaných komnát vyššej atmosféry, blízkeho vesmíru či záhad tzv. kozmického počasia. Cielené aerologické výstupy predchádzali a predchádzajú vypusteniu prvého slovenského satelitu CUBE, ale o tom sa dočítate v Kozmose niekedy nabudúce.

ANNA PRIBULLOVÁ

Obr. 16. **Rádiosonda so zariadením na meranie koncentrácie ozónu vybavená padákom vypustená z aerologickej stanice ČHMÚ Praha-Libuš nájdená sonderom na južnej Morave.**

Malá dvojhviezda
otriasla modelmi vývoja hviezd

Španielski astronómovia vypočítali hmotnosť malej dvojhviezdy, ktorá ich upútala mimoriadne intenzívnymi rádiovými emisiami. Pri takých malých hviezdach sú také silné emisie mimoriadne zriedkavé.

Dvojhviezda (známa aj ako AB Doradus B) je súčasťou sústavy Doradus AB, ktorú tvoria dve dvojhviezdy. Tieto objekty normálne generujú viditeľné žiarenie, ktoré môžeme zaznamenať voľným okom či pomocou ďalekohľadov. Niektoré však vyžarujú aj rádiové vlny podobné tým, vďaka ktorým funguje televízia, mobily či mikrovlnky.

Silné rádiové emisie umožňujú vypočítať celkovú hmotnosť hviezdy. Ak má hviezda súputnika, z pohybu druhej zložky na obežnej dráhe okolo spoločného ťažiska možno pomerne presne vypočítať hmotnosť oboch hviezd binárnej sústavy. „Vypočítané údaje o hmotnosti dvojhviezdy AB Dor B však nie sú v súlade s platnými modelmi hviezdnej evolúcie," tvrdí José Carlos Guirado, člen tímu University vo Valencii. Je presvedčený, že „tieto teórie musíme poriadne overiť".

Španieli študovali sústavu AB Doradus austrálskym rádioteleskopom Long Baseline Array (LBA). Tento prístroj je sústavou 10 antén, umiestnených medzi Austráliou a Južnou Afrikou, ktoré koordinovane pozorujú objekty na južnej oblohe. Táto technika, kombinujúca údaje z niekoľkých antén, umožňuje vedcom študovať i detaily na objektoch s veľkou rozlišovacou schopnosťou.

Iba kvôli predstavivosti: pomocou tohto gigantického interferometra (very long baseline interferometer) by ste zo Zeme dokázali prečítať titulky v novinách, v ktorých by niekto listoval na Mesiaci.

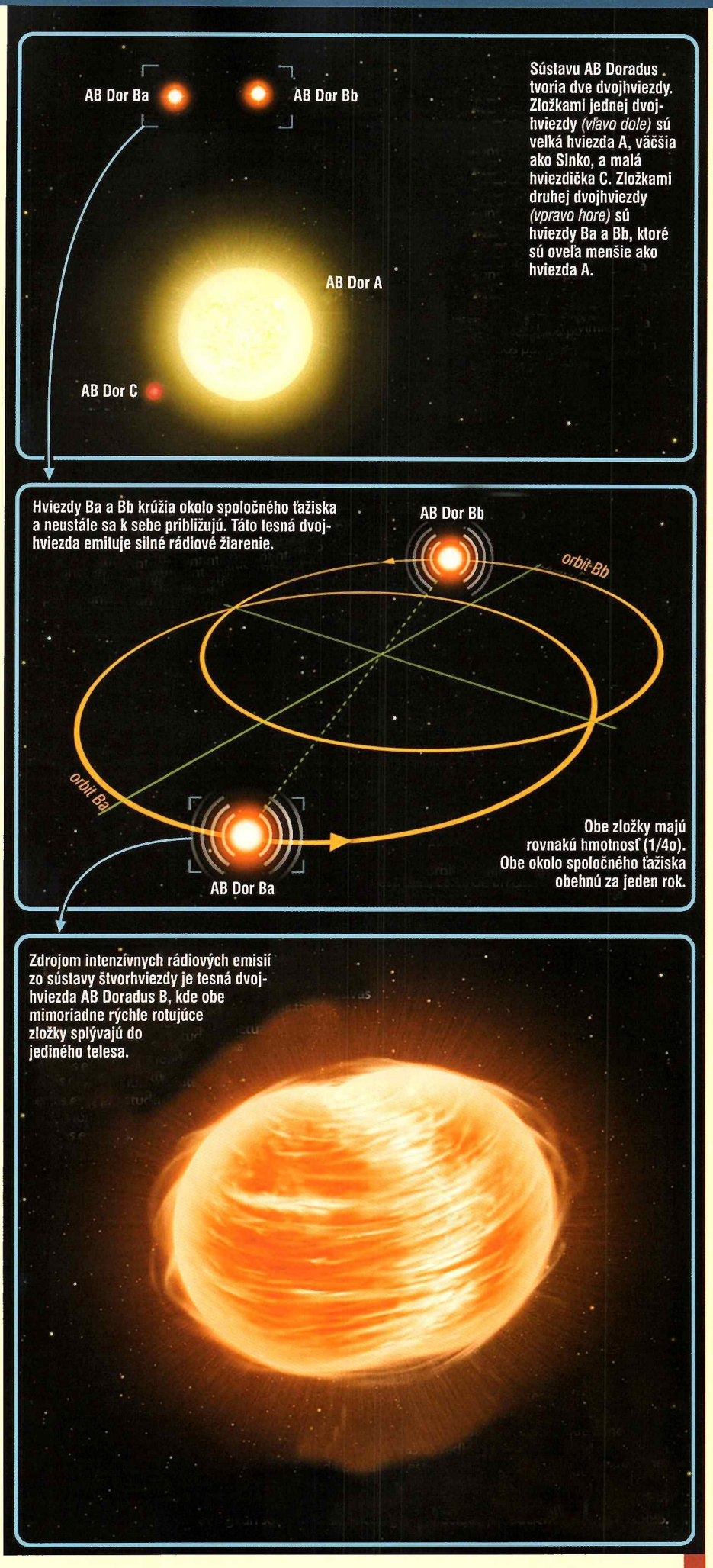
Vedci z údajov o páre dvojhviezd Ba a Bb vyčítali, že sú zdrojom silných rádiových emisií. To vedcov zarazilo, pretože oba objekty síce na viditeľných vlnových dĺžkach jasne žiaria, ale rádiových snímkach je ich sotva vidieť. Čo je teda zdrojom týchto silných rádiových emisií?

Zložky dvojhviezd Ba a Bb, obiehajúce okolo spoločného ťažiska, neobyčajne rýchle rotujú. Navyše, hviezdy Ba a Bb sa ocitli v záverečnej fáze vývoja. Ich pohyb na obežnej dráhe sa neustále zrýchľuje. Onedho gravitačne splynú. Dvojhviezda sa premení na osamelú hviezdu. Udrží sa nová, veľká, omladnutá hviezda po kataklizme búrlivého zrodu v sústave s druhou dvojviezdou? Nevedno... Odpoveď na otázku, čo je zdrojom intenzívneho rádiového žiarenia, však znie takto: zdrojom je dvojhviezda v záverečnom štádiu života. (Mimochodom: tento proces možno prirovnať k dynamu na bicykli, ktoré generuje tým silnejšie svetlo, čím rýchlejšie sa koleso krúti.)

Sústava hviezd AB Doradus sa nachádza v súhvezdí Mečiara. Toto súhvezdie, pripomínajúce rovnomennú rybu, možno pozorovať iba na južnej poblohe.

Astronomy and Astrophysics

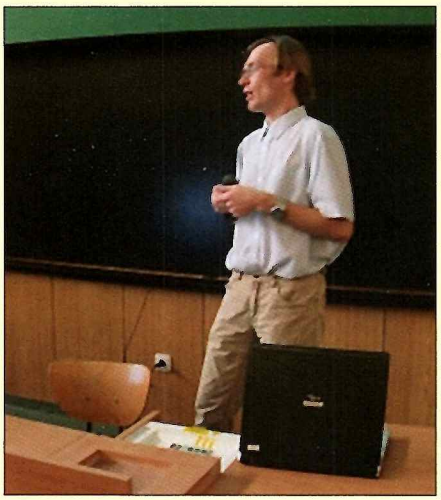
http://phys.org/news/2015-06-discovery-intense-radio-emission-tiny.html



Pre Kozmos píše astrofyzik prof. Mgr. Jiří Krtička, Ph.D., z Prírodovedeckej fakulty Masarykovej univerzity v Brne

Polarizace reliktního záření

Nestává se často, aby se astrofyzikální objevy dostaly na první stránky novin nebo se staly námětem rozhovorů v oblíbených televizních seriálech. Navíc v souvislosti s tak odtažitým fyzikálním jevem, jako je polarizace záření. V případě možného objevu polarizace reliktního záření v důsledku prvotních gravitačních vln se tomu ale divit nemůžeme. Vždyť objev polarizace reliktního záření by se dotýkal samých počátků vzniku našeho vesmíru, doby zcela nedostupné našemu pozorování a zbavené jistého tajemství jen díky smělým výpočtům nejnadanějších teoretiků.



Prof. Mgr. Jiří Krtička, Ph.D.

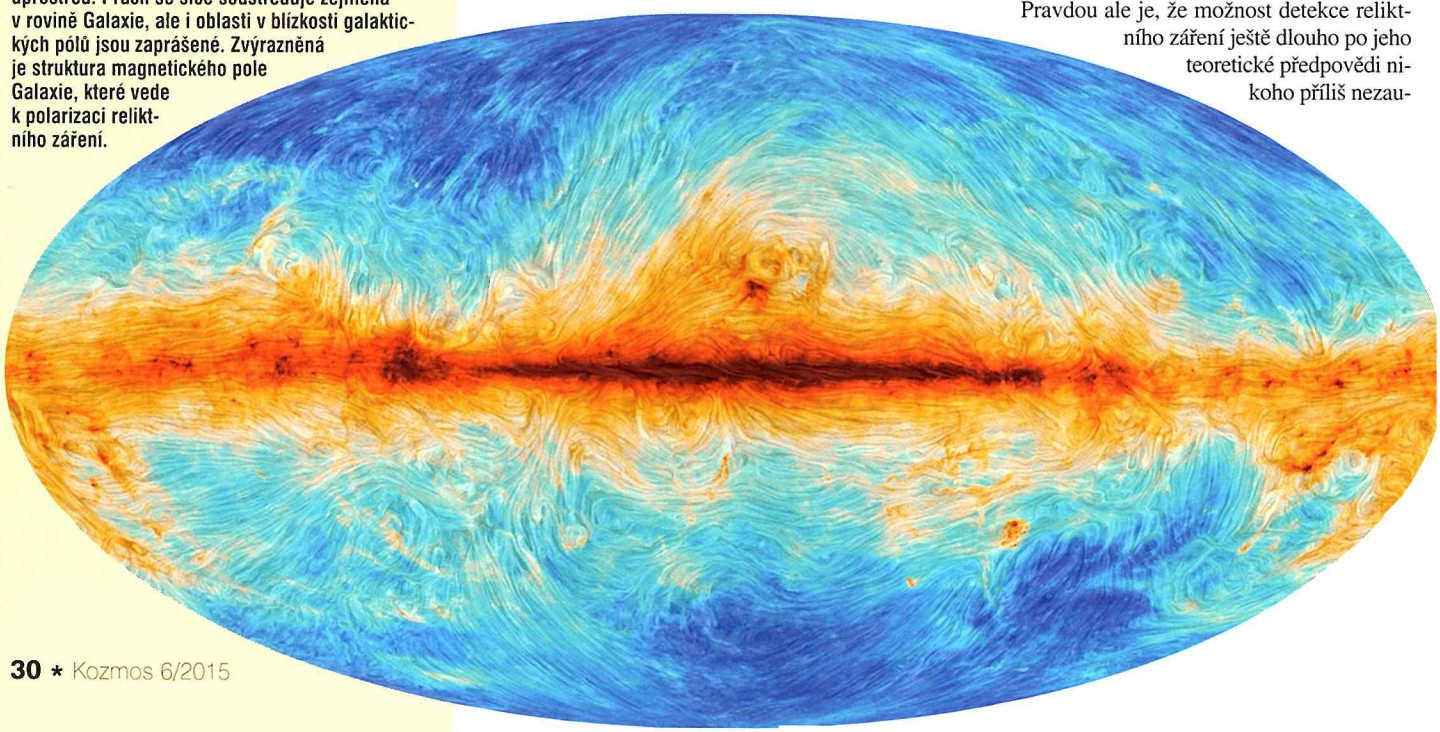
Dalekohled BICEP2 v oblasti jižního pólu.

Možný objev polarizace reliktního záření v důsledku prvotních gravitačních vln se uskutečnil v mrazivé a poklidné pustině Antarktidy, náš příběh ale začíná podstatně dříve v rozbouřené Evropě. Přesně před sto lety, v roce 1915, předložil tehdejší profesor berlínské fyziky Albert Einstein teorii, která popisovala gravitační interakci, vztah hmoty a prostoru, obecnou teorii relativity. Rovnice obecné teorie relativity je možné aplikovat nejen na popis gravitační interakce mezi hvězdami či galaxiemi, ale i na celý vesmír. Prvními, komu se to ve dvacátých a třicátých letech minulého století podařilo, byli mezi jinými ruský fyzik Alexander Friedmann, římskokatolický kněz a kosmolog Georges Lemaître i samotný Albert Einstein. Rovnice obecné teorie relativity vedly k modelu rozpínajícího se vesmíru s počátkem v okamžiku nazývaném velký třesk. Na konci dvacátých let byl tento smělý model rozpínajícího se vesmíru potvrzen pozorováním vzdalujících se galaxií, které dovršil americký astronom Edwin Hubble. Zrodila se tak moderní kosmologie.

Kosmologie měla ale být ještě po dlouhou dobu popelkou, pozapomenutou vědní oblastí na okraji zájmu respektovaných vědců. Příliš na tom ani nezměnila předpověď horkého počátku vesmíru amerických vědců Alphera, Gamowa a Hermana. Okamžik horkého a hustého počátku vesmíru si sice stačil vysloužit původně hanlivé pojmenování velký třesk, přinesl s sebou ale i neočekávanou předpověď. Vesmír by měl být naplněn zářením pocházejícím z období, kdy byla látka ve vesmíru ještě horká a hustá, zářením, které dnes nazýváme reliktní záření. Podle předpovědí se mělo reliktní záření v důsledku rozpínání vesmíru ochlazovat a v současnosti by jeho teplota měla dosahovat několika kelvinů.

Pravdou ale je, že možnost detekce reliktního záření ještě dlouho po jeho teoretické předpovědi nikoho příliš nezau-

Prach v naší Galaxii viděný družicí PLANCK. Obrázek je nakreslen tak, že rovina Galaxie je vodorovně uprostřed. Prach se sice soustřeďuje zejména v rovině Galaxie, ale i oblasti v blízkosti galaktických pólů jsou zaprášené. Zvýrazněná je struktura magnetického pole Galaxie, které vede k polarizaci reliktního záření.



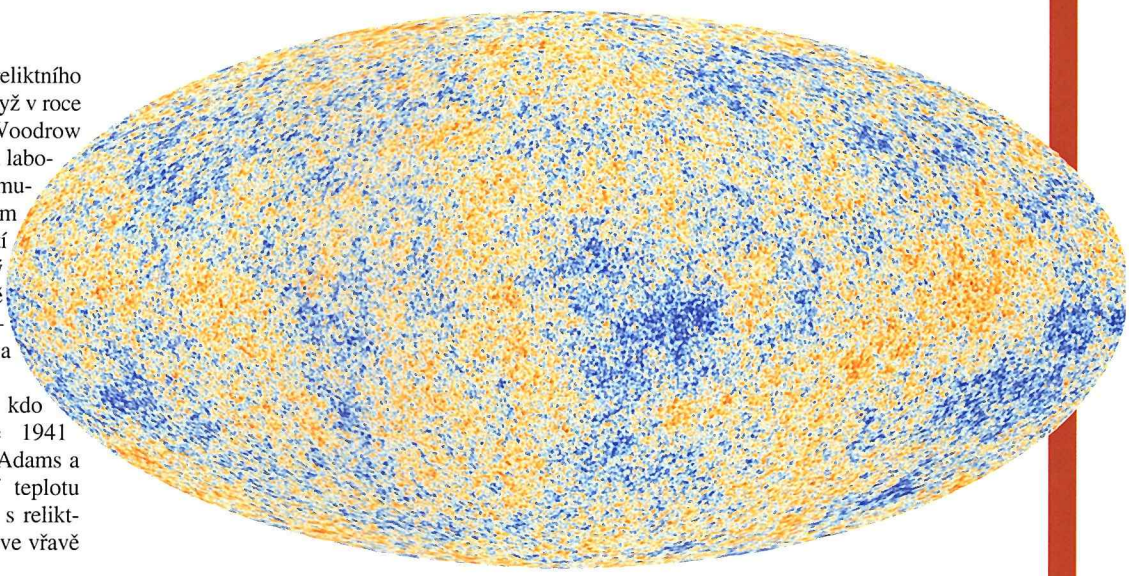
jala. A tak k experimentálnímu objevu reliktního záření došlo vlastně jenom náhodou. Když v roce 1964 Arno Allan Penzias a Robert Woodrow Wilson, v té době pracovníci Bellových laboratoří, zkoumali možnosti družicové komunikace, objevili záhadný rádiový šum s teplotou zkruba 3 K. Shodou okolností v nedalekém Princetonu se tým vedený Robertem Dickem začal zabýval právě možností detekce reliktního záření – a vysvětlení radiového šumu bylo na světě.

Penzias s Wilsonen ale nebyli první, kdo reliktní záření pozorovali. V roce 1941 nezávisle severoameričtí astronomové Adams a McKellar objevili nenulovou rotační teplotu mezihvězdných molekul, která souvisí s reliktním zářením. Jejich objev se ale ztratil ve vřavě druhé světové války.

Podobně opomenuty zůstaly objevy radiového pozadí oblohy, které v roce 1954 učinil francouzský astrofyzik Émile Le Roux a v roce 1957 sovětský astrofyzik Tigran Šmaonov. Penzias s Wilsonem ovšem byli první, kdo pečlivě vyloučili všechny možné vedlejší vlivy a kdo si uvědomili význam svého objevu. A tak si prvenství za svůj objev plně zaslouží.

Reliktní záření je od svého objevu již více než padesát let objektem podrobného výzkumu. S nevídanou přesností byla změřena jeho teplota, byla odhalena anizotropie v důsledku pohybu Sluneční soustavy a zejména byly objeveny velmi drobné fluktuace jeho teploty, které souvisí s pozorovanou strukturou současného vesmíru. Jedno z pozorování ale v sobě stále skrývá své tajemství: pozorování polarizace.

Polarizace je jednou z typických charakteristik vlnění. V případě elektromagnetického vlnění, mezi které patří reliktní záření, je polarizace spojena s orientací vektorů elektrického a magnetického pole, jenž elektromagnetické pole vytváří. Lidské oko sice není schopno polarizaci světla rozeznat, přesto se ale běžně s polarizovaným zářením setkáváme. V přírodě vzniká polarizované záření v důsledku rozptylu nebo odrazu světla. Příkladem může být například modré



Celooblohový snímek fluktuací teploty reliktního záření pozorovaných družicí PLANCK. Na obrázku jsou různými barvami označeny drobné odchylky teploty reliktního záření od průměrné hodnoty. Fluktuace teploty odrážejí drobné nehomogenity raného vesmíru, které daly vzniknout pozorované struktuře vesmíru.

světlo oblohy, které vzniká v důsledku rozptylu záření v atmosféře a je proto polarizované, nebo světlo je odražené od lesklých ploch.

