



Číslo 4

august – september 2018

Ročník 49

Cena 2,40 €

KODAOS

- Vieme, čo je realita?
- Európania idú na Mesiac
- Japonský lovec komét





Na obálke vpred:

Zdeněk Bardon: Strážci vesmíru

Dramatický snímek starodávných soch Moai spolu s utápejícím se Měsícem v bouřkových mracích a souhvězdím Orionu, které je „hlavou dolů“ na Rapa Nui (Velikonoční ostrovy). Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Otus 1,4/28, Místo: Rapa Nui, Chile.



Na obálce vzadu:

Táto vizualizácia znázorňuje gravitačné vlny z dvoch splývajúcich čiernych dier. Vďaka nedávnemu zachyteniu gravitačných vln môžeme kozmos nielen vidieť, ale aj počuť. Vo vesmíre sa odohrávajú podobné udalosti doslova každú chvíľu, preto môžeme hovoriť o tom, že splynutia čiernych dier (ale aj iných objektov) tvárajú neuvieriteľne pôsobivú kozmickú symfóniu. Prečítajte si o tom viac v nasledujúcom čísle Kozmosu.

Hlavné aktuality

Záhada röntgenového žiarenia kométy vyriešená?

Ján Svoreň s. 3-5

Prvý medzihviezdny imigrant v Slnečnej sústave

Ján Svoreň s. 5-6

Stelárna astronómia

Svetelné signály pred zrážkou čiernych dier E. G. s. 7

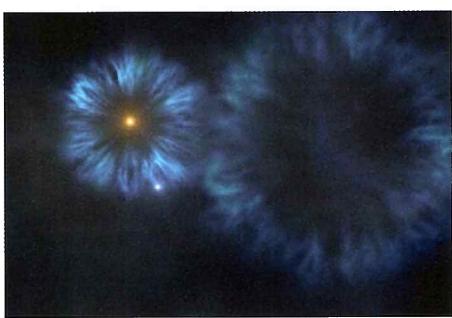
Železo vo hviezdoch nútí planéty krúžiť bližšie

E. G. s. 7-8

Interferometer umožnil zatiaľ najdetailnejší pohľad na hviezdneho obra, E. G. s. 8

Objavili jednu z najstarších hviezd v Mliečnej ceste

E. G. s. 24



Exoplanéty

Vedci zjasnú: horúci jupiter obieha okolo červeného trpaslíka, E. G. s. 19

Objavili populáciu mimogalaktických exoplanét E. G. s. 23

Astrobiológia

Vírusy sú všade, prečo nie vo vesmíre? E. G. s. 8-9

Planetológia

Zemské jadro sa sformovalo inak, než si vedci doteraz mysleli, E. G. s. 9

Teoretická fyzika

Realita... Vieme, čo to je?

Scientific American Rudolf Gális s. 10-14

Astrofyzika

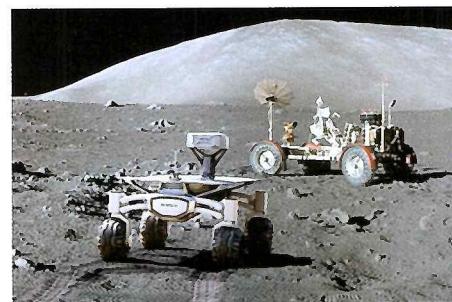
Sú vysokoenergetickí poslovia z kozmu produktom

čiernej diery? E. G. s. 15

Kozmonautika

Mesiac dostane návštěvu

Die Zeit, E. G. s. 16-19



Geochronológia

Zirkón: vzácnejší ako diamant

American Scientist, E. G. s. 20-22

Astroreportáz

Chilské pohledy do nebe

Zdeněk Bardon s. 25-28

Slnko

Slnečné klásyky 8

Milan Rybanský s. 38-39

Glaciológia

Tanec na tenkom ľade 2

Anna Pribullová s. 29-32

Nekrológ

RNDr. Eduard Pittich, DrSc. (1940 – 2018)

Ján Svoreň s. 24

Rozhovor

Pozoruj hviezdy srdcom

Štefan Kurti s. 33-35

Podujatia

BEZOVEC: Pozoruhodná astronomická tradícia

Ladislav Hric s. 40

Na astronomickom nebi zažiarilo dievčenské duo

Ladislav Hric s. 41

Jubileá

Juraj Zverko 75-ročný

Ján Budaj s. 36

Príbeh prof. Ivana Hubeného, čerstvého sedemdesiatníka

Ján Budaj s. 37

Servis Kozmosu

Obloha v kalendári

Pavol Rapavý s. 42-45

Slnečná aktivita

Ivan Dorotovič s. 39

Lyridy 2018

Z. Komárek, J. Sadiv, R. Tomčík s. 46

Jednoduché matematické výpočty 4

Eduard Kočí s. 46-47

KOZMOS

populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia čísla: doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., Mgr. Anna Pribullová, PhD.

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove. 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, Daniel Tóth – redaktor, Lídia Priklerová – sekretár redakcie, RNDr. Michal Mojžiš – grafická úprava. 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, RNDr. Ján Rybák, CSc. Predseda redakčnej rady: doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. • **Vychádza:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. • **Cena** jedného čísla 2,40 € (65,00 CZK). Pre abonentov ročne 13,20 € (357 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. • **Predplatiteľ:** 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 poštovéj 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:** Bittner print s.r.o. • Zadané do tlače 16. 7. 2018. • ISSN 0323 – 049

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

Záhadu röntgenového žiarenia komét vyriešená?

Skúmaniu zloženia a stavby komét sa astronómovia venujú už takmer 200 rokov; za začiatok tohto úsilia môžeme považovať pozorovanie návratu periodickej Halleyovej kométy v roku 1835. Napriek tomu sa občas objaví fenomén, ktorý priviedie do pomykova aj vyslovených znalcov týchto telies. Takým bolo aj objavenie röntgenového žiarenia pri pozorovaní kométy C/1996 B2 (Hyakutake) v roku 1996.

Tento jav, najprv silno spochybňovaný, neskôr nevyvrátilne zaznamenali aj u ďalších jasných komét. Niekoľko pokusov o vysvetlenie jeho podstaty nenašlo všeobecnú podporu u kometárnych astronómov. Snáď až posledný pokus z marca 2018 vnesie do tejto záhady viac svetla.

Röntgenové žiarenie vesmírnych objektov

Na úvod si povedzme niekoľko viet o pozorovaní nebeských telies v oblasti vlnových dĺžok charakteristických pre röntgenovú (RTG) oblasť. RTG astronómia sa zaobera vesmírnymi telesami, ktoré vysielajú RTG žiarenie, t.j. elektromagnetické žiarenie s vlnovými dĺžkami od 0,008 nanometra do 8 nm. RTG zdroje vo vesmíre sú spojené s energetickými procesmi v binárnych sústavách, neutrónových hviezdach, supernovách a zvyškových hmlovinách po ich výbuchoch, galaktických jadrach a čiernych dierach a pri nich sa vyvíjajúcich akréčnych diskoch apod.

RTG žiarenie objavil nemecký fyzik W. C. Röntgen v roku 1895 pri pokusoch s vakuovými trubicami. Podstatu RTG žiarenia vysvetlil v roku 1912 ďalší nemecký fyzik Max von Laue: ide o elektromagnetické vlny s malou vlnovou dĺžkou. Uplatnenie našli v mnohých technických odboroch vrátane medicíny.

S pomocou raket

Študovanie vesmírnych telies v RTG oblasti sa uskutočnilo oveľa neskôr. Z povrchu Zeme totiž nie je možné RTG žiarenie pozorovať, lebo ho pohlcuje atmosféra. Raketa vypustená nad husté vrstvy atmosféry v roku 1949 zaznamenala RTG žiarenie Slnka, a v roku 1962 prvý RTG zdroj mimo Slnečnej sústavy v súhvezdí Škorpióna, dnes známy ako Sco X-1.

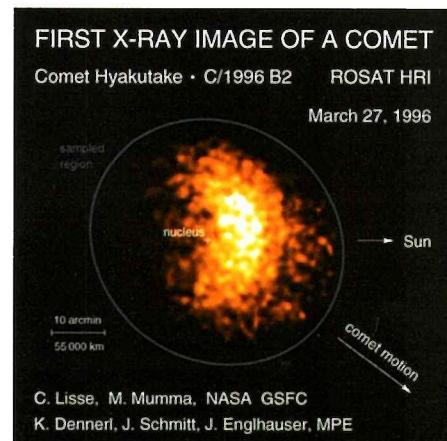
Pozorovanie RTG žiarenia pomocou raket bolo obmedzené na krátky časový interval niekoľkých minút. RTG astronómia preto zaznamenala významný pokrok až po vypustení špecializovaných družíc na obežnú dráhu Zeme. Prvou bola v roku 1970 družica Uhuru. Identifikovaním zdroja Cygnus X-1 objavila prvú čiernu dieru. Neskôr nasledovali ďalšie družice špecializované na výskum RTG zdrojov. V roku 1978 to bolo Einsteinovo



RTG družica Chandra.

röntgenové observatórium, v roku 1990 družica ROSAT, v roku 1995 Rossi X-ray Timing Explorer, v roku 1999 družice XMM Newton a Chandra. V roku 2004 vypustili Neil Gehrels Swift Observatory, ktoré nie je špecializované len na RTG oblasť a okrem RTG ďalekohľadu má na palube aj zariadenia na záznam gama žiarenia, UV a viditeľnej oblasti.

RTG žiarenie komét



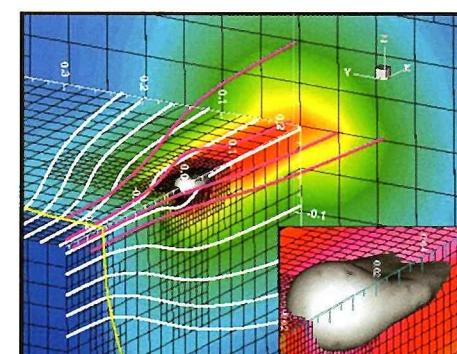
Družica ROSAT zaznamenala v roku 1996 ako prvá RTG žiarenie z kométy.

Nadšenie nasledované pochybnosťami

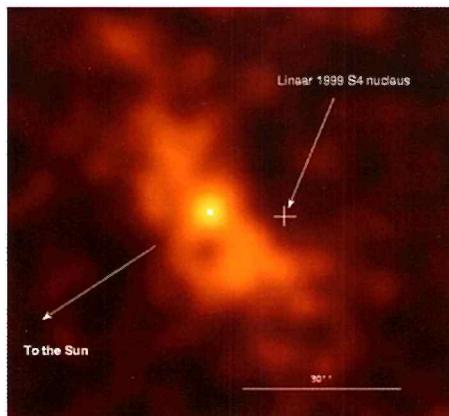
Ked' družica ROSAT zaznamenala prvé RTG žiarenie z kométy, najprv zavládlo nadšenie. Potom však prevládli pochybnosti, lebo sme vedeli, že kometárne jadro je prevažne z ľadu,

a ani v oblasti perihélia nedosahuje teplo- ta povrchu komét viac ako niekoľko stoviek stupňov. Pritom RTG žiarenie sa vo všeobecnosti spája s búrlivými astrofyzikálnymi procesmi s teplotami o niekoľko rádov vyššími; vzniká napr. pri brzdom a synchrotronovom žiarenií, pri tepelnom vyžarovaní zdrojov s teplotou nad milión Kelvinov, pri niektorých relativistických procesoch a pod.

Prvým vysvetlením neočakávaných RTG lúčov z kométy bolo, že RTG žiarenie zo Slnka absorboval oblak molekúl sublimovanej vody obklopujúcej jadro kométy, a neskôr ho mole-



Magnetohydrodynamický model plazmového pola v blízkosti kométy Hyakutake. Slnečný vietor prichádzajúci zlava je zobrazený bielymi a fialovými čiarami. Žltá čiara zobrazuje polohu rozhrania medzi kometárnou komou a medziplanetárnym magnetickým polom. Farby udávajú logaritmus hustoty plazmy, ktorá rastie od modrej po červenú. Mierka je v miliónoch km.



Obrázok komety C/1999 S4 (LINEAR) získaný prístrojmi Chandra ukazuje oblasť emisie RTG lúčov lokalizovanú smerom od kometárneho jadra k Slnku. Údaje sú založené na dvojhodinovom pozorovaní. Samotné chladné jadro nie je na RTG snímkach vidieť.

kuly opäťovne vyžiarili fluorescenciou. Podľa tejto myšlienky je oblak taký hustý, že jeho slnečná strana absorbuje takmer všetky prichádzajúce slnečné lúče, takže nič neprenikne do vnútra oblaku. To by mohlo vysvetliť, prečo kometárna emisia RTG lúčov má formu polmesiaca, a nie sféry okolo jadra. Druhým možným vysvetlením bolo, že RTG lúče vznikajú počas zrážky medzi materiálom komety

a slnečným vetrom pohybujúcim sa nadzvukovou rýchlosťou.

Prínos Chandy

V roku 2000 družica Chandra zaznamenala RTG žiarenie z komety C/1999 S4 (LINEAR) na strane osvetlenej Slnkom. Zdalo sa, že pozorovanie Chandy záhadu zdroja RTG žiarenia vysvetlí. Podľa merania Chandy RTG žiarenie komety pochádzalo z niekoľkonásobne ionizovaných atómov kyslíka a dusíka. Vedci predpokladali, že tieto silne nabité ióny produkuje vonkajšia koróna Slnka. Pri prelete okolo komety príťahujú slnečné ióny záporne nabité elektróny z kometárnych atómov a molekúl. Elektróny preskakujú z neutrálnych atómov na ióny a pri prechode z vyšších energetických hladín na nižšie emitujú RTG žiarenie. Ióny sa menia na neutrálne častice.

Nové riešenie

V marci 2018 publikoval A. Rigby z University of Oxford s 26 spolupracovníkmi z 15 vedeckých a univerzitných pracovísk v časopise *Nature Physics* vedecký článok vysvetľujúci RTG žiarenie komét ako dôsledok urýchlenia elektrónov vlnovou turbulenciou v zmagnetizovanej plazme.

Komety počas pohybu Slnečnou sústavou interagujú so slnečným žiareniom, slnečným vetrom a medziplanetárnym magnetickým



Simulácia plazmových interakcií medzi kometou 67P/Čurjumov-Gerasimenko a slnečným vetrom v blízkosti perihelia podľa modelu Technische Universität Braunschweig a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt na základe meraní sondy Rosetta.

polom. Táto interakcia vytvára viditeľnú atmosféru okolo kometárneho jadra, kometárne chvosty rôznych tvarov a zloženia a v niektorých prípadoch aj RTG žiarenie. RTG lúče vznikajú na strane kometárneho jadra osvetlenej Slnkom, kde slnečný vietor pôsobí na kometárnu atmosféru a vytvára nárazovú vlnu.

Neuveriteľný experiment

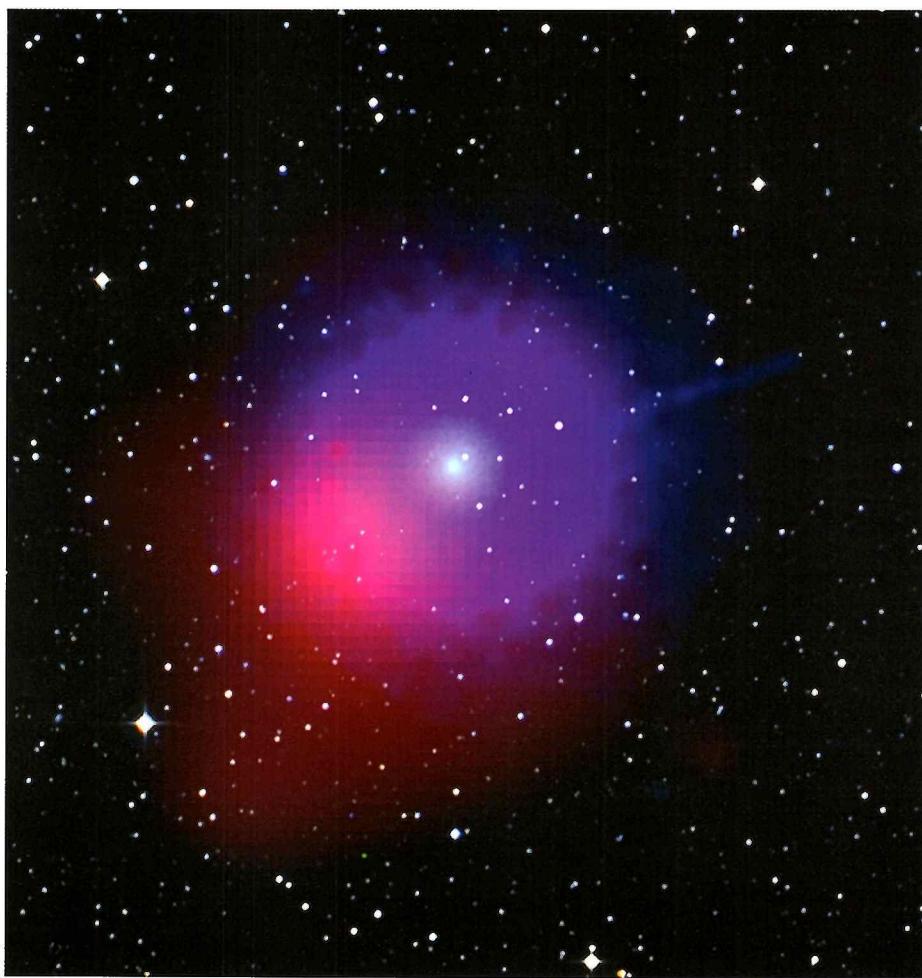
Ako však môže kométa vyžiať RTG lúče? Zistiť to bolo cielom experimentu v laserovom laboratóriu LULI na univerzite v École Polytechnique v Paríži vo Francúzsku, kde sa pokúsili vytvoriť podmienky podobné interakcii slnečného vetra s kométou.

