Číslo 5 * október – november 2016 * Ročník 48 * Cena 2,00 €

KOZMOS

Alfa Centauri AB

Podobá sa exoplanéta pri hviezde Proxima Centauri na našu Zem?

Horúce podtrpaslíky

Biele trpaslíky s troskami planét

Čo bolo pred big bangom

Fyzici o detekcii gravitačných vĺn

Proxima Centauri

Obálka

Ilustrácia k článku *Proxima b – najlepšie miesto na presídlenie ľudstva,* **ktorý je uverejnený na stranách 3 – 6.**

Kozmológia

Čo bolo pred big bangom, alebo...
...bola na počiatku čierna diera? Nie je náhodou big bang a všetko čo z neho vzišlo iba holografickou fatamorgánou z inej dimenzie?
Scientific American *s. 19 – 22*

Servis Kozmosu

Slnečná aktivita (jún – júl 2016)
Ivan Dorotovič *s. 39*

POZORUJTE S NAMI
Obloha v kalendári (október – november 2016)
Pripravil Pavol Rapavý *s. 42 – 45*

Kalendár úkazov a výročí (október – november 2016)
Pavol Rapavý *s. 45*

Tabuľky východov a západov (október – november 2016)
Pavol Rapavý *s. 45*

Extrasolárne sústavy

Proxima b – najlepšie miesto na presídlenie ľudstva
Ján Svoreň *s. 3 – 6*

Kedy sa vesmírne trojičky prebudia k životu? *s. 24*

Exoplanéty podobné Zemi majú podobné vnútro *s. 27*

Exoplanéta so štyrmi slnkami *s. 28*

Druhá najbližšia terestrická planéta *s. 28*

Kovové oblaky nad osamelou exoplanétou *s. 28*

Gravitačné vlny

Gravitační vlny jako nástroj testování obecné teorie relativity a kosmologických modelů
Pavel Bakala *s. 15 – 18*

Stelárna astronómia...

Horúce podtrpaslíky
Bild der Wissenschaft *s. 8 – 12*

Biele trpaslíky s troskami planét
Bild der Wissenschaft *s. 13 – 14*

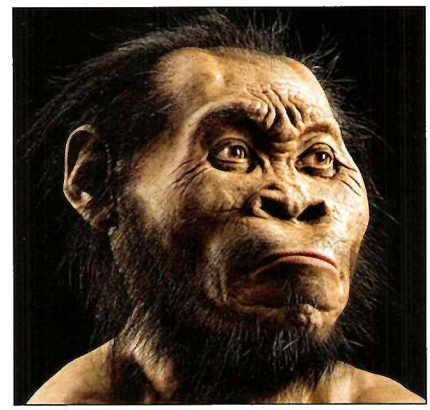
Mikroskopické „hodiny" udávajú vzdialenosť... *s. 23*

Druhú najsilnejšiu nárazovú vlnu... *s. 25*

Ako Mliečna cesta recykluje plyn *s. 26 – 27*

Zdroj neutrín s vysokou energiou mimo Mliečnej cesty? *s. 29*

Rozhovory



Homo naledi: nová hviezda na nebi paleoantropológie
So slovenským antropológom Radoslavom Beňušom sa rozpráva Michal Ač *s. 30 – 33*

Posledný rozhovor
S Ladislavom Košinárom sa krátko pred jeho smrťou zhováral Ladislav Hric *s. 34 – 35*

Nekrológ

Za Ladislavom Košinárom
S. Štefeček *s. 36*

Podujatia a Album pozorovateľa

Vedomostná súťaž a letné sústredenia
Drahoslava Výbochová *s. 36 – 37*

Perzeidy 2016 – 30. ročník vo Vrchteplej
Marián Mičúch *s. 38 – 39*

EWASS 2016 – Atény
Ivan Dorotovič *s. 40 – 41*

XXXIII. ročník Ebicyklu „Moravský chobot"
Katarína Žilinská Csere *s. 40 – 41*

LAP 2016
Zdeněk Komárek *s. 47*

IMC 2016
Peter Dolinský *s. 47*

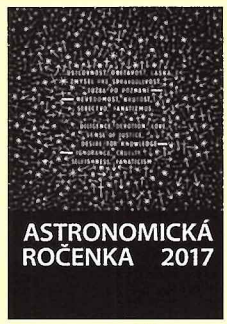
Výročie

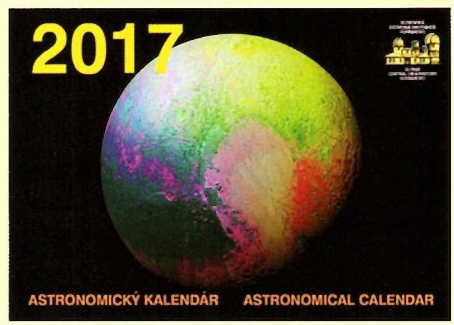
Sto rokov od narodenia Ľudmily Pajdušákovej
Peter Augustín *s. 41*

Sci-fi poviedka

Július a Honda
Jozef Ivanič *s. 46*

V týchto dňoch Slovenská ústredná hvezdáreň Hurbanovo vydala Astronomickú ročenku a Astronomický kalendár na rok 2017.





KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia tohto čísla: doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD. a RNDr. Daniel Očenáš

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. * **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, RNDr. Ladislav Hric, CSc. – vedecký redaktor, 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. 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. * **Vychádza:** 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. * **Cena** jedného čísla 2,00 € (54,00 CZK). Pre abonentov ročne 10,80 € (290 CZK) vrátane poštovného. * **Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk. * **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 840 306 090, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., p.p. 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: predplatne@predplatne.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. * Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. * EV 3166/09 * **Tlač:** Dolis, s.r.o. * Zadané do tlače 15. 9. 2016 * **ISSN 0323 – 049**

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

Proxima b – najlepšie miesto na presídlenie ľudstva

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

Obr. 1. **Umelcova predstava pohľadu z povrchu exoplanéty Proxima b na červeného trpaslíka Proxima Centauri, okolo ktorého exoplanéta obieha. Vpravo hore od Proximy je dvojhviezda Alfa Centauri AB.** Zdroj: ESO/M. Kornmesser

24. augusta 2016 sa uskutočnila v ústredí Európskeho južného observatória v nemeckom Garchingu tlačová konferencia, na ktorej bola oznámená úžasná správa – okolo najbližšej hviezdy Proximy Centauri obieha Zemi podobná planéta v obývateľnej zóne.

Existencia extrasolárnych planét, teda planét obiehajúcich okolo iných hviezd ako Slnko alebo sa pohybujúcich voľne medzi hviezdami, bola predpokladaná už dávno. Predpokladal ju napríklad už Immanuel Kant. Samozrejme, v tom čase išlo len o hypotézu, ktorú nebolo možné overiť. Až v roku 1992 objavil prvú exoplanétu poľský astronóm Alex Wolszczan ako objekt obiehajúci okolo pulzaru B1257+12. Objavy potom pribúdali stále rýchlejším tempom až do dnešných dní, keď evidujeme viac ako 3 500 exoplanét vo viac ako 2 600 planetárnych systémoch. Zo začiatku boli objavované najmä veľké telesá hmotnosti Jupitera a Saturna, neskôr, so zvýšením citlivosti pátrania, telesá veľkosti Urána a Neptúna. Akonáhle sa prah citlivosti posunul k telesám porovnateľným s rozmermi Zeme, hlavným cieľom sa stalo objavenie exoplanéty podobnej Zemi. Menej ako jedna desiatka telies má parameter ESI (**Earth Similarity Index** – index podobnosti voči Zemi) väčší ako 0,5, ale nájsť dvojičku Zeme sa doteraz nepodarilo. Preto je skutočne vynikajúca správa, že pri najbližšej hviezde k našej Slnečnej sústave, pri Proxime Centauri, bola objavená exoplanéta s hodnotou ESI = 0,87, Zemi najpodobnejšia zo všetkých známych exoplanét.

1. Earth Similarity Index

Index podobnosti voči Zemi (ESI) je parameter na určenie podobnosti vesmírneho telesa voči Zemi, pričom stupnica od nuly po jednotku je navrhnutá tak, že Zem má hodnotu jedna. Tento index samostatne nemá žiadny význam pre posúdenie obývateľnosti telesa.

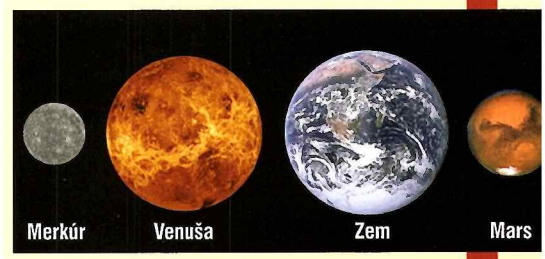
Do indexu ESI navrhnutého v roku 2011 Schulze-Makuchom a spolupracovníkmi vstupuje polomer telesa, stredná hustota, úniková rýchlosť a povrchová teplota. Autori vytvorili index z dvoch zložiek: (1) spojenej s vnútrom cez polomer a hustotu a (2) spojenej s povrchom cez únikovú rýchlosť a povrchovú teplotu.

Abel Méndez z University of Puerto Rico v Arecibe uvádza nasledovný vzorec na výpočet ESI pre rôzne exoplanetárne systémy

$$\mathrm{ESI} = \prod_{i=1}^{n} \left(1 - \left|\frac{x_i - x_{i0}}{x_i + x_{i0}}\right|\right)^{\frac{w_i}{n}},$$

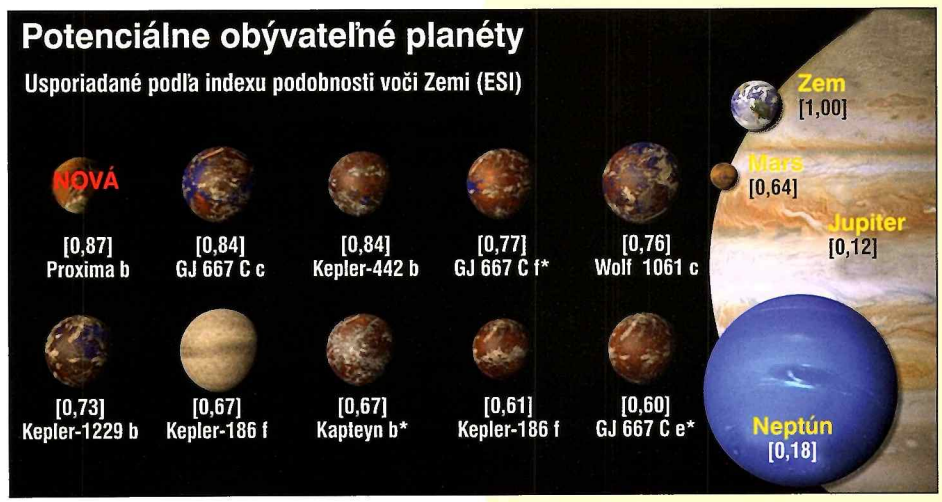
kde x_i a x_{i0} sú hodnoty veličiny skúmaného telesa a Zeme, w_i je váhovaný exponent každej veličiny a n je celkový počet zahrnutých veličín. Treba si však uvedomiť, že len v málo prípadoch poznáme hodnoty všetkých 4 veličín. Pre väčšinu exoplanét je takmer vždy s dostatočnou presnosťou známa len obežná doba planéty, a tak každá iná veličina neurčená priamo z priebehu zákrytu je viac-menej odhadnutá. Napríklad povrchová teplota je ovplyvňovaná radom faktorov, vrátane vyžarovania, slapového ohrevu, albeda, osvetlenia a skleníkového otepľovania. Keďže tieto

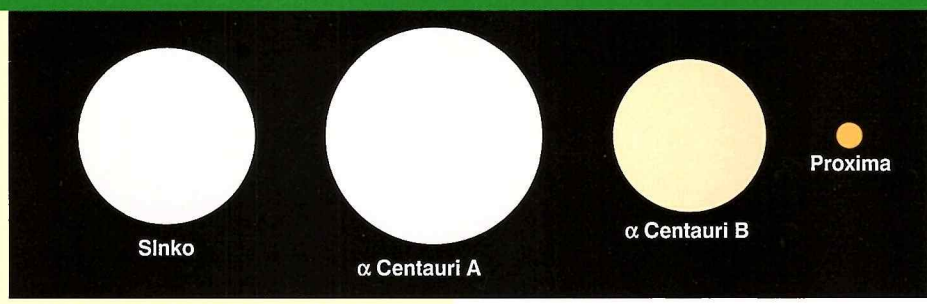
⇨⇨



Obr. 2. **Aj keď sa líšia vo veľkosti a povrchovej teplote, terestrické planéty Slnečnej sústavy majú vysoké hodnoty ESI – Merkúr (0,596), Venuša (0,444), Zem (1,000) a Mars (0,797).** Zdroj: phl.upr.edu

Obr. 3. **Potenciálne obývateľné exoplanéty usporiadané podľa indexu ESI.** Zdroj: phl.upr.edu





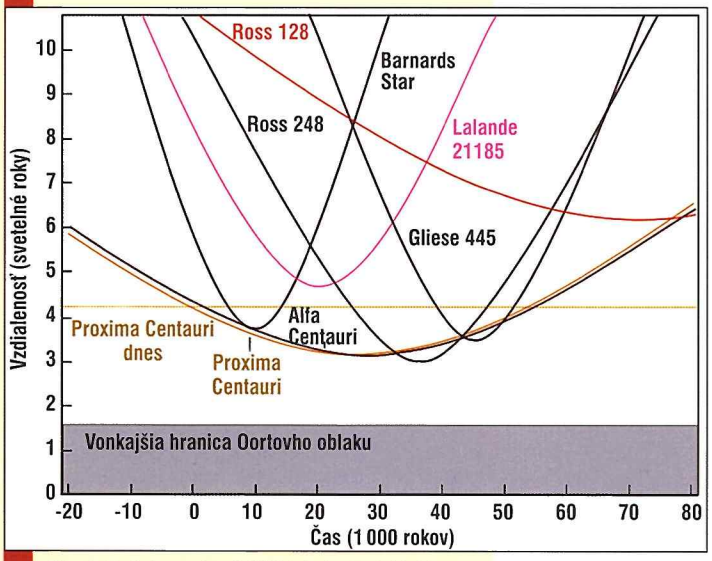
Obr. 4. **Relatívne veľkosti a farby hviezd v systéme Alfa Centauri, v porovnaní so Slnkom.**
Zdroj: phl.upr.edu

Obr. 5. **Dve jasné hviezdy v pravom dolnom rohu sú Alfa (vpravo) a Beta Centauri (vľavo, nad anténou). Vyššie vpravo od kupoly observatória La Silla v Čile vidieť štyri jasné hviezdy Južného kríža.**
Zdroj: Y. Beletsky (LCO)/ESO

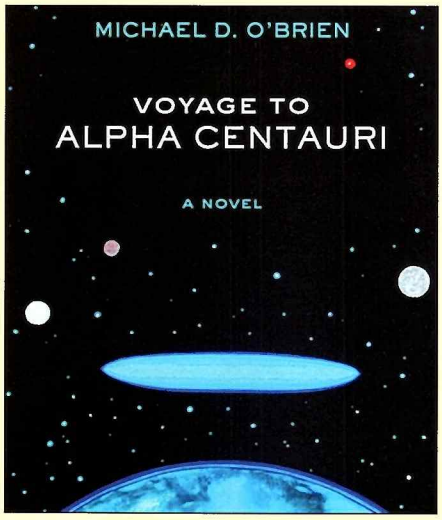
faktory nie sú pre exoplanéty známe, ako východisko z núdze sa hodnoty ESI počítajú pomocou rovnovážnej teploty planéty.

Na posúdenie obývateľnosti planéty sa uvažujú 3 kritériá: poloha v obývateľnej zóne, index ESI a ohodnotenie podmienok z hľadiska schopnosti prežitia nižších organizmov (treba vziať do úvahy minimálne typ a vývojové štádium centrálnej hviezdy a tiež veľkosť magnetického poľa pre posúdenie ohrozenia a ochrany živých organizmov).

Musíme si uvedomiť, že index ESI je len informatívny. Klasifikácia exoplanét je veľmi obtiažna, keďže mnohé parametre sú neznáme. Napr. pri metóde tranzitov, ktorá patrí k najúspešnejším, poznáme presne polomer, ale hmotnosť a teda aj hustotá sú len odhadnuté. Je potom ťažké presne porovnávať exoplanéty pozorované rôznymi metódami so Zemou.



Obr. 6. **Vzdialenosti najbližších hviezd od 20 000 rokov v minulosti do 80 000 rokov v budúcnosti.**
Zdroj: Near-stars-past-future-de.svg



Obr. 7. **Obálka knihy Michaela D. O'Briena.**

2. Sústava Alfa Centauri

Alfa Centauri (α Cen), dvojhviezdny systém s binárnym označením Alfa Centauri AB, je najjasnejší objekt viditeľný v južnom súhvezdí Kentaura a celkove tretia najjasnejšia hviezda oblohy po hviezdach Sírius a Canopus. Tvoria ho hviezdy Alfa Centauri A spektrálneho typu G2V a Alfa Centauri B spektrálneho typu K1V. S dvojhviezdou je gravitačne viazaný aj červený trpaslík Alfa Centauri C alebo Proxima, najbližšia známa hviezda k Slnečnej sústave. Pre sústavu Alfa Centauri sa tiež používajú názvy Rigil Kent a Toliman. Proxima Centauri je od dvojhviezdy Alfa Centauri AB veľmi vzdialená (aj uhlovo na oblohe až 2,2 stupňa), a preto dlho pretrvávali pochybnosti o jej gravitačnej väzbe na dvojhviezdu. Astrometrické merania družice Hipparcos však potvrdili domnienku, že sa Proxima Centauri nachádza na obežnej dráhe okolo dvojhviezdy, s obežnou dobou približne 500 000 rokov (údaje sú veľmi nepresné, obežná doba môže byť v intervale sto tisíc až niekoľko miliónov rokov).

Alfa Centauri je najbližší hviezdny systém voči Slnečnej sústave – vzdialenosť je 4,37 svetelných rokov alebo 1,34 parsekov. Voľným okom dve hlavné zložky nie sú zo Zeme rozlíšiteľné, vyzerajú ako jediný objekt vizuálnej jasnosti –0,27 mag. Alfa Centauri má deklináciu –60°, preto nie je zo Slovenska viditeľná. Alfa Centauri A má hmotnosť 1,1 hmotnosti Slnka a 1,5-násobok jeho svietivosti, menšia zložka Alfa Centauri B 0,9 hmotnosti Slnka a 0,45 jeho svietivosti. Zložky obiehajú okolo spoločného ťažiska s obežnou dobou 79,9 roka. Vzhľadom na veľkú excentricitu dráhy e = 0,518, sa zložky A a B môžu priblížiť na 11,2 astronomickej jednotky (AU) a vzdialiť až na 35,6 AU.

Na základe asteroseizmických analýz, chromosférickej aktivity a rotácie hviezd bol odhadnutý vek systému na 4,5 až 6,5 miliardy rokov, teda podobný veku Slnka. Keďže hviezdy v našej Galaxii nielen obiehajú okolo jej ťažiska, ale majú aj vlastné pohyby, ich vzájomná vzdialenosť sa mení. Proxima Centauri bude k nám najbližšie (tesne nad 3 svetelné roky) približne za 27 miliónov rokov *(pozri obr. 6)*.

Ako jedna z najjasnejších hviezd na zemskej nočnej oblohe hrá Alfa Centauri dôležitú úlohu v mnohých umeleckých dielach vrátane vedecko fantastickej literatúry. Z veľkého počtu diel spomeniem len 3, z môjho pohľadu najzaujímavejšie. Prvým je zbierka *Písně kosmické* od českého básnika Jana Nerudu, ktorý v roku 1878 takto riešil otázku našich najbližších hviezdnych susedov:

V pusté jsme nebeské končině,
Slunce i se planetami,
jinde je světů jen naseto,
my jsme tak světově sami!

My když i nožičky vyšvihnem
do šipkých světelných skoků,
letíme k nejbližší sousedce
přece jen trojici roků.

„Paničko Alfo Kentauri,
poptávce dovolte ňáké,
matička Slunce se dává ptát,
máte-li dětičky také.

Nás je vám, stydno až vyslovit!
je nás tam doma jak smetí,
matička zvláštní má „hvězdáře“,
kteří jí sčítají děti.

Druhým dielom je krátka poviedka *Homo Sol*, ktorú v roku 1940 napísal Isaac Asimov. Opisuje v nej prvú medzihviezdnu misiu ľudstva s úspešným pristátím na planéte pri Alfe Centauri. A tretím román Cesta k Alfe Centauri od Michaela D. O'Briena z roku 2013. Najpredávanejší americký autor sci-fi opisuje expedíciu zo Zeme k Alfe Centauri uskutočnenú koncom 21. storočia. Pre čitateľov nášho časopisu je určite zaujímavá informácia, že obrovská kozmická loď opísaná ako „lietajúce mesto“ má meno *Kozmos*.

3. Proxima Centauri

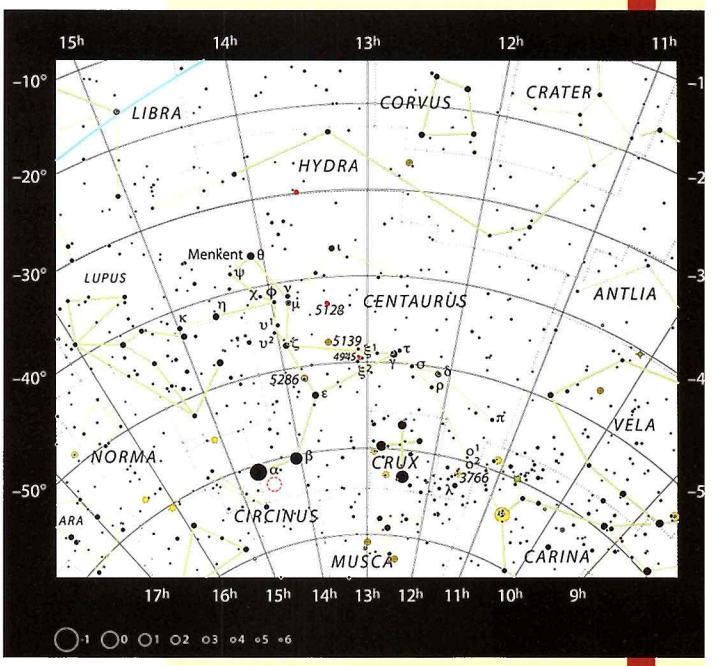
Alfa Centauri C, známa tiež ako Proxima, je hviezda hlavnej postupnosti s emisnými čiarami (spektrálny typ M6 Ve). Jej hmotnosť je 0,12 hmotnosti Slnka alebo 129-násobok hmotnosti Jupitera. Javí sa ako tmavočervená hviezda vizuálnej jasnosti 11,1 mag. Počas erupcií však zvyšuje svoju jasnosť až o 0,6 magnitúdy. Objavená bola v roku 1915 škótskym astronómom Robertom T. A. Innesom. So vzdialenosťou 4,24 sveteleného roka je Proxima Centauri najbližšou hviezdou k Slnku.

Proxima vytvára relatívne slabý hviezdny vietor. Úbytok hmotnosti hviezdy nepresahuje 20 % úbytku hmotnosti Slnka slnečným vetrom. Hviezda je však oveľa menšia ako Slnko, a preto je úbytok hmotnosti na jednotku plochy osemkrát väčší ako v prípade Slnka. Proxima Centauri patrí do kategórie eruptívnych premenných hviezd typu UV Ceti, ktorých jasnosť sa mení v dôsledku magnetickej aktivity týchto hviezd. Počas erupcií, ktoré sú spôsobené uvoľňovaním energie magnetického poľa, môže tok žiarenia na ich povrchu vzrásť až takmer dvojnásobne. Erupcie môžu vytrysknúť do vzdialenosti priemeru hviezdy a dosiahnuť teplotu až 27 miliónov kelvinov. Z dôvodu vysokej teploty erupcií môže hviezda žiariť v oblasti röntgenového žiarenia s rovnakou jasnosťou ako Slnko. Až 88 % povrchu hviezdy môže byť aktívnych; to je oveľa väčší podiel ako na Slnku, dokonca aj v čase jeho najvyššej aktivity. Aj v pokojných časoch s málo alebo žiadnymi erupciami zvyšuje táto aktivita teplotu koróny Proxima Centauri až na 3,5 miliónov kelvinov (pričom teplota slnečnej koróny je maximálne 2 milióny kelvinov).

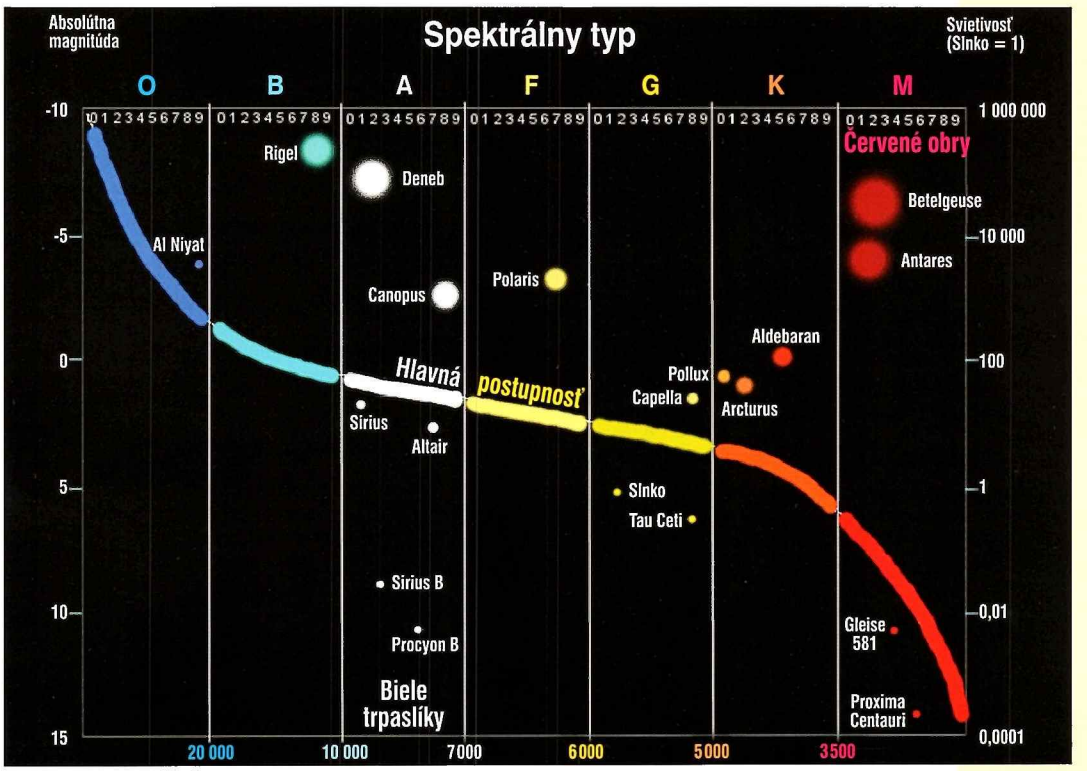
4. Exoplanéta Proxima b

V auguste 2016, bola potvrdená nová potenciálne obývateľná planéta obiehajúca okolo hviezdy Proxima Centauri. Vedecký tím astronómov pod vedením Guillem Anglada-Escudé pomocou ďalekohľadov Európskeho južného observatória (ESO) a ďalších zariadení našiel jasné dôkazy planéty obiehajúcej okolo najbližšej hviezdy k Zemi. Exoplanéta, označená Proxima b, obieha okolo svojej chladnej červenej materskej hviezdy raz za 11,2 dňa a podľa prvých odhadov má teplotu povrchu vhodnú pre udržanie vody v kvapalnom stave.

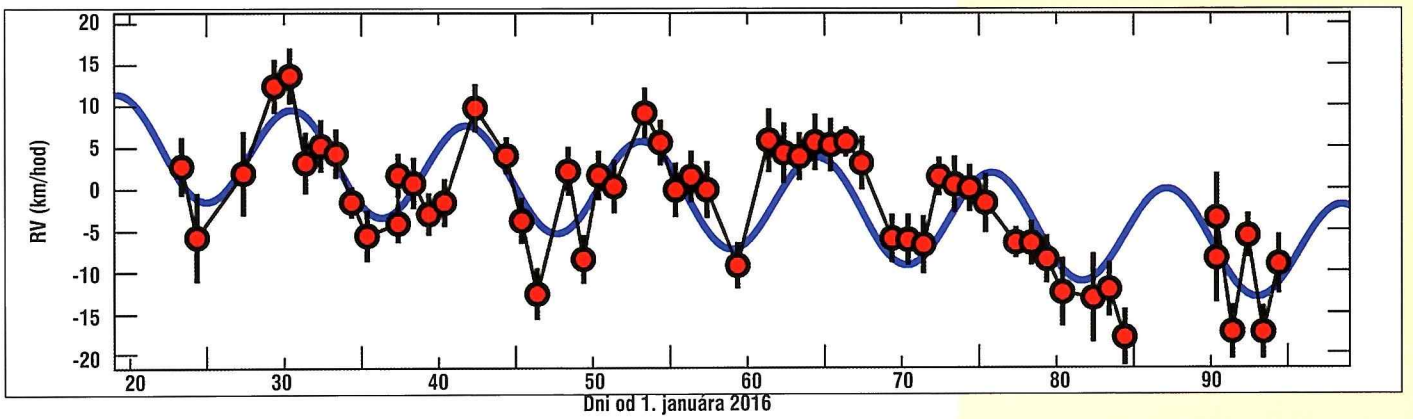
Počas prvej polovice roka 2016 bola Proxima Centauri pravidelne pozorovaná spektrografom HARPS na 3,6-metrovom ďalekohľade ESO na observatóriu La Silla v Čile



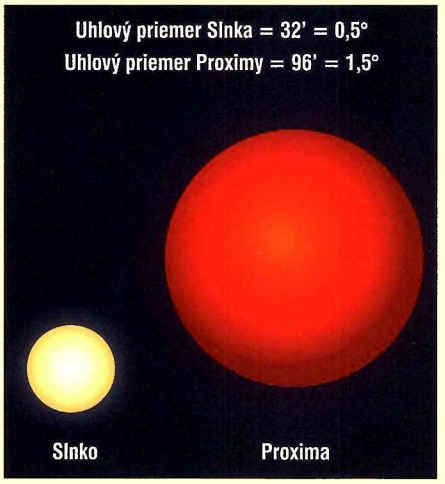
Obr. 8. **Mapa oblohy s hviezdami viditeľnými voľným okom. Poloha Proximy Centauri je označená červeným krúžkom.** Zdroj ESO/IAU and Sky & Telescope



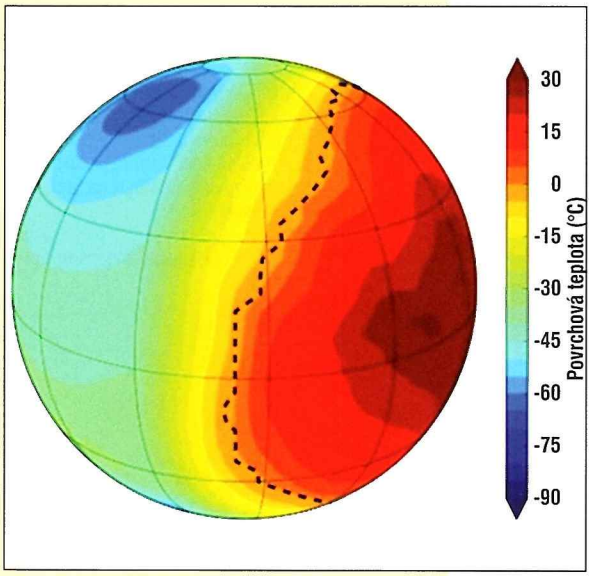
Obr. 9. **Diagram spektrum – svietivosť, alebo Hertzsprungov-Russellov diagram Červené trpaslíky tvoria pravú dolnú časť hlavnej postupnosti. Poloha Proximy Centauri na grafe je vyznačená.**
Zdroj: www.peoplesguidetothecosmos.com



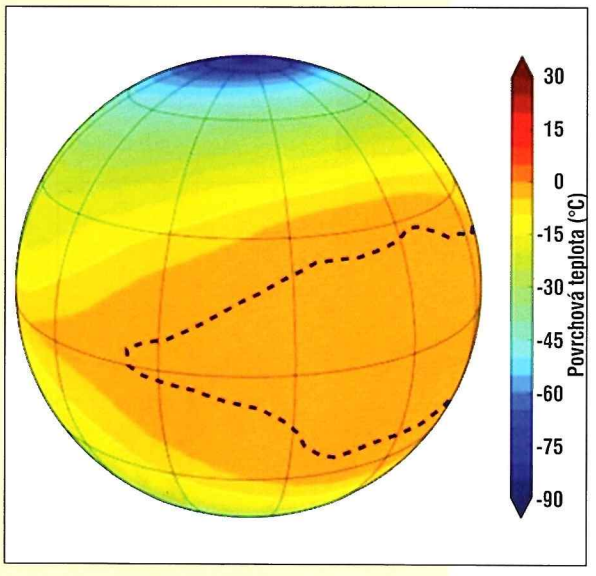
Obr. 10. **Pohyb Proximy Centauri v roku 2016, odhaľujúci stopy vplyvu exoplanéty.**
Zdroj: ESO/G. Anglada-Escudé



Obr. 11. **Porovnanie uhlových veľkostí, ako sa Proxima javí na oblohe pri pohľade z exoplanéty Proxima b, v porovnaní s tým, aká sa zdá byť veľkosť Slnka na našej oblohe zo Zeme. Proxima je oveľa menšia ako Slnko, ale Proxima b leží veľmi blízko materskej hviezdy.** Zdroj: ESO/G. Coleman



Obr. 12. **Rozdelenie teploty na povrchu Proximy b, ak by mala viazanú rotáciu** *(hore)* **a ak by bola v rezonancii 3:2** *(dole)*.
Zdroj: M. Turbet/I. Ribas/ESO



a zároveň monitorovaná ďalšími ďalekohľadmi po celom svete. Išlo o tzv. kampaň Pale Red Dot (bledá červená bodka), počas ktorej vedci hľadali nepatrné zmeny radiálnej rýchlosti hviezdy, ktoré by boli spôsobené gravitačným pôsobením obiehajúcej planéty. Prečo došlo k vyhláseniu kampane, osvetľuje vedúci tímu Guillem Anglada-Escudé: „*Prvé náznaky možnej planéty sme si všimli v roku 2013, ale detekcia nebola presvedčivá. Od tej doby sme tvrdo pracovali na získaní ďalších údajov zo Zeme i z družíc. Údaje z projektu Pale Red Dot, v kombinácii s predchádzajúcimi pozorovaniami vykonané na observatóriách po celom svete, priniesli vzrušujúci výsledok – zmeny rýchlosti približovania a vzďaľovania sa Proximy Centauri s periódou 11,2 dní.*“ Dôkladná analýza výsledných malých Dopplerových posunov ukázala na prítomnosť planéty s hmotnosťou najmenej 1,3-násobku hmotnosti Zeme, obiehajúcej okolo Proximy Centauri vo vzdialenosti 7 miliónov km, čo je iba 5 % vzdialenosti Zeme od Slnka. Guillem Anglada-Escudé komentuje vzrušenie v posledných niekoľkých mesiacoch: „*Kontroloval som získané údaje každý deň počas 60 nocí kampane Pale Red Dot. Prvých 10 dní bolo sľubných, prvých 20 dní bolo v súlade s očakávaním a po 30 dňoch bol výsledok do značnej miery definitívny, takže sme začali písať prácu*“. Práca o objave vyšla v prestížnom časopise *Nature* 25. augusta 2016.

Hoci Proxima b obieha okolo svojej hviezdy oveľa bližšie než Merkúr okolo Slnka v Slnečnej sústave, hviezda sama o sebe je oveľa menej svietivá ako Slnko. V dôsledku toho Proxima b sa nachádza tiež v obývateľnej zóne okolo hviezdy a má odhadovanú povrchovú teplotu, ktorá by umožnila prítomnosť kvapalnej vody. Podmienky na povrchu môžu byť silne ovplyvnené ultrafialovými a röntgenovými vzplanutiami hviezdy, ktoré sú podstatne intenzívnejšie v porovnaní so slnečnými erupciami.

Vzhľadom na blízkosť Proximy b k materskej hviezde možno očakávať významné rezonančné pôsobenie na rotáciu exoplanéty. Pre 2 možné scenáre, a to rezonancia 1:1 (viazaná rotácia) a rezonancia 3:2, boli modelované priebehy teploty na povrchu exoplanéty *(obr. 12)*. Numerická simulácia možných povrchových teplôt na Proxime b bola počítaná pomocou klimatického planetárneho modelu Laboratoire de Meteorológia Dynamique. Ak by mala exoplanéta atmosféru zemského typu, časť jej povrchu by mohla byť pokrytá oceánom (prerušovaná čiara je hranica medzi vodou a ľadom pokrytou plochou).

5. Ďalšie exoplanéty v systéme Alfa Centauri

Alfa Centauri Bb

V roku 2012 bol oznámený objav exoplanéty pri hviezde Alfa Centauri B. Nová analýza v minulom roku však ukázala, že táto exoplanéta takmer určite neexistuje, a bola len falošným artefaktom analýzy dát.

Alfa Centauri Bc

Dňa 25. marca 2015 publikoval Brice O. Demory s kolegami výsledky pozorovania tranzitov Alfa Centauri B pomocou Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu počas 40 hodín. Na základe pozorovaní vyslovili hypotézu o prítomnosti planetárneho telesa. Táto planéta by obiehala okolo Alfa Centauri B s obežnou dobou približne 12,4 dňa a excentricitou nižšou ako 0,24. Ak sa potvrdí jej existencia, určite to nebude obývateľné teleso vzhľadom na blízkosť hviezdy Alfa Centauri B.

6. Čo s tým teraz urobíme?

Objav Proximy b bude začiatkom ďalších pozorovaní súčasnými ďalekohľadmi, ale aj budúcou generáciou obrích ďalekohľadov, ako napr. Európskym extrémne veľkým ďalekohľadom (E-ELT). Proxima b bude číslom jedna medzi cieľmi s možnou existenciou života vo vesmíre. Treba však veľmi silne podčiarknuť, že existencia telesa v obývateľnej zóne a existencia mimozemského života sú diametrálne odlišné fakty. Vhodnosť tohto druhu planéty na podporu života podobného pozemskému je otázna. Hlavné obavy sa vzťahujú k blízkosti materskej hviezdy. Napríklad gravitačné sily pravdepodobne uzamknú exoplanétu do viazanej rotácie s jednou stranou stále privrátenou k materskej hviezde. Druhým rizikom je silné ultrafialové a röntgenové žiarenie, a to najmä v prvých miliardách rokov života hviezdy. Tieto i ďalšie dohady však vyriešia až detailné pozorovania, ktorým bude Proxima b podrobená.

Všetky (alebo naprostú väčšinu) otázok by sme mali zodpovedané, keby sme sa na nášho „blízkeho“suseda mohli priamo pozrieť. Dnes by cesta trvala asi 30 000 rokov. Strašne dlho. Ale existuje nádej aj na kratšiu čakaciu dobu. Jurij Milner, Stephen Hawking a Mark Zuckerberg v rámci projektu Breakthrough Starshot chcú vyslať do systému Alfa Centauri celú flotilu nano-satelitov. Pomocou prúdu fotónov a laserov by cesta mala trvať len 20 (!!!) rokov. Zatiaľ sú to vedecké rozprávky, ale stimul v podobe existencie Proximy b je tu.

Nádejný je však predpovedaný ďalší vývoj hviezdy. Vplyvom relatívne nízkej produkcie energie a premiešavania prvkov konvekciou vo vnútri hviezdy bude červený trpaslík s hmotnosťou Proxima Centauri aj ďalšie asi 4 bilióny rokov hviezdou hlavnej postupnosti, oveľa dlhšie ako ostatné hviezdy. To zodpovedá približne 300-násobku veku dnešného vesmíru. Po očakávanom vyhasnutí nášho Slnka za 5,5 miliardy rokov má teda ľudstvo možnosť presťahovania sa do blízkeho okolia. Technika vtedy už určite niečo také umožní. Len ustrážiť jej vývoj a ambície niektorých jedincov, aby ešte bolo koho zo Zeme sťahovať.

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

Sonda Hayabusa-2 úspešne obletela Zem

Japonská vesmírna agentúra (JAXA) oslavovala. Hayabusa-2 Zem nielen obletela, ale počas obletu nasnímala množstvo atraktívnych fotografií našej planéty. Teraz smeruje k asteroidu Ryugu, kam doletí v roku 2018.

Hayabusa najnižší bod nad povrchom Zeme dosiahla 3. 12. 2015, keď vo výške 3090 kilometrov preletela nad Tichým oceánom. Úspech japonskej sondy potešil aj inžinierov z Nemeckého centra pre letectvo a kozmonautiku (DLR), ktorí pre Japoncov vyvinuli minisondu MASCOT (Mobile Asteroid Surface Scout). Tento pristávací modul vysadí sonda (po podrobnom zmapovaní asteroidu z obežnej dráhy) z výšky 100 metrov na povrch asteroidu Ryugu. Minisonda sa voľným pádom (podobne ako sonda Philae na povrch kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko) znesie na povrch asteroidu. Náraz na povrch bude kvôli minimálnej gravitácii veľmi slabý.

Vlani v decembri sa japonská sonda Hayabusa-2 priblížila na 3090 km k povrchu Zeme, aby vzápätí zamierila k asteroidu Ryugu. Počas obletu nasnímala z rozličných vzdialeností množstvo fotografií z dvoch tretín osvietenej Zeme. Na snímke jasne rozoznáme Antarktídu a Austráliu. Celkom vľavo je južný okraj Afriky.

MASCOT pripomína krabicu na topánky a má hmotnosť zhruba 10 kg. Energiu zabezpečujú batérie, ale iba na 16 hodín. Inžinieri sondu vybavili dômyselným katapultom, ktorý jej umožní „poskakovať" a analyzovať tak zloženie materiálu na viacerých miestach. Namerané údaje a exponované fotografie vyšle minisonda prostredníctvom materskej sondy Hayabusa-2 na Zem.

Sterne und Weltraum 2/2016
JAXA/DLR Press Release
E. G.

Akacuki už krúži okolo Venuše

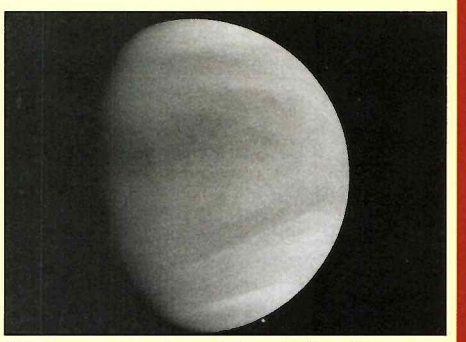
Ľudia, o ktorých sa rozchýri, že umreli, žijú dlhšie. Toto porekadlo by mohlo platiť aj pre japonskú sondu Akacuki: k Venuši dorazila s päťročným oneskorením. Pripomeňme si: v decembri 2010 zlyhalo brzdenie, ktoré malo sondu naviesť na prvú obežnú dráhu. Zhorel hlavný motor, brzdenie bolo preto slabé a trvalo krátko. Akacuki (Zornička) preletela okolo Venuše a usadila sa na obežnej dráhe okolo Slnka. Zdalo sa, že je stratená.

Japonskí inžinieri sa však nevzdávali. Analýza dráhy sondy po nedobrovoľnom oblete Venuše ukázala, že sa k planéte o päť rokov vráti. Po celý čas však museli jej dráhu kontrolovať a pomocou malých riadiacich motorov korigovať.

Ak sa mala sonda po návrate k Venuši usadiť na obežnej dráhe, muselo niekoľko malých pohonov urobiť manéver trvajúci 20 minút. Brzdenie sa začalo 7. decembra lanského roku a trvalo 1228 sekúnd. Sonda sa usadila na dráhe so sklonom 3° k rovine obežnej dráhy Venuše okolo Slnka. Každý obeh okolo planéty jej trvá 13 dní a 14 hodín. (Bod najväčšieho priblíženia je 400 km a najvzdialenejší bod dráhy 440 000 km, čo je 1,1-násobok vzdialenosti Zem-Mesiac.) Japonci budú dráhu ešte niekoľkokrát upravovať. Tak, aby jeden obeh trval maximálne 9 dní.

Vedecké pozorovania sa začali začiatkom mája tohto roku. Hlavnými úlohami sondy je prieskum atmosféry Venuše, najmä jej prachových vrstiev a oblakov. Infračervené kamery budú snímať a mapovať povrch planéty.

Sterne und Weltraum 1/2016 (JAXA Press Release)
E. G.



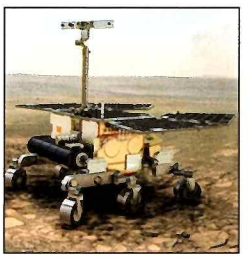
Venuša na snímke japonskej sondy Akacuki.

Kde pristane európsky rover ExoMars 2018?

Misia ExoMars 2018 sa začne o dva roky v máji. O osem mesiacov neskoršie, v januári 2019, pristane na severnej pologuli Marsu platforma s európskym marťanským roverom. Skupina poverená nájdením najvhodnejšieho miesta ponúkla štyri možnosti. Všetky ležia v oblasti Oxia Planum.

Vzhľadom na to, že cieľom misie je najmä hľadanie stôp života na povrchu červenej planéty, vedci zo skupiny Landing Site Selection Working Group vybrali také miesta, kde kedysi boli (a možno aj dnes sú) najpriaznivejšie podmienky na vznik a udržateľný život mikroorganizmov.

Najdôležitejším prístrojom na palube ExoMarsu je vŕtacie zariadenie, ktoré dokáže získavať vzorky až z hĺbky 2 metrov. Na povrchu dnešného Marsu, planéty s riedučkou atmosférou, by kozmické a UV žiarenie komplexné molekuly, nevyhnutné pre život, zničili. Materiál pod povrchom Oxia Planum by mal mať najmenej 3,6 miliardy rokov. Ukladal sa



Takto vyzerá európsky rover, ktorý by mal od januára 2019 (ak sa pristávacie manévre vydaria) pracovať na severnej pologuli Marsu, v oblasti Oxia Planum.

v dobe, keď bola atmosféra Marsu oveľa hustejšia a planéta bola oveľa vlhkejšia a horúcejšia.

Oxia Planum je oblasť, do ktorej sa zvažujú početné údolia, kadiaľ kedysi pretekala voda. Navyše, analýzou spektier získaných z tejto oblasti sa zistilo, že planinu pokrývajú minerály, ktoré môžu vzniknúť iba počas dlhodobého kontaktu s vodou. Napríklad na dne veľkého jazera.

ExoMars pristane na relatívne rovnom, na prvý pohľad nezaujímavom povrchu. V okruhu 1 kilometra však leží niekoľko zaujímavých objektov. Dĺžku misie stanovili na 218 dní, počas ktorých rover prekoná okolo 2000 metrov.

Sterne und Weltraum 2/2016
ESA Press Release
E. G.

Sonda AIM dostane malých sprievodcov

Koncom roka 2022 narazí sonda DART (NASA) na povrch asteroidu Didymos. Náraz a jeho dôsledky (aj prípadnú zmenu dráhy asteroidu) bude zaznamenávať sonda AIM (ESA) z obežnej dráhy a dva sondou vysadené minisatelity CubeSats.

AIM (Asteroid Impact Mission) je sonda, ktorú vyvíjajú pre misiu k asteroidu (65803) Didymos. Sondu z dielne ESA by mali vypustiť v októbri 2020. K asteroidu s priemerom 800 metrov by mala doraziť v júni 2022. Sonda sa usadí na vopred vypočítanej obežnej dráhe a niekoľko mesiacov bude skúmať veľký asteroid i jeho mesiačik Didymoon (s priemerom 170 m).

Vrchol misie nastane koncom roku 2022. V tom čase na povrch Didyma narazí ďalšia sonda NASA s označením DART (Doubler Asteroid Redirection Test). Cieľom misie je nepatrná zmena dráhy asteroidu po prudkom náraze sondy.

Sonda AIM bude priebeh celej akcie a jej dôsledky z obežnej dráhy zaznamenávať. Vedci ju však chcú posilniť dvomi malými satelitmi, sprievodcami, ktoré už vyvíjajú. Minisondy budú priebeh i dôsledky nárazu sledovať a merať z najrozličnejších uhlov a z oveľa menšej vzdialenosti ako materská sonda. Náklady na minisondy CubeSats sú pomerne nízke, takže prípadná zrážka s materiálom, vyvrhnutým impaktom sondy DART a vyradenie jednej z nich by misiu neohrozilo.

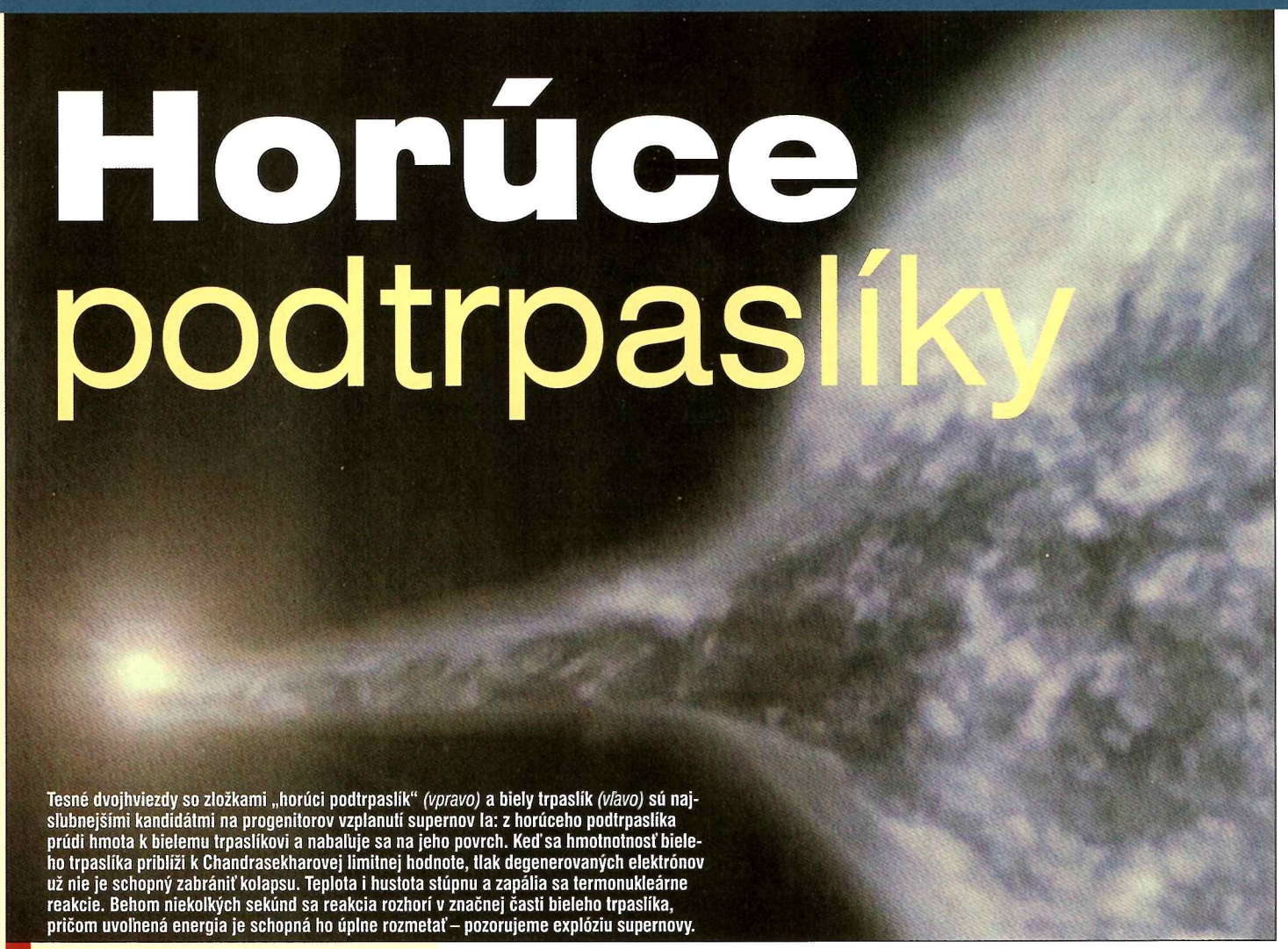
Na palube sondy AIM bude okrem dvoch CubeSats aj tretia minisonda: pristávací modul MASCOT, ktorý vyvinuli a skonštruovali v Nemeckom centre pre letectvo a kozmonautiku (DLR) pre japonskú misiu Hayabusa-2. Jej cieľom je tiež prieskum asteroidov.

Pokiaľ ide o minisondy CubeSats, vedci teraz preverujú až päť rozdielnych variantov umiestnenia sond, z ktorých napokon vyberú dva najvyhovujúcejšie. Minisondy s hmotnosťou niekoľkých kilogramov budú mať rozmery 30×10×10 centimetrov. Sonda ich vysadí hneď po usadení sa na obežnej dráhe.

ESA a NASA spolupracujú na tejto misii v rámci projektu: Náraz do asteroidu s cieľom zmeniť jeho dráhu (AIDA – Asteroid Impact and Deflection Assessment). Asteroid 65803 Didymos Zem neohrozuje. V roku 2022 sa však ponúka možnosť tento typ „obrannej misie" reálne otestovať, keď tento asteroid na svojej dráhe tesne minie Zem.

Sterne und Weltraum 1/2016
ESA Press Release
E. G.

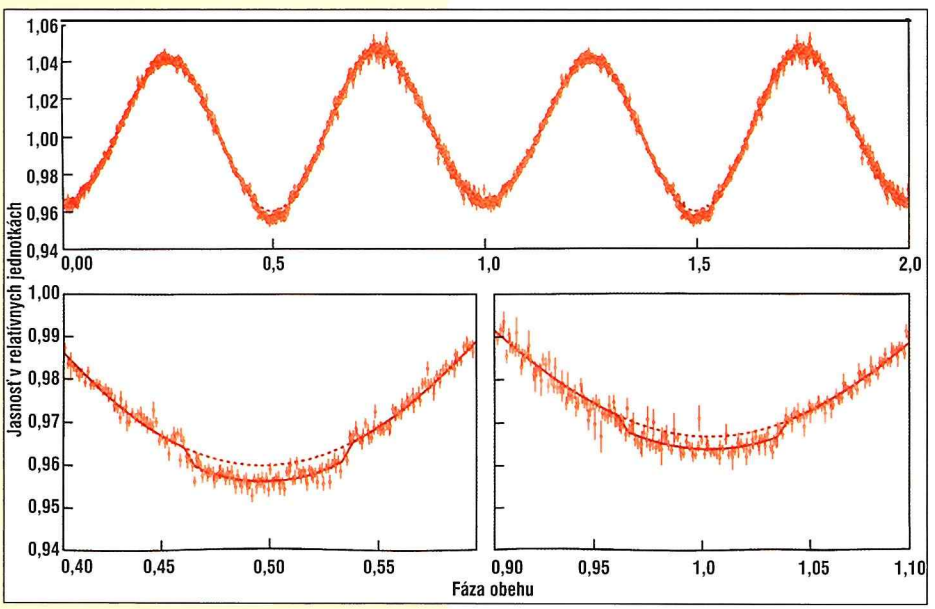
Horúce podtrpaslíky



Tesné dvojhviezdy so zložkami „horúci podtrpaslík" *(vpravo)* a biely trpaslík *(vľavo)* sú najsľubnejšími kandidátmi na progenitorov vzplanutí supernov Ia: z horúceho podtrpaslíka prúdi hmota k bielemu trpaslíkovi a nabaluje sa na jeho povrch. Keď sa hmotnotnosť bieleho trpaslíka priblíži k Chandrasekharovej limitnej hodnote, tlak degenerovaných elektrónov už nie je schopný zabrániť kolapsu. Teplota i hustota stúpnu a zapália sa termonukleárne reakcie. Behom niekolkých sekúnd sa reakcia rozhorí v značnej časti bieleho trpaslíka, pričom uvoľnená energia je schopná ho úplne rozmetať – pozorujeme explóziu supernovy.

Horúce podtrpaslíky sú hviezdy s nízkou hmotnosťou, ale s vysokou teplotou povrchu. Tieto hviezdy tvorí najmä hélium a môžu vzniknúť iba v tesných dvojhviezdnych sústavách, kde prebieha intenzívna výmena hmoty.

Ak je v tesnej dvojhviezde partnerom biely trpaslík, môže pri ďalšom nabaľovaní vybuchnúť ako supernova typu Ia. Táto explózia vyhostí podtrpaslíka vysokou rýchlosťou nielen z dvojhviezdy, ale väčšinou aj z materskej galaxie.



Jasnosť dvojhviezdy CD-30°11223 sa mení, pretože slapové sily generované bielym trpaslíkom deformujú tvar horúceho podtrpaslíka *(horný graf)*. V minime krivky jasnosti však rozoznáme výchylky, ktoré spôsobujú zákryty oboch zložiek. (Dobre si všimnite zväčšeninu dvoch výrezov na dolnom obrázku). Na *ľavom* prechádza biely trpaslík popred horúceho podtrpaslíka. Na *pravom* je biely trpaslík horúcim podtrpaslíkom zakrytý.

Keď sa to tak zoberie, horúce podtrpaslíky by ani nemali existovať. Sú to hviezdy, podstatne menšie ako Slnko, ale horúce ako najhmotnejšie hviezdy vo vesmíre. Horúce podtrpaslíky však nie sú iba kozmickí exoti, ale aj mimoriadne užitočné objekty. Astronómovia z nich dokážu vyčítať vysvetlenia donedávna záhadných procesov.

Hviezdy podobné Slnku sú vedcom na dobrej pomoci pri skúmaní štruktúry našej Galaxie. V Mliečnej ceste však krúžia aj také druhy hviezd, o ktorých sotva niečo vieme. Študuje ich iba zopár špecialistov, hoci práve poznávanie zriedkavých hviezdnych exotov už neraz vnieslo nové svetlo na niektoré z významných záhad a problémov astronómie.

Malé, horúce a zaznávané

Takýmito exotmi sú aj horúce podtrpaslíky. Prvé objekty tohto typu boli objavené na mapách prehliadok oblohy už počas 40. rokov minulého storočia. Hvezdárska angličtina ich označuje pojmom „hot subdwarfs". V katalógoch ich nájdeme skratkami sdO alebo sdB: podtrpaslík (sd – subdwarf) spektrálneho typu O alebo B. Ide teda o najhorúcejšie hviezdy s teplotami povrchu okolo 30 000 kelvinov. Vyžarujú biele až modré svetlo.

Spektrálny typ hviezd, ktorý je daný teplotou ich povrchu, určujú vedci najmä na základe prítomnosti a intenzity spektrálnych čiar v ich spektrách. O svietivosti, ktorá závisí od plochy žiariaceho povrchu (a teda aj od polomeru objektu), však spektrálny typ nič nevypovedá. Oproti ostatným hviezdam hlavnej postupnosti (spektrálneho typu O či B, ktoré získavajú energiu

spaľovaním vodíka na hélium), sú horúce trpaslíky oveľa menšie. polomer je od 1/10 až po 1/3 polomeru Slnka. Najmä preto je ich svietivosť oproti hviezdam hlavnej postupnosti typu O a B o niekoľko rádov nižšia.

Okolo horúcich podtrpaslíkov sa vŕši veľa záhad. Nielen okolo nezvyčajného zloženia ich atmosfér a ich nepravidelných pulzov. Záhadou je tiež ich pôvod. **Podľa platných teórií o vývoji hviezd by totiž vôbec nemali existovať.**

Ak by sme hľadali objekty s podobnými vlastnosťami, nenašli by sme ich medzi hviezdami hlavnej postupnosti, ale iba na horizontálnej vetve Hertzsprungovho-Russelovho diagramu. Hviezdy usadené na tejto vetve majú už obdobie spaľovania vodíka za sebou. Nachádzajú sa v druhej fáze stabilnej jadrovej fúzie: syntetizujú hélium na uhlík a kyslík. Táto fáza priamo nadväzuje na agóniu hviezdy hlavnej postupnosti, počas ktorej sa táto mení na červeného obra. Ak sa obálka červeného obra celkom rozptýli, ostane iba horúce jadro. Astronómovia sa nazdávajú, že horúce podtrpaslíky sú práve tieto obnažené héliové jadrá.

Dve hviezdy v rovnakej obálke

Ako príde červený obor prakticky o celú obálku? V rámci vývoja osamelej hviezdy by to bolo nepochopiteľné, ale pokiaľ ide o hviezdy v dvojhviezdach, je to celkom bežné! Ak sa jedna zo zložiek dvojhviezdy premení na červeného obra, najvrchnejšie vrstvy jeho obálky dosiahnu až k spolupútnikovi. Ten začne hmotu obálky lačne nabaľovať. V extrémnych prípadoch sa sprievodca v rozpínajúcej obálke celkom stratí. Červený obor ho dočasne pohltí.

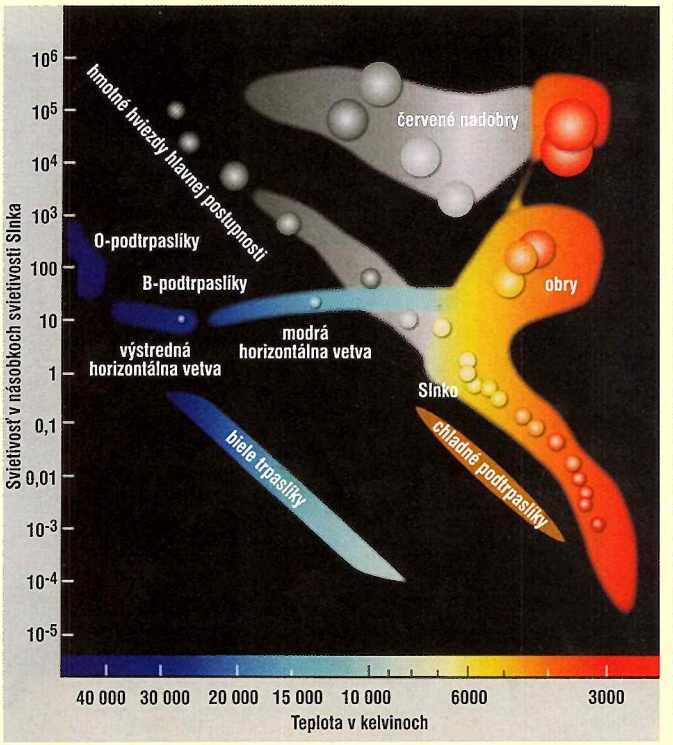
Počas tohto obdobia, označovaného ako fáza spoločnej obálky (CEP – Common Envelope Phase), odovzdá sprievodca kinetickú energiu obálke červeného obra. To ho spomaľuje, preto sa ponára čoraz hlbšie do spoločnej obálky a približuje sa k druhej zložke dvojhviezdy. Počas tohto procesu sprievodca nabalí časť hmoty obálky obra. Ostatná hmota sa rozptýli do priestoru, **čím sa napokon obnaží extrémne tesná dvojhviezda, ktorej zložkami sú jadro červeného obra a jeho sprievodca.**

Fázu stabilnej výmeny energie (ako vysvetlenie zrodu horúcich podtrpaslíkov) navrhli americkí teoretici (napr. John Mengel z Yale University) už v roku 1976. Táto teória inšpirovala neskôr Angličanov z University of Southampton, ktorým sa podarilo určiť podiel predpovedaných tesných dvojhviezd v množine známych horúcich podtrpaslíkov. Porovnali ich spektrá zaznamenané v rozličných obdobiach a hľadali v nich posuny vlnových dĺžok spektrálnych čiar.

Ak hviezdy krúžia okolo spoločného ťažiska (rýchlosťou niekoľkých desiatok kilometrov až po čosi viac ako 100 km/s), ich spektrálne čiary sa kvôli Dopplerovmu efektu posunú. Tieto posuny sa s časom menia, pričom v prípade kruhovej dráhy je ich grafom sínusoida, ktorej amplitúda závisí od hmotnosti sprievodcu.

Výsledky tejto štúdie hypotézu presvedčivo potvrdili. Veľká časť skúmaných B-podtrpaslíkov sa prejavovala zmenami radiálnych rýchlostí, čo naznačovalo, že sú súčasťou tesných dvojhviezdnych sústav.

Dnes vieme, že zhruba polovica B-podtrpaslíkov má tesných sprievodcov s periódami obehu niekoľkých hodín až dní. Prvého B-podtrpaslíka objavil (vďaka presnejším výpočtom) Belgičan Jan Deca (Leuven University) až v roku 2011 v dvojhviezde, v ktorej druhou zložkou je hviezda hlavnej postupnosti.



Každú hviezdu v tomto diagrame predstavuje krúžok, ktorý určuje svietivosť hviezdy a jej povrchovú teplotu. Hviezdy v takzvanej hlavnej postupnosti, také ako naše Slnko, sú zoradené v diagonále stúpajúcej z pravého dolného rohu vľavo hore. *Vpravo dole* **vidíme najmenšie, najchladnejšie hviezdy s nízkou hmotnosťou.** *Vpravo hore* **sú najväčšie, najhorúcejšie a najhmotnejšie hviezdy. Hviezdy hlavnej postupnosti čerpajú svoju energiu syntézou jadier vodíka na jadrá hélia.** *Vpravo od diagonály* **sa kopia veľké hviezdy, obry a nadobry.** *Vľavo od diagonály,* **na konci modrej horizontálnej vetvy, nájdeme horúcich podtrpaslíkov spektrálnych typov B a O. Tieto podtrpaslíky nemajú nič spoločného s normálnymi, chladným trpaslíkmi, ktoré sa nachádzajú v** *dolnej časti* **diagramu.**

Modely však nevylučovali ani nepatrný podiel masívnejších pozostatkov po zaniknutých hviezdach (teda neutrónových hviezd či čiernych dier) ako možných sprievodcov B-podtrpaslíkov v dvojhviezdach! Napriek tomu, že sa takéto objekty vyskytujú veľmi zriedkavo a pozorovať ich možno iba počas extrémne krátkeho obdobia ich vývoja, objavili ich nečakane veľa! Medzi úspešných sa zaradil aj autor tohto článku, astrofyzik Stephan Geier. Ibaže: nakoľko sa tieto masívne objekty nedali overiť priamym pozorovaním, rozhodli sa vedci hľadať vhodnejších sprievodcov.

V spektrách bežných dvojhviezd sa nemusia nachádzať spektrálne čiary málo svietivého sprievodcu. Neznáme môžu byť aj sklony orbitálnych rovín týchto sústav smerom k pozemskému pozorovateľovi, takže vedci dokážu vypočítať iba ich minimálnu hmotnosť. Ale aj tieto skromné údaje umožňujú identifikovať typ sprievodcu.

Hviezdy hlavnej postupnosti s hmotnosťami vyššími ako 50 % Slnka majú už dostatočne vysokú jasnosť i čitateľnejšie spektrá. Ak teda hmotnosť skúmaného objektu bola vyššia ako spomenutá kritická hodnota (1/2 $M_\odot$) a napriek tomu nemala v spektre nijaké čiary, **mohli vedci z okruhu kandidátov hviezdu hlavnej postupnosti vylúčiť**. Sprievodcom B-podtrpasíka by teda v takom prípade mohli byť iba kompaktnejšie pozostatky skolabovaných hviezd.

Najhojnejšími objektmi tohto typu sú biele trpaslíky. Subrahmanyan Chandrasekhar už pred 80 rokmi dokázal, že hmotnosť bieleho trpaslíka (v dôsledku kvantovomechanických a relativistických efektov) nemôže byť vyššia ako približne 1,4 $M_\odot$. Ak je minimálna hmotnosť objektu vyššia, potom neviditeľným sprievodcom môže byť iba neutrónová hviezda alebo čierna diera.

Ako túto hypotézu dokázať? V archíve Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy (SDSS) preverili vedci nielen snímky hviezd, ale aj státisíce ich spektier**! Iba vlani objavili takto zhruba 2 000 horúcich podtrpaslíkov.** Objekty, pri ktorých sa prejavili veľké zmeny radiálnych rýchlostí, potom vyselektovali, aby vypočítali minimálne hodnoty ich hmotností.

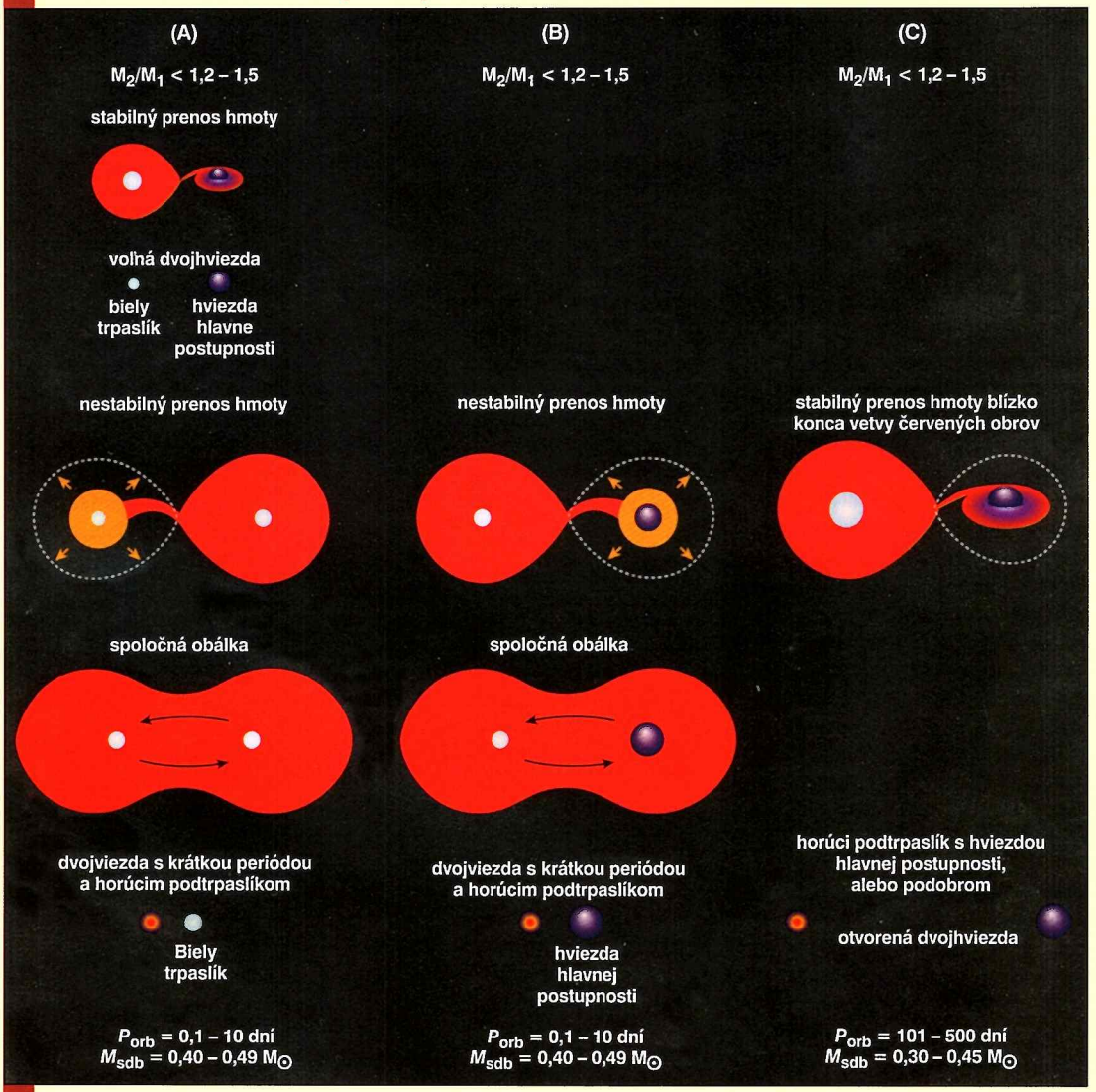
Na výskume sa okrem Nemcov zúčastnili aj tímy z Veľkej Británie, USA, Austrálie, Belgicka a Holandska. Vedci využívali najmä ďalekohľady na kanárskom ostrove La Palma a v Čile. V rámci projektu MICHFUSS (Massive Unseen Companions to Hot Faint Underluminous Stars from SFSS) **našli (po analýze spektier) zhruba 30 tesných dvojhviezd.**

Hviezdy v dvojitom obale

Vedci sa spočiatku nazdávali, že po takom náročnom výbere kandidátov dokážu B-podtrpaslíkov s najhmotnejšími sprievodcami poľahky objaviť. Preto ich šokovalo, keď jeden z prvých objavených sprievodcov mal mimoriadne nízku hmotnosť. **Nižšiu hmotnosť zatiaľ nemá ani jeden sprievodca zo súboru doteraz objavených trpasličích hviezd.** Ak je takáto dvojhviezda vhodne orientovaná (vzhľadom na pozemského pozorovateľa), mali by sa jej obe zložky pravidelne prekrývať. Iba vtedy dokážu vedci pri

⇨⇨

Ako sa zrodí horúci podtrpaslík?