Pro náš příběh je nejdůležitější lineárně polarizované vlnění. Lineární polarizace elektromagnetického vlnění v sobě nese informaci o prostředí, kterým prochází. Představme si, že by například reliktní záření procházelo mrakem ionizovaného vodíku. Došlo by k jeho polarizaci v důsledku rozptylu na volných elektronech. Odhalení polarizace reliktního záření by nám proto přineslo nanejvýš zajímavé informace o struktuře vesmíru mezi zdrojem reliktního záření a námi, pozorovateli.

Proto detekce polarizace reliktního záření prostřednictvím interferometru DASI v roce 2002 vzbudila velkou pozornost. Ukázalo se, že reliktní záření po svém vzniku procházelo mračny vodíku, který byl ionizován zářením prvních hvězd nebo látky nabalující se na černé díry v jádrech nejstarších kvasarů. Ještě zajímavější by ale bylo odhalit polarizaci způsobenou volnými elektrony právě v době, kdy reliktní záření vznikalo. A tím se dostáváme k tomu nejnovějšímu příběhu spojenému s reliktním zářením.

V roce 2010 začal na Amundsenově-Scottově stanici na jižním pólu pracovat dalekohled BICEP2. Až do roku 2012 sledoval vybrané pole na obloze ve snaze detekovat polarizaci reliktního záření. A právě v omezeném zorném poli spočíval hlavní problém tohoto přístroje. Na rozdíl od družic sledují pozemské přístroje typicky jen malou část oblohy. Sledované místo je proto zapotřebí vybrat tak, aby vliv zdrojů, jenž nemají kosmologický původ, byl zanedbatelný.

V loňském roce oznámili astronomové používající dalekohled BICEP2 převratný objev. Nejenže soudili, že objevili polarizaci reliktního záření pocházející z období jeho vzniku, ale navíc na základě analýzy dat usoudili, že zdroj polarizace souvisí s gravitačními vlnami pocházejícími z inflační fáze vývoje vesmíru. Pokud by se takovýto objev potvrdil, pak by se jednalo o jeden z nejvýznačnějších vědeckých objevů tohoto století a jeho strůjci by jistě mohli pomýšlet na ta nejvyšší ocenění. Inflační fáze vývoje vesmíru totiž patří k těm nejzáhadnějším, a gravitační vlny by mohly být jedním z mála zdrojů informací o této fázi.

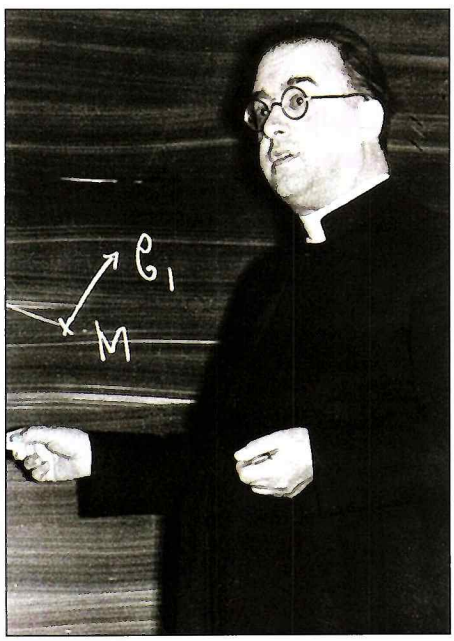
Oznámení objevu polarizace reliktního záření v důsledku gravitačních vln ale zřejmě příliš nepotěšilo jiný vědecký tým, který po dlouhá léta připravoval misi družice Planck. Tato družice Evropské kosmické agentury, vypuštěná v roce 2009, měla za jeden z cílů právě studium polarizace reliktního záření. A tak se zdálo, že tato družice přišla o nejcenější prvenství jen několik měsíců před oficiálním zveřejněním výsledků.

Zdálo se, ale nakonec tomu tak nebylo. Ano, družice Planck skutečně detekovala polarizaci reliktního záření pocházející z doby, kdy reliktní záření vzniklo. Jenže tato polarizace nepochází od gravitačních vln, ale souvisí s prvotními fluktuacemi hustoty látky vesmíru. S fluktuacemi, které pozorujeme jako nepravidelnosti teploty reliktního záření. A signál, který pozoroval tým dalekohledu BICEP2? I ten byl přítomen, jenže má mnohem prozaičtější vysvětlení, než jsou gravitační vlny. Tato část polarizace reliktního záření nepochází z dávného vesmíru, ale je způsobena prachem v naší vlastní Galaxii. I ty zdánlivě nejčistší oblasti na obloze jsou zaprášené natolik, že jsou schopny vyvolat polarizaci, která se až příliš podobná polarizaci způsobené prvotními gravitačními vlnami. Astronomové pozorující s dalekohledem BICEP2 si vybrali příliš malý kousek oblohy na to, aby byli schopni tento rozdíl odhalit. A falešný objev byl na světě.

A poučení z celého příběhu? Každý vědecký objev musí být řádně potvrzen i dalšími nezávislými týmy a podrobně prozkoumán ze všech možných hledisek. To, samozřejmě, není nic nového, podobné falešné objevy jsou známy i z minulosti, ale v dnešní době, kdy chod historie sledujeme doslova v přímém přenosu, to pro nás znamená určitou trpělivost. Pokrok vědy není nikdy přímočarý, je plný slepých uliček i křivolakých cest, ale je jistě fascinující se ho účastnit, alespoň jako užaslí diváci.

A prvotní gravitační vlny? Snad budou někdy detekovány. V současnoti již pracuje vylepšený dalekohled BICEP3 a možná se od něj již brzy dočkáme výsledků. Bude to poslední tečka v našem příběhu? Kdo ví...

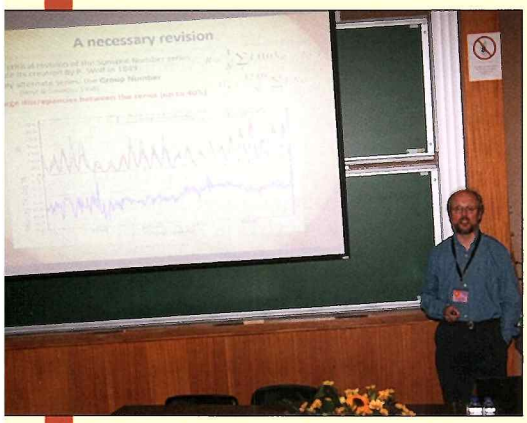
Jiří Krtička



Georges Lemaître

Coimbra Solar Physics Meeting 2015

Účastníci seminára pri prednáškach.



F. Clette informoval o nevyhnutnosti revízie historických hodnôt Wolfovho čísla.

SÚH v Hurbanove má prostredníctvom autora článku viac než 12-ročnú spoluprácu s dvoma portugalskými inštitúciami: OGAUC (Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra) a UNINOVA. Táto spolupráca vyústila (okrem iných projektov) do organizovania spoločného medzinárodného slnečného seminára Coimbra Solar Physics Meeting (CSPM) 2015 s názvom „Ground-based Solar Observations in the Space Instrumentation Era", ktorý sa konal v priestoroch Fakulty matematiky (Departamento de Matemática UC) dňoch 5. – 9. októbra 2015.

Pred deviatimi rokmi sa konal prvý slnečný seminár v Coimbre (CSPM-2006) s názvom „The Physics of Chromospheric Plasmas", ktorý bol zároveň pripomenutím 80. výročia získania prvého spektroheliogramu vo hvezdárni v Coimbre. Celodiskové spektroheliogramy sú rutinne zaznamenávané v Coimbre už od roku 1926 v spektrálnych čiarach Ca II K1 a K3, podstatne neskôr (od roku 1990) pribudli pravidelné pozorovania v čiare Hα. Samotný prístroj je dvojčaťom spektroheliografu prevádzkovaného v Observatoire de Paris-Meudon. O jeho inštalovanie sa zaslúžil vtedajší riaditeľ hvezdárne Francisco Costa Lobo.

V roku 2015 pracovníci OGAUC pozvali opäť širokú vedeckú obec, tentoraz na diskusiu súčasného stavu pozemských a kozmických pozorovaní Slnka a ich perspektív do budúcnosti. Toto podujatie bolo súčasťou osláv 150. výročia založenia Geofyzikálneho ústavu Univerzity v Coimbre. V tomto roku bola oficiálnym spoluorganizátorom CSPM-2015 aj SÚH v Hurbanove. Pozvanie prijalo 91 účastníkov z 25 krajín sveta.

Odborný program CSPM-2015 *(http://www.mat.uc.pt/~cspm2015/programme.html)* bol zameraný na rôzne aspekty slnečných dynamických a magnetických javov, ktoré sú pozorované v celom rozsahu elektromagnetického spektra. Dôraz bol kladený najmä na pozemské pozorovania, prístrojové vybavenie, pozorovacie techniky a metódy spracovania slnečných obrázkov, ako aj na teóriu a modelovanie pomocou podrobného radiačného prenosu v čoraz realistickejších MHD modeloch. V centre pozornosti bol aj dlhodobý (cyklický) vývoj slnečného magnetizmu

Spoločná fotografia pred budovou astronomického múzea.

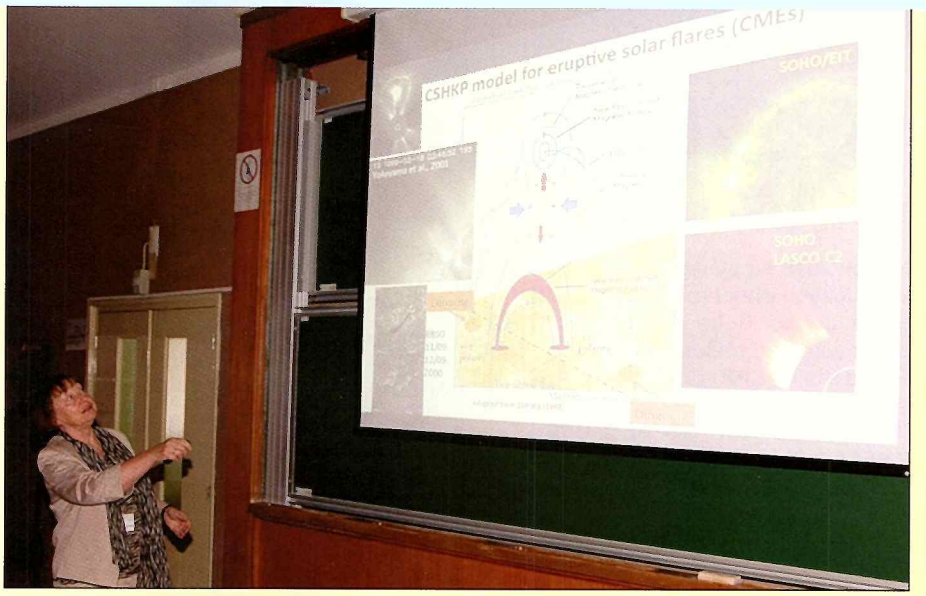
a jeho dôsledky na slnečnú atmosféru, eruptívne javy, variácie slnečného žiarenia a kozmické počasie. Osobitná pozornosť bola venovaná dlhodobým pozorovaniam vykonaným v Coimbre a tiež výsledkom medzinárodných vedeckých programov SPRING/SOLARNET a SCOSTEP/ /VarSITI. Bola prediskutovaná slabá slnečná aktivita počas súčasného slnečného maxima. V neposlednom rade, keďže tento seminár bol organizovaný blízko budúcoročného 90. výročia vykonania prvých spektroheliografických pozorovaní v Coimbre, špeciálna sekcia bola venovaná novým slnečným prístrojom (tak pozemským ako aj kozmickým), ktoré v najbližších rokoch umožnia vďaka vyššej rozlišovacej schopnosti pozorovať dosiaľ nepreskúmané dynamické javy v slnečnej atmosfére.

Vyššie uvedenému cieľu seminára bol prispôsobený odborný program, ktorý bol rozdelený do piatich sekcií zameraných na (1) pozorovania Slnka, (2) archiváciu slnečných obrázkov, spektropolarimetrickú metódu a rôzne techniky spracovania obrazu, (3) teóriu a modelovanie – porovnanie s pozorovaniami, (4) dlhodobé variácie Slnka a na (5) zariadenia pre pozemské a kozmické pozorovania Slnka. Účasť na podujatí prijalo 21 pozvaných prednášateľov z troch kontinentov, ktorí načrtli prehľad poznatkov a perspektív v jednotlivých odborných sekciách. Prezentácie a postery budú dostupné na internetovej stránke *http://www.science-media.org/cid/cspm2015*, vedecké články budú zaradené do zborníka referátov publikovaného v Astronomical Society of Pacific Conference Series. Vedecký program bol vhodne doplnený exkurziou do Geofyzikálneho a astronomického observatória UC (Santa Clara, Coimbra) a k zrúcaninám starorímskeho mesta Conimbriga. Účastníci boli očarení slávnostnou večerou usporiadanou v reprezentatívnom Palácio de São Marcos (bývalý kráľovský palác, ktorý v súčasnosti spravuje univerzita) kde ich prekvapilo i portugalské fado – spev s gitarovým sprievodom, ktorý je kombináciou silných emócií a životnej melanchólie.

Autor článku reprezentoval SÚH a Slovensko vo vedeckom i v lokálnom organizačnom výbore, pričom bol predsedom toho prvého výboru. Zúročil pritom bohaté skúsenosti z organizovania obdobných podujatí u nás doma. Vo vedeckom organizačnom výbore CSPM-2015 sme skonštatovali, že je nevyhnutné vytvárať spoločné databázy pozorovaní Slnka s ohľadom na štandardizáciu a vhodné kalibrovanie získaných obrázkov. Diskutovalo sa aj o potrebe a vhodnosti zorganizovania tretieho CSPM s podobným tematickým zameraním, možno aj skôr ako o deväť rokov.

Účastníci seminára CSPM-2015 odchádzali domov s vďakou za príjemne a produktívne strávený týždeň. Organizátorov potešili vyjadrenia mnohých (najmä renomovaných) účastníkov v tom zmysle, že to bola najlepšia medzinárodná konferencia zo všetkých, na ktorých sa doteraz zúčastnili. Jeden seminár skončil, je čas pustiť sa do organizačnej práce na prípravu tradičného slnečného seminára (v poradí už 23.), ktorý organizuje SÚH na Slovensku s dvojročnou periodicitou.

RNDr. IVAN DOROTOVIČ, CSc.



L. van Driel-Gesztelyi hovorila o pozorovateľských požiadavkách na pochopenie magnetickej aktivity Slnka.

A. Garcia (v strede) pri exkurzii účastníkov CSPM-2015 v spektroheliografe.

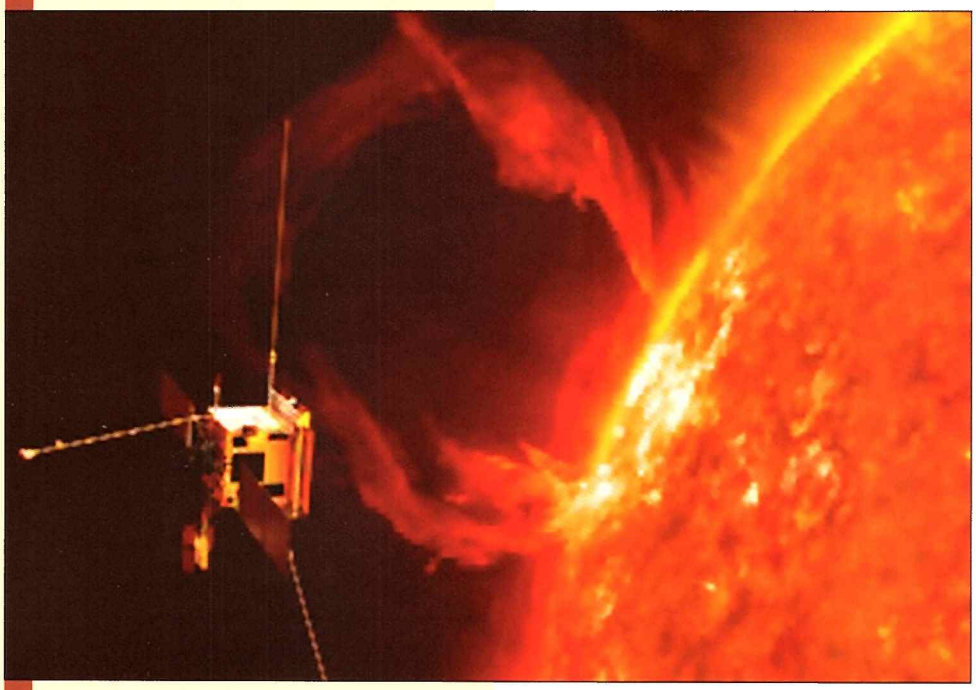
I. Dorotovič v múzeu astronomických prístrojov.

K Slnku – takmer na dotyk...

Na rok 2018 sú plánované štarty dvoch kozmických observatórií na prieskum Slnka. Jedno „Solar Orbiter" (SolO) sa pripravuje pod réžiou ESA, druhé „Solar Probe Plus" (SPP) pripravuje NASA. Od existujúcich sond s podobným určením (SOHO, SDO, ACE, STEREO, IRIS, RHESI atď.) sa budú odlišovať najmä tým, že prieskum Slnka budú vykonávať z väčšej blízkosti.

Solar Orbiter

SolO bude pozorovania vykonávať z excentrickej dráhy, pričom sa bude približovať k Slnku až na vzdialenosť 60 slnečných polomerov (0,284 AU; okolo 42,5 milióna km) každých 168 dní. Sklon roviny dráhy voči rovine slnečného rovníka je 30°. Táto skutočnosť umožní študovať aj polárne oblasti Slnka, ktoré sú pri pozorovaní zo Zeme nedostuné. Vzdialenosť je volená tak, aby rýchlosť na orbite pri najväčšom priblížení bola synchrónna s rýchlosťou rotácie slnečného povrchu a sonda mohla pozorovať určitú oblasť na povrchu v priebehu niekoľkých dní. Štart je plánovaný na október 2018. Počas troch rokov po štarte sa bude sonda pomocou mnohých manévrov, s prispením gravitačného pôsobenia Zeme a Venuše dostávať na definitívnu dráhu s perihéliom 0,28 AU (60 slnečných polomerov) a s obežnou dobou 168 dní. Dostane sa teda k Slnku bližšie ako sonda HELIOS v roku 1976, čo je historicky najtesnejšie priblíženie. Pri najtesnejšom priblížení prístroje sondy rozlíšia na Slnku detaily s rozmerom 180 km. Intenzita žiarenia v tých miestach bude 13-krát vyššia ako pri Zemi. Povrch sondy pri takom žiarení by sa mohol zohriať až na 400 °C, preto bude táto sonda, ako aj všetky ostatné, ktoré sa dostanú do blízkosti Slnka, vybavená tepelným ochranným štítom.



Obr. 1. **Solar Orbiter pozoruje Slnko – umelcova predstava.**

Prístroje, ktoré bude mať sonda na palube, možno rozdeliť na dve skupiny. Na tie, ktoré pozorujú vzdialené Slnko podobne ako zo Zeme, avšak so štvornásobne vyšším rozlíšením, a tie, ktoré monitorujú bezprostredné okolie sondy.

A) prístroje na diaľkový prieskum:

- PHI – polarimetrický a helioseizmický snímač bude s vysokým rozlíšením merať a zaznamenávať údaje o fotosférickom magnetickom poli nad celým diskom;
- EUI – bude s vysokým rozlíšením zobrazovať rôzne vrstvy slnečnej atmosféry v ďalekej UV oblasti (EUV);
- SPICE – bude zobrazovať spektrum rôznych štruktúr na disku a v koróne;
- STIX – röntgenový teleskop a spektrometer pre pásmo od 4 do 150 keV; t. j. pre = 0,31 nm – 8,27 pm;
- METIS – koronograf na simultánne pozorovania koróny vizuálne a v UV (121,6 nm)
- SoloHI – bude zobrazovať a zaznamenávať prúdy slnečného vetra.