Vedci uviedli, že ich experimentálne výsledky sú dôležité, pretože poskytujú priame laboratórne dôkazy, že objekty pohybujúce sa

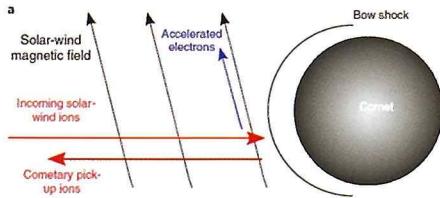


Nárazová vlna vytvorená v laboratóriu v zmagnetizovanej plazme na znázornenie prekážkovej interakcie; vznikla počas riešenia otázky, prečo komety emitujú RTG lúče (F. Cruz a L.O. Silva, IST Lisabon).

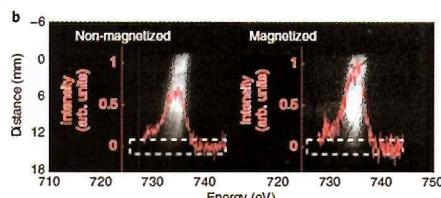
cez zmagnetizovanú plazmu môžu vytvoriť oblasti zrýchlených elektrónov. Je to veľmi všeobecná situácia v astrofyzike, ktorá sa uplatňuje nielen v kométach, ale aj v plane-



Kométa Lulin 28. januára 2009 na snímke Neil Gehrels Swift Observatory. Údaje ultrafialového a optického ďalekohľadu sú zobrazené modrou a zelenou farbou a údaje RTG ďalekohľadu červenou.



Obrázok interakcie zmagnetizovanej plazmovej gule a slnečného vetra. Interakcia medzi prichádzajúcimi iónmi slnečného vetra a unikajúcimi kometárnymi iónmi vytvára supertermálnu elektrónovú populáciu v smere siločiar magnetického pola tvoreného slnečným vetrom.



Znázornenie vplyvu magnetického pola na intenzitu RTG signálu.

tárných magnetosférach (ako v prípade našej Zeme), alebo dokonca vo zvyškoch supernov, kde sa vyvrhnutý materiál pohybuje cez medzihviezdny plyn. Úžasné je, že takéto zložité procesy je možné napodobniť v laboratórnych podmienkach.

Pri pokusoch fyzici zacielili laserové lúče na plastovú fóliu, ktorá explodovala a spôsobila uvoľnenie prúdu elektrónov a iónov, čím sa vytvoril vysokorychlosný tok ionizovaného plynu (plazmy), imitujúci slnečný vietor. Tento „plazmový prúd“ potom dopadol na tuhú guľu, laboratórnu „kométu“ umiestnenú centimeter od plastovej fólie, čím vznikli podmienky podobné tým, keď skutočná kométa prechádza Slnečnou sústavou. Zistilo sa, že elektróny sa zahrevajú turbulenciou plazmy približne o milión Kelvinov. Tieto horúce elektróny potom zodpovedajú za vznik RTG žiarenia, nevyhnutná je však prítomnosť magnetického pola.

Výsledky výskumu jasne ukazujú, že turbulencia v plazme môže byť zdrojom rýchlych častíc, ktoré preniknú cez bariéru čela nárazovej vlny.

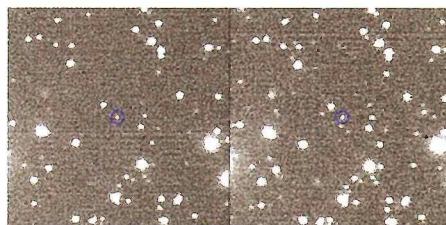
Teoretici môžu byť teda po 20 rokoch opäť spokojní. Žiadne RTG žiarenie z chladnej hmoty nie je na programe. Nové riešenie A. Rigbyho a spolupracovníkov poskytuje ako vysvetlenie zdroja RTG žiarenia elektróny s teplotou dostatočne vysokou na emitovanie RTG lúčov. Aj keď môže ísť len o jeden z realizujúcich sa procesov.

Spracované podľa článkov v časopisoch *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, *Nature Physics*, *Science* a *The Astrophysical Journal*.

Prvý medzihviezdny imigrant v Slnečnej sústave

Uplynulo len pol roka od pozorovania prvého medzihviezdneho asteroidu, ktorý preleteл Slnečnou sústavou (o objekte ‘Oumuamua objavenom 25. októbra 2017 sme informovali v Kozmose č. 1/2018), a už je na svete ďalšia ohromujúca novinka z tejto oblasti. Zverejnili ju F. Namouni z Univerzity v Nice, Francúzsko a M. H. M. Moraisová z Geovedného ústavu v Rio Claro v Brazílii v júnovom čísle popredného astronomického časopisu *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*.

Ked počujeme o migrantoch, väčšinou spozornime a nevieme, čo máme očakávať. Tomuto migrantovi, o ktorom napísali Namouni a Moraisová, sa však astronómovia nesmierne potesili. Nová štúdia totiž informovala o objave prvého známeho trvalého pristáhovalca do našej Slnečnej sústavy. Asteroid, ktorý sa momentálne nachádza v rezonancii 1:1 so stredným pohybom Jupitera je prvým známym asteroidom, ktorý bol zachytený z iného hviezdneho systému. Objekt známy ako ‘Oumuamua sa objavil v roku 2017 na popredných miestach vo všetkých dôležitých médiach. Bol to však iba turista, ktorý príde a odíde. Na rozdiel od neho je asteroid s pomenovaním (514107) 2015 BZ₅₀₉ dlhodobý rezident.



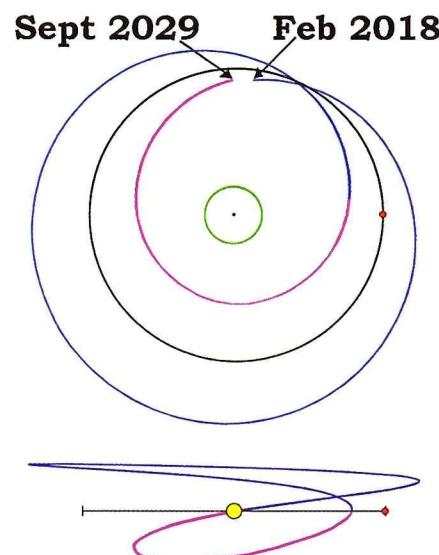
Obrázky asteroidu 2015 BZ509 získané na observatóriu Large Binocular Telescope Observatory (juhovýchodná Arizona, USA). Asteroid je v modrom krúžku.

Asteroid objavili 26. novembra 2014 ďalekohľadom Pan-STARRS 1 na observatóriu Mt Haleakala na Havajských ostrovcoch. Ide o pomerne malé teleso s priemerom približne 3 km. Mimoriadne je už tým, že to je prvý príklad asteroidu v rezonancii 1:1 s ktoroukolvek z planét.

Dráha

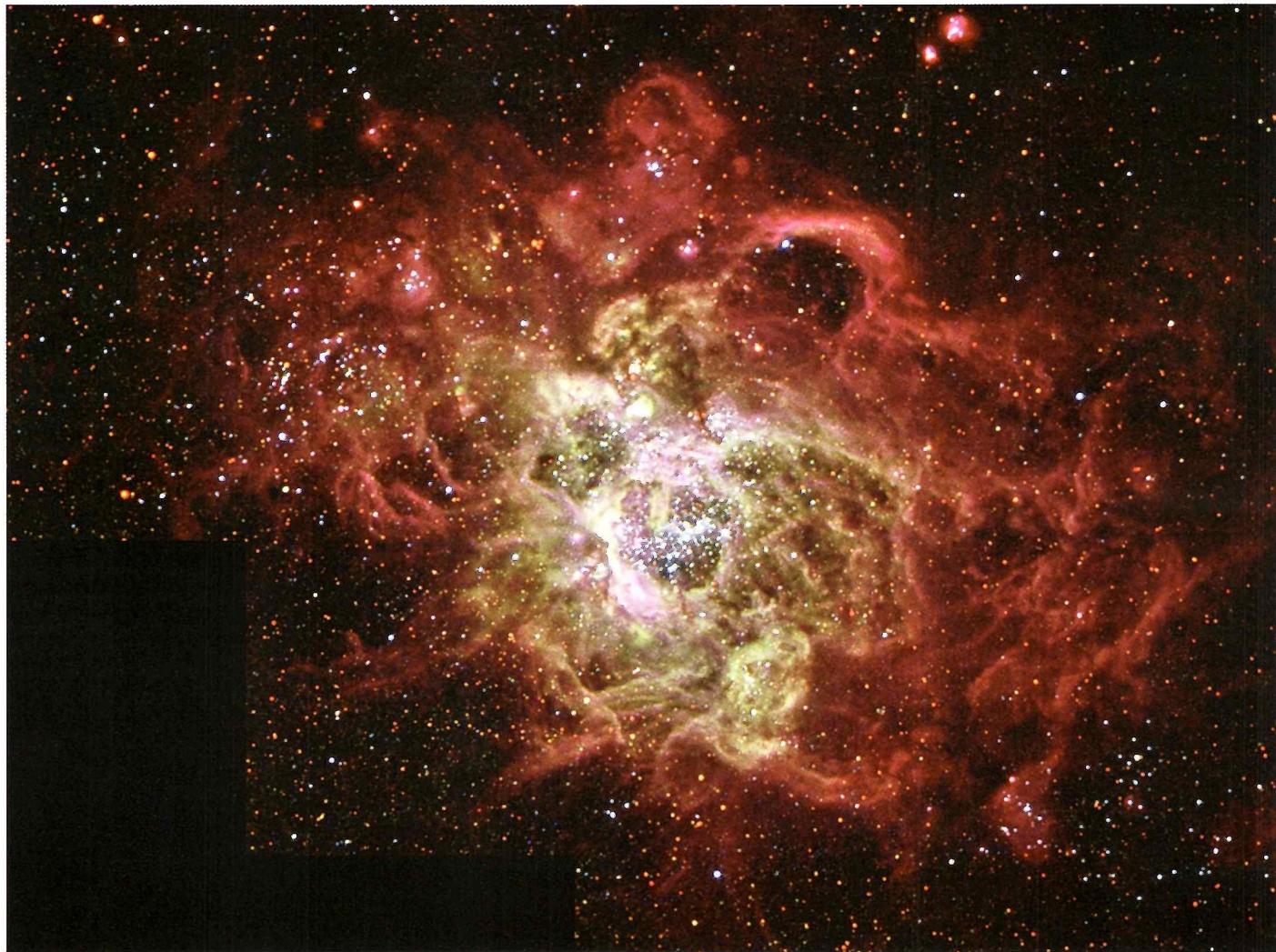
V súčasnosti je jeho obežná doba 11,65 roka s excentricitou 0,38 a sklonom dráhy k rovine ekliptiky 163 stupňov. Obežná doba je veľmi

blízka obežnej dobe Jupitera - 11,86 roka. Počas jedného obehu Jupitera okolo Slnka 2015 BZ₅₀₉ prejde 366,3° v opačnom smere. Excentricita jeho obežnej dráhy umožňuje pohyb zvnútra aj vonku obežnej dráhy Jupitera pri priblíženiac na minimálnu vzdialenosť 176 miliónov km. Pritom minimálna vzdialenosť dráh Jupitera a asteroidu je len 34 miliónov km. Pri každom priblížení sa k Jupiteru dráhové prvky asteroidu mierne menia (príne vzaté, súčasne sa mení aj dráha Jupitera, vzhľadom na obrovský rozdiel hmotností však iba nepatrne). S períódou približne 660 rokov zmeny orbitálnych parametrov asteroidu oscilujú okolo nuly.



Horná časť obrázku znázorňuje jednu úplnú obežnú dráhu asteroidu 2015 BZ509 v súradnicovej sústavе rotujúcej s Jupiterom. Bodka v strede je Slnko a zelená kružnica je dráha Zeme. Čierny kruh zobrazuje veľkosť obežnej dráhy Jupitera, ale v tejto referenčnej sústavе Jupiter (červená bodka) zostáva takmer nepohyblivý. Obežná dráha asteroidu je zobrazená modrou farbou, keď je nad rovinou obežnej dráhy Jupitera a purpurovou, keď je pod rovinou obežnej dráhy Jupitera. Spodná časť obrázku znázorňuje pohľad zbočne. Slnko je žltý krúžok v strede. Rovina obežnej dráhy Jupitera je zobrazená čierne, Jupiter opäť ako červená bodka.

Jupiterovo gravitačné pôsobenie udržuje stabilitu tejto dráhy po milióny rokov. Nie je však celkom jasné, ako sa asteroid dostal na takúto



Obrázok hviezdnej škôlky NGC 604. Hviezdné sústavy sú v nej tesne jedna vedľa druhej a výmena asteroidov je možná. Asteroid (514107) 2015 BZ₅₀₉ emigroval od svojej materskej hviezdnej škôlky a usadil sa pri Slnku v podobnom prostredí. Obrázok nasnímal Hubblev vesmírny dalekohľad 4. decembra 2003.

obežného dráhu, ale predpokladá sa, že v dávnej minulosti k tomu prispela interakcia so Saturnom. Podobne sa môže v dalekej budúcnosti nakoniec dostať dostatočne blízko k Saturnu, aby bol vyhnaný zo svojho súčasného ko-orbitálneho vzťahu s Jupiterom.

Možný medzhviezdny pôvod

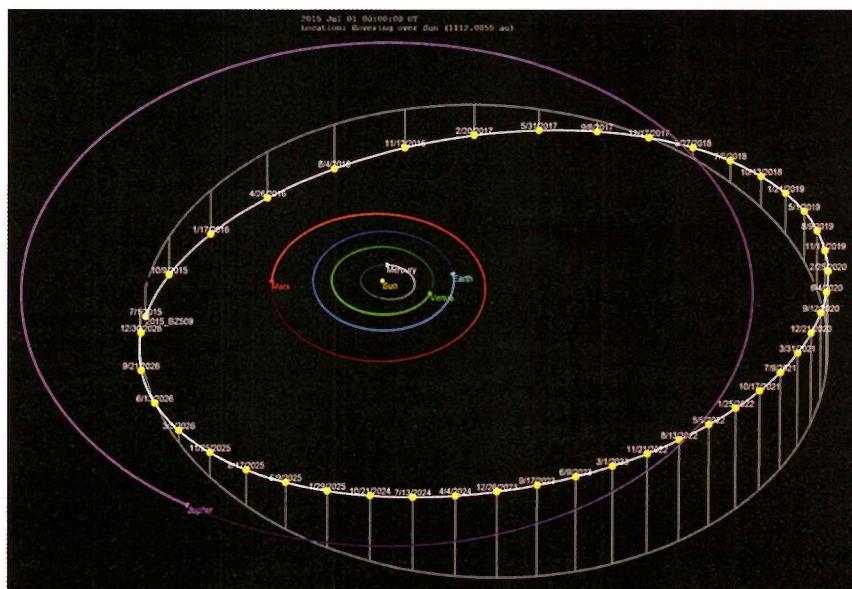
Zaujímavý je pohyb asteroidu okolo Slnka. Kým prevažná väčšina asteroidov obieha okolo Slnka v rovnakom smere ako naša Zem a ostatné planéty, 2015 BZ₅₀₉ obieha retrográdne. Autori štúdie vykonali simulácie

na sledovanie pohybu 2015 BZ₅₀₉ až do raného obdobia vzniku Slnečnej sústavy, pred 4,5 miliardami rokov, keď sa skončilo formovanie planét. Keby 2015 BZ₅₀₉ vznikol v našej sústave, mal by mať rovnaký pôvodný smer ako všetky ostatné planéty a asteroidy, vytvorené z oblaku plynu a prachu. Ukázalo sa však, že 2015 BZ₅₀₉ bol na retrográdnej dráhe už v tom období a preto pochádza z inej sústavy.

Asteroidy z iných hviezdnych sústav sa vyskytujú preto, že Slnko sa pôvodne vytvorilo v hustej hviezdokope, kde každá hvieza mohla mať svoj vlastný systém planét a asteroidov. Blízkosť hviezd v hviezdokope a gravitačné vplyvy planét umožňujú únik a zachytávanie asteroidov. Objav prvého trvalého „pristáhovalca“ v Slnečnej sústave má dôsledky pre pochopenie jej vývoja a možno aj pôvodu života. Porozumenie, kedy a ako sa 2015 BZ₅₀₉ usadil v Slnečnej sústave, poskytuje informácie o pôvodnej hviezdnej škôlke Slnka a o potenciálnom obohatení nášho raného prostredia zložkami potrebnými pre vznik života na Zemi.

Existujú aj alternatívne teórie. Tvrdia, že 2015 BZ₅₀₉ vznikol v Oortovom oblaku, prípadne že získal retrográdnu obežnú dráhu vďaka interakciám s dosiaľ neznáomou deviatou planetou, a že vo svojej súčasnej rezonancii je iba krátkodobo.

Royal Astronomical Society



Pohyb asteroidu pod a nad dráhou Jupitera.