Zrod horúceho podtrpaslíka si vyžaduje výmenu hmoty v dvojhviezdnej sústave. Z pôvodných vlastností hviezd, predovšetkým z pomerov ich hmotností, závisí nielen ako proces prebieha, ale aj to, ako rýchlo.

(A) Ak majú hviezdy podobné hmotnosti *($M_2/M_1 < 1,2 - 1,5$)*, prebehnú dve oddelené epizódy výmeny hmoty. Prvý prenos hmoty prebieha pomaly a spustí sa až vtedy, keď sa z normálnej hviezdy vyvinie červený obor. Výsledkom tohto procesu je biely trpaslík a hviezda hlavnej postupnosti, ktorej hmotnosť sa prenosom hmoty zvýšila. Keď aj táto hviezda sa dostane do fázy červeného obra, začne prenos hmoty späť na bieleho trpaslíka, čo vedie vzniku spoločnej obálky. Po odvrhnutí obálky sa obnaží dvojhviezda, ktorú tvoria B-podtrpaslík a biely trpaslík.

(B) Ak majú obe hviezdy už na začiatku veľmi rozdielne hmotnosti *($M_2/M_1 < 1,2 - 1,5$)*, okamžite nastane nestabilný prenos hmoty, pričom po fáze spoločnej obálky vznikne tesná dvojhviezda s B-podtrpaslíkom a hviezdou hlavnej postupnosti (s nízkou hmotou). Sprievodcom podtrpaslíka však môže byť aj hnedý trpaslík, ba dokonca aj planéta.

(C) Za istých okolností môže medzi hviezdami s rovnakou hmotnosťou prebehnúť iba jedna fáza stabilnej výmeny hmoty. Rodiaci sa B-trpaslík a hviezda hlavnej postupnosti sa pritom stanú zložkami otvorenej dvojhviezdy. Orbitálna perióda môže byť aj niekoľko stoviek dní.

dvojhviezdach vypočítať skutočnú, nie minimálnu hmotnosť skúmaných objektov.

Objekt s doteraz najnižšou hmotnosťou zo všetkých sprievodcov má periódu zhruba 150 minút. Okolo spoločného ťažiska sa teda pohybuje po mimoriadne tesnej obežnej dráhe. Od B-podtrpaslíka ho delí iba vzdialenosť polomeru Slnka. Preto dokáže spôsobovať (napriek minimálnej hmotnosti) veľké zmeny jeho radiálnej rýchlosti.

Čoskoro sa ukázalo, že objav tejto dvojhviezdy má fundamentálny význam nielen pre pochopenie zrodu B-podtrpaslíkov, ale aj pre spresnenie predstáv o neskorších fázach vývoja týchto hviezd. **J0820+0008 sa stala prvou dvojhviezdou, v ktorej je sprievodcom B-podtrpaslíka hnedý trpaslík!**

Hnedé trpaslíky sa formujú podobne ako hviezdy: kolapsom hustých chladných oblastí plyno-prachového oblaku. Ich hmotnosť však nedosahuje ani 0,08 $M_\odot$. Vo vnútri hviezd s takou nízkou hmotnosťou sa nemôžu spustiť jadrové reakcie. Tieto „nedozreté hviezdy" nedokážu syntetizovať vodík na hélium.

Aj tento objav vedcov šokoval.

Hnedý trpaslík ako zložka dvojhviezdy? Dovtedy to vedci nepovažovali za možné. V prípade sústavy J08201+0008 musel hnedý trpaslík prejsť doslova peklom, pretože zrod takej tesnej dvojhviezdy je nemožný bez fázy horúceho vývoja vo vnútri spoločnej obálky! Hnedého trpaslíka musel pohltiť červený obor. Zatiaľ čo obyčajná hviezda alebo kompaktný biely trpaslík môžu fázu spoločnej obálky prežiť, ľahké váhy, či už hnedé trpaslíky alebo obrie planéty, nedokážu obálku červeného obra rozptýliť a mali by sa v nej vyparíť. Tak to aspoň vyplýva z modelov fázy spoločnej obálky.

Teória sa však nepotvrdila. Tak sa dokázalo, **že aj substelárne objekty dokážu významne ovplyvňovať vývoj hviezd v dvojhviezdach.**

Horúce trpaslíky sú pre štúdium podobných interkcií priam ideálnymi objektmi. Aj preto, že sa vyskytujú oveľa častejšie, ako sa očakávalo. Vedci zatiaľ objavili len 3 zákrytové dvojhviezdy, ktorých zložkami sú podtrpaslík a hnedý trpaslík. V prípade ďalších 10 takýchto sústav však k zákrytom nedochádza.

Aká početná je populácia horúcich B-podtrpaslíkov? Vedci odhadujú, že najmenej 3 % týchto hviezd sa sformovalo interakciami so substelárnym objektom. Teda s telesom, ktoré má nižšiu hmotnosť ako hviezda. Vzhľadom na zriedkavý výskyt hnedých trpaslíkov je tento podiel pozoruhodný. Pričom je takmer isté, že takýchto prípadov je oveľa viac.

V roku 2007 objavili vedci z Torino University periodické zmeny frekvencie pulzov. Zdrojom pulzov bol pulzujúci B-podtrpaslík. Ukázalo sa, že pulzy môže vyvolávať prítomnosť extrasolárnej planéty, ktorá okolo hviezdy obieha s periódou 3 rokov. Aj táto planéta teda prežila „fázu červeného obra" svojej hviezdy, hoci v značnej vzdialenosti! V nasledujúcich rokoch niekoľko tímov ohlásilo niekoľko objavov planét, hnedých trpaslíkov, ba dokonca planetárnych sústav na obežných dráhach okolo B-podtrpaslíkov!

Podtrpaslíky s planétami

Aj keby sa potvrdil iba zlomok týchto objavov, počet exoplanét, krúžiacich okolo B-podtrpaslíkov, by mal byť veľmi vysoký! Vychádzajúc z vlastností známych planetárnych sústav okolo hviezd hlavnej postupnosti vyplýva, že tieto hviezdy mali voľakedy (skôr ako prešli fázou červeného obra) popri planétach na odľahlých obežných dráhach aj bližších sprievodcov. Tieto blízke planéty však fázu červeného obra neprežili. Mohli mať tieto vnútorné planéty vplyv na zrod B-podtrpaslíkov?

Autormi tejto hypotézy sú izraelskí vedci z Haifa University. Podľa nich by exoplanéty s hmotnosťami 10 M_J (čo je 0,01 $M_\odot$) mohli fázu

spoločnej obálky nielen odštartovať, ale aj prežiť. Planéty s menšími hmotnosťami by sa buď vyparili, alebo by splynuli s jadrom červeného obra. Väčšie planéty by však obálku červeného obra dokázali rozrušiť a rozptýliť.

To znamená, že B-podtrpaslík sa môže zrodiť aj ako obnažené, extrémne horúce héliové jadro.

Túto hypotézu viacerí teoretici spočiatku odmietali. Ich skepsa bola do istej miery oprávnená: dovtedajšie prístroje a techniky nedokázali ešte sprievodcov s malými hmotnosťami a dlhými periódami objaviť. Na zadné sa však stavali najmä preto, že hypotéza z Haify spochybňovala modely spoločnej červenej obálky.

Najnovšie objavy malých sprievodcov (s hmotnosťami 0,05, ba dokonca 0,03 $M_{\odot}$) však túto hypotézu „osamelého zrodu" významne podporili.

Navyše, vedci objavili aj prvého naozajstného osamelého B-podtrpaslíka.

Po dôkladnej analýze skúmaných B-podtrpaslíkov pomocou citlivých spektrografov, ktoré umožňovali až 100-násobne presnejšie určenie ich radiálnej rýchlosti sa ukázalo, že sa tieto objekty nevyskytujú iba v dvojhviezdach. Zrod osamelých B-trpaslíkov však vedci zatiaľ spoľahlivo vysvetliť nedokážu.

Ešte presnejšie údaje o radiálnej rýchlosti B-podtrpaslíkov možno odvodiť z charakteristického rozšírenia ich spektrálnych čiar. Namerané údaje existenciu osamelých podtrpaslíkov potvrdili: vedci takto objavili vyše 100 osamelých podtrpaslíkov s nápadne pomalou rotáciou. Ich pomalá rotácia je pochopiteľná: predtým, ako sa teleso premení na horúceho trpaslíka, prechádza fázami, počas ktorých nielenže stráca hmotnosť, ale aj rýchlosť rotácie.

Pomalá rotácia zároveň spochybňuje alternatívne teórie, podľa ktorých môžu byť osamelé B-podtrpaslíky produktom gravitačného splynutia dvoch bielych trpaslíkov. Takýto objekt by mal rotovať rýchlo.

Vedci objavili dve výnimky z tohto pravidla: B-podtrpaslíky bez sprievodcov, ale s mimoriadne rýchlymi rotáciami.

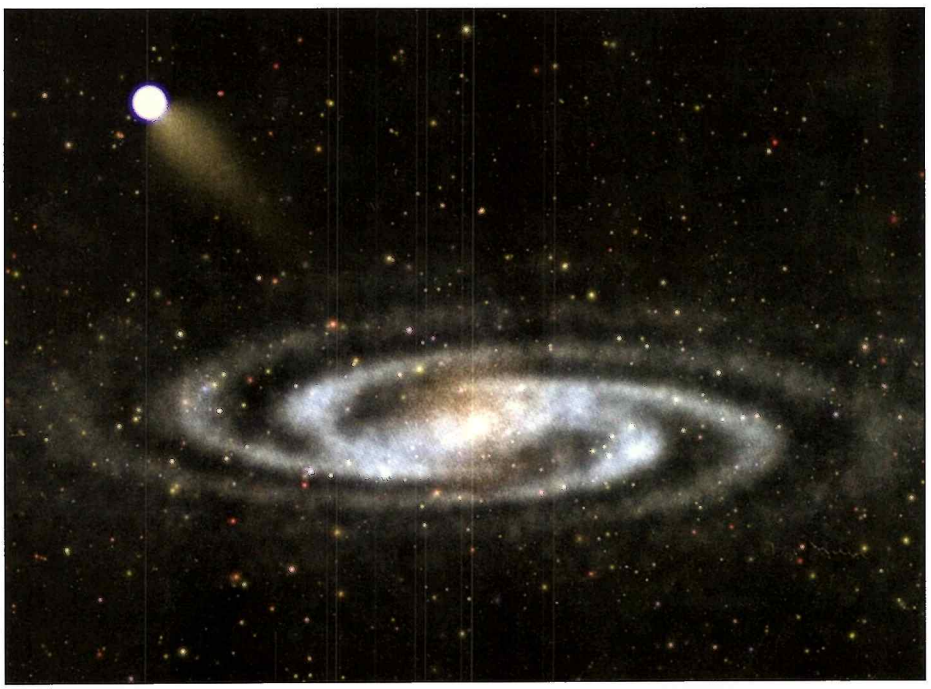
Jeden z týchto objektov mal na B-podtrpaslíka hrubú, pre takéto teleso atypickú obálku. Tento fakt plus rýchlosť rotácie tohto objektu sú však v udivujúcej zhode s modelom amerického tímu z Marquette University. Tento tím vypočítal vlastnosti B-podtrpaslíkov, ktorí sa zrodili gravitačným splynutím héliového jadra s hviezdou či planétou vo vnútri spoločnej obálky!

Tak sa podarilo objaviť možných kandidátov pre všetky tri scenáre izraelských astronómov: mohli to byť tesné dvojhviezdy s hnedým trpaslíkom, ktorý prežil fázu spoločnej obálky; rýchle rotujúce osamelé hviezdy, ktoré so sprievodcom už gravitačne splynuli; a napokon osamelé hviezdy s pomalou rotáciou, ktorých sprievodca sa vo fáze spoločnej obálky vyparil.

Ak táto hypotéza platí, potom sa až 50 % všetkých B-podtrpaslíkov formuje pôsobením interakcií so substelárnymi sprievodcami! Tým sa ich dôležitosť rádovo zvýšila: stali sa jedinečnými prírodnými laboratóriami, pomocou ktorých môžu vedci takéto interakcie študovať. Dnes poznáme množstvo hviezd hlavnej postupnosti s planétami na tesných obežných dráhach, ktoré raz budú s materskou hviezdou interagovať.

Prioritu však mal, má a bude mať najmä výskum exoplanét s ohľadom na podmienky vhodné pre život. Dôsledky týchto interakcií na vývoj hviezdy sa však predtým zanedbávali. Kvôli tomu sa pred šiestimi rokmi stretli aj vedci z takých odlišných disciplín astronómie, akými sú výskum exoplanét a štúdium vyvinutých hviezd.

Mimoriadne efektívnym sa ukázalo objavovanie zákrytových sústav hnedých trpaslíkov, ba dokonca planét podľa kriviek ich jasnosti. Čím väčší súbor týchto údajov vedci zanalyzujú, tým spoľahlivejšie si vyberú ďalší smer výskumu.



Hviezda, predchodca horúceho podtrpaslíka, tak dlho kŕmila svojho sprievodcu, kým nevybuchol ako supernova. Výbuch horúceho trpaslíka katapultoval nielen z dvojhviezdy, ale aj z našej Galaxie.

Progenitor supernovy Ia

Lov na substelárnych sprievodcov bol úspešný. Hmotnejších, teoretikmi predpokladaných sprievodcov B-podtrpaslíkov, sa však dlho nedarilo objaviť až do roku 2012 v Čile na observatóriu ESO.

Dvanásteho júna 2012 bolo na La Silla také zlé počasie, že sa slabé objekty (zo súboru starostlivo vytipovaných B-podtrpaslíkov) nedali pozorovať. Preto, aby využili pozorovací čas, zvolili si vedci náhodne niekoľko jasnejších objektov.

Parametre jedného z týchto objektov, dvojhviezdy s označením CD –30°11223, vedcov doslova ohúrili: **s periódou 1,2 hodiny ide zatiaľ o najtesnejšiu zo známych dvojhviezd s B-podtrpaslíkom.** Z krivky jasnosti vedci určili, že sprievodcom je jednoznačne biely trpaslík s hmotnosťou 0,8 Slnka.

Vlastnosti bieleho trpaslíka v dvojhviezde ho predurčujú za sľubného kandidáta populácie objektov, po ktorých už astronómovia celé desaťročia pátrajú: **je možným progenitorom supernovy typu Ia.**

Supernovy Ia, ktorých výbuch dokáže nakrátko predčiť aj svetlo materskej galaxie, využívajú vedci ako kozmologické „štandardné sviece". Pomocou nich napr. odhadujú hodnoty čoraz rýchlejšieho rozpínania sa vesmíru, ktoré riadi tajomná tmavá energia. Vedci sa už viac ako 20 rokov pokúšajú, aby kalibráciu týchto objektov čo najviac spresnili s cieľom odhaliť tajomstvo existencie tmavej energie. Až do roku 2012 sme však nepoznali ani jediného kandidáta na progenitora supernovy Ia ešte predtým, ako dôjde k samotnému vzplanutiu.

Krivky jasnosti a spektrá supernov Ia naznačujú, že ide o explózie bielych trpaslíkov. Nakoľko sú biele trpaslíky stabilné, kompaktné objekty, vybuchnú iba vtedy, keď dostanú silný podnet. Vieme, že podľa S. Chandrasekhara vybuchnú biele trpaslíky iba vtedy, keď ich hmotnosť prekročí hodnotu približne $1,4_{\odot}$. Iba vtedy sa stanú nestabilnými a vybuchujú ako supernovy.

Odkiaľ má biely trpaslík nabaliť kritické množstvo hmoty? Iba zo svojho sprievodcu v dvojhviezde. Buď pomalým nabaľovaním, alebo po gravitačnom splynutí s druhým bielym trpaslíkom. **Osamelý biely trpaslík teda ako supernova skončiť nemôže.**

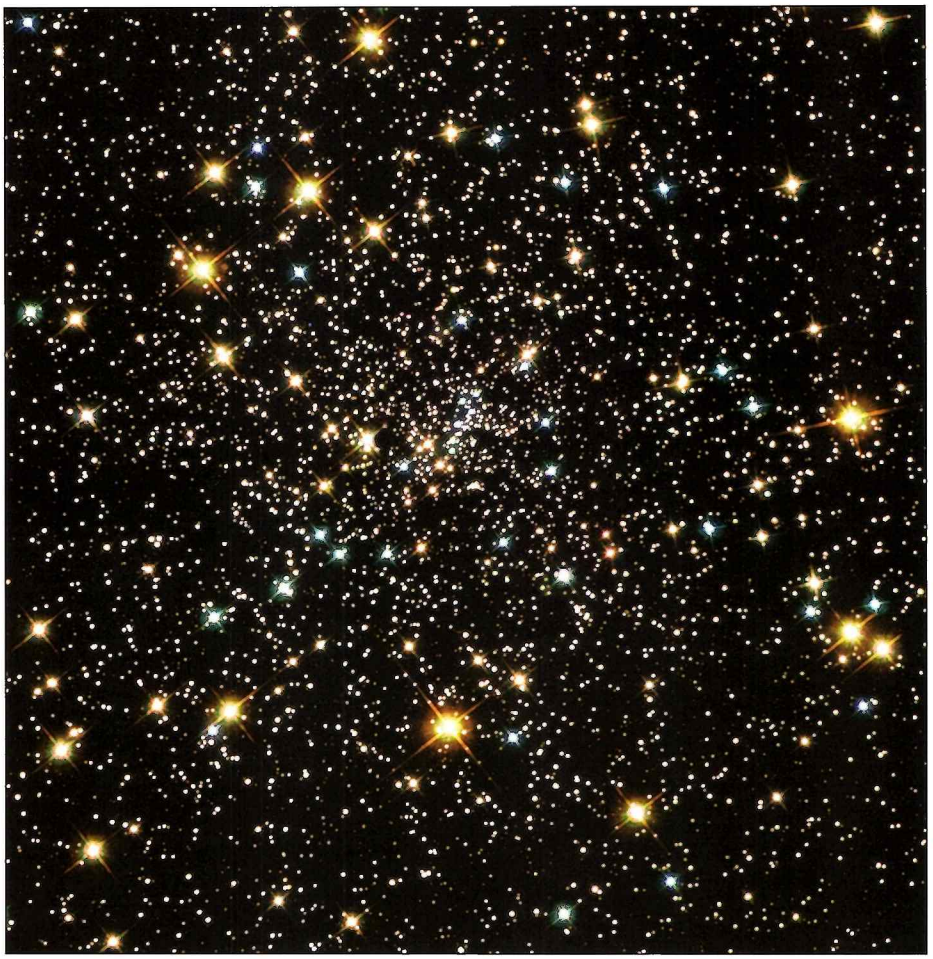
Supernovy Ia sú také vzdialené, že vedci ich priamo študovať nedokážu. Zároveň sú ich výbuchy také zdrvujúce, že zničia akékoľvek stopy po svojom progenitorovi. Aj analýzy možných progenitorov však majú svoje limity. **Nabaľovanie hmoty medzi dvomi hviezdami môže totiž skončiť nielen explóziou supernovy, ale aj výbuchom novy.**

Vedci teda študujú čoraz viac kandidátov, ale istotu ešte nemajú.

Objav CD-30°11223 oživil diskusie okolo možných scenárov vývoja takejto dvojhviezdy. **Jedným z nich je hypotéza dvojitého héliového výbuchu.**

Na rozdiel od hviezd hlavnej postupnosti sa B-podtrpaslík skladá najmä z hélia. Perióda obehu v tesných dvojhviezdach sa neustále skracuje až dovtedy, kým sa nezačne hélium z B-podtrpaslíka prenášať na bieleho trpaslíka. **Keď sa na**

⇨⇨



V guľovej hviezdokope NGC 6397, vzdialenej 7 200 svetelných rokov, je hustota hviezd miliónkrát väčšia ako v okolí Slnka. V kope dochádza často ku kolíziám, ktorých produktom sú rôzne stelárne objekty. Héliové hviezdy (horúce podtrpaslíky) sú produktom normálnej evolúcie, najčastejšie v dôsledku interakcií v dvojhviezde. V kope NGC 6397 je ich zhruba 100. V ostatných rokoch vedci objavili ďalších vyše 2 000 héliových hviezd.

jeho povrchu nabalí kritické množstvo hélia, hviezda explo-duje dvakrát po sebe: explózia na povrchu je iba rozbuškou, ktorá spôsobí výbuch jadra bieleho trpaslíka.

Pred dvadsiatimi rokmi ešte vedci netušili, či výbuch supernovy naozaj vyvoláva tento héliový roznecovač. V takom prípade by totiž ako supernovy mali vybuchovať aj biele trpaslíky s hmotnosťami hlboko pod Chandrasekharovou hranicou. Dodnes sa vedci nezhodli na tom, či je takýto héliový výbuch zlučiteľný so spektrami supernov Ia, v ktorých zatiaľ neobjavili žiadne hélium.

Vedci z Garchingu a z Würzburg University však nedávno dokázali, že už tenučká vrstva nabaleného hélia môže vybuchnúť a jadro bieleho trpaslíka vznietiť. Zvyškové hélium rozmetá explózia do okolitého prostredia, preto sa v spektrách jeho stopy neobjavujú. Nezávislé štúdie ich teóriu potvrdili.

Najrýchlejšie hviezdy v Galaxii

Parametre dvojhviezdy CD-30°11223 sú v úplnom súlade s touto teóriou. Ďalšiu dvojhviezdu s takými parametrami však zatiaľ neobjavili. Zároveň si položili otázku: „Čo sa v prípade výbuchu supernovy stane s B-podtrpaslíkom?

Vedci z Kunming University v Číne zrekonštruovali parametre dvojhviezdy CD-30°11223 vo chvíli, keď (zhruba o 50 miliónov rokov) vybuchne ako supernova. Krátko pred explóziou budú obe zložky obiehať spoločné ťažisko s periódou 12 hodín. B-podtrpaslík rýchlosťou 600 kilometrov za sekundu. **Ak sprievodca, biely trpaslík, vybuchne, B-podtrpaslíka explózia zo sústavy katapultuje.**

Tento proces možno porovnať s reťazovým kolotočom. Ak sa reťaz roztrhne, sedačku odstredivé sily katapultujú do okolia.) V našom prípade sú však dôsledky ešte fatálnejšie: úniková rýchlosť B-podtrpaslíka ho nevyhostí iba z dvojhviezdy, ale aj z Galaxie!!

V roku 2005 objavili vedci z Harvard a Bamberg University niekoľko desiatok osamelých hviezd, pohybujúcich sa veľkými rýchlosťami. Ukázalo sa však, že ide najmä o hviezdy hlavnej postupnosti, ktorých pohyb urýchlili iné procesy než výbuch supernovy.

Časom zistili, že jedna z týchto 40 hviezd je predsa len horúcim podtrpaslíkom.

O štyri roky neskôr Čínania zverejnili štúdiu, podľa ktorej by objekt, US 708, mohol byť vyhosteným sprievodcom iného neznámeho bieleho trpaslíka, ktorý vybuchol ako supernova. A skutočne nemeckí astronómovia objavili zvyšky pôvodnej sústavy, ktoré sú v dobrej zhode s parametrami materskej sústavy vyhostenca US 708.

Tajomstvo US 708

Astronómovia sa teraz pokúšajú zistiť, či bol US 708 naozaj sprievodcom progenitora supernovy. Rekordnú rýchlosť mu totiž mohli udeliť aj iné procesy. Napríklad blízky oblet supermasívnej čiernej diery v centre Mliečnej cesty.

Teleso vyhostené zo sústavy dvojhviezdy by malo mať veľmi rýchlu rotáciu. Najnovšie spektrá (získané pomocou 10 m ďalekohľadu Keck) predpovedanú rýchlu rotáciu osamelej hviezdy potvrdili. Neskôr vedci spresnili aj hodnotu rýchlosti tejto hviezdy na základe jej vlastného pohybu po oblohe. **Zistili, že sa pohybuje rýchlosťou 1200 kilometrov za sekundu! US 708 sa tak stal predbežne najrýchlejšou osamelou hviezdou v Mliečnej ceste.**

Dvojhviezdu CD-30°11223 už nepovažujú za priameho progenitora supernovy. Dôvod: rýchlosť zložiek tejto dvojhviezdy je nižšia, ako sa predpokladalo. Vedcom sa však podarilo dokázať, že mechanizmus v podobnej, ale tesnejšej dvojhviezde funguje.

Z rekonštrukcie dráhy vyhostenej hviezdy vysvitlo, že nebola katapultovaná z jadra Galaxie, ale z jej disku. Hoci sa predpokladá, že najčastejším urýchľovačom pohybu rýchlych hviezd je najmä masívna čierna diera v srdci Mliečnej cesty, túto alternatívu môžeme v našom prípade vylúčiť. Páchateľ dvojitej explózie je usvedčený.

Ak tento scenár overia aj ďalšie testy, mali by sme v našej Galaxii objaviť nielen hojnú populáciu kompaktných dvojhviezd (progenitorov budúcich supernov), ale aj populáciu superrýchlych hviezd. To bude lovcom supernov Ia na dobrej pomoci. Pretože všetky sústavy, ktoré môžu byť progenitormi výbuchov supernov (či už ide o symbiotické hviezdy, röntgenové dvojhviezdy alebo dvojhviezdy s dvoma bielymi trpaslíkmi), môžu vedci skúmať oveľa presnejšie, a čo je dôležité, aj oveľa jednoduchšími metódami.

Hmotnosť explodujúcich bielych trpaslíkov je jedným z najdôležitejších parametrov k pochopeniu výbuchov supernov. Zákrytové dvojhviezdy, také ako CD-30°11223, ponúkajú vedcom jedinečnú možnosť presne určiť hmotnosť oboch zložiek, a tým aj hmotnosť bieleho trpaslíka ešte pred prenosom hmoty.

Na druhej strane rýchlosť horúceho podtrpaslíka po kataklizme explózie (ak ju prežil bez úhony) závisí priamo od obežnej periódy dvojhviezdy a hmotnosti bieleho trpaslíka vo chvíli, keď dôjde k výbuchu.

Dnes sa nazdávame, že horúce podtrpaslíky alebo aspoň väčšina z nich sú produktmi interakcií medzi hviezdami a ich sprievodcami, či už ide o iné hviezdy, zvyšky po hviezdach, hnedých trpaslíkov alebo planéty. Napriek tomu, že iba 2 % celkového počtu hviezd prejde aj touto fázou, vedci majú unikátnu možnosť podrobne ich preskúmať. Snahu tých, čo hľadajú planéty či hnedé trpaslíky pri bielych trpaslíkoch, možno prirovnať k hľadaniu ihly v kope sena.

Na druhej strane, horúce podtrpaslíky sú síce zriedkavé, ale nápadne jasnejšie pozostatky po normálnych hviezdach. Dodnes sme ich identifikovali okolo 5000 a vieme, že dejiny každého z nich sú mimoriadne dobrodružným príbehom.

Bild der Wissenschaft 2015

E. G.

Biele trpaslíky s troskami planét

Čo zvýši z planetárnej sústavy, keď materská hviezda vyhasne? V archívoch objavených a overených exoplanét pri NASA registrujú vyše 3 000 objektov. Tento počet bude rýchle narastať, pretože planetológovia sú presvedčení, že okolo všetkých Slnku podobných hviezd krúžia exoplanéty. Donekonečna však krúžiť nebudú. Keď sa v jadrách ich materských hviezd minie palivo, premenia sa tieto hviezdy na červených obrov. Rozpínajúci sa obor blízke planéty pohltí.

Jadro červeného obra časom skolabuje za vzniku extrémne hustého telesa, bieleho trpaslíka.

Donedávna ich ignorovali

Biele trpaslíky majú približne rovnakú hmotnosť ako Slnko, ale priemer ako naša Zem. Celé miliardy rokov chladnú a okolo nich krúžia trosky bývalej sústavy planét. Lovci exoplanét biele trpaslíky donedávna ignorovali. Nečudo, ak uvážime, že aj naše Slnko počas nastávajúcich 7,6 miliárd rokov zničí postupne Merkúr, Venušu a neušetrí ani Zem. Vedci z Washingtonskej univerzity biele trpaslíky študujú. Eric Agol vyzval nedávno na stránkach Astrophysical Journal lovcov extrasolárnych planét, aby ich hľadali aj pri bielych trpaslíkoch.

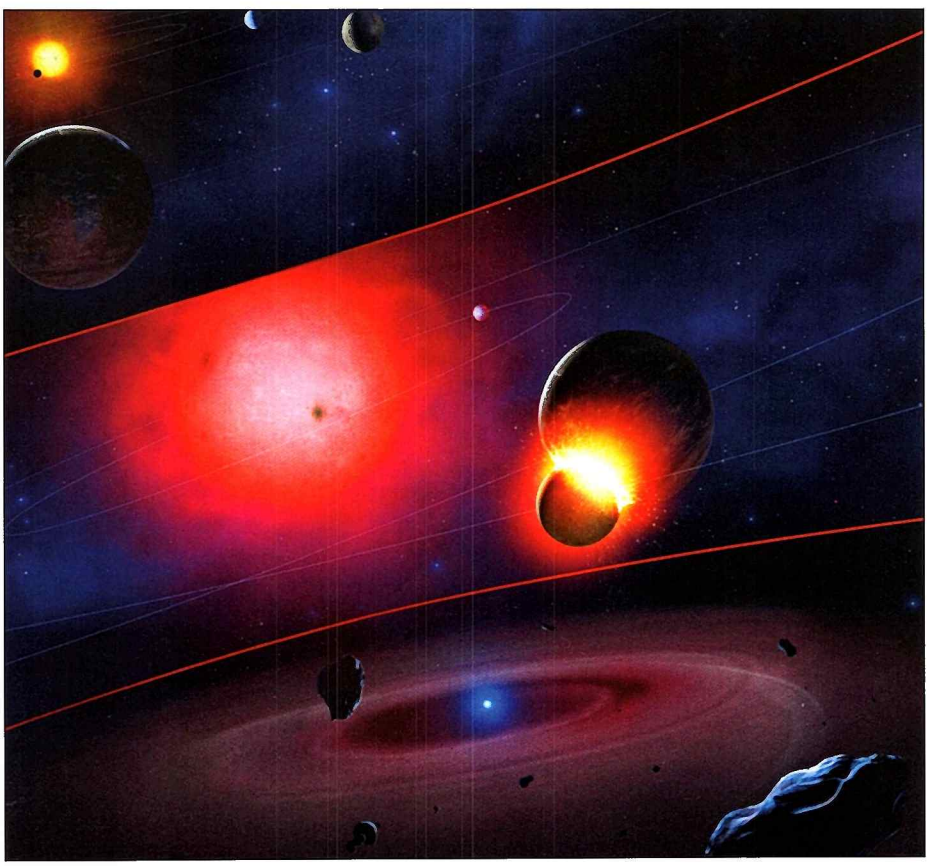
Aj keď je biely trpaslík horúcejší ako Slnko, jeho svietivosť je nižšia. Jeho zelenú (čiže „obývateľnú" zónu) delí od povrchu iba jedna stotina vzdialenosti Zeme od Slnka. Lenže jeho predchodca, červený obor, sa v záverečnej fáze rozpínania zväčší až po budúcu zelenú zónu bieleho trpaslíka. Ak tam krúži jedna z planét, určite sa vyparí.

Agol však považuje za možné, že k bielemu trpaslíkovi sa môže priblížiť jedna z vonkajších planét a usadiť sa na stabilnej obežnej dráhe hoci v zelenej zóne. Alebo z trosiek bývalých planét sa okolo bieleho trpaslíka sformujú planéty novej generácie. Mali by na to dosť času: biele trpaslíky chladnú veľmi pomaly. Planéta by v „novej zelenej zóne" strávila okolo 8 miliárd rokov. A počas tohto obdobia by sa na nej mohla udržať voda v tekutom skupenstve.

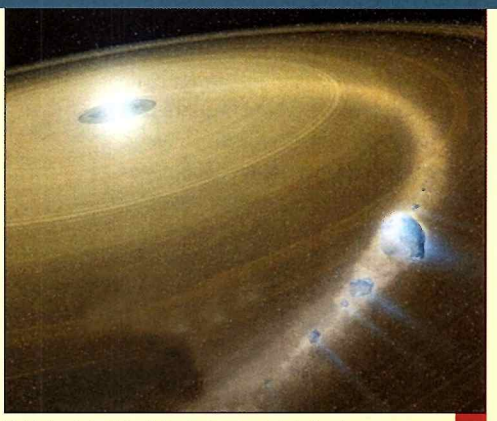
Desaťtisíce bielych trpaslíkov

Abraham Loeb z Harvard University a Dan Maoz z University of Tel Aviv sú optimistickí: z ich modelov a výpočtov vyplynulo, že 500 najbližších bielych trpaslíkov má v zelenej zóne minimálne jednu planétu. Tie by mohli už v naj-

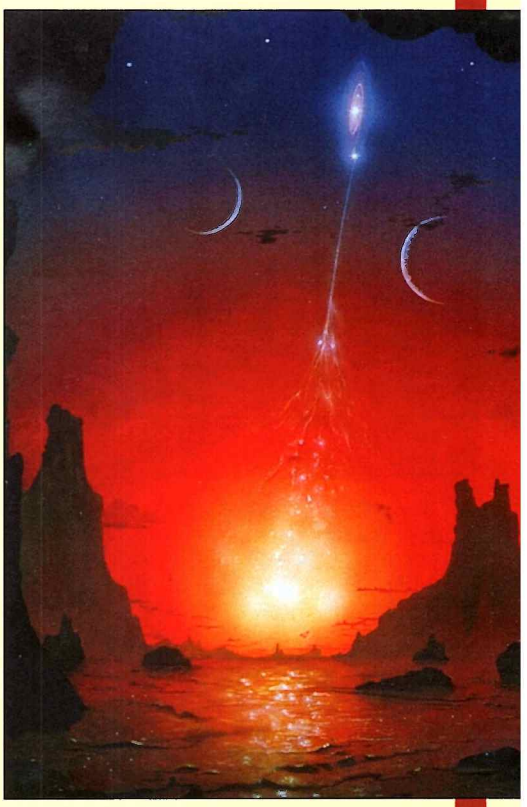
⇨⇨



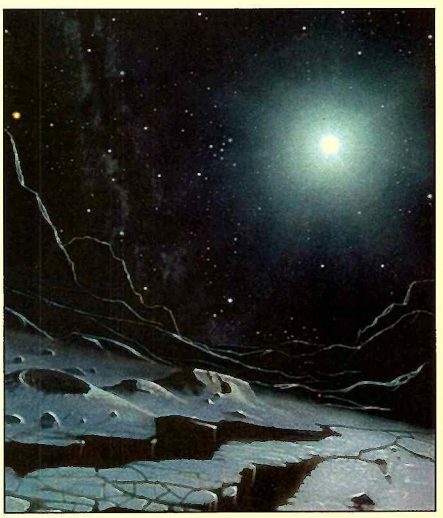
Osud štyroch planét: keď materská hviezda spotrebuje jadrové palivo, premení sa na červeného obra a blízke planéty *(uprostred)* **postupne pohltí. Potom sa scvrkne na bieleho trpaslíka** *(dole)*, **okolo ktorého krúžia trosky po zrážkach planét a asteroidov.**



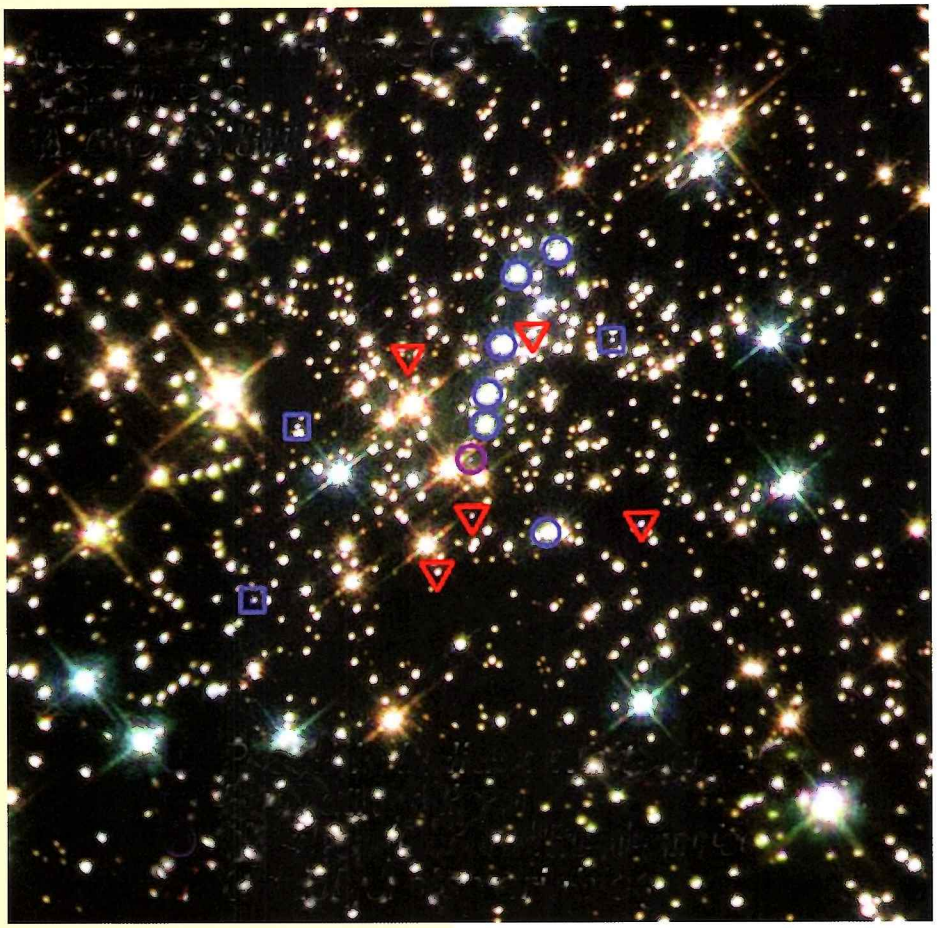
V diskoch krúžiacich okolo starých hviezd s pozmenenou identitou, napríklad bielych trpaslíkov, sa môžu z prachu a trosiek formovať planéty novej generácie.



Ilustrácia znázorňuje reálny proces: planéta s dvoma mesiacmi krúži okolo dvojhviezdy, pričom biely trpaslík *(hore)* **nabaľuje hmotu z červeného trpaslíka** *(dole)*.



Pohľad do budúcnosti: po uplynutí 7,6 miliardy rokov sa aj naše Slnko premení na bieleho trpaslíka.



Na snímke guľovej hviezdokopy NGC 6397 sú modrými štvorcami označené héliové hviezdy (horúce podtrpaslíky). Modré krúžky označujú modrých tulákov, hviezdy, ktoré vznikli po zrážke a splynutí dvoch hviezd. Normálnych bielych trpaslíkov označujú fialové krúžky. Červené trojuholníky označujú kataklizmatické premenné. Ide o dvojhviezdy, ktorých zložkami sú normálna hviezda a biely trpaslík. Zmeny jasnosti spôsobuje nerovnomerné nabaľovanie hmoty z normálnej hviezdy na bieleho trpaslíka.

Rozpad jednej planéty

V roku 2011 vzplanul v guľovej hviezdokope NGC 6388 v súhvezdí Škorpióna röntgenový zdroj, ktorý astronómov zaujal. Najprv si mysleli, že ide o dvojhviezdu. Potom zdroj preskúmali pomocou röntgenového ďalekohľadu Chandra. Celých 200 dní monitorovali dosvit žiarenia so záverom, že sa stali svedkami zriedkavej udalosti. Slapové sily, ktoré generuje biely trpaslík, roztrhali planétu s hmotnosťou 1/3 Zeme na márne kúsky. Ide o prvé pozorovanie takého úkazu. Obežné dráhy planét, krúžiacich okolo agonizujúcich, zväčšujúcich sa či kolabujúcich hviezd, sa podľa vedcov menia. V sústave nastáva chaos, jednotlivé objekty sa navzájom rušia, poruchy spôsobujú kolízie.

bližšom čase rozlíšiť pozemské ďalekohľady. Astronómovia doteraz objavili asi 10 000 bielych trpaslíkov. V kozmickom meradle to nie je veľa. Vesmírna sonda Gaia/ESA a pozemský Large Synoptic Survey Telescope, ktorý stavajú v Čile, by mohli objaviť až desaťtisíce bielych trpaslíkov.

„Doteraz sme pri bielych trpaslíkoch neobjavili ani jedinú planétu," vraví Boris Gänsicke z Warwick University vo Veľkej Británii. „Objavili sme však trosky po dávnych planetárnych sústavách. A biele trpaslíky sú priam stvorené na to, aby sme sa o vývoji takýchto sústav niečo dozvedeli."

Prvý dôkaz o existencii takýchto zvyškov zverejnil už pred 100 rokmi Adriaan van Maanen. Holandský učenec sa do dejín astronómie zapísal ako smoliar. V 20. rokoch minulého storočia vzrušovala astronómov diskusia o tom, či sú špirálové hmloviny, také ako Andromeda, súčasťou našej Galaxie alebo sú to samostatné, vzdialené hviezdne ostrovy.

Najväčšiu podporu mali prívrženci prvej teórie, ktorý uverili van Maanenovým výpočtom vzdialeností týchto objektov. Až neskôr vysvitlo, ako kapitálne sa tento astronóm pomýlil. Dnes vieme, že Andromeda je vzdialená špirálová galaxia.

Ani s bielymi trpaslíkmi nebol van Maanen úspešnejší. V roku 1917 študoval hviezdu pomenovanú po ňom – bieleho trpaslíka v súhvezdí Rýb. Očakával, že v zachytenom spektre nájde iba čiary vodíka a hélia. Bol presvedčený, že všetky ťažšie prvky hviezdy museli (podľa vtedajších predstáv) vo veľmi krátkom čase klesnúť z vonkajších vrstiev atmosféry do vnútra, kde sa už nedajú zaznamenať.

V spektre van Maanenovej hviezdy sa však našli aj stopy po železe, vápniku a horčíku. Tie nemohli byť pozostatkom po predchodcovi bieleho trpaslíka a museli sa dostať do atmosféry zvonku, z okolia hviezdy. Van Maanen nedokázal svoj objav správne interpretovať a omylom považoval objekt za obyčajnú hviezdu. Prepásol tak šancu stať sa prvým objaviteľom trosiek exoplanetárneho systému desaťročia predtým, ako Wolsczan objavil tri planéty okolo pulzaru.

Prach z trosiek

Astronómovia medzičasom odhalili znečisťovateľa hviezdnych atmosfér. Ťažké prvky pochádzajú z rotujúcich polí planetárnych trosiek, pripomínajúcich pás asteroidov v Slnečnej sústave: „Planéty na vzdialenejších dráhach (po kolapse červeného obra na bieleho trpaslíka) narušujú dráhy asteroidov a niektoré „vysotia" k bielemu trpaslíkovi.

Ak tieto objekty preniknú do blízkosti vyhoretej hviezdy, slapové sily ich roztrhajú a postupne rozdrvia na prach. Tak sa okolo bielych trpaslíkov vytvárajú disky prachu, ktoré sa v našich ďalekohľadoch prejavujú ako dodatočné žiarenie v infračervenej oblasti.

Materiál v diskoch postupne nabalí biely trpaslík, takže astronómovia v ich spektrách rozlišujú dodatočné spektrálne čiary.

V roku 2014 preskúmali astronómovia z Warwick University hojnosť výskytu takýchto polí trosiek. Pomocou HST získali spektrá 85 bielych trpaslíkov s vekom od 20 až po 200 miliónov rokov. Výsledok: každý štvrtý až každý druhý biely trpaslík má v atmosfére stopy ťažkých prvkov. To je priamy dôkaz nabaľovania materiálu z planetoidov, nie iba v podobe prachu, ale aj veľkých kusov s priemermi 10 až 100 km.

Stopy po mimozemšťanoch?

Tento materiál poskytuje vedcom kľúč k zloženiu planetárnych sústav. Jediný biely trpaslík však nemá veľkú výpovednú hodnotu. Gänsicke: „Je to akoby sme sa z jediného meteoritu, nájdeného v Antarktíde či na Sahare pokúšali vyčítať vývoj našej planetárnej sústavy."

Z pozorovaní súboru niekoľko desiatok bielych trpaslíkov však vedci zistili základné fakty. Na každom objavili kyslík, železo, kremík a horčík, hlavné zložky materiálov, z ktorých sa sformovala aj naša Zem.

Jay Farihi z britskej Cambridge University objavil v roku 2013 úkaz, ktorý ho preslávil. V renomovanom týždenníku Science opísal zánik planetoidu, ktorý sa rozpadol pod vplyvom slapových síl bieleho trpaslíka GD 61 v súhvezdí Perseus, vzdialenom 150 svetelných rokov od Zeme. Štvrtinu hmotnosti tohto planetoidu tvorila voda, podobne ako pri našej Ceres, najväčšom objekte pásu asteroidov Slnečnej sústavy. Podľa toho by sa v sústave tohto bieleho trpaslíka mala vyskytovať aj najvzácnejšia kvapalina, bez ktorej je život, ako ho poznáme, nepredstaviteľný.

Dokážu raz vedci objaviť aj príznaky existencie vzdialených civilizácií? Podľa Gänsickeho iba vtedy, ak by sme na nejakom objekte zaznamenali prítomnosť prvku, ktorý sa v prírode nevyskytuje, a ak, tak iba vzácne. Napríklad technícia...

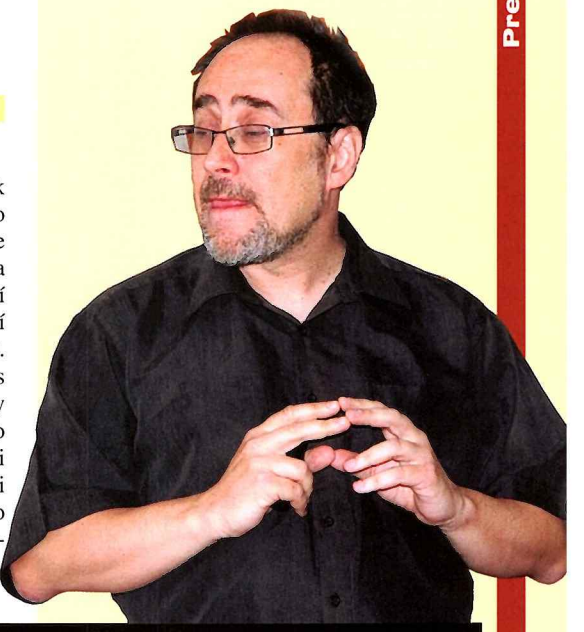
Bild der Wissenschaft 5/2015
E. G.

Fyzici o detekcii gravitačných vĺn

V predminulom čísle nášho časopisu (KOZMOS 3/2016, str. 17 – 18) sme iniciovali diskusiu významných českých a slovenských fyzikov o gravitačných vlnách. V diskusii pokračujeme a otázku o význame detekcie gravitačných vĺn sme položili ďalšiemu odborníkovi **Dr. Pavlovi Bakalovi – teoretickému fyzikovi Slezskej Univerzity v Opave.** Okrem gravitačných vĺn sme sa z jeho odpovedí dozvedeli niečo o singularite na počiatku času, o primordiálnych gravitačných vlnách, o vlnení kozmických strún a o extrémnej gravitácii čiernych dier.

Gravitační vlny jako nástroj testování obecné teorie relativity a kosmologických modelů

RNDr. Pavel Bakala, Ph.D. je prodekanom Filozoficko-prírodovedeckej fakulty Slezskej univerzity v Opave. Vedecky a pedagogicky pôsobí v Ústave fyziky a v Centre počítačovej fyziky a spracovania dát SU. Okrem analýzy dát mikrokvazarov a binárnych systémov s neutrónovými hviezdami sa zaoberá superpočítačovým modelovaním šírenia elektromagnetického žiarenia v silne zakrivených časopriestoroch. Podieľa sa na príprave vedeckého programu kozmických misií röntgenových družicových observatórií LOFT a eXTP. Slovenským astronómom je dobre známy ako pravidelný účastník medzinárodných konferencií na Bezovci.

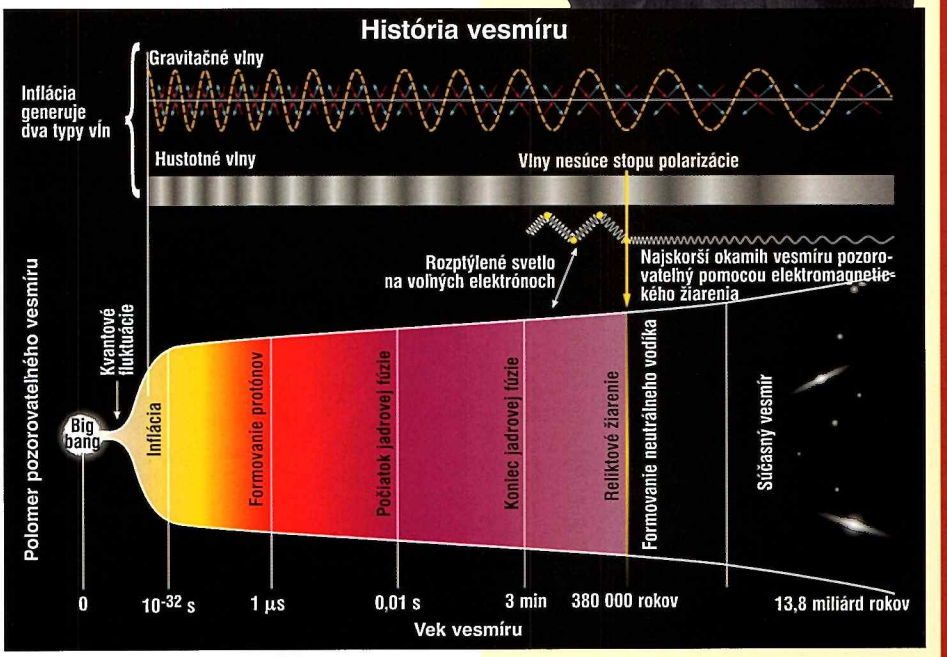


Úspěšná detekce gravitačních vln vyzařovaných dvojicí splývajících černých děr interferometrickou observatoří LIGO je bezesporu spektakulárním úspěchem teoretické i experimentální fyziky a také obrovským posuvem technologických hranic. Gravitační vlny dlouho zůstávaly poslední nepotvrzenou zásadní předpovědí Einsteinovy obecné teorie relativity. Znamená však úspěšná detekce gravitačních vln neoddiskutovatelnou platnost Einsteinovy obecné teorie relativity, nebo zbývá ještě nějaký prostor pro alternativní teorie gravitace? Kandidátů na nástupce obecné teorie relativity stojí ve frontě více než dostatek a jsou mezi nimi například různé varianty hypotézy vícerozměrných hyperprostorových bránových světů inspirované superstrunovými teoriemi, skalárně-tenzorové teorie předpovídající černé díry přece jenom s vlasy, kvantová Hořavova gravitace pracující s anizotropií času a prostoru při vysokých energiích nebo relativistická verze modifikované newtonovské dynamiky (MOND). Může úspěšná detekce gravitačních vln některé z těchto alternativ vyloučit, nebo naopak podpořit a přispět tak ke hledání svatého grálu fyziky, unitární teorie všeho, sjednocující všechny známe interakce? Moderní kosmologie předpovídá nízkofrekvenční gravitační záření také jako důsledek procesů ve velmi raném vesmíru. Mohou tedy gravitační vlny přispět i k testování kosmologických modelů?

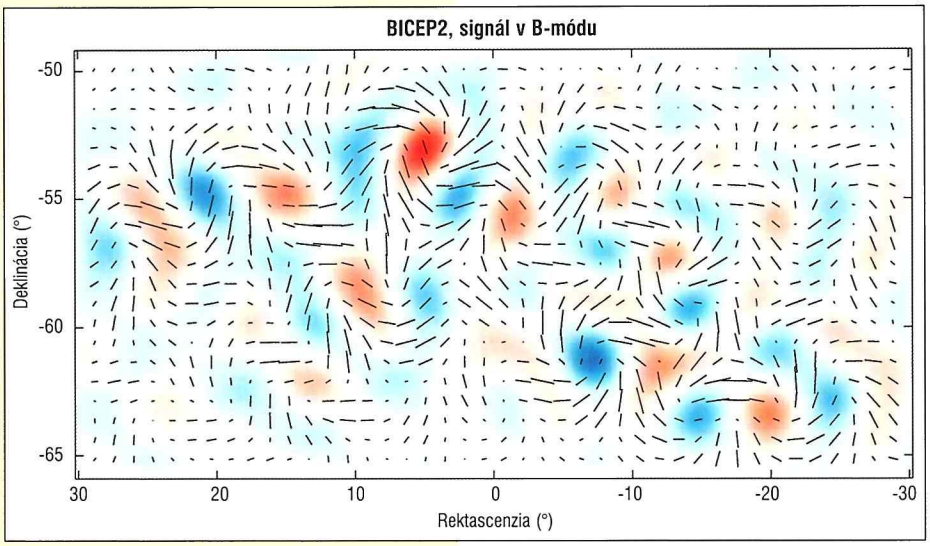
Singularita na počátku času, kosmická inflace a primordiální gravitační vlny

Einsteinova obecná relativita, přesněji řečeno Fridmanovo řešení Einsteinových rovnic gravitačního pole, předpovídá expanzi geometrie celého universa. Vzdálenosti mezi galaxiemi s časem narůstají a naopak v minulosti vzdálené cca 13,8 miliard let celý vesmír zaujímal nekonečně malý objem. V tomto okamžiku startu kosmické expanze, nazývaném notoricky známým termínem velký třesk (Big Bang), začal plynout čas a zároveň i existovat prostor, tak jak je známe. Fridmanovy rovnice předpovídají pro počátek času nekonečně velkou hustotu energie i nekonečné zakřivení prostoročasu a zároveň na počátku času právě díky nekonečnům přestávají fungovat. Místa, kde rovnice samy sebe popírají a selhávají, matematikové nazývají singularitami. Přítomnost singularity obvykle znamená kolaps nebo neúplnost teorie a zcela evidentně je tedy v čistě relativistické kosmologii něco špatně. To něco je spojeno s komplikacemi způsobenými obrovskou hustotou energie a nesmírně malými rozměry vesmíru v počátečních vteřinách po velkém třesku. Abychom věrohodně popsali ne-

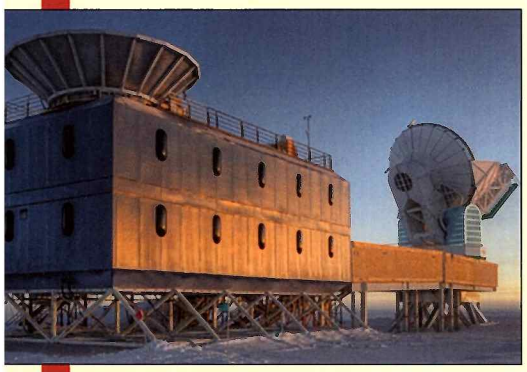
⇨⇨



Obr. 1. **Prvotní stádia evoluce vesmíru dle standardního kosmologického Lambda-CDM modelu. Primordiální gravitační vlny vznikají během fáze rychlého inflačního rozpínání. Později vtiskují svou polarizaci do kosmického mikrovlnného pozadí – CMB.** (BICEP2 2014 Results Release, National Science Foundation)

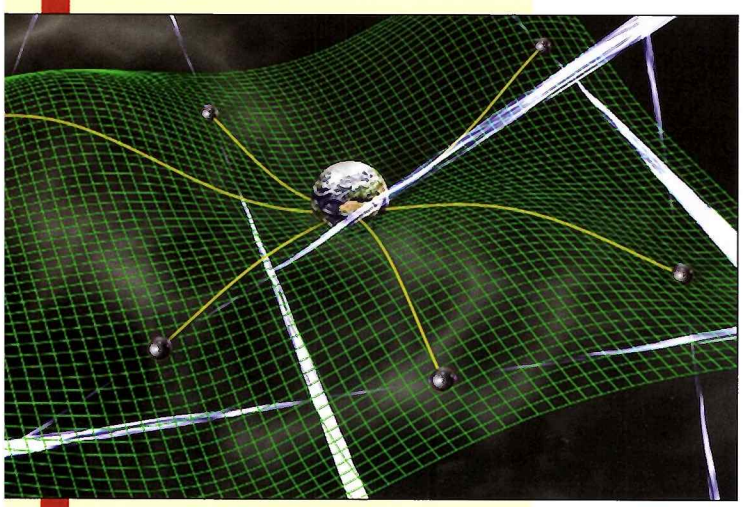


Obr. 2. **Polarizační struktury pozorované observatoří BICEP2 v kosmickém mikrovlnném pozadí připisované primordiálním gravitačním vlnám. Bohužel se ukázalo, že jde pouze o vliv galaktického prachu.**



Obr. 3. **Antarktická observatoř Dark Sector Lab (DSL) ležící 1 220 m od jižního pólu. Dalekohled BICEP2 je vlevo.** (Steffen Richter, Harvard University)

Obr. 4. **Schématický diagram pole galaktických milisekundových pulsarů PTA (Pulsar Timing Array) na pozadí zvlněného prostoročasu. Projekt NANOGrav používá techniku analýzy signálu z PTA pro detekci vlivu gravitačních vln na změnu vzdáleností pulsarů od Země.** (NANOGrav, David Champion)



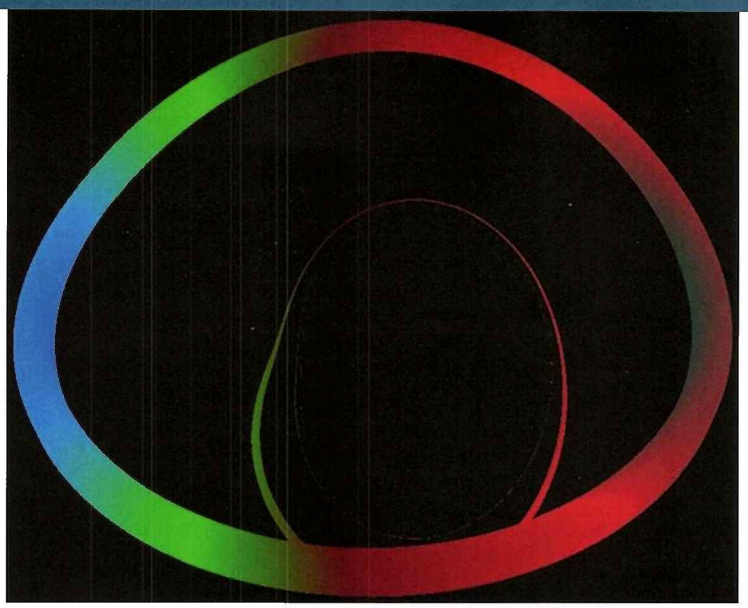
smírně horké a superhusté prvotní kosmické těsto, potřebujeme spojit klasickou Einsteinovu relativitu a kvantovou teorii pole, v současné době reprezentovanou standardním modelem částicové fyziky. Částicový standardní model popisuje veškerou známou hmotu ve vesmíru jako složenou ze šesti druhů kvarků a šesti druhů leptonů, které na sebe působí pomocí tří fundamentálních interakcí (silné, slabé a elektromagnetické) přenášených intermediálními bosony. Nezbytnou další ingrediencí standardního modelu je skalární Higgsovo pole a jeho excitace, v CERNu nedávno detekovaný Higgsův boson, který zodpovídá za hmotnost některých elementárních částic. Částicový standardní model však nezahrnuje gravitaci a její hypotetickou intermediální částici graviton. Při popisu samého počátku vesmírné evoluce tak nepříjemně narážíme na neslučitelnost dvou základních kamenů moderní fyziky, kvantové teorie pole a klasické obecné relativity.

Současný všeobecně přijímaný scénář vývoje vesmíru, kosmologický Lambda-CDM model, v sobě nese ještě další čertova kopýtka. Lambda v názvu modelu označuje „temnou" energii sídlící v prázdném prostoru, která tvoří 68,3 % energetického obsahu vesmíru a akceleruje jeho expanzi. Obecná relativita temnou energii v rovnicích gravitačního pole pouze formálně popisuje kosmologickou konstantou a pro její velmi malou (ovšem zcela jistě kladnou) hodnotu zjišťovanou z pozorování neposkytuje žádná vysvětlení. Druhé čertovo kopýtko, chladná temná hmota (Cold Dark Matter), je vynález poněkud kontroverzního génia a astrofyzikálního enfant terrible Fritze Zwickyho. Švýcarský profesor na Caltechu Fritz Zwicky kromě toho, že vymyslel neutronové hvězdy, temnou hmotu a spoustu dalších zásadních astrofyzikálních idejí, byl známý tím, že bil své kolegy a nazýval je sférickými bastardy (sférickými proto, že je považoval ze stejně odpudivé ze všech stran).

Převážná část astrofyzikální a kosmologické vědecké komunity dnes přijímá Zwickyho vysvětlení pozorovaných nekeplerovských orbitálních rychlostí hvězd vzhledem ke galaktickým centrům i dynamiky pohybu samotných galaxií za pomoci velmi slabě interagující a elektromagneticky nevyzařující a taky neabsorbující temné hmoty, která tvoří 27% energetického obsahu vesmíru. Nicméně obdobně jako v případě temné energie, složení i původ temné hmoty je prozatím pouze předmětem spekulací, v tomto případě spekulací o exotických a dosud nepozorovaných elementárních částicích. Pro hypotézu temné hmoty navíc existuje velmi důstojná alternativa v podobě výše již zmiňované modifikované newtonovské dynamiky (MOND) Mordechaje Milgroma, profesora izraelského Weizmann Institute of Science, která formuluje odlišný tvar druhého Newtonova zákona pro velmi malá zrychlení a bez mysteriózních částic temné hmoty se velmi dobře obejde. MONDovská revize newtonovské dynamiky by nutně znamenala i revizi a modifikaci základů samotné obecné relativity. Je však třeba podotknout, že některé efekty, pozorované při gravitačním lensingu a srážkách galaxií, jsou pomocí MOND nevysvětlitelné. Naopak například analýza pohybu satelitních trpasličích galaxií v okolí galaxie M31 v Andromedě je s předpověďmi MOND ve velmi dobrém souladu.

Kosmologický Lambda-CDM model předpokládá těsně po velkém třesku fázi extrémně rychlého rozpínání vesmíru, nazývanou kosmickou inflací, která rozfoukla rozměry raného vesmíru řádově 10^{58} krát. Modelové představy pracují se začátkem inflačního procesu v 10^{-35} sekundy a jeho ukončením pak 10^{-32} sekundy po velkém třesku. Motorem inflace má být prozatím neznámé skalární inflatonové pole. Autor raných verzi teorie kosmické inflace Alan Guth ztotožňoval inflatonové pole s Higgsovým polem standardního částicového modelu. Často je také jako motor inflace uvažována temná energie, která by však v raném vesmíru musela mít výrazně vyšší hustotu. Jako další možný inflační motor připadá v úvahu i proces spontánního narušení symetrie a následné oddělení interakce silné od elektroslabé při energiích 10^{14} GeV. Kosmická inflace rozfoukla do grandiózních rozměrů miniaturní kvantové fluktuace prvotního kosmického těsta, ze kterých se staly zárodky galaxií. Při tomto procesu překotně expandující nehomogenity nutně musely vyzařovat primordiální gravitační vlny.

Další významná událost v kosmické historii nastala asi 380 000 let po velkém třesku. Vesmír v té době již zchladl natolik, že elektrony a volná jádra mohly poprvé v kosmické historii rekombinací vytvořit neutrální atomy a vesmír se tak stal průhledným pro elektromagnetické záření. První světlo, tepelné záření horkého vesmíru o teplotě 2 970 K těsně po rekombinaci, vychladlo kosmickým rozpínáním na pouhých 2,7 K a pozorujeme ho dnes jako kosmické mikrovlnné pozadí (Cosmic Microwave Background – CMB). Tyto slabě doutnající zbytky ohňostroje velkého třesku jsou naším hlavním ukazatelem, že moderní kosmologie modeluje vývoj vesmíru od epochy rekombinace v základních rysech správně. Do ještě hlubší minulosti vesmíru pomocí elektromagnetického záření již nemůžeme dohlédnout. Pro pozorování epochy kosmické inflace nemáme



Obr. 5. **Počítačová vizualizace akrečního toru v okolí rotující černé díry. Nepravé barvy odpovídají frekvenčnímu posuvu záření vlivem jak silné gravitace,tak i dopplerovských efektů. Na obrázku jsou jasně patrné relativistické vícenásobné obrazy a nesymetrická deformace optické geometrie extrémně silným rotujícím gravitačním polem.** (Pavel Bakala, Kateřina Goluchová, Slezská Univerzita v Opavě)

k dispozici jiné observační okno než inflací generované primordiální gravitační vlny. V současné pokročilé etapě kosmické evoluce by však primordiální gravitační záření mělo splývat se stochastickým gravitačně vlnovým pozadím (Stochastic Gravitational Wave Background), které je chaotickou směsí gravitačního záření různých relativně slabých zdrojů a jeho intenzita leží prozatím pod prahem citlivosti současných detektorů. K nepřímé detekci nám nicméně může pomoci analýza polarizace kosmického mikrovlnného pozadí. Průchod primordiální gravitační vlny zanechává totiž v prostorové mapě kosmického mikrovlnného pozadí specifický vzorek tenzorové polarizace, nazývaný B-mód. Analýza gravitačních B-polarizačních modů by nám měla říci mnoho o detailech inflačního procesu. Různé inflační modely předpokládají různé škály energií, a tedy i rozdílné vlastnosti primordiálních gravitačních vln. Mohli bychom se tak rozhodnout mezi inflačními modely vysvětlujícími inflaci i povahu temné hmoty prostřednictvím hypotetických částic axionů, modely chaotické inflace kreující nejenom náš vesmír, ale i nekonečné multiversum, superstrunnovými scénáři a dalšími exotickými zvířaty v kosmologickém zvěřinci. Nepřímá detekce primordiálních gravitačních vln by nám poskytla observační data z doby vzdálené od velkého třesku pouhých 10^{-35} sekund.

Výzkumný tým Antarktické observatoře BICEP2 se v březnu 2014 domníval, a nadšeně to i oznámil, že v mikrovlnném pozadí polarizační vzorek gravitačních vln objevil. Pozorovaný signál byl dokonce podstatně silnější, než se dle teoretických modelů očekávalo. Bohužel, jednalo se o planý poplach. Následná analýza dat z družicové mikrovlnné observatoře Planck ukázala, že polarizace byla způsobena pouhým vlivem galaktického prachu. BICEP2 měřil polarizaci pouze na frekvenci 150 GHz, tedy s vlnovou délkou 2 mm, která je na vliv prachu nejcitlivější. Navíc měření probíhalo pouze na úzké výseči oblohy. Komplementární měření Plancku ukázalo, že na ostatních vlnových délkách efekt mizí. Na detekci primordiálních gravitačních vln, a tedy i přímou evidenci kosmické inflace, musíme tedy stále čekat.

Vlnění kosmických strun

Scénář Lambda-CDM modelu předpokládá, že v prvním mikrosekundě po velkém třesku došlo k několika skokovým fázovým přechodům stavu vakua, během nichž se oddělovaly jednotlivé fundamentální interakce od původní unifikované supergravitace. Každému z odlišných vakuových stavů odpovídá jiná struktura a počet fyzikálních interakcí. V dnešní chladném nízkoenergetickém vesmíru naše vakuum umožňuje existenci čtveřici známých fundamentálních sil, gravitaci, elektromagnetismu, silné a slabé interakci.

Vakuové fázové přechody jsou doprovázeny vznikem kosmických topologických defektů, reliktů předešlých vakuových stavů. Mohou tak vznikat bodové magnetické monopóly, jednodimensionální kosmické struny a dvoudimensionální doménové stěny. Hustota výskytu topologických defektů je nesmírně malá, díky rychlému inflačnímu rozfouknutí vesmíru by měl statisticky připadnout pouze jeden každého druhu na Hubbleův objem, nám observačně dostupnou oblast vesmíru. Zmíněné kosmické struny mohou být za určitých okolností dalším zdrojem gravitačního záření. Jedná se o dost bizarní a nesmírně husté objekty o zanedbatelném průměru srovnatelném s průměrem protonu, ale s délkou dosahující galaktických rozměrů. Kilometr kosmické struny váží zhruba jako měsíc. Kosmické struny nebudí klasické přitažlivé gravitační pole, ale deformují časoprostor ve svém blízkém okolí tak, že pokud strunu obejdeme kolem dokola, opíšeme úhel menší než 2π. Kosmické struny mají tendenci vytvářet smyčky, o kterých se předpokládá, že tvoří zárodky galaktických kup. Právě tyto smyčky kosmických strun mohou být zdrojem gravitačních vln o velmi nízkých frekvencích, menších než 10^{-5} Hz a tedy s řádově roční periodou.