B) Prístroje na meranie v okolí sondy („in situ"):

- EDP – detektor energetických častíc (Energetic Particle Detector) bude merať hustoty a energie iónov a elektrónov v rozsahu od niekoľkých keV až po 200 MeV;
- MAG – magnetometer bude zaznamenávať intenzitu a orientáciu magnetického poľa;
- RPW – rádiový a plazmový detektor bude zaznamenávať signály v rádiovej oblasti a určovať prítomnosť plazmy;
- SWPA – je analyzátor častíc slnečného vetra a bude určovať zloženie a vlastnosti jeho častíc.

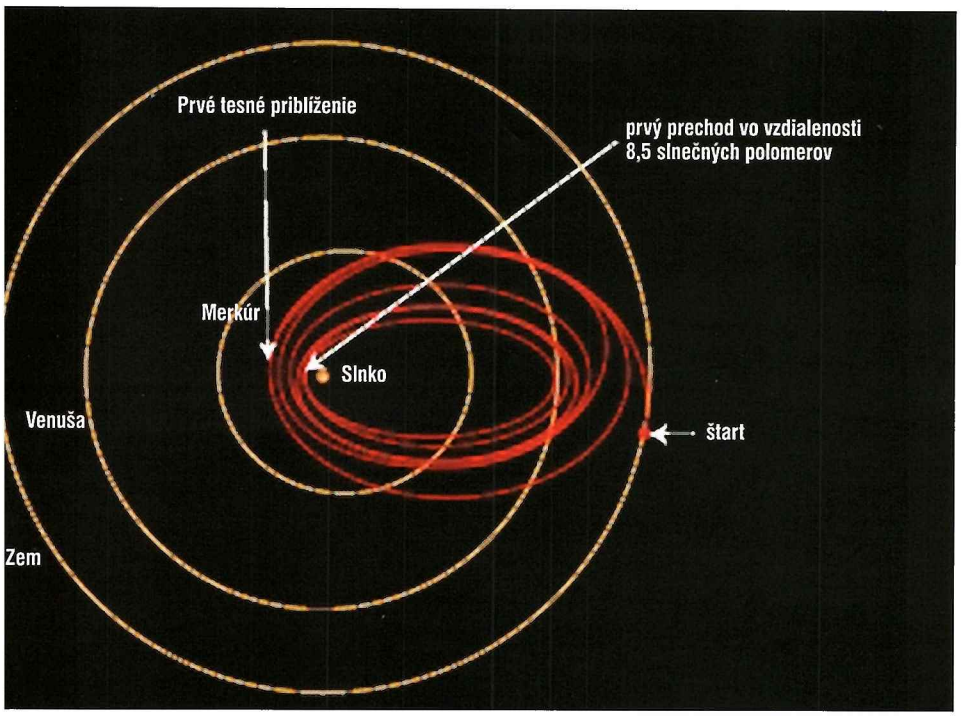
Vedeckým cieľom výpravy je pokúsiť sa odpovedať na otázky, ktoré permanentne a dlhodobo trápia slnečných fyzikov:

1. Ako a kde vzniká magnetické pole? Kde sa formuje slnečný vietor?
2. Ako podmieňujú tranzienty (CME a eruptívne protuberancie) stav heliosféry?
3. Akým procesom sa dosahujú vysoké energie častíc pri slnečných erupciách?
4. Ako pracuje slnečné dynamo a ako je spojená jeho činnosť s heliosférou?

Obr. 2. **Celkový pohľad na sondu Solar Probe Plus. Na čele sondy je ochranná clona pred slnečným žiarením.**

Solar Probe Plus (SPP)

Projekt NASA má názov Solar Probe Plus (SPP). Vedecké ciele sú zhruba rovnaké ako pri SolO, avšak technicky je projekt oveľa náročnej-



Obr. 3. **Postupné približovanie sondy Solar Probe Plus na konečnú dráhu počas 24 obehov, čo bude trvať okolo 7 rokov. Pritom sa bude využívať najmä gravitačné pôsobenie Venuše.**

ší. Kompaktný SPP bude mať hmotnosť okolo 610 kg a bude chránený pred slnečným žiarením clonou s priemerom 2,5 m a hrúbkou 11,5 cm, zhotovenej z uhlíkovej peny *(obr. 2)*.

Po štarte má sonda počas 7 rokov obehnúť Slnko 24-krát a postupne bude po každom obehu k Slnku bližšie *(obr. 3)*, pričom najbližší bod bude stále vo vnútri dráhy Merkúra. Pri posledných troch dráhach bude tento bod vo vzdialenosti 8,5 slnečných polomerov (6,28 milióna km) od slnečného povrchu, čo je takmer sedemkrát bližšie, ako je doterajšie rekordné priblíženie k Slnku, ktoré uskutočnila sonda Helios 2 v roku 1976 (43,4 milióna km). Pri týchto troch obletoch bude sonda prechádzať priamo cez hornú korónu. Veľkým problémom je pritom ochrana prístrojov pred slnečným žiarením, ktoré tam bude mať 475-krát väčšiu intenzitu ako pri Zemi. Ochranná clona musí odolať teplote 1400 °C. Bude zhotovená z uhlíkovej peny. Konštruuje ju, tak ako aj celý objekt SPP, Laboratórium aplikovanej fyziky (The Applied Physics Lab) na „Johns Hopkins University" v Baltimore (USA), ktoré má bohaté skúsenosti s prístrojmi vysielanými do blízkosti Slnka.

Na tomto pracovisku bola skonštruovaná sonda ACE, ktorá meria energetické častice z miesta medzi Zemou a Slnkom už viac ako desaťročie. Rovnako z toho isteho pracoviska pochádzajú autori sondy TIMED, ktorá meria pôsobenie Slnka na hornú atmosféru, alebo dvojice sond STEREO, ktoré umožňujú konštruovať 3D zobrazenie štruktúr slnečného vetra, najmä pohyb explozívnych výronov hmoty zo Slnka – CME, alebo sondy VAN ALLEN, ktorá skúma pohyb nabitých častíc v zemskom magnetickom poli. Pri vývoji SPP sa však v prvom rade využijú skúsenosti aj hotové diely sondy MESSENGER, ktorá obiehala okolo Merkúra od roku 2011. Najmä koncept slnečnej clony bude prevzatý z tejto sondy.

Pri najtesnejšom priblížení k Slnku dosiahne teplota ochranného štítu okolo 1400 °C, pričom meracie prístroje budú mať izbovú teplotu, t. j. okolo 20 °C.

Do koróny vstúpi rýchlosťou 190 km/s a bude zhromažďovať dáta o procesoch, ktoré spôsobujú, že slnečná koróna je teplejšia ako pod ňou ležiace vrstvy a o spôsobe, ktorým sa urýchľuje slnečný vietor na hodnoty až do 1000 km/s. SPP bude rozhodujúcim článkom v programe NASA „Living With a Star" (život s hviezdou) a dúfajú, že vykonaním detailného prieskumu „hviezdy", t. j. nášho Slnka, sa podarí vyriešiť otázky, ktoré trápia vedecký komunitu viac ako päť desaťročí.

K vedeckým cieľom projektu patrí:

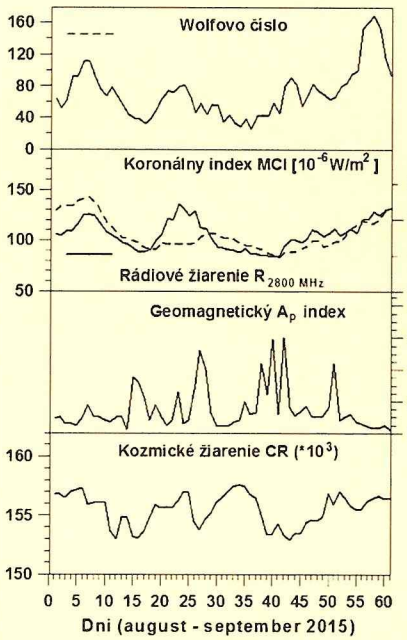
1. Určenie štruktúry a dynamiky magnetických polí pri zdroji slnečného vetra.
2. Hľadanie toku energie, ktorá je príčinou vysokej teploty koróny a zrýchlenia slnečného vetra.
3. Určenie mechanizmu zrýchlenia a prenosu energetických častíc.
4. Skúmanie vzájomného pôsobenia hustej plazmy v slnečnom vetre a energetických častíc.

Na palube SPP budú najmä prístroje na merania priamo na mieste:

- FIA a EPI – analyzátory energetických iónov a neutrálnych častíc;
- FEAs – dva analyzátory rýchlych elektrónov;
- MAG – magnetometer;
- PWI – detektor plazmových vĺn;
- NGS – spektrometer pre gama žiarenie a neutróny a
- CD – detektor prachu v koróne.

Na diaľkový prieskum je určený iba ďalekohľad na zobrazovanie fotosféry – HI.

MILAN RYBANSKÝ

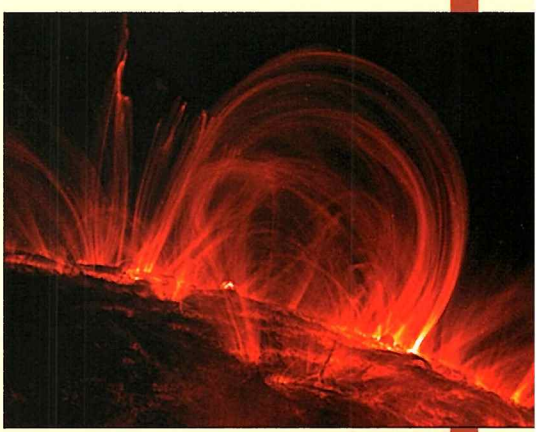


Slnečná aktivita

V priebehu slnečnej aktivity nastal spočiatku mierny pokles v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím, Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 26 – 112. Ku koncu septembra nastal prudký nárast Wolfovho čísla na hodnotu 169 a mierny nárast ďalších slnečných indexov. Erupčná aktivita bola slabá, vyskytlo sa len niekoľko erupcií typu C. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali niekoľkokrát zvýšenie hodnoty planetárneho indexu, najväčšie bolo 11. septembra (A_p = 60). V tom období nastal aj slabý Forbushov pokles kozmického žiarenia (2 %).

J. O. Stenflo napísal zaujímavý prehľadový článok „History of Solar Magnetic Fields Since George Ellery Hale", ktorý bol v auguste 2015 prijatý na publikovanie vo vedeckom časopise Space Science Reviews. Článok sumarizuje poznatky o skúmaní slnečného magnetického poľa od čias, keď G. E. Hale objavil existenciu magnetického poľa v slnečných škvrnách. Slnečné škvrny sa tak stali bránou do skúmania kozmických magnetických polí, vrátane pôvodu polí a ich úlohy v astrofyzikálnych plazmách. Hodnotenie meracích techník, MHD modelov, globálneho magnetického poľa Slnka, zrodu teórie slnečného dynama a pod. je bohato ilustrované fotografiami, na ktorých autor zaznamenal osobnosti v danej oblasti výskumu počas svojej 50-ročnej praxe.

Ivan Dorotovič



Štruktúra slnečnej koróny je určená magnetickým poľom, ako ilustruje napr. obrázok koronálnych slučiek získaný družicou TRACE. (www.trace.lmsal.com)

Krst knihy Astronomické oko. Vľavo Pavol Rapavý, vpravo autor Peter Begeni.

Výstavy vo foyeri kultúrno-spoločenského centra Fontána v Piešťanoch.

Astrofilm 2015

Kultúrno-spoločenské centrum Fontána v Piešťanoch už deviaty raz hostilo priaznivcov astronómie a filmu. Medzinárodný filmový festival Astrofilm 2015 sa uskutočnil 13. – 15. októbra 2015. Slávnostnému otvoreniu festivalu predchádzala nevšedná udalosť, krst knihy *Astronomické oko – čo by mal hviezdny tulák vedieť o ľudskom oku, aby sa mohol správne dívať do vesmíru*. Knihu vydala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove a jej autorom je Peter Begeni. Úlohy krstného otca sa so šarmom jemu vlastným zhostil Pavol Rapavý a pokrstil knihu vlastnoručne pozbieraným „hviezdnym prachom".

Po slávnostnom otvorení Astrofilmu sa slova ujal český astronóm, cestovateľ a fotograf Petr Horálek. V moderovanom cestopisnom rozprávaní previedol divákov *Za černým Sluncem přes klokany...*, a zoznámil ich so svojou knihou *Tajemná zatmění*. Jeho zaujímavé rozprávanie pokračovalo v stredu predpoludním workshopom *Dobytí jižního hvězdnatého ráje* o cestovaní a fotografovaní. Porozprával o tom, čo vlastne ponúka tmavá, hviezdnatá, tichomorská obloha, že sa kvôli nej oplatí cestovať cez polovicu sveta. V tomto duchu sa niesla aj beseda pre žiakov piešťanských základných škôl vo štvrtok predpoludním. Deti so zatajeným dychom počúvali zážitky o krásach aj nástrahách južnej Afriky a návšteve najväčšieho meteoritu sveta. Beseda bola doplnená ukážkou skutočných tektitov.

S nemalým záujmom sa stretlo moderované rozprávanie *Znovuzrodenie Pluta*, ktorého sa posledný festivalový večer ujal predseda Slovenskej organizácie pre vesmírne aktivity SOSA Jakub Kapuš. Hovoril o nových poznatkoch, ktoré nám poskytla sonda New Horizons.

Tri festivalové dni ponúkli návštevníkom 15 hodín premietania filmov z domácej a zahraničnej produkcie. 17 súťažných filmov bolo odpremietaných v troch blokoch. Odborná porota mala veľmi ťažkú úlohu, keďže, podľa slov jej predsedkyne prof. Ingrid Mayerovej, ArtD., z VŠMU v Bratislave, boli filmy veľmi hodnotné a bolo ťažké vybrať tie najlepšie.

Jakub Kapuš rozpráva o znovuzrodení Pluta.

Porota nakoniec rozhodla takto: Cenu primátora mesta Piešťany získal film *Hullámvadászok (Lovci vĺn)*, ktorého autormi sú Kollányi Ágoston a Pásztor Balázs z Budapešti, Cenu generálneho riaditeľa Slovenskej ústrednej hvezdárne získal film *Posolstvá vesmíru*, ktorého autorom je Michal Maturkanič z Hvezdárne v Humennom. Diváci dali najviac hlasov filmu *Polaris, o vesmírnej ponorke a tajomstve polárnej noci*, z produkcie Planetária v Saint-Étienne. Porota sa rozhodla udeliť aj mimoriadnu cenu Uznanie poroty nesúťažnému filmu *Vesmír našimi očami* z dielne Astronomického krúžku v Michalovciach. Víťazom blahoželáme a ďakujeme všetkým autorom, ktorí prispeli do bohatého programu Astrofilmu.

Počas celého festivalu boli vo foyeri Kultúrno-spoločenského centra Fontána inštalované rôzne výstavy. Výstavu fotografií *Čaro vesmíru* poskytla Krajská hvezdáreň v Žiline, Hvezdáreň v Kysuckom Novom Meste. Už tradične bola inštalovaná výstava víťazných prác celoslovenskej výtvarnej súťaže *Vesmír očami detí* a výstava víťazných prác fotografickej súťaže *Astrofoto*. Výstavy astronomických ďalekohľadov zabezpečili firmy Tromf Banská Bystrica a Astronyx Hlohovec. Rok svetla sme si pripomenuli prezentáciami oblastí a parkov tmavej oblohy, ktoré zabezpečil Slovenský zväz astronómov. V duchu Medzinárodného roka svetla sa niesla aj sprievodná fotografická výstava v piešťanskom Auparku *Tajomstvo svetla a vody* od Daniely Rapavej z Krajskej hvezdárne a planetária M. Hella v Žiari nad Hronom, Hvezdárne v Rimavskej Sobote.

Po odovzdávaní cien, príhovoroch a slávnostnom ukončení festivalu nasledovala prekrásna oslava svetla nezabudnuteľnou laserovou show, ktorú zabezpečila firma Kvant, spol.s r.o.

Sme radi, že záujem o Astrofilm z roka na rok vzrastá. Za organizátorov ďakujeme všetkým kolegom, sponzorom (Nowatron Elektronik, Kvant, Mapcards.net), partnerom (Slovenský zväz astronómov, Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV) a tešíme sa na stretnutie pri jubilejnom ročníku. Veríme, že 10. ročník medzinárodného filmového festivalu Astrofilm bude veľkolepou oslavou astronómie a filmu.

Drahoslava Výbochová
Autor fotografií: **Peter Dolinský**

Kollányi Ágoston a Pásztor Balázs pri preberaní Ceny primátora mesta Piešťany.

Michal Maturkanič pri preberaní Ceny generálneho riaditeľa SÚH Hurbanovo.

SAS, Galileo a svetlo...

Čo mali spoločné tieto značky začiatkom októbra? Nuž okrem toho, že reprezentujú astronómov, i to, že v hoteli Galileo v Žiline sa 2. – 3. 10. konala vedecká *konferencia Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV* v duchu Medzinárodného roka svetla pod názvom *„Svetlo? Áno či nie!"*, ktorá pokračovala jej 17. zjazdom. Takmer všetka energia a následne i svetlo totiž pochádza z hviezd, no svetelný smog škodí nielen astronómom, ale všetkým. Astronóma bez ďalekohľadu si ťažko predstavíte a ten prvý bol Galileov. No asociácií na Galilea bolo viacero. Prof. Z. Mikulášek si za zážitkovú prednášku ako obhajca svetla „ex offo" na súde, prednesenú s humorom a nadhľadom, vyslúžil odmenu v podobe Galileoscopu. Rovnako zaujímavá prednáška ďalšieho hosťa ing. J. Vondráka na tému *Jak ovlivňují geofyzikální procesy orientaci Země v prostoru*, evokovala spojenie s družicovým systémom Galileo. V diskusnom duchu konferencie, tentokrát ako žalobca, pokračoval dr. P. Begeni druhým pólom svetla, a to svetelným znečistením, ilustrovaným na vplyvoch na životné prostredie. Spor, či svetlo áno či nie, napokon prirodzene rozhodnutý nebol, u porotcov však prevážil názor, že svetlo bolo hrubo zneužité...

A tak ako sú piliermi astronómie svetlo a Galileo, chcela by zostať takým základným kameňom i SAS pre slovenských astronómov i astronómiu. Že sa o to úspešne uchádza, svedčilo množstvo podujatí v správe vedeckého tajomníka doc. R. Gálisa. Niektoré, ako astronomická olympiáda či aktivity sekcie svetelného znečistenia, boli odporúčané v neskoršom uznesení zjazdu na ďalšie pokračovanie aj v budúcnosti. Takú bohatú činnosť s takým malým príspevkom, ktorý si mohli za uplynulé roky porovnať v správe hospodára Mgr. E. Kundru, podnietilo predsedu revíznej komisie doc. V. Bahýla k hlbokému zamysleniu nad perspektívami SAS. Smutne skonštatoval, že je to menej ako rozpočet jeho súkromnej hvezdárne Júlia. Je však pravdou, že nebyť spolupráce s hvezdárňami, Slovenským zväzom astronómov, Štefánikovou spoločnosťou a ďalšími, by to tak nebolo. Jeho úvahy smerovali k dosiahnutiu vyššej spoločenskej prestíže SAS, omladeniu členskej základne i funkcionárov. Pokračoval v spomienkach na časy, keď vstúpiť do tejto spoločnosti znamenalo veľkú prestíž. Potrebné aktivity a väčšia medializácia smerom k verejnosti by mohli priniesť výraznejšiu podporu, ktorá by potom následne aspoň z diaľky mohla kopírovať postavenie podobných spoločností v zahraničí. No je pravda, že ekonomická situácia u nás je neporovnateľne horšia.