Svetelné signály pred zrážkou čiernych dier

Z najnovšej simulácie správania sa dvoch superhmotných čiernych dier v jadrach galaxií vyplýva, že tesne pred vyvrcholením gravitačného splynutia sa zrážka prejaví charakteristickými svetelnými signálmi. Simulácia prebehla v laboratóriach Rochester Institute of Technology (RIT) v americkom Rochesteri.

Vedci z RIT sa pokúsili simulať bližiace sa splynutie dvoch superhmotných čiernych dier. Využili pritom dva informačné kanály súčasnej vedy: elektromagnetické a gravitačné vlnové spektrá. Dennis Bowen, vedúci tímu: „Vytvorili sme situáciu, pri ktorej akrečný disk obiehajúci okolo dvojitej čiernej diery kŕmi individuálne disky (minidisky) špirálujúce do oboch zložiek.“

Superhmotné čierne diery, na rozdiel od ich menších sestier, nabaľujú prach a plyn z okolia. Toto „krmivo“ dopravuje k horizontu udalostí špirálujúci disk. Silné gravitačné pole oboch čiernych dier zohriegava a rozbija tok plynu z disku do čiernej diery, čo sa prejavuje periodickým kolísaním intenzity žiarenia v rozsahu od viditeľného až po röntgenové žiarenie.

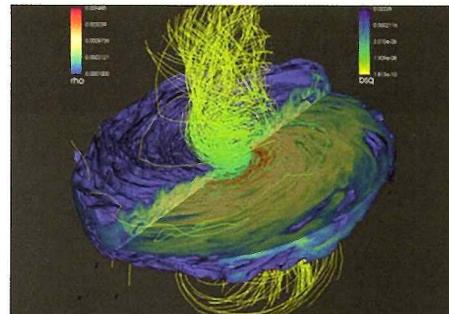
Vedci vo vesmíre takú tesnú dvojitú čierну dieru zatiaľ nepozorovali. Preto sa pokúsili nasimulať, ako by takýto gravitačný kanibalizmus (merger) vyzeral v ďalekohľade.

Predpokladali, že premenlivé svetelné signály sú viditeľným prejavom napĺňania a vyprázdnovania minidiskov.

Simulácia modeluje dve superhmotné čierne diery, každú s vlastným plyným diskom. Okolo oboch čiernych dier špiráluje oveľa väčší disk, ktorý striedavo „kŕmi“ jeden či druhý minidisk. Preto sú disky striedavo plné, či prázadne.

Superhmotné čierne dvojdiery emitujú gravitačné vlny na nižších frekvenciach ako stelárne čierne diery. Pred dvomi rokmi zaznamenal detektor LIGO po prvýkrát kolíziu dvoch stelárnych čiernych dier pomocou prístroja určeného na detekciu vyšších frekvencií. Signály gravitačných vln generovaných splynutím superhmotných čiernych dier boli detektované LIGO či VIRGO nezaznamenali.

V roku 2030 začne okolo Zeme obiehať LISA (Laser Interferometer Space Antena). Tento detektor dokáže zaznamenať aj gravitačné vlny kolidujúcich superhmotných čiernych dier. Od roku 2020 by už mal v Čile (Cerro Pachon) operovať pozemský detektor LSST (Large Synoptic Survey Telescope), ktorý vytvorí najširšiu a najhlbšiu prehliadku emisií vesmírneho žiarenia. Podoby signálov, ktoré predpovedajú vedci z RIT, môžu vedomu uľahčiť vyhľadávanie superhmotných dvojitych čiernych dier.



Indukčné čiary magnetického poľa generované párom superhmotných čiernych dier tesne pred splynutím vo vnútri mohutného disku špirálujúceho plynu. Periodické svetelné signály v plynnom disku môžu raz vedom pomôcť pri určovaní polohy superhmotnej, čiernej dvojdiery. (Obrázok podľa simulácie v RIT.)

Bowen: „V ére viacdrojovej astrofyziky dokážeme pomocou simulácií predpovedať elektromagnetické signály sprevádzajúce gravitačné vlny. Je to prvý krok ku konečnému cieľu. K simuláciám, schopným predvídať elektromagnetické signály z dvojitych čiernych dier tesne pred gravitačným splynutím. Bowenov tím kombinuje vlastné simulácie z počítačov Black Hole Lab so simuláciami superpočítača Blue Waters v Národnom centre pre superpočítačové aplikácie (University of Illinois).“

Pozn. red.: Viacdrojová (multi-messenger) astrofyzika predpokladá využívanie časticovej a elektromagnetickej astrofyziky ako aj astrofyziky gravitačných vln.

RIT Press Release, E. G.

Železo vo hviezdach núti planéty krúžiť bližšie

Chemické zloženie hviezdy môže nečakane ovplyvňovať charakteristiky jej planetárneho systému. Tento poznatok vyplynul z prehliadky SDSS zameranej na hviezdy monitorované satelitom Kepler.

Vedci z University of Virginia (USA) získali nezvyčajne presné údaje o podiele železa v skúmaných hviezdach. Zistili tak, že hviezdy s vysokým podielom železa majú planéty, ktoré okolo nich obiehajú po blízkych obežných dráhach. Často s obežnými dobami 8 a menej dní. Naopak okolo materských hviezd s nízkym podielom železa obiehajú planéty na vzdialenejších obežných dráhach. Objav významne napomôže pochopiť mimoriadnu pestrosť extrasolárnych planetárnych sústav v Mliečnej ceste. Pochopiť, prečo je tá – ktorá exoplanéta tam, kde práve je.

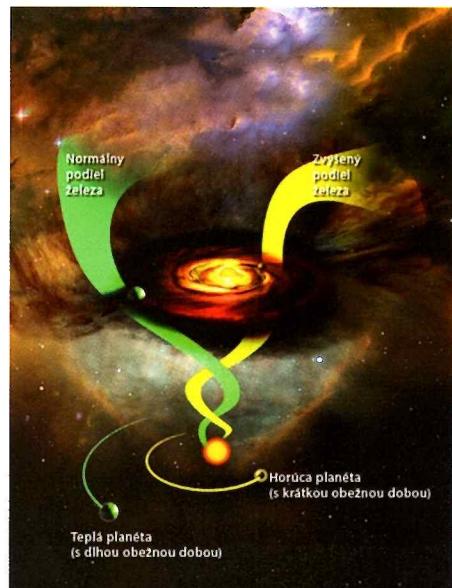
Vďaka satelitu NASA Kepler dnes skúmame vyše 3000 hviezd so známymi periódami. Kepler však nedokáže detegovať chemické zloženie hviezd, okolo ktorých exoplanéty obiehajú. Tieto údaje upresňuje prehliadka SDSS v rámci experimentu APOGEE (Apache

Point Observatory Galactic Evolution Experiment), ktorý má v hľadáčiku stásisíce hviezd v Mliečnej ceste. APOGEE zhromažďuje spektrá hviezd, a zo spektier môžu vedci určiť tok žiarenia na rozličných vlnových dĺžkach, pochádzajúci z tej-ktoréj hviezdy.

Každý chemický prvk má vlastné charakteristické spektrálne čiary. Zo spektier preto vieme zistiť nielen to, aké prvky sa vo hvizde vyskytujú, ale predovšetkým v akom sú množstve. So zvláštnym zreteľom na klúčový prvek – železo.

Vo hviezdach podobajúcich sa na Slnko má prevahu vodík, no podaktoré hviezdy majú viac železa ako iné. A množstvo železa vo hvizde je významným klúčom k formovaniu a vývoju hviezd. Kombinovaním údajov zo satelitu Kepler (obežné dráhy planét) a z APOGEE (chemické zloženie) pochopili vedci vzťah medzi hviezdami bohatými na železo a ich planetárnymi sústavami.

Johanna Teske z Carnegie Institution for Science: „Prítomnosť tých-ktorých prvkov v protohviezde ovplyvňuje jej evolúciu i vývoj jej planét.“



Ilustrácia znázorňuje, ako môže podiel železa v hvizde ovplyvňovať jej planéty. Normálne hviezdy obvykle hostia planéty s dĺžkami obežnými dobami a hviezdy bohaté na železo skôr planéty s kratšími obežnými dobami.

Na projekt nadviazali vedci z University of Arizona pod vedením Gij Muldersa, a tiež tím čínskych astronómov. Tí ponúkli svoj väčší, ale menej presný súbor údajov z pro-

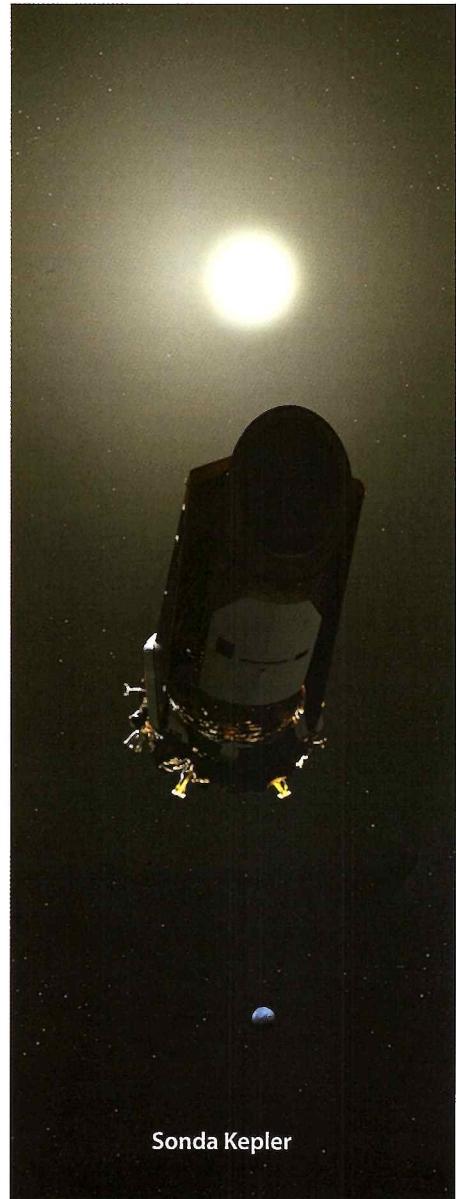
jektu LAMOST (Large-Area Multi-Object fiber Spectroscopic Telescope), čo je čínska prehliadka oblohy. Potvrdili, že okolo hviezd bohatých na železo obiehajú planéty po mimoriadne blízkych obežných dráhach.

Vedcov prekvapilo, že hviezdy bohaté na železo majú iba o 25 % vyšší podiel železa ako ostatné hviezdy zo súboru. Dokazuje to, že aj malé rozdiely v zložení hviezd majú na planetárne systémy veľký vplyv.

Napriek tomuto i ďalším objavom zaháľuje formovanie extrasolárnych planét (najmä Zemi podobných, ale aj superzemí) veľa záhad. Sformovali sa planéty obiehajúce okolo hviezd bohatých na železo tam, kde sa pohybujú? Alebo vznikli vo väčších vzdialenosťach a postupne sa priblížili k materskej hviezde? Už onedlho vedci obe možnosti overia.

Vďaka APOGEE dokážu vedci okrem železa určiť aj podiely mnohých ďalších prvkov v skúmaných hviezdach. Aký vplyv majú ich najrozličnejšie kombinácie na formovanie hviezd a ich planét? Onedlho sa dozvieme...

University of Virginia Press Release, E. G.



Sonda Kepler

Interferometer umožnil zatiaľ najdetailnejší pohľad na hviezdneho obra

Doteraz najdetailnejšie snímky povrchu obrej hviezy sú zároveň podrobnejším pohľadom na Slnko, keď sa dostane do poslednej fázy svojho života.

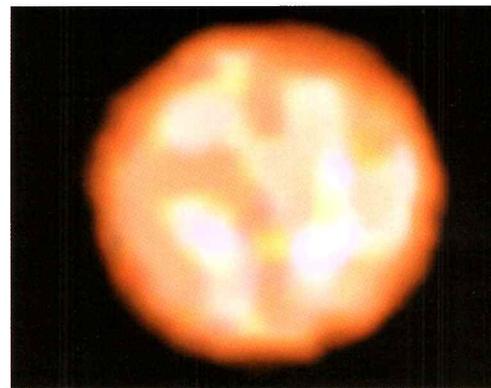
Hviezda π^1 Gruis je jednou z hviezd v súhvezdí Žeriava (Grus) na južnej oblohe. Táto hviezda, vzdialenosť 530 svetelných rokov a 350-krát väčšia ako Slnko, sa nachádza na konci poslednej fázy svojho života; Slnko by sa do tejto fázy malo dostať o 5 miliárd rokov. Aj preto astronómovia takéto hviezdy skúmajú.

V astrofyzických procesoch (prenos energie, pulzovanie a hviezdne vetry) zohráva dôležitú úlohu konvekcia, teda prenos tepla pohybom molekúl v plynoch a v kvapalinách. Slnko má zhruba 2 milióny konvektívnych buniek s priemerom okolo 2000 kilometrov. Hviezdne obry a superobry by mali mať o niečo väčšie konvektívne bunky ako Slnko, lebo podľa astrofyzikov to vyplýva z nízkej hodnoty gravitácie na povrchu. Skúmať vlastnosti konvekcie (napríklad rozmer granúl) na najvyvinutejších a superobrúch hviezdach však nie je ľahké, pretože ich povrch býva neustále zaclonený prachom.

Na povrchu hviezy π^1 Gruis vedci rozlíšili zložité konvektívne útvary a granuly s rozmermi $1,2 \times 10^{11}$ metra (27 % priemeru hviezy). Dospiať sa ešte nepodarilo obrú hviezu dobrať tak dopodrobna. V tomto prípade pomohol interferometer PIONIER. Svetlo štyroch ďalekohľadov v Čile vedci spracovali metodou apertúrnej syntézy tak, že výsledná rozlišovacia schopnosť sa mnohonásobne zvýšila. Táto interferometrická metóda sa v optickej oblasti začala používať iba nedávno a v budúcnosti slúži veľký prínos.

Takéto snímky pomáhajú vedcom odhadnúť veľkosť a počet granúl na povrchu a porovná-

vať ich s predchádzajúcimi modelmi. Ukázalo sa, že modely a realita sa veľmi podobajú. Aj preto sú stelárni presvedčení, že tajomstvo obrích hviezd rozlústria už onedlho.



Obria hvieza π^1 Gruis má takmer sféricky symetrickú, bezprášnú atmosféru, vďaka čomu môžu vedci jej povrchu študovať pohyby hmoty, známe ako konvekčné bunky či granuly.

Na detailných snímkach obrích hviezd sa dajú rozlišiť aj rozličné farby na ich povrchu. Vierime, že hvieza nemôže mať na celom povrchu rovnakú teplotu, pričom povrch hviezy je jediným klúčom k pochopeniu procesov, odohrávajúcich sa hlboko v jej vnútre. Teplejšie, tekutejšie oblasti majú jasnejšie farby (najmä bielu), chladnejšie, hustejšie oblasti sú tmavšie (rozličné odtiene červenej).

V blízkej budúcnosti budú môcť vedci študovať povrch obrích hviezd nielen pomocou fotografií, ale aj priebežne, ako na nekonečnom filme.

Georgia State University Press Release, E. G.

Vírusy sú všade, prečo nie vo vesmíre?

Vírusy sú najpočetnejšie biologické entity, súčasne však na Zemi patria medzi najzáhadnejšie a najmenej preskúmané. Vedcov už dlho vzrušuje otázka, či by mohli existovať aj vo vesmírnych diaľavách, výskumov na túto tému je však napriek tomu ako šafranu. Upozorňuje na to článok biológika Kena Stedmana (Portland State University, USA) zverejnený v časopise Astrobiology.

Pod titulkom *Astrovirology: Viruses at Large in the Universe* nabáda autor americkú NASA, ako aj ďalšie vesmírne agentúry, aby sa 1) zamerali na hľadanie vírusov v kvapalných zložkách, získaných na mesiacoch Jupitera a Saturnu, 2) aby vyvíjali technológie schopné objavovať vírusy v starých usadeninách na Zemi a na Marse, 3) aby zistili, či pozemské vírusy dokážu prežiť aj vo vesmíre.

Stedman: „Od objavu prvých vírusov ubehlo už viac ako sto rokov. Je najvyšší čas začať mapovať ich existenciu aj mimo Zeme.“ Už aj preto, že podľa vedcov je na Zemi priajmenšom 10 až 100-krát viac vírusov ako iných bunečných organizmov. To isté by malo platíť aj na iných telesách Slnečnej sústavy. Vírusy sú extrémne staré a je takmer isté, že sa významne podielali na veľkých evolučných premenách, ktoré sa na Zemi odohrali.

Článok by mal umožniť integráciu výskumu vírusov do astrobiológie. Nájdeme v ňom aj výpočet doteraz nevyriešených problémov astrovirológie, najmä okolo detektie ich biologických stôp na Zemi aj v kozmickom priestore.

Portland State University; Astrobiology, E. G.

Zemské jadro sa sformovalo inak, než si vedci doteraz mysleli

Pevné vnútorné jadro Zeme vzniklo približne pred miliardou rokou. V ostatných rokoch sice začíname viac rozumieť tomu, ako a prečo sa tak stalo, no presné vysvetlenie stále nepoznáme.