Projekt NANOGrav (North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves – Severoamerická nanohertzová observatoř pro gravitační vlny) používá jako nástroj detekce nízkofrekvenčního gravitačního záření galaktické pulsary, rychle rotující neutronové hvězdy, vyzařující v kuželech, které fungují jako velmi stabilní vysokofrekvenční (až milisekundové) rádiové majáky. Zvlnění časoprostoru způsobené průchodem nízkofrekvenční gravitační vlny Galaxií musí nutně měnit i vzdálenosti pulsarů. Obdobně jako systém GPS používá k zaměření polohy příjemce časový signál satelitů, používá projekt NANOGrav pole 54 galaktických nejstabilnějších milisekundových pulsarů PTA (Pulsar Timing Array) k zjišťování jemných změn geometrie časoprostoru naší Galaxie. Kromě kosmických strun by měly v oblasti velmi nízkých frekvencí gravitačně zářit i galaktická jádra s binárními supermasivními černými děrami. Na projektu NANOGrav, který byl spuštěn v roce 2007, spolupracuje 60 institucí z USA a Kanady. Na svou první detekci nízkofrekvenčních gravitačních vln však projekt teprve čeká. Prozatím se projektu podařilo stanovit pouze horní limit pro signál nízkofrekvenčního stochastického gravitačně vlnového pozadí.

Extrémní gravitace černých děr

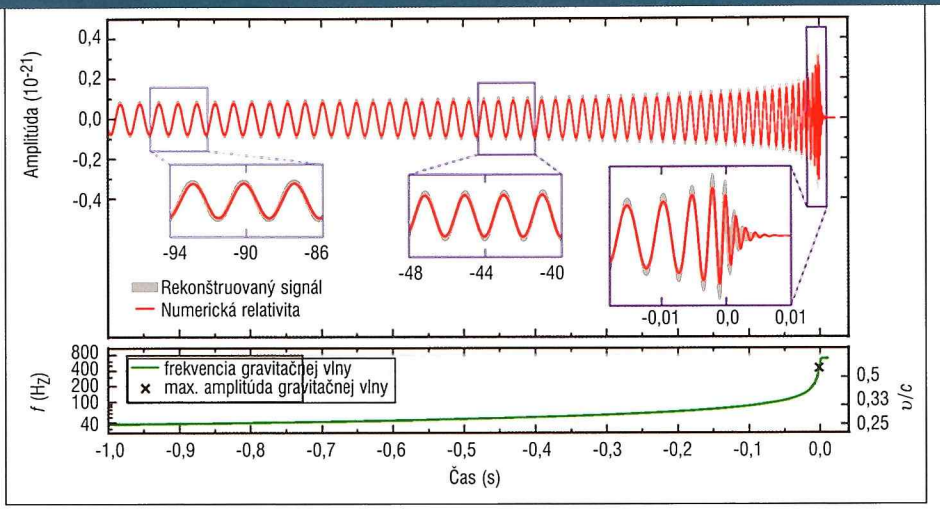
Einsteinova relativita předpovídá nezastavitelný kolaps velmi hmotných hvězd (s hmotností minimálně 3 Sluncí) do objektu nazývaného černá díra. Název černá díra je vyjádřením prostého faktu, že gravitace takových zhroucených hvězd je dosti silná, aby zabránila uniknout i světlu. Struktura extrémního černoděrového gravitačního pole má velmi daleko od newtonovského. V nitru černé díry teorie relativity predikuje obdobně jako na počátku času existenci singularity, místa s nekonečnou hustotou a nekonečným zakřivením prostoročasu. Pro testování obecné relativity je ale klíčové, že existuje pouze jedno řešení Einsteinových rovnic popisující finální stádium gravitačního kolapsu s unikátní prostoročasovou geometrií, která je parametrizována pouze hmotností, spinem – bezrozměrným vnitřním moment hybnosti určujícím rychlost rotace černé díry a případně i astrofyzikálně nepříliš realistickým elektrickým nábojem. Všechny ostatní vlastnosti hmoty i polí, ze kterých byla černá díra zformována, jsou skryty pod horizontem událostí, který představuje v prostoročase hranici, přes kterou nelze principiálně zvenčí nehlédnout. Častým poetickým vyjádřením této skutečnosti je věta „Černá díra nemá vlasy“ jednoho z otců zakladatelů relativistické astrofyziky a autora samotného slovního spojení černá díra Johna Archibalda Wheelera. V astrofyzikálně relevantním případě rotující a nenabité černé díry hovoříme o Kerrově vakuovém řešení či o Kerrově geometrii, která byla odvozena novozélandským matematikem Royem Kerrem již v roce 1963. Pokud by se vlastnosti prostoročasu v okolí skutečných černých děr od Kerrova řešení lišily, byl by to jasný signál k hluboké revizi obecné relativity a snad i ukazatel směru k nové alternativní teorii (snad i kvantové) gravitace.

Osamocené černé díry astronomických rozměrů principiálně nelze pozorovat. V elektromagnetickém spektru můžeme ale pozorovat záření hmoty, která do černých děr dopadá nebo v jejích blízkosti vytváří diskové nebo toroidální orbitující struktury. Takové procesy se dějí v mikrokvazarech, akreujících binárních systémech se stelární černou dírou nebo také na podstatně větších rozměrových škálách i v aktivních galaktických jádrech a kvasarech obsahujících supermasivní černé díry. Hmota padající do strmé a hluboké studny černoděrového gravitačního potenciálu ztrácí velmi rychle disipačními procesy v akrečním v disku nebo toru svou potenciální i kinetickou energii a uvolňuje ji ve formě elektromagnetického záření. Binární systémy s černou dírou vyzařují tímto mechanismem převážně v rentgenové oblasti, aktivní galaktická jádra a kvazary pak v méně energetičtějších oblastech

⇨

elektromagnetického spektra. Akrece na černou díru je s výjimkou anihilace nejúčinnější proces uvolňování energie ve vesmíru a lze jí uvolnit až 46 % klidové energie akreované hmoty. Přesto je díky extrémním vzdálenostem záření systémů s černými děrami detekované pozemskými nebo družicovými observatořemi velmi slabé a velká část zajímavých detailů světelných křivek zaniká v šumu. Ač zachycený signál v sobě nutně nese unikátní otisk extrémně zakřivené časoprostorové geometrie, prostředí v okolí černých děr a proto i detaily procesu přenosu záření jsou bohužel velmi komplikované. Procesy vzniku a propagace záření v blízkém poli černých děr je proto nutno modelovat pomocí superpočítačů. Výsledky simulací jsou pak porovnávány s daty rentgenových družicových observatoří i pozemských radioteleskopů *(viz obr. 5)*, přičemž se analyzují spektrální vlastnosti signálu i jeho variabilita až na milisekundových škálách. Současná observační data nejsou s relativistickými teoretickými modely v rozporu, nicméně jednoznačně měřit hmotnosti a spiny černých děr současná astrofyzika stále neumí. Obzvláště odhady spinu, pro testování obecné relativity zcela klíčové, jsou stále zatíženy velkými nejistotami. Kerrovy černé díry totiž mohou mít hodnotu spinu pouze v rozmezí mezi nulou a jedničkou. Maximální hodnotě odpovídá černoděrový horizont rotující rychlostí světla. Pokud bychom naměřili větší spin, znamenalo by to připustit existenci nahých singularit narušujících kauzální souvislost prostoročasu nebo nutnost modifikace obecné relativity. Jednou z možných a velmi zajímavých modifikací řešící problém zakázaných vysokých spinů je formulace Einsteinových rovnic pro případ jedenáctirozměrného „bulk" hyperprostoru, ve kterém náš vesmír spolu s jinými světy plave jako membrána.

Úspěch detekce gravitačních vln observatoří LIGO vnáší do testů obecné relativity v extrémní blízkosti černých děr podstatně více světla. Obdobně jako akreční procesy a přenos záření v poli černých děr, i vzory gravitačních vln jsou modelovány pomocí nástrojů numerické relativity na superpočítačích *(viz obr. 6)*. Obzvláště druhý případ úspěšné detekce observatoře LIGO označovaný jako GW151226 ukazuje téměř absolutní shodu superpočítačového numerického modelu založeného na nemodifikované obecné relativitě s pozorovaným signálem *(viz obr. 7)*. Signál GW151226 je pro numerické modelování velmi zajímavý, protože i přes malý odstup od šumu se podařilo zachytit celých 27 oběhů splývající dvojice černých děr. Celý signál má délku asi sekundu a s velmi vysokou přesností odpovídá procesu splynutí černých děr o hmotnostech 14,2 a 7,5 Sluncí ve vzdálenosti 1,4 miliardy světelných let. Zdá se tedy, že Einsteinova obecná relativita v testu v režimu silného černoděrového pole obstála více než skvěle.



Obr. 7. **Druhý případ úspěšné detekce gravitačních vln GW151226. Porovnání rekonstruované relativní amplitudy s relativistickým numerickým modelováním.** (Physical Review Letters 116, 241103 (2016)).

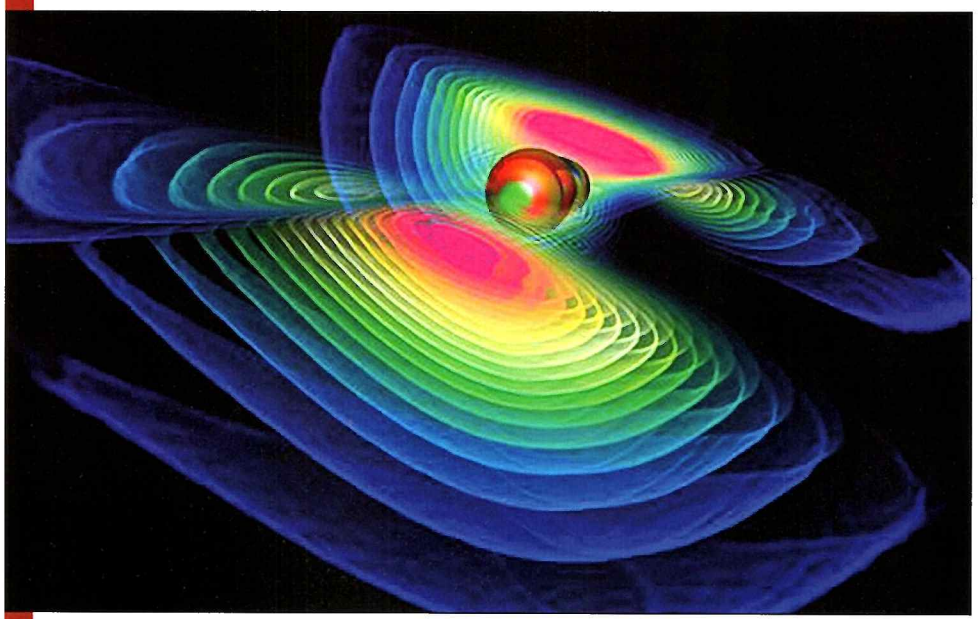
Einstein se nemýlil

Detekce gravitačních vln splývajících černých děr přinesla zcela zásadní experimentální ujištění, že prostoročas je nejen zakřivován přítomností hmoty a energie, ale že toto zakřivení se může přesně dle předpovědí obecné relativity v čase měnit a v prostoru se šířit jako vlnění. Struktura a geometrie prostoročasu jsou tedy skutečně dynamickým kosmickým jevištěm, nikoli newtonovským netečným a nekonečně trvajícím jsoucnem nezávislým na evoluci vesmíru. Detekce gravitačních vln dále potvrdila s pravděpodobností blížící se jistotě existenci černých děr i správnost relativistických modelů extrémně zakřiveného prostoročasu v jejich okolí. Můžeme tedy konstatovat, že Einsteinova obecná relativita, nebo teorie od ní se lišící velmi málo, je skutečně realistickým popisem gravitace na makroskopických škálách.

Dá se velmi důvodně předpokládat, že nové astronomické observační okno se bude docela rychle plnit novými detekcemi a je zřejmé, že úspěch týmu LIGO bude výrazným argumentem pro realizaci kosmického detektoru eLISA. Velmi slibné jsou možnosti nové generace pozemních i kosmických gravitačních detektorů, které by měly zachytit i slabší signály z těsných binárních systémů s černými děrami a neutronovými hvězdami. Pokud se totiž podaří ztotožnit zdroje vyzařující v elektromagnetickém spektru se zdroji gravitačního záření, budeme zcela jistě moci výrazně zpřesnit a korigovat naše modely astrofyzikálních procesů v okolí černých děr a neutronových hvězd. Nicméně k řešení skutečně fundamentálních otázek kosmologie a teoretické fyziky, k testům a upřesnění kosmologických modelů a případnému spojení obecné relativity s kvantovým popisem ostatních sil pravděpodobně nejvíce přispěje až očekávaná detekce primordiálních gravitačních vln nebo gravitačního záření kosmických strun.

Článok vznikol na základe rozhovorov s fyzikmi o gravitačných vlnách, ktoré sprostredkúva Ladislav Hric

●



Obr. 6. **Vizualizace výsledků numerické superpočítačové simulace silných gravitačních vln vyzařovaných binárním systémem blízce orbitujících černých děr těsně před jejich splynutím.** (MPI for Gravitational Physics/W.Benger-Zib)

Jan Oort už v roku 1932 meraním pohybov hviezd v Galaxii ukázal, že hmotnosť galaktického disku musí byť väčšia ako hmotnosť hviezd a medzihviezdnej hmoty, ktorú pozorujeme, čím ako prvý našiel dôkaz o existencii tmavej (skrytej) hmoty.

Fritz Zwicky upozornil na problém chýbajúcej hmoty štúdiom kôp galaxií v roku 1933.

No asi úplne prvý, kto navrhol myšlienku štúdia tmavej hmoty na základe meraní hviezdnych rýchlostí, bol v roku 1922 Jacobus Cornelius Kapteyn v práci „First attempt at a theory of the arrangement and motion of the sidereal system", ktorá vyšla v časopise Astrophysical Journal, číslo 55, str. 302–327.

doc. RNDr. R. Gális, PhD.

Čo bolo pred big bangom, alebo...

...bola na počiatku čierna diera? Nie je náhodou big bang a všetko čo z neho vzišlo iba holografickou fatamorgánou z inej dimenzie?

Grécky filozof Platón opísal pomocou podobenstva jaskyne preludy väzňov, ktorí celý svoj život strávili prikovaní k stenám tmavej kaverny. Za chrbtami väzňov blčal plameň. Medzi plameňom a väzňami sa predvádzali objekty, ktorých tiene sa premietali na múr pred nimi. Okrem týchto dvojrozmerných tieňov väzni nikdy nič iné nevideli. Tiene vnímali ako jedinú realitu. Okovy im neumožňovali otočiť sa, uzrieť reálny svet, skutočnosť (oproti svetu, ktorý poznali) obohatenú o jednu dodatočnú, komplexnejšiu, ale pre väzňov nepoznateľnú dimenziu. O ďalší rozmer, schopný vysvetliť všetko, čo videli.

Platón objavil čosi podstatné.

Je možné, že aj my všetci žijeme v obrovskej kozmickej jaskyni, ktorá vznikla na samom počiatku nášho sveta. Bežne hovoríme, že sa vesmír zrodil počas big bangu z nekonečne hustého bodu. **Podľa najnovších výpočtov by sme mali byť schopní vystopovať štart univerza až do éry pred big bangom. Do sveta s dodatočným priestorovým rozmerom. Do protovesmíru, ktorý mohol zanechať po sebe stopy, čo by astronómovia budúcnosti, teda my, mali objaviť a správne interpretovať.**

Zdá sa nám, že náš vesmír existuje v troch dimenziách priestoru a jednej dimenzii času. V našom scenári bude tento trojrozmerný priestor iba tieňom sveta, ktorý mal ***štyri priestorové dimenzie***. Konkrétne: vesmír, v ktorom žijeme, sa zrodil z kolapsu hviezdy v tomto supra-univerze. Kolaps, ktorý vytvoril trojrozmernú mušľu okolo štvorrozmernej čiernej diery. Našim vesmírom je práve táto mušľa.

Prečo nastoľujeme čosi, čo je na prvý pohľad také absurdné? Z dvoch dôvodov:

Prvý dôvod: Naše idey nie sú len špekuláciami, pretože vyplývajú z matematiky opisujúcej priestor a čas. Počas ostatných desaťročí vyvinuli fyzici košatú teóriu holografie, celého súboru matematických nástrojov, umožňujúcich opísať udalosti v rámci jedinej dimenzie, oproti fyzike viacerých dimenzií. Napríklad: Vedci môžu riešiť pomerne zložité rovnice hydrodynamiky v dvoch rozmeroch a využívať riešenia na pochopenie toho, čo prebieha v oveľa zložitejšom systéme. Napríklad v dynamike trojrozmernej čiernej diery. Oba opisy sú zameniteľne. Kvapalina je ideálnym analógom mimoriadnej čiernej diery.

Úspech holografie priviedol mnohých vedcov k názoru, že ide o viac ako o matematickú transformáciu. Možno nie sú hranice medzi dimenziami také stabilné, ako sme sa nazdávali. Možno sú zákony, ktoré riadia kozmos, napísané v inom súbore dimenzií a iba náhodou preložené práve do tých troch, ktoré sme schopní vnímať. Možno, podobne ako Platónovi väzni, boli sme okolnosťami prekabátení, aby sme vnímali svet v troch rozmeroch. Napriek tomu, že hlbšie pochopenie toho, čo vnímame, sa nám zjaví iba vtedy, ak budeme hľadať vysvetlenie vo štvrtej dimenzii.

Druhý dôvod: Štvorrozmerný vesmír stojí za to, aby sme sa nad ním zamysleli. Hlbšie štúdium tohto univerza môže nám môže pomôcť pri hľadaní odpovedí na otázky o pôvode a podstate kozmu. Napríklad taký big bang, primordiálny záblesk, ktorý spôsobil existenciu nášho vesmíru.

Podľa modernej kozmológie bezprostredne po big gangu nastala éra „inflácie", obdobia rýchleho rozpínania sa časopriestoru. Počas inflácie sa náš vesmír zväčšil 10^{58}-krát, ba možno aj viac.

Táto expanzia nás núti zamyslieť sa nad tým, čo big bang spôsobilo. **Štvorrozmerný vesmír dáva odpoveď na otázku „Odkiaľ sa vesmír vzal?"**

Kozmos známy a neznámy

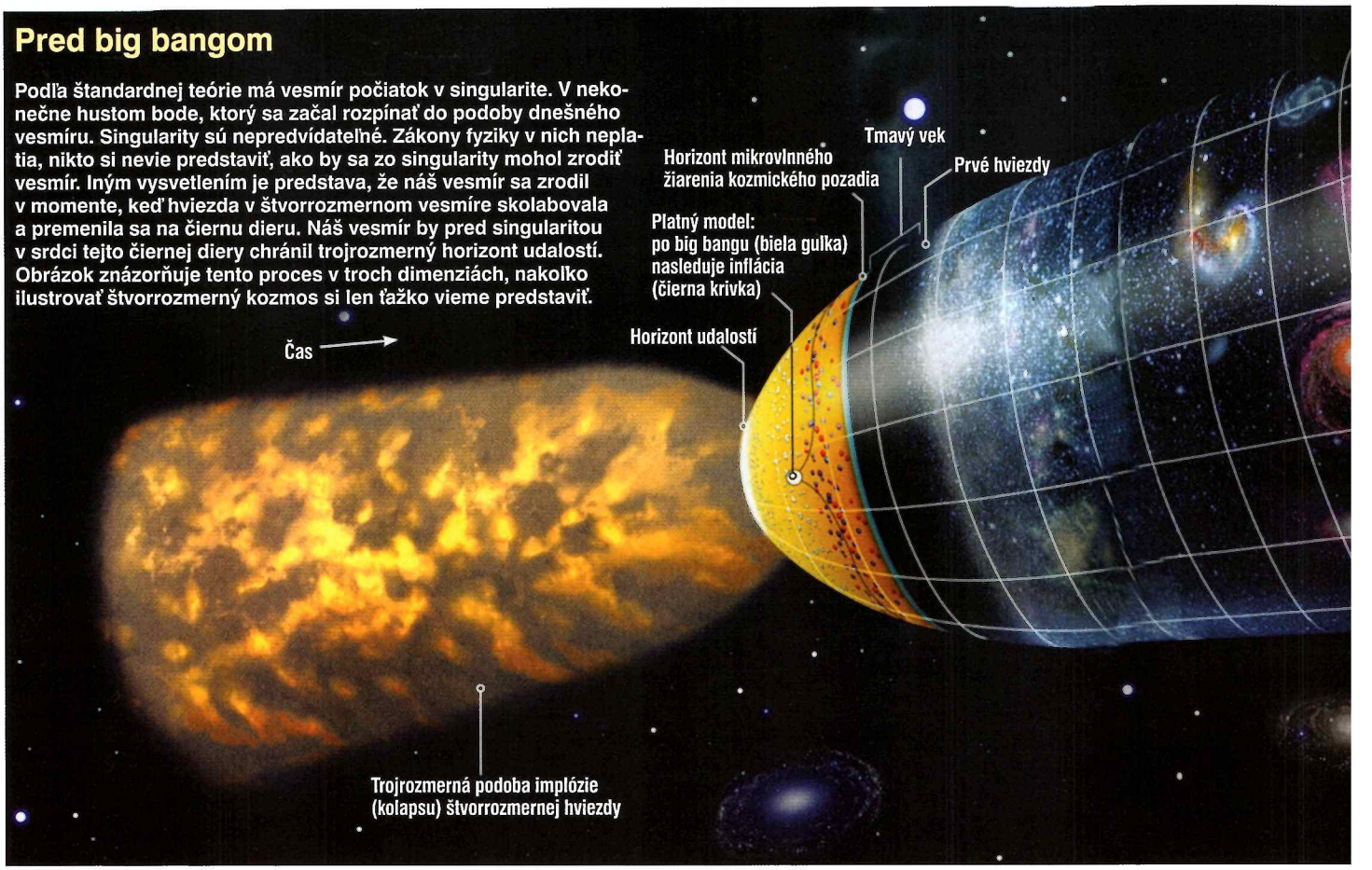
Naša výprava do štvorrozmerného vesmíru sa uskutočnila kvôli problémom, ktoré sa vynorili, keď sme premýšľali o trojrozmernom kozme. Moderná kozmológia slávi v ostatných rokoch fantastické úspechy. Tieto úspechy sa vynorili z hlbokých a zložitých záhad, ktoré nás môžu priviesť aj k holografickému vysvetleniu.

Kozmológovia dokážu rekonštruovať históriu vesmíru: od dnešného dňa naspäť proti času až po zlomok zlomku sekundy po big bangu. A to iba pomocou niekoľkých rovníc (najmä tých Einsteinových) a piatich nezávislých čísiel či parametrov. Týmito parametrami sú: hustota obyčajnej hmoty, tmavej hmoty a tmavej energie plus rozsah a tvar kvantových fluktuácií v mladom vesmíre. Tento model – kozmická paradigma Lambda Cold Dark Matter (Lambda CDM) – zohľadňuje

⇨⇨

Pred big bangom

Podľa štandardnej teórie má vesmír počiatok v singularite. V nekonečne hustom bode, ktorý sa začal rozpínať do podoby dnešného vesmíru. Singularity sú nepredvídateľné. Zákony fyziky v nich neplatia, nikto si nevie predstaviť, ako by sa zo singularity mohol zrodiť vesmír. Iným vysvetlením je predstava, že náš vesmír sa zrodil v momente, keď hviezda v štvorrozmernom vesmíre skolabovala a premenila sa na čiernu dieru. Náš vesmír by pred singularitou v srdci tejto čiernej diery chránil trojrozmerný horizont udalostí. Obrázok znázorňuje tento proces v troch dimenziách, nakoľko ilustrovať štvorrozmerný kozmos si len ťažko vieme predstaviť.



stovky (ak nie tisíce) pozorovateľmi zaznamenaných údajov. V škálach od milióna až po 10 miliárd svetelných rokov, po okraj nášho, pozorovateľného vesmíru.

Úspech pozorovateľov však neznamená, že sme problém vyriešili. História nášho vesmíru je plná problematických „bielych miest". Sme konfrontovaní s fundamentálnymi otázkami o povahe kozmu, na ktoré zatiaľ nedokážeme odpovedať.

Prvý problém: Nerozumieme piatim parametrom

Nemáme uspokojivé vysvetlenie pôvodu piatich parametrov modelu Lambda CDM. Napríklad hustota hmoty a energie vo vesmíre. Ešte nedávno sa astronómovia nazdávali, že obyčajná hmota (prvky z periodickej tabuľky) budú bude vo vesmíre dominovať. Kozmologické pozorovania túto predstavu radikálne podkopali. (Traja pochybovači sa stali laureátmi Nobelovej ceny za fyziku.) Dnes vieme, že hustota obyčajnej hmoty predstavuje sotva 5 % celkovej hustoty hmoty-energie vo vesmíre.

Ďalších 25 % predstavuje tmavá, neznáma forma hmoty, ktorá sa prejavuje iba gravitáciou *(Pozri Kozmos 2/2016, článok Záhady skrytého vesmíru)*. Ďalších 70 % vesmíru tvorí tmavá energia, záhadná substancia/sila, ktorá rozpínanie sa vesmíru urýchľuje, hoci by sa malo pôsobením gravitácie spomaľovať. Čo je tmavá hmota? Čo je tmavá energia? Prečo predstavujú 25, prípadne 70 % hmoty vesmíru? Nemáme ani tušenie...

Nejaké odpovede by sme našli, keby sme lepšie chápali big bang, náhly zrod priestoru a času v horúcej plazme žiarenia a častíc, s teplotou vyše 10^{37} K. Iba ťažko si vieme predstaviť, ako sa môže situácia počas prvých zlomkov sekundy po big bangu vyvinúť do podoby, ktorú pozorujeme dnes. Žijeme vo vesmíre, ktorý má vo veľkých škálach takmer rovnakú teplotu a plochú veľkoškálovú geometriu.

Najlepším vysvetlením veľkoškálovej geometrie nášho vesmíru môže byť kozmická inflácia. Inflácia mala tendenciu vesmír „splošťovať", zarovnávať akúkoľvek zakrivenú oblasť časopriestoru a „zabezpečovať" v ňom uniformnú teplotu. Inflácia, podobná kozmickej lupe, zväčšila nepatrné kvantové fluktuácie hustoty energie do kozmických rozmerov. A tieto fluktuácie sa stali zárodkami narastajúcich štruktúr, takých ako sú galaxie, hviezdy, planéty, ba dokonca živé organizmy.

Infláciu považujeme za veľmi úspešnú paradigmu. Celé desaťročia overovali kozmológovia hypotézy okolo inflácie, najmä analýzou mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia, ktoré je kozmickým záznamom o hustote fluktuácií v mladom vesmíre.

Najnovšie údaje zo satelitu Planck potvrdili, že pozorovateľná časť vesmíru má plochú (alebo takmer plochú) geometriu a je homogénna, takže nehomogenity sa tu vyskytujú v pomere 1:60 000. Presne tak, ako to predpovedala teória inflácie. Navyše, pozorovaný rozsah a tvar fluktuácií primordiálnej hmoty sú vo veľmi dobrom súlade s predstavou, ako by mala inflácia zväčšovať kvantové vákuum.

Druhý problém: Zatiaľ celkom nerozumieme ani inflácii

Na mieste je otázka, čo poháňalo infláciu, ktorá niesla takú veľkú energiu? Nazdávame sa, že krátko po big bangu bol vesmír do takej miery naplnený energiou, že vznikla hypotetická častica – inflatón.

Nedávno objavený Higgsov bozón má viacero vlastností, ktoré naznačujú, že práve táto častica by mohla byť inflatónom.

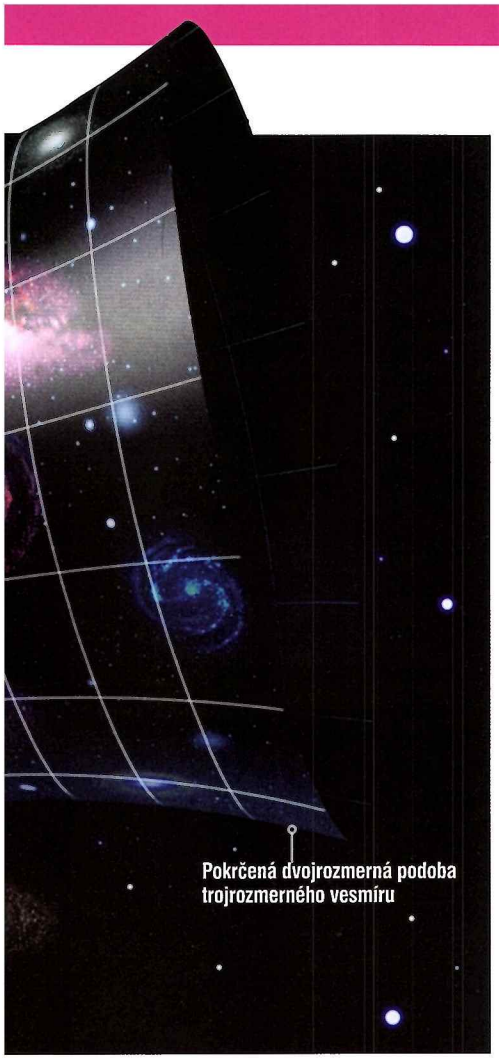
Inflácia môže byť generátorom tak zrýchľujúcej sa expanzie mladého vesmíru, ako aj architektom štruktúry nášho vesmíru. Prečo? Pretože jediné významnejšie rozdiely hustoty v mladom vesmíre zapríčinili nepatrné kvantové fluktuácie energie v poli inflatónu.

Iba inflatón však naše problémy nevyrieši. Naopak, prinúti nás o krok cúvnuť. Vlastnosti inflatónu, jeho pôvod i jeho identifikácia sú zatiaľ v oblakoch. Nevieme ani, či naozaj existuje.

Navyše, fyzici zatiaľ nevedia ani to, prečo a ako inflácia prirodzene ustala. Ak nejaký druh energetického poľa generuje exponenciálne sa rozpínajúci vesmír, čo spôsobilo, že toto pole tak náhle „hodilo spiatočku"? Neuspokojuje nás ani opis histórie vesmíru pred érou inflácie... Tej prvej bilióntiny bilióntiny bilióntiny sekundy po big bangu.

Tretí problém: Nerozumieme, ako sa to všetko začalo

Najväčšou výzvou kozmológie je pochopiť samotný big bang, to náhle, enormné rozpínanie



sa priestoru, času a hmoty z nekonečne hustého bodu, nazývaného singularita.

Singularita je nepredstaviteľne bizarným čímsi, bodom, kde sa priestor a čas zakrivujú do seba, v dôsledku čoho sa nedá rozlíšiť minulosť od budúcnosti. Všetky zákony fyziky prestanú fungovať. Singularita je vesmírom bez pravidiel a zákonov. Nemáme však dôvod nazdávať sa, že každá singularita je schopná vytvoriť vesmír usporiadaný tak, ako ho vidíme.

Očakávali by sme vývoj vesmíru zo singularity, bod po bode, do nepredstaviteľne chaotickej podoby, s obrovskými teplotnými fluktuáciami. Pritom sila, ktorá zväčšuje a rozpína časopriestor, nemusí byť všade rovnaká. Naozaj: keby boli tieto fluktuácie príliš veľké, inflácia by sa nikdy nemohla začať. Problémy singularity sa iba inflačiou nedajú vyriešiť.

Singularity sú zvláštne, ale nie celkom cudzorodé. Formujú sa aj v strede čiernych dier, v týchto skolabovaných pozostatkoch po masívnych hviezdach. Všetky hviezdy sú vlastne jadrovými reaktormi, ktoré syntetizujú ľahké prvky (najmä vodík) na ťažšie prvky. Nukleárna fúzia živí hviezdy takmer počas ich celého života a zároveň ich udržiava stabilné. Až dovtedy, kým sa palivo v jadre minie a tlakové sily už nedokážu vzdorovať gravitácii.

Hviezdy s hmotnosťou väčšou ako 11 $M_{\odot}$ končia svoj život mohutným ohňostrojom vzplanutia supernovy. Ak je ich hmotnosť vyššia ako 30 – 50 $M_{\odot}$ kolaps ich jadra nedokáže už nič zastaviť. Pokračuje donekonečna – vzniká čierna diera.

Čierne diery môžeme považovať za oblasti v časopriestore, z ktorých neunikne ani svetlo. Nakoľko je rýchlosť svetla pre akúkoľvek formu hmoty maximálne dosažiteľnou rýchlosťou, hranica čiernej diery (dvojrozmerný povrch nazývaný horizont udalostí) je tým rozhraním, spoza ktorého už niet úniku. Ak raz kusy rozpadajúcej sa hviezdy (či iná hmota) zapadnú za toto rozhranie, do konca existencie vesmíru budú od zvyšku sveta odrezané a nezadržateľne vťahované smerom k singularite v centre čiernej diery.

Podobne ako počas big bangu, aj pri tomto návrate do singularity všetky zákony zlyhávajú. Na rozdiel od big bangu obklopuje čiernu dieru horizont udalostí. Tento povrch funguje ako pokrčený papier v koši: zabraňuje úniku akýchkoľvek informácií o singularite. Horizont udalostí je štítom, ktorý chráni vonkajších pozorovateľov pred nepredvídateľnými, katastrofickými efektmi singularity.

Tým, že nás horizont udalostí oddeľuje od singularity, umožňuje nám opisovať a predvídať procesy vo vesmíre, v ktorom žijeme v rámci zákonov fyziky.

Pri pohľade z diaľky by sa nám čierna diera javila ako jednoduchá, hladká, homogénna štruktúra, prejavujúca sa iba hmotnosťou a momentom hybnosti. (Prípadne elektrickým nábojom, ak nejaký má.) Fyzici v ostatných rokoch túto konvenčnú predstavu rôznym spôsobom spochybnili, pretože nevedno, či je v súlade so zákonmi kvantovej fyziky. Platí iba to, že čierne diery sú zahalené vlastnými horizontmi udalostí.

Oproti tomu singularita big bangu (tak ako ju dnes chápeme) nie je zahalená. Nemá horizont udalostí. Privítali by sme, keby aj nás niečo chránilo pred singularitou big bangu a jej katastrofickou nepredvídateľnosťou. Niečo na spôsob horizontu udalostí.

Navrhli sme preto scenár, ktorý vníma big bang opäť ako kozmický prelud. **Podľa nás zahaľuje singularitu big bangu rovnako ako horizont udalostí singularitu v srdci čiernej diery.** Zahalenie nás ochraňuje pred premenlivými a škodlivými procesmi efektu singularity.

Extradimenzionálny kolaps

Takáto clona by sa zásadne odlišovala od horizontu udalosti. **Pretože v našom vesmíre vnímame tri priestorové dimenzie, horizont zahaľujúci singularitu v srdci big bangu musí mať tiež tri priestorové dimenzie. Nie iba dve. Ak si predstavíme, že tento horizont udalostí je výsledok kozmického kolapsu (tak ako je dvojrozmerný horizont udalosti čiernej diery výsledkom kolapsu trojrozmernej hviezdy), musel sa tento kolaps odohrať vo vesmíre, ktorý mal štyri rozmery.**

Tento extradimenzionálny scenár, v ktorom je počet priestorových dimenzií vyšší ako tri, obsahuje myšlienku, ktorá je takmer rovnako stará ako teória relativity. Po prvý raz ju zverejnil v roku 1919 Theodor Kaluza. O rok neskôr ju rozšíril Oskar Klein. Vyše päťdesiat rokov boli ich práce zabudnuté. Siahli po nich až fyzici, ktorí v 80. rokoch rozpracúvali teóriu strún. V ostatných rokoch sa nimi inšpirovali vedci, ktorí rozpracúvali kozmológiu bránových svetov (brane worlds).

Teória bránových svetov predpokladá, že náš trojrozmerný vesmír sa nachádza vo väčšom štvor- a viacrozmernom priestore. Trojrozmerný vesmír nazývame **brána (brane),** väčší vesmír nazývame **hyperpriestor (bulk).** Všetky formy hmoty a energie sú súčasťou našej trojrozmernej brány, podobne ako obraz premietaný na plátno, alebo tiene reality na stenách Platónovej jaskyne. Výnimkou je iba gravitácia, ktorá preniká všetkým aj vo viacrozmernom hyperpriestore..

Predstavme si hyperpriestor so štyrmi dimenziami, ktoré mohli existovať pred big bangom. Predstavme si, že v tomto vesmíre bolo množstvo štvorrozmerných hviezd a galaxií. Ak tieto viacrozmerné hviezdy spotrebovali svoje palivo, potom (tak ako trojrozmerné hviezdy) nevyhnutne skolabovali do čiernej diery.

Ako by vyzerala štvorrozmerná čierna diera? Aj ona by mala horizont udalostí, povrch, spoza ktorého nemôže uniknúť ani svetlo. Ibaže namiesto dvojrozmerného priestoru, aký majú obyčajné čierne diery, štvorrozmerná čierna diera by mala horizont udalostí s tromi priestorovými dimenziami.

Počas modelovania kolapsu štvorrozmernej hviezdy bolo zistené, že za istých okolností materiál vyvrhnutý počas kolapsu hviezdy môže sformovať pomaly sa rozpínajúcu trojbránu okolo trojrozmerného horizontu udalostí.

Náš vesmír je potom touto trojbránou, teda akýmsi hologramom štvorrozmernej hviezdy, kolabujúcej do čiernej diery. Kozmická singularita big bangu však ostane skrytá, naveky uzavretá za trojrozmerným horizontom udalostí.

Je to reálne?

Pre tento model hovorí viacero faktov, napríklad, že sa zaobíde bez nahej singularity, z ktorej vznikol náš vesmír. Čo však s ostatnými kozmologickými problémami, ktorými sú napríklad takmer úplná plochosť a vysoká homogenita vesmíru?

Nakoľko štvorrozmerné univerzum mohlo existovať v minulosti nekonečne dlho, každá horúca či chladná škvrna by mala dostatok času na dosiahnutie stavu rovnováhy. Supra-univerzum by sa stalo hladkým, a náš trojrozmerný vesmír by túto uhladenosť zdedil.

Navyše, nakoľko by sa nám štvorrozmerná čierna diera javila takmer holá, aj náš rozpínajúci sa trojbránový vesmír by bol hladký. Čím väčšia by bola hmotnosť štvorrozmernej hviezdy, tým plochejšia by bola brána. **Plochosť nášho vesmíru je teda dôsledkom toho, že je pozostatkom po kolapse masívnej hviezdy.**

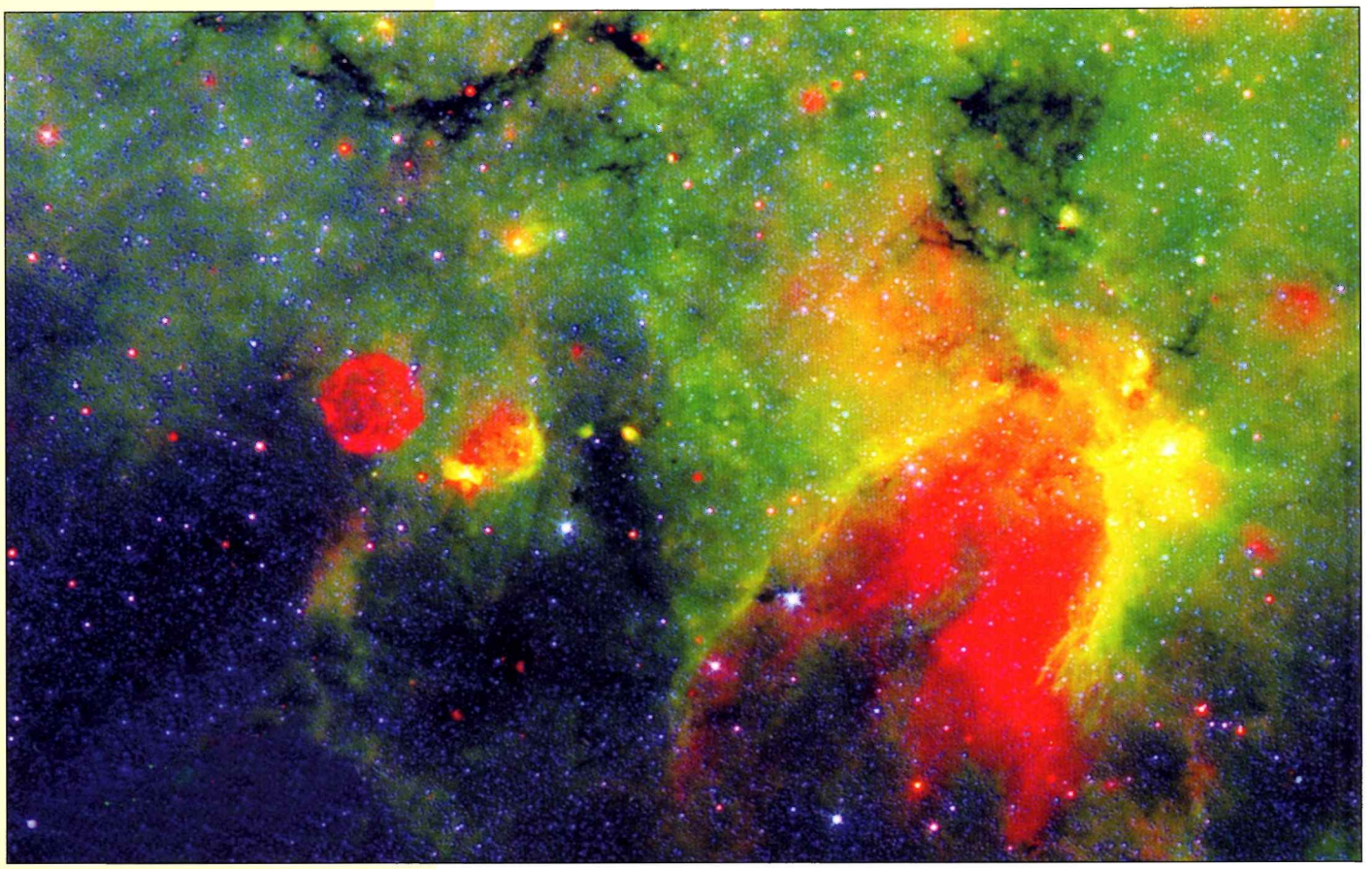
Takto náš model holografického big bangu nerieši iba záhadu homogenity a plochosti štandardnej kozmológie bez inflácie, ale eliminuje aj škodlivé efekty pôvodnej singularity.

Táto predstava sa môže zdať bláznivou, ale už dnes existuje niekoľko spôsobov, ako by sme ju mohli otestovať.

Prvou možnosťou je teda ďalej študovať mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia.

Mimo našej trojbrány by sme v ňom očakávali nejaké štvorrozmerné zhluky hmoty, čosi, čo sa akumulovalo a zahustilo pôsobením gravitácie čiernej diery.

⇨⇨



Z predsmrtnej explózie masívnej hviezdy sa obyčajne zrodí čierna diera a prachoplynový oblak, nazývaný zvyšok po supernove *(červená oblasť vpravo)*. **Vo viacrozmernom vesmíre by takáto explózia mohla stvoriť trojrozmerný kozmos.**

Autormi článku sú známi astrofyzici. ***Niayesh Afshordi*** *a* ***Robert M. Mann****, profesori fyziky a astronómie na University of Waterloo. Obaja sú členmi Perimeter Institute for Theoretical Physics, zameraného na kozmológiu a gravitáciu. R. Mann bol donedávna prezidentom Kanadskej asociácie fyzikov. Špecializuje sa na čierne diery a kvantové informácie.* ***Razieh Pourhasan*** *pôsobí na Island University. Narodil sa v Iráne, doktorát získal na Waterloo University a Perimeter Institute. Zameriava sa najmä na aplikácie holografie.*

Dalo by sa ukázať, že fluktuácie teploty v tejto extra hmote vytvoria fluktuácie aj v trojbráne. A tie deformujú mikrovlnné žiarenie pozadia neveľkými, ale merateľnými odchýlkami.

Výpočty sa odlišujú od údajov vesmírnej sondy Planck iba o 3 %. Tento nesúlad však môže byť dôsledkom sekundárnych efektov, ktoré sa ešte len modelujú.

Naviac, ak štvorrozmerná čierna diera rotuje, naša trojbrána nebude pri pohľade z rôznych strán vyzerať rovnako! Veľkoškálová štruktúra nášho vesmíru sa bude javiť v každom smere iná. Astronómovia by mali byť schopní objaviť tento efekt najmä analýzou jemných variácií reliktového žiarenia.

Keby holografický big bang vyriešil záhadu pôvodu nášho vesmíru, zároveň by nastolil nový súbor iných záhad. Predovšetkým otázkou: **kde sa nachádza a ako sa zrodil hyperpriestor, ktorý „porodil" tento náš vesmír?**

Skôr ako odpovieme, vrátime sa k Platónovi. Keď sa väzni z jeho jaskyne oslobodili, slnečné svetlo ich oslepilo. Istý čas sa museli prispôsobovať, pretierať si oči. Najprv dokázali rozlišovať iba tiene a odrazy. Až potom Mesiac a hviezdy. A napokon by správne usúdili, že „autorom všetkého, čo vnímajú", dňa, noci, ročných období a tieňov, je Slnko.

Platónovi väzni nerozumeli silám utajeným za Slnkom, tak ako my nerozumieme štvorrozmernému hyperpriestoru. Vedeli však, kde hľadať odpovede na otázky, ktoré si kládli.

Scientific American (zima 2015)
E. G.

●

Šepot stvorenia, alebo galaktický prach?

V polovici marca 2014 vzrušila kozmológov a astrofyzikov na celom svete správa z Harvard Smithsonian Center for Astrophysics. Nielen astrofyzikov, ale o prvej detekcii gravitačných vĺn referovali aj všetky médiá. Tie elektronické ju prezentovali ako hlavnú správu dňa, printové ju zverejnili na prvých stranách.

Ohromujúci ohlas mala správa na sieťach. Na facebooku, twitteri a v blogosfére ju komentovali milióny. S takýmto ohlasom u verejnosti sa v minulosti stretli iba udalosti globálneho významu. Možno povedať, že tento ohlas šokoval vedcov ešte viac ako samotný objav.

Aj v Kozmose sme vtedy o objave gravitačných vĺn podrobne referovali. Pripomeňme si: sústava mikrovlnových ďalekohľadov na Južnom póle *(na snímke)* zaznamenala v polarizácii reliktového žiarenia pozadia prekvapujúce znaky. Ak boli tieto vzory. naozaj vygenerované v mladom vesmíre, potvrdila by sa 30 rokov stará predpoveď kozmickej inflačnej teórie: „Aj najjednoduchší model inflácie dokáže generovať gravitačné vlny, zodpovedajúce fluktuáciám hustoty a teploty v mladom vesmíre."

Bol by to prvý dôkaz kvantovej povahy gravitácie, okolo ktorej sa vo svete teoretickej fyziky v ostatných rokoch najviac diskutovalo. Objavitelia (skupina vedcov okolo ďalekohľadov BICEP a Keck) boli zrelí na Nobelovu cenu.

Nadšenie však onedlho opadlo. Znaky primordiálnych gravitačných vĺn totiž nezaznamenala vesmírna sonda Planck (ESA), hoci mal na palube oveľa citlivejšie prístroje ako vedci na Južnom póle a na Havaji. Čo vedcov pomýlilo? Pravdepodobne skutočnosť, že rovnaké polarizačné vzory spôsobuje aj prach v našej Galaxii.

Tím okolo satelitu Planck neskôr dokázal, že vedci z BICEP a Keck vo svojich mapách podhodnotili stupeň „znečistenia" galaktickým prachom. Tento prach v Mliečnej ceste (medzi zdrojom vĺn a prístrojmi na Zemi) naozaj môže ovplyvňovať výsledky meraní.

Dnes však vieme, že detektor gravitačných vĺn LIGO opakovane zaznamenal gravitačné vlny z identifikovaných zdrojov, čo bola kolízia dvoch čiernych dier. Onedlho ich určite zaznamenajú aj vedci na Južnom póle. Gravitačné vlny teda nie sú Einsteinovou chimérou. Naopak, otvorili nové, veľké okno do vesmíru.

Gigantickú bublinu vo Veľkom Magellanovom oblaku (satelitnej galaxie Mliečnej cesty) vytvoril výbuch jednej, alebo viacerých hmotných hviezd v kope uprostred bubliny. Kozmické žiarenie zasahujúce Zem tvoria podobné explózie.

Mikroskopické „hodiny“ udávajú vzdialenosť...

... ku zdrojom kozmického žiarenia. Väčšina kozmického žiarenia, ktoré zasahuje Zem, má pôvod v našej Galaxii. Zdrojom tohto žiarenia podľa spektrometra CRIS (Cosmic Ray Isotope Spectrometer) na palube satelitu ACE (Advanced Composition Explorer) sú najmä blízke kopy masívnych hviezd.

Vzdialenosť, z ktorej sme schopní detegovať zdroje kozmického žiarenia, je limitovaná „životnosťou“ mimoriadne zriedkavého druhu kozmického žiarenia, fungujúceho ako miniatúrne hodinky.

Časť kozmického žiarenia tvorí aj rádioaktívny izotop ^{60}Fe s polčasom rozpadu 2,6 miliónov rokov. Počas tejto doby sa polovica jadier železa rozpadne na iné prvky.

Spektrometer CRIS zaregistroval počas 17 rokov v galaktickom kozmickom žiarení zhruba 300 000 jadier obyčajného železa. Iba v pätnástich prípadoch však išlo o rádioaktívne ^{60}Fe.

Detekcia rádioaktívnych jadier železa z kozmu naznačuje, že relatívne nedávno, počas ostatných miliónov rokov, vybuchla v susedstve Mliečnej cesty supernova. Z posledných údajov vyplýva, že zdrojom galaktického kozmického žiarenia mohli byť aj blízke kopy hmotných hviezd, v ktorých pomerne často vybuchujú supernovy. Jedna supernova raz za niekoľko miliónov rokov.

Vedci sa nazdávajú, že rádioaktívne železo sa tvorí počas vzplanutí supernov. Pripomeňme si, že ide o kataklizmatické erupcie, ktoré sú príznakom smrti masívnych hviezd. Najčastejšie sa vyskytujú v kopách masívnych hviezd nazývaných „asociácie OB“.

V blízkosti Zeme sa nachádza viac ako 20 takýchto zoskupení, ktoré sú primárnymi zdrojmi kozmického žiarenia: najmä blízke kopy v súhvezdiach Škorpióna a Kentaura. Medzi najvýraznejšie patria veľké a blízke kopy Horný Scorpius (83 hviezd), Horný Centaurus Lupus (134 hviezd) a Dolný Centaurus Cruz (97 hviezd). Tieto kopy sú podľa vedcov zdrojmi jadier rádioaktívneho železa, ktoré detegoval spektrometer CRIS na palube sondy ACE.

Najnovšie údaje podporili predpoklad, že kozmické žiarenie sa tvorí a urýchľuje v zoskupeniach OB.

Navyše, údaje zo spektrometra CRIS o prítomnosti jadier niklu a kobaltu naznačujú, že medzi vytvorením a urýchlením jadier galaktického kozmického žiarenia muselo uplynúť najmenej 100 000 rokov. To zároveň znamená, že jadrá (syntetizované v supernove) neboli jej výbuchom urýchlené. Akcelerovala ich až nárazová vlna inej blízkej supernovy. Táto však musela vybuchnúť skôr, ako trvá polčas rozpadu železa. V čase, keď sa väčšia časť ^{60}Fe z prvej supernovy ešte nestihla rozpadnúť. K druhému výbuchu teda muselo dôjsť 100 000 až 1,3 milióna rokov po prvom výbuchu.

Ako sme už spomenuli, kopy hmotných hviezd sú zriedkavými miestami vo vesmíre, kde supernovy vybuchujú najčastejšie.

Výbuchy supernov v blízkych asociáciách OB (k tým, ktoré vyprodukovali ^{60}Fe detegované prístrojom CRIS) sa odohrali dávno predtým, ako si ľudia začali všímať náhle zjasnenia hviezd (novy). Aj po novách mohli ostať stopy: nielen v pozemských oceánoch, ale aj na Mesiaci.

V roku 1999 zverejnila skupina astrofyzikov správu o tom, že výbuch supernovy v súhvezdí Škorpióna môže vysvetliť prítomnosť mimoriadne rádioaktívneho železa vo vrstve na dne oceánov, ktorá sa ukladala pred 2,2 miliónmi rokov. Údaje dokonca naznačujú, že išlo nie o jednu, ale o celú sériu výbuchov supernov. Iná skupina vedcov simuluje evolúciu kôp Scorpius a Centaurus na počítači. S cieľom odhaliť zdroje ^{60}Fe.

Stopy ^{60}Fe, onzistentné s výbuchmi supernov, našli aj v deviatich vzorkách mesačných hornín, získaných posádkami misií Apollo. Stopy sú staré tiež zhruba 2 milióny rokov.

https://source.wustl.edu/2016/04/microscopic-clocks-time-distance-source-galactic-cosmic-rays/

Washington University Press Release; Science

E. G.

Čo je kozmické žiarenie?

Kozmické žiarenie objavili pred prvou svetovou vojnou. Záhadné žiarenie tak pomenoval (koncom 20. rokov 20. storočia) americký fyzik Robert Millikan. (Poznámka: Millikan označil žiarenie pojmom „rays“ (lúče), pretože sa nazdával, že ho generuje elektromagnetický zdroj žiarenia s vysokou energiou.)

Začiatkom 30. rokov zorganizoval Arthur Compton z Washington University (Saint Luis) 8 výskumných skupín na meranie intenzity kozmického žiarenia. Pôsobili v 69 lokalitách rozmiestnených na všetkých kontinentoch.

Premenlivosť zaznamenaných hodnôt v závislosti od magnetickej dĺžky ukázala, že magnetické pole Zeme mení smer kozmického žiarenia. Z toho vyplynulo, že kozmické žiarenie nie je elektromagnetickým žiarením, ale je tvorené nabitými časticami (jadrami atómov, ktoré ionizáciou prišli o jeden alebo viacero elektrónov).

Až 90 % týchto jadier sú jadrami vodíka (protóny); 9 % tvoria jadrá hélia a iba 1 % jadrá ťažších prvkov. Ibaže práve toto 1 % jadier sa stalo kľúčom k rozriešeniu záhady procesov, ktoré tieto častice vytvárajú.

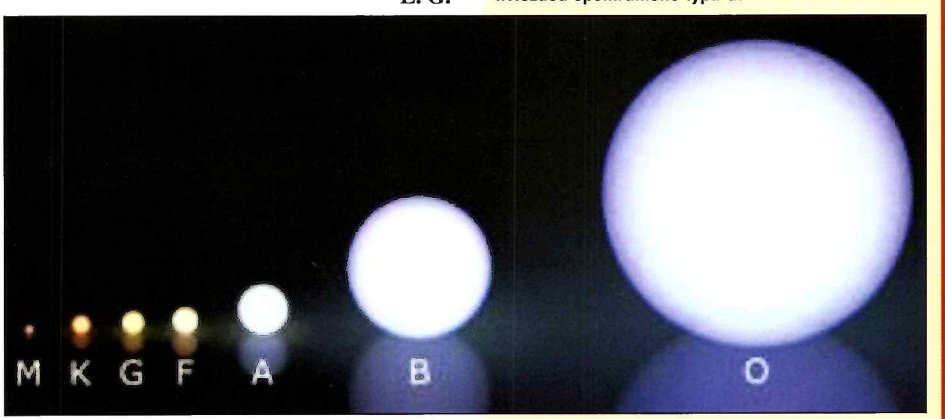
Hoci aj energetické častice z nášho Slnka nazývajú zavše kozmickým žiarením, vedci v ostatných rokoch uprednostňujú pre tieto častice s pomerne nízkou energiou akronym SEPs (solar energetic particles.)

Kozmickým žiarením nazývame teda výlučne častice prichádzajúce mimo našej Slnečnej sústavy: či už z našej Galaxie, alebo zo zdrojov mimo nej.

Väčšinu týchto častíc vygenerovali výbuchy supernov (v Mliečnej ceste, alebo v iných blízkych galaxiách) a majú energie 10^9, až 10^{10} eV. Zaznamenávame však aj častice s energiami 10^{15} eV s tokom 1 častica na 1 cm^2 za 1 sekundu. Napríklad molekuly v našej atmosfére majú kinetickú energiu okolo 0,03 eV.)

Detektory občas zachytia aj častice kozmického žiarenia s energiami o niekoľko miliárdkrát vyššími. Tie sú však mimoriadne zriedkavé. Častice s energiami 10^{19} až 10^{20} eV majú toky len na úrovni niekoľkých častíc na km^2 za storočie. Zdroje týchto extrémne zriedkavých častíc sú zatiaľ neznáme.

Zdrojmi galaktického kozmického žiarenia z vnútra Mliečnej cesty sú kopy hmotných hviezd (tzv. asociácie OB). Naše Slnko je v zobrazenej schéme hviezdou spektrálneho typu G.



Kedy sa vesmírne trojičky **prebudia k životu?**

Objav planét pri hviezde TRAPPIST 1 otvára nové možnosti skúmania života za hranicami Slnečnej sústavy

Astronómovia študujúci vesmírne objekty v okolí Slnečnej sústavy prišli s pozoruhodným objavom. Zistili, že mimoriadne chladná trpasličia hviezda TRAPPIST 1, iba o niečo väčšia než je náš Jupiter, má na svojej obežnej dráhe tri planéty. Štyridsať svetelných rokov – taká je vzdialenosť, ktorá ich delí od našich prístrojov; veľkosťou a povrchovou teplotou však nie sú od Zeme ani od Venuše až tak vzdialené.

Podľa astronómov ide o jeden z najvhodnejších známych cieľov pri hľadaní života v blízkom okolí Slnečnej sústavy. Tieto planéty sú totiž prvé, ktoré sa podarilo objaviť pri takej chladnej a málo svietivej hviezde; znamená to, že sa budú astronómom študovať oveľa lepšie než planéty ukryté v jasnej žiare horúcej hviezdy.

Význam objavu podčiarkuje fakt, že ho zverejnil časopis Nature. Šéfom rozsiahleho tímu, ktorý planéty našiel a opísal v prestížnom britskom týždenníku, je astronóm Michaël Gillon z Astrofyzikálneho a geofyzikálneho inštitútu Univerzity v Liège.

Z teoretickej možnosti istota

Medzinárodný tím pracoval s belgickým robotickým ďalekohľadom TRAPPIST (primárne zrkadlo 0,6 metra), umiestnenom na observatóriu ESO v La Silla v Čile. Okrem desiatok iných hviezd a hnedých trpaslíkov vedci pozorovali aj hviezdu označenú 2 MASS J23062928-0502285, ktorá sa nám zo Zeme premieta do súhvezdia Vodnára. Keďže hviezda je podstatne chladnejšia a červenšia ako Slnko, nemožno ju vidieť menšími ďalekohľadmi, než je TRAPPIST (napokon dostala svoje nové pomenovanie práve podľa tohto ďalekohľadu). Keď astronómovia zistili periodický pokles jasnosti hviezdy, znamenalo to, že medzi ňou a Zemou opakovane prechádza jeden alebo viacero objektov. Neskôr sa ukázalo, že na obežnej dráhe sú až tri planéty, veľkosťou porovnateľné so Zemou.

Podľa názoru vedcov z objaviteľského tímu to mení doterajší zažitý pohľad na populáciu planét v Galaxii. Rozširujú sa aj možnosti, akým môžeme hľadať vo vesmíre život; množstvo kandidátov je teraz oveľa pestrejšie, a najmä dostupnejšie. „Doteraz bola existencia planét obiehajúcich okolo mimoriadne chladných hviezd iba teoretickou možnosťou," povedal člen tímu Emmanuël Jehin. „Teraz však zrazu pri takejto slabej hviezde máme nie jednu osamotenú planétu, ale hneď celý systém, zložený z trojice planetárnych telies."

Jehinov kolega Michaël Gillon vysvetlil, prečo je hľadanie života vo vesmíre najnádejnejšie práve pri takýchto slabých a drobných hviezdach: naše súčasné technické prostriedky zatiaľ nepostačujú na to, aby spoľahlivo detegovali prípadné známky života na planétach porovnateľných so Zemou, lebo pri väčšine exoplanét tieto signály zaniknú

Takto vidí umelec chladnú trpasličiu hviezdu TRAPPIST 1 z povrchu jednej z jej planét. Hviezda sa nachádza 40 svetelných rokov od Zeme. Objav tejto malej a chladnej hviezdy, porovnateľnej veľkosťou s naším Jupiterom, otvoril nové možnosti hľadania života v blízkom okolí Slnečnej sústavy.

Ilustrácia: ESO/M. Kornmesser

v žiari materskej hviezdy. Iba pri planétach obiehajúcich okolo málo jasných chladných hviezd typu TRAPPIST 1 sa efekty spojené s prípadným životom prejavia tak, že ich vedci dokážu pozorovať.

Pripomínajú skôr Jupiter

Väčšie teleskopy vrátane osemmetrového VLT (Very Large Telescope, ESO) v Čile a jeho prístroja HAWK-I prezradili, že dve z týchto planét obiehajú okolo svojej hviezdy veľmi rýchlo: prvá s periódou 1,5 dňa, druhá 2,4. Tretia planéta je o čosi pomalšia, periódu jej obehu vedci zatiaľ iba odhadli – pohybuje sa niekde medzi 4,5 až 73 dňami.

„Pri takýchto krátkych periódach obehu musia byť planéty 20-krát až 100-krát bližšie ku svojej hviezde v porovnaní so vzdialenosťou Zeme od Slnka. Štruktúra tohto systému svojou veľkosťou teda skôr pripomína rodinu mesiacov okolo Jupitera než Slnečnú sústavu," vysvetlil M. Gillon.

Napriek tomu, že vnútorné planéty obiehajú okolo hviezdy veľmi blízko, získavajú asi iba štvornásobok (respektíve dvojnásobok) viac energie než Zem, lebo hviezda má le veľmi nízku svietivosť – v porovnaní so Slnkom len 0,05 percenta. Tieto dve planéty síce už nie sú vnútri obývateľnej zóny, no napriek tomu by sa na ich povrchu mohli v niektorých oblastiach vyskytovať podmienky vhodné pre život. Tretia planéta z tohto systému, ktorej dráhu vedci zatiaľ presne neurčili, prijíma zrejme menej energie než Zem, mohla by však ležať ešte na vonkajšom okraji obývateľnej zóny, nazývanej aj zóna Zlatovlásky (Goldilocks zone).

Vynález Jamesa Lovelocka

Za zmienku stojí, že termín „Goldilocks zone" v spojení s exoplanétami uviedol do života britský biológ James Lovelock, tvorca zaujímavej (no mnohými kritizovanej) hypotézy Gaia. Pokiaľ ide o výskum exoplanét, Lovelocka inšpirovala rozprávka o zlatovláske a troch medveďoch, v ktorej prišlo plavovlasé dievčatko k domčeku, našlo v ňom tri taniere, tri stoličky, tri postele..., no jej vyhovovalo vždy iba jedno z toho: nesmelo to byť ani malé, ani veľké, ani studené, ani horúce; jednoducho tak akurát, čiže v prenesenom zmysle „tak akurát na vznik života". Táto pomerne úzka zóna obežných dráh planét teda leží medzi oblasťami príliš blízkymi (kde sa voda vyparí) a príliš vzdialenými (kde sa voda mení na ľad).

Podľa odhadov sú Zlatovláskyne zóny malých a chladných hviezd tridsať- až stonásobne bližšie ako v prípade nášho Slnka. Už vo veľmi blízkej budúcnosti dostanú astronómovia šancu pozrieť sa do týchto oblastí s oveľa väčšou presnosťou.

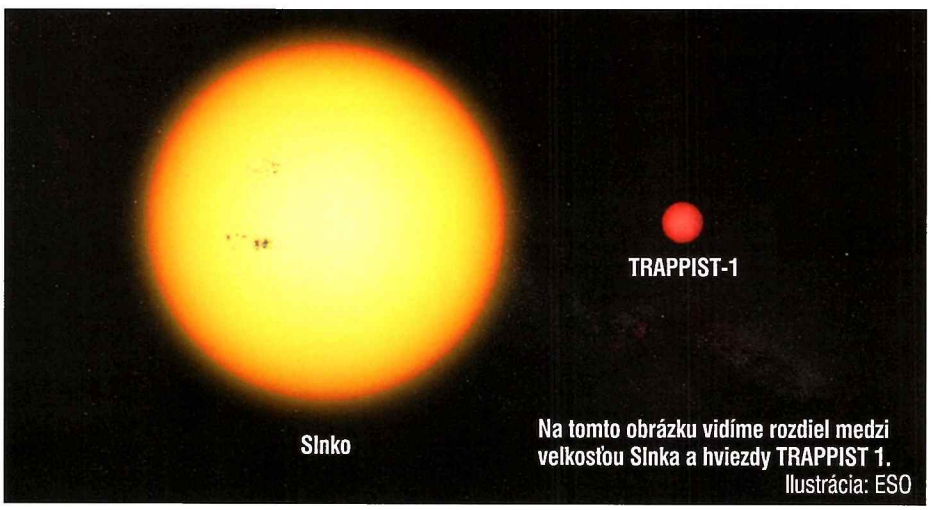
Spoluautor článku Julien de Wit z Massachusettského technického inštitútu povedal: „Pomocou obrích ďalekohľadov, ktoré sa dnes pripravujú, vrátane teleskopu E-ELT (ESO) alebo kozmického alekohľadu Jamesa Webba (v réžii NASA/ESA/CSA), ktorý sa dostane na obežnú dráhu v roku 2018, dokážeme skúmať zloženie atmosfér takýchto planét a objaviť známky vody, prípadne biologickej aktivity. Bude to veľký skok v pátraní po živote vo vesmíre." Veď stačí si iba uvedomiť, že okolo 15 percent hviezd v bližšom okolí Slnka sú práve chladné trpasličie hviezdy.

Sľubne sa rozvíja aj súvisiaci projekt SPECULOOS, ktorý už bude pracovať so zdokonaleným ďalekohľadom, vychádzajúcim z prístroja TRAPPIST. V rámci nového projektu vedci začnú pátrať po exoplanétach obiehajúcich najbližšie veľmi chladné hviezdy na observatóriu Cerro Paranal v Čile.

M. A.

ESO Press Release

https://www.eso.org/public/news/eso1615/



Na tomto obrázku vidíme rozdiel medzi veľkosťou Slnka a hviezdy TRAPPIST 1.

Ilustrácia: ESO

V r. 1978 zjistili A. Stockton aj., že *kvasary jsou fakticky jádra galaxií AGN*. Důkaz o existenci **černých veleděr** jako zdrojů zářivých výkonů kvasarů podalo studium relativně málo hmotné (4 $MM_{\odot}$) veledíry v jádře naší Galaxie. Další výzkumy prokázaly, že *jen 10 % kvasarů je rádiově hlučných*; většina je rádiově tichá, ale zato září výrazně v rentgenovém pásmu spektra. O teoretické vysvětlení existence a mechanismu záření kvasarů se zasloužili J. Zeldovič, I. Novikov, E. Salpeter, D. Lynden-Bell a M. Rees v letech 1964 – 1968. Přehlídka *SDSS* objevila do r. 2012 téměř 300 tis. kvasarů.

S. O´Sullivan aj. ukázali na základě Faradayova stáčení difúzního rádiového záření v obrovitých rádiových lalocích galaxie **Cen A** (= *NGC 5128*; nejbližší galaxie typu *AGN*; vzdálenost 3,8 Mpc), že jejich hmotnost dosahuje 10 $GM_{\odot}$ (!). Z rentgenových pozorování pak vychází jejich teplota kolem 6 MK. Laloky obsahují jak horký plyn, tak urychlené elektrony a nejspíš i relativisticky urychlené protony. Podle L. Stawarze aj. dosahuje *Lorentzův faktor* (L) v rádiových lalocích hodnoty 2 L. B. McKinley aj. pozorovali záření laloků *Cen A* pomocí interferometru *Murchison Widefield Array* v západní Austrálii na frekvenci 118 MHz (2,5 m) a odtud odvodili pravděpodobné stáří laloků v rozmezí 10 – 80 Mr. J. Ott aj. pozorovali pomocí radiointerferometru *ATCA* v *Narrabri* známý optický výtrysk z galaxie *Cen A* v rádiovém oboru na frekvenci vodního maseru 22 GHz (vlnová délka 13,6 mm), a to v lineární vzdálenosti jen 3 pc od centrální veledíry. Proto se domnívají, že základna výtrysku se nachází těsně nad černou veledírou. Maserový zářivý výkon výtrysku odpovídá svítivosti 1 $L_{\odot}$, ale na časové stupnici měsíců výrazně kolísá (plápolá).

S. Wykesová aj. zkombinovali rádiová, rentgenová a gama pozorování *výtrysků, vnitřních laloků a obřích laloků* galaxie **Cen A** a odtud odvodili, že v těchto útvarech se urychlují leptony až na energie řádu TeV a hadrony na energie řádu desítek EeV; jinými slovy jde o **extrémně energetické kosmické záření**. Zářivý výkon ve výtryscích dosahuje neuvěřitelných 10^{36} W (pětiny zářivého výkonu naší Galaxie!) díky tomu, že výtrysky polykají horké plazma tempem 3.10^{18} kg/s a ještě výrazněji se přikrmují také materiálem z hvězd, které se nacházejí přímo ve výtryscích, tempem 7.10^{19} kg/s. Tepelný tlak ve výtryscích dosahuje pouze 150 femtopascalů, z čehož však vyplývá extrémně vysoká teplota výtrysků >160 MK. Odtud pak plyne, že pomocí stochastického urychlování částic mohou být výtrysky zdrojem kosmického záření o energiích ≈100 EeV. Z pozorování *observatoře Pierra Augera* vyplývá, že v letech 2008 – 2010 bylo pozorováno 13 částic primárního kosmického záření s energiemi >55 EeV (vůbec nejvyšší energie částice dosáhla 142 EeV), které přišly ze směrů, jež se od polohy *Cen A* odchylují maximálně o 18° vlivem interstelárních a intergalaktických magnetických polí, takže jejich zdroji mohou být zmíněné výtrysky. Tomu odpovídá průměrný zářivý výkon výtrysků v pásmu extrémně energetického kosmického záření $2{,}5.10^{32}$ W. Když se pak sečtou zářivé výkony kosmického záření výtrysků ve všech energetických pásmech, dostáváme souhrnnou hodnotu 6.10^{33} W, což je docela realistické číslo.