Diskusie a rozhovory pokračovali na slávnostnej večeri vo veselej atmosfére, o ktorú sa postaral predovšetkým dr. L. Hric. V anonymne hodnotenej fotosúťaži *Svetlo a tieň* o cenu predsedu SAS dostali darčeky M. Dujnič, M. Znášik a P. Rapavý.

V dobrej nálade pokračovali aj voľby nasledujúci deň. Staronový predseda i známe tváre výboru opäť získali dôveru, do uznesenia sa dostali podnetné veci a môžete si ich, ako aj správy, pozrieť na stránkach SAS. Atmosféru roka svetla dopĺňali materiály, ako čerstvo vydaná kniha P. Begeniho *Astronomické oko* či fotografie D. Rapavej s názvom *Tajomstvo svetla a vody*, niektoré ocenené i na medzinárodných súťažiach, jedna práve k Roku svetla. Aj keď sa oficiálny program skončil, pracovné stretnutia s P. Suchanom, podpredsedom Českej astronomickej spoločnosti, pokračovali, no nakoniec sme sa museli rozlúčiť a zamávať Galileovi.

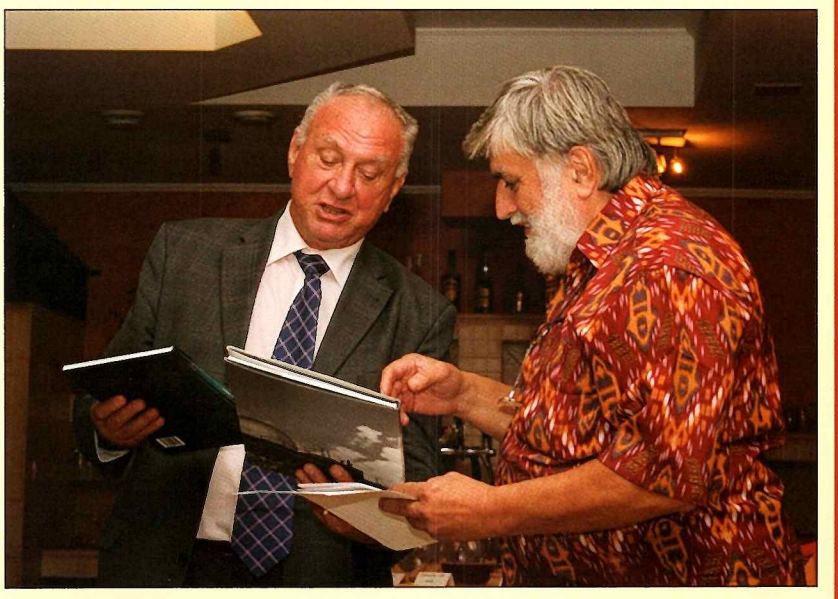
Na zjazde delegáti zvolili na nasledujúce funkčné obdobie predsedníctvo SAS (RNDr. L. Hric, CSc. – predseda, RNDr. M. Znášik – podpredseda, doc. RNDr. R. Gális, CSc. – ved. tajomník, Mgr. Ľ. Hambálek, PhD. – hodpodár), členov hlavného výboru (RNDr. P. Begeni, Mgr. S. Kaniansky, doc. RNDr. L. Kornoš, PhD., Mgr. J. Koza, PhD., RNDr. P. Rapavý, Mgr. M. Vidovenec, RNDr. J. Zverko, DrSc.) a revíznu komisiu (Mgr. E. Kundra – predseda, Mgr. M. Gallová, Mgr. S. Tomášková).

Za čestných členov boli jednomyseľne zvolení Ján Lačný a RNDr. Eduard Pittich, DrSc.

Daniela Rapavá

Prof. Zdeněk Mikulášek sa emotívne prihovára porotcom.

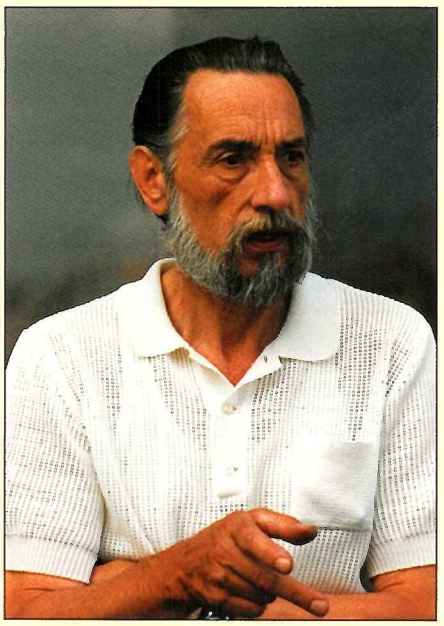
Dr. Pittich (vľavo) v rozhovore s doc. Štelinom z odbočky Žilina.



Ing. Jan Vondrák, DrSc., predseda Českej astronomickej spoločnosti a predseda SAS RNDr. Ladislav Hric, CSc.

Milan Antal
(1935 – 1999)

Dňa 19. 9. 2015 sme si pripomenuli nedožité 80. výročie narodenia Milana Antala, známeho pozorovateľa asteroidov a komét.



Milan Antal v r. 1996.

Milan Antal sa narodil 19. septembra 1935 v Zábřehu na Morave, kam odišla jeho matka rodiť. Pôvodom bol však z Piešťan, kde žilo už niekoľko generácií jeho predkov a kde mal jeho otec Viliam stolársku dielňu (zal. 1895). Matka Anežka (rod. Blažeková) pochádzala z Valašského Meziříčí a Milan bol jediným dieťaťom svojich rodičov.

V Piešťanoch absolvoval obecnú školu aj gymnázium. Keď mal 13 rokov, zomrel mu otec, ktorý ešte stihol dokončiť ich nový rodinný dom. Pre vdovu so synom však nastali ťažké časy – majetok im znárodnili a do domu nasťahovali nájomníkov s odôvodnením, že majú nadrozmerné priestory. Dokonca im hrozilo aj vysťahovanie, ale matka nakoniec uprosila úradníkov, aby ich nechali bývať v ich vlastnom dome. V r. 1953 Milan Antal zmaturoval a hoci mal predpoklady na štúdium na vysokej škole, z politických dôvodov nebol prijatý – 50-te roky totiž nepriali živnostníkom a ich deťom.

Po maturite prijal miesto na Skalnatom Plese, kde strávil štvrťstoročie svojho života pozorovaním Slnka, premenných hviezd, ale najmä planétok a komét. Spoznal tu aj svoju neskoršiu manželku Annu (rod. Višňovcovú), pôvodom z Martina-Priekopy, v tom čase ešte študentku Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Anna študovala fyziku so zameraním na astronómiu a na Skalnatom Plese bola na praxi. Svadbu mali 20. júna 1960 a z manželstva sa im narodili dve dcéry: Ľudmila (1961) a Iveta (1967).

RNDr. Anna Antalová tiež zasvätila svoj život astronómii a venovala sa najmä fyzike Slnka. Milan pracoval na Skalnatom Plese do r. 1978. Keď mu v r. 1983 zomrela matka, odišiel pracovať do Hurbanova, kde strávil ďalších 10 rokov svojho života ako pozorovateľ. V r. 1985 sa oženil so svojou druhou manželkou Ing. Erikou Vašmuciusovou (rod. Vavrovou), ktorá bola v tom čase vedúcou Spoločenského a kultúrneho centra Kúpeľov Piešťany. Z Hurbanova chodil pozorovať na observatóriá v Maďarsku a v Poľsku. Dožil sa vnuka Martina (1987) a vnučky Veroniky (1992). Druhá vnučka Anna (2001) sa narodila až po jeho smrti. Milan Antal zomrel 2. novembra 1999 v Piešťanoch, kde je aj pochovaný v rodinnom hrobe spolu s rodičmi a prvou manželkou Annou.

Milan Antal nebol aktívny len ako astronóm, ale angažoval sa aj v každodennom živote. Bol napr. zakladajúcim členom a podpredsedom Spoločnosti M. R. Štefánika, predsedom prvého Štefánikovho klubu na Slovensku, členom a funkcionárom Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV, ale tiež aktívnym členom Slovenského zväzu ochrancov prírody a krajiny v Piešťanoch. Bol aj vášnivým fotografom. Je nositeľom niekoľkých vyznamenaní, napr. „Posol Slovenska". V Piešťanoch sa usiloval aj o vybudovanie hvezdárne (nad mestom), ale tento projekt, žiaľ, nebol nikdy realizovaný.

V marci 1996 bola po ňom pomenovaná planétka č. 6717, objavená 10. októbra 1990 na nemeckom observatóriu Tautenburg (neďaleko od Jeny) a od roku 2014 jedna z nových piešťanských ulíc nesie názov „Ulica Milana Antala".

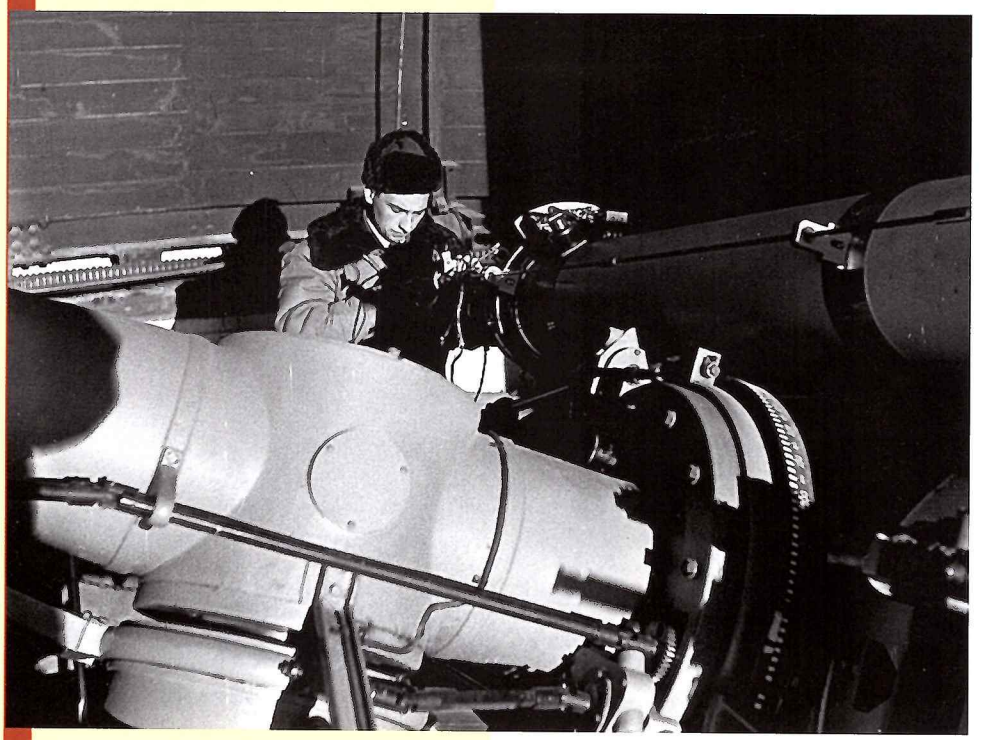
Milan Antal – astronóm

Hviezdna obloha ho zaujala už ako malého chlapca. Keď mal približne 8 rokov, dostal knihu o Štefánikovi, ktorý sa mu neskôr stal vzorom. Postupne si začal podľa návodov stavať ďalekohľady, fotografoval a ako gymnazista odoberal časopis Říše hvězd. Vynikal v matematike a fyzike a už v tom čase ho niektorí ľudia volali „hvezdár". Astronómia mu naozaj učarovala!

Po odbornej stránke bol dobre pripravený, aby mohol pokračoval aj v štúdiu na vysokej škole, ale ako už bolo spomenuté – pre vtedajší socialistický režim bol „problémový" (mal otca stolára – podnikateľa), a preto ho na vysokú školu neprijali. Aj napriek tejto „smole" mal nakoniec Milan Antal šťastie, keď ho hneď po maturite prijali do Astronomického ústavu ČSAV v Tatrách. Nastúpil ako pozorovateľ na Skalnaté Pleso a bol vo svojom živle! Náplňou jeho práce bolo pozorovanie Slnka, premenných hviezd a komét pomocou hlavného prístroja observatória – reflektoru s priemerom 60 cm. Pozičné pozorovania komét mali na Skalnatom Plese tradíciu už od jeho založenia. Na začiatku boli hlavnými pozorovateľmi komét Mrkos, Kresák a Pajdušáková, ale od druhej polovice 50. rokov to už bol Antal. Pod vedením doc. Gutha a prof. Kresáka sa postupne vypracoval na perfektného pozorovateľa, známeho svojou precíznosťou. Od roku 1957 až do konca 60-tych rokov sa intenzívne zaoberal aj sledovaním pohybov umelých družíc Zeme. Z jeho ďalších pozorovaní vykonaných na Skalnatom Plese a publikovaných v odborných časopisoch spomeňme napr.

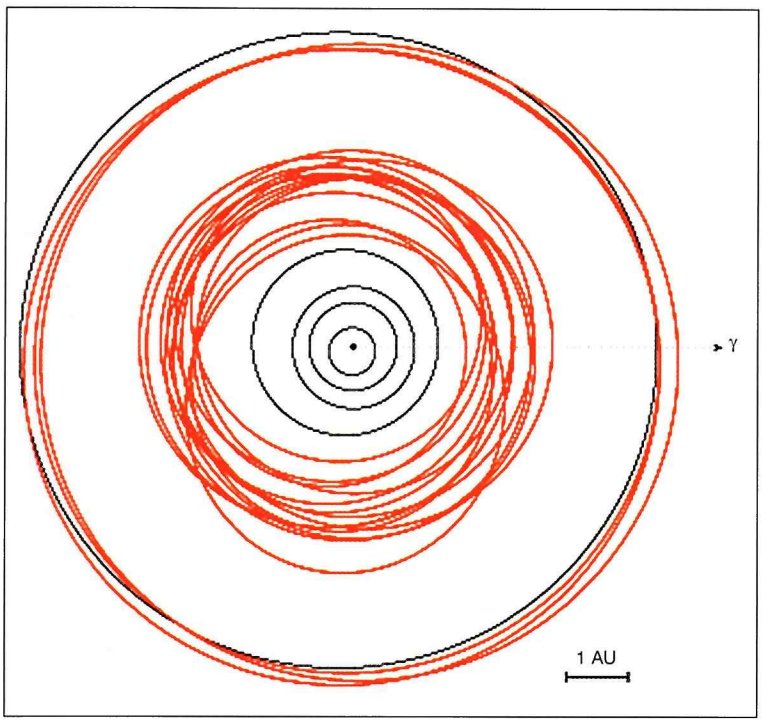
- 1956: mikrofotometrické merania planetárnej hmloviny M 97,
- 1958: pozorovanie (vizuálne aj fotografické) vzplanutia rekurentnej novy RS Oph,
- 1959: určenie periódy krátkoperiodickej cefeidy YZ Bootis,
- 1957 – 1962: pozorovanie Pluta a určenie odchýlok v jeho dráhe,
- 1958 – 1962: pozorovanie zákrytov hviezd Mesiacom,
- fotografické pozorovanie čiastočného zatmenia Slnka 2. 10. 1959 a 15. 2 .1961,
- 1960: pozorovanie novy v súhvezdí Herkula (V 446 Her) a určenie jej presnej polohy,
- 1965: pozorovanie hviezdy LP 768 – 500 v súhvezdí Veľryby a určenie jej vlastného pohybu,
- 1973: pozorovanie periodickej kométy Schwassmann-Wachmann 2,
- 1973: napozorované 2 výbuchy kométy 41P/Tuttle-Giacobini-Kresák.

Aj z tohoto krátkeho prehľadu je vidieť, že Milan Antal bol všestranný pozorovateľ. Postupom času sa však orientoval hlavne na pozičné merania aste-



Milan Antal ako pracovník Astronomického ústavu SAV na Skalnatom Plese pri 30-cm astrografe v čase objavu svojej prvej planétky „Slovakia" (august 1971).

Číslo	Meno	Dátum objavu	Observatórium	Označenie
1807	**Slovakia**	1971 08 20	Skalnaté Pleso	1971 QA
3393	**Štúr**	1984 11 28	Piszkéstető	1984 WY_6
3730	**Hurban**	1983 12 04	Piszkéstető	1983 XM_6
4573	**Piešťany**	1986 10 05	Piwnice	1986 TP_6
5025		1986 10 05	Piwnice	1986 TS_6
6545		1986 10 05	Piwnice	1986 TR_6
7641		1986 10 05	Piwnice	1986 TT_6
9543	**Nitra**	1983 12 04	Piszkéstető	1983 XN_6
10293	**Pribina**	1986 10 05	Piwnice	1986 TU_6
11014	**Svätopluk**	1982 08 23	Piszkéstető	1982 QY_1
13916	**Bernolák**	1982 08 23	Piszkéstető	1982 QA_2
16435	**Fándly**	1988 11 07	Piwnice	1988 VE_7
19955	**Hollý**	1984 11 28	Piszkéstető	1984 WZ_1
20991	**Jánkollár**	1984 11 28	Piszkéstető	1984 WX_1
23444	**Kukučín**	1986 10 05	Piwnice	1986 TV_6
32773		1986 10 05	Piwnice	1986 TD
48413		1986 10 09	Piwnice	1986 TB_7



Dráhy všetkých očíslovaných planétok objavených Milanom Antalom.

roidov a komét, pri ktorých mohol naplno využiť svoju svedomitosť a poriadkumilovnosť.

Do roku 1955 sa planétky na Skalnatom Plese pozorovali väčšinou len krátkoohniskovými komorami a ďalších 10 rokov neboli v pozorovacom programe observatória vôbec. S ich opätovným sledovaním sa začalo až v roku 1965 (sporadicky), a najmä od roku 1969, keď sa začali systematicky sledovať za účelom astrometrie pomocou 30-cm astrografu (f/5). A drvivú väčšinu týchto pozorovaní a meraní urobil Antal.

Svoju prvú planétku objavil Milan Antal na Skalnatom Plese večer 8. októbra 1969. Planétka sa v tom čase nachádzala v západnej časti súhvezdia Veľryba. Po zmeraní a odoslaní jej presných polôh dostala predbežné označenie 1969 TB. Ďalšie pozorovania sa mu však už nepodarili a planétka sa Antalovi stratila. Nezávisle ju objavil až o 12 rokov neskôr Antonín Mrkos na Kleti (12/1981). Vďaka jeho novým pozorovaniam sa podarilo určiť dráhu telesa, planétka dostala označenie 1981 YO a Kleť získala kredit objaviteľa. Dnes poznáme túto planétku pod označením (3130) Hillary a je pomenovaná na počesť novozélandského horolezca Edmunda Hillaryho, ktorý ako prvý dosiahol vrchol Mt. Everestu (spolu so šerpom Norgayom Tensingom).

Viac šťastia mal Antal pri pozorovaní večer 20. augusta 1971, keď zo Skalnatého Plesa objavil v súhvezdí Rýb ďalšiu planétku. Dostala označenie 1971 QA a pozoroval ju aj v ďalších 11 nociach – naposledy 17. októbra 1971. Vďaka týmto pozorovaniam sa už nestratila a 1. januára 1973 bola očíslovaná. Antal využil svoje „právo objaviteľa" a pre planétku navrhol meno „Slovakia", ktoré sa stalo oficiálnym 15. júna 1973 (po zverejnení v cirkulári IAU). Dnes túto planétku poznáme pod označením (1807) Slovakia.

Antal objavil na Skalnatom Plese ešte ďalšie dve planétky: 25. 8. 1971 planétku 1971 QB a 9. 10. 1971 planétku 1971 TJ3. O obidve však prišiel. Prvá bola zidentifikovaná s už známou planétkou 1936 PB objavenou dávno predtým na observatóriu Simeiz (Krym) a dnes nesie označenie (4420) Alandreev. Tú druhú pozoroval len počas jednej noci, takže sa zakrátko stratila.