Podľa teórie, ktorá platila až donedávna, bol vznik vnútorného jadra relativne rýchly: plastická guľa roztaveného kovu v strede planéty začala zrazu rýchle chladnúť a kryštalizovať. Vďaka tomu sa pevné jadro postupne zväčšovalo, až dosiahlo priemer 1220 kilometrov, ktorý si udržalo podnes. Vo svetle najnovších údajov však táto teória dostáva vážne trhliny. Vedci, ktorí sa zhodli na štandardnom modeli formovania zemského jadra, podľa všetkého zanedbali nevyhnutnú podmienku kryštalizácie kovov v jadre: výrazný pokles teploty. V podmienkach takého vysokého tlaku, aký panuje v strede Zeme, je takýto pokles teploty prakticky vylúčený. Ba čo viac: planetológovia si dodnes nie sú načistom, či vnútorné jadro Zeme naozaj existuje!

Paradox v strede našej Zeme zaujal aj vedcov z Case Western Reserve University v Ohiu. Vedúci tímu Steven Hauck priznáva: „Niečo nám uniklo... Až teraz sme si uvedomili, že kovy nemôžu kryštalizovať bez náhleho a dramatického poklesu teploty, ak neuvažujeme vplyv nejakého javu, výrazne znižujúceho energetickú bariéru, ktorú je potrebné pri zmene skupenstva prekonáť.“

So zmenou skupenstva súvisí nukleácia: kritický bod, pri ktorom zlúčenina viditeľne zmení svoju termodynamickú fázu. Nukleácia je veľmi citlivá na nečistoty v systéme meniacom skupenstvo. Napríklad čistá voda v kvapalnom skupenstve sa mení na ľad pri 0 °Celzia veľmi pomaly, alebo vôbec. Keď domá máte chladničku, tak ste si možno všimli, že

voda aj pod bodom mrazu potrebuje na úplnú kryštalizáciu niekoľko hodín. Ak by ste tento proces chceli urýchliť, bud by ste vodu museli vystaviť podstatne nižším teplotám (supercooling), alebo ju naliať do nádoby s kockami ľadu. V oboch prípadoch by sa energetická bariéra pri zmene skupenstva znížila. Využila príroda podobné triky aj v gigantickom jadre Zeme? Pri tlaku v jadre Zeme by teplota roztaveného kovu musela klesnúť minimálne o 1000 kelvinov, skôr však ešte viac. Iba tak by sa mohla spustiť spontánna kryštalizácia. Takéto prudké ochladenie v jadre Zeme si však vedci nedokázali predstaviť. Podľa doterajších modelov i výpočtov sa teplota jadra Zeme znižuje o cca 100 kelvinov za miliardu rok.

Podľa tohto modelu by teda pevné zemské jadro vlastne nemalo existovať, pretože nikto si nedokáže predstaviť, ako by mohlo dôjsť k takému extrémneemu ochladeniu. Pokles energetickej bariéry pri tuhnutí roztaveného vnútorného jadra musel nastať inak. Lenže ako?

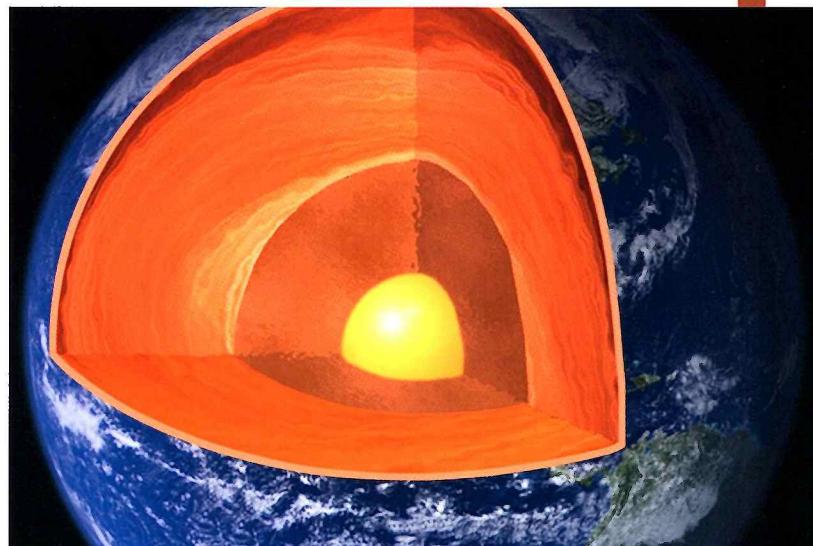
Napríklad takto: obrovská nugeta pevnej kovovej zlátiny zletela z plášta do kvapalného jadra. Tak ako kocka ľadu vložená

do mrznúcej vody, aj tento kus kovu mohol znižiť nukleačnú energetickú bariéru zemského jadra a spustiť tak rýchlu kryštalizáciu. Ozrutaný objem kovu s takým účinkom si však vedci nevedia predstaviť.

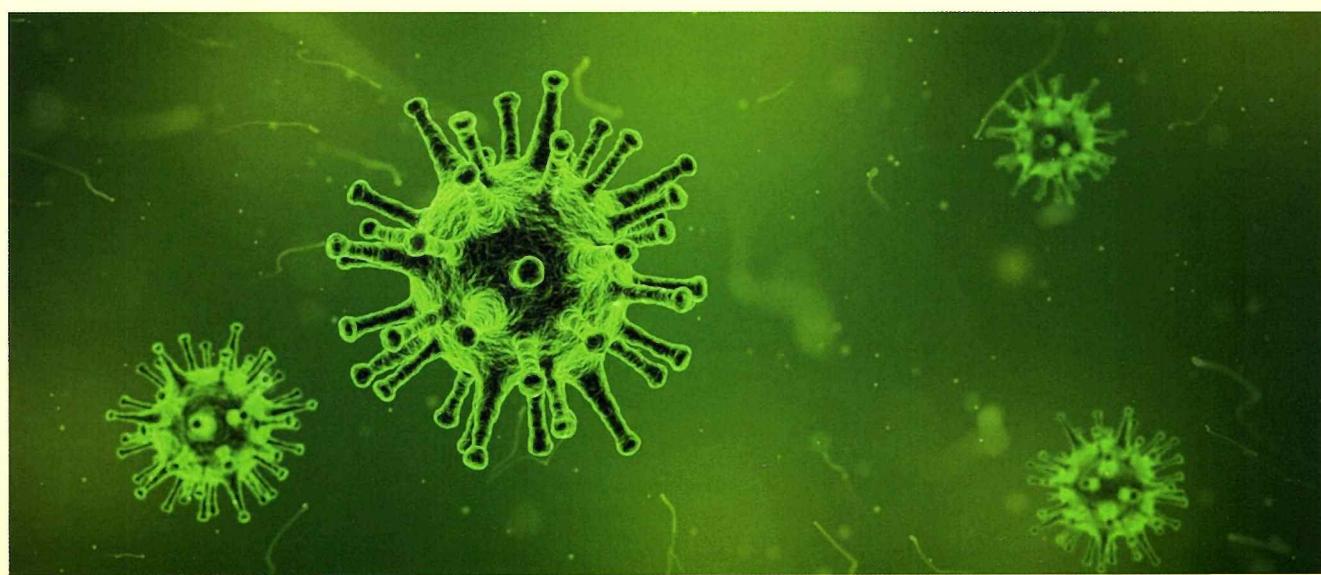
Jim van Orman, člen tímu, uviedol, že „kus“ kovu, ktorý by dokázala klesnúť až do stredu Zeme bez toho, aby sa roztopila, by musela mať polomer najmenej 10 kilometrov, čiže táto nugeta by musela mať minimálne rozmer Manhattanu.

Podľa vedcov z Ohia ani táto teória nie je dokonalá, určite však vysvetluje paradoxy okolo vzniku pevného jadra Zeme presvedčivejšie ako tá predchádzajúca. Vyzývajú kolegov k diskusii: „Ak máme pravdu, udalosť, ktorá spustila tuhnutie zemského jadra, by mali potvrdiť seizmické štúdie. Skúmať jadro Zeme pomocou seismických vln je však neobyčajne zložitá úloha. Na údaje si ešte nejaký čas počkáme.“

Case Western Reserve University Press Release, E. G.



Podľa donedávna platnej teórie formovania pevného jadra Zeme by toto jadro vlastne ani nemohlo existovať. Vedci hľadajú iné vysvetlenie.



Záhadné, všadeprítomné a napriek tomu nepolapiteľné. Také sú vírusy na Zemi. Vedci sa pýtajú, či sa takisto prejavujú aj vo vesmíre.

Realita... Vieme, čo to je?

Podľa fyzikov je svet vytvorený z častíc a silových polí. Ani im však nie je úplne jasné, čo sú tie častice a polia vlastne zač. Čo ak svet namiesto toho pozostáva zo zhľukov vlastností, ako sú farba alebo tvar?

Fyzici bežne popisujú vesmír ako niečo, čo je tvorené nepatrými subatomárnymi časticami, ktoré sa navzájom ovplyvňujú prostredníctvom silových polí. Tento model sveta v štýle Lega časticoví fyzici úspešne overujú na urýchlovačoch. Kvantová interpretácia „častíc“, ako aj „polí“ však rozširuje ich tradičné chápanie natoľko, že stále viac vedcov si myslí, že nás svet je možno vytvorený z niečoho úplne iného.

Štandardný model

Problém nie je v tom, že by fyzikom chýba-

la správna teória elementárnych častíc. Tú už dávno majú. Kvantová teória poľa vznikla medzi koncom 20. rokov a začiatkom 50. rokov 20. storočia spojením kvantovej mechaniky a Einsteinovej špeciálnej teórie relativity. Táto teória poskytuje konceptuálnu oporu pre štandardný model častíc, ktorý popisuje základné stavebné jednotky hmoty a ich vzájomné interakcie prostredníctvom jednotného rámca.

Z hľadiska empirickej presnosti je to jedna z najúspešnejších teórií v historii vedy. Fyzici ju používajú dенно-denне na výpočet násled-

kov zrážok častíc, syntézy hmoty počas big bangu, či extrémnych podmienok vo vnútri atómových jadier a v mnohých ďalších situáciách.

Čo však táto teória hovorí o realite a jej podstate? Môže byť trochu prekvapením, že fyzici si tým nie sú úplne istí. Tento zmätok pochádza z najdiskutovanejších záhad kvantovej mechaniky, napr. ako môže byť mačka zavretá v krabici sčasti živá a sčasti mŕtva. Nejasná interpretácia kvantovej teórie poľa je potom živou pôdou pre štúdium fyziky za rámcom štandardného modelu, napr. teórie strún. Je

však trochu nebezpečné formulovať novú teóriu, keď ani tej súčasnej ešte stále poriadne nerozumieme.

Na prvý pohľad sa podstata štandardného modelu môže zdať jasná. Pozostáva zo skupiny elementárnych častic ako sú kvarky a elektróny a štyroch typov silových polí, ktoré sprostredkúvajú interakcie medzi týmito časticami. Obrázok s týmto obsahom nájdete aj na stenách školských učební. Akokolvek sa môže zdať presvedčivý, úplne uspokojivý však nie je.

Na začiatok si povedzme, že obidve kategórie sa prelínajú. Kvantová teória poľa priraduje ku každému typu elementárnych častic pole, takže napr. elektrónové pole existuje s takou istotou, ako existuje samotný elektrón. Zároveň však silové polia nie sú spojité, ale kvantované, čo vedie ku vzniku častic ako napríklad fotón.

Fotón je teda častica, ktorá sprostredkúva elektromagnetickú interakciu. Z tohto hľadiska je rozlišovanie častic a polí umelé a fyzici často diskutujú o tom, čo je fundamentalnejšie a o čom vlastne kvantová teória poľa je: o časticach alebo o poliach? Trochu to pripomína súboj titánov s prominentnými fyzikmi a filozofmi na každej strane. Aj dnes sa obidve koncepcie stále používajú z ilustračných dôvodov, aj keď fyzici priznávajú, že tieto „klasické“ koncepcie nezodpovedajú tomu, čo teória skutočne popisuje. Ak obrazy vyvolané v našej predstavivosti slovami „častica“ či „pole“ nezodpovedajú tomu, čo hovorí teória, fyzici a filozofi musia prísť na to, čím tieto obrazy nahradit.

Ak sú tieto dve štandardné, klasické koncepcie nepoužiteľné, niektorí filozofi formulujú radikálnejšie alternatívy. Navrhujú, že základnými stavebnými prvkami materiálneho sveta sú nehmotné entity ako vzťahy a vlastnosti. A niektorí idú ešte ďalej: prichádzajú s myšlienou, že všetko možno redukovať na nehmotnosť samotnú, bez akéhokoľvek vzťahu na jednotlivé entity. Rozhodne ide o neintuitívnu a revolučnú myšlienku, je však možné, že fyzika nás práve k takejto predstave viedie.

Problémy s časticami

Ked väčšina ľudí, vrátane odborníkov, rozmýšla o subatomárnych časticach, predstaví si ich ako malé biliardové gulôčky odrážajúce sa jedna od druhej. Táto predstava je po zostatkom svetonázoru, ktorý sa datuje až k starovekým gréckym atomistom, a ktorí dosiahli vrchol v teóriach Isaaca Newtona. Z viacerých vzájomne prekrývajúcich sa hľadísk je však jasné, že základné jednotky kvantovej teórie poľa sa určite nesprávajú ako biliardové gulôčky.

Po prvej, klasická koncepcia častic vedie k niečomu, čo existuje na určitem mieste. Ale „častic“ kvantovej teórie poľa nemajú dobre definovanú polohu: častica vo vašom tele nie je presne vo vašom tele. Pozorovateľ, ktorý sa pokúsi určiť jej polohu, ju môže objaviť s malou, no nenulovou pravdepodobnosťou aj na najvzdialenejšom mieste vesmíru. Ten to rozpor bol evidentný už v prvých formuláciach kvantovej mechaniky, no zhoršil sa,

keď ju teoretici spojili s teóriou relativity. Relativistické kvantové časticie sú extrémne rozmazené a ani náhodou neexistujú v nijakej konkrétnnej oblasti vesmíru.

Po druhé, nech sa povedzme častica nachádza vo vašej kuchyni. Váš priateľ, ktorý sa pozera na váš dom z auta prechádzajúceho okolo, však môže túto časticu detegovať rozmazenú cez celý vesmír. Čo je lokalizované pre vás, nemusí byť lokalizované pre niekoho iného. Nielenže poloha častice závisí od vášho uhla pohľadu, tiež závisí od toho, či má istú polohu. V tom prípade nedáva príliš veľký zmysel predpokladať, že lokalizované časticie sú základnými entitami.

Po tretie, aj keď sa prestanete snažiť určiť polohu častic a jednoducho ich len spočítate, dostanete sa do problémov. Chcete povedzme vedieť, kolko častic máte v dome. Budete prechádzať izbami a počítať: tri sú v jedálni, päť je pod posteľou v spálni, osem v skrinke v kuchyni atď. Spočítate ich a so zdesením zistíte, že ich súčet nie je celkovým počtom častic. Toto číslo je v kvantovej teórii poľa vlastnosť domu ako celku. Ak by ste ho chceli určiť, museli by ste vykonať niečo nemožné: spočítať ich všetky v celom dome naraz a nie izbu po izbe.

Paradoxy vákua

Extrémnym prípadom nelokalizovateľnosti je vakuum, ktoré má v kvantovej teórii poľa skutočne paradoxné vlastnosti. Detailný pohľad na ktorúkoľvek časť inak úplne prázdnego priestoru odhalí oceán virtuálnych častic. Inými slovami, váš dom môže byť celkovo prázdný, aj keď sa v ňom všade nachádzajú časticie.

Ďalšíu zarážajúcu vlastnosť vákua v kvantovej teórii poľa popisuje Unruhov efekt. Astronauti v pokoji sa môžu zdať, že je vo vakuu, no astronaut v zráčlujúcej sa kozmickej lodi sa bude cítiť ponorený do termálneho kúpeľa nespočetného množstva častic. Tento rozpor medzi rôznymi pozorovateľmi sa objavuje tiež na horizonte udalostí čiernej diery a viedie k paradoxným predpovediam ohľadne osudu hmoty do nej padajúcej.

Ak vakuum vyplnené časticami znie absurdne, je to preto, že klasické chápanie častic je zavádzajúce. To, čo popisuje teória, musí byť naozaj niečo iné. Ak počet častic závisí od pozorovateľa, potom považovať časticie za základne entity reality je nekoherentné. Môžeme akceptovať, že mnoho vlastností závisí od pozorovateľa. No určite nie to, kolko základných stavebných jednotiek sa v priestore nachádza.

Diktát primitívnej špecifickosti

A nakoniec, z kvantovej teórie poľa vyplýva, že časticie môžu stratiť individualitu. Pri záhadnom jave kvantovej previazanosti časticie môžu byť asimilované do väčších systémov vzdaním sa vlastnosti, pomocou ktorých ich dokážeme rozlíšiť. Domneľné časticie zdielajú nielen vrodené vlastnosti, ako je hmotnosť alebo náboj, ale aj priestorové a dočasné vlastnosti, ako je napr. rozsah polôh, kde ich môžeme nájsť. Keď sú časticie previazané, pozorovateľ ich nemá ako odlišiť jednu od dru-

hej. Môžeme v takomto prípade ešte hovoriť o dvoch samostatných objektoch? Teoretici môžu jednoducho deklarovať, že naše takzvané časticie sú dve odlišné individuality.

Filozofi nazývajú tento diktát „primitívna špecifickosť“. Z definície je však táto špecifickosť nepozorovateľná. Väčšina fyzikov i filozofov je však k takému ad hoc prístupu veľmi skeptická. Radšej jednoducho pripúšťajú, že už neexistujú dve samostatné časticie. Previazaný systém sa správa ako nedeliteľný celok a predstava časti – a toho „časticie“ – stráca význam.