A. Abramowski aj. objevili při soustavném dlouhodobém (duben 2004 – červenec 2010) sledování galaxie *Cen A* pomocí Čerenkovovy soustavy teleskopů **H.E.S.S.** (*High Energy Stereoscopic System*; *Windhoek*, Namibie) na okraji zorného pole v úhlové vzdálenosti 2° **blazar 1ES 1312-423**, který v pásmu 1 TeV má jen 0,5 % zářivého toku *Krabí mlhoviny*. Blazar byl posléze po dobu 3,5 roku pozorován v pásmu energií >100 MeV také družicí *Fermi*. Následkem těchto objevů byl nakonec detekován také v ostatních pásmech elektromagnetického spektra až po rádiové vlny, čili v rozsahu energií fotonů plných 16 řádů! Blazar je od nás vzdálen 400 Mpc a zmíněné vysokoenergetické záření gama pochází z netepelné složky synchrotronového záření. Relativisticky urychlené elektrony totiž předávají energii měkkým fotonům rádiového záření, jež tak mohou ztvrdnout až do rentgenového a gama pásma, V optickém oboru se současně pozoruje tepelné záření černého tělesa od mateřské galaxie blazaru. S. Bloom aj. popsali superluminální kinematiku urychlovaných 9 uzlíků z centra kvasaru **3C-279** (*Vir*; vzdálenost 1,6 Gpc) na základě jejich poloh měřených od r. 1994 s milivteřinovou přesností radiointerferometrem *VLBA*. Lorentzovy faktory se přitom mění s časem v širokých mezích 10 – 41 L (zdánlivé *superluminální rychlosti* kolísají v mezích 5 – 40 c), což nejspíš dokazuje proměnnost rázových vln ve výtryscích v typickém dvouletém intervalu. Optická jasnost výtrysků kolísá velmi výrazně v rozsahu 1:430 (!) a mezní rychlost uzlíků dosahuje až 99,8 % rychlosti světla c.

R. Mergantiová aj. mapovali výtrysky z mladé rádiogalaxie **AGN 4C12.50** (= *PKS 1345+12*; vzdálenost 480 Mpc) pomocí radiointerferometru *VLBI*. Ty totiž odnášejí přebytečný moment hybnosti materiálu, který padá na černou veledíru o hmotnosti 5 $GM_{\odot}$ v centru ultrasvítivé infračervené galaxie (*ULIRG*), která patrně vznikla srážkou dvou spirálních galaxií. Výtrysky se ve vzdálenosti asi 100 pc od veledíry střetávají rychlostí až 1 tis. km/s s chladným interstelárním plynem a brání mu v gravitačním hroucení na další pokolení hvězd. Z pozorování tak vyplývá, že *čím hmotnější je veledíra, tím více brzdí tvorbu dalších hvězd v dané galaxii a tedy i růst celé galaxie*. Autoři potvrdili, že jednoduchý lineární vztah mezi hmotností černé veledíry a o tři řády větší hmotností hvězd v celé galaxii platí až do hmotnosti veledíry 10 $GM_{\odot}$.

M. Valtonen a P. Pihajoki připomněli, že optická světelná křivka **binárního kvasaru OJ 287** (vzdálenost 1,1 Gpc; hmotnost černé veledíry ≈18 $GM_{\odot}$!) pokrývá díky archivním fotografickým snímkům úctyhodné časové rozpětí >120 let. Křivka vykazuje dlouhodobé výrazné změny jasnosti. V posledních 30 letech pozorují radioastronomové také rádiový výtrysk, jehož rádiový tok je rovněž proměnný. Kvaziperiodické změny obou křivek naznačily, že v centru kvasaru třídy *BL Lac* se nachází pár černých veleděr, jež kolem sebe obíhají po výstředných drahách v periodě 11 – 12 let, přičemž sekundární veledíra o hmotnosti „jen" 100 $MM_{\odot}$ se během oběhu dvakrát prodírá skloněným akrečním diskem primární veledíry. **Relativistické stáčení** její eliptické dráhy činí plných 39° za jeden oběh a ztráta energie soustavy vyzařováním gravitačních vln ukazuje, že obě veledíry splynou přibližně za 10 tis. let. Autoři nyní prokázali, že příčinou proměnné struktury rádiového výtrysku je **spirální magnetické pole**, v jehož ose jsou částice radiálně urychlovány až na 85 % rychlosti světla. Optické variace svědčí o proměnách struktur ve vzdálenosti řádu 1 pc od černé veledíry, zatímco rádiové změny se týkají kolébání osy výtrysku ve vzdálenostech o dva řády větších.

J. Roland aj. našli důkazy o výskytu **binárních veleděr** také v jádrech kvasarů **1823+568** (vzdálenost 1,9 Gpc) a **3C-279** (vzdálenost 1,6 Gpc). V prvním případě jsou veledíry o souhrnné hmotnosti až ≈1 $GM_{\odot}$ a poměru hmotností 0,17 od sebe vzdáleny ≈0,4 pc. Ve druhém případě jsou veledíry při obdobné souhrnné hmotnosti a jejich poměru 0,36 od sebe vzdáleny 2,7 pc. Tyto hodnoty jsou ovšem jen orientační, protože autoři museli celou řadu parametrů potřebných k výpočtům pouze odhadnout.

B. Simmons aj. spolu s dobrovolníky projektu **Galaxy Zoo** nalezli v databázi *SDSS* 13 galaxií *AGN* s hmotnostmi >10 $GM_{\odot}$, kterým chybí obvyklá výduť. Mezi nimi byly dvě galaxie s černými veleděrami ve svém centru o hmotnostech 4 $MM_{\odot}$ a 12 $MM_{\odot}$. I ostatní galaxie v tomto výběru mají v centru veledíry s hmotnostmi >1 $MM_{\odot}$. Všeobecně se má za to, že výskytu výdutí předchází

splývání dvou a více izolovaných galaxií, takže tyto vybrané galaxie žádné splývání zřejmě neprodělaly. Přesto však i pro ně platí lineární vztah mezi hmotností centrální veledíry a úhrnnou hmotností hvězd v jejich disku. Autoři proto dospěli k závěru, že *podrobnosti konkrétního způsobu vznikání hvězd v galaxiích nejsou důležité pro klíčový vztah mezi hmotností titěrné (pár miliard kilometrů) centrální veledíry a vývojem celé galaxie o rozměrech až stovek kiloparseků.*

Y. Tanaka aj. ohlásili, že družice *Fermi* pozorovala dva fotony záření gama o energiích 122 a 134 GeV, jež byly vyslány blazarem **PKS 0426-380** z rekordní vzdálenosti 2,5 Gpc. Zatím neznáme žádný blazar ve větší vzdálenosti, který by byl pozorovatelný v pásmu gama s energiemi fotonů >100 GeV.

I. Martí-Vidal aj. studovali blazar **PKS 1830-211** (vzdálenost 3,4 Gpc) pomocí aparatury *ALMA*, přičemž využili šťastné náhody, že objekt je zesílen a dvakrát zobrazen gravitační čočkou – galaxií ve vzdálenosti 2,3 Gpc. Kromě toho v době pozorování se blazar nápadně zjasnil v pásmu paprsků gama, což zaznamenala družice Fermi koncem května 2012. Autoři pozorovali blazar ve čtyřech pásmech frekvencí 100 – 300 GHz (vlnové délky 1 – 3 mm). To autorům umožnilo rozlišit podrobnosti ve výtryscích blazaru, a také změřit relativní zpoždění signálů mezi oběma čočkovanými obrazy (27 dnů). Výhledově se nabízí možnost určit přesně polohy základen protilehlých výtrysků s vrcholovými úhly 3°.

Zcela záhadně se chová svítivý blazar **0836+710** (= *4C+71.07*; vzdálenost 3,3 Gpc; stáří 3,0 Gr po Velkém třesku), jenž byl objeven již v r. 1960 jako rádiový zdroj s plochým průběhem rádiového spektra. Později se ukázalo, že patří do rodiny galaxií *AGN* a jeví čas od času významné výbuchy v rádiovém oboru, ale také v pásmu záření gama. A. Akyuz aj. jej sledovali rádiovým interferometrem *VLBI* na frekvencích 1,6 a 5 GHz (187,5 a 60 mm) a zjistili, že výtrysky z aktivního jádra mají spirální strukturu, což svědčí o jejich silném magnetickém usměrňování. V posledních letech je blazar sledován také družicemi Swift a Fermi v pásmu gama, UV i optickém. Optické, rádiové a energetické výbuchy se však odehrávají v různých časech a i časová posloupnost není příliš výrazná, takže patrně tam působí různorodé fyzikální mechanismy. V centru blazaru se nachází podle S. Jorstadové a A. Marschera veledíra o hmotnosti 2,6 $GM_{\odot}$. Ve vzdálenosti 20 pc od ní vybuchl v listopadu 2011 **GRB**, jenž dosáhl v maximu zářivého výkonu 8.10^{40} W, tj. o 4 řády vyššího než jaký produkuje naše Galaxie! V dubnu 2011 byl pozorován rádiový uzlík, jenž se od centra blazaru vzdaloval superluminální rychlostí 20 c, což po přepočtu na reálnou rychlost dává hodnotu 99,87 % rychlosti světla.

T. Sbaratto aj. využili nové rentgenové družice **NuSTAR**, jež může pozorovat v energetickém pásmu 3 – 79 keV, ke sledování blazaru **B2 1023+25**, objeveného v přehlídkách *SDSS* a *FIRST* (*Faint Images of the Radio Sky at Twenty centimetres* pomocí aparatury *VLA* v *Socorro*, N. M.). Blazar má jeden z protilehlých výtrysků namířen téměř přímo k Zemi se sklonem jen 3° k zornému paprsku a vyniká také tím, že je nadmíru rádiově hlučný. Družice zjistila, že zdroj vysílá také silné rentgenové záření v energetickém pásmu 5 – 10 keV, z čehož lze odvodit Lorentzův faktor L = 15 v okolí černé veledíry. Z červeného posuvu pak vyplývá vzdálenost 3,9 Gpc (stáří 1,1 Gr po Velkém třesku). Lze očekávat, že právě tento speciálně natočený vzdálený blazar pomůže odhalit některé úkazy v bezprostředním okolí veledíry v jeho centru.

B. Venemans aj. uvedli, že až dosud se podařilo objevit něco přes **60 kvasarů vzdálených více než 3,9 Gpc** (stáří <900 Mr po Velkém třesku). Díky nové přehlídce **VIKING** (*Visible and Infrared survey telescope for astronomy Kilo-degree Infrared Galaxy*) *ESO* na ploše 332 čtv. stupňů jižní oblohy na *Paranalu* se jim nyní podařilo přidat mezi toto vzácné zboží další tři přírůstky se vzdálenostmi 3,95 – 3,97 Gpc (stáří 790 – 830 Mr po Velkém třesku). Kvasary se podařilo zobrazit jen v infračerveném pásmu spektra. Hmotnosti jejich centrálních černých veleděr se pohybují >1 $GM_{\odot}$. Zatím tedy nejsou žádné známky úbytku počtu a hmotností kvasarů s klesajícím časem po Velkém třesku. Již v r. 2011 nalezli J. Bolton aj. a D. Mortlock kvasar **ULAS J1120+0641** ve vzdálenosti 3,98 Gpc (stáří 760 mil. let po Velkém třesku).

E. Farina aj. odhalili pomocí *3,6m NTT ESO* (*La Silla*, Chile) a 3,5m na *Calar Alto* ve Španělsku fyzický **triplet kvasarů QQQ J1519+0627**. Nejde přitom o obrazy jediného kvasaru rozštěpené gravitační čočkou. Všechny tři složky tripletu se vešly do úhlového rozteče 25", což při vzdálenosti soustavy 2,9 Gpc představuje projekci lineární rozteče pouhých 200 kpc. Kosmologické červené posuvy spektrálních čar všech tří složek tripletu jsou shodné s přesností ±1 km/s. Jde teprve o druhý takový fyzický triplet; první **QQQ J1432-0106** ve vzdálenosti 3,2 Gpc byl objeven v r. 2007 díky obřím teleskopům *Keck* a *VLT*.

K. Prochaska aj. začali využívat úhlově blízkých kvasarů, z nichž jeden je ve skutečnosti od nás mnohem dále než druhý, k testování vlastností vzdálenějšího kvasaru pomocí absorpce jeho emisních čar v mateřské galaxii bližšího kvasaru. Vybírali takové **virtuální páry**, kde bližší kvasar je vzdálen přibližně kolem 3 Gpc, přičemž průmět obrazu vzdálenějšího kvasaru spadá do intervalu vzdáleností 0,03 – 1,0 Mpc od bližšího kvasaru. Našli zatím 650 takových párů, a to jim umožnilo mapovat dokonce rozložení hmoty v halech skryté látky kolem mateřských galaxií vzdálenějších kvasarů, ale i fluktuace hustoty neutrálního vodíku v intergalaktickém prostoru a kosmologických vzdálenostech. Hmotnost hal skryté látky dosahuje v průměru 3 $TM_{\odot}$ ve vzdálenostech 3,5 Gpc (stáří vesmíru 2,6 Gr po Velkém třesku) a prostorová hustota neutrálního vodíku v těchto vzdálenostech velmi výrazně kolísá.

5.9. Černé díry a veledíry

Jedním z obtížných úkolů výzkumu černých děr je stanovení jejich **spinu** (rychlosti rotace měřené bezrozměrným parametrem a v rozmezí 0 – *Schwarzschildova černá díra* až 1 – *kriticky rotující Kerrova černá díra*). Jak uvedli G. Risaliti aj., rentgenová družice *NuSTAR* změřila vysokou hodnotu spinu a >0,84 pro černou veledíru v jádře galaxie **NGC 1365** (*For*; vzdálenost 17 Mpc; hmotnost veledíry 2 $MM_{\odot}$). Čím rychleji černá díra rotuje, tím blíže je vnitřní okraj akrečního disku k obzoru událostí, a tím přesněji lze spin změřit. Právě družice *NuSTAR* poskytuje nejpřesnější údaje, protože pracuje až do energií 80 keV, na rozdíl od družic *Chandra, Newton* a *Suzaku*, které měří jen v pásmu energií <10 keV. Ze simulací vývoje černých veleděr vyplývá, že pokud nabírají hmotu akrecí pomalu, tak se jejich spin příliš nezvýší. Vysoká hodnota spinu je proto dokladem, že veledíra prodělala krátké epizody bouřlivého nabírání hmoty, což její rotaci výrazně urychlí.

G. Ghiselini aj. poukázali na významný výskyt **relativistických kolimovaných výtrysků** vyvěrajících z blízkého okolí černých veleděr v rádiově tichých galaxiích *AGN* vzdálených od nás 3,0 – 3,2 Gpc. Vysoké rychlosti výtrysků dokazují, že jejich mateřské černé veledíry měly zpočátku velmi vysoký spin a téměř 1. Podle pozorování družic *Swift* a *Fermi* přesahují charakteristické hmot-

nosti pro příslušné veledíry hodnotu 1 $GM_{\odot}$. Rychlé výtrysky odnášejí významnou část momentu hybnosti akrečního disku, čímž usnadňují akreci zbrzděného plynu na veledíru.

J. McKinney aj. ukázali pomocí simulací, že **rotační osy černých veleděr** a roviny jejich tenkých akrečních disků mohou navzájem svírat pravý úhel, kdežto tlusté disky se díky magnetickým polím slícují s rotační osou. Modelování by se už snad brzy mohlo ověřit pomocí podrobného snímkování okolí černých veleděr v jádře Galaxie a galaxie *M87* v *Panně*. Y. Gnedin aj. ukázali, že když geometricky tlustý akreční disk kolem černé díry rotuje prográdně s jejím spinem, dostává se do výtrysků kolmých k disku o řád více energie, než když disk rotuje retrográdně.

Dalším problémem je dosud nejasná existence **intermediálních černých děr** (*IMBH*) s hmotnostmi 0,1 – 100 $kM_{\odot}$. Teoretikové ukazují, že právě splývání *IMBH* v jádrech galaxií by mělo být příčinou vzniku černých veleděr o hmotnostech 0,001 – 15 $GM_{\odot}$, ale pokusy najít zaručené *IMBH* zatím nejsou příliš přesvědčivé. N. Lutz aj. se pokusili objevit příznaky *IMBH* v šesti kulových hvězdokupách pomocí spektrálních profilů jader hvězdokup spektrografy *HST* a *FLAMES VLT ESO*. Jakousi naději skýtají hvězdokupy **M62** (*Oph*) a **M79** (*Lep*), kde by mohly být *IMBH* s hmotnostmi 2 $kM_{\odot}$, resp. 3 $kM_{\odot}$.

J. Johnson aj. však tvrdí, že pro růst veleděr *IMBH* možná vůbec nepotřebujeme, protože až do času 780 mil. let po Velkém třesku se mohou ve vesmíru vyskytovat prvotní nadhvězdy s hmotnostmi až 1 $MM_{\odot}$, které se kosmicky rychle zhroutí rovnou na miliónové veledíry. K témuž závěru dospěl také M. Letif, jenž připomíná, že už ve věku 950 mil. let po Velkém třesku určitě existují veledíry s hmotnostmi >1 $GM_{\odot}$, které vznikají rovnou ze zárodečných hmotných „semen" o hmotnostech řádu 1 $MM_{\odot}$. Počítačové simulace ukazují, že taková *semena mohou vznikat akrecí během pouhého 1 mil. roků.*

Nejpodrobněji propočítali **scénáře přímého hroucení** na veledíry J. H. Choi aj. pomocí kódu *ENZO*. Kolaps může začít i zevnitř, anebo může jít o souběžná hroucení externích chuchvalců hmoty. Centrální hroucení probíhá na délkové stupnici 1 – 10 pc a pokračuje až do kompaktního rozměru ≈10 au v koplanárních slupkách materiálu. Tempo růstu veledíry dosahuje hodnot 0,02 – 1,0 $MM_{\odot}$/r.

G. Shields a E. Bonning tvrdí, že veledíra v galaxii **NGC 1277** v kupě galaxií v *Perseovi* (vzdálenost 70 Mpc) má hmotnost >10 $GM_{\odot}$, což vůbec neodpovídá tomu, že hmotnost této galaxie dosahuje jen 120 $GM_{\odot}$. Naproti tomu největší a nejhmotnější galaxie této kupy **NGC 1275** (*Per A*; *3C-84*) má veledíru o hmotnosti jen 1 $GM_{\odot}$, ačkoliv její hmotnost dosahuje 1 $TM_{\odot}$. Autoři proto navrhli, že v centru obří galaxie se v dávné minulosti odehrálo splývání veleděr, z nichž jedna byla zpětným rázem gravitačního záření vymrštěna z centra galaxie únikovou rychlostí 1 250 km/s. Unikající veledíru však zabrzdila galaxie *NGC 1277*. takže veledíra nakonec spadla do jejího těžiště jako typické kukaččí vejce. Tuto práci však vzápětí kritizoval E. Emselen, který tvrdí, že hmotnost veledíry v galaxii *NGC 1277* je výrazně přeceněna a ve skutečnosti jen 2× přesahuje hmotnost ve vztahu mezi veledírou a hmotností celé galaxie. M. Chan ukázal, že vazba mezi hmotností veledíry a celé příslušné galaxie vyplývá z toho, že akreční disk kolem veledíry ohřívá interstelární plyn s cílem dosáhnout hydrostatické rovnováhy, což nutně vede k jednoduché úměře mezi oběma hmotnostmi.

F. Mareauxová aj. přišli s **morfologickou klasifikací černých veleděr**, jež má být obdobou známé *Hubbleovy morfologické klasifikace galaxií*. Klasifikaci založili na studiu více než 1,1 mil. galaxií z přehlídky *SDSS*, v nichž se zaručeně nacházejí centrální veledíry. Různé parametry pro galaxie s veleděrami odpovídají velikosti týchž parametrů pro stejně vzdálené polní galaxie. Tyto parametry však jasně závisejí na vzdálenosti, tj. na **stáří galaxií** s veleděrami i bez nich. Korelace mezi hmotností hvězd v dané galaxii a hmotností centrální veledíry je velmi těsná, zatímco pro hmotnost výdutě galaxie ve vztahu k hmotnosti veledíry jen přibližná.

J. Kormendy a L. C. Ho však zjistili, že *zmíněné korelace jsou jen orientační*, protože demografie vztahu veleděr a mateřských galaxií je závislá na více parametrech, jak se ukazuje díky systematickému zkoumání problému výjimečně dobře fungujícímu *HST*. V současné době jsou k dispozici kvalitní údaje o 87 galaxiích s veleděrami v těžišti. Hmotnosti těchto galaxií pokrývají interval 0,001 – 3 $GM_{\odot}$. V galaxiích, které postrádají výduť, se nacházejí veledíry s hmotnostmi 0,1 – 1,0 $MM_{\odot}$. To znamená, že *výskyt výdutě není nutnou podmínkou pro přítomnost veledíry* v dané galaxii. Na druhé straně neexistuje přímá souvislost mezi hmotností disku galaxie a centrální veledírou. Podobně prakticky neexistuje korelace mezi hmotností veledíry a hmotností hala skryté látky dané galaxie. Krmení nejméně hmotných veleděr z akrečních disků je u galaxií bez výdutě tak slabé, že to galaxii nemůže ovlivnit. Naproti tomu při prolínání obřích galaxií je akrece plynu na veledíry tak intenzivní, že to vede k relativně krátkému rozzáření kvasarů a následnému silnému ovlivnění vývoje splynuvší galaxie. U nejhmotnějších galaxií se však výrazně zvedá energetická rentgenová složka záření, což zabrzdí další tvorbu hvězd v obří galaxii, což se týká zejména obřích eliptických galaxií s nerotujícími jádry. To znamená, že **těsná korelace mezi hmotností veledíry a hmotností celé galaxie** v rozsahu 4 řádů hmotností platí obecně jen tehdy, když dochází v průběhu stárnutí příslušného komplexu galaxií k častým prolínáním a silné akreci plynu na veledíry. Z toho důvodu společný vývoj veleděr a celých galaxií se týká nejvíce obřích eliptických galaxií.

W. Ju aj a J. Comerfordová aj. snesli teoretické argumenty ve prospěch domněnky, že velmi hmotné galaxie by měly mít ve své centru **páry veleděr**. Empirické potvrzení není snadné, jak vyplývá z faktu, že dvě veledíry s identickými hmotnostmi 1 $GM_{\odot}$ obíhající kolem společného těžiště ve vzdálenosti 0,1 pc budou mít oběžnou periodu kolem 100 let. Ze statistiky **173 galaxií AGN** se však podařilo ukázat, že mezi vzdálenostmi 0,9 – 2,0 Gpc přibylo takových párů 6krát a tento růst pokračuje do vzdálenosti 3,5 Gpc (stáří 2,5 Gr po Velkém třesku) na téměř 1/5 z počtu takto vzdálených galaxií. Z těchto údajů vyplývá podle očekávání, že *v raných fázích vývoje vesmíru se galaxie daleko častěji setkávaly a prolínaly*, takže výsledná galaxie má dosud ve svém těžišti obě původní veledíry.

E. Borra využil obří databáze spekter galaxií z přehlídky *SDSS* ke hledání **krátkodobých periodických signálů** pomocí Fourierovy transformace. Takové signály našel pro 223 galaxií z přehlídky 900 tis. galaxií a ukázal, že jejich *periody závisejí na vzdálenosti galaxie od nás, tj. na jejím kosmickém stáří*. Autor se domnívá, že jde o **kratičké záblesky v bezprostředním okolí centrálních veleděr** s periodami 0,1 – 500 pikosekund (!), jež by mohly sloužit jako diagnostika vlastností okolí černých veleděr.

Snad vůbec nejzapeklitější problém v teorii černých děr vyvolaly protichůdné výsledky výpočtů, *co se stane s astronautem, který zamíří rovnou do chřtánu černé díry*. Výpočet založený na postulátech obecné teorie relativity totiž poukazuje na to, že astronaut proletí bez následků horizontem díry, a teprve později bude **roztrhán slapovými silami**. Naproti tomu kvantově mechanický výpočet se

stejným zadáním dospívá k závěru, že těsně pod hranicí obzoru událostí se nachází **ohnivá stěna**, která astronauta okamžitě spálí. Těmito rozpory se zabývají zejména významní současní teoretičtí fyzikové J. Polchinski se svými studenty, J. Maldacena, L. Susskind a mnozí další.

O tom že jde o žhavý problém, který fakticky nadhodil už S. Hawking v r. 1974 tvrzením, že **informace, která zapadla do černé díry, je navždy ztracena**, svědčí sázka r. 1997 s jeho americkým kolegou J. Preskillem. Ten se totiž domnívá, že platí opak, čili že i taková informace se musí trvale zachovat. V r. 2004 Hawking připustil, že se mýlil a Preskillovi věnoval Encyklopedii kriketu. Preskill však naopak tvrdí, že Hawking sázku dosud neprohrál, a neměl tedy nic kupovat. G. Ellis však soudí, že **Hawkingovo záření** vypařující se černé díry nelze pozorovat, protože deformuje prostor a také reliktní záření ho zatlačuje zpět. Ostatně *černé díry o hmotnostech řádu několika Sluncí se začnou rychle vypařovat až 10^67 let po svém vzniku*, takže to je prakticky nikdy. I tento zkušený fyzik však poukazuje na nespolehlivost tak dalekých extrapolací, které pak vedou ke zmíněným rozporům mezi kvantovou mechanikou a relativitou.

6. Kosmologie a fyzika

6.1. Obecné poznatky o stavbě i vývoji vesmíru

D. Gettings aj. objevili pomocí kombinace přehlídek infračervené družice *WISE (ALLWISE)* se zrcadlem o průměru pouhých 0,4 m dosud největší kupu galaxií **MOO J2342.0+1301**, která je od nás vzdálena 2,4 Gpc. Kupu pak podrobněji sledovali pomocí přehlídky *SDSS* a 8,2 teleskopu *Subaru* (*Mauna Kea*) a 3,5m zrcadla *WYIN (Kitt Peak),* a spektroskopicky též *10m Keckovým teleskopem*. Družice *WISE* se tak stala velmi důležitým nástrojem pro poznání globální struktury kup galaxií ve vesmíru.

C. Sifón aj. zkoumali **16 kup galaxií s velkou hmotností** mikrovlnným radioteleskopem *CT (Atacama Cosmology Telescope*; výška 5,2 km n.m.; frekvenční pásmo 148 – 277 GHz; vlnové délky 1,1 – 2,0 mm) na ploše 455 čtv. stupňů jižní oblohy. V každé kupě určovali červené posuvy minimálně pro 60 galaxií. Odtud dostali jejich průměrnou vzdálenost 1,6 Gpc a medián hmotností jednotlivých kup 1,2 $PM_{\odot}$. To znamená, že *uvnitř kup převyšuje střední hustota látky 200krát kritickou hustotu vesmíru* (10^{-26} kg/m^3).

M. Ajjelo aj. využili družice *Fermi* ke změření celkového množství **záření 150 blazarů** v pásmu energií fotonů gama >3 GeV, jež je usměrněné do úzkých výtrysků směřujících k Zemi. Záření výtrysků na cestě k nám prochází „zářivou mlhou" fotonů viditelného světla vysílaných hvězdami. Při interakci fotonů gama s fotony viditelného světla dochází k jejich anihilaci na páry pozitron-elektron a to oslabuje intenzitu záření gama, které k nám doletí. Odtud lze spočítat **hustotu záření hvězd** v intervalu stáří vesmíru 4 – 11,2 mld. let a nakonec i **průměrnou vzdálenost mezi hvězdami** ve vesmíru, jež vychází neobyčejně nízká: 1,3 kpc. Tomu také odpovídá již výše uvedená nepatrná kritická hustota látky vesmíru.

S. Wolfe aj. ostatně ukázali, že ani v prostoru mezi galaxiemi není úplné vakuum. Použili k této inventuře rozptýlené látky obřího *100m radioteleskopu GBT* v Green Banku (*Západní Virginie*). Proměřovali tak zdánlivě prázdné prostory mezi galaxiemi Místní soustavy **M31** a **M33** s úhlovým rozlišením 9 obl. minut. Ukázali, že intergalaktický prostor vyplňují zhruba z poloviny *chladná plynová mračna* (rozměry 2 – 6 kpc; hmotnosti 0,4 – 4 $MM_{\odot}$) a zbytek *pavučiny chladného plynu*. Hmota **intergalaktického plynu** tvoří hlavní zásobárnu materiálu pro další růst rozměrů a hmotností již existujících galaxií. V prvních třech miliardách let věku vesmíru tempo nabírání hmoty galaxiemi rostlo, ale růst se poté výrazně zpomalil, takže *dnes už je o řád nižší než před 10 mld. let*, a během příštích několika miliard let se vyčerpá.

B. Kalus aj. zkoumali prostorové rozložení **supernov třídy Ia**, které vzplanuly ve vzdálenostech do 750 Mpc od nás, s cílem objevit případnou anizotropii struktury hmoty ve vesmíru. Zjistili, že nejvyšší koncentrace supernov se nachází ve směru galaktických souřadnic l = –35°; b = –19°, avšak amplituda této anizotropie dosahuje jen relativní hodnoty 2,6 %, což je v souladu se standardním kosmologickým modelem, který připouští maximální amplitudu až 3,8 %.

M. Laraová-Lópezová aj. nalezli při zkoumání **prostorové (3D) struktury vesmíru**, že existuje velmi těsný vztah mezi průměrnými hmotnostmi hvězd, metalicitou plynu a tempem tvorby hvězd v galaxiích. D. Galliová a F. Palla poukázali na ranou fázi vývoje vesmíru, kde bylo pro tvorbu hvězd rozhodující, aby vznikly aspoň **nejjednodušší molekuly** z prvotního kosmického materiálu, tj. H_2 a a HD, popřípadě ionty H, D, He a Li. Jejich vznik však byl pozdržen tím, že hustota hmoty v rozpínajícím se vesmíru rychle klesala. Vzniklé molekuly navíc ničilo pronikavé kosmické záření a navíc neexistovaly žádné katalyzátory v pevné fázi, jež by tvorbu molekul usnadňovaly. Jakmile se však tyto molekuly přece jen zapojily do hry, začaly ochlazovat prvotní plyn H I + He I, což umožnilo **kondenzaci obézních hvězd I. generace** (populace III) tím, že molekuly interagovaly s chladnoucími fotony reliktního záření.

6.2. Problém skryté hmoty (skryté látky a energie)

Na možnost existence **skryté látky** (*dark matter*) upozornil jako první F. Zwicky již v r. 1933, když poukázal na velký nesoulad ve hmotnosti kupy galaxií v souhvězdí *Vlasů Bereniky* odvozené na jedné straně ze vztahu zářivý výkon – hmotnost, a na druhé straně z velikosti náhodných rychlostí galaxií v kupě. tj. z užití viriálové věty. Nepoměr obou hmotností byl už tehdy očividný: hmotnost odvozená z dynamiky pohybů vyšla o dva řády vyšší než hmotnost vypočtená ze zářivého výkonu téže kupy galaxií. Zwicky si pochopitelně uvědomil, že kdyby měla kupa tak malou zářivou hmotnost, tak se vinou rychlých náhodných pohybů galaxií už dávno rozpadla. Proto tehdy zavedl termín *„tmavá hmota"*, který je terminologicky přesnější než dnes užívaná „temná hmota", protože temnou hmotu by astronomové mohli pozorovat jako siluetu na zářivém pozadí. Dnes však víme, že tmavá hmota je dokonale průhledná!

Pro všeobecné přijetí Zwickyho názoru pak sehráli rozhodující úlohu V. Rubinová a W. Ford, kteří pomocí nového typu spektrografu proměřovali od r. 1970 pomocí *2,1m reflektoru* na observatoři *Kitt Peak* v Arizoně oběžné **rychlosti hvězd v galaxii M31** v závislosti na jejich radiální vzdálenosti od těžiště soustavy. Odtud mohli spočítat dynamickou hmotnost galaxie a i v tomto případě

vyšla hodnota o dva řády větší, než jak vyplývalo se vztahu zářivý výkon – hmotnost. Během 70. let minulého století pak V. Rubinová proměřila oběžné rychlosti hvězd v mnoha dalších galaxiích, a pokaždé se stejným výsledkem.

Třetím nezávislým důkazem pro existenci skryté látky ve vesmíru se pak staly *kupy galaxií, jež slouží jako gravitační čočky*. Rozštěpené obrazy kvasarů zobrazených mezilehlými kupami galaxií mají totiž tak velké rozteče právě proto, že o jejich velikosti rozhoduje skrytá látka mezilehlé kupy, která je opět podstatně vyšší než hmotnost zářivé složky příslušné kupy a shoduje se s údaji odvozenými již zmíněnými dvěma nezávislými postupy.

V současné době se tak ukazuje, že **tajemná skrytá látka** neznámé fyzikální povahy se nejvíce koncentruje tam, kde jsou kupy galaxií, takže je v prostoru vesmíru rozložena nerovnoměrně, zhruba tak jako látka zářící. Laboratorní pokusy objasnit její fyzikální podstatu jsou přes velké úsilí experimentálních fyziků naprosto neúspěšné. Koncem října 2013 oznámili odborníci ze *Sanfordovy podzemní laboratoře* v dole *Homestake* v *Leadu* v Jižní Dakotě, že ukončili bezvýsledně zatím nejcitlivější pokus **LUX** (*Large Underground Xenon*) nalézt interakce mezi hypotetickými částicemi skryté látky **WIMP** (*Weak Interacting Mass Particles*) s jádry atomů xenonu. V experimentu *LUX* v hloubce 1,5 km pod povrchem země se nachází nádoba s 370 kg kapalného xenonu obklopená 265 t vody kvůli odstínění šumu pozadí. Jako detektory případných interakcí slouží 122 velmi citlivých fotonásobičů. Z negativního výsledku experimentu plyne *horní mez pro hmotnost částic WIMP 33 GeV/c^2*. Experiment **AMS-02** na kosmické stanici *ISS* sice pozoruje přebytek pozitronů při vysokých energiích, ale K. Blum aj. ukázali, že přebytečné pozitrony představují sekundární částice vznikající rozpadem protonů a částic alfa primárního kosmického záření, takže nemohou sloužit jako důkaz existence částic *WIMP*.

N. Okabe aj. využili **50 kup galaxií**, které slouží jako gravitační čočky, vyznačují se silným rentgenovým zářením, a nacházejí se ve vzdálenostech 0,6 – 1,0 Gpc od nás, k *mapování rozložení skryté látky* kolem nich. Pomocí širokoúhlé kamery *Suprime-Cam* v primárním ohnisku 8,2m japonského teleskopu *Subaru* na *Mauna Kea* určovali **viriálovou hmotnost skryté látky** kolem kup galaxií s průměrnou hmotností 7.10^{14} $M_\odot$ a stupeň její koncentrace vůči centru kup. Z měření vyplynulo, že mapy rozložení hustoty skryté látky vůči těžišti kupy jsou pozoruhodně souměrné a stupně koncentrace vcelku odpovídají standardnímu modelu Velkého třesku. Japonci vyvíjejí pro *Subaru* ještě výkonnější kameru a další zlepšení mapování lze očekávat také od budoucího synoptického teleskopu **LSST** (*El Peñón*, Chile; 2,7 km n.m.; –30° j.š.).

N. Busca aj. hledali **baryonové akustické oscilace** hustoty vesmírné látky pomocí >48 tis. kvasarů z přehlídky **BOSS** (*Baryon Oscillation Spectroscopic Survey*) v rámci projektu *SDSS-III*. Zmíněné kvasary se nacházejí ve vzdálenostech 3,2 – 3,6 Gpc, tj. o stáří 3,1 – 1,8 mld. let po Velkém třesku. Pro střední vzdálenost souboru 3,3 Gpc tak dostali souhlas s tempem rozpínání vesmíru v té době, vypočteném podle standardního kosmologického modelu s chybou ±3 %. Pro zajímavost, tehdejší hodnota *Hubbleovy konstanty* rozpínání vesmíru činila (224 ±8) km/s/Mpc. Z předešlých měření vyplývá, že Hubbleova konstanta se zmenšovala až do času 7,3 mld. po Velkém třesku, a teprve pak začala opět růst vinou rostoucího podílu skryté energie (*dark energy*) na hustotě hmoty vesmíru.

R. Thompson ukázal, že frekvence čtyř absorpčních čar methanolu měřených *100m radioteleskopem v Effelsbergu* ve spirální galaxii **PKS 1830-211** (která slouží též jako gravitační čočka) dává mimořádně přesnou hodnotu červeného posuvu pro příslušný maserový zdroj: z = 0,885 82. To především ukazuje, že za posledních 7,3 mld let se **poměr hmotnosti protonu k elektronu** nezměnil na relativní úrovni 10^{-7}, což je čtyřikrát ostřejší mez, než jak vyplývalo z předešlých kosmologických měření. Odtud podle autora dále vyplývá, že *stavová rovnice pro skrytou energii w = –1 je potvrzena s chybou pouze 1 promile*, takže jde opravdu téměř jistě o kosmologickou konstantu v rovnicích standardního modelu pro rozpínající se vesmír.

6.3. Základní kosmologické parametry

I. Steer poukázal na obdivuhodnou intuici belgického kosmologa **G. Lemaîtrea**, který ve své doktorské disertaci v r. 1927 odhadl ekvivalentní **stáří vesmíru od Velkého třesku** (užíval termín *„kosmické vajíčko"*) 14,2 mld. let. Tím také rehabilitoval zavedení kosmologické konstanty do Einsteinových rovnic pro vesmír a odtud vyplynulo, že *skrytá energie vesmíru musí dosahovat asi 70 % jeho hmotnosti*. V r. 1931 pak Lemaître odvodil *stavovou rovnici pro skrytou energii*; plných 67 let před jejím objevem z pozorování supernov třídy Ia.

O. Farooq a B. Ratra stanovili na základě 28 nezávislých určení hodnoty **Hubbleovy konstanty H** v rozmezí červených posuvů 0,07 – 2,3 (stáří vesmíru 2,9 – 12,8 mld. let) *čas (6,6 ±0,3) Gr, kdy se zpomalování rozpínání vesmíru překlopilo v rozpínání zrychlené*. To je v uspokojivé shodě s výsledkem výpočtu N. Buscy aj., kteří z 11 nezávislých určení H dostali pro **inflexní čas** (7,0 ±0,4) Gr. *Vesmír byl tedy téměř přesně v polovině svého dnešního stáří, když skrytá energie převzala otěže dalšího rozpínání vesmíru od brzdícího tandemu záření a skryté látky*.

G. DiBenedetto využil soudobé verze osvědčené *Baadeho-Wesselinkovy metody* a fotometrie z družice *HIPPARCOS* pro změření individuálních vzdáleností cefeid v naší Galaxii. Odtud pak mohl určit z pozorování cefeid **modul vzdáleností VMM** 18,49 mag (vzdálenost 49,8 kpc) i modul **galaxie NGC 4258** (= M106; CVn; vodní megamaser): 29,28 mag (vzdálenost 7,2 Mpc). Světelné křivky cefeid v blízké infračervené oblasti získané pro tyto galaxie díky *HST* pak posloužily k určení hodnoty H_0 = (73,8 ±2,4) km/s/Mpc, kdežto samostatný *klíčový projekt HST* dává H_0 = (72 ±8) a soubor supernov Ia H_0 = (72,4 ±6) vesměs v týchž jednotkách.

G. Fiorentinová aj. měřili pomocí kamery *WFC3 HST* světelné křivky cefeid v pásmech 555 – 1 600 nm v téže galaxii **NGC 4258** a jako obvykle ukázali, že nejmenší rozptyl hodnot lze čekat právě v nejdelší infračervené vlnové délce. Dostali tak zatím nejpřesnější modul vzdálenosti této galaxie (29,345 ±0,004), tj. vzdálenost (7,40 ±0,02) Mpc, ve shodě se vzdáleností (7,60 ±0,23) Mpc odvozenou L. Humphreysovou aj. z maserových interferometrických měření. Nicméně výsledná hodnota H_0 = (76,0 ±1,9) km/s/Mpc má patrně systematickou chybu.

Jak uvedli M. Reid aj., lze pro **určení H_0** využít čar vodní páry buzených maserovým mechanismem v akrečním disku kolem černé veledíry. Příslušná interferometrická měření akrečního disku galaxie **UGC 3789** pak umožnila zpřesnit vzdálenost galaxie na 50 Mpc s chybou 10 % a odtud odvodit jednak hmotnost centrální černé veledíry 12 $MM_\odot$, ale též hodnotu H_0 = (69 ±7) km/s/Mpc.

A. Neben a M. Turner tvrdí, že zvyšující se přesnost měření kosmologických parametrů umožní v blízké budoucnosti dosáhnout přesnosti v určování H_0 na 3 %. **Decelerační parametr q_0 = 0,57** je nyní znám s chybou 7 % a autoři se přimlouvají za to, aby místo q_0 se začal používat nový parametr Ω_M, což je součet podílu zářící a skryté látky vesmíru. Podle nejnovějších měření dosahuje 28 % souhrnné hmoty vesmíru.

M. Kilbinger aj. zkoumali pomocí *3,6m teleskopu CFHT* na *Mauna Kea* v úhlové ploše 154 čtv. stupňů **tvary 4,2 mil. galaxií** vzdálených od nás 0,75 – 2,72 Gpc. Zjistili tak, jak jsou tvary galaxií deformovány *slabým gravitačním čočkováním*, tj. rozložením hmoty vesmíru ve dvou rozměrech plochy oblohy. Tyto výsledky pak ještě porovnávali s údaji přehlídky *BOSS (SDSS-III)* na úhlové stupnici 0,8 – 350 úhlových minut a s daty *HST*. Výsledky měření pak porovnávali s různými kosmologickými modely. Nejlepší souhlas nalezli pro **plochý vesmír** s amplitudou malých fluktuací hustoty α = (0,81 ±0,01) a hodnotou Ω_M = (0,28 ±0,01). Pro stavovou rovnici skryté energie pak vyšlo w = (–1,10 ±0,15) v uspokojivé shodě se standardním modelem Velkého třesku.

F. Finelli aj. zpracovali prvních sedm let měření družice *WMAP*, která měřila parametry **reliktního záření**. Nejlepší souhlas pozorování s modely docílili pro hodnoty α = 0,812; Ω_M = 0,273 a $H_\odot$ = 70,4 km/s/Mpc. A. Domínguez a F. Prada využili skutečnosti, že extragalaktické fotony gama interagují při cestě k nám s fotony reliktního záření a jejich tok pro pozorovatele na Zemi je zeslabován tím více, čím z větší vzdálenosti přilétají. Odtud lze s výhodou určit $H_\odot$, protože klíčová **oblast zrodu fotonů gama** se nachází v rozmezí vzdáleností 170 – 400 Mpc. Autoři na základě tohoto principu obdrželi z pozorování H_0 = 72 km/s/Mpc. Podle M. Mosquery a O. Civitarese měření reliktního záření družicí *WMAP* potvrdilo, že ani *konstanta jemné struktury* (α), ani hodnota *Higgsova vakua* (**v**) se nemění s časem nad úrovní trojnásobku střední chyby měření.

6.4. Reliktní záření a magnetická pole

Neúnavná družice **WMAP** (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) pracovala v Lagrangeově bodě L_2 soustavy Země-Slunce v letech 2000 – 2009, ale definitivní výsledky byly publikovány až po zevrubném zpracování teprve v letech 2012 a 2013. Z devítiletých měření tak vyplývá podle C. Bennetta aj. **stáří vesmíru** (13,77 ±0,06) Gr, zastoupení **skryté látky** (24,0 ±0,9) % a **skryté energie** (69,3 ±0,8) %. Měření rovněž potvrdila **inflaci** v raném vesmíru a euklidovskou geometrii **plochého vesmíru**. Počet různých **vůní neutrin** omezila na (3,8 ±0,4). G. Hinshaw aj. zjistili, že **součet hmotností tří vůní neutrin** činí nanejvýš 0,44 eV/c^2, a že relativní **zastoupení helia** v raném vesmíru odpovídá standardnímu kosmologickému modelu. V čase 55 tis. let po Velkém třesku se vyrovnaly vzájemné interakce mezi látkou a zářením, a v čase 500 mil let po Velkém třesku započala **éra reionizace** vesmíru po dlouhém období **šerověku** (0,4 – 500 mil. let). Jak uvedli M. Axelson aj, **multipólový rozvoj fluktuací** reliktního záření jeví pro módy λ 2 – 300 nesouměrnost na úrovni 3,4 α, přičemž jeho vrchol leží ve směru galaktických souřadnic l = 227°; b = –27°.

Hlavní výsledky studia **reliktního záření** však v r. 2013 přicházely od umělé družice **Planck** (*ESA*), která pracovala od července 2009 do října 2013 rovněž v okolí bodu L_2. Do ledna 2012 byla její aparatura chlazena na teplotu 0,1 K a byla tehdy *nejchladnějším známým objektem ve vesmíru*. Každých šest měsíců proměřila reliktní záření po celé obloze, takže se jí podařilo uskutečnit celkem 5 přehlídek. V březnu roku 2013 byly zveřejněny nejdůležitější výsledky v celkem 30 publikacích. **Polarizační měření** se však ještě zpracovávají a budou zveřejněna později.

Stáří vesmíru od Velkého třesku se podařilo zpřesnit na (13,80 ±0,04) Gr, ale podíl **skryté energie** na hustotě vesmíru se snížil na 68,3 %. Na **skrytou látku** připadlo 26,8 % a na **zářící látku** (baryony) 4,9 %. Družice objevila velkou **chladnou skvrnu** a několik menších teplých skvrn reliktního záření. Současná průměrná teplota reliktního záření odpovídá záření černého tělesa o **teplotě** (2,725 48 ±0,000 57) K. Drobné fluktuace teploty reliktního záření na severní nebeské polokouli mají menší amplitudu než na polokouli jižní a obecně jsou o 10 % nižší (σ = 0,82), než předvídá standardní kosmologický model.

Na rozdíl od všech předešlých měření vyšla z pozorování Plancka poměrně nízká hodnota **$H_\odot$ = (68,0 ±1,5) km/s/Mpc**. Vesmír je geometricky plochý s přesností ±0,1 %. Epocha **inflace** začala později, v čase 10^{-34} s, a trvala déle, než se myslelo (10^{-32} s). Během éry inflace se vzájemné vzdálenosti objektů ve vesmíru zvětšily 10^{26}krát! Měření z družice potvrdilo se, že *existují jen tři vůně neutrin* a *součet jejich (nenulových) hmotností* nedosahuje 0,66 eV/c^2. Když pozorný čtenář srovná odpovídající výsledky obou sond a hlavně jejich střední chyby, těžko se může ubránit pocitu, že *ani jeden soubor výsledků nezohlednil správně chyby systematické*, které se přirozeně odhalují mnohem obtížněji než chyby nahodilé.

Obsáhlá polarizační měření družice *Planck* však jednoznačně vyvrátila možnost, že byly pomocí aparatury *BICEP2* na Jižním pólu objeveny gravitační vlny pocházející z nejranější fáze vývoje vesmíru. Ve skutečnosti jde o signály z prachu v kosmickém popředí. Teoreticky je ovšem možné, že citlivější polarizační měření po správně odečteném popředí jednou tyto signály módů B v polarizaci odhalí. Rané fotony se totiž mohou střetávat s prvotními gravitačními vlnami pocházejícími z období těsně po Velkém třesku. Gravitační vlny mohou polarizovat fotony, jež se pak rozptylují na elektronech původního vesmírného plazmatu, ale *výsledný signál bude asi o dva řády slabší než signál, který naměřili odborníci na aparatuře BICEP2*.

S. Mullerovi aj. se podařilo důvtipným způsobem ověřit, že *v minulosti vesmíru bylo reliktní záření teplejší než dnes.* Využili k tomu anonymní galaxie ve vzdálenosti 2,3 Gpc, která posloužila jako **gravitační čočka** k zobrazení kvasaru *PKS 1830-211* vzdáleného 3,4 Gpc. Světlo kvasaru pohlcované v molekulovém mračnu mezilehlé čočkující galaxie tak umožnilo změřit teplotu reliktního záření ve vesmíru starém 6,4 Gr. Z pozorování řady molekulových čar autoři obdrželi tehdejší teplotu reliktního záření (5,08 ±0,10) K. Standardní kosmologický model dává pro tento čas hodnotu 5,14 K, takže je naprosto v pořádku.

K nejobtížnějším úkolům moderní astrofyziky zajisté patří proměřování **indukce magnetických polí** v rozsáhlém interstelárním a intergalaktickém prostoru a určování průběhu magnetických siločar. Používá se k tomu již zmíněných polarizačních měření, ale slabá magnetická pole se tak sotva dají mapovat. Proto řada autorů zkouší náhradní cesty a využívají k tomu mračen s ultrafialovou emisní čárou vodíku Ly-α (L. Kanhaiya a S. Sethi), měření korelačních délek pro fotony záření gama a studia anizotropií v rozložení fotonů gama v kosmickém pozadí (A. Neronov; T. Venter a V. Pavlidou), Faradayovy rotace v rádiovém oboru spektra (M. Bernet aj.), zesilování magnetických polí difuzí kosmického záření (M. Bruggen), popřípadě ohybu směru vysoce energetického kosmického záření v turbulentních magnetických polích Galaxie (M. Pshirkov aj.).

Všechny tyto metody jsou teprve v pozorovacích plenkách, takže mnoho problémů ohledně vlastností magnetických polí se řeší pouze počítačovými simulacemi. D. Schleicher aj. počítali, jak silná **magnetická pole** mohou vznikat v raných halech kosmického plazmatu o hmotnostech řádu 10 $MM_{\odot}$. Autoři ukázali, že na vznik silných magnetických polí mají největší vliv turbulence v plazmatu, ať už malých či obřích rozměrů a také vznik prvního pokolení hvězd, kde se magnetické pole může zesilovat jejich rotací a vznikem dynama. Autoři tak dospívají k závěru, že indukce magnetických polí v prvotních halech dosahuje hodnot řádu 1 nT.

Podle R. Becka aj. však hlavní průlom v měřeních těchto polí, jak v naší Galaxii, tak i ve vzdálených kupách galaxií lze očekávat od měření **synchrotronového záření** v rádiovém oboru spektra. Už nyní tento úkol plní nová aparatura **LOFAR** (*LOw-Frequency ARray*) s centrem v Holandsku a rozprostřená od Velké Británie přes Francii a Německo až po Švédsko a Finsko. Jde o interferometrickou soustavu nového typu sestávající z 20 tis. nepohyblivých všesměrových antén o celkové sběrné ploše 300 tis. m^2. Zaměření na danou část oblohy se provádí fázovým přepínáním pomocí výkonného superpočítače a zpracováním obrovského toku dat v reálném čase. Systém pracuje v pásmu frekvencí 10 – 240 MHz (vlnové délky 1,25 – 30 m). Průběh magnetických polí v Galaxii se bude studovat pomocí *Faradayovy rotace*. První výsledky díky proměření rotace autoři získali pro mlhovinu větru *pulsaru v Krabu*, dále pro galaxie *M51* a *M87* jakož i pro kupy galaxií A 2255 a A 2256.

6.5. Kosmické záření

V r. 2013 vyšla řada publikací připomínající, že v srpnu 2012 uplynulo století od epochálního balónového letu rakouského fyzika **Viktora Hesse**, při němž bylo kosmické záření objeveno. Tento obor zaznamenal od té doby řadu překvapení, tj. objev **antičástic** (pozitronů) v r. 1933, důkaz *převahy urychlených protonů* jako hlavní složky primárního kosmického záření v r. 1941, *rekordní energie* primárních částic řádu 100 EeV v r. 1962 a objev zvyšujícího se *podílu těžkých jader* pro >50 EeV v r. 2010. Hlavní otázky, tj. jaké fyzikální procesy vedou k produkci částic o energiích >100 PeV a kde se nacházejí příslušné zdroje, se však stále nedaří zodpovědět.

F. Yusef-Zadeh aj. identifikovali pomocí anténní soustavy *VLA* (*Socorro, N. M.*) v centru *Galaxie* na ploše o lineárních rozměrech 160 × 43 pc^2 celkem 356 diskrétních zdrojů excitovaných molekul **methanolu**, mezi nimiž je řada maserových zdrojů na frekvencích kolem 36 GHz (8 mm). Masery vznikají srážkami molekul methanolu (CH_3OH) s částicemi pronikavého kosmického záření a umožňují změřit přesně vzdálenosti zdrojů.

M. Aartsen aj. využili v letech 2009 – 2012 doplňkové povrchové aparatury **IceTop** hlubinného projektu *IceCube* na Jižním pólu k detekci částic **energetického kosmického záření** v rozsahu energií 100 TeV – 1 EeV. Povrchový detektor *IceTop* sestává z 81 stanic s roztečemi 125 m na ploše 1 km^2. Autoři rozdělili data o energetickém spektru na dva soubory; první s mediánem energií 400 TeV a druhý s mediánem 2 PeV. V energeticky vyšším pásmu se jeví **směrová anizotropie** dvakrát vyšší než v pásmu 400 TeV. Přibližná poloha zdroje činí *0544-36* a anizotropní signál registrují na úrovni 8,5 σ. Jak ukázali M. Pohl a D. Eichler, anizotropie je reálná, ale zatím se nedá jednoznačně určit její fyzikální příčina.

O. Adriani aj. sledovali během 23. minima sluneční činnosti (červenec 2006 – prosinec 2007) izotopové složení částic H a He v kosmickém záření pomocí družice **PAMELA** (*Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics*). V době minima se tak podařilo získat jedinečné údaje o **šíření primárních částic kosmického záření** napříč *Galaxií* pro energie jader vodíku 100 – 600 MeV/nukleon a jader helia 100 – 900 MeV/nukleon. Podle W. Menna aj. získává *PAMELA* průběžně dobré údaje o energetickém spektru a chemickém složení částic kosmického záření, které jsou elektricky nabité, ale také o částicích antihmoty od pozitronů přes antiprotony až po jádra antihelia.

S. Wykesová aj. odvodili z pozorování galaxie **AGN Cen A** (= *NGC 5128*; vzdálenost 3,8 Mpc) v rádiovém, rentgenovém a gama pásmu spektra, že je dobře možné, aby v této galaxii docházelo k urychlování leptonů až na energie řádu TeV a hadronů až na desítky EeV. Několika nezávislými postupy dokázali, že jak kolimované výtrysky, tak vnitřní i obří laloky aktivní radiogalaxie mohou sloužit jako zdroje extrémně energetického kosmického záření se zářivým výkonem až 10^{36} W. Kolimované výtrysky totiž nasávají zvnějšku horký plyn tempem 3.10^{18} kg/s a k tomu také dalších 7.10^{19} kg/s z hvězd, které se nalézají uvnitř výtrysků. Teplota obřích laloků pak činí >160 MK. To vše podle názoru autorů činí z galaxie *Cen A* jasného kandidáta na patrně nejbližší zdroj extrémně energetického záření.

Také H. B. Kim usoudil na základě simulací, že galaxie **Cen A** by mohla být kýženým zdrojem extrémně energetického kosmického záření. Na observatoři *Pierra Augera v Malargüe v Argentině* se podařilo v průběhu experimentu získat přibližné polohy pro 69 částic s energiemi >55 EeV. Při odhadu průměrné indukce intergalaktického magnetického pole ve směru zorného paprsku k této galaxii řádu 1 pT by mělo být v souboru 10 částic s polohami do 5° od polohy centra galaxie. Tak velký přebytek autor sice nezjistil, ale nepřímé údaje o anizotropii poloh zmíněných extrémně energetických částic v části oblohy, která je pozorovatelná z Malargüe, dává jistou naději, že z většího souboru dat se příslušná korelace nakonec potvrdí. D. Kruppke-Hansen aj. uvedli, že pro lepší návaznost energetické škály vznikne na observatoři Pierra Augera doplňková hustší síť pozemních detektorů a čítačů mionů **AMIGA** (*Auger Muons and Infill for the Ground Array*), která umožní získávat statisticky významná data pro energie částic v rozmezí 100 PeV – 1 EeV. Podobný účel mají také tři soustavy fluorescenčních detektorů **HEAT** (*High Elevation Auger Telescope*) vybavené zrcadly ze Společné laboratoře optiky FZU AV ČR a UP v Olomouci.

Souběžně s pozorováním na jižní polokouli probíhá na severní polokouli experiment **TA** (*Telescope Array*) v Utahu. T. Abu-Zayyad aj. zveřejnili údaje o pozorování **primárních částic kosmického záření** s energiemi >1,6 EeV. Během 4 let se tak podařilo ukázat, že od energií >4,6 EeV četnost částic začíná klesat a od 54 EeV je pokles prudký, což autoři přičítají existenci **limitu GZK** (ztráty energie kosmického záření vinou interakce s fotony reliktního záření), který znemožní příchod nejenergetičtějších částic kosmického záření ze vzdáleností >75 Mpc.

B. Acharya aj. představili ambiciózní projekt **CTA** (*Cerenkov Telescope Array*) konzorcia 27 států z pěti kontinentů, v němž se budou sledovat fotony záření gama s primárními energiemi v pásmu 10 GeV –100 TeV soustavou Čerenkovových teleskopů na dvou stanicích (Chile a Kanárské ostrovy) s citlivostí o řád vyšší než dosavadní aparatury (*H.E.S.S.; MAGIC; VERITAS*). Na projektu se od počátku podílejí také čeští odborníci z FZÚ AV ČR, UP v Olomouci a MFF UK.

6.6. Astročásticová fyzika

S. Ting aj. zveřejnili první obsáhlé výsledky experimentu **AMS-02** (*Alpha Magnetic Spectrometer*) na *ISS*. Za 20 měsíců provozu aparatura zaznamenal stropy 30 mld. částic, tempem asi 10 tis. částic/min. Mezi nimi bylo 7 mil. elektronů a pozitronůô s energiemi 0,5 – 350 GeV. Přesnost měření jejich parametrů dosahuje obdivuhodného 1 %. Zastoupení pozitronů vůči elektronům přitom stoupá s rostoucími energiemi v rozmezí 10 – 250 GeV v souladu s již dříve uveřejněnými výsledky aparatur na umělých družicích *Fermi* a *PAMELA*. Vzestup k energiím 20 GeV je rychlý, ale další tempo směrem k vyšším energiím se zvolňuje. Pro energie 350 GeV tak činí podíl pozitronů už 15 %, ačkoliv teoreticky by měl s rostoucí energií klesat. Příliv částic je stálý v čase a jejich směry příchodu jsou zcela izotropní.

Kýžené částice **WIMP** skryté látky se však nepodařilo pozorovat, takže odtud vyplývá, že pokud vůbec existují, tak jejich minimální hmotnost by musela být aspoň 400 GeV/c^2. (Klidová hmotnost Higgsova bosonu je 125 GeV/c^2.) Podle T. Lindena a S. Profuma mohou za pozorované přebytky pozitronů pozorované jak Čerenkovovými pozemními teleskopy, tak aparaturami na *ISS* a umělých družicích blízké pulsary jako je **Geminga** (vzdálenost 250 pc) a **PSR B0656+14** (vzdálenost 300 pc).

P. Ade aj. využili přesných měření **multipólového spektra reliktního záření** pomocí družice *Planck* ke zpřesnění údajů charakterizujících standardní kosmologický model Velkého třesku. Vyšší členy rozvoje jsou ve výborné shodě s tímto modelem a zastoupení zářící (baryonové) a skryté látky vesmíru Ω_M představuje nanejvýš (31,5 ±1,7) % hmoty vesmíru. Hubbleova konstanta $H_\odot$ vyšla překvapivě nízká (67,3 ±1,3 km/s/Mpc). Horní mez hmotnost neutrin různých vůní činí 0,23 eV/c^2 a počet různých vůní by neměl být vyšší než 3 s chybou ±8 %.

G. Bellini aj. zveřejnili výsledky experimentu **Borexino**, jenž byl instalován pod horou *Gran Sasso* v Itálii. Během 3,7 roků provozu získali ve 187 tunách kapalných scintilátorů (3,7.10^{31} protonů) údaje o 14 **geoneutrinech**. Jsou to elektronová antineutrina, která vznikají při rozpadu β radionuklidů v nitru Země, tj. především ^{40}K, ^{232}Th a ^{238}U. Tyto radionuklidy jsou prakticky hlavními zdroji radiogenního tepla Země. Ze zemského pláště tak vystupuje tok 15 TNU (*Terrestrial Neutrino Unit)*, který se projevuje známým gradientem teploty hornin v zemské kůře. Horní mez **tepelného toku uranu a thoria** činí 4,5 TW. Z těchto měření lze tak odvozovat i tepelnou historii Země od doby jejího vzniku do současnosti.

6.7. Experimentální a teoretická fyzika

J. Bagdonaiteová aj. využili *100m radioteleskopu v Effelsbergu* (SRN) ke změření absorpčních čar rotačních přechodů **methanolu** v kvasaru *PKS 1810-211* vzdáleného od nás 2,2 Gpc. Ukázali, že za posledních 7,3 mld. let se nezměnil **poměr hmotností elektronu ku protonu** s relativní přesností lepší než 10^{-7}. Nezávislá měření R. Thompsona aj. dala týž výsledek pro poměr hmotností elektron/proton a k tomu navíc určení stavové rovnice pro skrytou energii w = –1,000 s chybou ±0,1 %. Podobný výsledek pro poměr hmotností elektron/proton pro ještě vzdálenější kvasar *J1148+5251* (3,9 Gpc), tj. pro časový interval 12,9 mld. let, obdrželi L. Lentati aj.

Jenže v témže roce 2013 se tak fundamentální hodnota, jakou je **poloměr protonu**, zašmodrchala, protože výsledky experimentálních měření dvěma různými postupy daly překvapivě odlišné hodnoty. A. Antognini aj. metodou laserové spektroskopie odvodili hodnotu (0,840 87 ±0,000 39) fm, kdežto R. Pohl aj., kteří využili metody elektronového rozptylu na protonech, obdrželi poloměr (0,877 2 ±0,004 6) fm. Obě hodnoty se navzájem liší o více než 4 %, v rozporu s udávanými středními chybami obou experimentů. Jak ukázal D. Robson, obě skupiny měřily dobře, ale v jiných vztažných soustavách. První výsledek se týká klidové vztažné soustavy spojené s protonem, kdežto druhý soustavy relativistické. Z Einsteinovy teorie pak pro tuto soustavu musí vyjít odlišná hodnota 0,879 44 fm, ve výborné shodě s měřením Pohlova týmu. Jen pro dokreslení, o jak citlivá měření se dnes v astrofyzice jedná, připomínám, že gravitační interferometry *LIGO* a *VIRGO* měří vzdálenosti mezi referenčními zrcadly interferometru s přesností 1 tisíciny **průměru** protonu!

Naproti tomu v Japonsku úspěšně pokračuje mezinárodní experiment **T2K** (*Tokai to Kamioka*) zaměřený na zjišťování **oscilací a hmotnosti neutrin**. Zdrojem dosud nejintenzívnějšího svazku neutrin je protonový urychlovač *J-PARC* (*Japan – Proton Accelerator Research Complex*) v *Cukubě* a detektorem proslulá podzemní aparatura *Superkamiokande* (nádrž s 50 kt destilované vody) vzdálená od urychlovače 295 km. Urychlené protony narážejí do grafitových terčů, v nichž vznikají dceřinné částice, jež se nakonec štěpí na páry mionů a mionových neutrin usměrněné do úzkých svazků. Na experimentu se podílí 400 fyziků z 59 institucí v 11 státech. Během stále probíhajícího experimentu fyzikové potvrdili, že během letu *dochází k oscilacím neutrin s pravděpodobností 99,9985 %*, což odpovídá střední kvadratické odchylce pohodlných 7,5 σ. Roste tak naděje, že se po delším provozu podaří určit jak hmotnosti neutrin různých vůní, tak i tři mixážní úhly, které charakterizují jednotlivé oscilace. *Oscilace neutrin jsou podle R. Aaije aj. patrně také důvodem, proč ve vesmíru převažuje hmota nad antihmotou.*

Vcelku úspěšně probíhá i náročný neutrinový experiment v Antarktidě **IceCube** (276 odborníků ze 12 států), jenž podle D. Foxe aj. zaznamenal už 28 neutrin s energiemi 0,03 – 1,14 PeV, z toho asi 11 činí atmosférické pozadí (interakce energetického kosmického záření s atomovými jádry v atmosféře). Bohužel se zatím nedaří identifikovat konkrétní zdroje vysoce energetických neutrin, i když se předpokládá, že přicházejí z objektů uvnitř naší Galaxie. Podle F. Vieyra aj. se to podaří dokázat až po desetiletém provozu aparatury. Jak uvedli M. Aartsen aj., aparatura *IceCube* dosáhla v květnu 2011 plánované citlivosti, protože na 86 svislých šňůrách zapuštěných do ledu již pracuje >5 tis. fotonásobičů v hloubkách 1,5 – 2,5 km pod povrchem. Zatím se však nedaří nalézt očekávané koincidence mezi energetickými neutriny a vysoce energetickými částicemi kosmického záření.

G. Zhao aj. studovali **multipólové spektrum shlukování galaxií** na základě přehlídky *SDSS-III BOSS* (*Baryon Oscillation Spectroscopic Survey*) a odtud zjistili, že hmotnosti všech vůní neutrin dávají horní mez <0,8 eV/c^2, a pravděpodobně dokonce <0,34 eV/c^2. Počet různých vůní neutrin však vychází překvapivě vysoký: (4,0 ±0,9), což ovšem ještě nevylučuje, že existují jen 3 vůně neutrin. Autoři této studie rovněž určili parametry standardního kosmologického modelu vesmíru: $H_\odot$ = (69,7 – 73,8); Ω_M = = 0,28 a w = –1.

Urychlovač **LHC**, který dosáhl v r. 2012 historického úspěchu objevem **Higgsova bosonu**, posloužil v dalších měřeních k několika nezávislým důkazům, že objevená částice má opravdu vlastnosti, které teorie předvídala. V polovině února 2013 však byl odstaven kvůli plánované modernizaci, která má v r. 2015 umožnit zvýšit maximální energii urychlovače na téměř dvojnásobek (13 TeV). Objem uložených vědeckých dat z měření přesáhl hranici 100 PB. Na jejich využití se podílí odhadem asi 10 tis. fyziků po celém světě. Jen 15 % objemu dat je uloženo ve výpočetním velestředisku přímo v *CERN*; většina na stanicích po celém světě. Úložiště jsou propojena optickými vlákny s přenosovou rychlostí 10 Gbit/s.

J. Antoniadis aj. využili obřích radioteleskopů v *Arecibu, Green Banku a Effelsbergu* jakož i optických teleskopů *VLT ESO a SDSS* k podrobnému studiu milisekundového pulsaru **J0348+0432** (*Tau*; rotační perioda 39 ms; vzdálenost 2,1 kpc), jehož průvodce je bílý trpaslík (21 mag; poloměr 0,07 $R_{\odot}$; T_{eff} = 10 kK; hmotnost 0,18 $M_{\odot}$; indukce magnetického pole 200 kT; stáří 2 Gr) , který obíhá kolem společného těžiště binární soustavy v periodě 2,5 h ve střední vzdálenosti 800 tis. km km od pulsaru. Z kombinace fotometrické a spektroskopické dráhy bílého trpaslíka se autorům podařilo určit, že oběžná doba trpaslíka se během dvouletého sledování zkracovala tempem 9 mikrosekund/rok. Odtud pak autoři mohli spočítat dosti přesnou hmotnost neutronové hvězdy/pulsaru (2,01 –0,04) $M_{\odot}$, tedy velmi vysoko nad *Chandrasekharovou mezí*, ale v souladu s *Landauovou-Tolmanovou-Oppenheimerovou-Volkoffovou mezí* pro neutronové hvězdy. Podle principu obecné teorie relativity (vyzařování gravitačních vln) odhadli i čas, kdy dojde ke splynutí obou objektů (400 mil. let). Autoři navíc usoudili, že zmíněná soustava se na počátku své existence skládala z obézní hvězdy o hmotnosti 20 – 25 $M_{\odot}$ a průvodce o hmotnosti 1,0 – 1,6 $M_{\odot}$, ale v budoucnu nakonec splyne na hvězdnou černou díru. Porovnání zmíněných pozorování s teorií relativity dává souhlas (1,05 ±0,18), kde 1,00 by byla dokonalá shoda.

E. Pitjevová a N. Pitjev zveřejnili nejnovější **efemeridy EPM2011** pro tělesa Sluneční soustavy na základě 678 tisíc velmi přesných optických i rádiových poloh planet a kosmických sond uskutečněných v letech 1913-2011. Díky tomuto souboru dat se podařilo zpřesnit **postnewtonovy parametry** (*PPN*), které korigují základní odchylky vzniklé zavedením obecné teorie relativity vůči Newtonově fyzice. Tak se podařilo zlepšit hodnotu pro dynamické zploštění Slunce, horní mez pro změnu gravitační konstanty s časem a určit horní mez pro podíl skryté látky (*dark matter*) na hmotnosti Sluneční soustavy $<8.10^{-11}$ $M_{\odot}$ do vzdálenosti poloměru dráhy Saturnu. Odtud též vyplývá horní mez pro střední hustotu skryté látky $<10^{-17}$ kg/m^3.

N. Hinkley aj. ohlásili úspěch při konstrukci dvou **přesných atomových hodin** založených na optických mřížkách chlazených atomů ytterbia (protonové číslo 70), které dosáhly relativní přesnosti 1,6 10^{-18}. Dosavadní špičkové cesiové hodiny dosahují přesnosti 4.10^{-16}, ale budoucí vývoj optických hodin oscilujících na frekvencích o 5 řádů vyšších určitě povede k přesnosti 1.10^{-18}. To pak umožní měřit **Einsteinovo zpoždění** přesných hodin v zemském gravitačním poli s přesností vzdálenosti hodin od těžiště Země ±10 mm a povede k zásadním proměně geodézie a četným aplikacím v hydrologii, geologii, studiu změn klimatu i kosmické navigaci. Pomůže také odlišit teorii relativity od jiných gravitačních teorií a případně nalézt novou fyziku za hranicemi standardního kosmologického modelu.

Jak známo, **etalony délky, rychlosti, frekvence a času** se postupně podařilo předefinovat pomocí relativně snadno testovatelných fyzikálních vztahů. Zbývá však jeden ožehavý etalon - jednotka hmotnosti **kilogram**. Ten je stále definován jako hmotnost prototypu uloženého v *Ústavu pro míry a váhy ve Francii*, a přesnost tohoto etalonu je nízká, což nevyhovuje ani fyzikům, ani astronomům. Jak uvádí S. Lan aj., svítá však naděje, že se v dohledné době podaří i tento etalon nahradit díky *vztahu mezi energií, frekvencí a Planckovou konstantou*, takže relativní přesnost snadno reprodukovatelného etalonu by stoupla ze současných 10^{-4} na 10^{-9}. S tím také souvisí šokující výsledek nejnovějších měření **gravitační konstanty** pomocí torsních vah: G = 6,675 45.10^{-11} m^3/kg/s^2 T. Quinnem aj., zatímco standardní hodnota činí 6,674 08 v týchž jednotkách s relativní střední chybou 5.10^{-5}. Nová hodnota je však proti standardu vyšší o čtyřnásobek udané střední chyby a naopak se shoduje se starším měřením z r. 2001.

Z. Merali v přehledovém článku o povaze prostoru a času konstatoval, že dosud neznáme odpověď na otázku, kde se prostor a čas vzaly, protože *singularity obecné teorie relativity svědčí o tom, že je to neúplná teorie.* Počátkem 70. let minulého století se ukázalo, že jak OTR, tak kvantová mechanika se dají propojit s termodynamikou díky objevům S. Hawkinga o **vyzařování černých děr** a J. Bekensteina, že *černé díry mají entropii*. Termodynamika je přitom statistická teorie a vede automaticky k Newtonově gravitační teorii. Teoretici od té doby vyvinuli velké úsilí, aby se konečně podařilo *sjednotit OTR a kvantovou mechaniku*, ale dosavadní nápady jsou až pozoruhodně neúspěšné při experimentálním testování v podzemních laboratořích anebo pozemních urychlovačích. Mnohé domněnky pak mají tu vadu, že ani žádné testování experimentem či astronomickým pozorováním nenabízejí. Současný neuspokojivý stav řešení zapeklitých otázek teoretické fyziky však naznačuje, že je před námi nebo našimi potomky další fyzikální revoluce, což se zajisté odrazí také v kosmologii a astrofyzice.