Milan Antal neobjavoval na Skalnatom Plese len planétky, ale aj „kométy". Večer 10. mája 1972 pozoroval v JZ časti Vlasov Bereniky periodickú kométu 9P/Tempel 1. K spracovaniu naexponovaných platní sa však dostal až koncom mája, keď si na snímkach všimol aj ďalší difúzny objekt asi 15. mag, bez centrálnej kondenzácie a chvosta. „Kométa" sa nachádzala 0,3° od kométy Tempel 1 a asi 30" od galaxie NGC 4212.

Žiaľ, následné hľadanie po 3 týždňoch, ktoré od pozorovania uplynuli, bolo neúspešné, a „kométu" sa už nepodarilo nájsť. Nenašla sa ani na snímkach z iných observatórií, ktoré v tom čase intenzívne pozorovali kométu Tempel 1. Podobným prípadom bol aj difúzny objekt „bez kondenzácie alebo jadra", ktorý Antal pozoroval večer 8. júla 1975 v západnej časti súhvezdia Strelca, ale o tejto „kométe" sa mi zatiaľ nepodarilo zistiť ďalšie informácie.

Počas pôsobenia na Skalnatom Plese Antal napozoroval a zmeral stovky presných polôh asteroidov a komét a získal si tým obdiv aj u zahraničných kolegov.

V r. 1978 odišiel zo Skalnatého Plesa a v r. 1983 nastúpil do Hurbanova. Tam strávil ďalších 10 rokov a práve odtiaľ podnikal „pracovné" cesty do zahraničia na väčšie ďalekohľady. Neboli to však cesty služobné (musel si na ne brať dovolenku), a vôbec nie „na Západ", ale do spriateleného Maďarska a Poľska.

V Maďarsku navštevoval observatórium Piszkéstető, kde pokračoval v pozorovaní asteroidov a komét pomocou Schmidtovej komory s priemerom 90 cm. Observatórium sa nachádza v pohorí Mátra na severe Maďarska a patrí pod Maďarskú akadémiu vied. V období rokov 1982 až 1984 tam absolvoval tri pobyty, počas ktorých objavil ďalších 25 planétok. Boli medzi nimi aj planétky č. 3393 a č. 3730, ktoré neskôr sám pomenoval „Štúr" a „Hurban".

V ďalšom období (1985 až 1989) navštevoval poľské observatórium Piwnice, ktoré patrí Univerzite Mikuláša Kopernika a nachádza sa asi 15 km severne od Torune. Aj tu na svoje pozorovania využíval 90-cm Schmidtovu komoru, ktorá je dodnes najväčším poľským optickým ďalekohľadom. Počas piatich pobytov na observatóriu objavil ďalších 59 planétok, vrátane planétky (4573) Piešťany, ktorú pomenoval na počesť svojho „rodného" mesta. Zaujímavá je spomienka Dr. Stanislawa Krawczyka, ako tam Milan Antal oslavoval svoje 50. narodeniny (vraj priniesol fľašu originálnej Becherovky) a potom spolu pozorovali kométu Halley.

Dr. Krawczyk na neho spomína ako na úžasného človeka, svedomitého a neúnavného pozorovateľa, s ktorým bola česť spolupracovať.

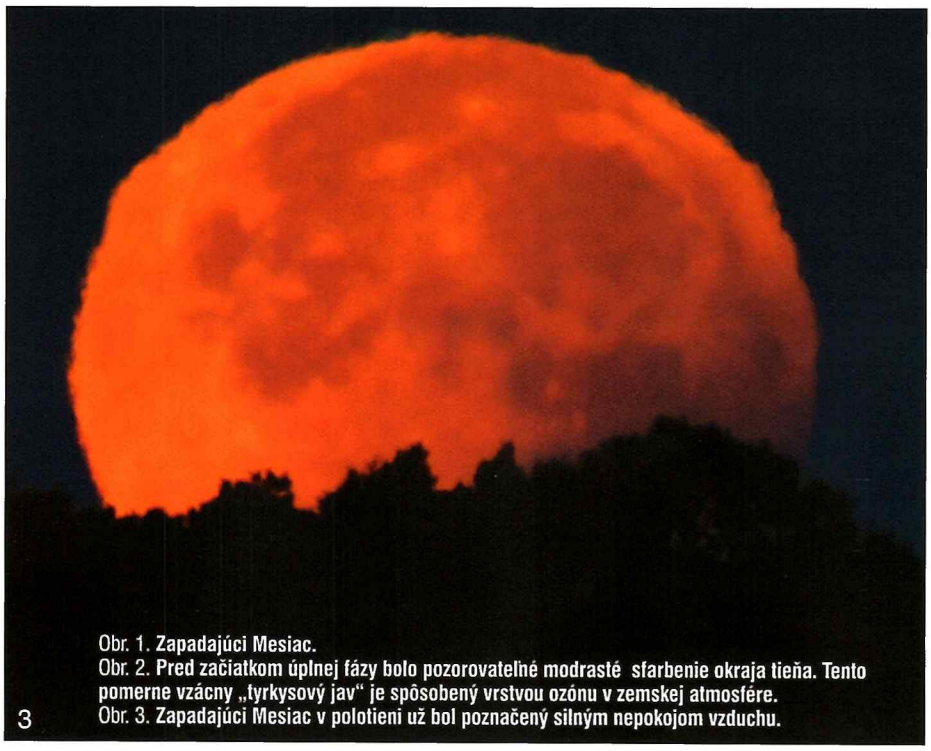
Poslednou astronomickou expedíciou, na ktorej sa Antal zúčastnil, bola „KORONA 90". Išlo o pozorovanie úplného zatmenia Slnka v júli 1990 na Čukotke, pod sopkou Vulkan. Počasie však pozorovaniu príliš neprialo.

Milan Antal publikoval výsledky svojej práce doma aj v zahraničí a v cirkulároch IAU môžeme nájsť asi 1500 jeho presných pozorovaní. V tabuľke sú uvedené všetky jeho očíslované planétky. Počas svojho života sa však dočkal len očíslovania 10 svojich objavov (poslednou bola planétka č. 11014) a sám pomenoval len štyri z nich (Slovakia, Štúr, Hurban a Piešťany). Planétky č. 5025, 6545 a 7641 sú tzv. Trójania (telesá v libračných bodoch L4 a L5 sústavy Slnko – Jupiter) a ich pomenovanie sa riadi zvláštnymi pravidlami.

Ďalšie Antalove planétky už zostali nepomenované a postupne k nim pribudli ďalšie (novoočíslované), pričom ich konečný počet dosiahol 17. V r. 2001 som využil ponuku Garetha Williamsa z MPC (ústredie v Cambridge) a spolu s kolegami z observatória v Modre, ktorí sa zaslúžili o očíslovanie niekoľkých Antalových planétok, sme navrhli mená pre ďalších osem planétok. Pri výbere sme sa držali „tradície" a zvolili mená z kultúrnej histórie Slovenska (Nitra, Pribina, Svätopluk, atď.). Celkovo Antal objavil 89 asteroidov, ale väčšina z nich sa pre nedostatok pozorovaní stratila – niektoré už boli znovuobjavené inými pozorovateľmi, ďalšie na to ešte len „čakajú".

Poďakovanie: pri písaní tohoto príspevku som použil informácie z internetu, vlastné skúsenosti, ale najmä informácie, ktoré mi láskavo poskytli RNDr. Ľudmila Pultznerová a Ing. Erika Antalová.

PETER KUŠNIRÁK
Astronom. ústav AV ČR Ondřejov



Obr. 1. Zapadajúci Mesiac.
Obr. 2. Pred začiatkom úplnej fázy bolo pozorovateľné modrasté sfarbenie okraja tieňa. Tento pomerne vzácny „tyrkysový jav" je spôsobený vrstvou ozónu v zemskej atmosfére.
Obr. 3. Zapadajúci Mesiac v polotieni už bol poznačený silným nepokojom vzduchu.

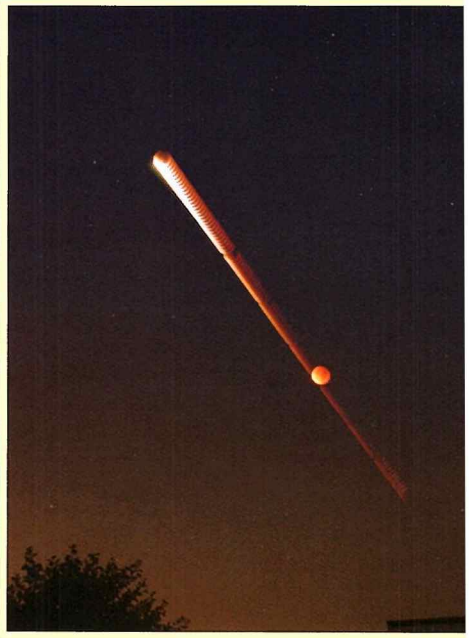
Najväčší „supersplne" v tomto roku a úplné zatmenie Mesiaca

Úplné zatmenie zaujalo nielen astronómov, ale vďaka značnej medializácii aj širokú verejnosť. Veď to ostatné bolo pred viac ako troma rokmi, nasledujúce uvidíme až 27. 7. 2018 a na celý jeho priebeh si budeme musieť počkať až do 20. decembra 2029. Mnohých však zaujala informácia o „supersplne", najväčšom v tomto roku, ktorý nastal práve počas zatmenia.

Predpovede meteorológov sa s nami zahrávali, no nakoniec počasie vyšlo, zvlášť v západnej časti nášho územia, kde boli podmienky priam excelentné. Na hvezdárňach či pozorovateľniach privítali návštevníkov, no aj tých bolo len poskromne, veď zatmenie bolo v skorých ranných hodinách. Spúšte fotoaparátov cvakali a s pribúdajúcou fázou obloha krásne temnela. Mesiac v tieni bol na hviezdnom pozadí ako veľký červenkastý drahokam.

Nad ránom silný nárazový vietor miestami takmer váľal ľahšie statívy, chlad a nepokoj vzduchu začali byť takmer neznesiteľné. Bol to však krásny zážitok!

Pavol Rapavý



Tohtoročné úplne zatmenie Mesiaca ma zastihlo na dovolenke na Cypre. Kedže som si nebalil žiadnu extra optiku, zatmenie som fotografoval zo statívu ohniskom 23 mm. Celkovo na snímku je použitých 115 expozícií po 1 sekunde a počas úplej fázy jedna snímka so 14-sekundovou expozíciou. Počas zatmenia bola obloha úplne jasná. Zaujímavosťou počas úplnej fázy bol svit hviezd. Dokonca aj svit takých jasných objektov, ako je Sírius a Venuša, bol úplne pokojný, bez mihotania. Pripadalo to až nenormálne.

František Michálek

Fotografia úplného zatmenie Mesiaca od Michala Lachkého.

Úplné zatmenie Mesiaca

Po vyše troch rokoch sme mali konečne opäť možnosť pozorovať úplne zatmenie Mesiaca aj zo Slovenska.

Zatmenie sa odohrávalo v druhej polovici noci 28. septembra nadránom. Začiatok čiastočného zatmenia bol stanovený na 3:07, čo sa aj stalo, i keď Mesiac už predtým bol trochu tmavší, lebo už bol v polotieni Zeme.

Celé zatmenie som mal mierne „déjà vu", pretože mi to veľmi pripomínalo pozorovanie zatmenia Mesiaca v októbri 2004. Pomaly sa Mesiac vnáral do umbry Zeme. Maximálna fáza zatmenia nastala o 4:11 hodine. Mesiac bol krásne sfarbený od bledomodro-bielej farby v blízkosti okraja tieňa až do tmavočervenej až medeno-hnedej farby. Táto farba pretrvávala celú maximálnu fázu zatmenia.

Keďže mesačný svit počas zatmenia klesol o niekoľko magnitúd, dali sa pozorovať aj slabšie hviezdy, dokonca aj v zornom poli ďalekohľadu spolu s Mesiacom. Napokon sa mi podarilo pozorovať zákryt hviezdy HIP 1121 s jasnosťou 9,2 mag a zmerať jeho čas, ktorý bol 4:24:19 pre Chynorany. No ale späť k zatmeniu. Podľa môjho úsudku bolo toto zatmenie typu L2 – L3, čiže tmavočervené až hnedé zatmenie s nažltlým okrajom.

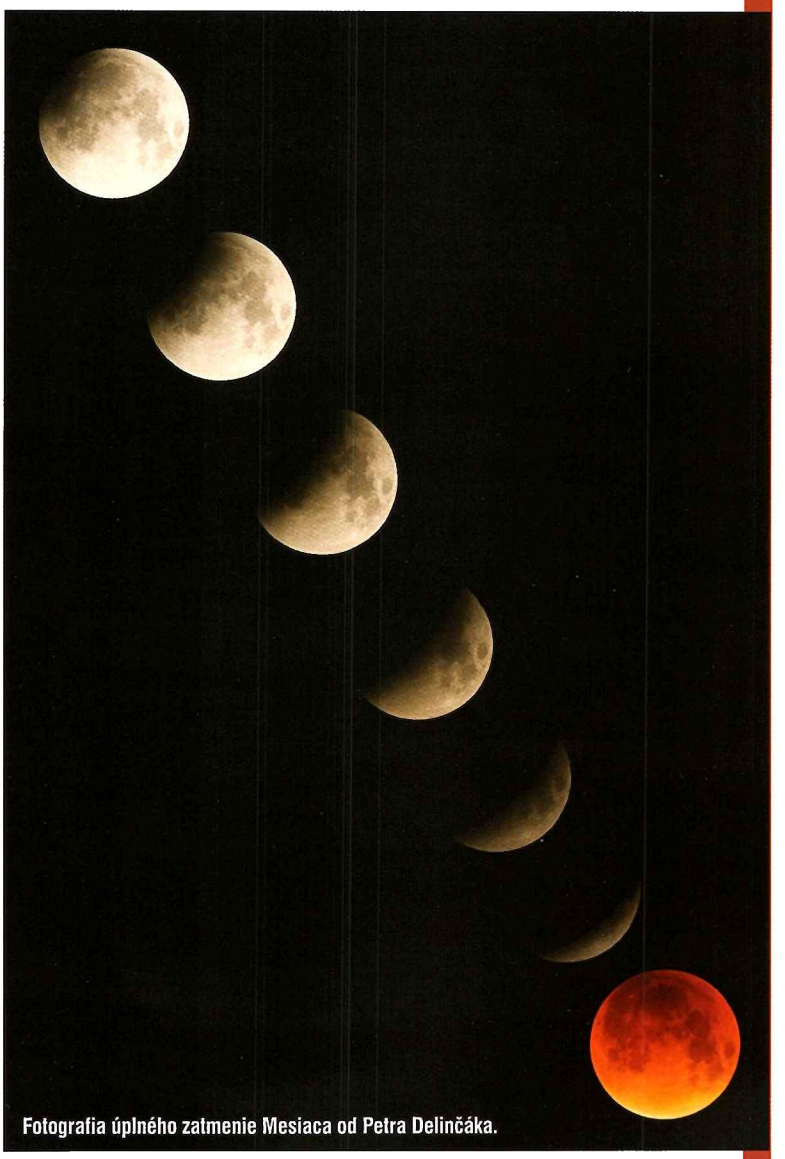
Počas maximálnej fáze a fotenia som pozoroval ešte aj Jupiter, Venušu, Mars, nejaké tie Deep sky a dokonca aj zodiakálny svit.

Po vyše hodinu trvajúcej maximálnej fáze zatmenia sa Mesiac začal vynárať z tieňa, presne o 5:23 hodine. A čiastočné zatmenie sa skončilo o 6:27 hodine tesne pred západom Mesiaca. To som ale ja už bol na ceste do práce.

Mám pocit, že pozorovanie a fotografovanie sa mi vydarilo, už len z toho dôvodu, že som mal počas celého priebehu zatmenia úplne jasno. Zatmenie (startrail) som fotil Canonom EOS 550D na statíve, 288×20 s, ISO 800. Detail som fotil afokálne kompaktom Olympus C5060 cez Newton 256/1170 32 mm, 2-palcový okulár, ISO 200. Časy expozícií sú rôzne.

Už teraz sa teším na najbližšie úplne zatmenie v roku 2018, keď Mesiac prejde cez stred tieňa Zeme.

Michal Lachký
www.astro-web.sk



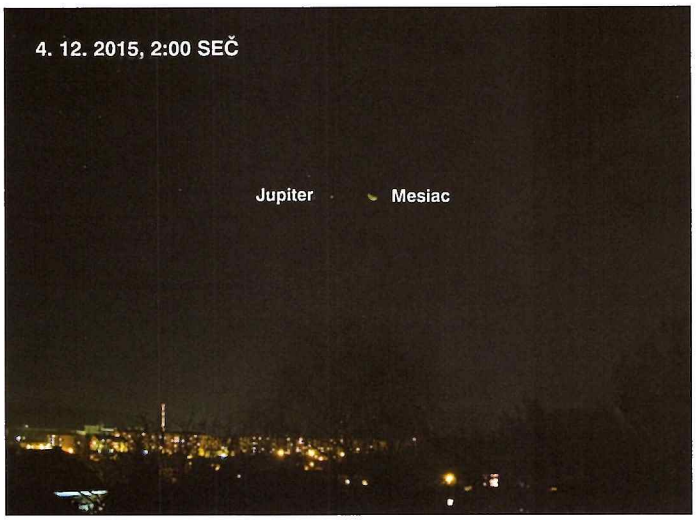
Fotografia úplného zatmenie Mesiaca od Petra Delinčáka.