Tieto teoretické problémy idú tvárou v tvár s experimentom. Čo vlastne detegujú „časticové detektory“, ak nie časticie? Odpovedeť je, že nedetegujeme časticie, len usuďujeme na ich prítomnosť. Všetky záznamy detektora sú len veľkým množstvom oddelených excitácií materiálu, z ktorého je senzor vyrobený. Ak by sme sa pokúšali pospájať jednotlivé detekcie a odvodzovať z toho existenciu častic s trajektóriou, dostali by sme sa do väznych problémov.

Ak to zhrnieme, moderná fyzika ukazuje, že to, čo sa nazýva časticie, nie sú v žiadnom prípade malé biliardové gulôčky. Podľa kvantovej teórie poľa objekty nemožno lokalizovať v nejakej konečnej oblasti priestoru, bez ohľadu na to, aké sú veľké alebo „rozmazené“. Navyše, množstvo údajných častic závisí na pohybovom stave pozorovateľa.

Všetky tieto výsledky dohromady znejú ako umieračik predstavy, že príroda pozostáva z niečoho ako gulôčkové časticie. Na základe týchto ako aj iných prístupov možno kontštatovať, že „časticová fyzika“ má nesprávne pomenovanie. Napriek tomu, že fyzici stále hovoria o časticach, nič také neexistuje. Možno by sme mohli používať termín „kvantové časticie“, ale čo oprávňuje použiť slovo „časticie“, ak z pôvodnej myšlienky nezostalo takmer nič?

Asi je lepšie opustiť túto koncepciu raz a navždy. Podľa niektorých fyzikov tieto problémy s časticami naznačujú, že kvantová teória poľa je iba o poliach. Časticie sú potom iba scérením polí, ktoré vypĺňajú priestor ako neviditeľná substancia. Túto teóriu však nemožno ľahko interpretovať ani pomocou polí.

Problémy s poľami

Názov „kvantová teória poľa“ prirodzene naznačuje, že teória sa zaobrá kvantovými verziami klasických polí, ako je elektrické alebo magnetické pole. Ale čo znamená „kvantová verzia“? Pojem pole vyslová predstavu magnetického poľa, ktoré usporiada kovové piliny okolo tyčového magnetu alebo elektrického poľa, ktoré nám stavia vlasy dupkom. Kvantové polia sa však natoľko lišia od klasických, že aj teoretickí fyzici pripúšťajú, že si ich len ľahko dokážu predstaviť.

Klasické polia priradujú fyzikálne veličiny ako teplotu alebo intenzitu elektrického poľa všetkým bodom časopriestoru. Kvantové polia však určujú abstraktne matematické entity, ktoré reprezentujú skôr typ merania, ktoré v danom mieste možno vykonať, ako jeho výsledok. Niektoré matematické konštrukcie sice reprezentujú fyzikálne parametre, no

tieto zase nemožno priradiť ku konkrétnemu miestu časopriestoru a sú iba rozmazenými oblastami.

Fyzici pôvodne odvodili kvantovú teóriu poľa „kvantovaním“ jej klasickej verzie. Teoretiči postupovali tak, že v rovniciach nahradili fyzikálne veličiny „operátormi“, ktoré sú matematickými operáciami ako derivovanie či prevedenie druhej odmocniny. Niektoré operátory korešpondujú s určitými fyzikálnymi procesmi ako emisia alebo absorpcia svetla. Tieto operátory však vytvárajú vrstvu abstrakcie medzi teóriou a realitou.

Klasické polia sú ako mapa počasia, ktorá zobrazuje teplotu v rôznych mestách. Ich kvantové verzie však namiesto „30 °C“ zobrazujú „√“. Aby bolo možné získať hodnotu teploty, treba aplikovať operátor na matematickú entitu známu ako stavový vektor reprezentujúci konfiguráciu systému. Z istého uhla pohľadu táto zvláštnosť kvantových polí neprekvaňuje. Vedľ kvantová mechanika, na ktorej kvantová teória pola stojí, tiež namiesto určenia konkrétnych hodnôt dáva iba pravdepodobnosť. Situácia v kvantovej teórii pola je však ešte zvláštnejšia, pretože zdánlivu fundamentálne entity, kvantové polia, nešpecifikujú žiadne pravdepodobnosti, a preto sa musia kombinovať so stavovým vektorm.

Problémy s interpretáciou

Potreba aplikovať kvantové pole na stavový vektor spôsobuje, že teória sa veľmi ľahko interpretuje, teda prevádzka na niečo fyzikálne, čo si možno predstaviť a ďalej s tým pracovať. Stavový vektor je holistický, popisuje systém ako celok a nešpecifikuje žiadne konkrétné umiestnenie. Jeho úloha oslabuje definovanie vlastností pola tým, že ich rozmažáva v časopriestore. Klasické polia nám umožňujú nahliadnuť na javy ako napr. šírenie sa svetla v prostredí. Kvantové polia takýto obraz neponúkajú, a tým nepomáhajú ani v hľadaní odpovede na otázku, ako svet funguje.

Zdá sa teda, že štandardný obraz elementárnych častic a sprostredkujúcich silových polí nie je uspokojivým ontologickým fyzikálnym základom sveta (pozn. podľa gréckych výrazov „ón“ (súč) a „logos“ (veda), *ontológia* je oblasť filozofie zaoberajúca sa základnými princípmi bytia). Nie je ani jasné, čo sú vlastne časticie a polia zač. Bežnou reakciou by malo byť, že sú vzájomne doplnkovými aspektmi reality, ale takýto popis nepomáha, pretože ani jedna z týchto koncepcii nefunguje. A to ani v tých prípadoch, kedy by sme jednu alebo druhú mali detegovať jednotlivo. Naštastie pohľad prostredníctvom častic a polí nevylučuje iné fyzikálne interpretácie kvantovej teórie pola.

Štruktúry na scéne

Čoraz viac vedcov si myslí, že realita nie je založená na entitách, ale na vzťahoch medzi nimi. Takýto prístup búra tradičný atomistickej pohľad na materiálny svet omnoho viac, ako to dokážu aj tie najdrsnnejšie modifikácie časticových a polových ontológií. Tento prístup, známy ako štrukturálny realizmus, vyhľadáva zo svojej, pomerne miernej epistemologickej verzie (pozn. grécky výraz „episteme“

môžeme preložiť ako vedenie, poznanie). Môžeme ju zhŕnuť nasledujúcim spôsobom: nie je možné spoznať reálnu povahu entít, ale iba vzťahov medzi nimi.

Uvažujme hmotnosť. Videli ste niekedy hmotnosť samotnú? Nie. Mohli ste iba sledovať, ako entita s istou hmotnosťou ovplyvňuje svoje okolie, teda aký vzťah má jedno hmotné telo s iným prostredníctvom svojho lokálneho gravitačného pola. Štruktúra sveta odrážajúca vzťahy medzi entitami je jednou z najtrvalejších častí fyzikálnych teórií. Nové teórie možno úplne zmenia našu koncepciu základných jednotiek vesmíru, ale majú tendenciu zachovávať štruktúry. A práve to môže priniesť vedcom vytúžený pokrok v našom chapaní reality.

Vyvstáva však otázka: prečo sme schopní spoznať iba vzťahy medzi entitami, a nie entity samotné? Jednoduchá odpoveď by mohla znieť, že vzťahy sú všetko, čo reálne existuje. Tento postup vedie k ešte radikálnejším predpovediam, označovaným ako *ontický štrukturálny realizmus* (pozn. slovo „ontický“ označuje všetko, čo sa vzťahuje k súčnam, bytiu, na rozdiel od slova „ontologický“, ktorý vyjadruje vzťah k bytiu). Nespočetné množstvo symetrií modernej fyziky takéto predstavy podporujú. V kvantovej mechanike, ako aj v Einsteinovej teórii gravitácie niektoré zmeny v konfigurácii sveta (známe ako symetrické transformácie) nemajú žiadne empirické dôsledky. Tieto transformácie vymienajú jednotlivé entity, ktoré tvoria realitu, no zachovávajú ich vzťahy rovnaké.

Ako analógiu uvažujme odraz vašej tváre v zrkadle, ktorý sice „vymeni“ pravé oko za ľavé a ľavé ucho za pravé, no relatívne proporce tváre zostanú aj v zrkadlovom obraze zachované. A práve tieto proporce sú tým, čo definujú tvár a nie nejaké etikety „ľavé“, „pravé“, ktoré aj tak závisia od uhla pohľadu. Entity ako „časticie“ a „polia“ sú tiež takýmito symetriami, len viac abstraktnými. Myšlienka je však tá istá.

Sieť vzťahov namiesto entít?

Na základe princípu Occamovej britvy fyzici a filozofi preferujú hypotézy, ktoré dokážu vysvetliť pozorované javy s menším počtom predpokladov. V tomto prípade je možné skonštruovať platnú teóriu na základe predpokladu, že existujú iba isté vzťahy. Existencia jednotlivých entít už potrebná nie je. Zástanovia ontického štrukturálneho realizmu tým naznačujú, že sa môžeme rozlúčiť s entitami a predpokladať, že realita je tvorená iba štruktúrami alebo akousi sieťou vzťahov.

Aj v každodennom živote sa stretávame so situáciemi, v ktorých viac záleží na vzťahoch ako na veciach samotných. V systéme mestskej dopravy je dôležité vedieť, že stanica A je priamo spojená so stanicou B a zo stanicou C potrebujete minimálne jeden prestup, aby ste sa dostali do stanice A. A to aj napriek tomu, že v skutočnosti je vzdialenosť staníc A a C menšia ako staníc A a B. Rozhodujúcou informáciou je štruktúra spojení. To, že je stanica B krásne zrekonštruovaná je asi mälo dôležité pre niekoho, kto chce používať mestskú dopravu.

Inými príkladmi toho, že štruktúra má pred-

nosť pred jej materiálnou realizáciou, je www (world wide web), neurónová mozgová sieť či genóm. Vo všetkých prípadoch tieto štruktúry zostávajú funkčné, aj keď niektorý individuálny počítač, bunka, atóm či človek už neexistujú. Tieto príklady sú sice len voľnými analógiami, no majú veľmi blízko k prístupu technickej argumentácie aplikovanej na kvantovú teóriu pola.

Podobný spôsob uvažovania ukazuje, že kvantové previazanie je príkladom toho, ako práve štruktúry tvoria základ reality. Previazanosť kvantových častíc je holistický efekt. Všetky vnútorné vlastnosti dvoch častíc (napr. elektrický náboj) spolu so všetkými vonkajšími vlastnosťami (napr. poloha) už neurčujú stav dvojčasticového systému. Celok je viac ako suma jeho časti. Atomistický obraz sveta, v ktorom všetko určuje vlastnosti elementárnych stavebných jednotiek a ich vzťahy (interakcie) v časopriestore, sa rozpadá.

Asi je ľahko pochopiteľné, že môžu existovať vzťahy bez objektov, medzi ktorými tie-to vzťahy pôsobia. Je to ako manželstvo bez manželov. Mnoho fyzikov a filozofov pokladá túto myšlienku za bizarnú, uvažujúc, že je nemožné dostať hmotné objekty iba na základe ich vzťahov. Niektorí prívrženci ontického štrukturálneho realizmu narastajúci konflikt zmierňujú vyhlásením, že oni neodmiatajú existenciu objektov. Len tvrdia, že vzťahy sú fundamentálnejšie. Inými slovami, vlastnosti objektov nie sú ich vlastné, vrodené, ale pochádzajú zo vzťahov s inými entitami. Takýto prístup je však chabý. Každý predsa vie, že medzi objektmi sú vzťahy. Jediným novým a zaujímavým postojom by bolo, že celá realita je vynára zo vzťahov.

Ak to zhrieme, štrukturálny realizmus je provokatívna myšlienka. Bude však potrebovať ešte ďalší rozvoj než zistíme, či nás môže zachrániť z našich interpretáčnych problémov.

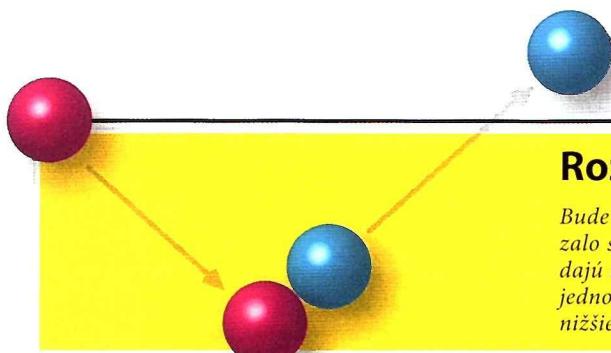
Zhluky vlastností

Základ alternatívneho vysvetlenia kvantovej teórie pola je jednoduchý. Hoci sú interpretácie častíc a polí tradične radikálne odlišné, spája ich niečo spoločné. Obidve interpretácie predpokladajú, že fundamentálne prvky materiálneho sveta sú trvalé individuálne entity, ktorým možno priradiť isté vlastnosti. Tieto entity sú časticie alebo v prípade kvantovej teórie pola body časopriestoru. Mnoho prírodných filozofov si myslí, že takéto delenie na objekty a na vlastnosti je príčinou, že oba prístupy, teda časticový i polový, vedú k interpretáčnym problémom, pretože bolo lepšie nazerávať na vlastnosti ako na jedinú fundamentálnu kategóriu.

Tradične ľudia predpokladajú, že vlastnosti sú „univerzálné“, teda patria do abstraktnej, všeobecnej kategórie. Vlastnosti vždy prislúchajú istým entitám, nemôžu existovať samostatne. (Pre úplnosť dodajme, že Platón si predstavoval, že môžu existovať nezávisle, ale iba v nejakej vyššej sfére, nie vo svete, ktorý existuje v čase a priestore.) Trebárs pri slove „červený“ si určite predstavíte nejaký konkrétny červený objekt a nie nejakú volne sa vznášajúcu entitu nazývanú „červeň“.

Tento spôsob uvažovania však možno aj oto-

Paradoxy častíc



Rozhodne nie malé biliardové guľôčky

Bude vám odpustené, ak si myslíte, že časticová fyzika je o časticach. Ukázalo sa, že „častice“ popísané kvantovou teóriou poľa rozhodne nezodpovedajú našej predstave o samostatných, v priestore lokalizovaných stavebných jednotkách hmoty. Chýbajú im napríklad štyri základné vlastnosti popísané nižšie.

Častice sú lokalizované

Častica je, podľa definície, entita s presne definovanou polohou v priestore, ktorá sa mení, iba ak sa pohybuje. Podľa bežného chápania kvantovej teórie, nič nemôže mať niečo také ako trajektória. Hoci prístroje ako bublinkové komory odhalia stopy, je zavádzajúce z toho odvodzovať, že sa objekt pohybuje priestorom ako guľôčka. Stopy sú v skutočnosti len sériou udalostí.

Ak častice chýbajú, nič sa nemôže stať

Ak častice vytvárajú hmotu, potom vakuum predstavuje stav s nulovým počtom častic a nulovou aktivitou. Kvantová teória však predpovedá, že Geigerov počítač alebo podobný prístroj umiestnený vo vakuu bude registrovať prítomnosť hmoty. Preto hmota nemôže pozostávať z takých entít aké si vybavíme pod pojmom „častica“.

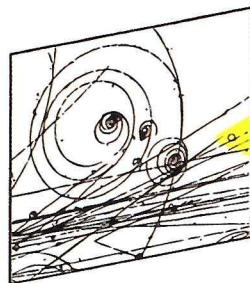
Častice, ktoré existujú alebo aj nie

Ak fyzici chcú zistiť, či je niečo reálne prevedú jednoduchý test: všetci pozorovatelia sa musia zhodnúť na jeho existencií. „Častice“, ktoré fyzici detegujú v prírode však nespĺňajú tento test. Ak je pozorovateľ v pokoji, sleduje chladné vakuum. No zrýchľujúci pozorovateľ uvidí teplý plyn častic, naznačujúci, že častice sú len ilúziou.

Častice majú určité vlastnosti

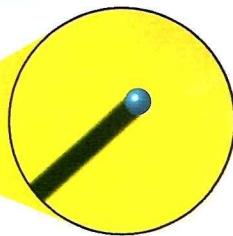
Častice by mali mať isté vlastnosti ako energia, hybnosť atď. Ale kvantová fyzika umožňuje objektom byť previazanými, teda prejavujúcimi sa ako celok bez zrejmého hmotného prepojenia medzi nimi. V tomto prípade, domnéle častice už nemajú jednoznačne určené vlastnosti. Má ich iba systém ako celok.

Čo sledujeme/vypočítame



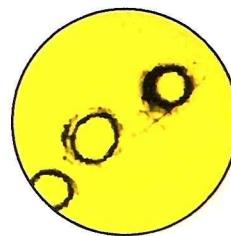
Stopy v bublinkovej komore.

Čo možno odvodiť

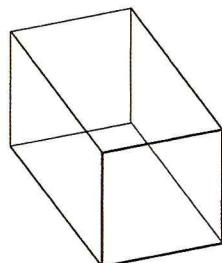


Častice preletajú komorou a zanechávajú stopu.

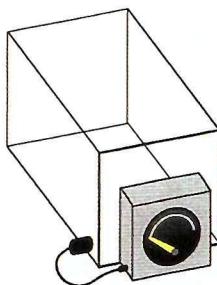
Prečo je to zle



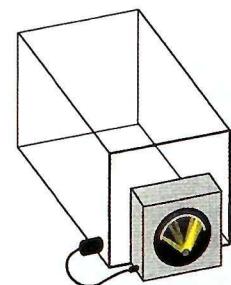
V skutočnosti však len vidíme postupnosť bublinkiek a je chybou spájať ich dohromady.