7. Život na Zemi a ve vesmíru

Překvapivý objev *třetí domény života* nazvané **archea** (původně *archebakterie*) zveřejnil Carl Woese (1928 – 2012) teprve v r. 1977 a získal za tento objev prestižní Crafoordovu cenu v r. 2003. (Dalšími doménami jsou *bakterie* a *eukaryota*.) Na rozdíl od novějších dvou domén jsou archea nejstarobylejší živé organismy doložené na Zemi už před více než 3,5 mld. let. Lze je většinou charakterizovat jako **extremofily**, které jsou daleko odolnější vůči vlivům vnějšího prostředí než domény novější. Pokud je tedy někde ve vesmíru život, tak právě archea mohou být jeho prvotní složkou, jenže důkaz jejich existence bez zkoumání na místě (in situ) je velmi obtížný. Mimochodem, T. Willams aj. se domnívají, že ve skutečnosti existují *jen dvě domény života* na Zemi, tj. archea a bakterie. Podle jejich názoru eukaryota vznikly kombinací předešlých dvou domén.

M. Lever aj. zjistili, že ve vzorcích sedimentů z hloubek až 600 metrů pod okrajem podmořského hřbetu *Juan de Fuca* v Pacifiku se nacházejí četné **mikroorganismy**, které žijí díky zdrojům energie z methanu, síry a vodíku. Po několikaleté inkubaci vzorků v laboratoři se podařilo jednoznačně prokázat metabolickou aktivitu vzorků, které patrně využívají ke své výživě také vody prosakující ze dna oceánu. Současný **počet druhů organismů** na Zemi je přesto podle M. Costella aj. menší, než se dosud soudilo, protože činí jen (5 ±3) mil. druhů.

S. McMahon aj. uvedli, že pro **vznik a rozvoj života ve vesmíru** mohou být daleko významnější *podpovrchová jezera* či dokonce *oceány*, jak se to začíná ukazovat například u některých měsíců obřích planet Sluneční soustavy. Tyto oblasti jsou jednak většinou objemově rozsáhlejší než oceány a jezera na povrchu planet, a jednak jsou dostatečně kryty před účinky pronikavého energetického kosmického záření.

S podobným nápadem, že *život by mohl být i na přirozených družicích (měsících) exoplanet*, vystoupili R. Heller a J. Zuluaga. Všimli si totiž, že v potenciálních ekosférách některých hvězd se nacházejí planety pro život nevhodné, tj. plynní obři o hmotnostech až 10 M_j, ale kolem nich zajisté obíhají měsíce, jak to ostatně vidíme u plynných obrů ve Sluneční soustavě. Nevýhodou měsíců je ovšem nedostatečná ochrana jejich povrchu před energetickým zářením, jelikož jim chybí vlastní dipólové č multipólové magnetické pole. Autoři však soudí, že o magnetickou ochranu by se mohla postarat mateřská obří plynná planeta, ale má to háček v podobě radiačních pásů, které budou zajisté život na měsíci ohrožovat. To by však nemuselo nijak vadit, pokud se bude život ukrývat v hloubce pod povrchem příslušného měsíce.

Neúnavný panspermik N. Wickramasinghe snesl nové důkazy ve prospěch domněnky, kterou publikoval v řadě článků se svým školitelem F. Hoylem v letech 1977 – 1981. Oba tehdy došli k názoru, že *život na Zemi byl přinesen kometami*. Nyní připomněl, že v r. 2009 byla objevena bakterie **Janibacter hoylei** odolná proti záření UV, takže může přežít dlouhé putování v kometárních jádrech nehostinným kosmickým prostorem. Autor argumentuje tím, že v Galaxii se nachází řádově 10^{22} komet, takže pravděpodobnost dopadu některé z nich, které bakterii nesou, může na Zemi zažehnout plamínek života. I když článek prošel recenzním řízením v odborném časopise, jde o velmi krkolomné tvrzení, jež většina odborníků nejspíš pomine.

Zajímavější mi připadá sdělení N. Pereze aj. o **obnově fytoplanktonu** po katastrofickém impaktu planetky *Chicxulub* před 65 mil. lety do oblasti dnešního *Mexického zálivu*. Modelové výpočty totiž ukázaly, že i když saze a prach z impaktu se usadily během několika let, čímž skončila dlouhá „meteoritická zima", a ozón ve vysoké atmosféře se znovu vytvořil až za desítky let po impaktu, tak jednobuněčný fytoplankton se obnovil téměř okamžitě, což svědčí o vysoké odolnosti jednobuněčných organismů vůči kosmickým katastrofám.

Pokud jde o **život na exoplanetách**, tak S. Eggl aj. ukázali, že v současnosti známe již na 70 exoplanet u hvězd vzdálených od Slunce do okruhu 31 pc. Více než polovina těchto hvězd není osamělá jako Slunce, takže rušivý vliv dvou či více gravitačních center v soustavě by mělo snížit pravděpodobnost, že na některé z příslušných exoplanet budou stabilní podmínky vhodné pro rozvoj života. Ve zmíněném okruhu našli 19 binárních soustav se vzdálenostmi mezi hvězdami v rozmezí 1 – 100 au a pro ně spočítali vliv sekundární složky na radiační a dynamickou stabilitu exoplanet, které se nacházejí v ekosféře primární hvězdy. Plných 17 binárních soustav má dlouhodobě stabilní ekosféru kolem primáru; spektrální třídy složek těchto párů jsou rozděleny takto: 5 × F; 3 × G; 7 × K a 16 × M (u tří složek se nepodařilo spektrální třídu určit). Tak příznivý výsledek patrně nikdo nečekal; zřetelně se ukazuje, že *pro život na exoplanetě jsou nejvýhodnější mateřské hvězdy s pozdními spektry* tříd K a M. Právě tyto hvězdy žijí navíc nejdéle; nejméně hmotné hvězdy třídy M až neuvěřitelných 10 biliónů let (!).

Navíc J. Yang aj. ukázali, že pokud v okolí červených trpaslíků třídy M se vyskytuje exoplaneta se synchronní rotací, která je přitom pokryta mračny, tak na jejím povrchu se může vyskytovat tekutá voda i v případě, že ozáření planety trpaslíkem je dvakrát vyšší než pro pro planetu, která rotuje. Tím se fakticky dvakrát zvyšuje počet červených trpaslíků, kolem nichž mohou být exoplanety v jejich ekosférách.

Jak naopak ukázali T. Thompson aj., *exoplanety možná zcela chybějí v jádrech kulových hvězdokup a v jádrech galaxií s překotnou tvorbou hvězd*, protože tam je díky natěsnání hvězd teplota mezihvězdného prostoru vyšší než **teplota sněžné čáry** (150 – 170 K) po dobu potřebnou ke vzniku planetárních embryí a kamenných planet ve vzdálenostech 1 – 5 au od mateřské hvězdy. Skutečně v bohaté kulové hvězdokupě **47 Tuc** (hmotnost 700 $kM_\odot$; vzdálenost 5 kpc) žádná exoplaneta dosud objevena nebyla.

C. Qi aj. tvrdí, že sněžné čáry se týkají nejenom vody, ale i dalších těkavých látek, například CO. U proslulé mladé proměnné hvězdy **TW Hya** (typ *T Tau*; sp. K6 V; 1,1 $R_\odot$; 0,8 $M_\odot$; 0,3 $L_\odot$; vzdálenost 54 pc; stáří 5 – 10 Mr; protoplanetární disk je pozorovatelný čelně) se podařilo určit polohu sněžné čáry CO díky měřením mikrovlnné anténní soustavy ALMA – je od mateřské hvězdy vzdálena 30 au. Tyto sněžné čáry podobně jako čáry tekuté vody určují četnost a parametry budoucích planetárních embryí, takže tím se stává pojem ekosféry dosti neurčitý.

M. Filipovic aj. zkoumali možnost, že proslulá velká **vymírání organismů na Zemi** souvisí s průchodem *Slunce* spirálními rameny Galaxie. Využili k tomu nejnovějších výpočtů trasy Slunce v Galaxii za poslední půl miliardu roků (zhruba dva galaktické roky) i přesnějších hodnot pro polohu a šířku spirálních ramen. Z těchto výpočtů vyplývá, že *Slunce prochází spirálními rameny Galaxie vždy po několika desítkách milionů let*. Údajná perioda velkých vymírání 62 mil. roků tak může s těmi průchody souviset. Uvnitř ramen se totiž vyskytují hmotné hvězdy s krátkou životností, které pak vybuchují jako supernovy, což může způsobit ekologickou katastrofu na Zemi. Dalším průvodním zjevem jsou výrazné gravitační poruchy drah kometárních jader v *Oortově oblaku*, které se pak dostávají na kolizní dráhy se Zemí. I když korelace vymírání s průchody spirálními rameny není dokonalá, lze říci, že průchod planety, na níž kypí život, spirálním ramenem Galaxie rizikovým faktorem je.

Z galaktického zorného úhlu se na pojem **ekosféry** zaměřili L. Carigiová aj., když zjistili, že pravděpodobnost vzniku života na planetách se zvyšuje, když interstelární prostředí v jejich okolí má vyšší metalicitu a dostatečnou četnost hvězd v jednotce plochy. Pro galaxii **M31** (*And*) tak může život nejsnadněji vznikat ve vzdálenosti 4 – 7 kpc od jejího centra a v okolí hvězd starých 6 – 7 mld. let. Nicméně nejvíce hvězd s planetami v ekosférách se v této galaxii nalézá ve vzdálenosti 12 – 14 kpc a jejich průměrné stáří činí 7 mld. let. Autoři odhadli, že asi 11 % hvězd této galaxie může mít primitivní život na planetách, které leží v jejich ekosférách, a v 6,5 % případů tam může život dosáhnout komplexních forem. Autoři nakonec dospívají k závěru, že v galaxii *M31* se životodárná oblast prostírá ve vzdálenostech 3 – 14 kpc od centra, a to na planetách starých 3 – 9 mld. let. Optimum stáří planet pro výskyt primitivního života činí 6 mld. let, a pro komplexní život 7 mld. let. V naší *Galaxii* se podobně vhodné podmínky pro život na planetách vyskytují ve vzdálenostech 7 – 9 kpc od centra, ale s rostoucím stářím Galaxie se tento poměrně plochý životodárný prsten plynule rozšiřuje. Naše Země se podle domněnky antropologa T. de Chardina zveřejněné již v r. 1922 brzy dostane do fáze **noosféry**, kdy si člověk začne předělávat prostředí na Zemi ve svůj prospěch.

Jak známo, v r. 1972 upozornili C. Sagan a G. Mullen na úzké hrdlo, jímž musel projít život na Zemi před 3,5 mld. let v době, kdy zářivý výkon Slunce byl o 30 % nižší než dnes a zemské oceány se mohly pokrýt ledem (**efekt sněhové koule**), který má vyšší albedo než tekutá voda, takže by dlouhodobě nerozmrzly a život na Zemi by skončil. Nyní však E. Wolf a B. Toon propočítali *třírozměrný klimatický model Země* pro období před 2,8 mld. let, kdy zářivý výkon Slunce byl o 20 % nižší než dnes. Přesto však oceány úplně nezamrzly, protože v atmosféře Země se tehdy nacházelo 1,5 % CO_2 a 0,1 % CH_4, což byl dostatečně účinný skleník, takže více než polovina plochy oceánů zůstala tekutá. Sněhové kouli by bylo zabránilo i pouhých 0,5 % CO_2, což je ovšem 13krát vyšší zastoupení než v současné pozemské atmosféře.

N. Perez aj. upozornili na bohatý **život ve vývěrech horké vody** (tzv. *černých kuřáků*) na dně pozemských oceánů, kde tepelné záření vody (pásmo <1,3 μm) o teplotách v rozmezí 473 – 673 K slouží jako zdroj energie pro fotosyntézu a tím i prosperitu organismů. Odtud dovozují, že všude ve vesmíru, kde se tak přehřátá voda vyskytuje, by se mohl život uchytit. V poslední době pak snášejí mikrobiologové argumenty, že prarodiči všech domén byl organismus **LUCA** (*Last Universal Common Ancestor*), který se objevil před 4 miliardami let ve zmíněných černých kuřácích na dně oceánů, takže z tohoto hlediska představují produkty všech domén (včetně *Homo sapiens*) potomky *LUCA*. Proti klasické představě, že život na Zemi vznikl nejprve tam, kde pro to byly dnes nejvhodnější podmínky k jeho rozvoji, se tedy odborníci začínají přiklánět k názoru, že právě *extremofily stojí u kořenů dnes tak košatého stromu života na Zemi a patrně i jinde ve vesmíru*.

A. Siemion aj. sledovali v r. 2011 po dobu dvou měsíců pomocí obřího *100m radioteleskopu GBT v Green Banku v záp. Virginii* celkem 86 hvězd, u nichž předtím družice *Kepler* objevila exoplanety s povrchovými teplotami 230 – 380 K, a dále též se soustavami s více než čtyřmi exoplanetami, popřípadě s výskytem alespoň jedné superZemě s oběžnou dobou >50 d. Hledali tam úzkopásmové (<5 Hz) rádiové emise v rozsahu frekvencí 1,1 – 1,9 GHz, které by byly dokladem, že se tam nacházejí *technické civilizace II. typu* podle Kardašovovy klasifikace (tyto civilizace využívají veškeré energie své mateřské hvězdy, popřípadě dalších srovnatelných zdrojů energie pro svou existenci), ale bezvýsledně.

8. Přístrojová technika

8.1. Optická a infračervená astronomie

Jak uvedli A. Klotz aj., instalovala *Evropská jižní observatoř* (ESO) v r. 1998 na observatoři *Azurového pobřeží v Calern* severní robotický systém **TAROT** (*Télescope Action Rapide pour les Objects Transitoires*) a v r. 2006 identický systém na observatoři *ESO La Silla v Chile*. Jejich původním úkolem bylo nalézat optické protějšky ke krátkým vzplanutím záření gama (*GRB*) v době, kdy jejich polohy byly známy s nepřesností kolem 5°. K tomu cíli byly vybaveny zrcadly o průměru 0,25 m s krátkým ohniskem a zorným polem 2° × 2°, ale zejména vidlicovou montáží, která umožňuje po otevření odsuvné střechy nastavit teleskop do libovolného směru po celé obloze během <10 sekund. Zejména jižní dvojče v místě s více než 90 % jasného nebe během roku se ukázalo jako mimořádně produktivní zařízení nejen pro původní účel, ale obecně pro veškerou synoptickou astronomii.

Od r. 2001 tak systémy *TAROT* absolvují kolem stovky poplachů ročně na základě akutních souřadnic přechodných jevů z družic *BeppoSAX, INTEGRAL a Swift*, takže našly optické protějšky pro 120 *GRB*, z toho 10 ještě během fáze vzplanutí gama. Díky severnímu TAROTu se podařila vůbec první optická identifikace **GRB 970228**, která po 30 letech nejistoty potvrdila, že jde o objekty v kosmologických vzdálenostech, čili s obrovským zářivým výkonem vyšším než u supernov. Ve „volném čase" pak sledují proměnné hvězdy typu *RR Lyr* s velmi podrobným pokrytím světelných křivek, objevují supernovy, ale věnují se i zákrytům hvězd planetkami a určování poloh geostacionárních umělých družic Země.

V r. 2013 pokračoval trend v zavádění **hbitých robotických teleskopů** s relativně malými rozměry optiky specializujících se na pozorování krátkodobých a rychle proměnných jevů. Mezi nimi vyniká dle D. Charbonneaua aj. systém **MEearth** skládající se z páru 8 robotických teleskopů o průměru primárních zrcadel 0,4m jednak v *Arizoně* (*Mt. Hopkins*; 2008) a jednak v *Chile* (*Cerro Tololo*, 2013). Název soustavy vychází z předpokladu, že červení trpaslíci *třídy M* mohou mít nejvyšší pravděpodobnost výskytu dvojníků naší Země (*Earth*) ve svých ekosférách. Podobný cíl sleduje i projekt **APACHE** (*A PAthway towards the Characterization of Habitable Earths*) v *Italských Alpách* pod vedením P. Giacobbeho s baterií 0,4m robotických teleskopů.

K. Al-Subai aj. provozují od konce r. 2009 kamery **Qatar** o průměru 0,4 m a světelnosti 2,8, resp. o průměru 0,2 m a světelnosti 2,0, v *Novém Mexiku* s cílem hledat zejména hmotné jupitery s oběžnou dobou kratší než 10 d. Předností systému je velké zorné pole 5,3°, resp. 11° a dosah až 15 mag. Autoři hodlají instalovat identické aparatury také na *Kanárských ostrovech* a v *JAR*.

Americký astronom-amatér E. Amarante zdokonalil populární **Dobsonovu montáž** svého reflektoru využitím principu, který svého času použil pro amatérské dalekohledy konstruktér palomarského pětimetru R. Porter. Díky této úpravě se výška okuláru nad terénem nemění; mění se jen azimut polohy okuláru.

R. Dekany aj. zkonstruovali aparaturu *Palomar Adaptive Optics System* (**PALM-3000**), jež představuje druhou generaci zobrazovače pomocí adaptivní optiky pro *5,1 Haleův teleskop na Mt. Palomaru*. Nový systém navazuje na úspěch předešlé aparatury *PALM-241*, která byla na *Palomaru* uvedena do chodu již v r. 1999 a pokrývala blízkou infračervenou oblast v pásmu K (2,0 – 2,4 μm). Tak bylo možné sledovat jednak hnědé trpaslíky, ale též exoplanety kolem jasných hvězd buď přímým zobrazením, anebo též spektroskopicky. Nová aparatura se vyznačuje vyšším kontrastem (10^{-7} na vzdálenost 1") v pásmu 2,2 μm na úhlové ploše 6,4" × 6,4" a autoři již započali velkou přehlídku exoplanet po celé obloze.

J. Chae aj. instalovali v coudé ohnisku 1,6m nového slunečního teleskopu (*NTT*) rychlý **ešeletový spektrograf**, jenž dokáže pokrýt s vysokým spektrálním i časovým rozlišením celé vizuální a blízké infračervené spektrum sluneční chromosféry. Tak lze pohodlně studovat dynamiku sluneční atmosféry i vývoj protuberancí.

Podle J. Bochanskiho byly instalovány obří kamery u čtyřech obřích dalekohledů na západní polokouli. Mamutí aparaturu **Dark Energy Camera** (*DEC*) získal *4m Blankův teleskop na CTIO v Chile*, v jejímž ohnisku pracuje mozaika 60 čipů CCD. Podobnou

kameru se 60 čipy namontovali optici také na *3,5m teleskop WIYN* na *Kitt Peaku* v *Arizoně*. Ještě mohutnější kameru **Hyper Suprime-Cam** instalovali Japonci u *8,2m teleskopu Subaru na Mauna Kea*, která má v ohnisku dokonce 112 čipů CCD – jde opravdu o těžkotonážní kameru vysokou 3 m a s hmotností 3 tuny. Jinou cestou šli odborníci u 4,3m teleskopu **DCT** (*Discovery Channel Telescope; Happy Jack, Arizona*), k němuž připojili zobrazovač **LMI** (*Large Monolithic Imager*; zorné pole 13 obl. minut) s monolitickým čipem 36 Mpix. To vše je ovšem pouhou předehrou k budoucímu 8,4m přehlídkovému teleskopu **LSST** v Chile s kamerou 3,2 Gpix, která má začít pracovat v r. 2022 (za účasti českých astronomů z Fyzikálního ústavu AV ČR).

8.2. Velké kosmické teleskopy

Spitzerův kosmický teleskop (*SST*; berylliové primární zrcadlo 0,85 m chlazené na teplotu 5,5 K) má za sebou již celé desetiletí velmi úspěšné činnosti. Prvních 6 let mohl pracovat i ve střední a daleké infračervené oblasti spektra (fotometrie do 160 μm; spektrofotometrie do 100 μm, a spektroskopie do 38 μm) ale i po spotřebování kapalného hélia v květnu 2013 stále pracuje při teplotě 30 K v blízké infračervené oblasti do vlnové délky 4,5 μm. Na své heliocentrické dráze se ovšem neustále vzdaluje od Země tempem 0,1 au/rok, což pochopitelně postupně snižuje tempo i kvalitu přenášených dat.

Podle očekávání získal *SST* jedinečné údaje o hvězdných kolébkách zastíněných chladným prachem a plynem, ale podařilo se mu i přímé zachycení infračerveného záření některých exoplanet a prozkoumat strukturu naší Galaxie zejména v oblasti kolem jejího centra. Největším překvapením byly zajisté objevy nejvzdálenějších a tudíž nejstarších galaxií, jejichž záření se vinou kosmologického červeného posuvu přesunulo z ultrafialového a optického pásma až do infračerveného oboru. Srovnání se snímky hlubokých polí pomocí *HST* tak ukázalo, že *SST* dokáže zobrazit i galaxie, které na vizuálních fotografiích *HST* nejsou vidět a jde tedy v současné době o nejmocnější přístroj pro kosmologii.

Koncem dubna 2013 skončil vyčerpáním chladiva provoz infračerveného kosmického teleskopu **Herschel** (*ESA* s podporou *NASA*; cena projektu 1,1 mld. euro), jehož 3,5m zrcadlo pracovalo díky kapalnému heliu při teplotě 2,2 K. *Herschel* začal měřit v červenci 2009 v okolí Lagrangeova bodu L_2 soustavy Země-Slunce, tj. zhruba 1,5 mil. km od Země. Jeho přístroje pokryly široké pásmo infračerveného záření 55 – 672 μm, takže pronikly poprvé do předtím zcela neznámého okna elektromagnetického spektra. *Herschel* získal jedinečné údaje zejména o hvězdných kolébkách, výskytu vody v blízkém i vzdáleném vesmíru, dále pak o vývoji silně zaprášených svítivých infračervených galaxiích typu **ULIRG** (*Ultra-Luminous InfraRed Galaxies*), ale i o chladných obřích molekulových mračnech. Poskytl také údaje o chemickém složení atmosfér a povrchů planet, měsíců, planetek a komet Sluneční soustavy. Zpracování výsledků teleskopu *Herschel* se dosud věnovalo na 2,5 tis. odborníků, kteří připravili na 600 observačních projektů. Teleskop, jenž byl po technickém skončení mise (červen 2013) naveden na sluneční dráhu, otevřel cestu dalším unikátním přístrojům na Zemi (*ALMA*), ve stratosféře (létající observatoř *SOFIA*) i ve vesmíru (*JWST*).

H. Zinnecker uveřejnil údaje o parametrech a prvních výsledcích observatoře **SOFIA** (*Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy*; společný projekt *NASA* a německé kosmické agentury *DLR*). Jde o 2,5m zrcadlo na palubě upraveného dopravního letadla *B-747SP*, které může operovat ve výškách až 13,7 km a startovat z různých letišť kvůli pozorování, která jsou závislá na konkrétní geografické poloze (zákryty hvězd planetkami apod.). V ohnisku dalekohledu jsou umístěny přístroje pro sledování pásem vlnových délek 5 – 40 μm a 130 – 240 μm. *SOFIA* tak objevila velmi hmotnou prahvězdu v mlhovině *M42* v *Orionu* a dočasný prachový prsten o poloměru 1,5 pc kolem centra *Galaxie*. Dokázala také zmapovat rozložení zakázané čáry [C II] napříč Galaxií i okolních hvězdných soustav. V červnu 2011 se zdařilo pozorování **zákrytu anonymní hvězdy Plutem**, což umožnilo získat důležité údaje o atmosféře této trpasličí planety. *SOFIA* tehdy splnila technicky velmi náročný úkol trefit se do příslušné geografické polohy s přesností 100 km a ve správnou minutu. To z ní činí skutečně jedinečné astronomické zařízení, které navíc pracuje i v pásmech, v nichž družice *Herschel* neměla vhodná čidla.

Infračervená astronomie hraje čím dál tím větší roli, protože v zásadě může zkoumat velmi chladné objekty v blízkém i vzdáleném vesmíru, kde ji navíc nahrává okolnost, že vlivem rozpínání vesmíru se maxima elektromagnetického vyzařování posouvají i pro nejteplejší objekty z ultrafialového pásma do dlouhovlnné oblasti viditelného a blízkého infračerveného záření. Tak se stalo, že již zazimovaná družice **WISE** (*Wide-field Infrared Survey Explorer*; původní provoz od prosince 2009 do února 2011) byla v prosinci 2013 reaktivována s cílem pozorovat v pásmech 3,4 a 4,6 μm především planetky křižující zemskou dráhu. Projekt NEOWISE využívá skutečnosti, že WISE byla schopna během původní přehlídky sledovat dráhy 158 tisíc planetek, z toho 34 tisíc do té doby.

8.3. Mikrovlnná a radiová astronomie

Radioastronomové si v r. 2013 připomněli půlstoletí činnosti **obřího nepohyblivého radioteleskopu** o průměru kulového vrchlíku antény 305 m v *Arecibu* na ostrově *Portoriko*. Radioteleskop může sloužit také jako nejvýkonnější astronomický radar, ale těžištěm jeho práce se stala pasivní radioastronomie díky obrovské sběrné ploše antény (73 tis. m^2) a výhodnému umístění v oblasti s minimálním rádiovým rušením. Jak známo, směr k zornému poli radioteleskopu závisí na poloze primárního ohniska, které je zavěšeno na lanech vysoko nad údolím, a lze jím v omezeném rozsahu manévrovat.

V průběhu doby se radioteleskop podílel na řadě velkých astronomických objevů, počínaje správným určením doby rotace *Merkuru* (59 d) a *objevem ledu* v jeho polárních impaktních kráterech v r. 1994, objevem *pulsaru v Krabí mlhovině* v r. 1968, prvního *binárního pulsaru* v r. 1974 a prvního *milisekundového pulsaru* v r. 1982. V r. 1994 se zasloužil o první nález exoplanet, jež navíc nečekaně obíhají neutronovou hvězdu (pulsar). Radar v Arecibu v srpnu 1989 poprvé určil tvar planetky křižující dráhu Země. Již v r. 1974 odeslal rádiovou depeši ve směru ke kulové hvězdokupě **M13** (*Her*, vzdálenost 25 tis. sv. let) s cílem oslovit případné civilizace ve hvězdokupě, která obsahuje statisíce hvězd. Radioteleskop dodnes slouží i projektu **SETI@home** – hledání inteligentních signálů v rádiovém šumu z vesmíru.

Událostí desetiletí se však stala slavnostní inaugurace (březen 2013) nejdražší a nejvýkonnější mikrovlnné observatoře **ALMA** (*Atacama Large Millimeter Array*) na náhorní plošině *Llano de Chajnantor v chilských Andách* (nadmořská výška 5 060 m; 68° z.d.; 23° j.š.; 54 parabol o průměrech 12 m a 12 parabol o průměrech 7 m pracujících v různých konfiguracích od zcela kompaktního pole o průměru 150 m až do nejširší základny 16 km; mikrovlnné pásmo 0,3 – 9,7 mm, tj. frekvence 31 – 950 GHz). Na projektu se podílela *Evropská jižní observatoř ESO*, dále pak konzorcia *USA, Japonska, Tajvanu, Kanady, Jižní Koreje a Chile*. Náklady na vybudování a základní provoz observatoře dosáhly 1,4 mld. dolarů. Stavba v extrémní nadmořské výšce započala v listopadu 2003. Jednotlivé antény o hmotnostech až 115 t se montovaly v hangáru v nadmořské výšce 2,9 km a dopravovaly se pak na náhorní plošinu dvěma transportéry o hmotnostech 130 t. Polohy antén při 192 různých konfiguracích je třeba znát s přesností 65 μm; přesnost tvaru parabol dosahuje 25 μm. Zobrazení astronomických objektů se uskutečňuje v superpočítači (2 korelátory), který má 134 mil. procesorů a operační rychlost 17 Tflops.

Zkušební provoz s 16 parabolami započal v září 2011 a plný vědecký provoz v lednu 2013. Počáteční účinnost aparatury 94 % byla s ohledem na složitost celého zařízení neuvěřitelně vysoká. Poslední antény byly instalovány v říjnu 2013. Vědecký provoz observatoře je řízen pomocí **regionálních center** v Evropě, Severní Americe a Východní Asii. Evropské centrum se dále dělí na několik subcenter, takže například subcentrum pro výzkum Slunce se nachází v Ondřejově. Již zkušební měření potvrdila vynikající technické parametry obří observatoře. Úhlové rozlišení *ALMA* je až 5× vyšší než u *HST* a 10× vyšší než u americké aparatury *VLA* na observatoři *Socorro* v *Novém Mexiku*, přičemž *ALMA* vykazuje o dva řády větší citlivost než *VLA* pro bodové zdroje rádiového záření. Pozorování probíhají velmi rychle, například měření červeného posuvu spektrálních čar $z = 5{,}7$ v galaxii vzdálené od nás 3,9 Gpc zabralo konfiguraci s pouhými 16 anténami jen 19 min expozičního času.

Již během roku 2013 se *ALMA* proto stihla věnovat různorodým výzkumům: astrochemii (molekuly a izotopy prvků ve Sluneční soustavě i ve vzdáleném vesmíru; chemické složení jader a kom komet; původ vody na Zemi), atmosférám planet a jejich měsíců, tvorbě a vývoji hvězd i celých galaxií, aktivním jádrům galaxií (AGN) a jevům v okolí černých veleděr, jakož i podrobnostem vzhledu gravitačních čoček.

M. van Haarlem aj. uvedli podrobnosti o gigantickém evropském radioastronomickém projektu **LOFAR** (*LOw-Frequency ARray*), jehož koncepci navrhli holandští radioastronomové, ale sám projekt se stal již mezinárodním, protože 20 tisíc antén této obří soustavy pokrývá území řady evropských států od Velké Británie a Francie přes Holandsko, Německo a Švédsko. Na rozdíl od všech dosavadních zařízení jsou antény *LOFAR* všesměrové a nehybné. Zaměření aparatury na konkrétní cíle se dociluje pomocí proměnného zpožďování fází signálu z jednotlivých antén, takže jde fakticky o **softwarový radioteleskop**, jehož nejdražší složkou je právě elektronika. Aparatura pracuje v pásmu nízkých frekvencí 10 – 240 MHz (vlnové délky 1,25 – 30 m) a na frekvenci 15 MHz dosahuje citlivosti 1 mJy.

Jádrem aparatury je superpočítač v *Groningen*, který řídí provoz všech antén i ukládání dat s úložnou kapacitou 2 PB. Přístrojové centrum *LOFAR* se pak nalézá poblíž obce *Exloo* na severovýchodě Holandska, kde je hustě instalováno 24 skupin antén. V Holandsku je pak rozmístěno dalších 14 skupin antén, což dává délky základen pro interferometrii až 100 km. V okolních státech je pak instalováno dalších 8 skupin antén s délkami interferometrických základen přes 1 tis. km. Úhrnná sběrná plocha *LOFAR* dosahuje 300 tis. m^2. Pozorovací údaje v archivu observatoře jsou přístupné všem radioastronomům světa. Od aparatury se očekávají průkopnické výsledky zejména o průběhu **reionizace vesmíru** od éry šerověku raného vesmíru, tj. pro časy 50 – 950 mil. let po Velkém třesku. *LOFAR* se však hodí i pro pozorování **sprška kosmického záření** s energií primárních částic až 10^{22} eV a pro další objevitelské programy v tomto zanedbaném okně elektromagnetických signálů z blízkého i vzdáleného vesmíru.

Další velký **radioteleskop pro pásmo milimetrových vln** byl uveden do provozu v mexickém státě *Puebla* na vrcholu sopky *Sierra Negra* (4 600 m n.m.; 19° s.š.). Jeho parabola bude mít rekordní průměr 50 m a může pracovat v rozmezí vlnových délek 0,85 – 4 mm (frekvence 75 – 353 GHz), protože přesnost povrchu paraboly dosahuje 75 μm. Společný mexicko-americký projekt zatím pracuje s průměrem 32 m. Jeho zorné pole o průměru 8 obl. minut stačí pro výzkum galaxií v kosmologických vzdálenostech, ale také ke studiu černých veleděr v Místní soustavě galaxií.

N. Kardašev aj. publikovali první výsledky činnosti kosmického radioteleskopu **Radioastron**, jenž byl 18. července 2011 vypuštěn na protáhlou (výstřednost $e = 0{,}7$) geocentrickou dráhu s přízemím 577 km, ale s odzemím ve vzdálenosti 337 tis. km od Země. Radioteleskop obíhá kolem Země v periodě 8,5 d, přičemž největší část oběžné doby stráví podle Keplerova zákona v okolí odzemí, takže ve spolupráci s pozemními radioteleskopy jde o suverénně nejvýkonnější radiointerferometr na světě s úhlovým rozlišením až 70 obl. mikrovteřin, tedy alespoň o řád lepším, než dosahují největší pozemní interferometry *VLBI* a *VLBA*. S takto rekordním rozlišením autoři získali první rádiové snímky galaxií s aktivními jádry (AGN) **Cen A** a **M87** (*Vir*).

Radioastronomie se však v r. 2013 ocitla před jednou z největších záhad od svého vzniku po druhé světové válce. Začalo to nenápadně v r. 2007, kdy si americký student D. Narkevic australského radioastronoma D. Lorimera všiml v archivu dat z 64m radioteleskopu v *Parkesu* podivného silného (30 Jy!) kratičkého (<5 ms) záblesku, který zpracovatelský software vyhodnotil jako poruchu. Zmíněný úkaz se odehrál 24. 7. 2001 a zdroj signálu musel být od nás vzdálen 500 Mpc, takže energie záblesku dosáhla 10^{32} J. Teprve v r. 2013 D. Thornton aj. našli při hledání pulsarů v Parkesu další čtyři takové úkazy, vyznačující se silnou disperzí signálu, tj. nejdříve přišel záblesk na vyšších rádiových frekvencích, ale ten bleskurychle sjel dolů k nižším frekvencím. To se v radioastronomii považuje za jasný důkaz velké (kosmologické) vzdálenosti rádiového zdroje, v těchto případech 1,4 – 3,0 Gpc.

Navzdory kosmologické vzdálenosti byla v těchto případech rádiová energie vyzářená v **rychlých rádiových záblescích** (*Fast Radio Bursts* = *FRB*) překvapivě vysoká (10^{31} – 10^{33} J; pásmo 1,4 GHz; rádiové toky až 8 mJy), když uvážíme, že rozměry záhadných zdrojů nemohou být větší než 300 km. Všechny úkazy se vyskytly ve vyšších galaktických šířkách, tj. mimo rovinu naší Galaxie. Autorům těchto pozorování bylo jasné, že pokud jsou zmíněného úkazy reálné, tak budou dokonce velmi časté, ale těžko se dají kvůli extrémně krátké době trvání pozorovat, protože je automatické zpracování údajů z velkých citlivých radioteleskopů vyřadí jako poruchy. Podle D. Lorimera je tedy dobře možné, že velké pozemní radioteleskopy by při sledování celé oblohy nalezly až 10 tisíc *FRB* denně! V zorném poli 30 čtv. stupňů by se tak v průměru každou hodinu dal najít *FRB* s rádiovým tokem 30 Jy, pokud by časová rozlišovací schopnost velkého radioteleskopu dosáhla 1 milisekundy. Radioteleskop v Parkesu má však pro tento účel značnou nevýhodu, protože jeho úhlová rozlišovací schopnost je nízká, takže polohy *FRB* jsou tak nepřesné, že to nestačí k identifikaci galaxie, z níž konkrétní záblesk přichází.

O první výklad povahy tajemných záblesků **FRB** se pokusili H. Falcke a L. Rezzolla, kteří odhadují, že v průměrné galaxii se odehraje jeden takový úkaz za tisíc let, což je řádově desetkrát méně, než v nich za stejnou dobu vzplane supernov třídy II (kolapsarů velmi hmotných hvězd), ale naopak tisíckrát více, než kolik se v nich vyskytne záblesků zdrojů záření gama (*GRB*). Zmínění autoři proto považují za nejpravděpodobnější, že *zdrojem FRB jsou rychle rotující neutronové hvězdy s vysokou hmotností*, jejichž rotace se plynule brzdí řádově milion let od vzniku neutronové hvězdy, takže zmenšující se odstředivá síla rotace náhle nedokáže zabránit gravitačnímu zhroucení hmotné neutronové hvězdy na černou díru. V té chvíli se bleskově vyzáří zásoba energie v magnetosféře neutronové hvězdy v podobě kratičkého rádiového signálu o extrémně vysokém zářivém výkonu.

8.4. Astronomické umělé družice a kosmické sondy

Veleúspěšná družice **Kepler** s plánovanou životností do konce r. 2012 vynikla masivním objevováním exoplanet v polích o celkové plošné výměře 105 čtv. stupňů, ale také v asteroseismologii a objevování proměnných hvězd. Proto NASA prodloužila její podporu na další 4 roky. Jenže už 15. května 2013 selhalo druhé ze čtyř reakčních kol, jež umožňují přesnou pointaci v zorných polích projektu. V té době už měla družice na svém kontě >2 700 kandidátů na exoplanety a 132 potvrzených exoplanet, ale technici *NASA* začali ihned promýšlet možnosti, jak tuto jinak stále funkční družici resuscitovat. Družice *Kepler* se ovšem postupně vzdaluje od Země průměrným tempem 16 mil. km/rok, protože její oběžná doba kolem Slunce 372,5 d je zřetelně delší než perioda oběhu Země. V době poruchy byla již 64 mil. km od Země. Během léta 2013 se technici marně pokoušeli softwarově „opravit" alespoň jedno ze zadřených kol. Pro přesnou pointaci jsou totiž tři reakční kola nutná, ale jedno kolo lze například nahradit zapínáním jemných trysek pomocných raketových motorků.

Technici zkoumali i další možnosti záchrany družice až do konce října 2013. V listopadu 2013 *NASA* oznámila, že se patrně podaří družici *Kepler* oživit ve změněném režimu pozorování. Družice se se bude každých 83 dnů posouvat podél ekliptiky tak, aby se Slunce nedostalo do zorného pole, ale současně tlak slunečního záření na družici poslouží jako virtuální třetí kolo. V tomto novém **módu K2** se částečně změní i vědecký program pozorování, tj. kromě hledání exoplanet přibude také objevování supernov, sledování proměnnosti galaxií AGN a studium otevřených i kulových hvězdokup.

Koncem dubna 2013 skončila svou rovněž mimořádně úspěšnou činnost evropská infračervená družice **Herschel** (start v květnu 2009; cena 1,1 mld. euro) vybavená dosud největším zrcadlem v kosmu o průměru 3,5 m, jež bylo chlazeno na teplotu 2 K a pracovala v okolí Lagrangeova bodu L_2 soustavy Slunce-Země. Během více než 3,5 roku vykonala přes 35 tis. pozorování objektů blízkého i hlubokého vesmíru ve střední a daleké infračervené oblasti spektra. Důvodem k ukončení provozu bylo vyčerpání 2,3 tis. litrů kapalného hélia pro chlazení. Družice byla navedena v červnu 2013 na sluneční dráhu, aby se v budoucnu nesrazila se Zemí. Podobně se vedlo i další družici **Planck** (*ESA*; cena 700 mil. euro) pro studium fluktuací a polarizace reliktního záření, jež byla vypuštěna současně s Herschelem raketou *Ariane 5* rovněž do okolí bodu L_2, kde pracovala od července 2009 do ledna 2012 s přijímačem pro 6 pásmem vysokých frekvencí (100 – 857 GHz; vlnové délky 0,35 ÷ 3 mm) při ochlazení aparatury na 0,1 K (!) – šlo o nejchladnější místo v celém pozorovaném vesmíru. Po vyčerpání zásob hélia-3 pokračoval ještě přijímač (chlazený héliem-4 na teplotu 20 K) pro 3 pásma nižších frekvencí (30 – 70 GHz; 4,3 – 10 mm) až do začátku října 2013. Ihned poté byla i tato družice odvedena z původní periodické dráhy a definitivně odkloněna na heliocentrickou dráhu 23. října 2013.

Těsně před Vánoci 2013 odstartovala evropská astrometrická družice **Gaia** pomocí ruské rakety *Sojuz ST-B* z kosmodromu *Kourou*. Jejím cílem byl již často využívaný Lagrangeův bod L_2 soustavy Slunce-Země, z jehož okolí bude po dobu 5 let vykonávat měření poloh, paralax, vlastních pohybů, jasností (pásmo 320 – 1 000 nm) a spekter (pásmo 847 – 874 nm) hvězd jasnějších než 20 mag napříč Galaxií. Její vzdálenost od Země bude díky pohybu podél Lissajousových křivek vůči bodu L_2 kolísat v rozmezí 263 – 707 tis. km, takže pro úspěch projektu bude potřebí družici opticky zaměřovat ze Země. K překvapení odborníků se však družice v těchto vzdálenost jeví podstatně slabší, než se čekalo, což zvyšuje nároky na pozemní sledování.

Obecně se očekává, že *družice proměří polohy, paralaxy a vlastní pohyby hvězd až do vzdálenosti 10 kpc*, čímž se podaří sestrojit poměrně přesnou trojrozměrnou mapu rozložení hvězd v *Galaxii*. Pro každou hvězdu budoucího katalogu 1 miliardy objektů by měla družice získat za tu dobu 70 měření. **Přesnost poloh** by měla být zaručena na 7 obl. mikrovteřin pro hvězdy jasnější než 10 mag a 100 – 300 mikrovteřin pro hvězdy 20 mag. Pro 40 mil. hvězd by mohla získat vlastní pohyby s přesností <0,5 km/s. Družice by dále mohla objevit **tisíce exoplanet** pomocí přesné astrometrie mateřských hvězd i metodou tranzitů. Družice je vybavena dvěma kamerami s obdélníkovými zrcadly o rozměrech 1,45 × 0,5 m, jejichž optické osy spolu svírají úhel 106,5°. V ohnisku každé kamery se nachází mozaika 106 čipů CCD, takže její kapacita dosahuje téměř 938 Mpix. První **katalog družice Gaia** se očekává v r. 2021. Celkové náklady projektu se odhadují na 740 mil. euro, ale díky tomu budou mít astronomové nadlouho postaráno o prvotřídní data o rozložení a vlastních pohybech hvězd v naší Galaxii.

T. Howard oznámil, že americká aparatura **SMEI** (*Solar Mass Ejection Imager*), která odstartovala v lednu 2003 a fungovala na polární dráze ve výši 840 km nad Zemí až do konce září 2011, pořizovala **trojrozměrné snímky koronálních výtrysků hmoty** a poruch ve slunečním větru do vzdáleností 3 au od Slunce. Kromě toho snímkovala zodiakální světlo i protisvit, oddělování kometárních chvostů, družice na oběžné dráze kolem Země, ale i částice kosmického smetí. Věnovala se však také sledování proměnných hvězd, zejména pak náhlých vzplanutí na jejich povrchu.

Při vypouštění kosmických sond k planetám využili odborníci ke zkrácení přeletu **gravitačního praku** (urychlení sondy v gravitačním poli některé planety) poprvé již v r. 1973, kdy americká *NASA* vyslala kosmickou sondu **Mariner 10** k Venuši, kolem níž sonda proletěla v únoru 1974, čímž si zároveň usnadnila cestu k Merkuru, kolem něhož proletěla poprvé koncem března 1974, podruhé koncem září téhož roku a potřetí v polovině března 1975, kdy se přiblížila k jeho povrchu na vzdálenost 327 km. Díky těmto manévrům sonda zobrazila téměř polovinu Merkurova povrchu s vyšším rozlišením.

Po tomto úspěchu dostala zelenou tzv. **Velká cesta** průletu sond kolem obřích planet Sluneční soustavy, která se může uskutečnit vždy v intervalu zhruba 175 let. Odborníci na nebeskou mechaniku propočítali na 10 tisíc trajektorií a nakonec vybrali dvě z nich. Průlety kolem Jupiteru, Saturnu a Uranu tak zkrátily dolet k Neptunu na 12 let, kdežto samostatný let k Neptunu bez gravitačních

praků by trval 30 let. První sonda **Voyager 2** odstartovala 20. srpna 1977 a **Voyager 1** ji následoval 5. září 1977 po rychlejší dráze, takže proletěl kolem *Jupiteru* a jeho měsíce *Io* již 5. března 1979, kdežto *Voyager 2* až 9. července téhož roku. *Voyager 1* pak proletěl kolem Saturnu a jeho největšího měsíce *Titanu* již 12. listopadu 1980, zatímco Voyager 2 až 25. srpna 1981. Zatímco *Voyager 1* pomocí těchto manévrů opustil pásmo ekliptiky, pokračoval *Voyager 2* k *Uranu* (průlet 24. 1. 1986) a *Neptunu s Tritonem* (průlet 25. 8. 1989).

Obě sondy fungují dodnes a předávají stále údaje z hranice heliopauzy. D. Gurne aj. a M. Swisdak aj. potvrdili, že v srpnu 2012 sonda *Voyager 1* definitivně překročila hranici heliopauzy a nyní již letí interstelárním prostředím. V r. 2013 byl Voyager 1 vzdálen 124 au a Voyager 2 100 au od Slunce. Každým rokem tyto vzdálenosti nyní vzrůstají zhruba o 3,6 au. Výkon radioizotopových generátorů na palubě sond dosahuje stále ještě 315 W, ale každoročně se snižuje o 4 W.

Stojí jistě za zmínku, že po celou tu dlouhou dobu řídí projekt jediný šéf **Dr. Edward Stone** (*1936), který za tu dobu popsal už 44 sešitů poznámek o letu. Nestane-li se něco nepředvídaného, bude s oběma sondami udržováno oboustranné spojení až do r. 2025, což je už teď na zápis do Guinessovy knihy rekordů. *Voyager 1* směřuje ke hvězdě *AC+79 3888* (= *Gliese 445*; 11 mag; sp. M3.5; 0,32 $R_{\odot}$; 0,2 $M_{\odot}$; vzdálenost od Slunce 5,4 pc) v souhvězdí *Žirafy*, k níž se přiblíží za 40 tis. let na minimální vzdálenost 0,5 pc, zatímco *Voyager 2* se za 300 tis. let přiblíží k *Síriovi* (*CMa*; –1,5 mag; vzdálenost 2,6 pc) – v obou případech ovšem jako již dávno nefunkční tělesa, nesoucí však digitální poselství případným mimozemšťanům.

Od r. 2007 se do kosmického výzkumu **Měsíce** zapojila také *Čína*, jež nejprve vyslala k *Měsíci* umělou oběžnici, o dva roky později řiditelnou impaktní sondu, další rok nízko létající oběžnici s cílem najít dobré místo pro měkké přistání a konečně před Vánoci 2013 dopravila na *Měsíc* své první 120 kg vozítko *Yutu* na palubě sondy **Čchang-e 3**. (Mimochodem, jde o první měkké přistání na Měsíci po 37 letech.) Vozítko s podpovrchovým radarem může jezdit rychlostí až 200 m/h a zvládne i svah stoupající pod úhlem 30°. Přistávací modul je navíc vybaven širokoúhlou ultrafialovou kamerou pro zkoumání zemské plazmosféry.

Americká *NASA* zahájila pokusy o **fotonový internet** ve Sluneční soustavě. V meziplanetárním prostoru nejsou mraky, takže je možné využít daleko vyšších frekvencí elektromagnetického záření než v rádiovém oboru spektra. Světelné signály jsou navíc netečné vůči rádiovému rušení a mohou být lépe kolimovány, takže spojení je rychlejší a kvalitnější. V r. 2013 byly vypuštěny sonda **LADEE** (*Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer*; 6. září; *NASA*) a 6,6t geostacionární družice **Alphasat** (25. 7.; *ESA*) vybavené optickou telekomunikací, která může zrychlit interplanetární přenosy dat až o pět řádů. *LADEE* pokusně předávala data od Měsíce k Zemi tempem 622 Mbps. Je nejvyšší čas, protože plánované robotické sondy i družice budou vysílat obrovské objemy dat řádu petabytů.

Čím dál tím více se v nepilotované kosmonautice prosazují **iontové motory** proti klasickému raketovému pohonu tryskáním žhavých plynů. Energetická účinnost iontového motoru je totiž více než padesátkrát vyšší než u chemického pohonu raketami. Xenonový iontový motor dociluje specifického tahu 110 N na 1 kW příkonu, kdežto chemický tryskový pohon jen 2 N na 1 kW. Navíc je iontový motor zcela tichý a zůstává během provozu docela studený.

D. Liedahl aj. přišli s myšlenkou likvidovat nebezpečné **kosmické smetí** na nízkých drahách pomocí pulsních pozemních laserů, které by ohřátím smetí zbrzdili jejich rychlost a tak je přivedli k rychlému spálení v hustých vrstvách zemské atmosféry. C. Hubaux a A. Lemaitre ukázali, jak jednak tlak slunečního záření na kosmické smetí, ale také průlet smetí stínem Země ovlivňují výrazně životnost smetí na oběžných drahách kolem Země. Podle očekávání je vliv těchto faktorů na zbrzdění smetí tím silnější, čím vyšší je poměr plochy smítka k jeho hmotnosti.

8.5. Astronomické přehlídky, databáze a katalogy

E. Pearson aj. zveřejnili **katalog energetického toku** 500 tis. zdrojů v submilimetrové oblasti na základě pozorování infračerveným kosmickým teleskopem *Herschel* ve třech frekvenčních pásmech 250 μm; 350 μm a 500 μm, tj. pro frekvence 600; 857 a 1 200 GHz. Z rozložení toku energie v těchto spektrech lze pak určit dokonce i hodnoty kosmologického červeného posuvu submilimetrových zdrojů, což v tomto případě dává pro vzorek 40 objektů střední hodnoty vzdáleností po řadě pro zmíněná tři pásma: 2,6; 3,1 a 3,4 Gpc. Nejbližší submilimetrový zdroj se nachází ve vzdálenosti 1,6 Gpc a nejvzdálenější 3,7 Gpc.

M. Skrutskie aj. publikovali na základě infračervené (pásma 1,25 μm; 1,65 μm a 2,17 μm) přehlídky **2MASS** (1,3m teleskopy na observatořích *Mt. Hopkins* v Arizoně a poblíž města *La Serena*na *CTIO* v Chile) katalog objektů v tzv. *opomíjeném pásmu naší Galaxie*. Oblaka studeného prachu a plynu v tomto pásmu zabraňují vidět ve vizuálním oboru spektra vzdálenější objekty Galaxie, ale také okolních, zejména vzdálenějších galaxií. Naproti tomu v blízké infračervené oblasti je Galaxie průhledná a autorům se tak podařilo najít více než 170 **hnědých trpaslíků**, kteří jsou ve skutečnosti daleko četnějšími objekty než červení trpaslíci, ale protože v nich neprobíhají termonukleární reakce, nejsou opticky pozorovatelní.

J. Grindlay aj. se pustili do neobyčejně pracného projektu **digitalizace přehlídkových snímků oblohy Harvardovy observatoře**, pořízených s jednou přestávkou (1953 – 1960 vinou tehdejšího ředitele D. Menzela, který projekt považoval za zbytečný) v letech 1890 – 1990 jednak na severní, ale i na jižní polokouli (v Peru). Projekt dostal jméno **DASH** (*Digital Access to a Sky @ Harvard*) a týká se téměř 525 tisíc fotografických desek formátu 200 × 255 mm o úhrnné hmotnosti 170 tun (!), které navzdory svému stáří jsou nesmírně cenným pokladem pro rozmanité astronomické účely. Projekt digitalizace začal v r. 2004, ale zpočátku postupoval velmi pomalu. Autoři museli například vyvinout přístroj pro očištění desek uchovávaných v papírových obalech, a následně sehnat peníze na drahý profesionální skener, který dokáže dvě desky zdigitalizovat za 1,5 minuty.

Příprava desek a vlastní skenování, na němž se podílí stěží 10 pracovníků, umožňuje za den zpracovat nanejvýš 400 desek. Proto se desky neskenují podle data pořízení, ale podle naléhavosti, například přednost mají pole sledovaná družicí *Kepler*, snímky pokrývající *Velké Magellanovo mračno* a oblast kolem severního galaktického pólu, kde je potřebí oskenovat na 45 tisíc desek. Koncem roku 2013 bylo zdigitalizováno jen 10 % archivu. Jedinečnost přehlídky spočívá pochopitelně v její století délce a velkém počtu snímků.

Druhý největší takový archiv má německá observatoř v **Sonnebergu**. Pokrývá časový interval 60 let a obsahuje 240 tisíc fotografických desek. I tyto snímky se nyní digitalizují, ale pouze na objednávku konkrétního pole. Naproti tomu moderní digitální

přehlídky jsou nanejvýš několikaleté, což je astronomicky vzato pouhý okamžik. Mezi nimi vyniká přehlídka **Pan-STARRS** (*Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System*) s primárním zrcadlem o průměru 1,8 m se zorným polem o průměru 3°, v jehož ohnisku se nachází mozaiková digitální kamera s kapacitou 1,4 Gpix. Přístroj pracuje od května 2010 na vrcholu sopky Mauna Haleakala a pořizuje opakovaně snímky celé oblohy dostupné z Havaje v pěti optických a infračervených filtrech. Fotometrie je přesná na <0,01 mag. Do počátku roku 2012 byla podle E. Magniera aj. každá část oblohy snímkována minimálně dvakrát, ale v průměru téměř osmkrát. Na každém čtverečním stupni oblohy je nyní změřena jasnost alespoň tisíc hvězd s jasnostmi 12,5 – 19 mag, které slouží jako kalibrace pro další objekty v poli.

A. Majcher aj. instalovali dvě širokoúhlé kamery projektu **„dna oblohy“** (*„PI on the Sky“*), jež pracují od března 2011 jednak v jižním Španělsku (*El Arenosillo*), a jednak v severním Chile (*Las Campanas*). Projekt je zaměřen na **krátkodobé optické záblesky** jako jsou např. optické protějšky *GRB*, ale i na miniaturní kříže zemské dráhy, popřípadě na odlesky na větších úlomcích kosmického smetí. Protože každou noc mohou oba dalekohledy sledovat společně určité úseky oblohy, lze odlišit snadno úkazy ve Sluneční soustavě od záblesků v hlubokém vesmíru díky paralaxe lokálních objektů. Předností obou kamer je zorné pole o průměru 21°, takže celou oblohu lze sledovat opakovaně s vysokou kadencí.

Na severní obloze změřil A. Landolt dalekohledy na arizonských observatořích na *Kitt Peaku* a ve *Flagstaffu* 243 hvězd v rozsahu vizuálních jasnosti 9 – 16 mag a s deklinacemi >+50°, které slouží jako **primární širokopásmové standardy**. Měření zabrala 98 nocí během 17 let, aby bylo relativně jisté, že jde o neproměnné hvězdy.

G. Kordopatis aj. zveřejnili 4. vydání údajů o vzdálenostech teplotách, gravitačním zrychlení, metalicitě, radiálních rychlostech a zastoupení chemických prvků (Mg, Al, Si, Ti, Fe, Ni) pro >480 tisíc hvězd v projektu **RAVE** (*RAdial Velocity Experiment*), který probíhá od r. 2003 u *1,2m Schmidtovy komory U.K.* na *Australské astronomické observatoři Siding Spring* v široké mezinárodní spolupráci řízené observatoří v *Postupimi* v Německu. Přesnost v určení vzdáleností hvězd dosahuje ovšem jen 20 %, ale radiální rychlosti jsou přesné na ±1,5 km/s. Porovnání vzdáleností bezmála 19 tis. z projektu *RAVE* s týmiž údaji družice *HIPPARCOS* však dopadlo podle C. Francise aj. velmi příznivě – rozdíly nepřesáhly pouhá 2 %. Prakticky to znamená, že z databáze *RAVE* lze určit se slušnou přesností složky **prostorového pohybu Slunce** vůči lokálnímu klidovému těžišti (15; 15; 7 km/s). Rovněž se potvrdila dobrá shoda pohybů hvězd s průběhem spirálních ramen naší Galaxie.

N. Zacharias aj. jsou autory 4. vydání **astrometrického katalogu UCAC4** americké *Námořní observatoře*, jenž byl dokončen v srpnu 2012 a obsahuje >113 milionů objektů (!); z toho u 105 milionů jsou k dispozici i jejich vlastní pohyby. Polovina hvězd má pětibarevnou fotometrii. Je téměř neuvěřitelné, že tento gigantický katalog byl pořízen přesným 0,2m refraktorem a každý objekt do 16. mag (R) byl snímám na čip CCD alespoň 4krát.

E. Hamdenová aj. využili měření družice **GALEX** (*Galaxy Evolution Explorer*) v daleké ultrafialové oblasti (FUV: 134 – 167 nm) k proměření difuzního záření FUV na 65 % oblohy. Porovnání s mapou v dalekém infračerveném pásmu 100 μm prokázalo, že difuzní záření vzniká rozptylem FUV záření hvězd na shlucích interstelárního prachu.

M. Ackermann aj. zveřejnili po tříletém sběru dat z družice *Fermi* první **katalog 514 bodových zdrojů záření gama** s energiemi >10 TeV, pozorovaných širokoúhlou kamerou LAT (Large Area Telescope). Z této databáze se podařilo 87 % zdrojů ztotožnit s již známými objekty v jiných spektrálních pásmech. Jde především z plných 3/4 o galaxie s aktivními jádry (AGN), a 5 % patří mezi energetické pulsary.

9. Astronomie a společnost

9.1. Úmrtí

Halton **ARP** (*1927; galaxie a kvasary); Stirling **COLGATE** (*1925; jaderná astrofyzika); George **COLLINS II.** (*1937; stelární astrofyzika); Raynor **DUNCOMBE** (*1917; astronomická geodézie); John ***HADJIDEMETRIOU*** (*1937; nebeská mechanika); George **HERBIG** (*1920; vznik hvězd); Albert **JONES** (*1920; amatér pozorovatel); Gustav **KREJČÍ** (*1920; knihovník ASU ČSAV, Ondřejov); Patrick **MOORE** (1923 – 2012; popularizátor); Wallace **SARGENT** (1935 – 2012; astrofyzika); Július **SÝKORA** (*1940; sluneční fyzika); Zdeněk **ŠVESTKA** (*1925; sluneční fyzika); Chia Chiao **LIN** (*1916; hydrodynamika galaxií); Masatoshi **KITAMURA** (1926 – 2012); dvojhvězdy); Margherita **HACKOVÁ** (*1922; stelární astrofyzika); Dimitri **MIHALAS** (*1939; atmosféry hvězd); Jorge **SAHADE** (1915 – 2012; dvojhvězdy); Ivan **ŠOLC** (*1927; astronomická optika); Jozef **ŽIŽŇOVSKÝ** (*1946; stelární astrofyzika); Gart **WESTERHOUT** (1927 – 2012; radioastronomie).

9.2. Ceny a vyznamenání

V r. 2013 získali **Nobelovu cenu za fyziku** *P. Higgs a F. Englert* za práce publikované v r. 1964, v nichž předpověděli existenci nové částice s vysokou energií, jež byla v r. 2012 potvrzena pomocí urychlovače *LHC*. Historie jejího objevu je však složitější, jak uvedl R. Van Noorden v časopise *Nature* v říjnu 2013. Cestu k objevu totiž otevřel již v r. 1932 *Carl Anderson* objevem pozitronu v kosmickém záření. První teoretické práce na téma existence nové částice zveřejnili *R. Brou* a *F. Englert* v srpnu 1964 a o tři týdny později *P. Higgs*. V dalších měsících publikovali důležité studie *T. Kibble, G. Guralnik a C. Hagen,* ale vědecká veřejnost nevěnovala těmto studiím pozornost, protože nikdo nevěděl, jak spočítat vlastnosti nové částice. O tento průlom se postaral až *G.'t Hooft* v r. 1971. Teprve v této práci autor podpořil tehdejší vágní úvahy složitou matematikou, a tak se otevřela cesta k dlouhému a nákladnému honu na „Higgsův boson“. Ten vyvrcholil úspěšnými experimenty urychlovače *LHC* v červenci 2012, při nichž byl objeven boson s energií 126 GeV. To znamená, že celkem minimálně osm osobností přispělo k objevu, a bohužel jen dva z nich byli oceněni Nobelovou cenou. Podle názoru autora článku by se částice objevená *LHC* měla korektně označovat šílenou zkratkou **ABEGHHK'tH**, a kolektiv *LHC* by měl dostat výjimečné ocenění za gigantické úsilí, které teorii báječně potvrdilo.

Další mezinárodní ceny r. 2013 Walter

ALVAREZ (Barringerova m. Meteorit. spol.; obří impaktní kráter K/T); Tim **BERNERS-LEE** (c. královny Alžběty; komunikace WWW); Roger **BLANDFORD** (Zlatá m. RAS; rtg. teoretická astrofyzika); William **BORUCKI** (m. H. Drapera NAS; exoplanety); Ahmed **El Goresy** (Leonardova m. Meteorit. spol.; vzorky z programu Apollo); James **GUNN** (m. Bruceové ASP; kamery HST a SDSS); Stephen **HAWKING** (c. Nadace pro fundamentální fyziku);); Roy **KERR** (c. Společnosti A. Einsteina; rotující černé díry); Vjačeslav **MUCHANOV** a Alexej **STAROBINSKIJ** (Gruberova c.; kosmologie).

Domácí ceny

Pavel **GABZDYL** (Littera Astronomica, EAS); Marián **KARLICKÝ** (Nušlova c., EAS); David **NESVORNÝ** (Kopalova předn., EAS; planetky); **Český tým** (XVIII. IAO; 3 bronzové m.); Michal **RAČKO** a Miroslav **GAŠPÁREK** (7. IOAA; zlaté m.); Lukáš **TIMKO** (dtto, stříbrná m.); Pavel **ŠTARHA** (Zemanova c., EAS; astrofotografie).

9.3. Astronomické observatoře, instituce a společnosti

H. Okita aj. měřili kvalitu atmosféry pro astronomická pozorování v *Antarktidě* na **dómu Fuji** v zeměpisné šířce –77,3° a v nadmořské výšce 3,8 km. Ve výšce 11 m nad terénem byla kvalita obrazu v optickém pásmu 472 nm často lepší než 0,2" a medián dosáhl 0,52". To jsou lepší hodnoty než pro populární *dóm C*, který má hraniční vrstvu 30m nad terénem a nejlepší kvalita obrazu dosahuje 0,3". Vůbec nejvyšší je *dóm A*, kde je hraniční vrstva ve 14 m. K testování používal jasnou hvězdu *Canopus (Car)*, která je poblíž jižního pólu cirkumpolární a dosahuje zenitových vzdálenosti 25 – 50°. Autoři též uvedli, že hvězdy lze tam pozorovat i ve dne, například téměř po celý leden r. 2013. L. Wang aj. pracovali na observatoři **dómu A** v zimě r. 2010 během noci dlouhé 183 dnů. V červenci mohli měřit po dobu 631 h (85 % doby bylo jasno) a celkem za celé období měřili po dobu 2,5 tis. h (57 % jasno). Měřili jasnosti >9 tis. hvězd do 15. mag na ploše 23 čtv. stupňů oblohy. Pozorovali tak světelné křivky 188 proměnných hvězd, z toho bylo 67 nově objevených Pochvalovali si velmi kvalitní pozorovací podmínky, tj. prakticky nulovou scintilaci a bezvětří, extrémně nízký obsah vodní páry a téměř stálou výšku pozorovaných objektů nad obzorem, což usnadňuje redukce na extinkci ovzduší. Nezmiňují se o překážce v podobě extrémně nízké venkovní teploty, takže zřejmě ovládali dalekohled z teplého úkrytu.

Lesní požáry ohrozily vinou období veder s teplotami až 40° C známou australskou observatoř **Siding Spring**, kde v neděli 13. ledna 2013 zničily služební domy astronomů i ředitele observatoře; celkem padlo za oběť plamenům 50 domů. Naštěstí nedošlo k žádnému zranění a přístroje v kopulích přežily.

Zatímco australské astronomy ohrožují požáry, astronomům v USA hrozí vinou úsporných opatření vlády, že brzy budou muset řadu znamenitých přístrojů zavřít. Největší riziko hrozí v r. 2018 proslulé **Lickově observatoři** na *Mt. Hamiltonu v Kalifornii*. Observatoř byla založena v r. 1888 a jejím hlavním přístrojem je úspěšný 3m reflektor. Podobně je ohrožena řada teleskopů na **Národní observatoři Kitt Peak**, tj. *2,1m reflektor* má skončit v r. 2014, dále pak *4m Mayallův reflektor*, *3,5m WiYN reflektor* a obří **100m radioteleskop GBT** (*Green Bank*), vesměs již v r. 2017.

Naproti tomu **Vatikánskou observatoř** navštívil brzy po svém zvolení papež František a podpořil její další rozvoj. Schmidtova komora v *Castel Gandolfo* bude spolupracovat s obdobnou komorou na observatoři *Catalina v Arizoně* při vyhledávání planetek-křížičů. Navíc budou v Arizoně vybudovány celooblohové komory pro záznamy bolidů po vzoru české Evropské sítě. Odborný program na zmodernizovaném **1,8m reflektoru VATT** se rozšíří o studium exoplanet a polycyklických aromatických uhlovodíků v mezihvězdných mračnech.

Podle generálního ředitele ESO T. Zeeuwa si **observatoř VLT ESO** na *Paranalu* upevnila své postavení jako nejproduktivnější observatoř na světě. Teleskopy *VLT* s průměrem zrcadel 8,2 m a pomocnými teleskopy s průměry zrcadel 2 m nyní často pracují v interferometrickém režimu **VLTI** se základnou dlouhou až 205 m. Naplno se rozběhly přehlídky na teleskopech **VISTA** (4,1 m) i nejnovějším optickém 2,6m **VST** (*VLT Survey Telescope*). Během roku 2013 bylo na základě pozorování na *Paranalu* publikováno 840 vědeckých prací; na druhém místě je pak *Národní radioastronomická observatoř USA*, na třetím *Keckovy 10m teleskopy na Mauna Kea*, a na čtvrtém observatoř *ESO na La Silla*. Za celou éru existence ESO bylo již publikováno na 10 tisíc vědeckých prací. Klíčový projekt **ALMA** se v r. 2013 naplno rozběhl a jde nyní o nejcennější projekt pro blízkou budoucnost ESO do doby, než bude spuštěn obří 39m teleskop **E-ELT**. Koncem r. 2013 byly otevřeny dvě nové budovy v centrále v Garchingu v SRN, jedna pro konferenční provoz a druhá pro techniky.

B. Alberts uveřejnil zajímavou studii o členech prestižních amerických akademií vědců (**NAS**, založena 1863) a inženýrů (**NAE**, založena 1964). Plná čtvrtina členů se nenarodila v USA, ale během svého života se do USA přistěhovala. Mnozí z nich přitom přišli do USA jako uprchlíci ze zemí, kde jim hrozila persekuce nebo smrt.

9.4. Letem (nejen) astronomickým světem

Na konci roku zveřejňuje britský vědecký týdeník *Nature* výběr nejzajímavějších vědeckých snímků a také osobností uplynulého roku. Z astronomických snímků roku 2013 redakce vybrala **portrét Země a Měsíce** pořízený kosmickou sondou *Cassini* dne 19. července 2013, kdy Saturn zakryl Slunce z pohledu kamery sondy; dále pak autentický snímek přeletu **superbolidu Čeljabinsk** a konečně mikrovlnné snímky *ALMA* spirální **galaxie NGC 253** s překotnou tvorbou hvězd (*Scl*; 8 mag; vzdálenost 3,5 Mpc) v čáře molekuly CO, které dokazují, jak molekulární vítr potlačuje tvorbu hvězd v galaxii.

Astronomickými **osobnostmi roku** pak redakce jmenovala *M. Mayora*, jenž zkonstruoval od r. 2003 několik ultrapřesných spektrometrů na obou zemských polokoulích pro objevování exoplanet metodou změn radiálních rychlostí mateřských hvězd. Druhou astronomickou osobností roku se podle redakce stal *V. Grochovskij*, objevitel hlavního 600kg úlomku meteoritu *Čeljabinsk*, jenž spadl do jezera *Čerbakul* (polohu úlomku však předem vypočítali P. Spurný aj. z Ondřejova).

B. Gaensler zveřejnil ve známém časopise *Sky & Telescope* souhrnný článek o vybraných současných **extrémních jevech či objektech** ve vesmíru. K nim patří *pulsar J1748-2444* (*Sgr*; kulová hvězdokupa *Terzan 5*; vzdálenost 8,6 kpc), tj. neutronová hvězda s nejrychlejší rotační periodou 1,4 ms, což odpovídá obrátkám s frekvencí 16 Hz (nejvýkonnější motory závodních aut formule 1 docilují jen 317 Hz a jejich hřídele mají rozměry <1 m; poloměry neutronových hvězd mohou dosáhnout až 15 km a jejich hmotnosti se pohybují v rozmezí 1,4 – 2,0 $M_{\odot}$).

Jiný pulsar *PSR B2224+65* (*Cep*; vzdálenost 1,8 kpc) má sice rotační periodu podstatně delší (0,7 s, tj. frekvence 1,4 Hz), ale zato rekordní prostorovou rychlost mezi hvězdami naší Galaxie – 1 500 km/s, kterou neutronová hvězda získala při svém zrodu během výbuchu supernovy ve dvojhvězdě. Díky této rychlosti prodírání mezihvězdným plynem se pulsar prozradil velkolepou vlečkou nadzvukové rázové vlny, která dle svého vzhledu dostala jméno *Kytara*.

Vůbec nejrychlejším hmotným objektem byla ovšem *částice extrémně energetického kosmického záření* (pravděpodobně proton), objevená D. Birdem aj. 15. října 1991 pomocí aparatury *Muší oko* v Utahu která dosáhla „téměř" rychlosti světla, tj. (99 + 21 devítek za desetinnou čárkou a na 22. místě šestka) % rychlosti světla *c*! To prakticky znamená, že pokud by zmíněný proton o rekordní energii 320 EeV soupeřil s fotonem ze stejné startovní čáry, tak by se za ním opozdil na trase dlouhé 1 mil. světelných let (307 Mpc) pouze o 40 mm!

Mezi dosud objevenými exoplanetami se nejrychleji pohybuje planeta *HD 80606b* (*UMa*; poloměr 0,9 R_j; hmotnost 4 M_j; vzdálenost 58 pc), která obíhá kolem své mateřské hvězdy (9 mag; sp. G5 V; 0,9 $M_{\odot}$; stáří 7,6 Gr) v periodě 111 d. Příčinou je její extrémně protáhlá dráha s výstředností 0,93, takže v pericentru je od své hvězdy vzdálena jen 4,5 mil. km, kdežto v apocentru se vzdaluje na plných 130 mil. km. Podle Keplerova zákona tak dosahuje v pericentru rychlosti 240 km/s.