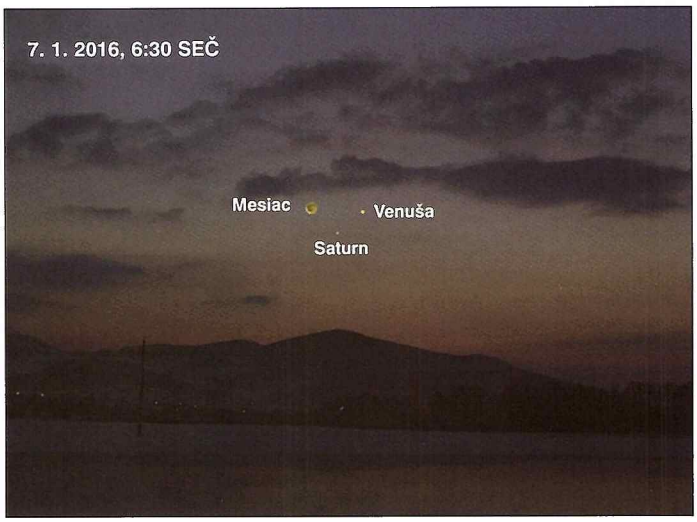
Pozorujte s nami * Pripravil Pavol Rapavý

December 2015 – január 2016

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári





Noci pred nami sú síce chladné, no to iste nadšencov neodradí, aby si užili všetko, čo im počas týchto dvoch mesiacov obloha ponúka. Viditeľnosť planét bez ďalekohľadu sa zlepšuje, nájdeme ich všetky, dokonca aj Saturn sa dostáva z uhlovej blízkosti Slnka a koncom januára ozdobí rannú oblohu. Čaká nás zákryt Aldebarana Mesiacom a dva z najaktívnejších meteorických rojov. Milým spestrením bude aj kométa Catalina (C/2013 US10), ktorú nájdeme už aj malým triédrom.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

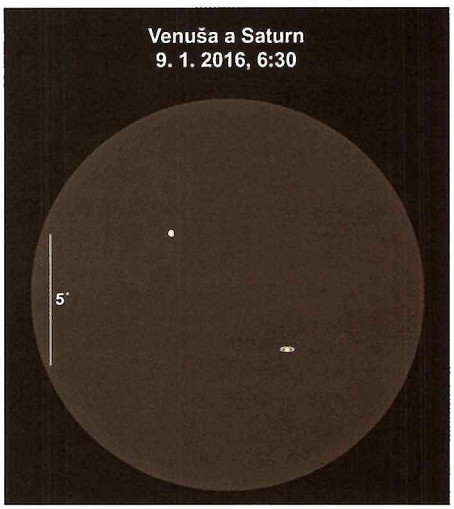
1. 12.; 4:37	18. 12.; 3:41	3.1.; 6:53	18. 1.; 4:17
2. 12.; 0:28	18. 12.; 23:33	4.1.; 2:44	19. 1.; 0:08
3. 12.; 6:15	20. 12.; 5:20	4.1.; 22:36	19. 1.; 19:59
4. 12.; 2:07	21. 12.; 1:11	5.1.; 8:31	20. 1.; 5:55
5. 12.; 7:54	22. 12.; 6:58	6.1.; 4:23	21. 1.; 1:46
6. 12.; 3:46	23. 12.; 2:50	7.1.; 0:14	21. 1.; 21:38
6. 12.; 23:37	23. 12.; 22:41	8.1.; 6:01	22. 1.; 7:33
8. 12.; 5:24	24. 12.; 8:37	9.1.; 1:52	23. 1.; 3:24
9. 12.; 1:16	25. 12.; 4:28	9.1.; 21:44	23. 1.; 23:16
10. 12.; 7:03	26. 12.; 0:19	10.1.; 7:39	24. 1.; 19:07
11. 12.; 2:54	27. 12.; 6:07	11.1.; 3:31	25. 1.; 5:03
11. 12.; 22:46	28. 12.; 1:58	11.1.; 23:22	26. 1.; 0:54
12. 12.; 8:41	28. 12.; 21:49	13.1.; 5:09	26. 1.; 20:45
13. 12.; 4:33	29. 12.; 7:45	14.1.; 1:00	27. 1.; 6:41
14. 12.; 0:24	30. 12.; 3:36	14.1.; 20:52	28. 1.; 2:32
15. 12.; 6:11	30. 12.; 23:28	15.1.; 6:47	28. 1.; 22:23
16. 12.; 2:03	1. 1.; 5:15	16.1.; 2:39	29. 1.; 8:19
16. 12.; 21:54	2. 1.; 1:06	16.1.; 22:30	30. 1.; 4:10
17. 12.; 7:50	2. 1.; 20:57	17.1.; 8:25	

Planéty

Merkúr začiatkom decembra zapadá len krátko po Slnku ako objekt –0,8 mag, no neskôr jeho uhlová vzdialenosť od Slnka rastie a 29. 12. je v najväčšej východnej elongácii (19,7°). Jeho fáza sa zmenšuje, jasnosť mierne klesá, na prelome rokov bude mať –0,4 mag a zapadne až počas astronomického súmraku 1,5 hodiny po Slnku. Lepšie na tom bude večer až v polovici apríla. Po elongácii sa podmienky už rýchlo zhoršujú, koncom prvého januárového týždňa zapadne na konci nautického súmraku (0,9 mag) a v ďalších dňoch sa definitívne stratí na svetlej oblohe, nakoľko 14. 1. je v dolnej konjunkcii. O deň neskôr je k nám najbližšie (0,667 AU). Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu, jeho viditeľnosť sa rýchlo zlepšuje, geometrické podmienky sú veľmi dobré a 7. 2. sa dostane do najväčšej západnej elongácie (25,6°). Na prelome posledných januárových dekád vychádza o hodinu skôr ako Slnko, má však len 1,6 mag, no na konci januára už poteší ako objekt 0 mag a nad obzor sa dostane počas astronomickej noci takmer 1,5 hodiny pred Slnkom. Vyššie vpravo bude jasná Venuša.

12. 12. bude v nevýraznej (6,4°) konjunkcii s tenulinkým kosáčikom Mesiaca, no Merkúr s jasnosťou –0,6 mag však bude veľmi nízko nad obzorom.

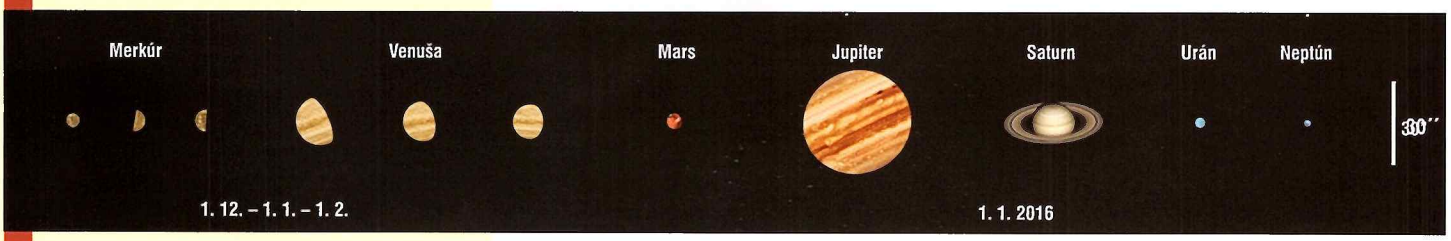
Venuša (–4,2 až –4,0 mag) sa presunie z Panny cez Váhy, severnú časť Škorpióna, Hadonosa až do Strelca. Jej jasnosť sa zmenšuje, uhlový rozmer klesá, no fáza mierne zväčšuje. Bude však skvelou ozdobou rannej oblohy aj keď sa jej nočná viditeľnosť mierne skracuje. Začiatkom decembra vychádza už takmer tri hodiny po polnoci, no aj koncom januára ešte počas astronomickej noci. Konjunkcia (zákryt) s Mesiacom 7. 12. nastáva pod obzorom a tak obe telesá potešia ešte aj deň po konjunkcii vo vzdialenosti už 6°. Vyššie si všimnime aj červenkastý Mars, bielu Spiku z Panny a jasný Jupiter. Ďalšia konjunkcia 7. 1. však bude skvelá aj za prítomnosti Saturna a tak vytvoria na oblohe fotogenický trojuholník. Mimoriadne tesné zoskupenie Veňuše so Saturnom 9. 1. si nenechajme ujsť, bude ich deliť len 5´. V ďalekohľade teda uvidíme súčasne obe planéty, Venušu vo fáze a súčasne aj Saturn s prstencom.



Mars (1,5 – 0,9 mag) sa presunie 17. 1. z Panny do Váh a jeho nočná viditeľnosť sa zlepšuje, uhlová vzdialenosť od Slnka zväčšuje. Vychádza 2 hodiny po polnoci a koncom januára ešte o hodinu skôr. Jeho vzdialenosť od nás sa zmenší z 1,969 na 1,372 AU a uhlový rozmer vzrastie zo 4,7 na 6,8´´. Je to ešte málo, no na opozíciu si budeme musieť počkať až do mája. Na oblohe zaujme červenkastým sfarbením, v ďalekohľade ho uvidíme ako malý kotúčik, no bez detailov.

Medzi hviezdami sa pohybuje východne a jeho vlastný pohyb si môžeme všimnúť okolo Vianoc, keď bude pri modrobielej Spike.

Konjunkcia s Mesiacom nastane 6. 12., najlepšie na tom budú krátko po východe, asi dve hodiny po



Zákryty hviezd Mesiacom (december 2015 – január 2016)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
7. 12.	3 26 28	D	19616	5,2	–43S	160	7	–68
7. 12.	4 15 7	R	19616	5,2	+43S	246	94	153
19. 12.	20 54 1	D	1122	6,5	+83N	60	51	–18
23. 12.	15 39 32	R	5772	4,0	–51S	209	–17	155
23. 12.	15 47 53	D	5813	4,8	+63S	95	16	76
23. 12.	17 12 17	D	5865	6,5	+55S	103	50	60
23. 12.	18 19 37	D	5912	0,8	+68S	90	66	67
23. 12.	19 28 47	R	5912	0,8	–87S	245	73	91
29. 12.	3 7 50	D	14433	5,1	–27N	49	166	106
29. 12.	3 43 4	R	14433	5,1	+27N	355	–4	–265
1. 1.	3 32 33	R	17782	6,4	+46N	337	55	–126
4. 1.	2 21 30	R	20039	6,5	+64S	265	61	99
12. 1.	16 39 58	D	30048	5,4	+65N	43	25	0
16. 1.	19 7 4	D	2089	5,1	+88S	71	67	–28
17. 1.	20 12 0	D	3302	6,5	+74S	87	68	–63
19. 1.	22 58 26	D	5717	6,4	+28S	138	27	–205
20. 1.	0 26 45	D	5772	4,0	+18S	149	–20	–233
20. 1.	0 54 12	R	5772	4,0	–38S	205	44	65
20. 1.	0 16 0	D	5767	5,3	+62N	49	35	–13
20. 1.	1 4 43	D	5813	4,8	+74S	93	2	–85
20. 1.	23 26 8	D	6911	5,1	+47S	122	43	–139
21. 1.	1 29 55	D	6977	6,0	–1S	170	–89	–418
21. 1.	18 56 59	D	8622	5,7	+89S	82	81	68
21. 1.	23 1 38	D	8867	6,5	+65S	106	76	–87
27. 1.	20 39 46	R	17201	6,2	+89N	295	20	45
27. 1.	20 19 9	D	17225	5,2	–90S	114	13	47
27. 1.	21 24 6	R	17225	5,2	+80S	284	37	65
30. 1.	3 38 21	D	19147	4,4	–37N	59	165	70
30. 1.	4 26 5	R	19147	4,4	+31N	351	35	–180

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

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 rohu Mesiaca k hviezde; PA = pozičný uhol meraný od severného okraja Mesiaca v kladnom smere.

polnoci, Mars uvidíme len 20´ severnejšie. Vyššie upúta aj Jupiter a neskoršie vyjde aj Venuša. Ďalšia konjunkcia 3. 1. nastáva pod obzorom a tak Mesiac s Marsom uvidíme najbližšie až 4. 1. po ich východe. V deň konjunkcie nastáva na Marse aj letný slnovrat.

Jupiter (–2,0 až –2,4 mag) je v Levovi a nočná viditeľnosť sa podstatne zlepšuje, nakoľko začiatkom marca bude v opozícii. Vychádza o polnoci, no koncom januára už po 20. hodine. Príjemne zjasňuje, bude výrazným objektom nočnej oblohy. Jeho vzdialenosť sa zmenší z 5,538 na 4,637 AU a uhlový rozmer vzrastie na 43´´. V ďalekohľade si teda pri pokojnom obraze užijeme množstvo útvarov v jeho búrlivej atmosfére, zvlášť zaujmú tmavé rovníkové pásy a Veľká červená škvrna. Už kukátkom uvidíme jeho štyri najväčšie mesiace. Pohyb medzi hviezdami sa spomaľuje, 8. 1. je stacionárny a začne sa pohybovať spätne. Konjunkcie s Mesiacom 4. 12., 31. 12. a 27. 1. budú vo vzdialenosti len okolo 2°, no aj tak zaujmú. Keďže sa elongácia od Slnka zväčšuje, fáza Mesiaca sa pri konjunkciách bude taktiež zväčšovať. Po novoročnom prípitku sa pozrime na východný obzor. Poteší nás Mesiac pred poslednou štvrťou a len kúsok vpravo Jupiter.

Saturn (0,5 mag) v Hadonosovi je na začiatku decembra nepozorovateľný, nakoľko bol 30. 11. v konjunkcii so Slnkom. Na rannej oblohe sa však jeho viditeľnosť rýchlo zlepšuje, geometrické podmienky sú dobré. V polovici mesiaca vychádza počas nautického súmraku viac ako hodinu pred Slnkom a koncom januára už 3,5 hodiny po polnoci.

10. 12. na svetlej súmrakovej oblohe sa do jeho blízkosti dostane tenký kosáčik Mesiaca a podobná situácia sa zopakuje 7. 1., tentokrát už na podstatne tmavšej oblohe a aj za asistencie Venuše. Bude to vskutku fotogenické zoskupenie. O dva dni neskôr sa Venuša priblíži k Saturnovi len na 5´ a tak uvidíme obe planéty v zornom poli ďalekohľadu súčasne. Niekoľko dní okolo konjunkcie je vhodná príležitosť všimnúť si zmenu ich vzájomnej polohy. 5. 1. bude Venuša 5° západne, no o 10 dní už o rovnakú vzdialenosť východne.

Prstence Saturna, ktoré pozorujeme zo severnej strany sú široké, roztvárajú sa, a dosiahnu takmer 16´´. Bez väčších problémov v ďalekohľade uvidíme aj jeho najväčší mesiac Titan a do 12 mag je aj Dione, Japetus, Thea a Tethys.

Urán (5,7 – 5,9 mag) opíše v Rybách slučku, nakoľko je 26. 12. stacionárny a začne sa medzi hviezdami pohybovať v priamom smere (východne). Je na večernej oblohe, zapadne viac ako 2 hodiny po polnoci, do konca januára sa jeho viditeľnosť skráti a za horizontom sa stratí už 2,5 hodiny pred polnocou. Vzhľadom na jeho jasnosť sa ho môžeme pokúsiť nájsť aj bez ďalekohľadu, no bez problémov ho identifikujeme už v triédri. Vo výkonnejšom ďalekohľade ho pri dobrých pozorovacích podmienkach uvidíme ako malinký kotúčik s priemerom 3,5´´. Konjunkcie s Mesiacom nastanú 20. 12. a 16. 1., ich vzájomná vzdialenosť však bude len okolo 2°.

Ak sa budete dívať na Urán 24. januára, spomeňte si, že práve pred 30 rokmi ho obletela sonda Voyager 2, ktorá, okrem iného, vyslala 8 000 fotografií a objavila 11 mesiacov.

Neptún (7,9 – 8,0 mag) vo Vodnárovi má zhoršujúce sa podmienky na pozorovanie. Aj keď je nad obzorom ešte viac ako polovicu noci, koncom januára zapadne začiatkom astronomickej noci krátko pred 19. hodinou. Na jeho zbadanie už potrebujeme aspoň malý ďalekohľad a pri väčšom zväčšení ho môžeme vidieť ako kotúčik s priemerom 2´´.

Konjunkcie s Mesiacom nastávajú 17. 12. a 13. 1., o niečo výhodnejšia je tá januárová večer po západe Slnka.

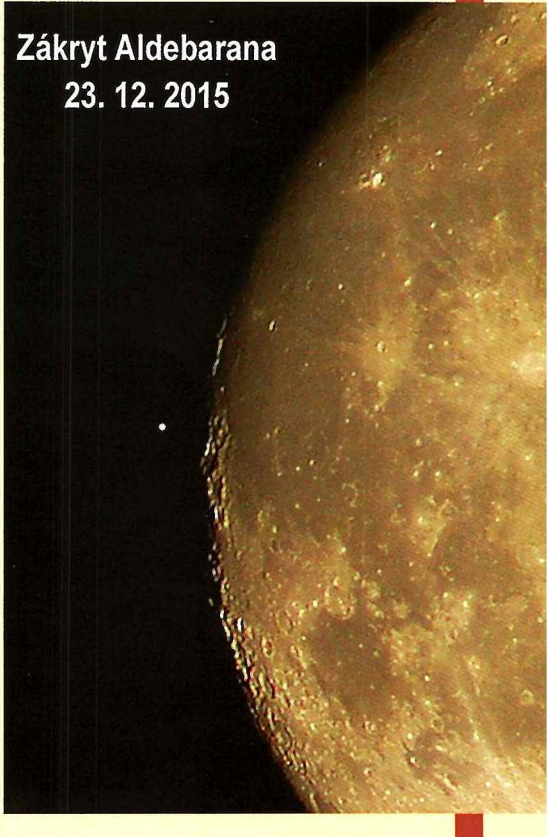
Zákryt Aldebarana Mesiacom 23. 12., ktorý bude krátko pred splnom, bude pozorovateľný vysoko nad obzorom. Vstup po 19. hodine bude za neosvetleným okrajom Mesiaca, výstup na osvetlenej strane nastane o niečo viac ako hodinu. Presné časy pre konkrétne miesto pozorovania je potrebné vypočítať podľa vzorca uvedeného pod tabuľkou zákrytov.

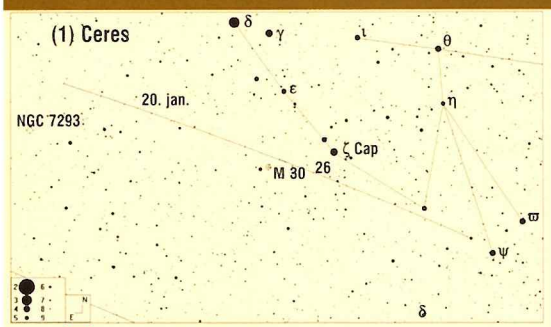
Ďalší zákryt 20. 1. od nás už neuvidíme, nastáva pod obzorom. Pred západom Mesiaca uvidíme Aldebaran asi 0,5° vľavo.

Fázy Mesiaca

posledná štvrť	3. 12.; 8:40	2. 1.; 6:30
nov	11. 12.; 11:29	10. 1.; 2:30
prvá štvrť	18. 12.; 16:14	17. 1.; 0:26
spln	25. 12.; 12:12	24. 1.; 2:46

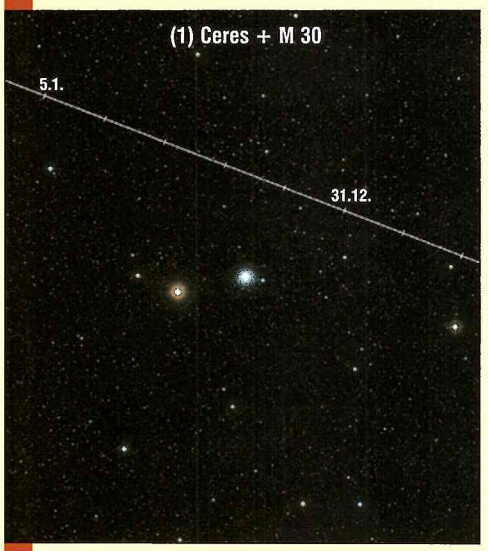
Mesiac je 2. 1. v poslednej štvrti a súčasne v apogeu, jeho uhlový rozmer bude 29,4´.