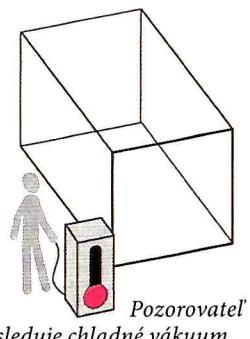
Pole vo svojom vakuovom stave.



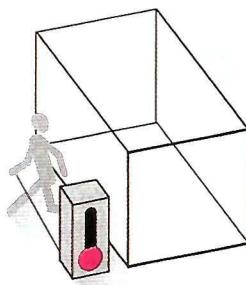
Meracia sonda, napr. Geigerov počítač, nič nedeteguje.



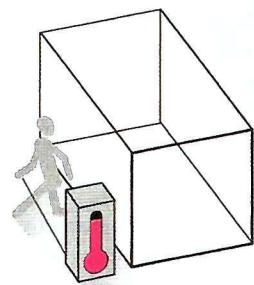
Geigerov počítač cvaká.



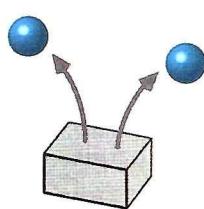
Pozorovateľ sleduje chladné vakuum.



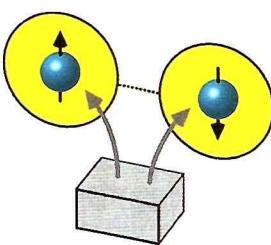
Iný pozorovateľ tiež sleduje chladné vakuum.



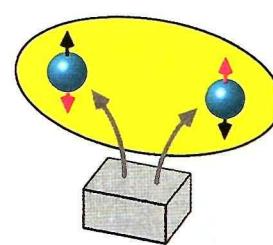
Zrýchľujúci pozorovateľ sleduje teplý plyn častíc.



Vytvorenie previazaných častíc.



Každá častica má jednoznačne určený spin.



Iba systém ako celok má jednoznačne určený spin.

čít. Môžete pokiaľať vlastnosti za reálne existujúce a nezávislé na objektoch, ku ktorým prislúchajú. Vlastnosti potom budú to, čo filozofi nazývajú „podrobnosti“ – konkrétnie individuálne entity. To, čo bežne nazývame vec, takto môže byť len zhlukom vlastností: farba, tvar, konzistencia atď.

Pretože táto koncepcia vlastností ako podrobnosti sa radikálne líši od tradičného pohľadu vlastností ako univerzalít, filozofi ich označujú ako „trópy“. Trochu to znie smiešne a na nešťastie tento termín má aj iný význam, je však už obecne zavedený a používaný. Odvozovanie entít ako zhlukov vlastností nie je bežným spôsobom vytváranie koncepcie reality, ale stane sa menej mysteriózny, ak sa pokúsime zabudnúť, ako tradične premýšľame o svete, a vrátme sa späť do prvých rokov nášho života. Ako deti, keď sme prvý raz uvideli loptu, presne povedané sme ju ako loptu nevnímali. Vnímali sme ju ako objekt obľeho tvaru s istým odtieňom červenej farby, ktorý je elastický na dotyk. Až neskôr sme si tento zhluk vnemov asociovali so súdržným objektom určitého druhu, ktorý nazývame lopta. Neskôr, keď uvidíme loptu, okamžite vieme, že je to „lopta“ neuvedomujúc si aký rozsiahly koncepcný aparát je zahrnutý v tomto zdanlivom okamžite v neme.

V rámci ontológie trópor sa vraciame k detskému priamemu vnímaniu. Veci nie sú ničím iným ako zhlukmi vlastností. Na začiatku nie je lopta, ku ktorej priradíme vlastnosti. Napäť, vnímame vlastnosti a až neskôr k nim priradíme loptu. Aplikovaním tejto myšlienky na kvantovú teóriu pola je potom to, čo nazývame elektrón, v skutočnosti zhlukom vlastností (trópor): troch základných, fixných (hmotnosť, náboj, spin) a mnohých iných menej podstatných, meniacich sa vlastností (poloha a rýchlosť).

Koncepcia trópor dáva kvantovej teórii pola zmysel. Napríklad, teória predpovedá obzvlášť šokujúce vlastnosti vakuua: napriek tomu, že stredná hodnota počtu častic je nulová, vakuum doslova vrie aktivitou. Nespočetné množstvo stále prebiehajúcich procesov vedie ku vzniku a následnej destrukcii všetkých možných druhov elementárnych častic. V ontológií častic je táto aktivita v ostrom protiklade s prázdnotou vakuua. Ak sú časticie fundamentálne, ako a z čoho nastáva ich materializácia? V ontológií trópor je táto situácia prirodzená. Vakuum, priestor bez častic, obsahuje vlastnosti. Častica je to, čo vznikne, ak sa tieto vlastnosti zhluknú istým spôsobom.

Fyzika a metafyzika

Ako môže byť toľko fundamentálnych rozporov v interpretácii teórie, ktorá je empiricky tak úspešná? Odpoveď je jednoduchá. Hoci nám kvantová teória pola hovorí, čo môžeme zmerať, hovorí to v hádankách, ak sa to týka povahy akýchkolvek entít, ktoré vyvolajú naše pozorovania. Teória vysvetluje naše pozorovania v termínoch kvarkov, miónov, fotónov a rozličných kvantových polí, ale nepovie nám, čím fotóny alebo kvantové polia v skutočnosti sú. A vlastne to ani nie je potrebné, pretože teória fyzikov môžu byť empiricky platné aj bez takýchto metafyzických

otázok. Pre mnohých fyzikov to stačí. Prijali tzv. inštrumentálny postoj: popierajú, že vedecké teórie majú v prvom rade reprezentovať realitu. Pre nich sú teórie len nástrojmi na vytváranie experimentálnych predpovedí. Na druhej strane, väčšina vedcov má hlboké tušenie, že ich teórie popisujú prinajmenšom aspoň isté aspekty reality ešte predtým, ako urobíme experimenty. Koniec koncov, prečo iné by sme robili vedy, ak nie preto, aby sme pochopili svet, v ktorom žijeme?

Zdá sa, že získanie komplexného obrazu fyzikálneho sveta možno vyžaduje kombináciu fyziky a filozofie. Tieto dve disciplíny sa navzájom dopĺňajú. Metafyzika poskytuje rôzne konkurenčné rámce pre ontológiu materiálneho sveta, hoci za hranicami otázok vnútornej konzistencia nemôže vybrať medzi nimi tú správnu. Fyzike zas chýba ucelený prístup k fundamentálnym problémom ako definícia objektov, úloha individuality, stav vlastností, vzťah entít a vlastností, ako aj význam priestoru a času.

Zjednotenie týchto dvoch disciplín je obzvlášť dôležité v časoch, keď fyzici prehodnocujú úplné základy svojho oboru. Metafyzické myšlenie viedlo Issaca Newtona i Alberta Einsteina, a viedie tiež mnohých, ktorí sa po kúšajú zjednotiť kvantovú teóriu pola s Einsteinovou teóriou gravitácie. Filozofi naplnili knižnice knihami a článkami o kvantovej mechanike i teórii gravitácie, aj keď sme ešte len na začiatku prieskumu reality stelesnenej v kvantovej teórii pola. Alternatívy ku tradičným časticovým a polovým prístupom, ktoré sme vytvorili, snaď inšpirujú fyzikov na ich ceste k veľkému zjednoteniu.

Priprial Rudolf Gális, UPJŠ v Košiciach, podľa článku Meinarda Kuhlmann v Scientific American (zborník Physics at the Limits). (Pozn red.: Meinard Kuhlmann je profesorom filozofie na Mainz University v Nemecku, študoval fyziku i filozofiu a pôsobil na univerzitách v Oxfordre, Chicagu a Pittsburghu.)

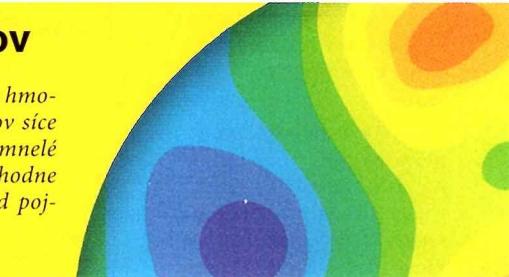
Zlyhanie polí

Žiadne pole snov

Fyzici nazývajú poprednú teóriu hmoty „kvantová teória pola“. Názov sice pripomína teóriu pola, no domneľne polia popísané touto teóriou rozhodne nie sú tým, čo fyzici chápú pod pojmom „pole“.

Klasické pole

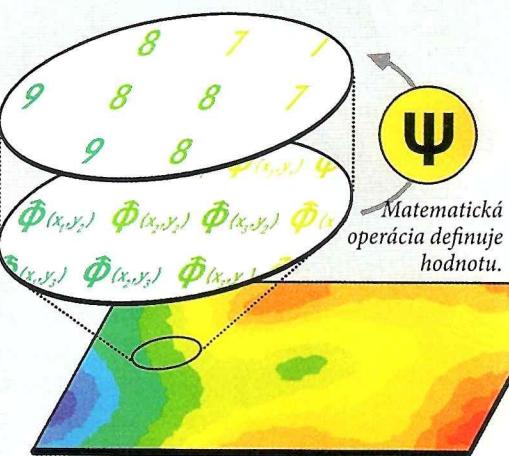
Podľa klasickej definície je pole tekutinu pripomájúca substanciu, ktorá prestupuje celý priestor. Každý jeho bod má merateľný stav. Napr. v elektrickom poli je amplitúda pola väčšia v okolí vodičov, elektricky nabitych objektov atď. Ak umiestníte časticu niekde v priestore, amplitúda bude určovať veľkosť sily pôsobiacej na časticu. Pole určí ako rýchlo sa bude pohybuť častice zrýchľovať, a ktorým smerom (nie je zobrazené).



Každý bod priestoru má konkrétnu hodnotu.

Kvantové pole

Polia popísané kvantovou teóriou nesplňajú klasickú definíciu. Bod v priestore nie je špecifikovaný fyzikálnou veličinou, ale iba istým spektrom možných hodnôt. Hodnota, ktorá je nakoniec vybraná závisí na samostatnej matematickej konštrukcii známej ako stavový vektor. Ten však nie je priradený k istému konkrétnemu miestu, ale rozprestiera sa nad celým priestorom.



Matematická operácia definuje hodnotu.

Sú vysokoenergetickí poslovia z kozmu produktom čiernej diery?

Aký je pôvod ultraenergetického kozmického žiarenia, vysokoenergetických neutrín a fotónov gama žiarenia? Podľa nového modelu by zdrojom týchto vysokoenergetických poslov z kozmu mohli byť gigantické výtrysky zo superhmotných čiernych dier. Iba tie im môžu udeliť rýchlosť blízke rýchlosťi svetla.

Autormi modelu sú vedci z Pennsylvania State University a University of Maryland. Po zverejnení modelu v časopise *Nature Physics* sa rozprávala živá diskusia. Kolegovia ocenili, že sa vedcom podarilo vysvetliť prirodzený pôvod troch „kozmických poslov“ i okolnosť, že ide o prvý astrofyzikálny model podložený podrobnejšími simuláciami.

Model objasňuje, prečo tieto tri typy kozmických poslov prispievajú do energetickej bilancie vesmíru rovnako a to aj napriek tomu, že energie jednotlivých častic, zaznamenaných pomocou pozemských i vesmírnych detektorov, sa líšia až o desať rádov! Namerané intenzity spomínaných troch typov častic sú porovnatelné, takže medzi týmito extrémne energetickými časticami existujú podistým nejaké fyzikálne vzťahy.

Zdá sa, že neutrína i fotóny žiarenia gama sú prirodzenými produktmi zrážok častic. Ide vlastne o dcérské častice kozmického žiarenia, ktoré mohli „zdelenie“ množstvo energie, porovnatelné s ich rodičovskými časticami. Porovnatelné, bezmála rovnaké energie troch „kozmických poslov“ by teda nemali byť iba náhodné.

Kozmické žiarenie s ultravysokou energiou tvoria najenergetickejšie častice vo vesmíre. Každá z nich nesie energiu, ktorú by nevyprodukoval ani Veľký hadrónový urýchľovač (LHC), najsilnejší urýchľovač na svete, skrytý 50 m pod zemou na švajčiarsko-francúzskych hraniciach nedaleko Ženevy.

Neutrína sú záhadné častice, ktoré s normálnou hmotou takmer neinteragujú. Ich príbuzných, neutrína s veľmi vysokou energiou (vyše bilión elektrónvoltov; 10^{12} eV = $1,602 \times 10^{-7}$ J) zaznamenalo neutrínové observatórium IceCube v Antarktíde.

Najvyššiu energiu z celého elektromagnetickej spektra nesú fotóny gama žiarenia. Môže byť aj miliardu krát vyššia ako energia fotónov viditeľného svetla. Takéto fotóny gama zaznamenal Fermiho vesmírny gama dalekohľad, ako aj ďalšie pozemské observatóriá.

V predloženom modeli je kozmické žiarenie urýchľované silnými výtryskmi z aktívnych jadier galaxií. Častice prenikajú rádiovými lalokmi, ktoré sa neraz objavujú na konci výtryskov. Kohta Murase, astrofyzik z Pennsylvania State University: „Najprv vypočítame šírenie a interakcie kozmického žiarenia vo vnútri skupín a kôp galaxií za prítomnosti okolitého magnetického pola; potom v intergalaktických magnetických poliach medzi

zdrojom týchto častic a Zemou; a napokon zahrnieme príspevky energie zo všetkých zdrojov vo vesmíre.“

Američania ukázali, že zdrojom kozmického žiarenia s ultravysokou energiou sú aktívne jadrá galaxií, teda vysokožiarivé oblasti obklopujúce ich centrálné supermasívne čierne diery. Simulácie dávali rovnaké spektrum a zloženie ultraenergetického kozmického žiarenia aké pozorujeme.

Podarilo sa im vysvetliť aj niekoľko doteraz záhadných úkazov, ktoré pozemské ďalekohľady objavili.

Ke Fang, člen tímu: „Spektrum vysokoenergetických neutrín nad 100 biliónov eV možno vysvetliť zrážkami častic kozmického žiarenia s plynom v skupinách a kopach galaxií. A tiež súvisiace emisie gama žiarenia pochádzajúce z kôp galaxií a medzagalaktického priestoru zodpovedajú doteraz nevysvetlenej časti difúzneho pozadia gama žiarenia s vysokou energiou, ktorá nie je spojená s konkrétnym typom aktívnych galaktických jadier.“

Tento model otvára cestu k vytvoreniu veľkého zjednoteného modelu, ktorý objasňuje, ako sú traja kozmickí poslovia navzájom prepoje-

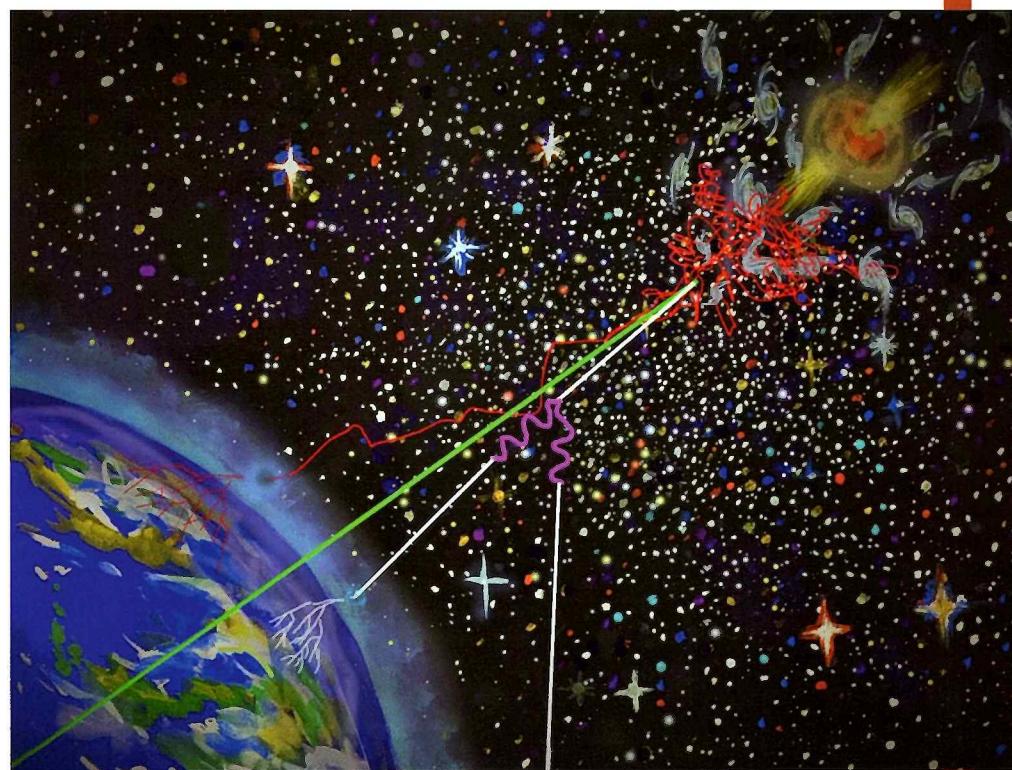
ní rovnakou triedou astrofyzikálnych zdrojov, ako aj spoločných mechanizmov tvorby vysokoenergetických neutrín a fotónov žiarenia gama.