Nejchladnějším místem v hlubokém vesmíru je *mlhovina Bumerang* (*Cen*; vzdálenosti 1,5 kpc), napájená po dobu 1,5 tis. let hvězdným větrem centrální hvězdy, Chladný plyn se rozpíná do okolního vakua rychlostí 160 km/s a odnáší tak hmotu tempem 7.10^{17} t/s, tj. ekvivalent hmotnosti našeho Měsíce za 100 s (!). Tím se mlhovina ochlazuje na teplotu 0,95 K, tedy o 1,8 K nižší, než je průměrná teplota reliktního záření.

Nejsilnější elektrické proudy tečou ve výtryscích z jader aktivních galaxií (AGN) a jejich intenzita se počítá až na petaampéry (10^{15} A). Při této proudové hustotě přenesou výtrysky během 1 milisekundy tolik elektřiny, že by to pokrylo dnešní spotřebu lidstva po dobu 20 biliónů let, takže - jak jednou řekl nejmenovaný český politik – zdroje tu jsou!

Nejhlubší akustické tóny vydává podle Gaenslera obří *nadkupa galaxií A 426* s centrální galaxií *NGC 1275* (*Per*; vzdálenost 77 Mpc). A. Fabian aj. totiž analyzovali rentgenové záření nadkupy pozorované družicí *Chandra* a objevili v tomto energetickém pásmu koncentrické prsteny s roztečemi 11 kpc, což je důsledek oscilací velmi hlubokých zvukových frekvencí. Při teplotě v kupě jsou periody těchto oscilací extrémně dlouhé (9 mil. let) a rychlost zvukových vln asi 120 tis. km/s (!) Kupa proto vydává i extrémně hluboké tóny s frekvencemi 6.10^{15}krát nižšími, než je nejhlubší slyšitelný tón, který lidské ucho ještě vnímá. Kdybychom chtěli postavit klavír, který by takové „zvuky" vydával, tak bychom k levému okraji klaviatury museli přidat 635 kláves, tj. 57 oktáv!

Nejnižší laboratorně dosažitelná *hustota* v našich vývěvách dosahuje 500 částic v krychlovém centimetru, ale v prolukách mezi galaxiemi byla naměřena hustota 2.10^{-8} částic/cm^3. Tyto proluky zaujímají 90 % objemu vesmíru, takže vesmír je opravdu v průměru neobyčejně prázdný.

Největším souvislým objektem vesmíru je pak tzv. *Sloanova velká zeď* (objevená pomocí přehlídky *SDSS*) prostírající se napříč souhvězdími *Hya, Sex, Leo a Vir* – tj. velmi placatá soustava kup a nadkup galaxií o průměru 430 Mpc.

Jak uvedl P. Kulhánek, známý britský matematik a kosmolog R. Penrose objevil v r. 1974 způsob, jak pokrýt rovinu bez mezer aperiodickou dlažbou pomocí pentagonů. Byl přitom inspirován studiemi Johannesa Keplera v jeho spise *Harmonices Mundi* (1619), který ukázal, jak mezery mezi pentagony lze beze zbytku pokrýt pentagramy, dekagony a příbuznými tvary dlaždic. **Teorie aperiodických dláždění** se od té doby mohutně rozvíjí a prosazuje se i v dlážděních podlah soudobých budov nebo chodníků. Málo je však známo, že aperiodickou dlažbu navrhl **Jan Blažej Santini** (1677 – 1723) pro proslulý *kostel Sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře u Žďáru n. Sázavou*. Tento vrcholný projekt Santiniho zapsaný mezi památky UNESCO se začal stavět v r. 1719 a byl vysvěcen v r. 1722. Stavba však byla zcela dokončena až v r. 1740. Santini se při projektování kostela držel výroku sv. Augustina: *„Čísla jsou projev Boží moudrosti v našem světě, přístupná poznání lidského ducha"*. V kostele tak jsou v symetrických tvarech různých objektů zastoupena čísla 3, 5, 6, 8, 9, 10 a 12, což vědoucím návštěvníkům poskytuje naprosto jedinečný zážitek.

Čeští astronomové a další odborníci prosadili v r. 2013 zřízení další **chráněné krajinné oblasti tmavé oblohy** v *Beskydech* na hranicích Česka (222 km^2) a Slovenska (86 km^2). Jde o 10. největší a 29. světovou oblast. K. Gaston upozornil, že současná **osvětlovací revoluce**, která začala díky zvýšení světelné účinnosti lumídek LED v r. 2006, povede ke značným úsporám ve spotřebě elektřiny na veřejné osvětlování. V tom roce se totiž na noční osvětlování ročně na světě spotřebovalo 14 TWh elektřiny.

J. Dvorak připomněl mimořádnou úlohu, které sehrály **americké ženy** v rozvoji hvězdné spektroskopie. Na začátku spektroskopie to byli fyzikové J. Fraunhofer (1814), G. Kirchhoff a H. Bunsen. O využití spektroskopie v astronomii se však nejvíce zasloužili italský kněz P. Secchi (1877) a manželé H. a A. Draperovi v USA. Následně tehdejší ředitel Harvardovy observatoře H. Pickering rozpoznal výjimečné schopnosti žen pro hromadné proměřování a klasifikaci spekter hvězd. Prvním ženou na Harvardu, která se věnovala klasifikaci hvězdných spekter, se v r. 1881 stala *Willemina Flemingová* a následně neteř Draperových *Antonina Mauryová*, která od r. 1988 začala používat při prohlížení spekter na fotografiích mikroskop místo lupy. V r. 1896 nastoupila na Harvardu *Annie Cannonová*, které do r. 1901 pořídila první katalog hvězdných spekter obsahující na 30 tis. položek. Navzdory námitkám řady amerických i evropských astronomů se její systém klasifikace spektrální tříd (OBAFGKM) ujal a v r. 1922 byl oficiálně přijat Mezinárodní astronomickou unií.

Kromě těchto žen se ovšem o pokrok astronomie zasloužila také další členka Pickeringova „harému" *Henrietta Leavittová*, která dokázala ze snímků Harvardovy observatoře na severní i jižní polokouli vytvořit základ fotometrických hvězdných standardů (zejména *Severní polární posloupnost*) a odtud pak objevila slavný **vztah perioda-svítivost pro cefeidy** ve *Velkém Magellanově mračnu,* což umožnilo určovat vzdálenosti galaxií a dodnes je klíčovou příčkou kosmologického žebříku vzdáleností.

Starověká astronomie se rozvíjela nejdříve v Číně a v okolních zemích *Dálného východu*. Jak uvedl W. S. Tsu, v čínských kronikách jsou dobré údaje o 920 starověkých úplných zatměních Slunce sahajících až k r. 2137 př. n.l. Nicméně již od 4. stol. př. n.l. se

těžiště pokroku astronomie přesunulo do zemí kolem *Středozemního moře*, zejména zásluhou objevitele precese zemské rotační osy *Hipparcha* (190 – 120 př. n.l.), ale i dalších osobností jako byli *Aristoteles* (384 – 322 př. n.l.), *Aristarchos* (310 – 230 př. n.l.), *Eratosthenes* (276-194 př. n.l.) a *Ptolemaios* (90 –168 n.l.). Ptolemaios už dokázal měřit polohy planet mezi hvězdami s přesností ±10´ a starověká astronomie poskytla poměrně dobré údaje o rozměrech kulaté Země i vzdálenosti Měsíce a Slunce. Dokázala také předpovídat zatmění Slunce i Měsíce.

K rozvoji astronomie ve **středověku** podstatně přispěli *arabští a perští učenci* počínaje 9. stoletím. Vrcholu dosáhli na území dnešního *Uzbekistánu* díky sultánovi a astronomovi *Ulughovi Begovi* (1394 – 1449), který vybudoval v *Samarkandu* v letech 1424 – 1429 největší zední kvadrant, na němž pod jeho vedením následně pracovalo až 70 astronomů (!). Ulugh Beg byl ale v r. 1449 zavražděn náboženskými fanatiky, kteří následně observatoř zničili (její zbytky byly objeveny až v r. 1908 a nedávno byla jako unikátní historická památka rekonstruována). Až do nástupu Tychona Braha byla přesnost úhlových měření na této observatoři nejlepší na světě. Špičková islámská astronomie však prakticky zanikla zničením observatoře v *Istanbulu* v r. 1580.

Nejstarší vědecké časopisy začaly vycházet v r. 1665. Od 5. ledna to byl francouzský vědecký týdeník *Journal des Savants* a od 6. března časopis *Philosophical Transactions londýnské Královské společnosti*. Tehdy by si patrně někdo sotva pomyslel, že o 3,5 století později nastane digitální publikační exploze, kdy *počty vědeckých periodických časopisů se zdvojnásobují každých 13 let*. Od r. 1665 do současnosti bylo v nich publikováno asi 50 milionů recenzovaných vědeckých prací. V současné době vychází většina těchto časopisů také elektronicky a mnohé význačné vědecké časopisy včetně oboru astronomie a příbuzných věd již zcela zrušily tištěné papírové verze.

Elektronické publikace lze snadněji prohledávat metodami *automatického vytěžování dat*, čemuž se však vydavatelé zatím mnoha způsoby ostře brání. Objevily se také tzv. *predátorské časopisy* s velmi benevolentním recenzním řízením, které za peníze od autorů otisknou téměř cokoliv. Tyto časopisy hřeší na snahu vědeckých pracovníků publikovat spoustu prací, jež musí být navíc hojně citovány. Udržet si přehled o skutečně věrohodných publikacích se stává čím dál tím obtížnější; slogan *„publish, or perish"* (publikuj, nebo zhyň) nutí mnoho badatelů publikovat zběsilým tempem nedopečené a dokonce zcela syrové výzkumy.

Naproti tomu se podle S. Bowyerové v posledních letech rozvíjí příkladná spolupráce mezi profesionály a občany se zájmem o astronomii díky **projektům sdíleného počítání** nebo sdílených klasifikací velkých objemů pozorovacích dat. Dají se tak zvládnout v rozumném čase projekty, které se příliš nehodí pro automatické zpracování bez lidské kontroly, a to nejen v astronomii, ale i v dalších vědeckých či medicínských oborech. J. Dalcantonová aj. tak za pomoci dobrovolníků našli během jednohoho měsíce *600 hvězdokup na 2 tisících snímků galaxie M31 (And), pořízených HST*. Na základě tohoto úspěchu se nyní rozbíhá nový projekt přehlídky 100 mil. hvězd na ploše třetiny galaxie v místech, která jsou nejméně zaprášená. Podobně se hledají průhledy v mezihvězdných mračnech na základě snímků infračervených družic *SST* a *Herschel*.

S. Bowyerová dokonce tvrdí, že proslulý humbuk o nevyhnutelném konci světa těsně před Vánoci 2012 kvůli údajném konci **Mayského kalendáře** otevřel laikům oči, a začali se místo Mayského blouznění zajímat o metody skutečné vědy. Mimochodem, V. Böhm aj. využili astronomických úkazů s dlouhými periodami (výskyt Venuše při slunečních zatměních, konjunkce Jupiteru se Saturnem, synchronní pozorování Venuše a Marsu atd.) ke korekci korelační konstanty mezi Mayským a Gregoriánským kalendářem a určili tak *počátek dlouhého cyklu Mayského kalendáře na 4. srpen r. 3010 př. n.l.* Historici dosud používají korelační konstanty J. Goodmana, která klade začátek dlouhého cyklu Mayského kalendáře do poloviny srpna r. 3114 př. n.l., ačkoliv jeho výpočet nebere ohled na astronomické úkazy, jež jsou jednoznačně shodné pro celou zeměkouli. To znamená, že *historické datování Mayského kalendáře používá korelační konstanty, která je o 104 let vyšší než skutečnost*. Astronomům zbývá tedy jen údiv, že tak hrubá chyba v datování historiky neznepokojuje.

T. Robitaille aj. představili balík aplikací **ASTROPY** – užitečného pomocníka pro každého astronoma, který potřebuje ke své práci rozmanité zdroje informací a pomůcky ke zpracování pozorovacích dat v nejrůznějších formátech (FITS, virtuální observatoře, konverze jednotek, času, souřadnic i gridových a tabulkových údajů atd.). Balík se neustále doplňuje a lze jej nalézt na webové stránce: *www.astropy.org*.

Podobně L. Magriniová aj. nabízejí automaticky pracující program **FAMA** (*Fast Automatic MOOG Analysis*) pro určování fyzikálních parametrů atmosfér hvězd a jejich chemického složení ze spektroskopie. Odborníci z britské univerzity v Leicesteru oznámili, že v rámci projektu **DIRAC** studují pomocí superpočítačů komplexní proudění plynů ve vznikajících galaxiích, což vyžaduje řešit termodynamiku velkého počtu částic plynu po astronomicky dlouhé časové intervaly. Díky tomu dokázali spočítat vývoj vzorku vesmíru o objemu 50 Mpc^3 s prvky o hmotnostech 1 $MM_{\odot}$ za celých 14 mld. let věku vesmíru. Poukázali tak na dvojroli černých veleděr v centrech galaxií, které na jedné straně vymetou z galaxie řídký plyn a tím tvorbu dalšího pokolení hvězd potlačí, ale současně stlačí husté plynové chuchvalce, čímž naopak tvorbu hvězd ulehčí. Autoři projektu zahrnuli do simulací také tvorbu planetárních soustav a počítali stavové rovnice pro nitro obřích planet i podmínky pro život na povrchu vhodných exoplanet. Do budoucna se chtějí zabývat také interakcemi kvark-antikvark a kvantovou chromodynamikou ve velmi raném vesmíru.

Jak uvedli P. Charles a A. Shaw, *od počátku 90. let minulého století se astronomie stává synoptickou*, tj. pomocí rozsáhlých přehlídek začíná studovat krátkodobé změny ve vesmíru jednak hledáním efektů gravitačních mikročoček, ale také v rádiovém oboru pomocí aparatur typu *LOFAR*. Podobně se masově začaly hledat tak rychlé výbuchy jako jsou supernovy, *GRB*, magnetary a nejnověji *FRB*.

Když byl v r. 2003 rozluštěn *lidský genom*, zabrala data 140 GB. Nástup **genomiky** však podle *Nature* č. 7453 přinesl do databází již 2 PB a archiv Evropské laboratoře pro molekulovou biologii obsahuje již 20 PB dat. **Urychlovač LHC** ukládá do archivů 15 PB za rok. **Databáze laboratoře CERN** rozložená do řady počítačových farem po světě čítala v létě 2013 již 100 PB dat. *Celkové kapacita uložených dat v počítačích se každým rokem zdvojnásobuje*. Tím lze doložit, jakým úžasným tempem se věda rozvíjí. Nepochybně se však blíží **éra kvantových počítačů**, jak ukázali M. Thewalt aj., když uchovali kvantový bit informace při pokojové teplotě po dobu 39 minut (předešlý rekord byl 2 s).

Jedinečným příkladem astronoma, který šel s buldočí vytrvalostí za svým cílem, se podle amerického vědeckého týdeníku *Science* stal hrdina projektu družice *Kepler* **William Borucki** (*1939), který vstoupil do služeb *NASA* s hodností M.Sc. Jeho prvním úkolem bylo vyvinout tepelný štít pro návrat kabiny kosmických lodí Apollo do zemské atmosféry rekordní vstupní rychlostí. Následně stu-

doval možný účinek blesků v atmosféře planet na vznik molekul, jež by mohl být stavebními součástkami pro prebiotické molekuly. Jeho životním tématem se však stalo objevování a *studium exoplanet metodou tranzitů*.

Již v r. 1984 navrhl zkonstruovat přesné fotometry pro objevování tranzitů exoplanet přes kotoučky hvězd jednak na pozemních observatořích, ale také z kosmického prostoru, kde odpadá scintilace světla hvězd a optický šum je mnohem nižší než i na vysokohorských observatořích. K tomu, aby se podařilo objevit exoplanetu o rozměrech Jupiteru, přitom stačí relativní fotometrie s přesností 1 %, zatímco transit exoplanety o velikosti Země sníží jasnost hvězdy jen o 0,01 %, což tehdejší fotometry nedokázaly rozpoznat. Nikdo mu nevěřil, že takové přesnosti dosáhnou fotometry na družicích, když se pečlivě sestrojí. Podobně byl odmítnut vedením *NASA* jeho obnovený návrh na družici pro měření tranzitů v r. 1988, který zkritizovala J. Tarterová (autorka termínu *hnědý trpaslík* pro objekty hmotnější než 15 M_j, v jejichž nitru však nikdy neproběhne termonukleární reakce, protože mají hmotnost nižší než 75 M_j). Selhal i třetí pokus Boruckého v r. 1996.

Tehdy se mu však podařilo sehnat 1 mil. dolarů na konstrukci přesného fotometru, který pak testoval na menším zrcadlovém dalekohledu na *Lickově observatoři Mt. Hamilton v Kalifornii*. Výsledky měření, byť v pozemních podmínkách, byly velmi nadějné. Navzdory tomu Borucki neuspěl s návrhem kosmické družice pro tranzity ani v letech 1997 a 1998. Teprve na konci roku 2001 vedení *NASA* schválilo Boruckého koncepci fotometrické družice, která po několika odkladech byla vypuštěna na heliocentrickou dráhu 7. 3. 2009 a způsobila převrat v tempu objevování exoplanet s nejroztodivnějšími vlastnostmi i dráhami. Kromě toho se stala klíčovou metodou pro určování vnitřní stavby hvězd pomocí *asteroseismologie* a objevila také velké množství proměnných hvězd. Borucki odešel sice již do důchodu, ale jeho dílo budí všeobecnou úctu a obdiv.

Příkladem neuvěřitelné vědecké vytrvalosti, byť nejde o astronomii, se bezpochyby stal nepřetržitý pokus, který probíhá zásluhou T. Parnella (1881 – 1948) od r. 1927 na univerzitě v Brisbane v Austrálii a je zaměřen na určení **viskozity dehtu**. Po úmrtí prof. Parnella převzal řízení experimentu J. Mainstone (1935 – 2013). Vlastní experiment započal po tříletém ustálení podmínek pokusu. První kapka se uvolnila po 8,1 roku v prosinci 1938 a 7. kapka v červenci r. 1998. Průměrný interval mezi ukápnutími činil tedy 8,25 roku. Následně se teplota v laboratoři snížila instalací klimatizace, takže odpadlo kolísání intervalu mezi ukápnutími vlivem změn teploty. Následkem toho odkápla 8. kapka až po 12,3 letech v listopadu 2000. Kamera instalovaná po odkápnutí 7. kapky, však pro technickou poruchu 8. ukápnutí nezaznamenala. Z 86letých nepřetržitých měření vyplývá, že viskozita dehtu je při pokojové teplotě 230miliardkrát (!) vyšší než viskozita vody. Za tato měření obdrželi T. Parnell (in memoriam) a J. Mainstone v r. 2005 cenu Ignáce Nobela za fyziku.

Z. Šíma připomněl, že v r. 2013 uplynulo sto let od úmrtí ředitele Klementinské hvězdárny a profesora astronomie na Karlo-Ferdinandově univerzitě v Praze **Ladislause Weineka** (1848 – 1913). Weinek, jehož předkové se patrně jmenovali Vaňkovi a pocházeli ze Slovenska, vystudoval v r. 1879 astronomii na univerzitě v Jeně a do Prahy přišel v r. 1883. Na Klementinské hvězdárně měřil dlouhodobě výšku severního nebeského pólu a 27. listopadu 1885 se proslavil prvním **fotografickým snímkem meteoru** na světě. V letech 1897 – 1900 pak vytvořil fotografický atlas Měsíce.

V čísle 7473 časopisu *Nature* redakce vyzdvihla podporu, které se těší věda ve *Švédsku* (9,9 mil. obyvatel). Vláda od r. 2008 do r. 2013 zvedla státní podporu o téměř 800 mil. dolarů a počítá s podobným růstem pro příštích pět let. Za tu dobu bylo zřízeno několik velkých národních laboratoří, pro něž Švédové hledají 300 mladých vědců, přičemž očekávají, že až z poloviny půjde o cizince, kteří budou mít zaručené pracovní smlouvy na 10 let. Podle téhož časopisu v programu **PISA** (*Programme for International Student Assesment*) jsou ve věkové kategorii 15tiletých studentů na vědu nejlépe připravováni studenti v Číně, Singapuru, Japonsku a Finsku. Mezi 14 špičkovými univerzitami a výzkumnými institucemi mají podle *Nature* č. 7451 nejvíce institucí USA (7) následovány Velkou Británií (2). Po jednom zástupci pak mají SRN, Francie, Japonsko, Svýcarsko a Čína.

Na stránkách amerického vědeckého týdeníku *Science* v č. 6160 se velmi přehledně věnoval srovnání **podpory vědy** v různých státech světa president *AAAS* (*Americká Asociace pro podporu vědy*) *William Press* na konci svého volebního období (2012 – 2013). Pokud jde o podporu vědy vyjádřenou v podílu výdajů vůči celkovému HDP jednoznačně vede *Israel* s více než 4 % podílu, ale těsně následované *Finskem* a s mírným odstupem *Švédskem.*Za nimi následuje Japonsko a Jižní Korea, dále pak Dánsko, Švýcarsko, Německo, Rakousko, USA a Singapur. Mezi zeměmi EU dále figurují Francie, Belgie, Holandsko, Norsko, Británie, Irsko a Portugalsko. Pak už se v diagramu objevuje Česko následováno Španělskem, Itálií, Maďarskem a Polskem. Za nimi na chvostu EU je Rumunsko a Řecko (kuriózně s nejvyšším podílem vědců a inženýrů na milion obyvatel). Přestože USA vydávají na vědu nejvíce peněz, činí podíl na HDP jen 2,9 % a v přepočtu na milion obyvatel jsou až 8. na světě. Z diagramu jednoznačně vyplývá, že investice do vědy korelují s hospodářskou úspěšností států za poslední půlstoletí. V č. 6138 *Science* se uvádí, že v USA každý dolar vložený do základního výzkumu v genomice přinesl zisk 65 dolarů, přičemž federální investice do tohoto oboru dosáhly 12,3 mld. dolarů.

Závěr

Končící vedoucí redaktor B. Alberts, jenž úspěšně řídil americký vědecký týdeník Science v letech 2009 – 2013, poradil v úvodníku na rozloučenou svým následovníkům ve vedoucích funkcích: *„Vybírejte si spolupracovníky lepší než jste sami, a dejte jim plnou možnost se realizovat"*. Mám pocit, že to je poslední zvonění pro mne, abych si už konečně vybral spolupracovníky, kteří převezmou káru Žně objevů pro další ročníky. Zatím však tradičně uzavírám tuto svou zatím nejdelší výroční zprávu o stavu astronomie (ekvivalent knihy o 370 stranách!) citátem, který mne v r. 2013 silně zaujal, ačkoliv je velmi starobylý – z 8. ledna 1790. Pochází totiž z prvního výročního projevu prvního amerického prezidenta George Washingtona (1732 – 1799): *„Nevím o ničem, čemu byste měli věnovat více pozornosti než podpoře vědy a literatury: Vědění je v každé zemi nejjistějším základem veřejného blaha."*

Druhú najsilnejšiu **nárazovú vlnu...**

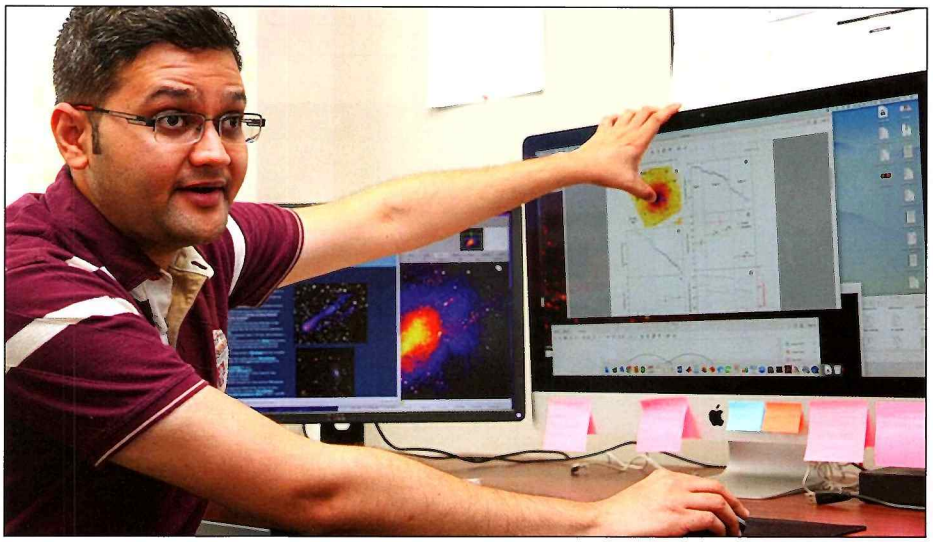
... zaznamenali v gravitačne splývajúcich kopách galaxií. Ale po poriadku: Na Alabamskej univerzite v Huntsville skúmali údaje z vesmírneho röntgenového ďalekohľadu Chandra. Doktorand Sarthak Dasadia, študent profesora fyziky Ming Suna, po analýze údajov zistil, že nárazová vlna v kolidujúcej kope Abell sa šíri závratnou rýchlosťou 2 700 kilometrov za sekundu. Rýchlejšie sa pohybuje iba nárazová vlna v kope Bullet. *(Pre porovnanie: sonda Juno sa k Jupiteru pohybuje rýchlosťou 40 kilometrov za sekundu.)*

Objav je vedľajším produktom pozorovania gravitačného splývania galaxií v kopách i splývania kôp galaxií. Týmto pozorovaniam sa venuje čoraz viac tímov. Dôvod: vedci chcú lepšie pochopiť formovanie a vývoj veľkoškálových objektov i procesov s vysokou energiou, napríklad horúcej plazmy vo vnútri kôp.

Nárazové vlny by sa však mohli stať kľúčom aj k objavu a pochopeniu tmavej hmoty, magnetických polí medzi galaxiami v kopách, urýchľovania častíc i prenosu energie médiom vo vnútri kôp.

Vedci rozoznávajú ustálené a dynamické kopy galaxií. Tie ustálené sú staršie a majú za sebou už niekoľko gravitačných splynutí, takže nie sú mimoriadne aktívne.

Naopak mladšie, dynamické kopy, také ako Abell 665, sú najvhodnejšími objektmi na štúdium javov súvisiacich s gravitačným kanibalizmom kôp – najmä nárazových vĺn a turbulencií.



Sarthak Dasadia, ktorý objavil druhú najsilnejšiu nárazovú vlnu v kopách galaxií.

Kopy galaxií nie sú objekty s jasne ohraničeným okrajom. Keď takéto dva ostrovy galaxií s priemerom 3 milióny svetelných rokov začnú pomaly splývať, ich chladné jadrá i okolitý horúci plyn sa rozpadajú a menia na nárazové vlny či fronty plynu s najrozličnejšími teplotami.

Keď sa zrazia dve chladné jadrá, môžu vygenerovať silnú nárazovú vlnu horúceho plynu. Takéto gravitačné splynutia považujeme (po big bangu) za za najenergetickejšie javy vo vesmíre.

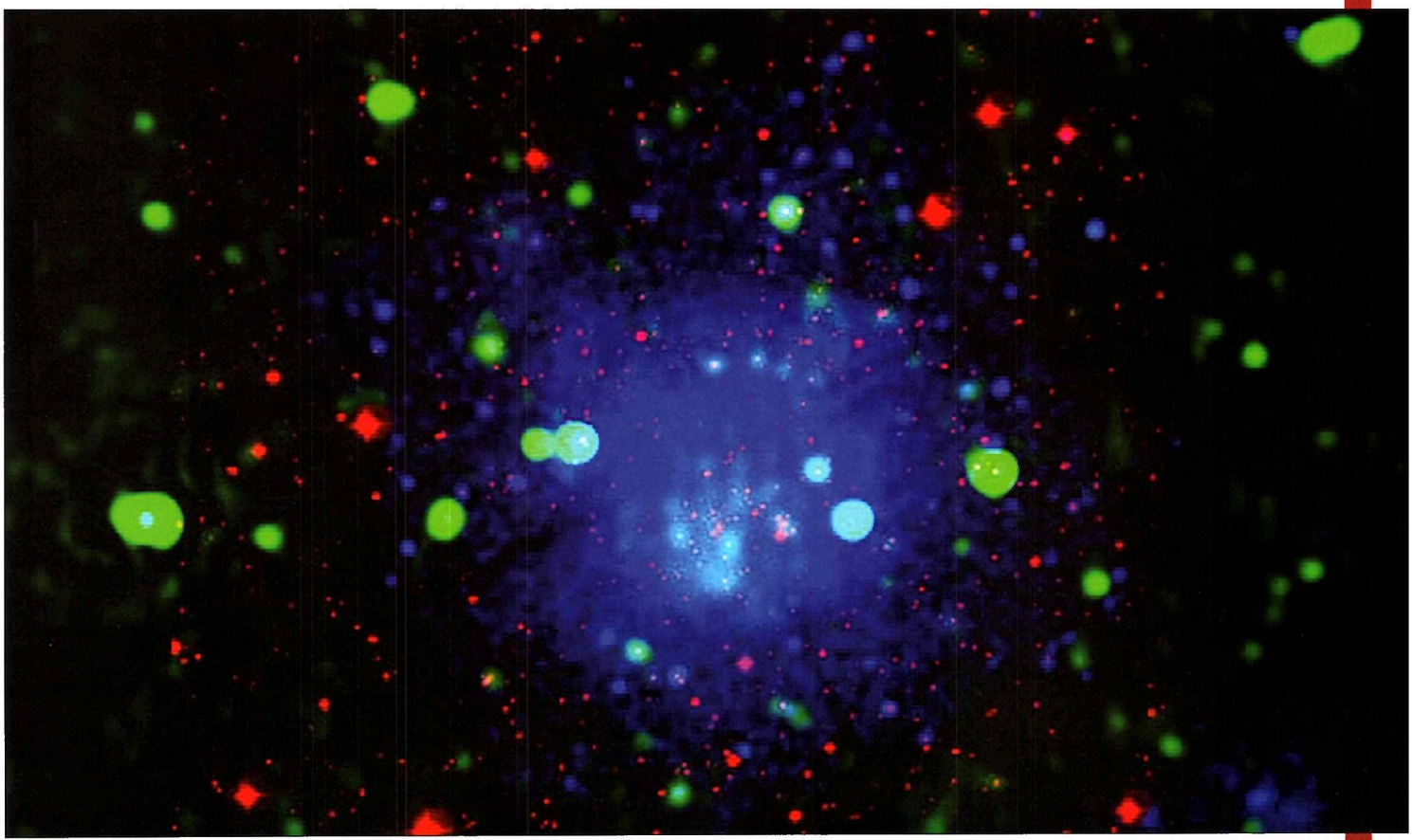
Pojmy ako „fronta“ či „nárazová vlna“ pripomínajú slovník pozemských klimatológov a meteorológov. Nie náhodou: to, čo vedci študovali donedávna iba v malých škálach (na Zemi) pozorujú teraz aj v najväčších, kozmických škálach.

S. Dasadia zmeral rýchlosť kolízie a dynamiky toho, čo sa počas zrážky odohralo. Trvalo 3,2 miliardy rokov, kým žiarenie/svetlo zrážky dorazilo na Zem. Až teraz sme sa stali svedkami procesov, z ktorých dokážeme odvodiť energiu zrážky, pohyby plynu a získať údaje o nezrovnalostiach medzi viditeľnou a tmavou hmotou.

http://www.uah.edu/news/research/second-strongest-shock-wave-found-in-merging-galaxy-clusters

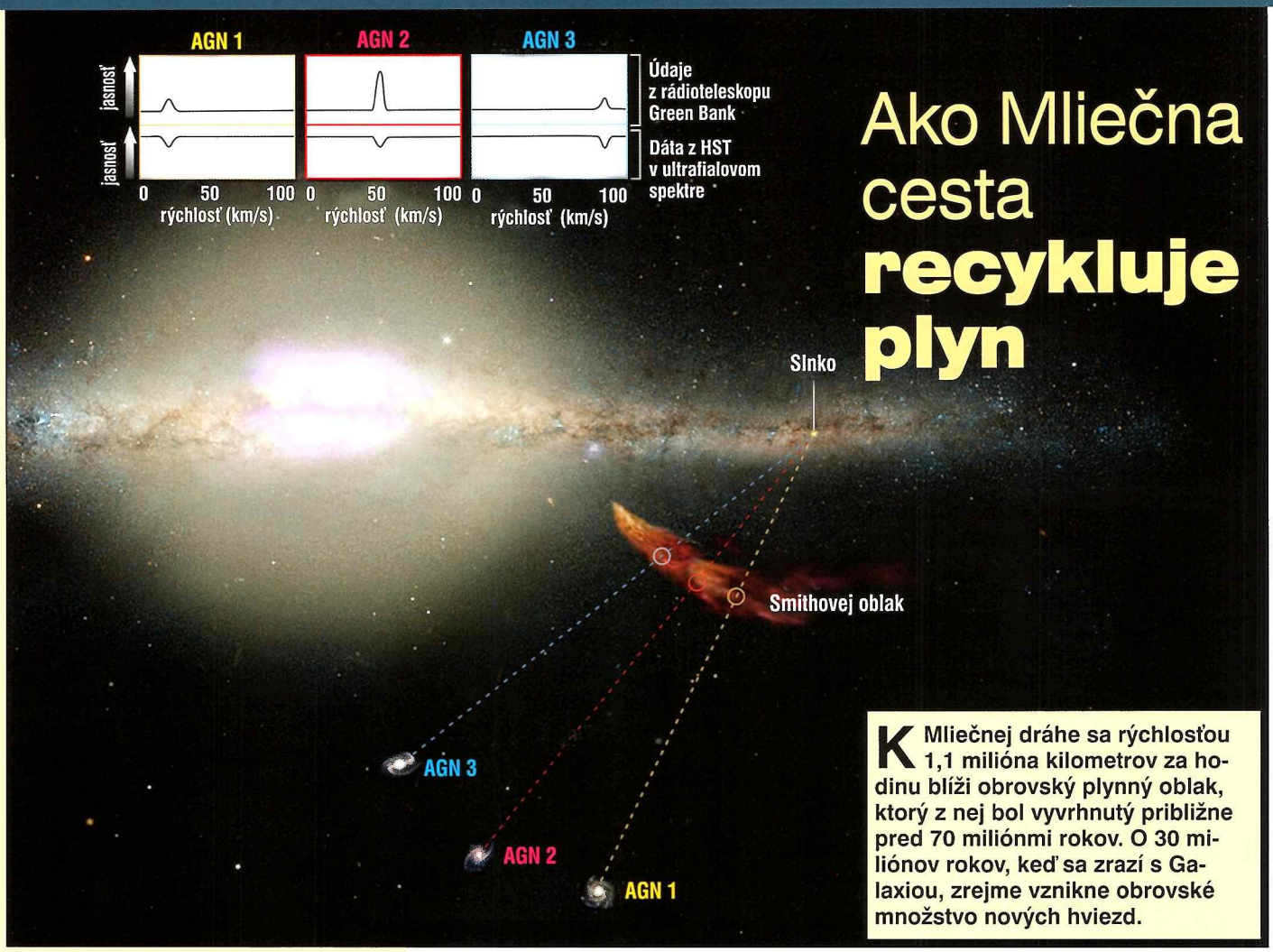
NASA Press Release

E. G.



Originálna snímka kopy bola zhotovená v červenej, zelenej a modrej farbe (RGB), ale pre tlačiarenské potreby sme ju prepísali do farieb CMYK, čím zanikli jasné krajové hodnoty farieb. Červená zviditeľňuje optické, zelená rádiové a modrá röntgenové žiarenie.

Ako Mliečna cesta recykluje plyn



K Mliečnej dráhe sa rýchlosťou 1,1 milióna kilometrov za hodinu blíži obrovský plynný oblak, ktorý z nej bol vyvrhnutý približne pred 70 miliónmi rokov. O 30 miliónov rokov, keď sa zrazí s Galaxiou, zrejme vznikne obrovské množstvo nových hviezd.

AKO HUBBLOV ĎALEKOHĽAD ROZLÚŠTIL TAJOMSTVO SMITHOVEJ OBLAKU. Tento plynný oblak neemituje žiarenie detekovateľné pomocou prístrojov HST. Keďže je však tento vesmírny ďalekohľad vybavený špeciálnym spektroskopom (Cosmic Origins Spectrograph – COS), dokáže zmerať, ako sa mení svetlo zo vzdialených objektov, keď prechádza oblakom. Tieto merania sú kľúčom k rozlúšteniu chemického zloženia oblaku. Vďaka takejto intergalaktickej detektívnej práci mohli astronómovia pracujúci s HST odhaliť, že rodiskom tohto oblaku je naša Mliečna cesta.

Tento zložený obrázok ukazuje veľkosť a polohu Smithovej oblaku na oblohe vo falošných farbách tak, ako ho „videl" rádioteleskop v Green Banku (Západná Virgínia). Keby sme mohli tento úkaz vidieť na oblohe, zaberal by veľkosť tridsiatich Mesiacov v splne. Ilustrácie: B. Saxton, NRAO/AUI/NFS, F. Lockman, A. Melinger

Oblak obsahuje toľko vodíka, že by stačil na dva milióny hviezd veľkosti nášho Slnka.

„Tento oblak je názorným príkladom, ako sa Galaxia v čase mení," povedal vedúci výskumného tímu Andrew Fox zo Space Telescope Science Institute v Baltimore (Maryland, USA). „Ukazuje nám, že Mliečna cesta je bublajúce, veľmi aktívne miesto, kde plyn z jedného miesta uniká a vracia sa na iné. Recyklácia plynu prebieha formou takýchto oblakov a vďaka tomu sa hviezdy rodia na inom mieste ako predtým."

Astronómovia publikovali článok o oblaku v časopise Astrophysical Journal Letters.

Keď je na oblohe 30 Mesiacov

Ak by sme oblak mohli vidieť, mal by tvar podobný kométe. Dlhý je 11 000 a široký 2,5 tisíc svetelných rokov (1 svetelný rok = 9,46 bilióna kilometrov). Na oblohe, v súhvezdí Tukana, by zaberal plochu 30 Mesiacov v splne.

Oblak objavila začiatkom 60. rokov 20. storočia Gail Smithová z Universiteit van Leiden (Holandsko), keď rádioteleskopom zachytila jeho žiarenie vodíka. Spočiatku vedci považovali oblak – aj pre jeho obrovské rozmery – za menšiu tmavú galaxiu, prípadne za plyn, ktorý si Mliečna cesta pritiahla z medzigalaktického priestoru.

Síra prezradila pôvod

Veľkosť, smer a rýchlosť pohybu oblaku boli známe už dávnejšie. Až doposiaľ však astronó-

movia netušili, z čoho presne sa oblak (okrem vodíka a hélia) skladá, a teda ani to, odkiaľ sa vzal. Najnovšie pozorovania so stále skvelým Hubblovým vesmírnym ďalekohľadom však umožnili rozlúštiť jeho chemické zloženie. Najviac pomohol prístroj COS (Cosmic Origin Spectrograph), najcitlivejší spektrograf, aký kedy ľudstvo vyslalo do vesmíru.

Merania COS s využitím svetla troch vzdialených galaxií (ich ultrafialové žiarenie oblak čiastočne absorbuje) ukázali, že oblak obsahuje síru. Tým bolo jasné, že oblak nie je tmavou galaxiou. Keďže v nich neprebieha hviezdotvorba, tento prvok sa v tmavých galaxiách nevyskytuje. Na druhej strane, zastúpenie síry bolo rovnaké ako v určitej oblasti periférie Mliečnej cesty.

Prečo sa vydal na cestu?

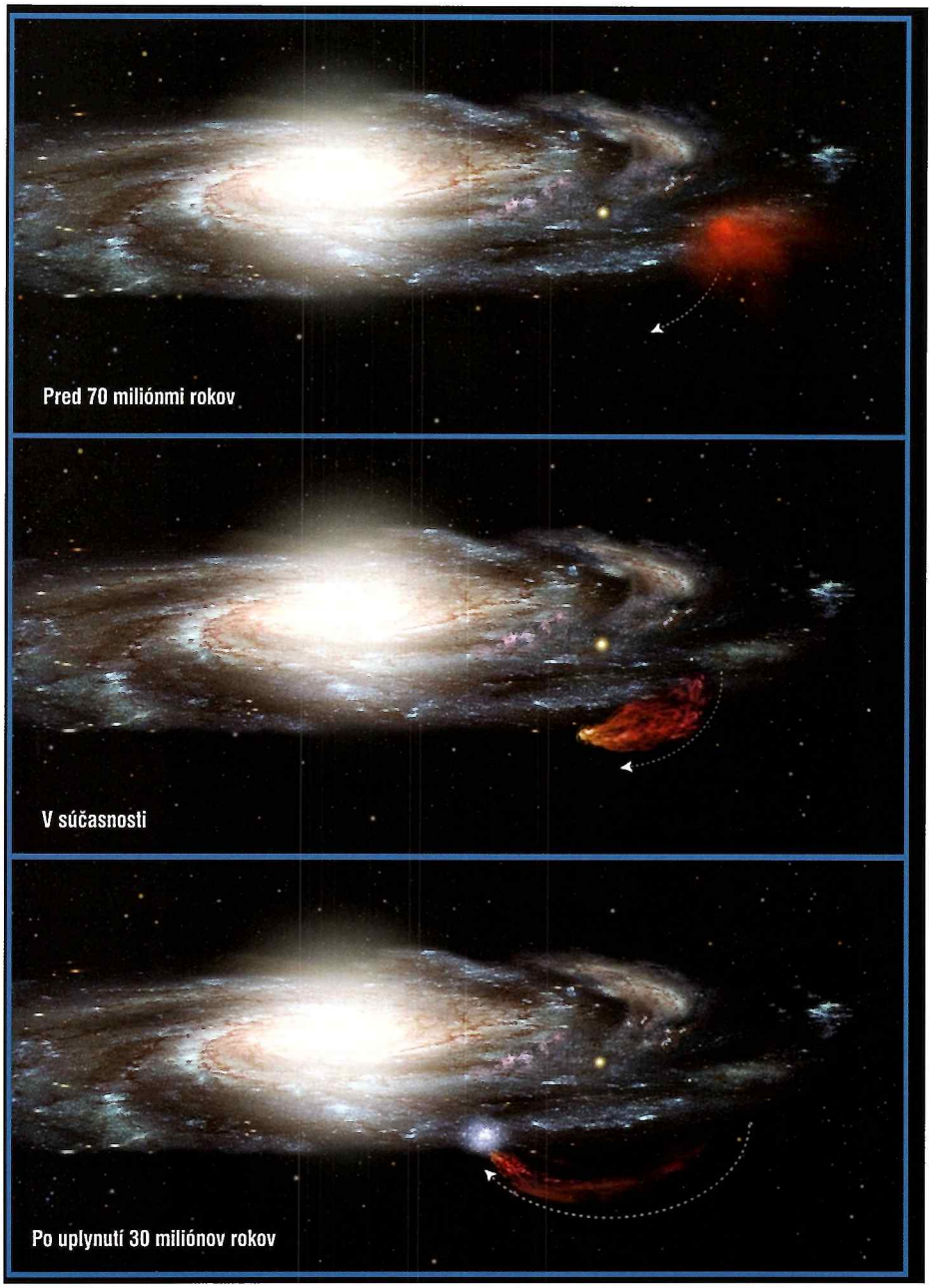
Zatiaľ však nie je jasné, aký proces dokázal oblak vytrhnúť z Galaxie. Záhadou zostáva aj to, prečo oblak, na rozdiel od iných podobných útvarov, drží pokope tak pevne, ako keby bol niečím zviazaný. Táto neuveriteľná integrita Smithovej oblaku zostala zachovaná počas uplynulých miliónov rokov.

Ako jedno z možných vysvetlení sa ponúka prítomnosť tmavej hmoty. Tento exotický neviditeľný materiál zložený z neznámych častíc, vyhýbajúcich sa takmer všetkým kontaktom s naším svetom, drží zrejme pokope galaxie, a vlastne všetky veľké štruktúry vo vesmíre. Je možné, že pomáhal stmeľovať aj Smithovej oblak?

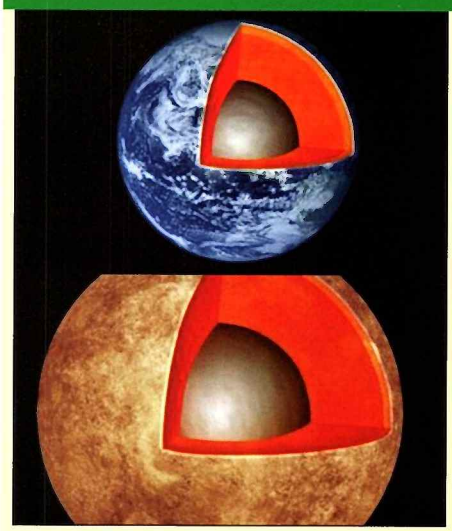
Hlavný zdroj: NASA Press Release

M. A.

http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2016/04/



TRAJEKTÓRIA SMITHOVEJ OBLAKU. Tento diagram zobrazuje trajektóriu oblaku počas 100 miliónov rokov. Jeho púť začala tým, že bol oblak vyvrhnutý z Mliečnej cesty a potom sa začal správať ako bumerang. Merania chemického zloženia oblaku, ktoré urobil Hubblov vesmírny ďalekohľad, ukázali, že pochádza z periférnej oblasti Galaxie. V súčasnosti má oblak vďaka gravitácii a obrovskému tlaku nahromadeného plynu tvar kométy. Po 30 miliónoch rokov sa vráti po balistickej krivke späť, čo by malo podľa astronómov vyvolať tvorbu mnohých nových hviezd.



Exoplanéty podobné Zemi majú podobné vnútro

V škole sme sa učili, že Zem sa skladá z tenkej vonkajšej kôry, hrubého plášťa a jadra veľkosti planéty Mars. Platí však táto štruktúra všade vo vesmíre? Budú mať exoplanéty krúžiace okolo iných hviezd rovnako tri vrstvy? Podľa nového výskumu môžeme predpokladať, že odpoveď znie áno.

„Chceli sme zistiť, do akej miery sú kamenné exozeme podobné Zemi," vysvetlil Li Zeng z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), vedúci autor štúdie. Jeho tím použil počítačový model známy ako Preliminary Reference Earth Model (PREM), čo je uznávaný model základných vlastností vnútra Zeme. Prispôsobil ho na výpočet rôznych hmotností a zloženia a aplikoval na šesť známych kamenných planét s dobre zmeranými fyzikálnymi vlastnosťami a hmotnosťou.

Výpočty ukázali, že napriek rozdielnostiam v porovnaní so Zemou by mali mať kamenné exoplanéty jadro z niklu a železa. Podobne ako v prípade Zeme, jadro týchto telies tvorí zhruba 30 percent hmotnosti celej planéty a zvyšok pripadá na kôru a plášť.

„Zloženie vnútra Zeme poznáme iba niekoľko málo storočí. Teraz už dokážeme vypočítať štruktúru vnútra planét krúžiacich okolo iných hviezd bez toho, aby sme ich museli navštíviť," komentoval výsledky Zeng.

Nový model je podľa vedcov možné použiť i na modelovanie štruktúry menších ľadových svetov typu mesiacov a trpasličích planét vonkajších sfér Slnečnej sústavy. Napríklad pre planétu veľkosti Pluta tím odhadol, že z jednej tretiny by ju mal tvoriť ľad, väčšinou vodný, no súčasne aj amoniakový a metánový.

Model predpokladá, že vzdialené svety majú rovnaké chemické zloženie ako Zem. Tento predpoklad je opodstatnený vzhľadom na zodpovedajúce množstvo kľúčových chemických prvkov ako železo, horčík, kremík a kyslík v blízkych sústavách. Tento predpoklad však neplatí obecne. Jednotlivé oblasti Galaxie môžu mať rozdielne zastúpenie kovov a exoplanéty, ktoré sa v nich nachádzajú budú mať inú vnútornú štruktúru. Túto problematiku bude tím skúmať v svojej ďalšej práci.

Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics Press Release

M. A.

https://www.cfa.harvard.edu/news/2016-03

Ilustrácia znázorňuje sústavu štvorhviezdy 30 Arietis v súhvezdí Barana, vzdialenú 136 svetelných rokov. V ľavej polovici ilustrácie vidíte dvojhviezdu 30 Arietis B (červeného trpaslíka a hviezdu typu F6, okolo ktorej krúži joviálna exoplanéta). Druhú zložku štvorhviezdy – dvojhviezdu 30 Arietis A – vidíte vpravo hore.

Exoplanéta **so štyrmi slnkami**

Lewis C. Roberts z Jet Propulsion Laboratory objavil planétu v sústave štvorhviezdy. Ide o hmotnú joviálnu planétu, ktorá obieha okolo jednej z hviezd. Je to druhá objavená štvorhviezda, ktorej súčasťou je planéta. Prvú, KIC 4862625, objavili pred dvoma rokmi.

Objav má trochu zvláštnu históriu: v roku 2009, v rámci prehliadky oblohy zameranej na vyhľadávanie dvoj- a viacnásobných hviezd, objavili pri objekte 30 Arietis v súhvezdí Barana hmotnú planétu. 30 Arietis považovali zo začiatku za trojhviezdu. Až neskôr, pomocou adaptívnej optiky na 5-metrovom ďalekohľade na Mount Palomar rozlíšili, že tento objekt tvoria dve dvojhviezdy, ktoré obiehajú okolo spoločného ťažiska.

Zložkami 30 Arietis B sú hviezda spektrálneho typu F6 a červený trpaslík spektrálneho typu M1. Horúcejšia hviezda je jasnejšia ako naše Slnko a má o 11 % vyššiu hmotnosť.

Exoplanéta s hmotnosťou 10 M_J obehne okolo jasnejšej hviezdy za 335 dní. Od materskej hviezdy je teda vzdialená ako Zem od Slnka. Červený trpaslík, druhá zložka dvojviezdy, vzdialený od väčšej sestry 22 AU, obehne okolo nej, či presnejšie okolo spoločného ťažiska, za 80 rokov.

Druhú zložku štvorhviezdy – dvojhviezda 30 Arietis A, tvoria dve hviezdy, ktoré okolo spoločného ťažiska obehnú za 1,1 dňa! Takáto tesná dvojhviezda sa javí ako jediná hviezda spektrálneho typu F5. Obe zložky sa dali rozlíšiť iba spektroskopicky. Dvojhviezdy 30 Arietis A a B obehnú spoločné ťažisko štvorhviezdy za 34 000 rokov.

Navštevník planéty v sústave 30 Arietis B by videl na oblohe obrovské biele slnko, ale rozlíšil by aj červeného trpaslíka. 30 Arietis A by videl ako dvojhviezdu na dennej i nočnej oblohe.

Sterne und Weltraum 5/2015

E. G.

Druhá najbližšia **terestrická planéta**

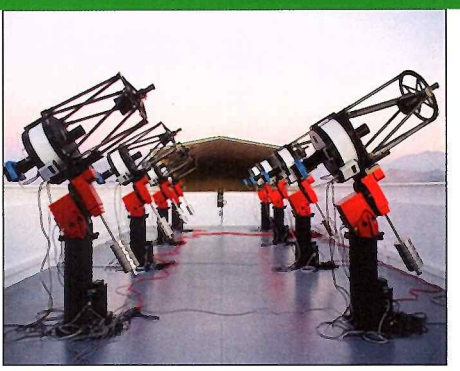
Koncom novembra lanského roku bola potvrdená existencia dvetisícej extrasolárnej planéty. (Ďalších približne 3 000 kandidátov čaká sa svoje potvrdenie.) Podobná správa už vedcov ani verejnosť príliš nevzrušuje. V tomto prípade však planéta, krúžiaca okolo červeného trpaslíka GJ 1132, vzdialeného 39 svetelných rokov, spôsobila istý rozruch. Planéta má 1,16 priemeru Zeme, takže bola objavená doteraz druhá najbližšia terestrická exoplanéta.

Exoplanétu GJ 1132b objavilo automatické zariadenie MEarth-South, ktoré postavili na vrchu Cerro Tololo v Čile. Tento systém tvorí osem 40-centimetrových ďalekohľadov. Tie skúmajú najbližšie slabé hviezdy (do vzdialenosti 100 svetelných rokov, s priemerom menším ako tretina priemeru Slnka). Ďalekohľady zároveň zaznamenávajú aj prípadné zmeny jasnosti týchto hviezd.

Začiatkom roku 2014 zaznamenali zmeny jasnosti (0,3 %) pri červenom trpaslíkovi GJ 1132 s periódou 1,6 dňa. Zo svetelnej krivky odvodili aj priemer novej exoplanéty: 1,16 D_Z.

Exoplanéta GJ 1132b obieha okolo svojej hviezdy vo vzdialenosti 3,3 miliónov kilometrov, čo sú 2 % vzdialenosti Zeme od Slnka.

GJ 1132 má iba 0,4 % svietivosti nášho Slnka, ale na planétu, okolo nej krúži na takej blízkej obežnej dráhe, dopadá 19-krát intenzívnejšie žiarenie ako na našu Zem. Teplota povrchu na tejto planéte (v závislosti od toho, koľko žiarenia dokáže odraziť) sa pohybuje v rozpätí 136 až 369 °C. Pre život, vo forme ako ho poznáme, je toto teleso, pripomínajúce skôr našu Venušu, príliš horúce.



Sústavu MEarth-South Telescope poskladali z ôsmich 40 cm ďalekohľadov. Prístroj na vrchole Cerro Tololo v Čile automaticky zaznamenáva zmeny jasnosti blízkych a slabých hviezd.

Planéta GJ 1132b má podľa nedávno zverejnených údajov 1,6 násobok hmotnosti Zeme, pričom relatívna chyba je len 0,55 %. Z údajov o priemere a hmotnosti odvodili vedci aj hustotu terestrickej exoplanéty: 5550 kg m^{-3}. GJ 1132b má podobné parametre ako planéta, na ktorej žijeme, ale rozhodne nie je jej dvojníkom.

Sterne und Weltraum 1/2016

Cerro Tololo Press Release

E. G.

Kovové oblaky **nad osamelou exoplanétou**

Exoplanéta PSO J318.5-22 s hmotnosťou 6 M_J je kozmický tulák. Nekrúži okolo nijakej hviezdy, osamelo blúdi našou Galaxiou. Momentálne vo vzdialenosti 80 svetelných rokov od Zeme. Exoplanétu na osamelú púť odsúdil gravitačný biliard, ktorý ju katapultoval zo zatiaľ neznámej materskej planetárnej sústavy.

Ukázalo sa, že osamelosť PSO J318.5-22 má svoje výhody. Pozorovania nesťažuje svetlo materskej hviezdy, astronómovia ju môžu dôkladne preskúmať. Astronómovia to zistili hneď po jej objave v roku 2013.

Pomocou ďalekohľadu PanSTARRS-1 sa podarilo objaviť osamelú exoplanétu PSO J318.5-22 v blízkej infračervenej oblasti spektra. Exoplanétu vnímame ako červenkasté teleso.

Nedávno však tím z University of Edinburgh zaznamenal, že jasnosť osamelej exoplanéty v ostatných mesiacoch sa nápadne mení: v priebehu niekoľkých hodín sa jasnosť telesa o 10 % zvýši alebo poklesne. Príčinou sú podľa všetkého mraky železa v plynnom stave, ktoré putujú nad povrchom planéty.

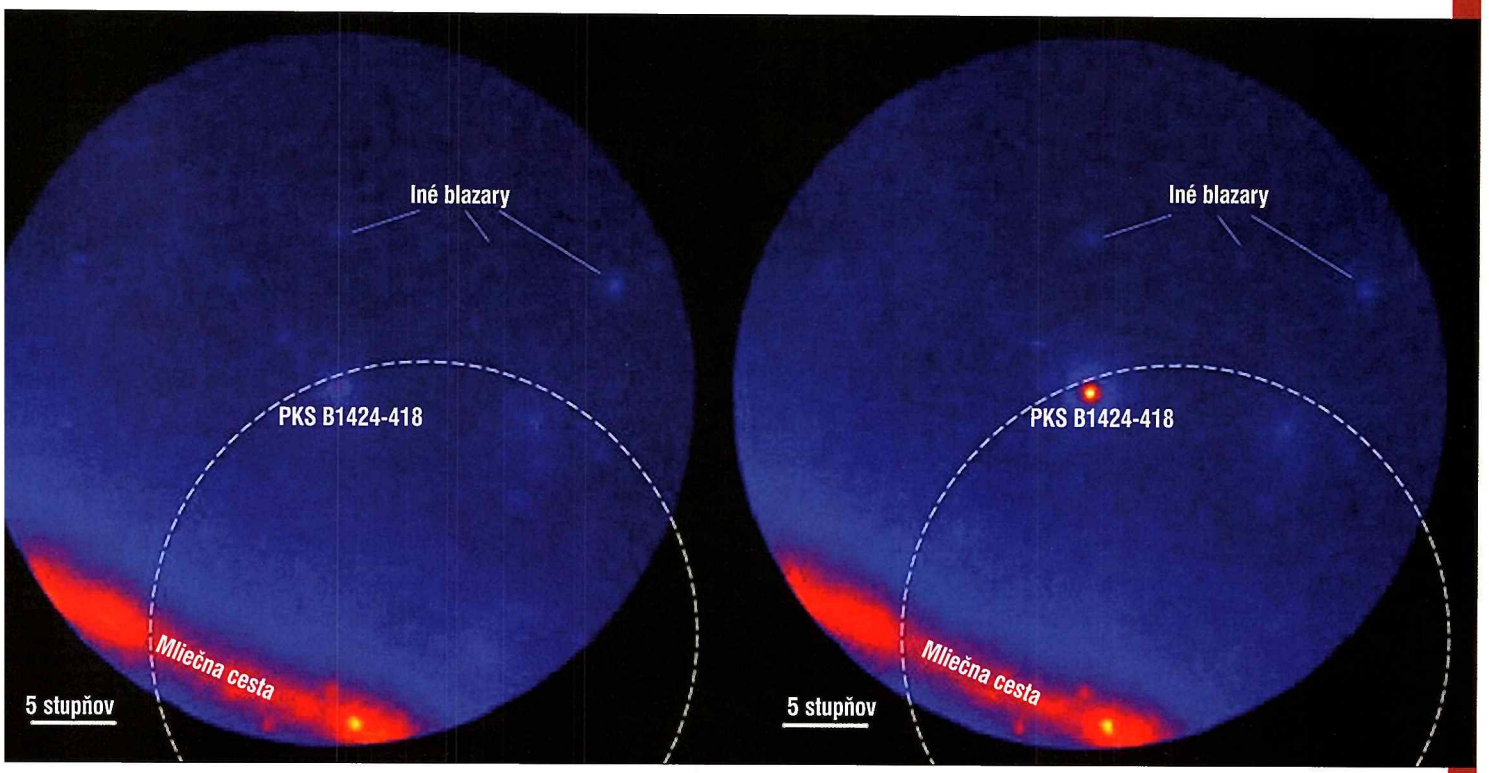
Exoplanéta, podobne ako Jupiter, rýchle rotuje: deň na nej trvá 5 až 10 hodín! Je však 6-krát hmotnejšia s veľmi vysokou teplotou na povrchu. Za týchto podmienok sa kovy ako železo, ale aj kremičitany, roztápajú, vyparujú a stúpajú do najvrchnejších vrstiev atmosféry. Polia kovových oblakov sa vznášajú nad povrchom planéty a spôsobujú jej premenlivú jasnosť. Podobné javy sa odohrávajú aj na iných, veľkých exoplanétach, ibaže tam ich vedci nedokážu podrobne študovať, keďže sú prežiarené svetlom materských hviezd.

Ak sa škótski astronómovia nemýlia, kovové planéty sa ocitnú v učebniciach astronómie, v ktorých sa opisujú meteorologické a klimatické javy na exoplanétach. Hoci oblaky a premeny počasia na vzdialených, obrích telesách vedci zaznamenali už pred PSO J318.5-22. Na hnedom trpaslíkovi Luhmann 16B, ktorý je oveľa menší ako hviezda, ale väčší a hmotnejší ako najväčšie exoplanéty. Aj nad týmto hnedým trpaslíkom krúžia oblaky, aj tam sa mení počasie.

Sterne und Weltraum 1/2016

University of Edinburgh Press Release

E. G.



Na snímke z vesmírnej sondy Fermi vidíme oblohu okolo blazaru PKS B1424-418 v oblasti žiarenia gama. Najjasnejšie farby znázorňujú oblasti s intenzívnym žiarením. Vyčiarkovaný oblúk vymedzuje oblasť, kde by sa podľa IceCube mal nachádzať zdroj neutrína s rekordnou energiou. *Vľavo:* obloha v roku 2011 podľa údajov, získaných počas 300 dní, keď bol blazar neaktívny. *Vpravo:* obloha počas 300 aktívnych dní v roku 2013, keď sa PKS B1424-418 stal najžiarivejším blazarom na tejto časti oblohy. (Oba obrázky zhotovili na základe spriemerovaných údajov.)

Zdroj neutrín s vysokou energiou mimo Mliečnej cesty?

Zhruba pred 10 miliardami rokov vzplanula v galaxii PKS B1424-418 gigantická explózia. Vyžiarené častice dorazili k Zemi v roku 2012. V rovnakom čase zaznamenali nemeckí vedci neutríno s rekordne vysokou energiou. Zdá sa, že sa táto častica zrodila z rovnakej explózie.

Neutrína sú najrýchlejšie, najľahšie (majú mimoriadne nízku, bezmála nulovú hmotnosť), „najasociálnejšie" základné častice (nerady sa združujú či zrážajú s inými časticami), a preto sa ťažko detegujú. Vedci neutrínam zo všetkých častíc najmenej rozumejú.

Objav neutrína, ktoré sa možno zrodilo z výbuchu objektu mimo našej Galaxie, po prvý raz nastoľuje možnosť preskúmať potenciálne prepojenie medzi vzdialenou kataklizmou a kozmickými neutrínami.

Objav kozmického neutrína sa stal malou senzáciou, pretože práve tieto častice nesú infotrmácie o procesoch a prostrediach, ktoré sa iba zo spektier rozličných typov žiarenia vyčítať nedajú.

Rok po objave prvého potenciálne kozmického neutrína zachytilo IceCube Neutrino Observatory na Južnom póle prúd mimozemských neutrín. Označili to za fyzikálny objav roka. K dnešnému dňu zaznamenalo toto observatórium už vyše 100 neutrín s vysokými energiami. Tie najextrémnejšie krstia podľa postáv detského televízneho seriálu „Sezam Street". Najvzácnejším z prvých úlovkov bol Big Bird, neutríno s energiou vyše 2 triliónov elektrónvoltov (PeV). Dnes je v tabuľke na druhom mieste.

Odkiaľ sa tieto neutrína berú? Posádke okolo IceCube sa zatiaľ podarilo zúžiť oblasť na oblohe okolo predpokladaného zdroja, ktorý v roku 2012 detegovala vesmírna sonda Fermi. Zdroj sa prejavil dramatickým zjasnením aktívnej galaxie (tzv. gama blazaru) PKS B1424-418.

Aktívna galaxia je vlastne normálna galaxia s mimoriadne jasným jadrom. Zjasnenie v jadrách takýchto galaxií najčastejšie spôsobuje hmota nabaľovaná na supermasívnu čiernu dieru. Časť tejto hmoty, krúžiacej v akréčnom disku, po prekročení istých limitov (rýchlosti a teploty hmoty v disku), sa vracia do okolitého priestoru v podobe dvoch protismerných výtryskov. V prípade blazarov jeden z týchto výtryskov smeruje priamo k Zemi.

Počas vyše roka monitorovaného vzplanutia blazaru PKS B1424-418 bol tento zdroj v oblasti gama 15- až 30-krát jasnejší ako pred erupciou. V oblasti, ktorá bola zdrojom neutrína Big Bird sa okrem blazaru PKS B1424-418 nachádzajú aj ďalšie aktívne galaxie.

Vedci, ktorí hľadali zdroj rekordného vzplanutia, prehľadali aj archívy. Najmä archív pozorovacieho programu TANAMI, v rámci ktorého sa od roku 2007 pravidelne monitoruje 100 aktívnych galaxií na južnej oblohe vrátane niekoľkých zdrojov, ktoré objavila sonda Fermi. Ukázalo sa, že rekordný výtrysk sa počas rokov 2011 až 2013 sa štyrikrát zjasnil! V iných galaxiách súboru TANAMI nič takého dramatického nespozorovali.

Blazary dokážu udeliť protónom vo výtryskoch relativistické energie. Tieto protóny sa po zrážkach s časticami v centrálnej časti galaxie menia na pióny a tie sa rozpadajú na fotóny gama a neutróny.

Vedci v oblasti, odkiaľ bolo vyžiarené rekordné neutríno Big Bird, hľadali zdroj, ktorý by bol schopný produkovať častice s takou vysokou energiou. S úspechom: stali sa svedkami najdramatickejšieho vzplanutia, aké kedy pri blazaroch pozorovali. Boli v pravom čase na pravom mieste.

Objavitelia sa nazdávajú, že zjasnenie PKS B1424-418 a neutríno Big Bird sú nejako prepojené. Pravdepodobnosť, že ide o nesúvisiace udalosti, ktoré sa náhodou objavili v rovnakom čase v rovnakej oblasti, vedci odhadli na 5 %. Preto spracovali a vyhodnotli všetky údaje z vesmírnych prístrojov Fermi, Swift a WISE i niekoľkých pozemských detektorov. Vypočítali, ako sa energia výbuchu prerozdelila do elektromagnetického spektra a zistili, že táto energia bola dostatočná na to, aby zrodila aj neutríno s energiou na úrovni PeV.

Zdá sa, že zdrojom neutrína Big Bird bola galaxia PKS B1424-418.

Vedci okolo Ice Cube sa nazdávajú, že ich úspech je iba predzvesťou významných objavov v najbližšom čase. Zariadenie IceCube už onedlho dokáže v reálnom čase vyslať signál zakaždým, keď zaznamená a lokalizuje neutríno. V oblasti s priemerom iba o niečo väčšej ako Mesiac v splne.

Francis Halzen, vedúci výskumu na IceCube z University of Wisconsin-Madison dodal: „Krok za krokom otvárame neutrínové okno do vesmíru."

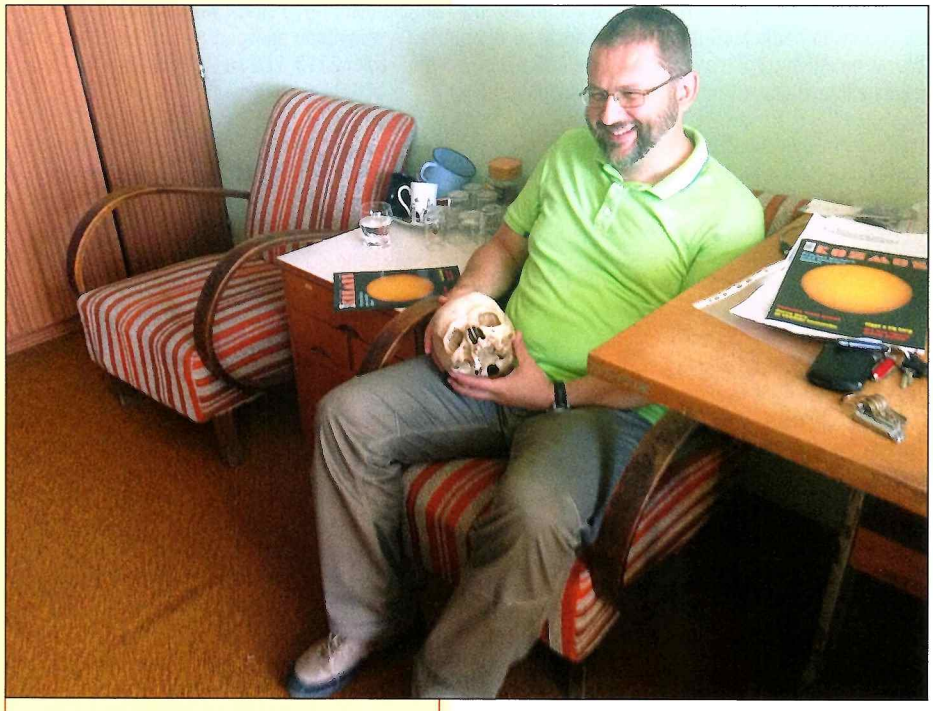
https://www.sciencedaily.com/releases/2016/04/160428094924.htm

Universities of Wuerzburg a Erlangen/ Nuernberg Press Release
E. G.

O ľuďoch dávnej minulosti hovoríme so slovenským antropológom Radoslavom Beňušom

Homo naledi: nová hviezda na nebi paleoantropológie

Hľadanie iných civilizácií má veľa podôb. Zatiaľ čo astronómovia veria, že existujú kdesi nad našimi hlavami, paleoantropológovia sa pozerajú skôr pod nohy. A každú chvíľu nachádzajú svedectvo o ľuďoch, ktorí žili v praveku našich dejín a boli súčasťou pre nás doteraz neznámych civilizácií. Porozprávali sme sa o tom s **Radoslavom Beňušom**, vedúcim Katedry antropológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave.



Doc. RNDr. Radoslav Beňuš, PhD. (*1975): Vyštudoval antropológiu na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského, kde v súčasnosti pôsobí ako vysokoškolský učiteľ. Profesionálne sa venuje historickej a prehistorickej antropológii, paleopatológii (skúmanie ochorení u historických populácií) a rekonštrukcii života historických populácií. Druhou oblasťou záujmu je forenzná antropológia a forenzná identifikácia.

Hovoríme spolu rok po tom, čo tím amerického (dnes už juhoafrického) paleoantropológa Lee Bergera oznámil v tlači senzačný nález nového druhu človeka. Dostal názov *Homo naledi*, čiže človek-hviezda. Môžete teraz s odstupom času zhodnotiť, čo objavitelia v jaskyni v Juhoafrickej republike blízko pri Johannesburgu vlastne našli?

„Z hľadiska toho, ako dobre sa kosti zachovali, možno naozaj hovoriť o rarite, aká je v paleoantropológii veľmi zriedkavá. Sám Berger nález označil za akýsi prechodný článok medzi rodom Homo a australopitekmi. To by bolo naozaj niečo prelomové. Lenže ako to pri podobných nálezoch býva, nie všetci odborníci s Bergerom súhlasia. Situáciu komplikuje aj to, že ešte ani po roku nie je ukončené datovanie pozostatkov. Podľa doterajších odhadov sa vek približne 1 550 veľmi dobre zachovaných kostí z 15 kostier nájdených v jaskyni Rising Star Cave pohybuje medzi 912 tisíc a 2,2 miliónmi rokov."

Vy sám sa prikláňate k akej hranici?

„Skôr k nižšej. Napokon na ňu ukazujú aj najnovšie odhady na základe posledných meraní veku kostí, a nasvedčuje tomu aj celková morfológia kostier. Dá sa povedať, že od pásu dole je to človek, ktorý mal chodidlá prispôsobené na vzpriamenú chôdzu, avšak kostra ruky svojou stavbou umožňovala aj pohyb v korunách stromov. Do karát tejto hypotézy však ani trochu nehrá relatívne nízka mozgová kapacita v rozsahu okolo 500 kubických centimetrov, ktorá sa blíži skôr k australopitekom než k ľuďom. Výška dospelých jedincov bola v priemere 1,5 metra, hmotnosť okolo 45 kilogramov."