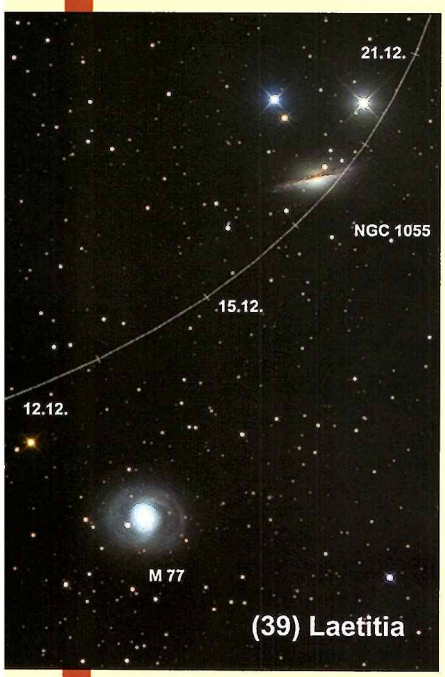
Efemerida (1) Ceres

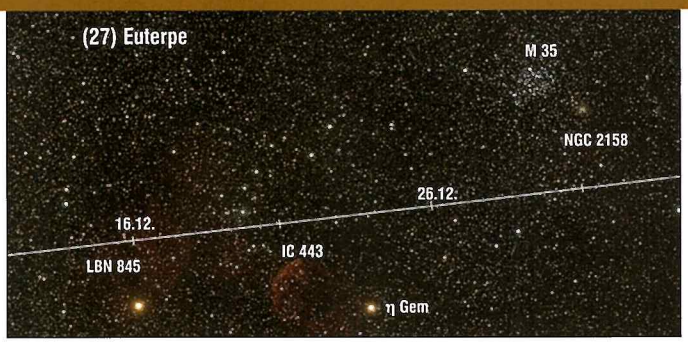
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$20^h56.9^m$	−6°17,4'	9,3	61,4
11. 12.	$21^h10.0^m$	−25°12,2'	9,3	54,5
21. 12.	$21^h23.8^m$	−24°02,3'	9,3	47,8
31. 12.	$21^h38.0^m$	−22°48,0'	9,3	41,2
10. 1.	$21^h52.5^m$	−21°29,7'	9,3	34,8
20. 1.	$22^h07.2^m$	−20°07,8'	9,3	28,6
30. 1.	$22^h22.0^m$	−18°42,8'	9,2	22,6



Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$00^h12.9^m$	−08°26,1'	7,5	111,1
11. 12.	$00^h17.4^m$	−07°17,4'	7,6	102,5
21. 12.	$00^h23.9^m$	−05°58,1'	7,8	94,5
31. 12.	$00^h32.1^m$	−04°30,6'	7,9	86,9
10. 1.	$00^h41.8^m$	−02°57,1'	8,0	79,6
20. 1.	$00^h52.8^m$	−01°19,0'	8,1	72,6
30. 1.	$01^h04.9^m$	+00°21,9'	8,2	65,9





Trpasličie planéty

(1) Ceres (9,3 – 9,2 mag) sa presunie 15. 1. z Kozorožca do Vodnára, je na večernej oblohe, no jej viditeľnosť sa kráti. Uhlová vzdialenosť od Slnka za zmenší zo 62 na 22°, no ešte aj koncom januára zapadne až začiatkom astronomickej noci.

1. 1. sa bude presúvať stupeň severne od guľovej hviezdokopy M 30 (6,9 mag). 1. 1. si pripomenieme 215 rokov od jej objavenia G. Piazzim v Palerme pri hľadaní planéty medzi Marsom a Jupiterom podľa Titusovho-Bodeho radu.

(134340) Pluto (14,4 mag) v Strelcovi zapadne vo večerných hodinách, jeho elongácia od Slnka je 37°. Možnosti jeho pozorovania sa zhoršujú, Slnko sa k nemu uhlovo približuje, 7. 1. sa presunie 1,5° pod Plutom a o deň neskôr je od nás najďalej (34,001 AU). Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu, koncom januára bude v elongácii 24°.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (49) Pales (3. 12.; 10,7 mag), (16) Psyche (8. 12.; 9,4 mag), (230) Athamantis (9. 12.; 10,0 mag), (747) Winchester (20. 12.; 10,3 mag), (27) Euterpe (25. 12.; 8,4 mag), (30) Urania (13. 1.; 10,1 mag), (116) Sirona (15. 1.; 10,9 mag), (115) Thyra (25. 1.; 9,8 mag).

Najjasnejšia bude (4)Vesta vo Veľrybe, no aj tá slabne, vzdiali sa od nás z 1,945 na 2,754 AU, a koncom januára už bude mať 8,2 mag.

(5) Astraea (10,8 – 9,3 mag) a (52) Europa (11,4 – – 10,3 mag), keďže budú v zastávke, opíšu v blízkosti Regulusa elegantné krivky. Astraea skončí svoju púť 0,5° od tejto jasnej modrobielej hviezdy a Europa bude 23. 12. od nej len 14′ severozápadne.

Niektoré priblíženia asteroidov k objektom nočnej oblohy sú na obrázkoch.

Kométy

Ak máme na oblohe kométu jasnejšiu ako 10 mag, je to vždy dobré, pretože býva v dosahu silnejších binokulárov. Zdá sa, že toho obdobie nám praje a dokonca aj s príjemným prekvapením.

Pod 10 mag sa dostanú dve kométy z projektu PANSTARRS. C/2013 X1 bola objavená 4. 12. 2013 ako objekt 20 mag, perihéliom prejde 20. 4. 2016. Bude sa presúvať z Andromédy do Pegasa, podmienky pozorovateľnosti sú veľmi dobré, dokonca mierne zjasňuje. 7. 12. prejde 0,7° od β And.

C/2014 S2 bola objavená 22. 9. 2014 s jasnosťou 21 mag, v perihéliu bude 9. 12. Mierne slabne, no je počas celého tohto obdobia cirkumpolárna v Drakovi a len s malým vlastným pohybom. Polovicu tohto obdobia bude v blízkosti hmloviny LBN 415, čo my mohlo inšpirovať skúsenejších astrofotografov.

Všetkých však iste poteší kométa Catalina (2013 US10), objavená 31. 10. 2013 R. A. Kowalskim v rámci programu Catalina Sky Survey ako objekt s jasnosťou necelých 19 mag. Perihéliom prešla 15. 11. a pozorovacie podmienky od nás sa zlepšujú. Začiatkom decembra vychádza 4 hodiny po polnoci, ešte za astronomickej noci, no od 12 januára je už cirkumpolárna. Z Panny sa presúva severne a skončí až v blízkosti Polárky. 1. 1. prejde 0,5° od Arkturusa, v polovici mesiaca stupeň od η UMa a o deň neskôr 2° západne od krásnej galaxie M 101. Na tmavej oblohe ju možno nájdeme aj bez ďalekohľadu, no bez väčších problém to bude s triédrom.

Podľa nominálnej predpovede by mala byť jasnejšia ako 11 mag aj periodická kométa P/Ikeya-Murakami

Efemerida kométy PANSTARRS (C/2013 X1)

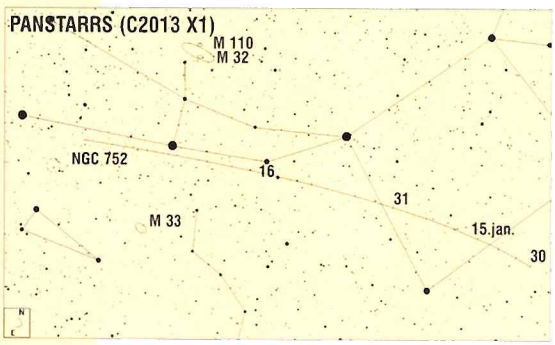
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$01^h42.7^m$	+38°56,3'	10,2	141,2
6. 12.	$01^h19.9^m$	+36°10,5'	10,1	133,2
11. 12.	$01^h00.0^m$	+33°13,7'	10,0	124,8
16. 12.	$00^h43.1^m$	+30°15,6'	10,0	116,3
21. 12.	$00^h29.0^m$	+27°23,6'	10,0	107,9
26. 12.	$00^h17.4^m$	+24°42,6'	9,9	99,9
31. 12.	$00^h08.0^m$	+22°15,1'	9,9	92,1
5. 1.	$00^h00.3^m$	+20°02,1'	9,9	84,8
10. 1.	$23^h54.2^m$	+18°03,3'	9,9	77,7
15. 1.	$23^h49.3^m$	+16°17,9'	9,8	71,0
20. 1.	$23^h45.4^m$	+14°44,6'	9,8	64,5
25. 1.	$23^h42.4^m$	+13°22,1'	9,7	58,3
30. 1.	$23^h40.1^m$	+12°09,0'	9,7	52,3

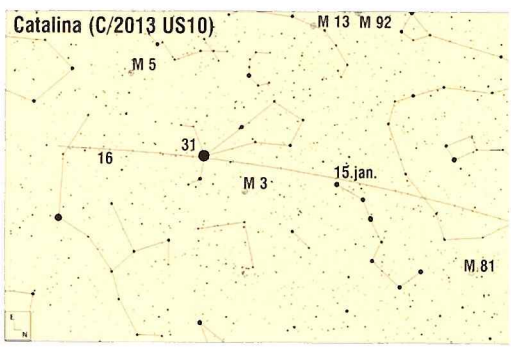
Efemerida kométy PANSTARRS (C/2014 S2)

1. 12.	$16^h41.7^m$	+65°20,8'	9,8	87,1
11. 12.	$16^h48.0^m$	+63°24,7'	9,8	86,4
21. 12.	$16^h53.0^m$	+62°17,2'	9,9	86,6
31. 12.	$16^h56.0^m$	+61°56,8'	9,9	87,5
10. 1.	$16^h56.3^m$	+62°21,4'	10,0	89,3
20. 1.	$16^h52.5^m$	+63°28,3'	10,1	91,8
30. 1.	$16^h42.6^m$	+65°11,2'	10,2	95,0

Efemerida kométy Catalina (C/2013 US10)

1. 12.	$14^h19.0^m$	−11°28,2'	4,3	32,0
6. 12.	$14^h18.4^m$	−08°27,5'	4,3	38,4
11. 12.	$14^h18.0^m$	−05°02,1'	4,4	45,1
16. 12.	$14^h17.6^m$	−01°02,7'	4,4	52,0
21. 12.	$14^h17.0^m$	+03°43,0'	4,5	59,3
26. 12.	$14^h16.1^m$	+09°31,5'	4,5	67,2
31. 12.	$14^h14.5^m$	+16°43,4'	4,5	75,7
5. 1.	$14^h11.5^m$	+25°39,9'	4,5	85,0
10. 1.	$14^h06.0^m$	+36°33,0'	4,6	94,7
15. 1.	$13^h55.5^m$	+49°04,6'	4,7	104,1
20. 1.	$13^h33.6^m$	+62°09,1'	4,9	111,5
25. 1.	$12^h39.2^m$	+73°56,8'	5,3	115,7
30. 1.	$09^h54.5^m$	+81°15,4'	5,7	116,3





Meteorické roje (december 2015 – január 2016)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
Monocerotidy (MON)	27. 11. – 17. 12.	9. 12.	257°	100°	+08°	42	3,0	2
σ Hydridy (HYD)	3. 12. – 15. 12.	12. 12.	260°	127°	+02°	58	3,0	3
Geminidy (GEM)	4. 12. – 17. 12.	14. 12.	262,2°	112°	+33°	35	2,6	120
Koma Berenicidy (COM)	12. 12. – 23. 12.	16. 12.	264°	175°	+18°	65	3,0	3
dec Leo Minoridy	5. 12. – 4. 2.	20. 12.	268°	161°	+30°	64	3,0	5
Ursidy (URS)	17. 12. – 26. 12.	23. 12.	270,7°	217°	+76°	33	3,0	10
Kvadrantidy (QUA)	28. 12. – 12. 1.	4. 1.	283,16°	230°	+49°	41	2,1	120

(P/2010 V1) v severnej časti Raka a Leva, no pozorovania zatiaľ chýbajú.

Meteory

V tomto zimnom období obloha meteorárom praje, v činnosti sú dva z najaktívnejších rojov a aj s dobrými pozorovacími podmienkami.

Maximum Geminíd je predpovedané 14. 12. o 19. hodine. Je to jeden z najlepších rojov v roku, má pomerne stabilné frekvencie a len miernu variabilitu maxima. Nemá veľmi ostré maximum, vysoká frekvencia je okolo jedného dňa. Mesiac bude len 3 dni po nove a tak podmienky na pozorovanie budú výborné.

Vianočné Ursidy majú typickú frekvenciu 10, ktorá však občas presiahne aj 50. Maximum je vypočítané na 23. 12. 03:30. Pozorovanie sú cenné, je ich pomerne málo, no tohto roku bude oblohu presvetľovať Mesiac pred splnom. Vysoké aktivity boli zaznamenané v rokoch 1945 a 1986. Relatívne nedávna vyššia aktivita v roku 2006 a 2008 bola spôsobená prechodom materskej kométy 8P/Tempel perihéliom v januári 2008.

Maximum skvelých Kvadrantíd má nastať 4. 1. o 9. hodine. Podľa nových modelov J. Vaubaillona je však možné, že nastane o niečo skôr, možno medzi 23. – 3., čo by bolo pre našich pozorovateľov vhodné vzhľadom na Mesiac po poslednej štvrti. Štandardná prepočítaná frekvencia je 120, je však premenlivá v intervale asi 60 – 200. V roku 2014 presiahla 250 a maximum býva pomerne ostré.

Z ďalších, málo aktívnych rojov sú pozorovanie podmienky vhodné pri Monocerotidách a σ Hydridách.

Pavol Rapavý

Kalendár úkazov a výročí (december – január 2016)

dátum	SEČ	
1.12.		55. výročie (1960) štartu Sputnika 6 (Pčolka a Muška)
2. 12.		20. výročie (1995) štartu sondy SOHO
3. 12.	8,7	Mesiac v poslednej štvrti
3. 12.		60. výročie (1955) narodenia J. Hollana
3. 12.		asteroid (49) Pales v opozícii (10,7 mag)
4. 12.	4,8	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 2,3° severne)
4. 12.		50. výročie (1965) štartu Gemini 7 (F. Borman a J. Lovell)
4. 12.		260. výročie (1755) narodenia A. Tomcsányiho
5. 12.	15,9	Mesiac v apogeu (404 801 km)
6. 12.	2,0	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,6° severne)
7. 12.	18,4	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 0,1° južne)
7. 12.		110. výročie (1905) narodenia G. P. Kuipera
8. 12.		90. výročie (1925) narodenia L. Křivského
8. 12.		asteroid (16) Psyche v opozícii (9,4 mag)
8. 12.		220. výročie narodenia (1795) P. A. Hansena
9. 12.		maximum meteorického roja Monocerotidy (ZHR 2)
9. 12.		asteroid (230) Athamantis v opozícii (10,0 mag)
10. 12.	16,7	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,4° južne)
11. 12.	11,5	Mesiac v nove
12. 12.		maximum meteorického roja σ Hydridy (ZHR 3)
12. 12.	14,6	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 6,4° južne)
13. 12.		210. výročie narodenia (1805) J. von Lamonta
14. 12.		maximum meteorického roja Geminidy (ZHR 120)
15. 12.		50. výročie (1965) štartu Gemini 6 (W. Schirra a T. Stafford)
15.12.		150. výročie narodenia (1865) J. Á. Bártfaya
16.12.		maximum meteorického roja Koma Berenicidy (ZHR 3)
16. 12.		390. výročie narodenia (1625) E. Weigela
17. 12.	7,6	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,7° južne)
18. 12.	16,2	Mesiac v prvej štvrti
20. 12.	3,6	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,7° severne)
20. 12.		asteroid (747) Winchester v opozícii (10,3 mag)
20. 12.		maximum meteorického roja dec. Leo Minoridy (ZHR 5)
20. 12.		140. výročie narodenia (1875) F. P. Cantellia
21. 12.	10,0	Mesiac v perigeu (368 423 km)
22. 12.	5,8	zimný slnovrat, začiatok astronomickej zimy
23. 12.		maximum meteorického roja Ursidy (ZHR 10)
23. 12.	19,9	zákryt Aldebarana
24. 12.		110. výročie narodenia (1905) H. Hughesa
24. 12.		274. výročie (1740) narodenia A. J. Lexella
25. 12.	12,2	Mesiac v splne
25. 12.		asteroid (27) Euterpe v opozícii (8,4 mag)
26. 12.		Urán v zastávke, začne sa pohybovať v priamom smere (východne)
27. 12.		300. výročie narodenia (1715) A. Adányiho
29. 12.	3,9	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (19,7°)
31. 12.	17,7	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 2,0° severne)
1. 1.		215. výročie (1801) objavu Cerery (G. Piazzi)
2. 1.	6,5	Mesiac v poslednej štvrti
2. 1.	12,9	Mesiac v apogeu (404 277 km)
3. 1.	0,3	Zem v perihéliu (0,9833 AU)
3. 1.		110. výročie (1906) narodenia W. Morgana
3. 1.		130. výročie (1886) narodenia G. Neujmina
3. 1.	19,7	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,9° južne)
3. 1.		letný slnovrat na Marse
4. 1.		maximum meteorického roja Kvadrantidy (ZHR 120)
4. 1.		150. výročie narodenia (1866) J. Metcalfa
5. 1.	5,5	Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať spätne
6. 1.		165. výročie (1851) demonštrácie Foucaultovho kyvadla
6. 1.	4,4	konjuncia Slnka s Plutom (Pluto 1,5° severne)
7. 1.	0,6	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 2,6° juž.)
7. 1.	5,6	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,6° južne)
8. 1.	18,6	Merkúr v prísluní (0,3075 AU)
8. 1.	20,6	Jupiter v zastávke, začne sa pohybovať spätne
8. 1.	12,8	Pluto najďalej od Zeme (34,0008 AU)
9. 1.	5,1	konjunkcia Venuše so Saturnom (Saturn 5´ južne)
10. 1.	2,5	Mesiac v nove
10. 1.	20,0	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,6° južne)
10. 1.		80.výročie (1936) narodenia R. Wilsona
13. 1.	14,8	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,4° juž.)
13. 1.		asteroid (30) Urania v opozícii (10,1 mag)
14. 1.	15,0	Merkúr v dolnej konjunkcii
15. 1.	3,3	Mesiac v perigeu (369 621 km)
15. 1.		asteroid (116) Sirona v opozícii (10,9 mag)
15. 1.	16,7	Merkúr najbližšie k Zemi (0,6668 AU)
16. 1.	7,8	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 2,3° severne)
16. 1.		60.výročie (1956) narodenia D. Rapavej
17. 1.	0,4	Mesiac v prvej štvrti
17.1.		230. výročie (1786) objavu kométy Encke (P. Mechain)
18. 1.		60.výročie (1956) narodenia M. Gimovej
19. 1.		10. výročie (2006) štartu sondy New Horizons
21. 1.		110. výročie (1906) narodenia M. S. Eigensona
23. 1.		170. výročie (1846) narodenia N. Umova
24. 1.	2,8	Mesiac v splne
24. 1.		30. výročie (1986) obletu Uránu (Voyager 2)
25. 1.		asteroid (115) Thyra v opozícii (9,8 mag)
25. 1.	20,0	Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať priamo
25. 1.		280.výročie (1736) narodenia J. L. Lagrangea
27. 1.	23,9	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 1,9° severne)
28. 1.		30. výročie (1986) havárie raketoplánu Challenger
28.1.		405. výročie (1611) narodenia J. Heveliusa
29.1.		270.výročie (1746) narodenia J. A. Gegóa
29.1.		90. výročie (1926) narodenia A. Salama
30.1.	10,1	Mesiac v apogeu (404 553 km)
30.1.		20. výročie (1996) objavu kométy Hyakutake
31.1.		50. výročie (1966) štartu Luny 9
1. 2.	4,5	Mesiac v poslednej štvrti
1. 2.	11,9	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,9° južne)
3. 2.	20,0	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,0° juž.)