Murase: „Pravdaže, existujú aj iné možnosti a na vysvetlenie čakajú aj ďalšie záhady. Napríklad neutrína s energiou v rozsahu desiatok biliónov eV zaznamenané observatóriom IceCube v Antarktíde.“

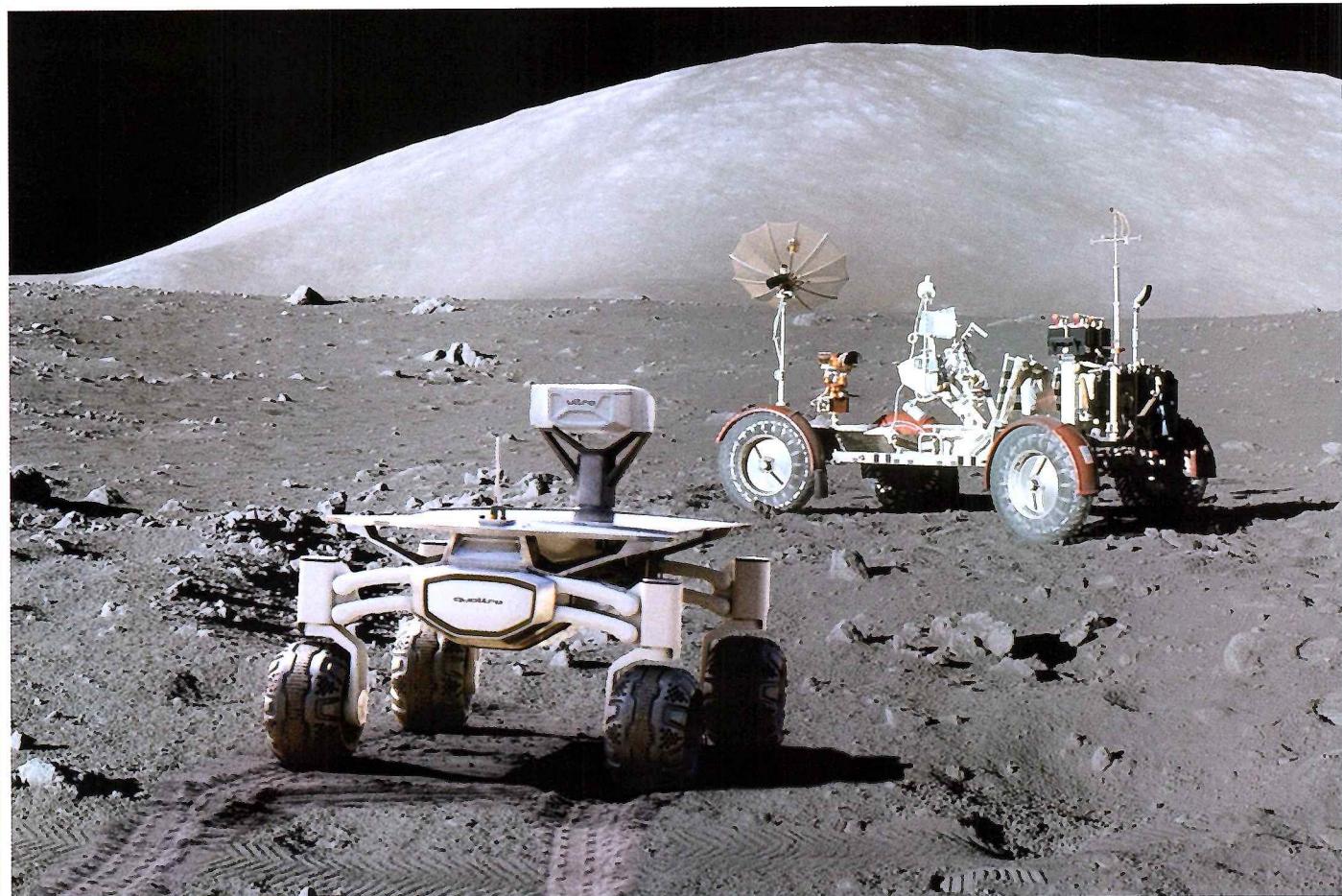
Nový model podniesiel záujem o štúdium skupín a kôp galaxií. Inšpiroval tak konkurenčiu, ktorá pracuje na iných zjednotených modeloch častic kozmického žiarenia s vysokou energiou. Všetky otestujú až neutrínové detektory novej generácie: IceCube 2 a KM-3Net, či najnovší gama ďalekohľad Cherenkov Telescope Array.

Murase: „Zlatý vek viaczdrojovej astrofyziky sa otvoril iba nedávno. Okruh informácií, ktoré vyhodnocujeme, sa však neobyčajne rozšíril. Rozličné typy ‘kozmických poslov’ nám umožnia rozšíriť vedomosti o kozmických časticach s vysokou energiou a súčasne hlbšie pochopiť nás vesmír.“

Astronomy and Astrophysics, E. G.



Snímka ilustruje emisie z gigantického zdroja kozmického žiarenia, ktoré je urýchľované mohutnými výtryskmi zo superhmotnej čiernej diery a detegované prostredníctvom troch typov kozmických poslov. Ultraenergetické časticu kozmického žiarenia unikajúce z aktívneho galaktického jadra sú polapené v zmagnetizovanom prostredí, ktoré takto slúži ako rezervoár týchto častic. Vysokoenergetické neutrína a fotóny gama žiarenia vznikajú počas ich uväznenia v tomto zmagnetizovanom prostredí, ako aj počas ich šírenia sa medzagalaktickým priestorom. Všetky tri typy kozmických poslov môžu nakoniec dosiahnuť Zem a poskytnúť nám ich jednotný obraz.



Vízia stretnutia dvoch generácií roverov na Mesiaci: v pozadí historický americký z Apolla 11 a Alina Quattro.

Mesiac dostane návštevu

Nielen jednu... Tieto misie sa však nepripravujú za peniaze daňových poplatníkov a pod dozorom štátov (okrem Číny). Sondy a roboty pre druhú veľkú inváziu na Mesiac pripravujú najmä súkromné firmy. Aj európske.

Štyri chodidlá Aliny vyzerajú ako veľké polievkové taniere, upevnené na konci tenkých skladacích čiernych nôh. Nohy vyrobili z uhlíkových vláken, ktoré dokážu tlmit kroky kráčajúceho robota. Alina, vysoká ako človek, pripomína zväčšený anatomický model neznámeho hmyzu: vysúvateľné hmyzie chodúle, okrúhle nádrže na palivo, prívesné sklady užitočného nákladu. Spod „brucha“ Aliny, zlatičiernej platne zo špeciálnych vláken, vytvárajú malé dýzy. Tieto funkčné časti sondy nie sú zatiaľ obalené krytom. Pod solárnymi panelmi umiestnili konštruktéri dva kontajnery, ktoré vyzerajú ako vertikálne sklady na batožinu. Keď Alina pristane na Mesiaci a zvírený prach okolo nej usadne na povrch, otvoria sa oba kryty pod solárnymi panelmi. Vzápäť sa preklopia nadol a vytvoria tak rampy pre dva biele samohybne rovery, ukryté

v bruchu sondy. To všetko by sa malo odohrať v júli 2019, päťdesiat rokov po pristátí Apolla 11 na povrchu Mesiaca. (Deň po pristátí Apolla 11, teda 21. júla 1969, vyšiel bulvárny nemecký Bild-Zeitung s palcovým titulkom: Der Mond ist jetzt ein Ami – Mesiac je teraz Američan).

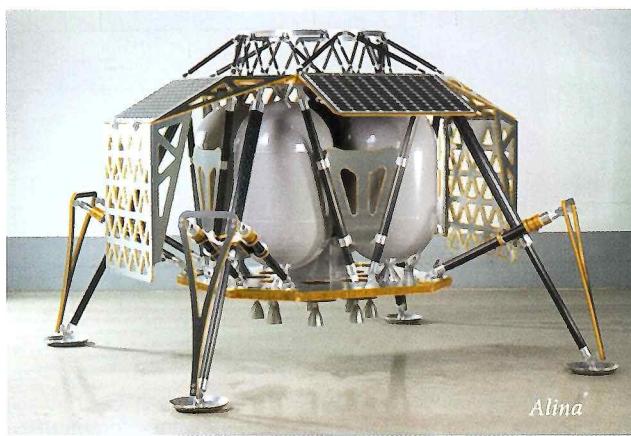
Alina ľudí na Mesiac neprepraví, mala by sa však stať prvou súkromou vesmírnou loďou, ktorá pristane na inom telese Slnečnej sústavy. Alina nie je produkтом prestížneho boja dvoch supermocností. Dokazuje však narastajúci záujem pozemštanov o Mesiac. O toto staré, mŕt-

ve, krátermi pokryté teleso sa však tentoraz zaujímajú nielen vedci a konštruktéri vesmírnych lodí, ale aj podnikatelia a firmy, ktoré si chcú urobiť reklamu. Najmä tie nemecké. Alina je totiž Berlínčanka. Stojí rozkročená uprostred veľkej haly vo východnej časti mesta zvanej Marzahn. Pri bazéne, až po okraj naplnenom hrubozrnným pieskom. V tomto piesku testujú kolesá oboch roverov.

Vedci na polovičný úvazok

Nemeckú misiu na Mesiac pripravuje už bezmála desať rokov skupina Part Time Scientists, ktorú založilo niekoľko talentovaných študentov. Zaujala ich možnosť získať cenu Google Lunar X-Prize vo výške 20 miliónov dolárov. Podmienkami je dopraviť na Mesiac vozidlo, ktoré prekoná 500 metrov a vyšle na Zem snímky s vysokým rozlíšením.

Ako sa ukázalo, dôležitejšou motiváciou než hlavná cena sa stali ciele jednotlivých etápi: niekoľko tímov z celého sveta obdržalo prémie vo výške niekoľkých stotisíc dolárov. Študentov z PTScientists ocenil Google za vývoj roveru Asimov (meno slávneho amerického spisovateľa sci-fi) a pristávacej sondy Alina.



Globálna súťaž mladých konštruktérov skončila po viacnásobnom predĺžení konečného termínu vo februári tohto roku. Bez vyhlásenia víťazov.

Mladí Nemci si však už pred troma rokmi nášli domáceho výrobcu, kvôli ktorému prekrstili rover na Audi Lunar Quattro. Na „kapote“ roveru sa vyníma svetoznáme logo sponzora: štyri previazané prstence.

O rok neskôr vyhralo Audi na reklamnom festivale v Cannes bronzového leva za „marketing Mesiaca“. V roku 2017 sa na palubu sponzorov lunárnej misie dostala aj firma Vodafone, ktorá vyvinula pre Alinu špeciálnu červenú farbu. Vlastný chlebík si Vodafone prihrial sloganom, ktorému nechýba kozmický pátočok: „Mission to the Moon – Network for All mankind.“ A režisér Ridley Scott si rover z Marzahnu požičal do ostatného dielu úspešnej kultovej súriedie Votrelec.

Kozmonautika, na ktorú sa nedopláca

Ukázalo sa, že lunárna misia sa môže stať výnosným kľúčom aj bez letu na Mesiac. Vedúci skupiny PTScientists Robert Böhme na takéto domádzanie nereaguje. Najradšej hovorí o Mesiaci, na ktorom by, neďaleko miesta, kde v roku 1972 pristála loď Apollo 17, mala pristáť aj Alina. (Veličlom tejto poslednej mesačnej misie Apollo bol americký astronaut Eugene Cernan, po otcovi Slovák z Kysúc a po matke Juhôček; spolu s geologom Smithom prešli na špeciálnom roveri po dne mesačného kráteru Littrow takmer 38 kilometrov).

Mladí Nemci si mimoriadne zakladajú aj na unikátnych kamerách v hlavách roverov, ktoré pomocou citlivých spektroskopov dokážu otestovať únavu pozemského materiálu v mesačných podmienkach. Böhme: „Zaujíma nás nielen stav roveru z Apolla 17, ale aj najrozličnejších materiálov, ktoré astronauti na povrchu Mesiaca zanechali: kusy umelej hmoty, kožené remene, kábliky, nylon, polyester. Všetky sa počas 84 hodín trvanie misie osvedčili, nuž ale ako vyzerajú takmer po 50 rokoch?“

Južne od letiska v Kolíne nad Rýnom pracujú v týchto chvíľach bagre. Medzi Európskym astronautickým centrom (EAC) a budovou Výskumného strediska pre kozmickú medicínu vyrastie stavba s bielou, pečiarku pripomí-

najúcou kupolou: mesačná základňa Luna.

Stavbu navrhol architekt Aidan Cowley. Povrch kupoly na farebnom vizuále pokrývajú mesačné krátery.

Pod kupolou sa budú na mesačné výsadky prípravovať budúci astronauti. Piesok na cvičisko dovezie 40 nákladných kamiónov. Piesok už na prvý pohľad pripomína regolit, ktorý pokrýva povrch Mesiaca.

Cowley: „Testovacia aréna bude mať priemer 35 metrov a hrúbku 0,5 až 3 metre. Tam, kde bude vrstva udupaného piesku

najhrubšia, budeme testovať vŕtanie.“ Zariadeniami na vŕtanie a získavanie vzoriek sú vybavené obe rovery.

V Lune sa budú pripravovať aj európski astronauti. Bývať budú v module Flexhub, ktorý pripomína kontajner na hmyzích chodúloch. Spojenie kupoly s vonkajším prostredím zabezpečuje pružný „rukáv“ – klízačka, ktorá umožní posádke rýchly únik.

Trénovať tu budú aj ľudia, ktorých ESA nezamestnáva. Nielen astronauti z iných krajín: aj vedci z vysokých škôl, z priemyslu, zo start-upov.

Dobiehanie straty: Spoločne, alebo každý sám?

Začiatkom 21. storočia, po období výrazného útlmu záujmu o Mesiac, sa počet lunárnych misií viditeľne zvyšuje. Rastie nielen počet sond – orbiterov. V roku 2013 pristála na Mesiaci prvá sonda od roku 1976. Ešte v tomto roku by mala na odvrátenej strane Mesiaca pristáť čínska sonda Chang'e-4. Na privrátenú stranu sa znesie indická sonda Chandrayan-2. Začiatkom budúceho desaťročia poletia k Mesiacu aj japonská Selene (pomenovaná po gréckej bohyne Mesiaca) a ruskoeurópska Luna-27 s vŕtacím zariadením na získavanie vzoriek povrchových hornín.

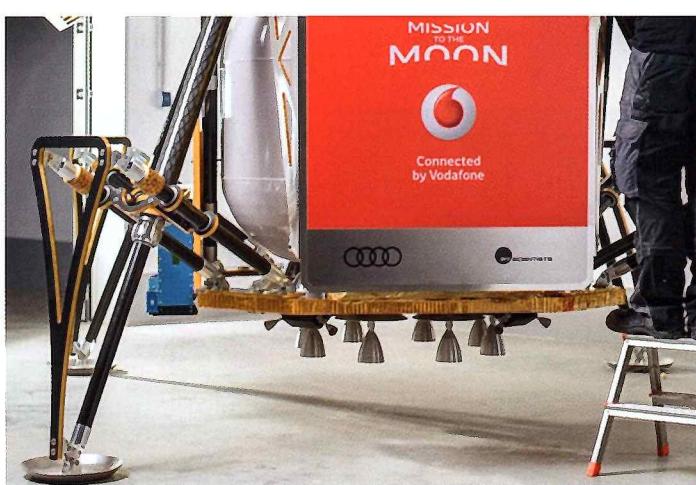
Vedci, a nielen planetológovia, chcú na Mesiaci dobehnuť stratené roky. Skupina exper-



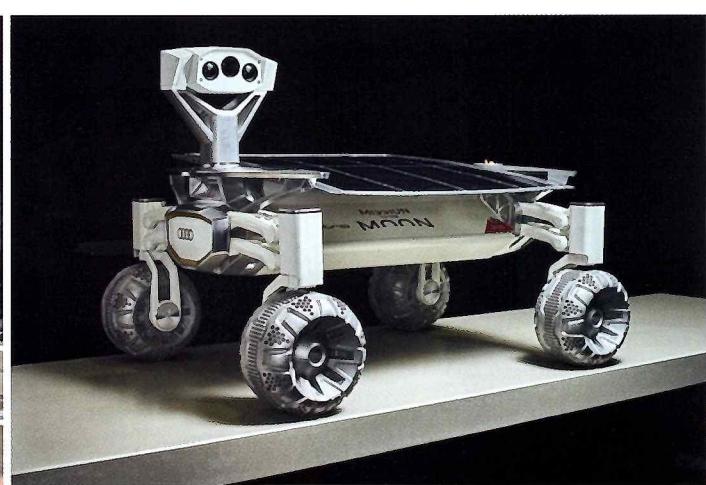
Vedúci skupiny PTScientists Robert Böhme.

tov okolo Lunar Exploration Analysis Group (LEAG) schválila pred dvomi rokmi hlavné témy výskumu. Budú nimi geológia Mesiaca, ďalej udalosti, ktoré umožnili sformovanie Slnčnej sústavy a ich prípadné stopy na Mesiaci plus optimálne pozorovanie Slnka, Zeme a hviezd. Navýše Mesiac, ako teleso bez atmosféry so slabou gravitáciou, sa sám osebe stane neoceniteľným laboratóriom. Zdá sa, že zriadenie vedeckej stanice na Mesiaci je už iba otázkou času. Spoja sa v rámci tohto projektu mozgy a finančne aspoň najrozvinutejších krajín sveta?