Čím objavitelia zdôvodnili nález toľkých kostier na jednom mieste?

„Hypotéz bolo opäť viac, ale po ich postupnom preskúmaní a vylučovaní objaviteľský tím došiel k záveru, že najpravdepodobnejšie by to mohlo byť pohrebisko. Ale zasa – nie všetci s tým súhlasia. Najmä preto, že najstaršie známe pohreby neandertálcov dnes máme datované do obdobia okolo 100-tisíc rokov. To by bol naozaj veľký skok, ak by sa pochovávanie mŕtvych posunulo o 800-tisíc rokov do minulosti. Takže to v paleoantropologickej komunite nevyzerá na nejaký rýchly konsenzus."

Za pravlasť človeka sa pokladá východná Afrika. Mení nález pravdepodobne nového člena rodu Homo na inom konci kontinentu pohľad na evolúciu nášho druhu?

„Určite áno. Nález z juhu Afriky je neprehliadnuteľný. Nielen pre množstvo veľmi dobre zachovaných pozostatkov, ale aj preto, že medzi nimi sú mužské aj ženské kostry, alebo ak chcete, tak samčie a samičie. Našli sa tiež kostry starších a mladších jedincov, na ktorých dobre vidieť vývinovú morfológiu. Rozruch, aký objav spôsobil v paleoantropológii, by som prirovnal k objavu *Homo floresiensis* z roku 2003, ktorý tiež poriadne zamával celým evolučným stromom. Napokon teraz už aj ťažko povedať, či to bol naozaj strom, alebo skôr kríkk, alebo či to išlo ešte inými rôznymi smermi, o ktorých iba niečo tušíme. Vlastne až niekedy pred 50- až 30-tisíc rokmi sa sformoval moderný človek, stopy ktorého vieme čítať lepšie. Aj to však platí s výhradami. Napríklad ešte pred dvadsiatimi rokmi sme nevedeli, že ľudia sa krížili s neandertálcami."

Takže keby ste na skúške z antropológie tvrdili, že máme neandertálsku DNA, nedopadlo by to dobre.

„Asi nie.... Na druhej strane to však boli dva ľudské druhy, ktoré žili na rovnakom území, museli sa stretávať a logicky aj krížiť. Dôkazy na to však vtedy neboli, priniesla ich až moderná genetika. Najskôr známy švédsky genetik pôsobiaci v Nemecku Svante Pääbo došiel k záveru, že máme 5 percent DNA neandertálcov, potom sa to redukovalo na 1,5-2,5 percenta. Zaujímavé však bolo, že v neandertálskej DNA sa pôvodne nenašli pozostatky DNA ľudí. Lenže aj to sa už zmenilo. Posledné sekvencie neandertálskej DNA ukázali, že predsa len sme v nich zanechali svoje dedičstvo. Dokonca by to mal byť jeden

z veľmi dôležitých génov, ten, ktorý považujeme za akýsi štartovací blok k reči. Takýto import DNA pravdepodobne prebiehal už veľmi dávno, pred sto tisíc rokmi."

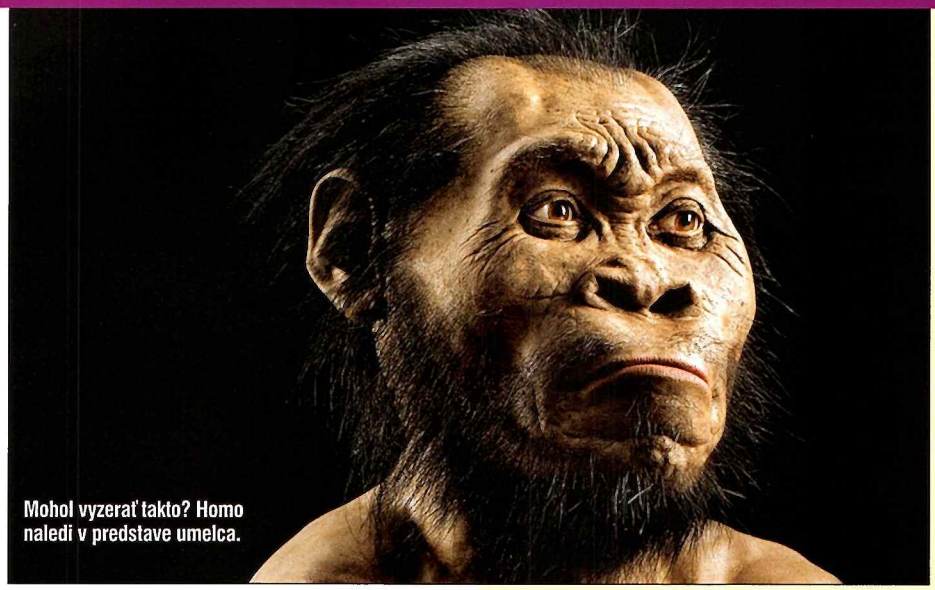
A aké gény sme zdedili my od neandertálcov?

„Napríklad gén ryšavej farby vlasov alebo gény spojené s metabolizmom, s čím súvisia aj naše sklony k diabetu a cirhóze pečene. Rovnako tak sme od nich zrejme zdedili sklon k alergiám, ale súčasne aj schopnosť ničiť nebezpečné patogény, ktoré preniknú do nášho organizmu."

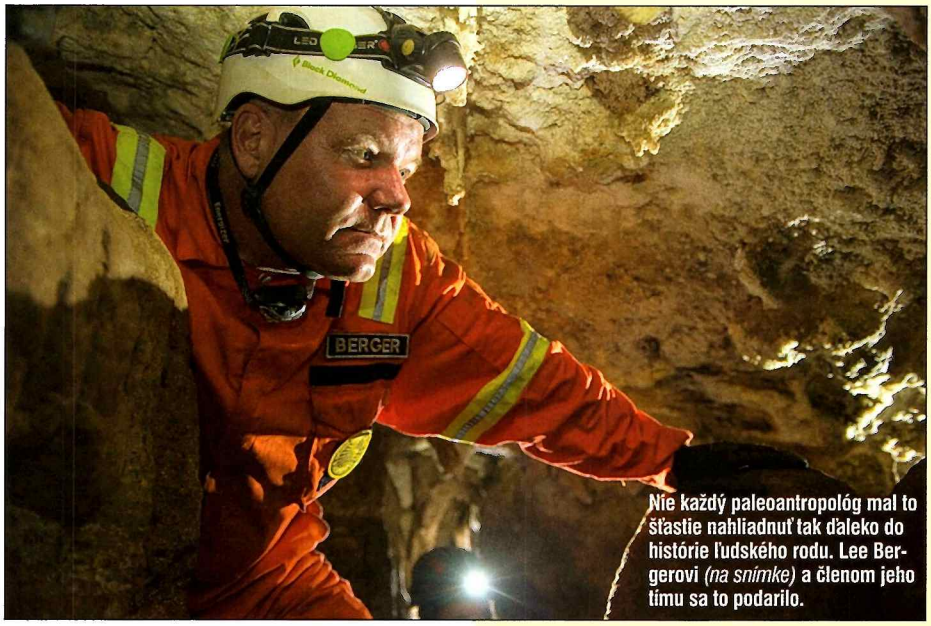
Osud neandertálcov bol veľmi zaujímavý. Možno ich označiť – spolu s *Homo sapiens* – za najúspešnejší ľudský druh. Naposledy žili v Európe ešte pred nejakými 25-tisíc rokmi, potom sa ich stopy strácajú. Každú chvíľu sa v tlači zjaví nejaká nová hypotéza o ich konci. Aký je váš názor na príčiny ich vyhynutia?

„Logické by bolo, že sa dostali do priameho konfliktu s naším druhom, no na druhej strane nikde sa nenašlo bojisko alebo pohrebisko, ktoré by o tom svedčilo. Skôr teda zrejme išlo o súhrn ekologických faktorov. Moderní *Homo sapiens* sa možno vedeli lepšie adaptovať na poslednú dobu ľadovú, lebo už vynašli ihly. A vedeli zhotovovať odevy, ktoré ich ochránili pred chladným počasím. Ďalej, z genetickej výbavy neandertálcov vieme, že ich hlavnou potravou bolo mäso, takže vyhynutie mamutov a iných veľkých zvierat im nepochybne spôsobilo veľké problémy. Tým skôr, že museli súťažiť o obmedzené zdroje s ľuďmi. Do úvahy treba zobrať aj možnosť, že ľudia sa naučili loviť ryby a mohli tak získavať v porovnaní s neandertálcami kvalitnejšie bielkoviny, čím podporili napríklad rozvoj svojho mozgu. Existuje aj hypotéza o tom, že neandertálcov mohla citeľne zasiahnuť zmena klímy, spojená s výbuchmi vulkánov. Najpravdepodobnejšia sa však stále javí hypotéza ekologickej

⇨⇨

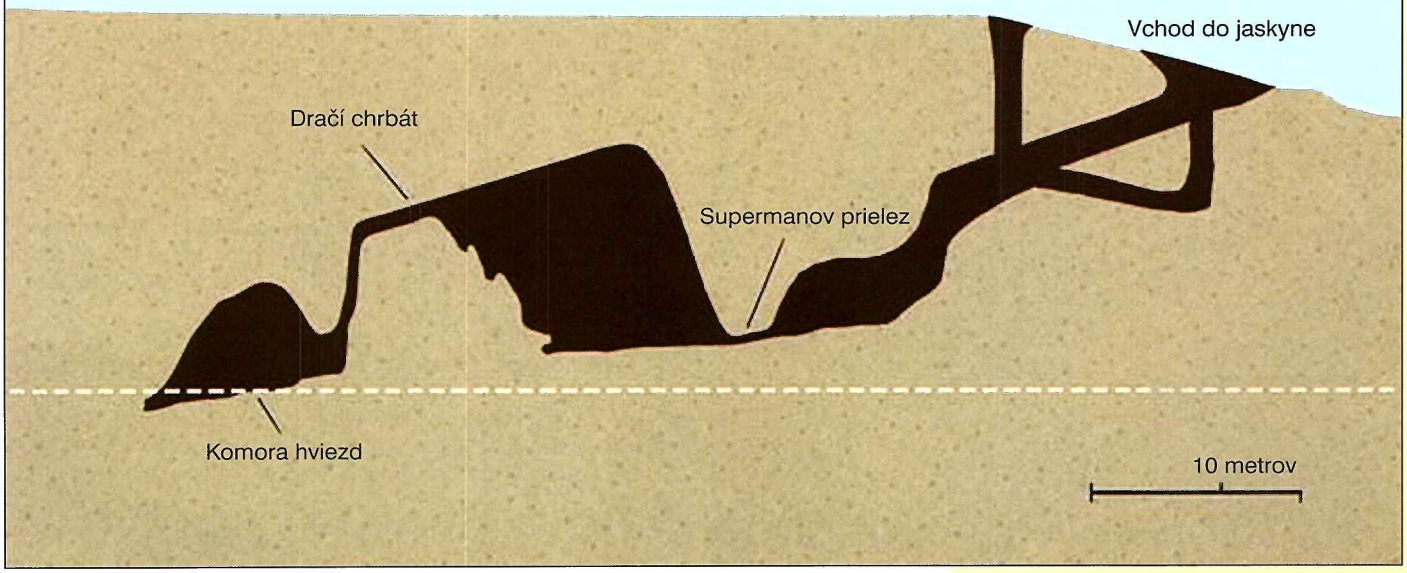


Mohol vyzerať takto? Homo naledi v predstave umelca.



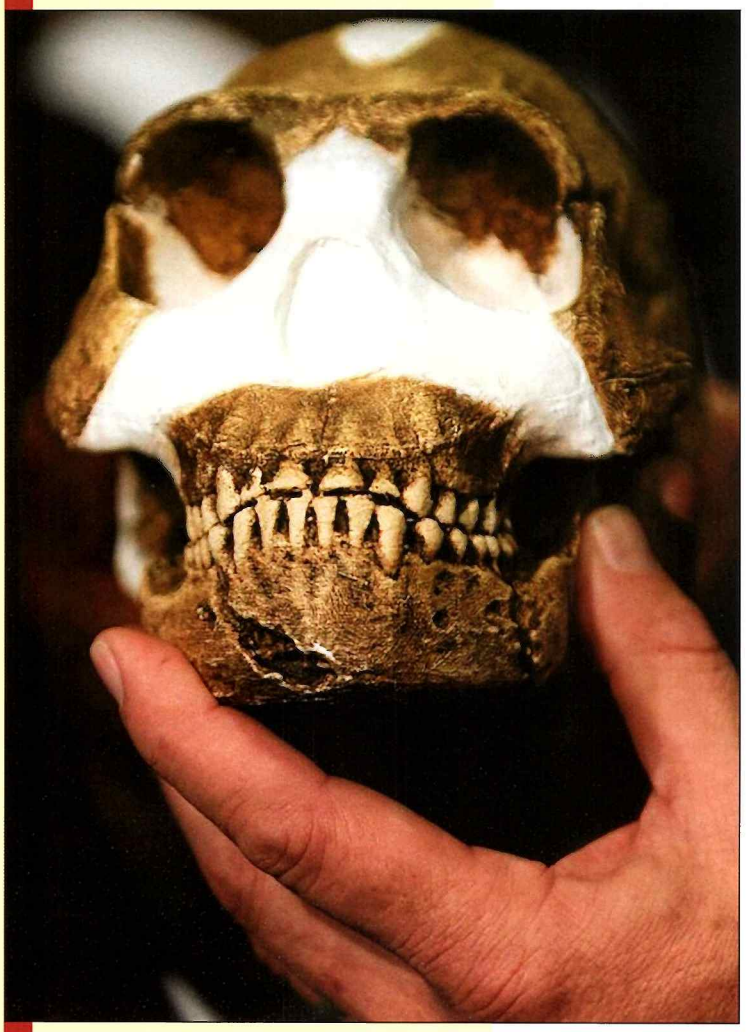
Nie každý paleoantropológ mal to šťastie nahliadnuť tak ďaleko do histórie ľudského rodu. Lee Bergerovi *(na snímke)* a členom jeho tímu sa to podarilo.

Kosti Homo naledi sa našli v poslednej časti komplexu Rising Star Cave (Jaskyne vychádzajúcej hviezdy) nazvanej Dinaledi Chamber (Komora hviezd). Leží v podzemí približne sto metrov od vchodu a, ako ukazuje mapka, prístup do nej bol v niektorých častiach trasy veľmi úzky. Preto Berger potreboval do tímu mladých štíhlych doktorandov, ktorí sú v kondícii, majú skúsenosti so speleológiou a netrpia klaustrofóbiou. Získal ich vďaka sociálnym sieťam.



Porovnanie ruky Homo naledi s ľudskou.

Vzhľadom na to, že fosílie majú veľa moderných čŕt, lebka Homo naledi vedcov prekvapila svojou nízkou mozgovou kapacitou.



kompetencie, čiže vyhynuli najskôr preto, že postupne prichádzali o zdroje a mali veľkú konkurenciu v našich predkoch."

O neandertálcoch vieme relatívne dosť. Čo však vieme o ďalšom ľudskom druhu, ktorý sa aspoň minimálne podieľa na podobe DNA moderného človeka, teda o viacmenej stále tajomných denisovanoch? Stopy ich DNA majú v génoch najmä ľudia z Melanézie v Tichom oceáne.

„Po denisovanoch nám zostal článok prsta a dva zuby, ktoré sa našli v jaskyni Denisova v ruskom pohorí Altaj, teda už v strednej Ázii. Ide o prvý ľudský druh, o ktorom vieme viac z jeho DNA než z vykopávok. Čo je však zaujímavé: DNA získaná z fosílií starých okolo 40-tisíc rokov ukázala, že je to úplne iný druh než my alebo neandertálci. Ich vývinová vetva sa od našej odštiepila zrejme v podobnom období ako neandertálska, čiže niekedy pred 500-tisíc rokmi, a ďalej pravdepodobne žili veľmi izolovane. Predpokladá sa, že sa mohli kríženť s *Homo erectus*. Nuž a potom je tu ešte takzvaný jelení človek, fosílie ktorého sa našli v Číne sú staré okolo 14- až 17-tisíc rokov. To sú tiež relatívne mladé nálezy a taktiež ide o úplne iný druh človeka, ktorý má dokonca na stehennej kosti znaky veľmi podobné ako *Homo erectus;* a ten je takpovediac o kategóriu nižšie ako moderní ľudia."

Takže, zdá sa, Čína a vlastne celá Ázia miešajú karty čoraz viac. Až sa chce povedať, že ide o akúsi antropologickú nočnú moru, ktorá všetko veľmi komplikuje.

„Keď hovoríme o Ázii, tak vlastne fosílie prvých *Homo erectus*, nájdených mimo Afriku – čiže *Homo pekinensis* – pochádzajú práve z Číny. Ich kosti staré okolo 800-tisíc rokov vykopali v dvadsiatych rokoch uplynulého storočia. Novšie nálezy z Ázie, ktoré sa postupne dostávajú na povrch aj po dlhšom čase od ich objavu, sú však skutočne veľmi zvláštne. Keď si trebárs na internete pozriete moderné rysy morfológie lebiek ľudí z Jelenej jaskyne, na prvý pohľad vidíte, ako veľmi sa líšia od dnešných Číňanov. Ako keby to potvrdzovalo multiregionálny vývin človeka, ako keby evolúcia experimentovala veľa ráz, než sme sa zjavili my..."

Z Ázie, konkrétne z indonézskeho ostrova Flores, pochádza aj ďalší zvláštny druh človeka, ktorý ste už spomenuli, *Homo floresiensis*. Pre nízky vzrast sa mu hovorí aj hobbit. Skúsme sa pri ňom pristaviť podrobnejšie.

„Teraz sa už hobbit uznáva ako nový druh človeka, a nedávno sa spresnilo aj datovanie hornej hranice jeho výskytu. Vychádza z toho, že na ostrove sa zjavil pred vyše 50-tisíc rokmi a žil tam do obdobia pred 13-tisíc rokmi, no s modernými ľuďmi sa nekrížil. Pritom nie tak dávno, keď bola k dispozícii ešte iba jedna kostra, si niektorí špecialisti mysleli, že ide o jedinca nášho druhu postihnutého zriedkavou chorobou. Keď som ako začínajúci antropológ navštívil paleopatologický kongres v Prahe, pamätám sa na prednášku profesora Israela Herskovitza, ktorý dokazoval, že všetky morfologické znaky lebky nasvedčujú chorobe zvanej Laronov syndróm. Tá je charakterizovaná necitlivosťou organizmu na rastový hormón, čo by zodpovedalo tomu, že nájdená kostra mala výšku približne jeden meter a nezvyčajne malý bol aj objem lebky (380 kubických centimetrov, čo je na úrovni šimpanzov alebo australopitekov). Potom sa do toho vložili neurológovia a tí dokázali, že mozog hobbita bol úplne normálny. V tomto roku sa na ostrove dokonca našli fosílie jeho predkov, ktorí mali žiť pred 700-tisíc rokmi a z ktorých sa mal hobbit vyvinúť. Mali ešte normálnu výšku a postupne sa akoby scvrkávali, čo podporuje teóriu ostrovného nanizmu (zakrpatievania), čím sa vlastne druh prispôsobuje okolitým podmienkam."

Z Ázie je tu ešte nedávno ohlásený „objav" nového druhu človeka, ktorý údajne žil na Andamanských ostrovoch v Bengálskom zálive...

„Ten vyzerá byť zatiaľ iba hypotetický. 'Objavil' sa pri výskume genómu južnej a juhovýchodnej Ázie s cieľom rekonštruovať históriu osídlenia týchto oblastí. Genetici našli pri analýze DNA Andamancov také sekvencie, ktoré sa nezhodujú s nijakým doposiaľ známym hominidom. Už sa vyskytli hypotézy, že by to mohlo byť dedičstvo po krížení s *Homo erectus* niekedy pred 40 tisíc rokmi. Zatiaľ je však prob-

lematické dokázať to, pretože doposiaľ sa nepodarilo izolovať DNA z pozostatkov *H. erectus*. Potvrdzuje to však, čo som už spomínal, že ázijské nálezy ešte prekvapia a vnesú mnoho nejasností do ľudskej evolúcie."

Veľa nových informácií sme mohli spomenúť iba okrajovo. Je ich však toľko, že by stálo za to prečítať si dobrú populárnu knihu, z ktorej by laik mohol získať aspoň rámcovú predstavu o ľudskej evolúcii. Viete o nejakej?

„Z posledného obdobia odporúčam naozaj dobrú prácu českého autora Jiřího Svobodu *Předkové* s podtitulom *Evoluce člověka*, ktorú vydala Academia. Knižka, ktorá má 480 strán, sa však už teraz ťažko zháňa. Vyšla v roku 2014 a viacerí si všimli, že stojí za to mať ju. Ja som ju zohnal po dlhšom hľadaní v jednom zastrčenom kníhkupectve v Žiline. Z roku 2013 je publikácia Václava Vančatu *Paleoantropologie a evoluční antropologie*. Rozmýšľam ešte o tom, či nevyšla iná, novšia publikácia, ale treba povedať, že do písania kníh z tejto oblasti sa nikomu príliš nechce, lebo akokoľvek aktuálne napísaná kniha môže zastarať už v momente, keď vyjde. Ale predsa len ešte jedna mi prišla na um, je však o niečo staršia než kniha od Svobodu. Napísala ju Ann Gibbonsová a vyšla v roku 2011 v Academii pod názvom *První lidé – Závody v hledání nejstaršího předka*. Veľmi dobre sa číta a veľmi pekne opisuje pomery v paleoantropologickej obci. Je zaujímavé, že vzťahy medzi vedcami môžu niekedy ovplyvniť aj to, či sa nakoniec dospeje ku konsenzu, či sa nejaký nález označí za nový druh alebo nie. Spomína sa tam aj Lee Berger, známy svojimi ambíciami, ktorého doteraz vždy niekto predbehol, no v južnej Afrike mu to konečne vyšlo."

Čiže aj v paleoantropológii, ktorá už sama o sebe je veľmi špecializovaným vedným odborom, ešte existujú rôzne prúdy?

„Určite. Napríklad dva výrazné prúdy súčasnej paleoantropológie by sa dali označiť ako rozdeľovači verzus spájači. Tí prví vidia pomaly v každom náleze nový druh, čo sa, samozrejme, zriedkavo môže stať. No ja si myslím, že rozumnejší sú spájači, ktorí uvažujú najskôr o tom, že mnohé rôzne nálezy môžu patriť k jednému druhu – čiže snažia sa spojiť to, čo tí prví rozdelili. Keď totiž zoberiete do úvahy len moderných ľudí, tak viete odlíšiť napríklad lebku aziata od kaukazského človeka. Keby sa však tieto dve lebky našli v rôznych oblastiach, niekto by mohol tvrdiť, že ide o dva druhy. Typický je v tomto smere nález z gruzínskeho Dmanisi starý okolo 1,8 milióna rokov. V jednej časovej vrstve sa našlo päť jedincov, ktorí boli veľmi odlišní, napríklad ich mozgová kapacita sa prekrývala s vyspelými *Homo habilis*, ale aj s australopitekmi. Takže keby ležali v rôznych vrstvách, niekto by z nich mohol spraviť päť druhov. Lenže oni žili spolu, a ešte v jednom historickom období. Taká ohromná je variabilita v rámci jedného druhu. Preto si myslím, že spájači budú aj naďalej ťahať za dlhší koniec paleoantropologického povrazu."

Pokiaľ ide o presnejší pohľad na evolúciu ľudského druhu, nepomôže ani slávny Svante Pääbo a jeho nemenej slávne analýzy DNA?

„Pokiaľ ide o Pääba, ten sa zaslúžil o sekvenovanie DNA denisovanov, ale najmä neandertálcov; nedávno vyšla kniha, ktorá zhŕňa všetky jeho nové poznatky o neandertálcoch. Lenže prvý problém vidím v tom, že DNA z mnohých nálezov už jednoducho nevydolujete. Najstarší genetický materiál, vhodný na analýzu, pochádza z fosílie nájdenej v Španielsku starej okolo 400-tisíc rokov; mal by to byť *Homo heidelbergensis*, predchodca moderných ľudí. A druhý problém spočíva v tom, že genetika takmer s každou novou a dokonalejšou sekvenciou DNA otvára oveľa viac otázok, než koľko ponúka odpovedí. Takže pokiaľ ide o evolúciu človeka, existuje dosť vecí, ktoré ešte nevieme, a zrejme ani nebudeme vedieť. Ťažko nájdeme trebárs fosílie zo zaujímavého obdobia, keď naši predkovia migrovali cez oblasť južnej Ázie, ktorá je už dnes prakticky pod morom. Ale keby ste sa ma na evolúciu človeka opýtali koncom 19. storočia, tak vám poviem, že všetko je jasné: máme jednu líniu, ktorá ide od jedného predka... Každý nový nález však ukazuje, ako veľmi zjednodušený pohľad to bol."

A na záver ešte čitateľom Kozmosu prezraďte, ku ktorej fosílii máte zvlášť blízky vzťah.

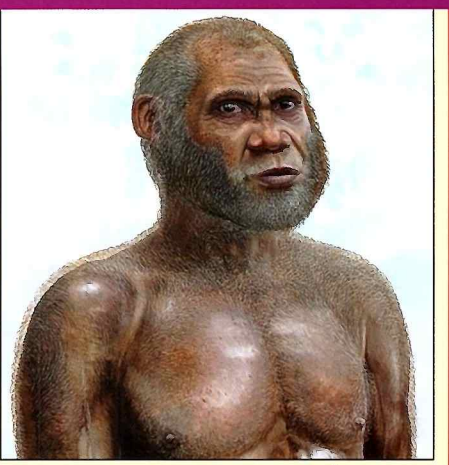
„Azda je to stará dobrá Lucy, zachovaná kostra australopiteka ženského pohlavia; žila približne pred 3,2 miliónmi rokov v dnešnej etiópskej lokalite Hadar. Lucy, pomenovaná podľa vtedy populárnej pesničky Beatles *Lucy in the Sky with Diamonds*, si stále drží svoju pozíciu v rámci nášho evolučného stromu. Bez jej mena sa ani dnes nezaobíde nijaká paleoantropologická publikácia. Nesmierne zaujímavý je aj príbeh jej objavenia pred vyše 40 rokmi; pre expedíciu Donalda Johansona to bola dobrodružná cesta plná prekvapení a omylov, rôznych hypotéz a slepých uličiek, ktorými tím musel prejsť už pri základnom spracovaní nájdených fosílií. Povedal by som, že v tomto sa až dodnes veľa nezmenilo, stačí sa vrátiť na začiatok nášho rozhovoru, keď ste sa pýtali na *Homo naledi*..."

Ďakujeme za rozhovor a veríme, že prispel k tomu, aby sme sa na hľadanie iných civilizácií občas pozreli aj trochu inak.

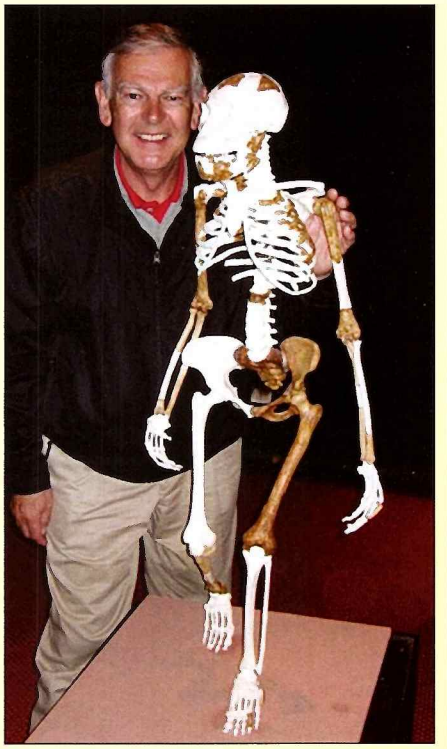
Pripravil MICHAL AČ
FOTO A ILUSTRÁCIE: L. BERGER, UNIVERSITY OF WITWATERSRAND, JUŽNÁ AFRIKA, ARCHÍV

P. S. 1: *Zhodou okolností práve v čase konzultácie nášho rozhovoru sa zjavil v prestížnom časopise Nature článok o posledných minútach života Lucy: podľa tímu Johna Kappelmana z Texaskej univerzity v Austine ju pravdepodobne zabil pád zo stromu. Americkí vedci k tomuto názoru dospeli po podrobnom preštudovaní 35-tisíc tomografických skenov s vysokým rozlíšením, ktoré urobili v roku 2008, keď mali kostru nášho najslávnejšieho predka na desať dní k dispozícii.* „Toto iba potvrdzuje, že aj keby sa už nič iné nevykopalo, a skúmali sa len kosti uložené v zbierkach, aj tak by sa niečo našlo," komentoval to Radoslav Beňuš. „Dokladá to aj prípad 'Little foot'´z južnej Afriky z jaskyne Sterkfontein, čo je veľmi významný nález, ktorý však ležal 15 rokov v depozite…"

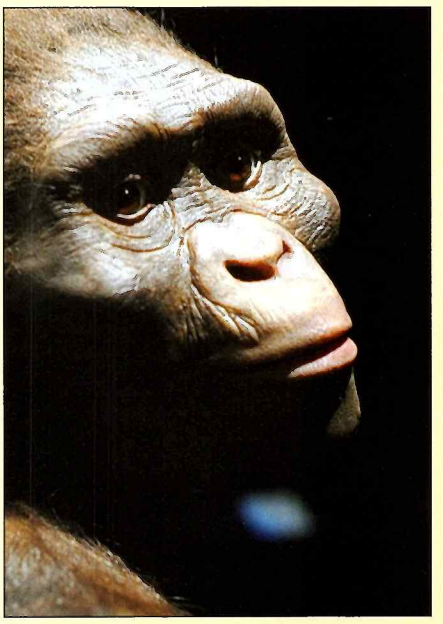
P. S. 2: *Tento rozhovor voľne nadväzuje na článok* **Fantóm z dávnej minulosti** *(Kozmos 2/2014), ktorý sa venoval najmä objavu a analýze DNA denisovanov.*



Jelení človek, ktorý žil na území dnešnej Číny pred 13 – 17 tisíc rokmi a vyzeral približne takto. Jedna zo záhad paleoantropológie.



Náš najslávnejší predok a obľúbená fosília mnohých vedcov. Lucy.



Rekonštrukcia tváre Lucy.

S Ladislavom Košinárom sa rozprával Ladislav Hric

Na návšteve u Ladislava Košinára krátko pred jeho skonom

Posledný rozhovor

Vážení čitatelia, dnes je 25. júla 2016 a sedíme tu u nášho priateľa Ladislava Košinára. Ešte je tu so mnou moja manželka Majka a jeho manželka Olinka. V takomto úzkom kruhu sme sa stretli preto, aby sme Lackovi položili niekoľko otázok. On je totiž jednak čestným členom Slovenskej astronomickej spoločnosti (SAS) pri SAV a zrejme jedným z najstarších pamätníkov na to, ako sa po 2. svetovej vojne rozvíjala astronómia na Slovensku; tohto roku oslávil svoje 87. narodeniny. Preto by som mu rád položil niekoľko otázok, pričom verím, že jeho odpovede budú mať niekedy v budúcnosti aj historický význam.

Lacko, na úvod, ako si sa vlastne dostal k astronómii?

„Ak by som mal byť veľmi úprimný, tak to bolo najmä na gymnáziu. Ešte predtým, ako som sa v štrnástich rokoch stal študentom gymnázia, dostal som sa k veľmi zaujímavej a objemnej knihe o astronómii. Bolo to u môjho kamaráta a jeho otec tú knihu vždy starostlivo zamkol do skrine, keď som od nich odchádzal, so slovami, že to je posvätná vec. Treba si uvedomiť, že to bolo v medzivojnovom období za Slovenského štátu a vtedy literatúra o astronómii prakticky neexistovala. Tá kniha ma tak zaujala, že som tomu už potom zostal verný. Potom ako sextan, septiman a oktávan som sa už dostal aj k niektorým učebniciam a astronomickým knihám, vďaka ktorým som sa prvýkrát prezentoval ako prednášateľ v samovzdelávacom spolku Štefana Moyzesa na gymnáziu. Tam som hovoril o Slnečnej sústave, o ktorej som zohnal potrebnú literatúru. Potom ma profesor v oktáve požiadal, aby som ja prednášal o astronómii: „Tu, Košinár, tu si staň a prednášaj!“ No tak som prednášal, ako som vedel. Dnes by som sa na to díval s úsmevom, no vtedy to bolo, domnievam sa, celkom obstojné.“

No a kedy si začal o astronómii uvažovať vážnejšie a to až tak vážne, že si pri základnej škole v Sobotišti vybudoval hvezdáreň?

„Keď som sa stal učiteľom, začal som o astronómii už uvažovať vážnejšie, hlavne keď sa astronómia začala šíriť aj medzi bežných ľudí. Domnievam sa, že na tom mala rozhodujúci podiel Dr. Pajdušáková, lebo vďaka nej sa začalo robiť veľa astronomických prednášok. Ďalším impulzom bol let prvého kozmonauta Juraja Gagarina. To bol jednoducho prednáškový výbuch, lebo sa prednášalo takmer v každej obci. A keďže sme si založili astronomický krúžok a získali sme astronomický ďalekohľad MDM 120 z Hurbanova, tak sme po večeroch pozorovali. Len prenášanie toho ďalekohľadu bolo zložité najmä v zime. Keď som totiž vyniesol ďalekohľad z kabinetu, zarosil sa, tak som pochopil, že takéto niečo nie je možné robiť.

Vtedy som sa rozhodol, že by som u nás v Sobotišti vybudoval hvezdáreň. Zašiel som na okresný národný výbor a vedúci odboru školstva mi prisľúbil financie, ale s tým, že to budem vraj musieť stavať svojpomocne. Odhodlal som sa na to a získal som rodičov, ale aj žiakov. Priznám sa, že napríklad základy sme stavali spolu s našimi 13- a 14-ročnými žiakmi – chlapcami. Vykopali sme jamu a zabetónovali základovú platňu. V tom čase boli deti akési chtivejšie po všetkých možných manuálnych prácach. Dokonca, keď vedeli, že to bude hvezdáreň, tak veľmi ochotne po voľných sobotách, to nie počas vyučovania, pracovali na tej našej hvezdárničke. A treba povedať, že vtedy iba každá druhá sobota bola voľná. Projekt som nechal vypracovať Ing. Gálovi a podľa neho sme potom svojpomocne stavali. Pomohli nám aj rodičia, hlavne s omietaním stien. Samotné murovanie z ľahkých šaštínskych tvárnic nebolo až také náročné, no omietky sme samozrejme nevedeli, takže to nám rodičia pomohli. Čo bola výzva, tak to bola

Košinárova domovská hvezdárnička v Sobotišti.

kupola, tak sme chodili po hvezdárňach a vo Veselí nad Moravou bola hvezdáreň, kde mi pán riaditeľ daroval malý model. Podľa tohto modelu som si to prepočítal na priemer 3,85 m a začali sme okamžite pracovať. Zvárať som, samozrejme, nevedel, no v tomto nám pomohlo miestne jednotné roľnícke družstvo, kde mali odborníka zvárača, ktorého nám dali k dispozícii. Spolu so školníkom, pánom Holým, ktorý bol takým kutilom, že sa vyznal v najrozmanitejších prácach, sme pozohýbali potrebné dielce z rúr a prútov a spomínaný pracovník z družstva nám to všetko pozváral. No a teraz, keď sme kostru už mali, bolo ju potrebné obložiť drevom. Skúsenosti s drevom som nemal a ani som sa nevedel dopátrať zaručenej metódy, ako ohnúť latu tak, aby na kruhovej obruči vydržala. Tak som si vymyslel taký postup, že počas prázdnin som dal laty do pisoárov, kde počas dvoch dní na ne stále „pršalo". A potom sa tie laty dali ohýbať. Do rúrok sme navŕtali diery a laty sme priskrutkovali. Keď sa neskôr laty aj vysušili, ani jedna nepraskla a jednoducho to dodnes drží. Bolo to v roku 1972, keď sme túto prácu robili."

Prepáč mi, ale to som sa vlastne chcel opýtať, či si pamätáš nejaký dátum, kedy ste hvezdáreň dokončili a kedy sa uskutočnilo prvé pozorovanie?

„Tak prvé pozorovanie bolo v roku 1973. Totiž tie peniaze, ktoré nám vtedajší odbor školstva na ONV dal, museli sa za rok minúť, ináč by boli financie prepadli. Takže my sme museli v roku 1973 práce ukončiť. A naozaj, na jar 1973 sme práce na hvezdárni a na kupole ukončili a prvé pozorovanie sme uskutočnili koncom marca. Ešte by som spomenul jeden problém, ktorý sme počas výstavby museli vyriešiť. Kupolu sme celú zmontovali na zemi, lenže ako ju teraz dostať hore na budovu? Zhodou okolností išiel okolo autožeriav a vodič sa zastavil v neďalekom hostinci. Tak som zašiel za ním s prosbou, či by nám toto neurobil. A skutočne za nejakú malú úhradu sa na to podujal.

Kupola sa teda otáčala na takých jednoduchých valčekoch, no išlo to po pár rokoch stále ťažšie, a aj keď sme ich hodne mastili, bolo treba aj troch pozorovateľov, aby s ňou zatočili. Našťastie do hvezdárne chodil aj jeden dôstojník

– Čech – a ten nám dal vyrobiť guľôčkové ložiská a to nám prácu úžasne zľahčilo. Čo sa týka ešte ostatných prác, schody urobil pán školník a rozvody elektriny som urobil sám. Počas tých prác sme zažili aj veľa veselých príhod a našťastie žiadnu smutnú, a to len preto, lebo to bolo pre nás vždy len potešenie. Tá práca človeka jednoducho bavila."

Stali ste sa prvou základnou školou, ktorá vlastnila svoju hvezdáreň. Ako to v ďalšom ovplyvnilo výučbu žiakov?

„Treba povedať, že sa naozaj v našom okrese po vybudovaní hvezdárne rozšíril aj počet astronomických krúžkov. Takže v bývalom senickom okrese sme potom mali na 42 školách astronomické krúžky. To je na dnešnú dobu takmer nepochopiteľné, lebo dnes je nemožné, aby v nejakom okrese takýto počet krúžkov mohol existovať. A všetky viedli ľudia dobrovoľne. Páni učitelia a pani učiteľky (pardón, v tom čase súdružky) venovali svoj čas zadarmo. A venovali sa tejto veci. Zapojili sme sa, samozrejme, aj do súťaže *Čo vieš o hviezdach?* Tým pádom sa zase zvýšila odborná úroveň detí, pretože keď súťažili, museli sa aj sami niečo naučiť. Okrem toho sme navštevovali aj okolité hvezdárne, na to sme získavali financie, takže nebol problém objednať autobus a postupne sme navštívili všetky hvezdárne na západnom Slovensku, ale aj množstvo na Morave. A zase treba povedať, že záujem o to bol veľký a pritom sa nechodilo cez vyučovanie, ale výlučne len cez voľné soboty. Takže tým sa astronomické poznanie rozširovalo a prichádza mi na um, že vlastne v našom okrese sa narodila aj pani doktorka Pajdušáková a hádam aj preto to v tom našom okrese tak dobre fungovalo. Netvrdím to s istotou, no javí sa mi to ako pravdepodobné."

Rád by som pripomenul, že v tom čase ste už, myslím ako krúžok, začali spolupracovať aj s Dr. Elemírom Cserem. Alebo to bolo ešte skôr?

„Áno, to bolo skôr, ešte predtým, než sme hvezdáreň budovali. Som rád, že sme sa k tejto myšlienke dostali, lebo tam som nadviazal veľmi dobré styky, ako vedúci astronomického krúžku s Hlohovcom a konkrétne s Dr. Cserem. On bol veľký milovník astronómie, ale aj neuveriteľne šikovný a bystrý šíriteľ astronomických poznatkov. Spôsob, akým on vyjadroval svoje názory na astronomické objavy, by som prirovnával aj k Dr. Grygarovi. V tom, ako vedel Dr. Csere zaujať ľudí, dokonca pri dosť odborných prednáškach, kde používal aj určité matematické vzorce, tak to sa mi ohromne páčilo, že on to vedel. A bol pre nás vzorom obetavosti a snaživosti a aj on mal určitý podiel na tom, že som sa rozhodol vybudovať v Sobotišti hvezdáreň."

Ešte by som na teba prezradil, že stále odoberáš aj časopis KOZMOS, čo určite poteší kolegov v redakcii. Pamätáš sa, aký to bol časopis kedysi, a ak to porovnáš s tým, aký je teraz, ako by si to hodnotil?

„Poviem takto, keď to viedla hlavná redaktorka Tatiana Fabini, tak to bol časopis, ktorý začal slúžiť jednoduchým ľuďom, ktorí mali záujem o astronómiu. Postupne sa z tohto časopisu stal takmer odborný časopis hlavne na prelome tisícročia. Dnes vysoko hodnotím, že tento časopis je naozaj odborný, no mnohé veci sa vysvetľujú veľmi prístupnou formou, takže mnohé články môže čítať aj človek, ktorý astronómii vôbec nerozumie. A som rád, že časopis stále a nepretržite existuje už niekoľko desaťročí. A týmto želám aj redakcii trvalé úspechy, nech v tomto smere pokračuje KOZMOS aj ďalej a verím, že ho ľudia budú mať v obľube u nás, ale aj v Čechách alebo kdekoľvek ak nejaký Slováčik vo svete žije a ak sa dozvie, že takýto časopis existuje, určite si ho objedná."

Ďakujeme za pekné želanie redakcii časopisu KOZMOS a samozrejme, za tvoju ochotu poskytnúť nám tento zaujímavý rozhovor.

P.S. Žiaľ, čo sme si s Lacom naplánovali do budúcnosti, sa už neuskutoční. Život prináša aj neúprosné a až neuveriteľné zmeny, a bolo to tak aj v našom prípade. Laco na druhý deň po našej návšteve upadol do kómy a deň na to skonal. Tento rozhovor teda zostane poslednou spomienkou na vzácneho človeka.

Rozhovor zaznamenal, prepísal a mierne upravil
Ladislav Hric

Za Ladislavom Košinárom

Ľudia majú podobné životné dráhy ako hviezdy: Zrodia sa, vedú svoj aktívny život a nakoniec odchádzajú z tohto sveta. My si však vždy spomenieme na ich svetlo, ktorým nám svietili do života niečím magickým, rovnako ako hviezdna obloha.

Aktívny a plodný život prežil aj Ladislav Košinár, nestor amatérskej astronómie na Slovensku, vášnivý turista, učiteľ, ktorý vedel pre spoznávanie krás Zeme i vesmíru nadchnúť viacero generácií. Opustil nás 27. júla 2016 vo veku 87 rokov. Nikto ani len netušil, že aj o ňom budeme čoskoro hovoriť už iba v minulom čase...

Veď ešte 29. júna sme sa s ním stretli na odhalení pamätnej tabule Dr. Ľudmily Pajdušákovej v Radošovciach a 16. júla sme si na turistickom pochode na Bradle pripomenuli výročie narodenia Dr. M. R. Štefánika. Na oboch akciách sa brilantne zhostil svojho príhovoru, k obom osobnostiam vedel povedať zaujímavé a poučné fakty, nad ktorými sa dalo zamyslieť, tak ako to robil celý život.

Ladislav Košinár sa narodil 6. februára 1929 v Piešťanoch. Po absolvovaní tunajšieho gymnázia vstúpil do školských služieb a po ukončení vojenskej prezenčnej služby začal pôsobiť na Záhorí. V roku 1963 vykonaním štátnej záverečnej skúšky na Pedagogickom inštitúte v Trnave získal úplné vysokoškolské vzdelanie. V tomto období sa jeho pracoviskom stáva Základná deväťročná škola v Sobotišti, kde ako riaditeľ zotrval až do odchodu do dôchodku v roku 1989.

Práve Sobotište je miestom, kde prežil najplodnejšie roky svojho života. Keďže jeho vášňou bola astronómia, rozhodol sa vybudovať v areáli školy hvezdárničku. Tento zámer sa mu podarilo v roku 1972 doviesť do úspešného konca a odvtedy je táto, na prvý pohľad nenápadná budova, centrom astronómie na Záhorí. V astronomickom krúžku odovzdával svoje vedomosti a skúsenosti žiakom a študentom, z ktorých mnohí sa stali jeho kolegami, či už v Slovenskom zväze astronómov alebo v Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV. Obe organizácie ocenili jeho prínos pre rozvoj amatérskej astronómie na Slovensku udelením čestného členstva a pri príležitosti 80-tych narodenín bol po ňom pomenovaný asteroid (16869) Košinár.

V našom zväze pôsobil ako predseda Ústredného výboru resp. Rady SZA 9 rokov, neskôr bol predsedom kontrolnej a revíznej komisie. Aj potom sa však živo zaujímal o dianie v amatérskej astronómii, nevynechal ani jedno valné zhromaždenie SZA. Ostáva nám už len poďakovať za príjemné chvíle strávené v jeho spoločnosti, za láskavý humor a nadhľad nad životom, ktorý dokázal preniesť i na svoje okolie. Česť jeho pamiatke!

S. Štefeček

Vedomostná súťaž a letné sústredenia

Aj tento rok si súťaženiachtivé deti a mládež zmerali svoje znalosti z astronómie vo vedomostnej súťaži *Čo vieš o hviezdach?* V roku 2016 sa konal už jej 26. ročník. Súťaž prebieha na okresných a krajských úrovniach v troch kategóriách. Finále, do ktorého postupujú traja súťažiaci v každej kategórii z každého kraja, sa konalo 7. – 9. júna v Nitre. Zabezpečuje ho vyhlasovateľ súťaže, Slovenská ústredná hvezdáreň Hurbanovo. Porota, ktorú menuje generálny riaditeľ Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec, pracovala v rovnakom zložení ako minulý rok. Predsedom poroty bol RNDr. Ivan Dorotovič, CSc. a jej členmi boli Mgr. Peter Dolinský, Mgr. Stanislav Kaniansky, Mgr. Valentín Korinek, RNDr. Zdeněk Komárek a Mgr. Stanislav Šišulák, PhD. V každej kategórii sa súťažilo samostatne jeden deň, v rôznych zadaniach. Boli nimi astronomické príklady, slepá mapa, historický test a ústne kolo. Traja víťazi vo všetkých kategóriách boli odmenení darčekovými poukážkami na nákup astronomickej techniky, ktoré zabezpečila Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove.

Oceňovanie víťazov 1. vekovej kategórie.

Oceňovanie víťazov 2. vekovej kategórie.

Oceňovanie víťazov 3. vekovej kategórie.

Víťazi 1. kategórie:
1. miesto: Matúš Motlo
2. miesto: Martin Fehérváry
3. miesto: Oliver Nagy

Víťazi 2. kategórie:
1. miesto: Samuel Buranský
2. miesto: Radovan Lascsák
3. miesto: Samuel Toman

Víťazi 3. kategórie:
1. miesto: Andrej Kancko
2. miesto: Jaroslav Jaroš
3. miesto: Martin Okánik

Blahoželáme všetkým účastníkom finále súťaže, nakoľko už samotná účasť v ňom je veľkým úspechom. Obzvlášť však blahoželáme víťazom.

Ďakujeme všetkým kolegom, ktorí súťaž organizujú na úrovni okresných a krajských kôl a tým prispievajú k jej zdarnému priebehu.

Veľká vďaka a úcta patrí aj rodičom, a hlavne pedagógom a vedúcim astronomických krúžkov, ktorí sa venujú mládeži a prispievajú tým k popularizácii astronómie.

Odmenou pre súťažiacich bola možnosť účasti na letných astronomických sústredeniach.

Zraz mladých astronómov Slovenska

Pre súťažiacich v 3. kategórii, teda stredoškolskú mládež, sa v prvý júlový týždeň konal Zraz mladých astronómov Slovenska.

Organizátori a účastníci zrazu sa zišli pri Ľubietovej na Chate pod Hrbom. Toto prostredie je predurčené na nočné pozorovania. Ďaleko od dediny a vysoko nad rušivým osvetlením. Denný program pozostával z prednášok, praktických ukážok a prezentácií. Počas dňa sa konali tiež rôzne súťaže a kvízy. Obľúbenou podvečernou aktivitou boli vychádzky na neďaleký vrchol kopca Hrb za pozorovaním západov Slnka. Nočný program bol venovaný pozorovaniu a fotografovaniu oblohy. Keďže počasie pozorovateľom prialo, mohli si vychutnať oblohu v plnej kráse. Vzniklo aj veľa krásnych astronomických fotografií. Účastníci sa lúčili v nádeji na stretnutie opäť o rok.

Letné sústredenie mladých astronómov Slovenska

Pre súťažiacich v 1. a 2. kategórii vedomostnej súťaže sa v prvý augustový týždeň konalo Letné sústredenie mladých astronómov Slovenska. Pozvanie prijalo 18 účastníkov. Sústredenie bolo v krásnom prostredí Kováčovských kopcov v hoteli Panoráma. Denný program pozostával z prednášok, súťaží, kvízov a hier. Účastníci mali k dispozícii aj hotelový bazén, v ktorom sa mohli dosýta vyšantiť. Keďže jasné horúce dni striedali nočné búrky a dážď s oblačnosťou, počasie pozorovateľom nočnej oblohy príliš neprialo. Boli len 3 noci vhodné na pozorovanie, ale ani vtedy neboli pozorovacie podmienky ideálne. Súčasťou programu bola výletná plavba po Dunaji, počas ktorej sa oboznámili s históriou miest Štúrovo a Ostrihom, videli Ostrihomskú baziliku a ústie Hrona.

Účastníci sústredenia sa lúčili so slzami smútku v očiach, čo nás organizátorov napĺňa pocitom spokojnosti a zároveň je to pre nás záväzok do budúcich rokov.

Účastníci a organizátori ZMAS-u.

Účastníci a organizátori ZMAS-u pred Chatou pod Hrbom.

Účastníci a organizátori Letného sústredenia mladých astronómov Slovenska.

ASTROOBCHOD.sk

Pohlédněte do hlubin vesmíru vlastním dalekohledem!

ASTROOBCHOD.cz

Hviezdna obloha nad Vrchteplou. Foto: Petr Horálek

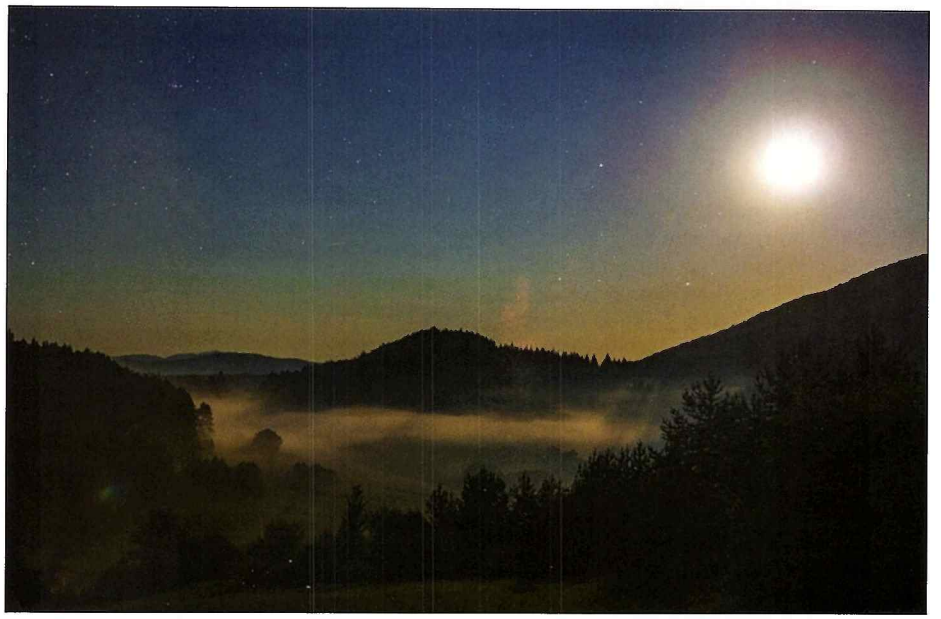
Perzeidy 2016 – 30. ročník vo Vrchteplej

Perzeida prebodla srdce a dušu. Foto: Marián Mičúch

Tento ročník meteorickej expedície bol jej jubilejným 30. ročníkom, pričom posledných 20 ročníkov bolo vo Vrchteplej – malebnej dedinke na konci Manínskej tiesňavy obklopenej nádhernou prírodou. Expedíciu organizačne zabezpečil Astronomický klub Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom, POS Považská Bystrica a obec Vrchteplá. Ak sa spätne pozrieme na priebeh celej akcie, môžeme ju zhodnotiť ako veľmi vydarené podujatie.

Z pohľadu účasti to bol nadpriemerný ročník, o čom svedčí 41 stálych (stanujúcich) účastníkov. Z pohľadu kvality astronomickej techniky a prednášok ju možno hodnotiť tiež veľmi vysoko.

Krásne prednášky na vysokej odbornej úrovni nám predniesli Karol Petrík, Pavol Habuda, Jakub Kapuš a Jakub Koukal. Prvý raz v našej 30-ročnej histórii nás svojou prítomnosťou poctil vo svete známy astrofotograf, astronóm a astrocestovateľ Petr Horálek, ktorý nám odprezentoval svoje nádherné astrofotografické úlovky získané počas jeho astropotulkách po celom svete. Je to nielen astrofotograf, ale aj výborný, priateľský človek, ktorý bez problémov „zapadol" do nášho kolektívu. Príjemným spestrením boli aj výstupy členov nášho klubu (Fero Michálek, Maťa Birošíková, Matúš Motlo, Miška Špániková)



Zapadajúci Mesiac nad Vrchteplou. Foto: Ondrej Králik

a vystúpili aj členovia Púchovského eko-astro klubu (Majo Rečičár a Paťo Formánek).

Počasie nám vcelku prialo. Zo siedmich nocí sa nám vydarilo päť a z nich tri boli priam brilantné!

V čase maxima (noc z 11. na 12. augusta) bola obloha priam zasypaná meteormi a v určitých okamihoch ich pozorovatelia ani nestíhali hlásiť a zapisovať. Vidieť 2 aj 3 meteory za minútu nebol problém. A veľa bolo aj jasných meteorov, tzv. bolidov. Ich celkový počet budeme vedieť až po spracovaní všetkých záznamov. Už teraz sa dá povedať, že to bude jeden z rekordných ročníkov. Profesionáli ale povedali, že čakali ešte viac...

Činila sa aj početná skupina astrofotografov, ktorá sa okrem meteorov sústredila najmä na fotografovanie hmlovín, Mesiaca a planét.

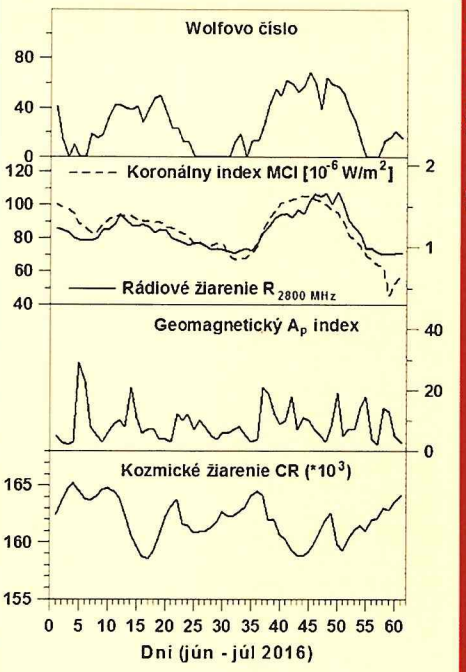
Veľkým pozitívom a prínosom akcie bol aj záujem laickej verejnosti. Každému, kto prišiel, sa obetavo venovali skúsení členovia nášho klubu Boris Kardoš, Miro Mytník a Rudo Formánek. Pomoc sa nám dostala aj zo strany starostu obce Vrchteplá p. Koleka.

Samozrejme, poďakovanie patrí aj všetkým návštevníkom za účasť, čím pomohli naplniť hlavný cieľ tejto expedície a vlastne aj hlavný cieľ práce nášho klubu, ktorým je popularizácia astronómie v radoch laickej verejnosti a odhalenie kúzla a čara nočnej oblohy.

Pri príležitosti 30. výročia našich expedícii sme vydali informačný bulletin, ktorý spolu s propagačným tričkom nášho klubu a drobnými upomienkovými predmetmi dostal každý účastník.

Marián Mičúch,
predseda AK Juraja Bardyho
v Plevníku-Drienovom

Perzeida. Foto: Fero Michálek



Slnečná aktivita

V priebehu slnečnej aktivity nastal výraznejší pokles v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 0 – 69, pričom v júni nebolo vyššie ako 50. Ku koncu júna sme zaznamenali tiež sedem dní bez prítomnosti škvŕn na disku Slnka. Tomuto trendu zodpovedala erupčná aktivita, ktorá bola v júni pomerne nízka (nastalo len niekoľko erupcií typu C), ale v júli sa naopak vyskytlo veľa erupcií typu C a sedem erupcií typu M. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali zvýšenú hodnotu planetárneho A_p indexu len začiatkom júna, keď dosiahol tento index hodnotu 29.

Pojem „kozmické počasie" používame približne dve dekády, predtým bol pre slnečné javy, ktoré ovplyvňujú okolozemský priestor, zaužívaný výraz „vzťahy Slnko-Zem". V časopise *Space Weather* bol v auguste 2016 publikovaný článok, v ktorom dôstojník letectva USA vo výslužbe informoval, že mohutná slnečná erupcia 23. mája 1967 takmer zapríčinila vypuknutie 3. svetovej vojny. V dôsledku následnej geomagnetickej búrky boli dočasne vyradené tri americké varovné radarové systémy sledujúce prípadné vystrelenie medzikontinentálnych balistických rakiet. V období studenej vojny si vojenské kruhy USA mysleli, že je to vojenský akt Sovietskeho zväzu, a lietadlá nesúce nukleárne zbrane boli uvedené do stavu najvyššej bojovej pohotovosti. Našťastie sa v poslednej chvíli ozvali pozorovatelia Slnka – tí sledovali aktívnu oblasť, v ktorej sa erupcia vyskytla, už niekoľko dní predtým a vysvetlili veleniu letectva, že vyradenie radarov má na svedomí Slnko. Aj tento fakt potvrdzuje, že musíme sledovať a čo najspoľahlivejšie predpovedať javy kozmického počasia, pretože spoločenský dopad takýchto javov na súčasné satelitné a pozemské technologické systémy môže byť veľmi negatívny.

Ivan Dorotovič

ASTRO FILM

Srdečne vás pozývame zažiť atmosféru jubilejného 10. ročníka Medzinárodného filmového festivalu Astrofilm. Pripravená je prehliadka filmov, program v prenosnom planetáriu, zaujímavé besedy, prezentácie. Na stretnutie s vami v kultúrno-spoločenskom centre Fontána v Piešťanoch v dňoch 11. – 13. 10. 2016 sa tešia organizátori Slovenská ústredná hvezdáreň Hurbanovo, mesto Piešťany a MsKS Piešťany. Bližšie informácie nájdete na www.astrofilm.sk; www.facebook.com/astrofilm.

EWASS 2016 – Atény

Európska astronomická spoločnosť (European Astronomical Society – EAS) organizuje každoročne kongres pod názvom EWASS (European Week of Astronomy and Space Science – Európsky týždeň astronómie a kozmického výskumu), ktorý sa koná vždy v inej krajine nášho kontinentu. Cieľom podujatia je podporiť európsku astronómiu, umožniť výmenu vedeckých poznatkov a skúseností.

EWASS2016 sa konal prevažne v budove Nadácie Eugenidis, ktorá bola založená na základe poslednej vôle prominentného prepravného magnáta Eugenia Eugenidisa. Jej cieľom je podporovať vzdelávanie mladých Grékov v oblasti vedy a technológií. Foto: I. Dorotovič

Grécka astronomická spoločnosť (Hellenic Astronomical Society) hostila v dňoch 4. – 8. júla 2016 v priestoroch Eugenidis Foundation a Metropolitan Hotel v Aténach okolo 950 účastníkov (vedeckých a odborných pracovníkov astronomických observatórií, univerzít, výskumných laboratórií a pod.) z Európy i z iných kontinentov. Potešujúca bola účasť mnohých študentov a mladých začínajúcich vedcov. V Grécku už bolo zorganizované takéto podujatie EAS pred takmer dvadsiatimi rokmi (v roku 1997), vtedy ešte pod názvom Joint European and National Astronomy Meeting – Spoločný európsky a národný astronomický kongres. (*Pozn.*: tieto podujatia sú organizované pod názvom EWASS od roku 2009.) EWASS 2016 otvoril predseda EAS Thierry Courvoisier, ktorý poznamenal, že pred rokom zvažoval hlavný výbor EAS vzhľadom na zložitú ekonomickú situáciu v Grécku presunúť organizáciu EWASS do inej krajiny. Po čiastočnej stabilizácii gréckej ekonomiky sa však rozhodli dôverovať miestnym organizátorom a oplatilo sa, lebo grécki kolegovia zorganizovali vo veľkomeste pod Akropolou úspešné medzinárodné podujatie.

Odborný program bol rozdelený do niekoľkých úrovní: plenárne prednášky, sympóziá, špeciálne sekcie a pracovné stretnutia. Zároveň sa usiloval dotknúť čo najširšieho okruhu problematiky, ktorá súvisí s astronómiou a kozmickým výskumom (pozemský i kozmický základný výskum, nové technológie v astronómii, vyučovanie astronómie v Európe, atď.), na ktorom sa podieľa Európa. Bolo pritom zaujímavé, ako usporiadatelia zapojili do odborného programu každého gréckeho účastníka EWASS a neúnavne pripomínali kolegom z iných krajín významný prínos gréckych výskumníkov do európskej i celosvetovej astronómie. V rámci dvoch plenárnych zasadnutí sa prezentovali aj

XXXIII. ročník Ebicyklu „Moravský chobot“

(23. - 31. 7. 2016: Valašské Meziříčí – Vsetín – Přerov – Letovice – Blatiny – Drásov – Vyškov – Blatnice p. sv. A.)

„Ebicyklista jí, je li co,
i kdyby mu bařty měly lézt ven ušima“
MOKODEB čl. 8

Putovanie astronómov-amatérov na bicykloch XXXIII. ročníka Ebicyklu „Moravský chobot“ sa oficiálne začalo v sobotu 23. júna vo Valašskom Meziříčí. Okrem bežných oficialít a v rámci právomocí svojho „úradu“ Jiří Grygar ustanovil I. Hájkovú a K. Žilinskú funkcionárkami „roty, ktorá bude dozerať na plnenie článku 8 MOKODEB-u“. Je všeobecne známe, že Ebicykel používa „ebislovník“ a „ebifolklór“ nadväzuje na stredovekú husitskú tradíciu spanilých jázd. Ebicyklista je povinný dodržiavať **Mo**rálny **kód**ex **Eb**icyklu a podľa článku 8 „plieni“ väčšinou hostiteľské hvezdárne.

Moravský chobot 2016 nebol odvodený od veľkého slonieho apetítu, ale od tvaru celkovej trasy. Bol výnimočný tým, že organizátori sa rozhodli pokračovať v oslavách **osemdesiatky** našich VIP členov – Jiřího Grygara a Komrsku. V praxi to znamenalo, že itinerár obsahoval **8 odkazov** na tzv. **„raňajky v tráve“,** čiže vyplienenie hostiteľskej domácnosti v ktorejkoľvek dennej či nočnej hodine podľa **článku 8**, ktorý zároveň stanovuje aj priemernú dĺžku etáp – **80 km !**

Prvá etapa viedla hornatým Valašskom a tak sme prehliadku hvezdárne vo Valašskom Meziříčí absolvovali v predstihu už v sobotu večer. Na nedeľné ráno sme sa veľmi tešili, lebo manželia Janatoví pre nás pripravili prvé „raňajky v tráve“. Následne sa „hlavný húf“ presunul na miesto prvých meteorárskych expedícií a na „Hlaváčkach“ sa stretol s bývalými meteorármi – manželmi Mikuškovcami. Zaujímavou zastávkou bol tolerančný kostol vo Velkej Lhote. Okrem historickej a technickej hodnoty tu pôsobil farár a spisovateľ Ján Karafiát, autor „Broučků“ a iných knižiek pre deti. Večer sme zavŕšili stretnutím s astronómiou, návštevou vynovenej hvezdárne vo Vsetíne a posedením pri táboráku so super gulášom.

Nasledujúci deň sme mali dvojnásobný dôvod na radosť. Prvý bol, že cyklotrasa „Bečva“ bola trasovaná v smere toku rieky, a druhý – „raňajky v tráve č. 2“ u Rasti Šopy. Predpoklad, že prežijeme oddychový deň, sa na 100 % naplnil. V Teplicích nad Bečvou sme mali možnosť navštíviť Zbrašovské aragonitové jaskyne, zistiť viac o najhlbšej Hranickej priepasti v ČR (hlbokej 453,5 m), alebo len tak sa „brouzdat“ parkom. Přerov, dnes významná železničná križovatka, kedysi pôsobisko Jana Amosa Komenského, nás privítal s otvorenou náručou, žiaľ, školu, v ktorej bol zabezpečený nocľah, vytopilo a tak sme sa museli prispôsobiť priestorovým možnostiam nevelkej hvezdárne v Přerove, ktorú sme z vďaky za pomoc úspešne vyplienili. Mojim naj zážitkom bola možnosť nocovať pod oblohou plnou hviezd a ráno pozorovať koronografom slnečné protuberancie .

Tretia etapa nás zaviedla cez Troubky (obec bola postihnutá najhoršími záplavami v ČR v r. 2002) a slávny Tovačov do Hrubčic, kde nás čakalo exkluzívne astronomické „Stretnutie na Phobose“. Ebicyklisti Peter a Dávid Hrúzoví a ich rodina zorganizovali „raňajky v tráve“ č 3. Plienenie č. 4 spojené s perfektným programom pokračovalo u „tandemákov“, manželov Trutnovských na hvezdárni v Prostějove – hanáckom Jeruzaleme. Astronomickou zaujímavosťou v centre Hanej je Orloj, ktorý na veži Novej radnice ukazuje postavenie Mesiaca a Slnka a ich polohu na ekliptike a k zvieratníkovým súhvezdiam. K slávnym rodákom Prostějova patria básnik Jiří Wolker a profesor Ing. RNDr. Otto Wichterle DrSc., český chemik a vynálezca, známy vynálezom kontaktných šošoviek. Jeho meno nesie asteroid **3899 Wichterle.**

Etapa z Letovic do Blatiny mala od začiatku príchuť romantiky, kedže sa jej cesty kľukatili údoliami riek Křetinka a Fryšávka. Hoci itinerár sľuboval iba 55 km, údolia čoskoro vystriedali kopce na Vysočine a asi na 30. kilometri romantiku úplne zrušila prietrž mračien. Šťastím v nešťastí bolo, že sme ju niektorí prečkali na hvezdárni pána Jaška v Jedlovej. Zaujímavosťou tejto súkromnej hvezdárne je kopula, ktorá sem bola v r. 2012 presunutá z brnenskej HaP na Kravej hore. Po skončení búrky sme pokračovali do Blatín na grunt manželov Plškových „U nás“. Plienenie ebicyklistov č. 5 sa začalo pri táboráku a pokračovalo takmer do rána bieleho.

Piata etapa – Santiniho, nás zaviedla do skautského tábora pri rybniku Medlov. Manželia Maturoví tu prevádzkujú letný astronomický tábor a pozvali nás na „ raňajky v tráve“ č. 6. Odtiaľ sme sa presunuli do Žďáru nad Sázavou, na prehliadku významného pútnického miesta v ČR, ku kostolu Jána Nepomuckého na Zelenej Hore. Toto majstrovské dielo J. B. Santiniho – Aichela – je od r. 1994 zapísané do zoznamu svetového

ESO (Európske južné observatórium) a ESA (Európska vesmírna agentúra). Sympóziá a špeciálne sekcie boli okrem iných oblastí zamerané aj na medzinárodné projekty ako napr. GAIA, MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer), SKA (Square Kilometer Array) a pod. Autor príspevku sa okrem plenárnych prednášok, ktoré boli prezentované spoločne v amfiteátri Eugenides Foundation, zúčastnil aj sympózia o magnetickej helicite na Slnku a na hviezdach, ako aj špeciálnej sekcie venovanej výskumu Slnka, slnečnej aktivity v kontexte s aktivitou na Slnku podobných hviezdach a skúmaniu i predpovedaniu javov kozmického počasia. Ako obvykle, EAS využíva toto podujatie na zorganizovanie výročného valného zhromždenia, ktoré sa tentokrát konalo vo štvrtok 7. júla 2016. Počas valných zhromaždení sa hodnotí vlaňajší i aktuálny rozpočet, prezentujú sa dosiahnuté výsledky a diskutované sú plány do budúcnosti. Odborný program EWASS dopĺňal zaujímavý program v digitálnom planetáriu v Eugenidis Foundation s názvom „Life in the Universe" (Život vo vesmíre), ktorý si mohli účastníci zhliadnuť zdarma počas obedňajších prestávok.

O rok dovidenia v Prahe!

Podrobnejšie informácie možno nájsť na internetovej stránke http://eas.unige.ch/EWASS2016/.

Ivan Dorotovič

kultúrneho dedičstva UNESCO. Vďaka Martinovi Križovičovi sme tiež mali možnosť navštíviť hvezdáreň v Žďáru nad Sázavou. V obci Stremchoví u Tišnova sme sa zastavili pri rodnom dome Antonína Mrkosa (1918 – 1996). Tento významný astronóm, absolvent UK Bratislava, pracoval na Skalnatom Plese (1946 – 1950), Lomnickom štíte (1950 – 1961) a od r. 1965 pôsobil na Kleti pri Českých Budejoviciach. Je objaviteľom 273 asteroidov, 13 komét, účastník expedície do Antarktídy, kde študoval polárnu žiaru.

Šiesta etapa vyzvala Jura Krejza, aby v Drásove podával raňajky č. 7 nezvykle skoro, a aby sa ebicyklisti včas dostali na dôležité stretnutia s astronómiou. Veď nás čakala novozrekonštruovaná Brnenská hvezdáreň (pôvodne HaP Mikuláša Kopernika) a Kladivova, ktorá nie je bežne prístupná pre verejnosť. Druhá v poradí, založená v r. 1911, je pod správou Ústavu geodézie VUT v Brne a na pôvodnom pilieri ďalekohľadu je dnes naištalovaný geodetický bod TUBO, ktorý slúži pre sieť GPS a výskum gravitačného poľa Zeme. Naše cesty pokračovali Mariánskym údolím Moravského krasu až do Vyškova. Nocľah bol zabezpečený v DINO parku, kde je aj miestna hvezdáreň.

Záverečná etapa z Vyškova sa kľukatila Ždánickým lesom, s povinnou zastávkou v hlavnom meste Ebicyklu, na hvezdárni vo Veselí nad Moravou a pokračovala až do Blatnice pod sv. Antonínkom. V sklípku Mistra Blatnického, Juru Cába, sme pri hodokvase č. 8 XXXIII. Ebicykel slávnostne ukončili.