Tabuľky východov a západov (december – január 2016)

Slnko

			Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 12.	7:10	15:48	6:34	16:23	5:55	17:03	5:17	17:41
6. 12.	7:16	15:46	6:39	16:22	6:00	17:02	5:22	17:40
11. 12.	7:21	15:45	6:44	16:21	6:04	17:02	5:27	17:40
16. 12.	7:25	15:46	6:48	16:22	6:08	17:02	5:31	17:41
21. 12.	7:29	15:48	6:51	16:24	6:11	17:04	5:34	17:43
26. 12.	7:31	15:50	6:54	16:27	6:14	17:07	5:36	17:45
31. 12.	7:32	15:54	6:55	16:31	6:15	17:11	5:37	17:49
5. 1.	7:31	15:59	6:55	16:36	6:15	17:16	5:38	17:53
10. 1.	7:30	16:05	6:54	16:41	6:14	17:21	5:37	17:58
15. 1.	7:27	16:12	6:51	16:47	6:12	17:27	5:35	18:04
20. 1.	7:23	16:19	6:48	16:54	6:09	17:33	5:33	18:10
25. 1.	7:18	16:27	6:44	17:01	6:05	17:40	5:29	18:16
30. 1.	7:12	16:34	6:38	17:09	6:01	17:47	5:24	18:23

Mesiac

	Východ	Západ
1. 12.	21:47	11:13
6. 12.	1:50	13:25
11. 12.	6:51	16:17
16. 12.	10:37	21:29
21. 12.	13:16	2:21
26. 12.	17:22	7:48
31. 12.	22:36	10:39
5. 1.	2:37	12:53
10. 1.	7:18	16:57
15. 1.	10:16	22:58
20. 1.	13:20	3:41
25. 1.	18:16	7:43
30. 1.	23:24	9:57

Jupiter

	Východ	Západ
1. 12.	0:06	12:53
6. 12.	23:47	12:34
11. 12.	23:29	12:15
16. 12.	23:12	11:57
21. 12.	22:53	11:38
26. 12.	22:35	11:19
31. 12.	22:16	11:00
5. 1.	21:57	10:40
10. 1.	21:37	10:20
15. 1.	21:17	10:01
20. 1.	20:56	9:41
25. 1.	20:35	9:21
30. 1.	20:14	9:01

Merkúr

	Východ	Západ
1. 12.	7:59	16:03
6. 12.	8:19	16:12
11. 12.	8:35	16:24
16. 12.	8:48	16:40
21. 12.	8:55	16:58
26. 12.	8:55	17:16
31. 12.	8:46	17:27
5. 1.	8:25	17:24
10. 1.	7:50	16:58
15. 1.	7:04	16:12
20. 1.	6:23	15:27
25. 1.	5:59	14:55
30. 1.	5:48	14:37

Saturn

	Východ	Západ
1. 12.	6:58	15:52
6. 12.	6:41	15:34
11. 12.	6:24	15:16
16. 12.	6:08	14:58
21. 12.	5:51	14:40
26. 12.	5:34	14:23
31. 12.	5:17	14:05
5. 1.	5:00	13:47
10. 1.	4:43	13:30
15. 1.	4:26	13:12
20. 1.	4:08	12:53
25. 1.	3:51	12:35
30. 1.	3:34	12:17

Venuša

	Východ	Západ
1. 12.	3:10	14:06
6. 12.	3:22	13:59
11. 12.	3:34	13:53
16. 12.	3:47	13:47
21. 12.	3:59	13:43
26. 12.	4:11	13:39
31. 12.	4:24	13:36
5. 1.	4:36	13:35
10. 1.	4:48	13:35
15. 1.	4:59	13:37
20. 1.	5:09	13:40
25. 1.	5:18	13:46
30. 1.	5:25	13:52

Urán

	Východ	Západ
1. 12.	13:32	2:35
6. 12.	13:12	2:15
11. 12.	12:52	1:55
16. 12.	12:32	1:35
21. 12.	12:13	1:15
26. 12.	11:53	0:55
31. 12.	11:34	0:36
5. 1.	11:14	0:16
10. 1.	10:54	23:53
15. 1.	10:35	23:34
20. 1.	10:15	23:15
25. 1.	9:56	22:56
30. 1.	9:37	22:37

Mars

	Východ	Západ
1. 12.	1:54	13:33
6. 12.	1:50	13:19
11. 12.	1:46	13:05
16. 12.	1:42	12:51
21. 12.	1:38	12:37
26. 12.	1:34	12:23
31. 12.	1:29	12:09
5. 1.	1:25	11:56
10. 1.	1:20	11:42
15. 1.	1:15	11:28
20. 1.	1:09	11:15
25. 1.	1:04	11:01
30. 1.	0:58	10:47

Neptún

	Východ	Západ
1. 12.	12:17	22:54
6. 12.	11:57	22:34
11. 12.	11:38	22:15
16. 12.	11:19	21:56
21. 12.	10:59	21:37
26. 12.	10:39	21:18
31. 12.	10:20	20:59
5. 1.	10:00	20:39
10. 1.	9:41	20:20
15. 1.	9:22	20:02
20. 1.	9:02	19:43
25. 1.	8:43	19:24
30. 1.	8:23	19:06

Ján Gálik

Chlapec a vesmír

Ján Gálik, autor poviedky Chlapec a vesmír, ktorá sa dostala do finále projektu Cena ScifiKozmos, nie je neznámy autor poviedok žánru fantastiky. Pravidelne sa zapája aj do najprestížnejšej slovenskej súťaže tohto žánru, ktorou je Martinus Cena Fantázie.

Do Martinus Ceny Fantázie sa každoročne hlásia desiatky autorov s hororovými, sci-fi a fantasy poviedkami. Finalistov a víťaza Ceny poroty každý rok vyberá pätica porotcov zvolených spomedzi osobností spoločenského a kultúrneho života. Tento rok to boli Petra Polnišová, Jozef Karika, Mariana Čengel Solčanská, Karol D. Horváth a Ružena Srnková. Všetky súťažiace poviedky čítali na čítačkách PocketBook. Už teraz je možné prihlásiť sa do nasledujúceho, 14. ročníka súťaže Martinus Cena Fantázie. Podrobnosti o súťaži, výhercoch a o cenách nájdete na stránke *www.cenafantazie.sk*.

Jankovi Gálikovi sa v tomto roku podarilo dostať sa nielen do finále projektu Cena ScifiKozmos, ale aj vyhrať súťaž Poviedka Istroconu. Jeho ďalšie dielo zarezonovalo v rámci Martinus Ceny Fantázie 2015 a dostal sa s ním do finále Ceny za najlepšiu fantasy poviedku. Jeho tvorba je tiež súčasťou zbierky najlepších slovenských poviedok žánru fantastiky, Fantázia 2015.

Paolo pozrel von z malého okienka starej vesmírnej lode Sedmokráska. Priestor tam vonku bol čierny, veľký a studený. Nedosiahnuteľné hviezdy niekto bez logiky porozhadzoval, no jemu sa to páčilo. Nebál sa. Už nie. Zbavený obmedzujúcej gravitácie sa konečne cítil slobodne. Telesne aj mentálne. Vesmír. Ten to všetko spôsobil. Tam dole na Zemi bol väzňom. Debilom, retardom, kriplom, v lepšom prípade mongolom, mentálom či autistom. Ale tu ním viac nebol, tu konečne začínal žiť. A chápať. Nebol viac bezmocným vedomím v tele, ktoré bolo dobré akurát na umývanie riadu a upratovanie. Už vedel, že sa nachádza na vesmírnej lodi, ktorej velí jeho sestra Lana a ich úlohou je hľadať vraky iných lodí a privážať ich do orbitálnych šrotovísk, aby si zarobili peniaze. To bolo ich živobytie. Bol s nimi aj ich brat Pickering, ktorý tu robil mechanika.

Paolo sa každým dňom rozvíjal a uvedomoval viac vecí. Aj preto vedel, že so signálom, ktorý dnes zachytili, niečo nie je v poriadku.

„Vypneš už to sprosté kvílenie? Puchne mi z toho mozog," zavrčal Pickering a poškrabal sa po brade. Z reproduktora sa ozýval nepravidelný zvuk pripomínajúci tiahly nárek huslí, ktorý neodbytne prenikal až do kostí.

„Ak ti opuchne mozog, bude to znamenať, že nejaký máš. Prešla som všetky signály v databáze, ale počítač takýto druh nepozná," odpovedala Lana a zvuk vypla.

„Akoby aj mohol. Je to šunka. Serieme na to?" Mechanik pozrel na sestru a poznal odpoveď.

„To iste," odpovedala a nastavila kurz priamo za signálom. „A ty," otočila sa na Paola nehybne stojaceho za jej kreslom, „zmizni odtiaľto. Vieš, že tu nemáš čo robiť."

Chlapec pohľadom hypnotizoval teraz už tichý reproduktor. Pozrel na sestru a zazubil sa na ňu. Jej vážna tvár sa nezmenila. Naznačila úder.

„Nedotýkať, som jedovatý," povedal svoju obľúbenú formulku akejsi animovanej postavičky. Vedel, že by mu nikdy neublížila. Videl jej bezmocnosť, znechutenie z jeho choroby, ale cítil, že hlboko vnútri ho má rada. Otočil sa, usmial sa na brata, a ten mu úsmev vrátil. V kabíne bolo konečne ticho. Paolo však ten kvílivý zvuk stále počul. Vnímal ho vnútri hlavy. Zúfalé volanie o pomoc zmiešané s pocitmi šialeného strachu a výkrikmi bolesti.

„Vidíš ju, mrchu?" opýtal sa Pickering. Sedel s Lanou v riadiacej kabíne, svetlomety osvetľovali objekt, ku ktorému ich doviedol signál. „Čo to má na sebe?"

Lana iba v tichosti krútila hlavou. Nikdy nič podobné nevidela.

Loď, na ktorú natrafili, bola oveľa väčšia ako tá ich. Tri výkonné kuželovité pohonné jednotky prechádzali do nákladného priestoru, no komunikačná časť s veliteľskou kabínou bola zakrytá čímsi prapodivným, vyzeralo to, akoby prednú časť lode niekto nasúkal do obrovského hrubého čreva. Červenkasté záhyby neznámej hmoty sa mokro leskli.

„Pôjdeš tam, nahodíš motory a zosynchronizuješ ich s našimi. Rýchla akcia tam a späť," prikázala Lana. Hlas mala pokojný a rozhodný.

„Neznášam vesmír," bolo Pickeringovo áno.

Paolo počul hlasy. Jasnejšie a zreteľnejšie. Cítil búrku nových informácií, ktoré objavoval počas letu k neznámemu objektu. Zvuky strachu a bolesti ustali, hlas volajúci o pomoc ostal, no dokázal ho potlačiť do úzadia a už mu až tak neprekážal. Počul Lanu aj Pickeringa, aj keď sedel vo svojej kajute a oni boli na mostíku. Rozprávali sa, čo urobia so ziskom.

Sedmokráska potrebovala opravy, Paolo nové oblečenie, Pickering nové nástroje, Lana ku kaderníkovi. Keď začul svoje meno, spokojne prikývol. Potom prestali hovoriť, no on ich aj tak stále počul. Boli to tajné slová o snoch, láske, sexe, ktoré ukrývali hlboko vo vedomí. Paolo sa cítil previnilo. Vytvoril si v mysli tlačidlo, ktorým ten prúd slov vypol.

Chlapec sedel v servisnej šachte a malým okienkom sledoval, čo sa deje vonku. Vesmír bol ohromný, farebný a rytmicky pulzoval. Svit hviezd ho upokojoval. Bolo mu dobre ako už dávno nie. Pickering sa blížil k neznámej lodi. Trysky jeho raketového batohu za sebou nechávali jasne viditeľnú stopu. Volanie o pomoc vnútri chlapcovej hlavy dosiahlo najvyššiu intenzitu. Bolo plné hnevu a nekonečného živočíšneho hladu. Mal čo robiť, aby tú silu dokázal kontrolovať.

A práve toto vypätie ho posúvalo vpred. Rýchlo, nezadržateľne, exponenciálne. Zem bola väzením, vesmír bol únikom. Tu bol doma. Nedokázal to zastaviť. Nie. Nechcel to zastaviť. Prestal klásť svojej prosiacej mysli prekážky a nechal ju robiť to, čo bolo pre ňu prirodzené. Lietať a vládnuť. Nechal ju explodovať všetkými smermi. Plával na vlnách svetla. Videl všetko.

Pickering vstúpil do lode. „Čo je to za grc?" opýtal sa. Steny boli pokryté smaragdovými kryštálikmi. Náklad v sklade bol roztečený podobne, ako aj vnútorné výstuže trupu. Vyzeralo to, akoby boli z plastelíny a prsty nejakého obra ich stlačili a premiesili dohromady. Jeho ruka zamierila k obzvlášť veľkému smaragdovému kúsku.

„Nechytaj to," napomenula ho Lana.

„Čo si? Iba skúšam, či tam nechrápeš."

„Dávaj pozor, aby si do toho sajrajtu nestúpil. Nahoď motory a vypadni odtiaľ."

Paolo pocítil jej znepokojenie. Ľudia. Napriek strachu, vždy v ústrety hrozbe.

Pickering postúpil ďalej. Jeho svetlomet osvetlil obrovské tŕne trčiace po obvode trupu. Vyzerali ako vybrúsené kvaple alebo akási kruhová pasca čakajúca na niekoho neopatrného, kto bude chcieť preliezť, aby sa zovrela a prebodla ho skrz naskrz.

„Vidíš to?" zašepkal do mikrofónu.

„Čo to je?"

Paolov mozog konečne dokázal nazrieť za zvuk obaľujúci skutočný význam signálu, ktorý ich priviedol sem. Konečne vedel, čo to volanie o pomoc znamená. Ale to nebolo všetko. Najhoršie bolo, že sa z obrovskej diaľky ozvala odpoveď. Pomoc je na ceste. Pickering musí preč. My všetci musíme preč.

„Moja zlatá, toto sú zuby. Počuješ? To sú kurva ZUBY! Skoro som vkročil do huby nejakého pošahaného vesmírneho červa."

„Musíš nahodiť motory. Potrebujeme tú loď. Potrebujeme prachy." Lanin hlas bol plný zúfalstva.

Bolo neskoro. Prichádza. V Paolovej hlave vybuchol zvuk vesmírnych fanfár ohlasujúcich vstup Pána vesmíru do priestoru. Skrivil tvár od bolesti a chytil sa za uši.

Lana pocítila, ako ju gniavi niečo ťažké. Uvidela, ako sa nad neznámou loďou pohli hviezdy. Zablyslo sa. Krátko a veľmi intenzívne,

akoby vybuchla malinká supernova. Zo svetla niečo vyplávalo. Ohromné. Staré. Kópia červa zahryznutého v lodi, akurát desaťkrát väčšia. Hlad tej bytosti pocítila hlboko v mozgu. Zaliali ju sliny.

Bytosť zmizla a objavila sa pri lodi.

Paolo prekonal bolesť, potriasol hlavou a znovu sa rozhliadol. Bolo to jasné. Bytosť sa práve chystala vyslobodiť svoje mláďa z pasce. To sa zahryzlo do príliš veľkého sústa a uviazlo. Stihlo ešte vypustiť smaragdové tráviace tekutiny dovnútra trupu, rozložiť časť vnútra lode, ako i posádku. Strach a bolesť. To však bolo všetko. Vyslalo núdzový signál, ktorý oni zachytili.

Matka bola odhodlaná vraziť doň presne tak, ako rodičia búchajúci svoje deti po chrbtoch, keď im uviazne v krku oriešok. Akurát v tomto prípade úder rozmetá trištvrte kilometrovú loď. Pickering stále trčal vnútri. ‚Musí preč,' zašvitorila Paolova myseľ a nespútaná vstúpila do bytosti, ktorá mala každú chvíľu naraziť do neznámej lode. Chlapec rýchlo našiel vzorec posunu. Potom rýchlo ovládol Pickeringa. Roztrhnúť a zlepiť priestor bolo vlastne jednoduché, keď vedel, kde ho uchopiť a ako silno. Presunul brata na Sedmokrásku priamo k Lane. Vidieť ich výrazy, keď sa na seba pozreli, stálo Paolovi za námahu. Náraz bytosti do lode bol ohromný a nehlučný. Z lietajúcich trosiek sa vynoril oslobodený mladý Požierač.

‚Hlad,' ten pocit sa z neho rinul ako láva zo zúriacej sopky. Vyskočil z priestoru a v záblesku sa objavil pred Sedmokráskou. S jej zožratím nebude mať najmenší problém. Gigantické čeľuste sa otvorili. ‚Hlad.'

Pickering vytreštil oči. Pred chvíľou bol vnútri tej čudnej lode a zrazu sa ocitol pri sestre. Hľadel na blížiace sa zubiská, ktoré boli pre chvíľou zaseknuté v trupe. Bol pri nich na dosah. A znovu bude.

Paolo znovu použil vzorec a objavil sa vo veliteľskej kabíne. ‚Hlad,' obludný pocit červa naplnil kabínu ako med vyliaty do formy. Chlapec sa šmykol po ceste tej myšlienky priamo do mysle Požierača.

„Nedotýkať, som jedovatý," do hrozby vložil všetky sily. Zatmelo sa mu pred očami, no stihol ešte zazrieť váhajúco zatvárajúce sa čeľuste a o chvíľu dva záblesky, v ktorých Pán vesmíru a jeho potomok opustili priestor. Vesmír bol temným miestom...

...tichým a bez života. Zrazu bol strašne ďaleko...

„Kde som?" Paolo s námahou otvoril oči. Lana s Pickeringom sa naňho usmievali ako blázni.

„V nemocnici. Na Zemi," zašepkala sestra a hlasno smrkla.

Chlapec ťažko vzdychol. Myšlienky strácali tvar, spomienky bledli. Vzorec bol stratený.

„Musím nazad. Hore," zašepkal.

„Nejde to. Nemáme nič. Musíme predať Sedmokrásku."

„Kamery. Je na nich záznam nášho stretnutia s nimi. Predaj..." vydýchol. Viac nevládal.

Pickering sa poškrabal v strapatých vlasoch. Oči sa mu úžasom rozšírili. Pochopil. Televízie budú vraždiť, aby sa dostali k originálu záznamu. Paolovi sa zdalo, že sa kútiky bratových úst v divokom úsmeve dotýkajú ušných lalôčikov.

Hviezdna stanica teenager 2015

Vo Hvezdárni v Partizánskom sa tak, ako každý rok, uskutočnil letný astronomický tábor pod názvom *Hviezdna stanica teenager*. Bol zameraný na oblasti ako astronómia, fyzika, kozmonautika, robotika a modelárstvo.

Účastníci tábora absolvovali prednášky o perzeidách a tento meteorický roj aj pozorovali. To si vyžadovalo sústredenie a tímovú prácu. Maximovú noc zvládli bravúrne. Účastníkov rozdelili na tri skupiny, ktoré pozorovali meteorický roj paralelne a mali približne rovnaké výsledky.

Absolvovali aj minikurz o medziplanetárnej hmote, v ktorom sa dozvedeli čo-to o zložení Slnečnej sústavy a jej zaujímavostiach. O prebiehajúcich kozmických misiách, konkrétne o misii Nové horizonty a Dawn, ich oboznámila interaktívna prednáška.

O tom, že na Slnko sa nesmieme dívať, lebo by nám to mohlo poškodiť zrak, vieme, ale naši mladí astronómovia si ho aj napriek tomu chceli pozrieť, a dokonca aj zakresliť. Ich práca nevyšla navnivoč a zo škvŕn, ktoré na Slnku videli, mali, samozrejme, radosť.

Základy a prvé kroky ako konštruktéri rakiet a nádejní robotici si skúsili pri stavbe rakiet, robotov a modelov sond.

Účelom tábora však nebolo len vzdelávanie a prednášky. Nechýbali ani dodatkové aktivity ako hry alebo prechádzky. Pri návšteve miestneho letiska v Malých Bieliciach, vďaka ochote a ústretovosti Maroša Szabóa, ktorý ponúkol svoje lietadlo, si účastníci tábora skúsili na vlastnej koži, aký je to pocit sedieť v lietadle a pozerať sa na svet z vtáčej perspektívy.

Vtáčiu perspektívu si potom mohli okúsiť aj pri vypúšťaní vodných rakiet, ktoré pracovníci hvezdárne pripravili. Nakoniec si mohli sami raketu naplniť a skúsiť štart.

Raketami sa zaoberali aj na ďalší deň. Tieto rakety už však mali ako pohon motorčeky. Nie všetky vyleteli podľa predstáv konštruktéra, niektoré nevyleteli vôbec, ale aj takéto veci sa stávajú. Predposledný deň absolvovali aj krátky vedomostný test zo všetkých prednášok, na ktorých sa počas tábora zúčastnili.

Valentín Korinek

Pri stavbe rakiet.

Účastníci tábora.

Úplné zatmenie Mesiaca 28. 9. 2015

Priebeh zatmenia exponovaný cez MC 5,6/1000. Foto: D. Rapavá

Viac na stranách 40 – 41