MarkytanK Ebicyklu,
Mgr. Katarína Žilinská Csere

Sto rokov od narodenia Ľudmily Pajdušákovej

Dňa 29. júna 2016 sa v Radošovciach na Záhorí uskutočnilo milé podujatie. Miestni občania pod vedením starostu obce Vladimíra Kočárika sa rozhodli pri príležitosti stého výročia narodenia RNDr. Ľudmily Pajdušákovej, CSc., odhaliť na námestí v Radošovciach svojej významnej rodáčke pamätnú tabuľu, ktorej autorom je radošovský rodák Milan Mikula a autorkou textu je Marcela Heglasová.

Oslavy storočnice Dr. Ľ. Pajdušákovej sa začali prednáškou RNDr. Vojtecha Rušina, DrSc., o živote a diele tejto významnej astronómky, ktorá sa nezmazateľným písmom zapísala do dejín slovenskej astronómie. Ľudmila Pajdušáková sa preslávila najmä objavmi komét, ale až do svojej smrti bola pri všetkom, čo sa v povojnovom období v oblasti astronómie na Slovensku dialo.

Ľudmila Pajdušáková bola prvou objaviteľkou kométy v rámci československej astronómie. K objavu kométy z 30. mája 1946, teda presne mesiac pred svojimi tridsiatymi narodeninami, pridala neskôr objavy ďalších štyroch komét, čo ju do dnešných dní radí na piate miesto na svete medzi objaviteľkami komét – ženami.

Ako v časopise Říše hvězd číslo 7/1946 napísal Jiří Bouška: „V planetární astronomii nezaznamenal náš národ téměř žádné objevy. V minulém století objevil sice na území našeho státu, v Josefově, rakouský důstojník a astronom-amatér Biela známou periodickou kometu, jež byla po něm pojmenována. O Bielově národnosti nemáme bohužel přesnou zprávu, ale podle jména by se dalo usuzovati přinejmenším na slovanský původ. Prvním českým objevem bylo nalezení planetky 1055 doc. Emilem Bucharem na hvězdárně v Alžíru. Byl to první asteroid objeven 17. listopadu 1925 na fotografické desce. Byl nazván Tynka na památku matky Bucharovy. Později našli sice někteří naši astronomové zcela nezávisle několik komet, ale nikdy nebyl objev uznán, protože objekty byly v cizině již zpozorovány dříve. Nyní se k planetoidě 1055 přidružuje nová kometa, jejíž první objevitelkou je asistentka Dr. Antonína Bečváře, Slovenka Ľudmila Pajdušáková na Státním observatoriu na Skalnatém Plese v Tatrách. O svém objevu podává na jiném místě t. č. podrobnou zprávu. Po objevu Pajdušákové našli tuto kometu nezávisle Rotbart v Americe (o 7 hodin později) a Weber v Berlíně (o jeden den později), takže kometa ponese podle ustáleného zvyku jména těchto tří prvních objevitelů, jméno Pajdušákové arci na prvém místě."

V závere článku J. Bouška píše: „Slečně Pajdušákové dostalo se četných blahopřání, mezi nimi Astronomického odboru Čs. národní rady badatelské a správního výboru Čs. společnosti astronomické, jejíž je členkou (od 21. 1. 1946, pozn. autora). Také denní tisk věnoval jejímu úspěchu zaslouženou pozornost. Nezbývá než přát si, aby podobných objevů bylo v budoucnu v československé astronomii ještě mnoho."

Okrem objavov komét sa v odbornej činnosti podieľala na objave meteorického roja Umidy, na fotografickom atlase hviezdnej oblohy. Neskôr sa preorientovala na pozorovanie slnečných škvŕn. Celkom publikovala 20 vedeckých prác.

Foto: archív

Ľudmila Pajdušáková stála pri zakladaní Slovenskej astronomickej spoločnosti v roku 1959, od jej začiatku bola jej podpredsedníčkou a neskôr, od roku 1962 až do roku 1974 jej predsedníčkou. Od augusta 1958 až do marca 1979, teda vyše dvadsať rokov, bola riaditeľkou Astronomického ústavu SAV. Za jej pôsobenia sa dokončila výstavba observatória na Lomnickom štíte a začala sa výstavba komplexu Astronomického ústavu SAV v Starej Lesnej. Za jej éry sa uskutočnila prvá pamätná expedícia v roku 1973 za zatmením Slnka do Nigeru, na ktorú slovenskí astronómovia dodnes nadväzujú. Všemožne sa zasadzovala o budovanie siete ľudových hvezdární a astronomických kabinetov a otvorenie každého nového astronomického zariadenia bolo pre ňu veľkým zadosťučinením.

Obetavo sa venovala popularizácii astronómie, či už formou prednášok alebo článkov a publikácií. Vysoko je hodnotená najmä kniha o Milanovi Rastislavovi Štefánikovi. Bola pri zrode časopisu Kozmos, predsedníčkou jeho redakčnej rady bola od prvého čísla v roku 1970 až do augusta 1976. Mnohokrát sa zúčastňovala na práci porôt astronomických súťaží, navštevovala zrazy astronómov a iné podujatia, kde besedovala s mladými nadšencami astronómie, pre ktorých bola veľkým vzorom.

Okrem astronómie bola aktívna aj na poli ženského a mierového hnutia. Za svoju odbornú prácu a spoločenskú aktivitu jej bolo udelených viacero vysokých vyznamenaní a ocenení. Je po nej pomenovaná planétka 3636, ktorej objaviteľom bol jej prvý manžel Antonín Mrkos.

Ľudmila Pajdušáková vyrastala v skromných podmienkach, a tak ako skromne vyrastala a žila, tak sa za účasti jej syna Ivana a vnuka Sláva uskutočnila v jej rodnej obci oslava storočnice jej narodenia.

Peter Augustín

Poznámka redakcie:
Ľudmila Pajdušáková však bola aj kontroverznou osobnosťou, najmä pokiaľ išlo o jej pôsobenie v politicky zlomových obdobiach slovenskej histórie.

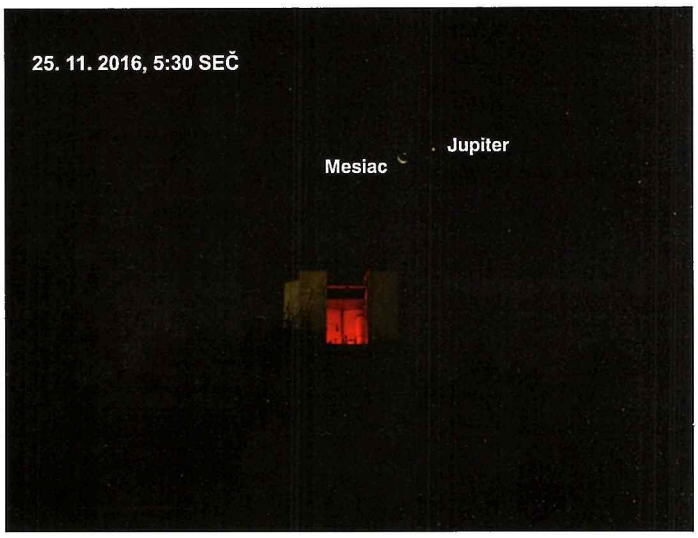
Vľavo syn Ivan, vpravo vnuk Slávo. Foto: Vojtech Rušin

Pozorujte s nami * Pripravil Pavol Rapavý

Október – november 2016

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári



Jesenná obloha má vždy svoje čaro, noci sú už dlhé a teploty ešte stále prijateľné. Mliečna cesta sa bude klenúť vysoko nad obzorom a počas noci si užijeme aj planéty. Merkúr však bude viditeľný začiatkom októbra len ráno a potom až na konci novembra večer. Splny Mesiaca nastávajú v prízemí, a tak jeho zdanlivý uhlový rozmer bude veľký. Zaujímavé zoskupenia možno upútajú fotografov a v činnosti je viacero meteorických rojov, aj keď tie najaktívnejšie budú na Mesiacom presvetlenej oblohe. Čaká nás teda krásne obdobie, na svoje si neprídu len pozorovatelia komét...

Planéty

Merkúr na začiatku tohto obdobia vychádza krátko po 4. hodine a ako objekt s jasnosťou –0,7 mag by sme ho mohli nájsť bez problémov. V ďalších dňoch sa síce jeho uhlová vzdialenosť od Slnka zmenšuje, no mierne zjasňuje, v polovici októbra bude mať –1,2 mag. Nájdeme ho však len nízko nad obzorom, a tak si radšej pomôžme triédrom. 11. 10. bude Merkúr len 0,8° severne od Jupitera, a tak pohľad na obe planéty ďalekohľadom bude veľmi pekný. Niekoľko dní okolo konjunkcie nám Jupiter pomôže aj pri nájdení Merkúra.

Na prelome posledných októbrových dekád sa nad obzor dostane len na začiatku občianskeho súmraku a stratí sa na svetlej súmrakovej oblohe. 27. 10. je v hornej konjunkcii so Slnkom a presunie sa na večernú oblohu. Geometrické podmienky však nie sú priaznivé, sklon ekliptiky k obzoru je malý, a tak to nájdeme s jasnosťou –0,5 mag až pred koncom novembra nízko nad obzorom.

Priblíženie Merkúra (–0,5 mag) k Saturnu (0,5 mag) sa môžeme pokúsiť nájsť 23. 11. po západe Slnka triédrom. Na oblohe ich bude deliť 3,5°.

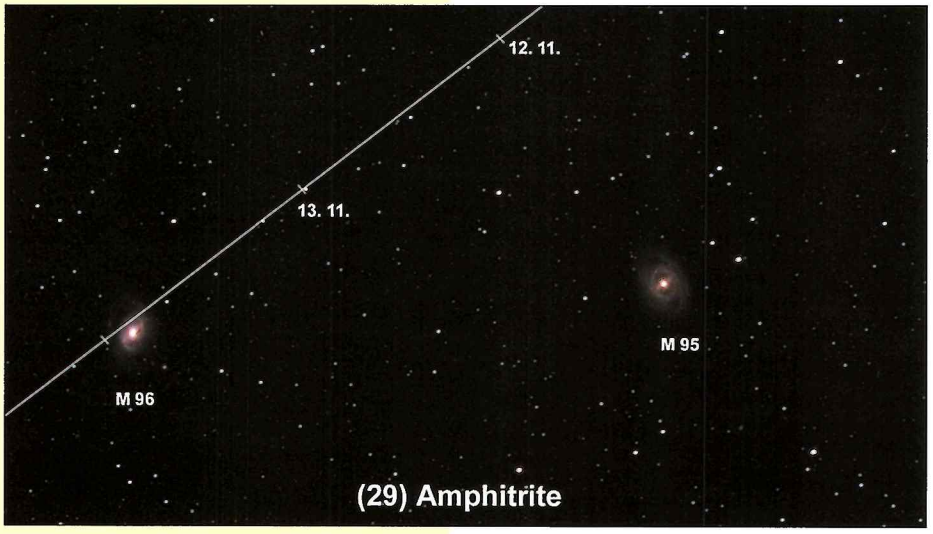
Venuša (–3,9 až –4,1 mag) na večernej oblohe je na tom stále lepšie, jej jasnosť stúpa a uhlovo sa od Slnka vzďaľuje. Začiatkom októbra zapadne koncom nautického súmraku, no koncom novembra až počas astronomickej noci. Jej fáza sa zmenší z 0,85 na 0,69, no uhlový rozmer vzrastie z 12 na 16".

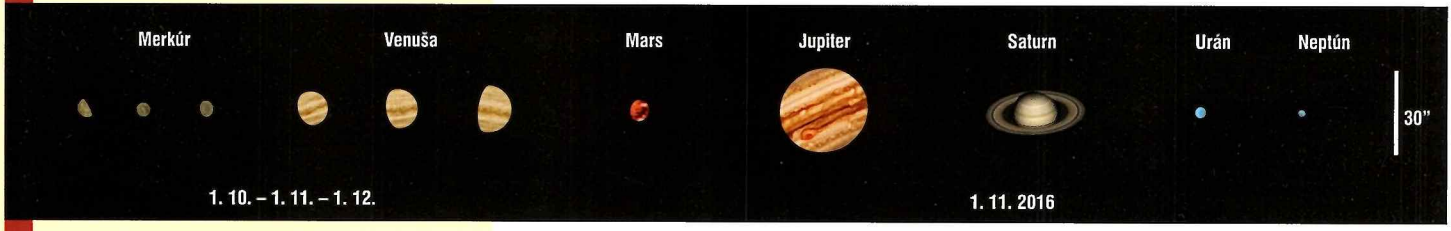
3. 10. bude v konjunkcii s kosáčikom Mesiaca a vľavo uvidíme aj Saturn a Mars. Situácia sa presne o mesiac zopakuje, no bude ešte fotogenickejšia, Saturn už bude 6° vpravo. Konjunkcia Venuše so Saturnom nastane 29. 10., deliť ich budú 3°. Keďže sa Venuša presúva východne cez zaujímavé časti Mliečnej cesty, priblíži sa k viacerým objektom nočnej oblohy: 23. 10. k M 80, 13. 11. prejde popod Lagúnu, 17. 11. popri M 28 a v tento deň večer aj tesne, len 7´ južne, od λ Sgr (2,8 mag).

Mars (0,1 až 0,6 mag) sa 8. 11. presunie zo Strelca do Kozorožca. Podmienky jeho pozorovateľnosti sú stabilné, zapadne až neskoro večer okolo 21. hodiny a zaujme svojím červenkastým sfarbením. Svoju púť medzi hviezdami začne pri guľovej hviezdokope NGC 6553 (8,3 mag), v polovici prvej dekády prejde popod M 28 (6,9 mag) a λ Sgr (2,8 mag). V októbri sa, podobne ako Venuša, premieta na pozadie Mliečnej cesty. Keďže sa od nás vzdiali z 1,067 na 1,431 AU, klesá jeho jasnosť, jeho uhlový rozmer sa zmenší z 8,8 na 6,5" a fáza vzrastie z 0,84 na 0,88. Albedové útvary uvidíme len obtiažne, no nesférický kotúčik, zvlášť začiatkom októbra, bude viditeľný veľmi dobre.

Nevýrazná konjunkcia (6,3°) s Mesiacom pred prvou štvrťou nastane 8. 10. a ďalšia 6. 11. vo vzdialenosti 4,5°.

Jupiter (–1,7 až –1,8 mag) v Panne bol koncom





Zákryty hviezd Mesiacom (október – november 2016)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
9.10.	18 02 00	D	27279	5,9	+45N	36	72	47
17.10.	20 26 46	R	4154	5,9	+41S	218	21	134
18.10.	18 42 06	R	5370	6,0	+24N	333	60	–101
18.10.	23 24 52	D	5596	3,9	–86N	83	79	58
19.10.	00 36 31	R	5596	3,9	+72S	249	86	57
19.10.	04 04 57	D	5772	4,0	–76S	102	63	–90
19.10.	04 12 39	D	5774	3,3	–54S	124	56	–149
20.10.	01 05 55	D	6911	5,1	–51S	130	111	–82
20.10.	01 56 57	R	6911	5,1	+35S	216	81	156
20.10.	21 00 28	R	8622	5,7	+83S	267	0	81
25.10.	02 39 33	D	15249	4,6	–79N	99	48	70
25.10.	03 51 47	R	15249	4,6	+85N	295	72	18
26.10.	03 13 14	R	16422	5,7	+9S	211	70	577
15.11.	17 18 33	R	5945	5,8	+37S	228	–18	109
16.11.	02 30 18	R	6351	5,7	+84S	272	67	–65
16.11.	19 03 04	D	7602	5,5	–65S	123	21	37
16.11.	19 45 10	R	7602	5,5	+33S	221	–4	144
19.11.	01 44 27	R	12074	5,9	+19S	213	111	299
20.11.	23 11 35	R	14741	5,9	+46N	334	33	–54
20.11.	23 07 14	D	14771	4,4	–73S	127	22	22
21.11.	00 05 09	R	14771	4,4	+58S	258	34	115

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

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

septembra v konjunkcii so Slnkom, a tak je na oblohe ešte v jeho blízkosti, no podmienky sa rýchlo zlepšujú. Na prelome prvých októbrových dekád je na začiatku občianskeho súmraku vo výške 5°, na prelome mesiacov vychádza v noci pred 4. hodinou a koncom novembra už 2,5 hodiny po polnoci. Bude teda skvelou ozdobou nočnej oblohy. V ďalekohľade zaujme jeho sploštený kotúčik s výraznými tmavými rovníkovými pásmi a už triédrom uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace.

11. 10. bude v peknej konjunkcii s Merkúrom a Mesiac sa k nemu priblíži 28. 10. a 25. 11. Aj keď októbrová konjunkcia je tesnejšia, z pozorovateľského hľadiska bude krajšia tá novembrová.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

5.10.; 5:44	22.10.; 4:54	7.11.; 8:11	17.11.; 6:30	24.11.; 7:19
7.10.; 7:23	29.10.; 5:43	8.11.; 4:03	19.11.; 8:09	25.11.; 3:11
2.10.; 6:33	31.10.; 7:22	10.11.; 5:42	20.11.; 4:01	27.11.; 4:50
7.10.; 5:44	3.11.; 4:53	12.11.; 7:21	22.11.; 5:40	29.11.; 6:29
9.10.; 7:23	5.11.; 6:32	15.11.; 4:51	23.11.; 1:32	30.11.; 2:20

Saturn (0,5 mag) v Hadonosovi je na večernej oblohe, no jeho viditeľnosť sa kráti. Začiatkom októbra zapadá okolo 20. hodiny, na prelome mesiacov však už začiatkom astronomického a koncom novembra na konci občianskeho súmraku, len hodinu po Slnku, s ktorým je 10. 12. v konjunkcii. Na oblohe svieti pokojným žltkastým svetlom, no v ďalekohľade upúta jeho mohutný systém prstencov. Pri dobrých pozorovacích podmienkach uvidíme aj jeho oblačný povrch a výrazné tmavé Cassiniho delenie prstencov. V blízkosti nájdeme aj Saturnov najväčší mesiac Titan (8,9 mag) a do 11. mag aj ďalšie (Rhea, Thetys, Dione).

Konjunkcia s Mesiacom nastane 6. 10., nižšie bude aj červenkastý Antares zo Škorpióna. Priam fotogenická však bude tá ďalšia 2. 11. Mesiac bude mať tenší kosáčik a oblohu skrášli aj jasná Venuša. Podobné zoskupenie uvidíme aj v posledný novembrový večer, tentokrát za asistencie Merkúra, no všetko však len veľmi nízko nad obzorom na svetlej súmrakovej oblohe. Rande s Venušou si dá Saturn 29. 10., budú ich deliť 3°.

Urán (5,7 mag) v Rybách je na tom veľmi dobre, nakoľko je 15. 10. v opozícii, a teda nad obzorom počas celej noci. Do konca novembra sa jeho viditeľnosť skráti a zapadne 3 hodiny po polnoci. Deň pred opozíciou je k nám najbližšie (18,951 AU), jeho zdanlivý uhlový priemer bude 3,7´´ a vo výkonnejšom ďalekohľade ho uvidíme ako malinký kotúčik. Keďže je na pomerne chudobnom hviezdnom pozadí, pokúsme sa ho nájsť aj bez ďalekohľadu.

Konjunkcie s Mesiacom 16. 10. a 12. 11. sú nevýrazné, len vo vzdialenosti väčšej ako 3° a pri veľkej fáze Mesiaca.

Neptún (7,8 – 7,9 mag) vo Vodnárovi je po septembrovej opozícii nad obzorom takmer počas celej noci. Zapadne až o 3. hodine, koncom novembra hodinu po polnoci. Na jeho pozorovanie však už potrebujeme aspoň triéder alebo malý ďalekohľad. Medzi hviezdami sa pohybuje západne, 20. 11. je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere.

Konjunkcie s Mesiacom 13. 10. a 9. 11. nastanú počas dňa, pri novembrovej dôjde aj k zákrytu.

Fázy Mesiaca

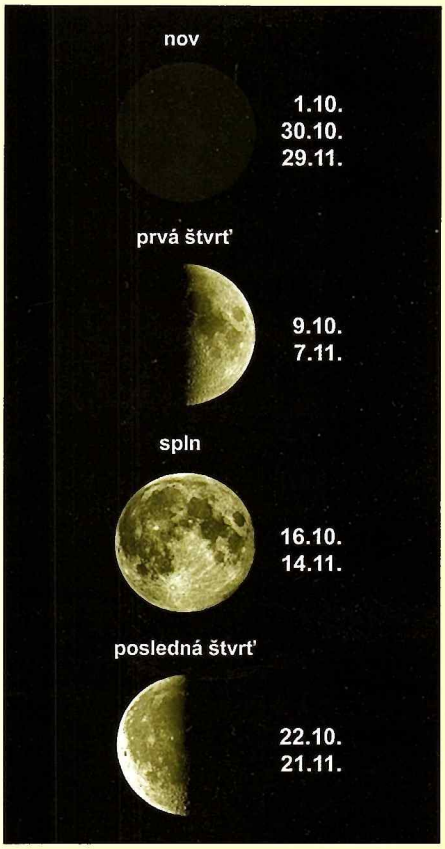
Pri oboch splnoch bude Mesiac súčasne aj v prízemí a tak jeho zdanlivý uhlový priemer bude veľký. Pri splne 14. 11. dosiahne 33,4´.

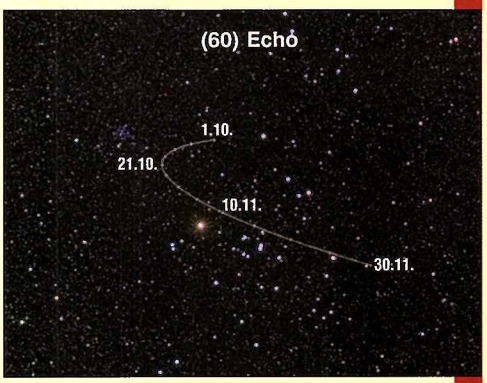
Konjunkcia Aldebarana s Mesiacom 19. 10. nastane počas dňa, no v ďalekohľade ju uvidíme, nastáva vo vzdialenosti takmer 140° od Slnka. Aldebaran bude len 2´ od severného okraja Mesiaca (pre polohu R. Sobo-

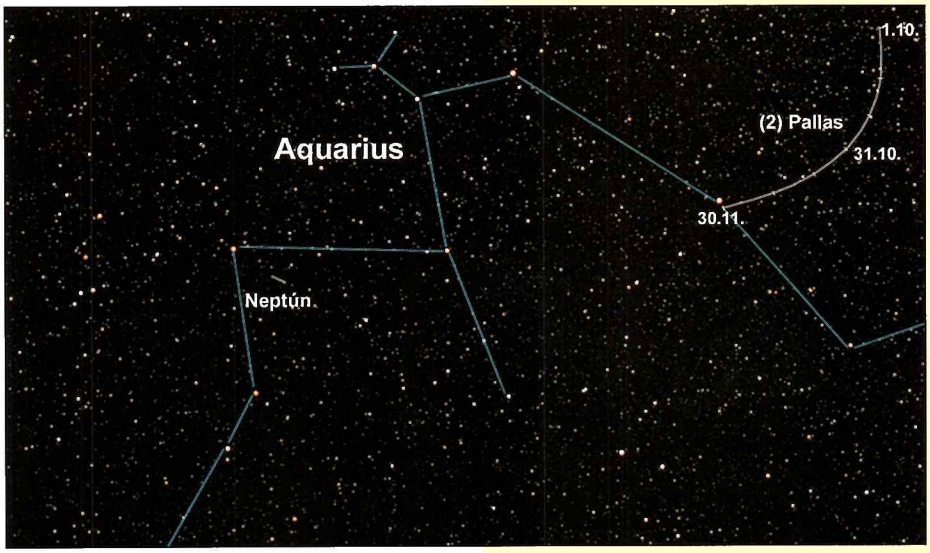
⇨⇨

Fázy Mesiaca

nov	1.10.; 1:11	30.10.; 18:38	29.11.; 13:18
prvá štvrť	9.10.; 5:33	7.11.; 20:51	
spln	16.10.; 5:23	14.11.; 14:52	
posledná štvrť	22.10.; 20:14	21.11.; 9:33	







Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1.10.	$02^h19.9^m$	+00°04.6'	7,8	152,4
6.10.	$02^h15.6^m$	–00°15.0'	7,7	157,3
11.10.	$02^h11.8^m$	–00°33.9'	7,6	161,9
16.10.	$02^h07.6^m$	–00°51.4'	7,5	165,5
21.10.	$02^h03.3^m$	–01°06.9'	7,4	167,2
26.10.	$01^h58.8^m$	–01°19.8'	7,5	166,2
31.10.	$01^h54.4^m$	–01°29.6'	7,5	163,0
5.11.	$01^h50.1^m$	–01°35.7'	7,6	158,6
10.11.	$01^h46.1^m$	–01°37.9'	7,7	153,6
15.11.	$01^h42.4^m$	–01°36.0'	7,8	148,4
20.11.	$01^h39.2^m$	–01°30.0'	7,9	143,1
25.11.	$01^h36.5^m$	–01°19.8'	8,0	137,9
30.11.	$01^h34.3^m$	–01°05.5'	8,1	132,6

Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1.10.	$07^h44.7^m$	+19°52.7'	8,2	73,5
6.10.	$07^h51.0^m$	+19°42.7'	8,2	76,9
11.10.	$07^h57.0^m$	+19°33.1'	8,1	80,5
16.10.	$08^h02.7^m$	+19°24.1'	8,1	84,1
21.10.	$08^h07.9^m$	+19°16.0'	8,0	87,8
26.10.	$08^h12.8^m$	+19°09.0'	7,9	91,6
31.10.	$08^h17.1^m$	+19°03.5'	7,9	95,6
5.11.	$08^h21.0^m$	+18°59.8'	7,8	99,7
10.11.	$08^h24.4^m$	+18°58.2'	7,7	103,9
15.11.	$08^h27.2^m$	+18°59.0'	7,6	108,3
20.11.	$08^h29.4^m$	+19°02.5'	7,5	112,9
25.11.	$08^h30.9^m$	+19°09.0'	7,4	117,6
30.11.	$08^h31.7^m$	+19°18.8'	7,4	122,5

Efemerida asteroidu (2) Pallas

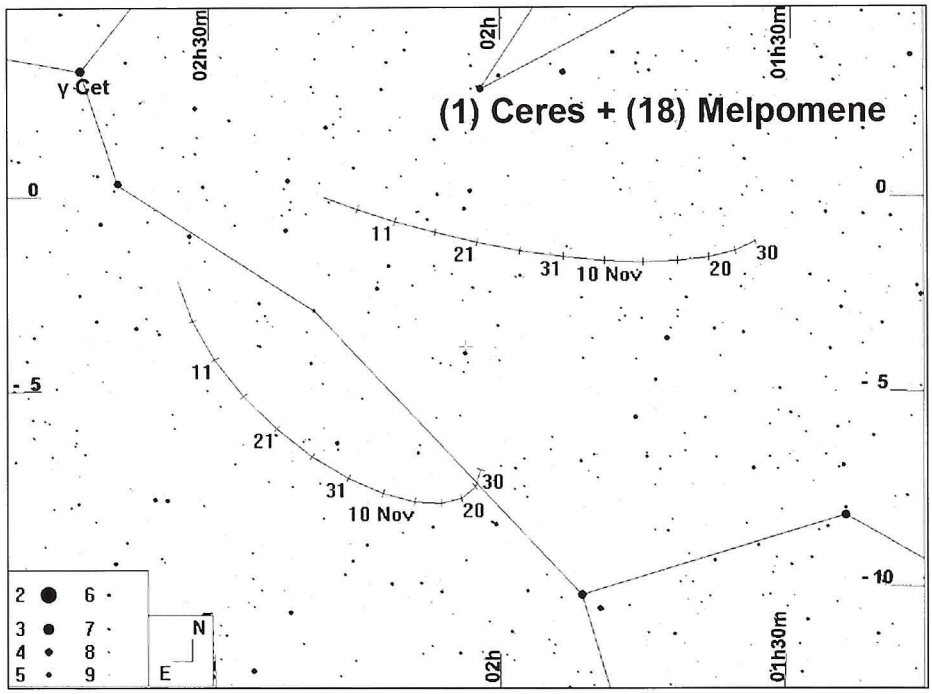
Efemerida asteroidu (2) Pallas				
1.10.	$21^h06.0^m$	+01°33.5'	9,6	129,2
11.10.	$21^h05.6^m$	–00°17.1'	9,8	119,6
21.10.	$21^h07.2^m$	–01°54.6'	9,9	110,2
31.10.	$21^h10.7^m$	–03°17.2'	10,0	101,1
10.11.	$21^h16.0^m$	–04°24.3'	10,1	92,2
20.11.	$21^h22.9^m$	–05°16.2'	10,2	83,7
30.11.	$21^h31.2^m$	–05°53.8'	10,3	75,4

Efemerida asteroidu (60) Echo

1.10.	$04^h34.6^m$	+19°03.0'	11,6	118,1
11.10.	$04^h39.4^m$	+18°43.2'	11,4	126,9
21.10.	$04^h40.9^m$	+18°14.4'	11,1	136,4
31.10.	$04^h38.8^m$	+17°37.7'	10,8	146,9
10.11.	$04^h33.3^m$	+16°54.8'	10,5	158,0
20.11.	$04^h25.0^m$	+16°09.0'	10,2	169,3
30.11.	$04^h15.2^m$	+15°25.1'	10,1	173,4

Efemerida kométy 43P/Wolf-Harrington

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	$09^h29.3^m$	+06°19.7'	11,8	46,0
6. 10.	$09^h42.4^m$	+04°32.2'	11,9	47,2
11. 10.	$09^h55.1^m$	+02°44.8'	12,0	48,6
16. 10.	$10^h07.4^m$	+00°58.0'	12,1	50,1



ty). Ďalšia konjunkcia nastane 15. 11. pri ich východe, vzdialenosť však bude už o niečo väčšia (9´).

Trpasličie planéty

(1) Ceres (7,8 – 7,4 – 8,1 mag) vo Veľrybe má dobré podmienky pozorovateľnosti, nakoľko je 21. 10. v opozícii a vzdialená od nás 1,9 AU. Presúva sa na hviezdnom pozadí západne, na jej bezpečnú identifikáciu už postačí triéder. V jej relatívnej blízkosti nájdeme aj asteroid (18) Melpomene (8,2 – 8,8 mag).

(134340) Pluto (14,4 – 14,5 mag) v Strelcovi má zhoršujúce podmienky na pozorovanie. Začiatkom októbra kulminuje počas nautického súmraku a zapadne po 22. hodine, no koncom novembra už po 18. Elongácia od Slnka sa zmenšuje, koncom novembra je len necelých 40°.

Asteroidy

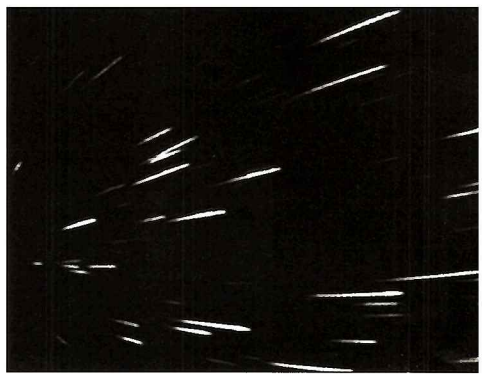
V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (18) Melpomene (26.10.; 8,0 mag), (345) Tercidina (23.10.; 11,0 mag), (444) Gyptis (29.10.; 10,7 mag), (51) Nemausa (13.10.; 10,6 mag), (57) Mnemosyne (15.10.; 10,7 mag), (60) Echo (26.11.; 10,1 mag), (79) Eurynome (3.11.; 9,6 mag).

Najjasnejším asteroidom stále ostáva (4) Vesta, ktorá sa k nám priblíži z 2,657 na 1,864 AU, a tak príjemne zjasňuje, dosiahne 7,3 mag. Podmienky jej pozorovateľnosti sa zlepšujú, uhlová vzdialenosť od Slnka sa zväčšuje. Je nad obzorom v druhej polovici noci, koncom novembra vychádza už pred 20. hodinou. Svoju púť medzi hviezdami v tomto období skončí necelé dva stupne západne od jasnej otvorenej hviezdokopy Jasličky (M 44) v Rakovi.

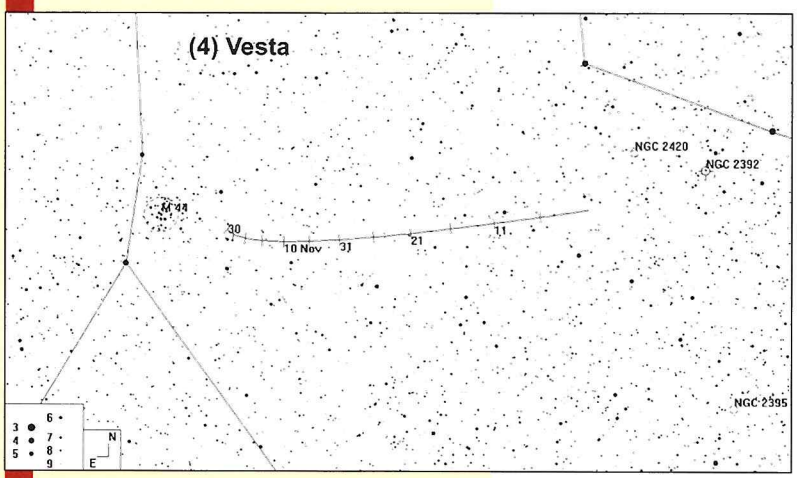
Kométy

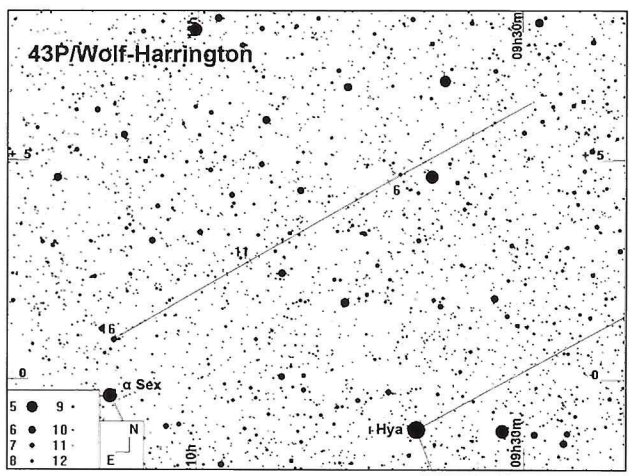
Na oblohe jasnejšie kométy absentujú a ani výhľad na najbližšie obdobie nie je optimistický. Na hranici pod 12 mag budú len 43P/Wolf-Harrington a 144P/Kushida, no aj tie slabnú a budú mimo dosahu menších prístrojov...

Meteory



84 Perzeíd zaznamenaných TV CCD kamerou počas maximovej noci 11./12. 8. Zorné pole 70 × 50°.
Foto: J. Škvarka a S. Kaniansky





Meteorické roje (október – november 2016)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
antiheliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9.					30	3,0	4
Drakonidy (DRA)	6. 10. – 10. 10.	8. 10.	195,4°	262°	+54°	20	2,6	var
južné Tauridy (STA)	10. 9. – 20. 11.	10. 10.	197°	32°	+09°	27	2,3	5
δ Aurigidy (DAU)	10. 10. – 18. 10.	11. 10.	198°	84°	+44°	67	3,0	2
ε Geminidy (EGE)	14. 10. – 27. 10.	18. 10.	205°	102°	+27°	70	3,0	3
Orionidy (ORI)	2. 10. – 7. 11.	21. 10.	208°	95°	+16°	66	2,5	15*
Leo Minoridy (LMI)	19. 10. – 27. 10.	24. 10.	211°	162°	+37°	62	3,0	2
severné Tauridy (NTA)	20. 10. – 10. 12.	12. 11.	230°	58°	+22°	29	2,3	5
Leonidy (LEO)	6. 11. – 30. 11.	17. 11.	235,27°	152°	+22°	71	2,5	15*
α Monocerotidy (AMO)	15. 11. – 25. 11.	21. 11.	239,32°	117°	+01°	65	2,4	var
novembrové Orionidy (NOO)	13. 11. – 6. 12.	28. 11.	246°	91°	+16°	44	3,0	3
Monocerotidy (MON)	27. 11. – 17. 12.	9. 12.	257°	100°	+08°	42	3,0	2

Prázdninové Perzeidy boli skvelé, tradičné maximum bolo ešte počas dňa. Predpovede vysokej aktivity pri stretnutí s meteoroidmi uvoľnenými z kométy 109P/Swift-Tuttle pri jej návratoch v rokoch 1862 a 1479 sa splnili, frekvencia krátkodobo dosahovala 200 meteorov za hodinu. Značný podiel jasných meteorov robil z pozorovania skutočný zážitok.

Aj nasledujúce jesenné obdobie je vcelku dobré, v činnosti je niekoľko hlavných meteorických rojov, no u tých najaktívnejších bude rušiť Mesiac.

Drakonidy majú premenlivú frekvenciu, pozorovacie podmienky sú však vcelku dobré, Mesiac je v prvej štvrti a zapadne dve hodiny pred polnocou. V tom čase cirkumpolárny radiant v hlave Draka je ešte vyššie ako 30°.

Južné Tauridy sú rojom, ktorých materskou kométou je 2P/Encke. Ich aktivita je premenlivá s viacerými, nie veľmi výraznými, maximami. Radiant má plochu až 20 × 10°.

V októbri sú najaktívnejšie Orionidy s maximom 21. 10., no Mesiac je pred poslednou štvrťou a v blízkosti radiantu.

Po splne je Mesiac aj počas maxima Leoníd, ktoré mávajú niekoľko podružných maxím.

Pavol Rapavý

●

Kalendár úkazov a výročí (október – november 2016)

dátum	SEČ	
1.10.	1,2	Mesiac v nove
2.10.		130.výročie (1886) narodenia R. J. Trumplera
3.10.	21,5	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,2° S)
4.10.		100.výročie (1916) narodenia V. L. Ginzburga
4.10.	12,0	Mesiac v apogeu (406 096 km)
6.10.	8,9	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,2° S)
8.10.		maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)
8.10.	13,3	konjunkcia Mesiaca s Marsom (Mars 6,3° S)
9.10.	5,6	Mesiac v prvej štvrti
10.10.		maximum meteorického roja južné Tauridy (ZHR 5)
11.10.	11,0	konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 0,8° N)
11.10.		50. výročie (1966) štartu Gemini 12 (J. Lovell, E. Aldrin)
11.10.		maximum meteorického roja δ Aurigidy (ZHR 2)
13.10.	7,3	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 0,6° S)
13.10.		240. výročie (1776) narodenia P. Barlowa
13.10.		asteroid (51) Nemausa v opozícii (10,6 mag)
14.10.	23,2	Urán najbližšie k Zemi (18,95124 AU)
15.10.	11,5	Urán v opozícii
15.10.		asteroid (57) Mnemosyne v opozícii (10,7 mag)
16.10.	5,2	konjunkcia Urána s Mesiacom (Urán 3,2° N)
16.10.	5,4	Mesiac v splne
17.10.	0,6	Mesiac v perigeu (357 860 km)
17.10.		trpaslíčia planéta Eris v opozícii (95,226 AU; 18,7 mag)
18.10.		maximum meteorického roja ε Geminidy (ZHR 3)
19.10.	8,8	tesná konjunkcia Aldebarana s Mesiacom
21.10.		trpaslíčia planéta Ceres v opozícii (7,4 mag)
21.10.		maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 15)
22.10.	20,2	Mesiac v poslednej štvrti
22.10.		50. výročie (1966) štartu Luny 12
23.10.		asteroid (345) Tercidina v opozícii (11,0 mag)
24.10.		maximum meteorického roja Leo Minoridy (ZHR 2)
24.10.		180.výročie (1836) narodenia G. W. Hougha
25.10.		10. výročie (2006) štartu sondy STEREO
26.10.		asteroid (18) Melpomene v opozícii (8,0 mag)
26.10.		170.výročie (1846) narodenia L. Bossa
27.10.	17,5	Merkúr v hornej konjunkcii
28.10.	11,9	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 0,6° S)
29.10.	14,1	Mars v perihéliu (1,38124 AU)
29.10.	23,5	konjunkcia Venuše s Saturnom (Venuša 3,0° S)
29.10.		asteroid (444) Gyptis v opozícii (10,7 mag)
30.10.	2,0	zmena SELČ na SEČ
30.10.	18,6	Mesiac v nove
31.10.	9,6	Venuša v aféliu (0,72821 AU)
31.10.	20,5	Mesiac v apogeu (406 661 km)
2.11.	19,2	Merkúr najďalej od Zeme (1,44089 AU)
2.11.		110.výročie (1906) narodenia B. Edléna
2.11.	21,8	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,1° S)
3.11.	6,7	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 6,3° S)
3.11.		asteroid (79) Eurynome v opozícii (9,6 mag)
5.11.		110.výročie (1906) narodenia F. L. Whipplea
5.11.		170.výročie (1846) narodenia E.S. Holdena
6.11.	11,8	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,5° S)
6.11.		50. výročie (1966) štartu sondy Lunar Orbiter 2
7.11.	20,9	Mesiac v prvej štvrti
7.11.		385. výročie (1631) 1. pozorovania prechodu Merkúra (P. Gassendi)
7.11.		20. výročie (1966) štartu Mars Global Surveyor
8.11.		360.výročie (1656) narodenia E. Halleya
8.11.		140.výročie (1876) narodenia L. Ch. Bernacchiho
9.11.	14,8	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (denný zákryt)
10.11.		140.výročie (1876) narodenia E. Kazaya
11.11.	16,0	Merkúr v aféliu (0,46670 AU)
12.11.	12,9	konjunkcia Urána s Mesiacom (Urán 3,6° N)
12.11.		maximum meteorického roja severné Tauridy (ZHR 5)
12.11.		100. výročie (1916) úmrtia P. Lowella
14.11.	12,4	Mesiac v perigeu (356 512 km)
14.11.	14,9	Mesiac v splne
14.11.		80.výročie (1936) narodenia Ľ. Šeševičkovej
15.11.	17,3	konjunkcia Aldebarana s Mesiacom
17.11.		maximum meteorického roja Leonidy (ZHR 15)
17.11.		50. výročie (1966) meteorického dažďa Leonidy
20.11.	11,3	Neptún v zastávke, pohybuje sa priamo
20.11.		70.výročie (1946) narodenia M. Grüna
21.11.	9,6	Mesiac v poslednej štvrti
21.11.		maximum meteorického roja α Monocerotidy (ZHR var)
23.11.	17,3	konjunkcia Merkúra s Saturnom (Merkúr 3,4° S)
25.11.	2,3	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 1,4° S)
26.11.		asteroid (60) Echo v opozícii (10,1 mag)
27.11.	21,1	Mesiac v apogeu (406 553 km)
28.11.		maximum meteorického roja novembrové Orionidy (ZHR 2)
28.11.		zimný slnovrat na Marse
28.11.		100.výročie (1916) narodenia K. Králička
29.11.	13,3	Mesiac v nove
29.11.		150.výročie (1866) narodenia E. W. Browna
30.11.	9,2	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,9° S)
30.11.		260.výročie (1756) narodenia E. F. Chladného
1.12.	5,6	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 6,6° S)
3.12.	11,9	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,9° S)
5.12.	10,0	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 2,1° S)
7.12.	0,3	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (zákryt)
7.12.	10,1	Mesiac v prvej štvrti

Tabuľky východov a západov (október – november 2016)

Slnko

			Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1.10.	5:40	17:19	5:09	17:50	4:32	18:26	3:55	19:03
6.10.	5:47	17:08	5:16	17:40	4:39	18:15	4:03	18:52
11.10.	5:54	16:58	5:23	17:30	4:46	18:06	4:10	18:42
16.10.	6:02	16:48	5:30	17:20	4:54	17:56	4:17	18:32
21.10.	6:09	16:39	5:38	17:11	5:01	17:48	4:24	18:23
26.10.	6:17	16:30	5:45	17:03	5:08	17:39	4:32	18:15
31.10.	6:24	16:22	5:52	16:55	5:15	17:32	4:39	18:08
5.11.	6:32	16:14	5:59	16:47	5:22	17:25	4:45	18:01
10.11.	6:40	16:07	6:06	16:41	5:29	17:19	4:52	17:55
15.11.	6:48	16:01	6:14	16:35	5:36	17:13	4:59	17:50
20.11.	6:55	15:56	6:20	16:30	5:42	17:09	5:05	17:46
25.11.	7:03	15:51	6:27	16:26	5:49	17:05	5:11	17:43
30.11.	7:09	15:48	6:33	16:24	5:54	17:03	5:17	17:41

Mesiac

	Východ	Západ
1.10.	5:51	17:44
6.10.	10:47	20:18
11.10.	14:36	23:50
16.10.	17:22	5:58
21.10.	21:22	11:54
26.10.	1:38	14:58
31.10.	6:45	17:09
5.11.	11:15	20:37
10.11.	14:12	0:57
15.11.	17:14	7:23
20.11.	22:24	12:02
25.11.	2:37	14:18
30.11.	7:33	16:56

Merkúr

	Východ	Západ
1.10.	4:02	16:53
6.10.	4:20	16:49
11.10.	4:46	16:45
16.10.	5:15	16:40
21.10.	5:43	16:35
26.10.	6:11	16:31
31.10.	6:38	16:26
5.11.	7:05	16:23
10.11.	7:31	16:21
15.11.	7:55	16:21
20.11.	8:17	16:24
25.11.	8:37	16:30
30.11.	8:53	16:39

Venuša

	Východ	Západ
1.10.	8:31	18:19
6.10.	8:46	18:13
11.10.	9:01	18:07
16.10.	9:16	18:03
21.10.	9:30	18:00
26.10.	9:43	17:59
31.10.	9:55	17:59
5.11.	10:06	18:01
10.11.	10:16	18:05
15.11.	10:23	18:12
20.11.	10:28	18:20
25.11.	10:31	18:29
30.11.	10:32	18:40

Mars

	Východ	Západ
1.10.	13:17	21:02
6.10.	13:11	20:58
11.10.	13:05	20:55
16.10.	12:58	20:53
21.10.	12:50	20:52
26.10.	12:42	20:51
31.10.	12:34	20:51
5.11.	12:25	20:51
10.11.	12:16	20:52
15.11.	12:06	20:53
20.11.	11:56	20:54
25.11.	11:46	20:55
30.11.	11:35	20:56

Jupiter

	Východ	Západ
1.10.	5:18	17:16
6.10.	5:04	16:58
11.10.	4:50	16:40
16.10.	4:36	16:22
21.10.	4:22	16:05
26.10.	4:08	15:47
31.10.	3:55	15:30
5.11.	3:40	15:12
10.11.	3:26	14:54
15.11.	3:12	14:36
20.11.	2:57	14:18
25.11.	2:42	14:01
30.11.	2:27	13:43

Saturn

	Východ	Západ
1.10.	11:16	20:01
6.10.	10:58	19:42
11.10.	10:40	19:24
16.10.	10:23	19:06
21.10.	10:06	18:48
26.10.	9:49	18:29
31.10.	9:32	18:12
5.11.	9:15	17:54
10.11.	8:58	17:36
15.11.	8:40	17:19
20.11.	8:23	17:01
25.11.	8:07	16:43
30.11.	7:50	16:25

Urán

	Východ	Západ
1.10.	17:42	7:06
6.10.	17:21	6:45
11.10.	17:01	6:25
16.10.	16:41	6:04
21.10.	16:21	5:44
26.10.	16:01	5:23
31.10.	15:41	5:02
5.11.	15:21	4:41
10.11.	15:01	4:20
15.11.	14:41	4:00
20.11.	14:21	3:40
25.11.	14:01	3:19
30.11.	13:41	2:59

Neptún

	Východ	Západ
1.10.	16:20	3:10
6.10.	16:00	2:50
11.10.	15:40	2:29
16.10.	15:21	2:09
21.10.	15:00	1:49
26.10.	14:40	1:29
31.10.	14:21	1:09
5.11.	14:01	0:49
10.11.	13:42	0:29
15.11.	13:22	0:09
20.11.	13:02	23:46
25.11.	12:42	23:27
30.11.	12:22	23:07

Jozef Ivanič

Július a Honda

O autorovi:

Jozef Ivanič je 35-ročný naturalizovaný Bratislavčan, ktorý napíše obyčajne len jednu poviedku ročne, špeciálne pre súťaž Martinus Cena Fantázie. Pracuje ako programátor – asi preto sa jeho štýl vyznačuje množstvom vnorených zátvoriek, ktoré potom musia byť redakčne upravované. Zbiera tematické známky, čo je pre dnešnú generáciu takmer „sci-fi" záľuba. Z kníh obľubuje najmä také, ktoré dnes už mnohým veľa nehovoria, napr. socialistický realizmus, ale aj klasiku.

S poviedkou Július a Honda a zúčastnil súťaže Martinus Cena Fantázie 2015. V rámci tejto súťaže môžu sci-fi poviedky zabojovať aj o Cenu spoločnosti INTEL pre najlepšiu sci-fi poviedku.

Od polovice septembra, po vyhlásení finalistov, majú čitatelia možnosť hlasovať na stránke za víťaznú poviedku súťaže Martinus Cena Fantázie 2016. Vyberať môžu spomedzi piatich textov, ktoré ohodnotila ako najlepšie tohtoročná odborná porota súťaže, v zložení Alexandra Pavelková, Erich Mistrík, Katarína Čavojová, Maroš Hečko a Kristína Farkašová. Celkový víťaz, spolu s víťazmi ďalších žánrových podsúťaží budú vyhlásení na knižnom veľtrhu Bibliotéka.

Cestou domov z práce Július veľa rozmýšľal. Mal za sebou jeden z tých zlých dní, keď človeku nič nevychádza: šéf softvérovej podpory už od rána nervózne lietal z kancelárie do kancelárie a nahlas bohoval a trhal si vlasy. Zákazníci hromadne nahlasovali problémy s najnovšou (včera nasadenou) verziou systému a telefón neustále vyzváňal – eskalácie nemali konca-kraja. Július spolu s kolegami sa snažili pomôcť, avšak problém sa ukázal byť zložitejší ako obvykle. A keď sa okolo poludnia objavil generálny riaditeľ, všetci vedeli, že je zle. Trvalo to dlho, veľmi dlho, ale nakoniec sa podarilo ako-tak problém vyriešiť a upokojiť vybičované emócie všetkých zainteresovaných aj tých, čo s týmto šialenstvom nemali nič spoločné.. Apropo, už ste videli upratovačku chytiť v zúfalstve – nechtiac proti nej – hodenú fľašu s minerálkou, ako ju bez mihnutia oka vyleje do umývadla, stlačí a umiestni do koša na plasty? Hoci žiadna z nájdených chýb nebola jeho vina, Július mal potrebu zostať až do konca, čo bolo tesne pred polnocou.

Hlavou sa mu preháňal húf myšlienok. Ale nielen o uplynulom dni v práci premýšľal Július. Počas hry svetiel semaforov a pouličných lámp uvažoval i nad svojím životom: o trojizbovom byte v novostavbe na okraji hlavného mesta, ktorý mu liezol na nervy (hoci prvý rok bol zo svojho prvého vlastného bývania úplne uchvátený, no časom si začal všímať nedostatky okolo seba a nemal ďaleko od rozhodnutia odsťahovať sa). Rozčarovanie zo svojej manželky, s ktorou boli svoji už tretí rok a ktorú mal ešte stále rád, ale čoraz viac mu liezla na nervy. Stále nástojčivejšie si uvedomoval všetky jej drobné chybičky (nemohol vypudiť z hlavy slovíčko „bugy"), pritom prvý rok mal pocit, že sa oženil s najdokonalejším stvorením na svete. Chvíľku sníval aj o psíkovi, ktorého si plánoval kúpiť (fenka kokršpaniela, čo sa bude volať Fifinka). A spomenul si i na rodičov, bývajúcich 200 km od neho, ktorí mu zavše vyčítali, že sa odsťahoval tak ďaleko a o nich sa nezaujímal (mal by ich ísť cez víkend pozrieť, určite ho radi uvidia, i keď jeho ženu nemajú veľmi v láske). Nevdojak sa opäť dostal k blázincu v kancelárii. Jeho práca ho už zďaleka nenapĺňala, ale nemal dostatok odvahy na to, aby dal výpoveď. Jednak bol príliš pohodlný, než aby riešil zmenu, jednak sa bál, že inde nebude vedieť začať úplne od začiatku. Július bol vždy taký – bál sa riskovať. Heslo „lepší vrabec v hrsti ako holub sa streche" dokonale vystihovalo jeho povahu.

Konečne dorazil domov – vystúpil pred dverami do vchodu a poslal auto automaticky zaparkovať niekde v okolí (parkovacie miesto v podzemnej garáži si nekúpil – zdalo sa mu pridrahé a developer jeho zakúpením nepodmieňoval nákup bytu. Táto šetrnosť sa mu občas vypomstila, keď sa auto rozhodlo zaparkovať sa na nejakom nevhodnom mieste – napr. uprostred bezdomoveckej kolónie pár blokov smerom do mesta (do rána bolo zapľuvané až hrôza), alebo pod starým platanom na konci ulice, na ktorý sa zlietavali spať vtáky azda z celej republiky. Na výťah čakal celú večnosť. Konečne stál pred dverami, odomkol a vkĺzol dnu. V byte bola tma, jeho žena Honda už spala. Zo zvyku pustil holovíziu, ale nemal chuť hľadať v stovkách programov niečo pozerateľné (automatizovaný volič programov (Google Channel Selector™), skrátka (napriek tomu, že disponoval vyčerpávajúcim informáciám o Júliusovi, jeho záľubách, návykoch, preferenciách, atď., zozbieranými prakticky od Júliusovho narodenia) ani pri svojich neuveriteľne komplikovaných algoritmoch a výpočtovej kapacite nikdy nedokázal trafiť ten správny kanál. Chladnička bola, ako obvykle, prázdna. Ešteže si v práci objednali pizzu, aj keď mu vôbec nechutila. Už-už chcel chladničku zatvoriť, keď mu zrak padol na fľašu whisky. Dostal ju od ktoréhosi kolegu pred rokmi k narodeninám, a zrazu (Július pil iba príležitostne) dostal chuť ju načať. Vzal pohár (bežný horčičák, poháre na whisky, čo dostali ako svadobný dar, sú bohviekde zapatrošené), nalial si a vypil na ex. Hmm, dobrá. Vypil ešte jeden. A ešte jeden. Ktovie, či to bolo alkoholom, ale z ničoho nič sa z Júliusa stal iný človek: povedal si, že svoj život vezme poriadne do rúk (ale až zajtra, teraz treba ísť spať) a predtým sa ešte musí osprchovať, detektor čistoty (tiež dáka hovadina od Google) ho totiž vyhodnotil ako nespôsobilého na vstup do spálne.

***

Ráno zazvonil budík ako vždy o pol siedmej. Nový Július sa posadil na posteli. Honda sa len v polospánku pretočila na druhý bok. Chvíľku mu trvalo, kým si rozlepil oči, potom pozrel na spiacu Hondu. „Kam sa len podela jej krása? Ako je možné, že tak zostarla? Veď ešte pred pár rokmi mala sladkých osemnásť!" Vstal, obliekol sa a odišiel do práce. Neplánoval tam však byť dlho: dnes dá výpoveď.

Šéf nebol veľmi prekvapený – zdá sa, že už dlho počítal s tým, že Július každú chvíľu skončí. Presviedčal ho, samozrejme, ale bola to z jeho strany skôr povinná jazda ako skutočný záujem Júliusovo rozhodnutie zvrátiť. Július týmto správaním síce zostal mierne zaskočený, myslel si, že to celé bude zložitejšie, avšak po chvíli si uvedomil, že je to takto lepšie. Potom si pobalil svojich pár slivák, skočil na personálne, kde odovzdal svoju agendu centrálnemu počítaču oskenovaním pamäte, podpísal výstupný formulár a bol VOĽNÝ.

V prvom okamihu chcel zavolať Honde, ale potom si to rozmyslel. Načo aj, treba si užiť tak dlho nepoznanej slobody. Poslal jej len krátku správu: „Dal som výpoveď. Prídem o pár dní," a vypol si komunikátor.

***

Prešli tri dni, kým sa Július ukázal doma. Bolo šesť hodín večer. Július bol dosť uťahaný, veď mal za sebou „trojdňovú slobodu". Odomkol dvere a vošiel. Honda stála tesne za dverami a vyzeralo to, že tam čakala celé tri dni. V jej prípade nič nemožné. To, čo sa z nej v tom okamihu stalo, Júliusovi ani vo sne nenapadlo, že je vôbec možné: „Ako si to predstavuješ?", „Kde si celý ten čas bol?" „Čo si robil?" „Prečo si sa neozval?"... Skrátka, scéna ako z filmu. A potom, po niekoľkých nekonečných minútach Hondinho vyčíňania, Július prestal počúvať a premýšľal nad tým, ako je vlastne možné, že sa Honda takto správa. Chvíľu na to sa rozhodol: chladnokrvne pristúpil k Honde, chytil ju za hrdlo a silno zovrel. Pred očami mu postupne (ale pomerne rýchlo) všetko zružovelo, potom zčervenelo a následne sfialovelo. A dostal neodoľateľnú chuť na whisky.

***

Keď sa Július spamätal, ležal na Honde celou svojou (nemalou) váhou. Nehýbala sa. Držal ju oboma rukami za hrdlo a pevne zvieral. Trochu sa zľakol a uvoľnil stisk. Honda sa mu vyšmykla a spadla na podlahu. Jej hlava dunivo zazvonila. Július vstal a nalial si whisky, na ktorú mal ešte stále takú veľkú chuť. Chvíľku sa pokúšal premýšľať, ale na nič z uplynulých minút sa nepamätal a zo začiatku ani nechápal, čo sa vlastne stalo. A vôbec nerozumel Hondinmu správaniu. Áno, nebol tri dni doma, ale výčitka od Hondy – a teraz bol (nový) Július trochu vulgárny, to mu mohli rovnako robiť výčitky chladnička či umývačka riadu. Mimovoľne na ne pozrel, ale nespozoroval nič neobvyklé. A opäť dostal chuť na whisky. O Hondu sa nestaral a po niekoľkých ďalších pohároch si ľahol spať.

***

Na druhý deň si Július privstal. Už päť minút po ôsmej stál pred okienkom, za ktorým sedela milá blondína – asi okolo tridsiatky. Chvíľku premýšľal, či je skutočná. Blondína sa usmiala a podala mu formulár: „Toto vypíšte prosím."

Meno a priezvisko:	Oskar Július Simpson
Adresa:	Tupolevova 12, Bratislava
Dátum zakúpenia výrobku:	2. 12. 2102
Typ výrobku:	SN-1233-NJM
Domáce meno výrobku:	Honda

(ďalších X políčok)

Spôsob vypnutia výrobku (nehodiace sa škrtnite):
štandardné ~~neznáme~~ ~~(zrejmo porucha)~~ ~~žiadne~~ ~~(výrobok stálo v prevádzke)~~

(a ďalšie a ďalšie políčka)

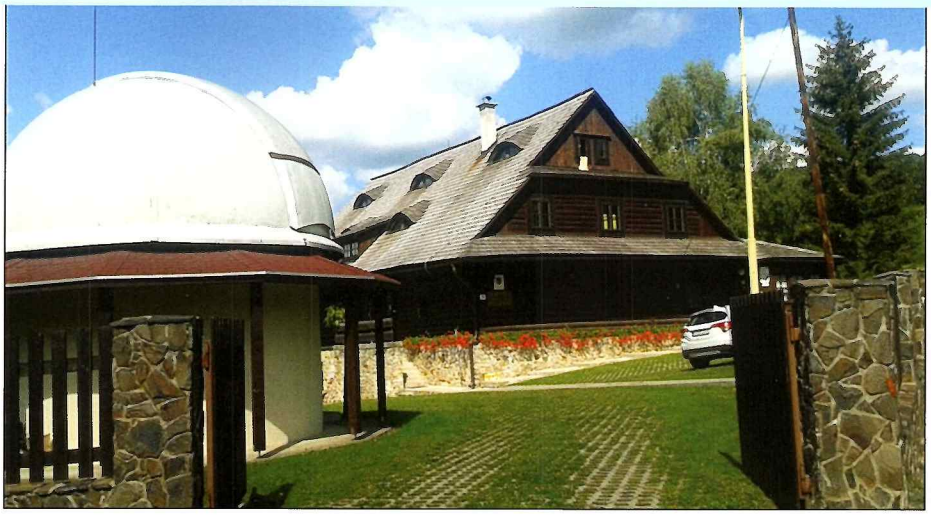
V zmysle kúpnej zmluvy a nami poskytovanej 5-ročnej garancie 100 % spokojnosti zákazníka, samozrejme, akceptujeme vrátenie nášho výrobku. Hoci umožňujeme vrátiť výrobok bez udania dôvodu, oceníme, ak dôvod vrátenia uviedete – pomôže nám to v snahe o neustále zlepšovanie našich služieb zákazníkom. ĎAKUJEME.

Príliš skutočná.

LAP 2016

V tomto roku sme z technických príčin nemohli uskutočniť Letné astronomické praktikum (LAP) vo Vysokej nad Uhom, kde sme zvyčajne pozorovali. Preto sme boli veľmi šťastní, že sme sa s naším praktikom mohli pripojiť na Hvezdárni Roztoky ku pozorovateľom zo Svidníka a z Prešova. Od nás boli štyria žiaci a jeden vedúci a zo Svidníka a Prešova vždy jeden vedúci a po 7 žiakov. Počasie nám prialo len jednu noc, ale tá stála zato. Napozorovali sme 481 záznamov o meteoroch, videli sme aj dva bolidy. Za jedným z nich (asi –6. magnitúdy) ostala stopa viditeľná niekoľko minút. Frekvencia Perzeíd bola tento rok veľmi vysoká, priemer za noc nám vyšiel viac než 130 meteorov za hodinu, ale v niektorých krátkych intervaloch nám vychádzala tzv. ZHR aj nad 170 meteorov za hodinu. Videli sme množstvo jasných meteorov so stopou a všimli sme si, že meteory sa vyskytujú v krátkych spŕškach oddelených prestávkami. Ráno po pozorovaní, resp. v skutočnosti popoludní, sme spracovali údaje o „našich" meteoroch programom WIMPS a odoslali sme ich do centra IMO. Jeden večer sme pozorovali 20 cm Dobsonom objekty oblohy a pozreli sme si aj prístrojové vybavenie hvezdárne. Počas praktika sme mali aj 3 prednášky o meteoroch v jednom bloku: Pozorovanie meteorov podľa metodiky IMO, 20 rokov pozorovania meteorov na Hvezdárni v Michalovciach a Spracovanie pozorovaní meteorov programom WIMPS. Táto prednáška bola doplnená aj praktickou ukážkou práce s programom. Okrem toho mali všetci účastníci aj bohaté športové vyžitie. Na dvoch ihriskách pri hvezdárni sa hral futbal, plážový volejbal, tenis aj florbal. Posledný večer sme vypúšťali modely rakiet a potom nasledovalo opekanie na ohni v kozube v altánku za hvezdárňou Aj napriek počasiu, ktoré nám neumožnilo viac nocí pozorovať, sme všetci odchádzali veľmi spokojní a radi by sme sa sem vrátili na ďalšie expedície. Tak možno na jeseň dovidenia v Roztokoch!

RNDr. Zdeněk Komárek
Hvezdáreň v Michalovciach



Hvezdáreň Roztoky.

Pri ďalekohľade.

IMC 2016

Tak ako každoročne, aj tento rok sa uskutočnila medzinárodná konferencia o výskume meteorov IMC 2016 (International Meteor Conference). Tento rok sa konferencia konala v holandskom Egmonde v netradičnom termíne 2. – 5. júna. Termín bol zvolený nie kvôli tulipánom, na tie bolo už beztak neskoro, ale kvôli konferencii Meteoroids 2016, ktorá bola následne po IMC v asi 75 kilometrov vzdialenom Noordwijku. Tento fakt sa prejavil na rekordnej účasti na konferencii, kde bolo registrovaných 157 účastníkov z takmer všetkých kontinentov sveta (okrem Antarktídy). To malo za dôsledok, že program konferencie bol značne nahustený, ale informačne veľmi bohatý a pestrý. Aby sa všetky plánované príspevky stihli odprezentovať, bola ich doba skrátená na 12 minút + 3 minúty na otázky a odpovede. Širšie diskusie sa odohrávali počas voľného času, ktorého tiež nebolo nazvyš. Prezentovaných bolo aj 31 posterov.

Program bol tematicky rozdelený do 10 blokov:

- Rojové a sporadické meteory, video a rádiové pozorovania.
- Rojové a sporadické meteory, vizuálne pozorovania.
- Bolidy a nálezy meteoritov.
- Pozorovacie techniky.
- Materské telesá, meteoroidy, meteority, planéty a ich vplyv.
- Numerické modelovanie.
- Atmosférické javy a procesy.
- Algoritmy a softvér.
- História, súčasnosť a budúcnosť pozorovania meteorov.
- Prístroje.

Súčasťou konferencie bol aj seminár týkajúci sa spektroskopie meteorov a meteorických stôp, ktorá sa vďaka dostupnosti techniky začína rozširovať nielen v profesionálnej astronómii, ale aj medzi amatérmi a záujemcami o výskum meteorov. Spektroskopia prináša nielen možnosti štúdia procesov preletu meteorov v atmosfére, ale aj zistiť najdôležitejšie súčasti chemického zloženia meteoroidov bez toho, aby bolo potrebné spoliehať sa len na dopadnuté meteority.

Typická holandská krajina s veterným mlynom a pasúcim sa dobytkom. Foto: Peter Dolinský

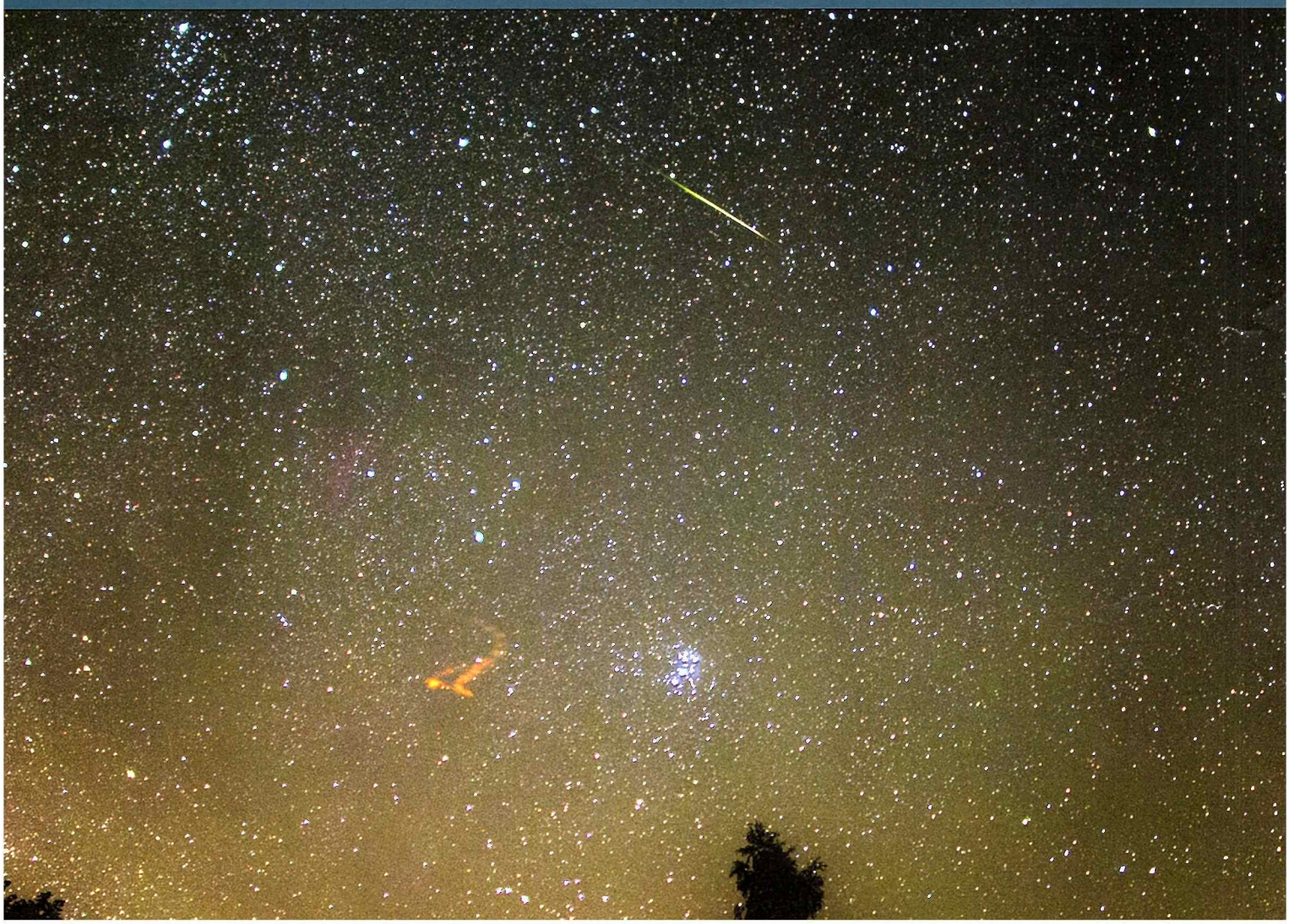
Nemenej zaujímavá bola ukážka výbrusov rôznych typov meteoritov projekciou priamo z polarizačného petrologického mikroskopu. Rovnako zaujímavá bola možnosť pozrieť sa na vlastné oči na mikroskopické štruktúry meteoritov, ktoré vypovedajú nielen o histórii tohoktorého meteoritu, ale aj o ich materskom telese a v neposlednom rade aj o histórii vzniku Slnečnej sústavy.

Samotná konferencia bola vrátane ubytovania už tradične riešená ako nízkorozpočtová akcia s cieľom, aby sa na konferencii mohli zúčastňovať nielen profesionáli, ale aj amatéri, ktorí si musia všetky náklady hradiť z vlastného vrecka.

Slovenská ústredná hvezdáreň vyslala na konferenciu jedného svojho pracovníka, ktorý prezentoval poster týkajúci sa spracovania rádiových pozorovaní meteorov uskutočňovaných SÚH v Hurbanove.

Všetky príspevky a postery budú dostupné v zborníku „Proceedings of the International Meteor Conference, Egmond, the Netherlands, 2–5 June, 2016. Published by the International Meteor Organization. Edited by Adriana Roggemans and Paul Roggemans."

Mgr. Peter Dolinský

Expedičné miesto na Tepličnom za svitu Mesiaca v pomaximovej noci 12./13 .8. Osem meteorov nasnímaných počas 25 min., Canon 350D, ISO 1600, exp. 50 × 30 s.
Foto: M. Harman

Perzeida nad Plejádami a vľavo od hviezdokopy stopa po prelete jasného meteoru. Canon EOS 5D MIII, ISO 16000, exp. 15 s. Foto: S. Kaniansky