Zdá sa, že sa nespoja. Čína nedávno ohlásila, že vyvíja vo vlastnej réžii ďalšiu, vylepšenú verziu nosiča nazванého Dlhý pochod, vhodného aj pre lunárne misie. Čína sa chce stať druhou krajinou, ktorej občan sa poprechádza po povrchu Mesiaca. Kedže pre návrat na Mesiac vynakladá najviac prostriedkov, podnecuje aj aktivity možných konkurentov. Číňanov môžu predbehnúť Američania, ktorí začali hned niekoľko projektov: ak skúšky novej rakety SLS a kozmickej lode Orion dopadnú dobre, okolo Mesiaca už onedlho bude krúžiť loď s ľudskou posádkou. Pozoruhodnú misiu Deep Space Gateway pripravuje aj NASA, hoci americká vláda zatiaľ prostriedky neschválila. Z lode, obiehajúcej okolo Mesiaca, by sa riadil pohyb a činnosti roverov



V podpore mesačného projektu zohrávajú významnú úlohu sponzori, ako dosvedčuje logo Vodafone.





Anténa Aliny poslúži budúcim robotom pri prenose údajov z Mesiaca na Zem.

na jeho povrchu. O tento projekt prejavili zdvorný záujem aj Rusi.

Ovela reálnejšie sú plány NASA, ktorá chce v roku 2019 i 2020 vyslať na Mesiac pohyblivé roboty. O prvú objednávku bojujú firmy Astrobotic a Moon Express, ktoré ešte nedávno súťažili s berlínskymi PTScientists o cenu Lunar X-Prize.

Znova do krátera Littrow

Veľký návrat na Mesiac odštartujú misie za merané na hľadanie vody. Po vyhodnotení údajov zo sondy Chandrayan-1 (2008) vieme, že na zdanlivu vyprahnutom sprievodcovi Zeme je ovela viac vody ako sa predpokladalo. A nielen vo večne zatienených kráteroch okolo mesačných pólov. Údaje z ďalších sond naznačili prítomnosť vody aj na iných miestach. To je dôležité, pretože z vody možno vyrobiť kyslík na dýchanie a vodík ako zdroj energie. Do istej miery je zvláštne, že najdôležitejšie údaje o vode na Mesiaci získala sonda vyvinutá a vypustená krajinou, ktorá sa do kozmonautiky zapojila iba nedávno. Ak sa v októbri tohto roku vydarí mäkké pristátie sondy Chandrayan-2, Indovia NASA „and Company“ dokonca predbehnú.

Sonda má pristáť v oblasti, ktorú od južného pólu Mesiaca delí iba 600 kilometrov! Vieme, že sondy doteraz pristávali najmä v oblastiach neveľmi vzdialených od rovníka, pretože takéto trajektórie sa najľahšie vypočítavajú a sú výhodné aj z energetického hľadiska. Okrem toho: v oblastiach okolo rovníka je najmenej hlbokých kráterov, kaňonov a strmín, ale najviac miest, kam neustále dopadajú slnečné lúče. Na takomto mieste by solárne panely vyrábali energiu neprestajne a tamojšie ľudské posádky by nemuseli čeliť obrovským výkyvom teplôt, dosahujúcich až 250 °C. Práve z takýchto „solárnych oáz“ sa postupne rozbehne prieskum Mesiaca.

Jednu z týchto oáz si vybral aj Robert Böhme z Berlina. Vysadenie Aliny v kráteri Littrow bude akousi skúškou správnosti. Počas ďalšej misie do tohto istého krátera chcú vedci zdo-

konať presnosť pristátia do takej miery, že si trúfnú pristáť aj medzi hlbokými krátermi okolo pólov.

Pavúk v kocke

Pristávací modul Alina pripomína kocku s nohami pavúka. Na dvoch protilahlých stranách, tam, kde počas letu „garázovali“ rovery, vedci zabudovali „hniezdu“ pre niekoľko malých (10 x 10 cm) kociek. Sú to vlastne takzvané CubeSats, čiže kockové satelity, ktoré sa počas ostatných rokov osvedčili ako užitočný prídavný náklad komerčných satelitov. Podobné satelity vypúšťajú do vesmíru aj kozmonauti s vesmírnej stanice ISS. Tak ako chlapci papierové lodičky na potoku.

„Momentálne predávame čas na obežnej dráhe okolo Mesiaca“, vraví Böhme a predvádzia iný minisatelit, trikrát väčší ako najmenšie kocky skladačky. V tejto kocke je uložená Petriho miska s humusom a semenami rastlín. Miniatúrna kamera celý čas sleduje, či rastliny aj v podmienkach slabej lunárnej gravitácie rastú nahor, alebo sa náhodne skrúcajú na všetky strany. Tento pokus si objednala NASA. Istá kanadská súkromná firma si predplatila zaujímavý geologický experiment.

Pekné peniaze dostanú Berlínčania aj od firmy Vodafone, správcu siete za odskúšanie ich

červených LTE-antén. O tieto antény prejavila záujem aj Nokia, jedna z najvýznamnejších firiem, dodávajúcich výbavu pre spravovateľov sietí. Obe firmy by chceli mať v spravodajstve z Mesiaca svoje logo.

Nejde však iba o logo. Böhme: „Keď na Mesiaci vybudujeme sieť LTE, budeme môcť požadovať mesačné tarify.“ Každá Alina bude fungovať po pristátí ako anténa, ktorá poslúži budúcim robotom pri prenose údajov z Mesiaca na Zem.

O čom sníva šéf ESA?

Vráťa sa súkromným firmám peniaze vynaložené na neisté kozmické dobrodružstvá? Že či...! Monopol vojensko-priemyselných komplexov na podnikanie vo vesmíre sa už skončil. Ešte sa pamätáme, ako niekoľko veľkých koncernov, na objednávku a za peniaze vlády (ale i armády alebo tajných služieb) vyrábali v malých sériach drahé dielce, rakety, satelity, sondy či vesmírne lode. Jedného dňa prišli šéfovia NASA na to, že si všetky služby môžu objednať u malých súkromných firiem. Kto dopraví proviant na vesmírnu stanicu ISS? Kto vynesie naše satelity na zvolenú obežnú dráhu okolo Zeme?

Zmena stratégie vyzvala po roku 2000 hotový výbuch tvorivosti v menších firmách, ktoré za peniaze zo Silicon Valley vyvíjali lacné alternatívny k už zavedeným riešeniam. Najúspešnejším „malým“ podnikateľom je Elon Musk so svojím SpaceX. Musk za peniaze NASA zásobuje aj Medzinárodnú kozmickú stanicu. Na obežné dráhy okolo Zeme dopravuje satelity súkromných klientov. Spoločivo a lacnejšie ako konkurencia.

Vedci z PTScientists si u Muska objednali raketu Falcon-9, ktorá v roku 2019 vynesie Alinu na obežnú dráhu okolo Zeme. Odtiaľ, už poháňaná vlastnými motormi, poletí Alina na Mesiac. Böhme: „Dokážeme, že súkromné lety na Mesiac sú nielen možné, ale aj efektívne.“ Nepotravia dlho a medzi „kozmické národy“ sa zaradia aj Nemci. Či presnejšie, Európania. V roku 2015 nový riaditeľ ESA Johan Dietrich „Jan“ Wörner, už krátko po svojom menovaní, ohromil účastníkov kozmonautickej konferencie v Liverpoole touto výzvou: „Postavme na Mesiaci spoločnými silami Mesečnú dedinu.“ Wörner zožal dlhotrvajúci potlesk po stojací, hoci párok rokov predtým by reakciou na jeho výzvu bolo iba hrobové mlčanie. Wörner dokázal odvtedy vyhodnotiť a popre-



Jedna z mnohých vizií budúcej mesačnej základne.

pájať najrozličnejšie projekty a misie. Mesačná základňa by podľa neho mala slúžiť všetkým. Pre robotické i astronautické misie. Pre súkromných i štátnych aktérov z celého sveta. Poznamenajme, že Wörner je šéfom vesmírnej agentúry, ktorá nemá pre lunárnu misiu ani nosič, ani pristávací modul. Jeho ESA je však organizáciou, v rámci ktorej sa už od založenia oceňuje a využíva spolupráca. Donedávna iba spolupráca s NASA a ruským Roskozmosom.

Vlani absolvovali astronauti z Kolína nad Rýnom spoločný tréning s taikonautami v Číne. Wörner prizýva k spolupráci aj ďalšie národy a firmy. Cestuje okolo sveta, rokuje a pred každým spracovaným partnerom položí na stôl dvostránkový dokument nazvaný The Moon

Village – Declaration of Interest. Podpisy pod textom, potvrdzujúce záujem, pomaly pribúdajú.

Vlani sa ESA odhodlala urobiť ďalší krok smerom k lunárnej základni. Po príklade NASA a Google sa obrátila na komerčné firmy so žiadostou „vymyslieť, ako zo surovín na povrchu Mesiaca vyrobiť vodu a dýchateľný kyslik“. In situ resource utilization (ISRU). Tento latinisko-anglický akronym vyjadruje v skratke aj novú stratégiu Európskej vesmírnej agentúry. Ochotu zaplatiť v rámci svojich misií z vlastných peňazí za dopravu a komunikáciu. S právom podieľať sa na prípadnom úspechu misie. Vítanými hostami programu ISRU sú aj PTScientists. Dizajn Aliny premenili do takej miery, že už dokáže dopraviť vedecké prístroje

do blízkosti mesačných pólov. Böhme: „Spolu s ESA pracujeme na misii, ktorá v priebehu najbližších rokov dokáže na Mesiaci produkovať isté množstvo vody!“

V lete 2019, keď bude Alina na vrchole rakety SpaceX čakať na start z mysu Canaveral, budú v hlavnom štábě PTScientists sedieť naši hrdinovia pred monitormi a stískať palce. Z pozadia, spoza sklenenej steny, budú toto vedecké dobrodružstvo snímať desiatky kamier. A stovky reportérov si budú robiť poznámky. Je pravdepodobné, že tentokrát sa na titulnej strane denníka Bild-Zeitung objaví palcový titulok: Der Mond ist jetzt ein Berliner.

*Podľa časopisu Die Zeit spracoval E. G.
FOTO: PTSscientist, Vodafone, archív*

Vedci žasnú: horúci jupiter obieha okolo červeného trpaslíka

NGTS-1b je veľká planéta. Až taká veľká, že by nemala obiehať okolo takej malej hviezdy. Teoreticky by hviezdne trpaslíky nemali mať „na sklage“ toľko hmoty, aby sa z nej mohla sformovať planéta s parametrami najväčzej planéty Slnečnej sústavy, Jupitera.

NGTS-1b je plynný obor. Veľkosťou a teplotou patrí do triedy horúcich Jupiterov, ktoré majú približne veľkosť Jupitera, ale zhruba o päťinu nižšiu hmotnosť. Planéta NGTS-1b obehne okolo svojej hviezdy za 2,6 dní vo vzdialosti 13,5 milióna kilometrov.

Materská hviezdă planetárneho obra má o polovicu menší priemer ako Slnko. Objaviť planétu pri takej malej a slabej hviezde (pri M trpaslíkovi) nie je ľahké, aj keď má parametre Jupitera. Preto planetológov tento objav potiesil, vedľačervených M trpaslíkov je v našej Galaxii i vo vesmíre najviac. Ak sa totiž okolo takej malej hviezdy dokázala sformovať táto obria planéta, mohli sa okolo hviezd tohto typu sformovať aj celé sústavy z menších planét.

NGTS-1b je prvá planéta, objavená pomocou The Next-Generation Transit Survey (NGTS), čo je sústava 12 ďalekohľadov. Vedci pomocou tejto sústavy celé mesiace neprestajne monitorujú vybrané časti nočnej oblohy. Mimoriadne citlivé infračervené kamery zaznamenávajú zdroje infračerveného žiarenia.

Obriu planétu prezradili pravidelné poklesy žiarenia materskej hviezdy. Z takto získaných údajov vypočítali vedci jej obežnú dráhu. A z údajov o uhlovej rýchlosťi materskej hviezdy aj veľkosť, polohu a hmotnosť utajeného horúceho Jupitera.

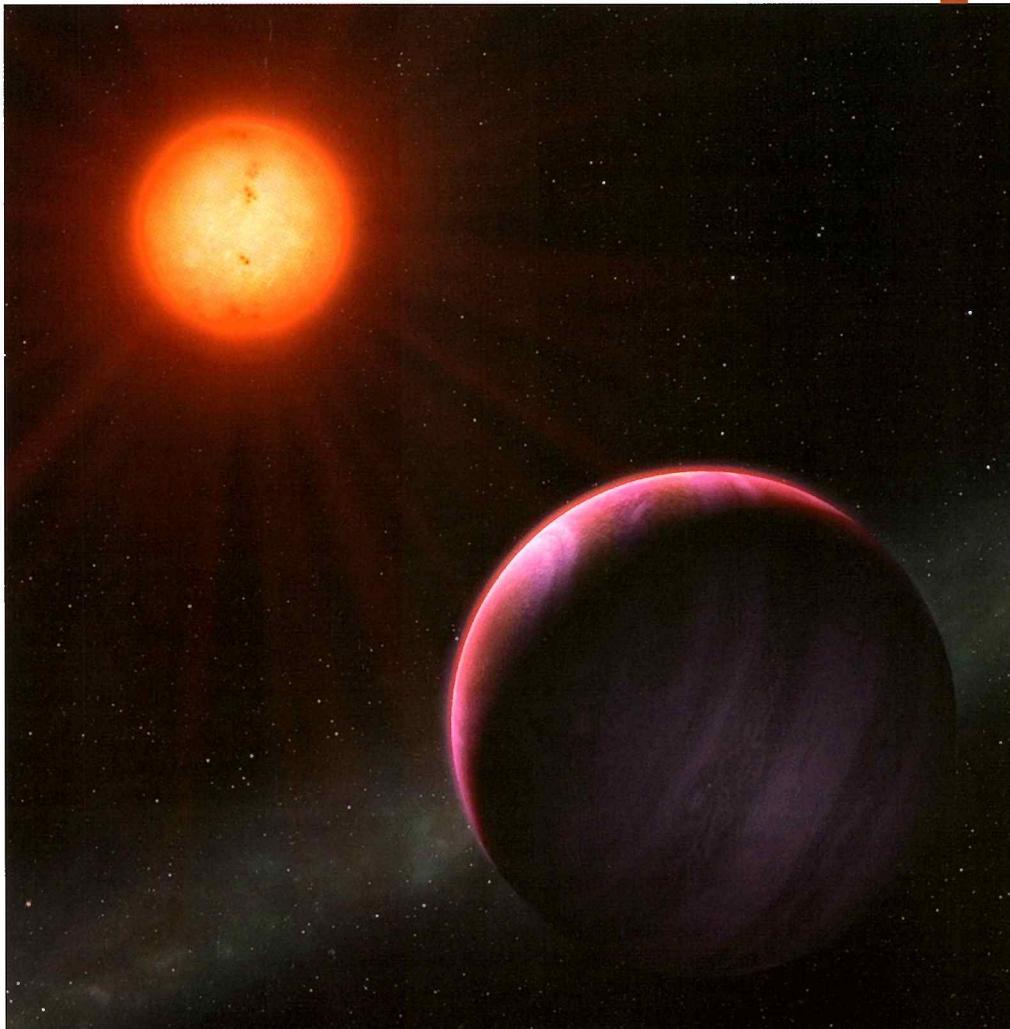
Vedcov z britskej University of Warwick objav značne prekvapil. Pomocou zdokonalenej sústavy ďalekohľadov sa pokúsia odhadnúť, ako často sa planetárne obry s parametrami Jupitera v Mliečnej ceste vyskytujú. Sústavu NGTS umiestnili v srdci čílskej púšte Atacama, nedaleko observatória Paranal/ESO. Prístroj využívajú aj britskí vedci z uni-

verzít v Leicesteri, Cambridge a Belfasti, spolu s hvezdármi zo Ženevy, Berlína a Čile.

Peter Wheatley, vedúci britského tímu: „Našu sústavu sme vyvíjali celých desať rokov. Pote-

šilo nás, že už počas prvého pozorovania sa nám poštastil vzácný objav.“

University of Warwick Press Release, E. G.



Ilustrácia znázorňuje chladnú červenú hviezdu, okolo ktorej obieha obria planéta NGTS-1b.

Zirkón: vzácnejší ako diamant

Ako geológia preniká čoraz hlbšie do histórie vzniku života na Zemi

Analýza nepatrných kryštálikov zirkónu v zrnkách piesku dokazuje, že na Zemi boli oceány a v nich zrejme aj život možno už pred vyše 4 miliardami rokov. Zirkón je pre geológov jednoducho nenahraditeľný. Aj vďaka tomuto neuveriteľne odolnému materiálu je veda o geologickej história Zeme vzrušujúcou disciplínou.

Na trhu s drahokamami sa objavujú aj „kocky“ kryštálov zirkónu. Na prvý pohľad priponímanajú diamanty, sú však oveľa lacnejšie. Možno preto ich vyhľadávajú ľudia, ktorí chcú na svoje okolie urobit dojem, ako aj tí, ktorí sa ich snažia nič netušiacim záujemcom predať ako naozajstné diamanty.

Kryštály zirkónu, ktoré sa objavujú na trhu, však nie sú pravé. Ide o syntetické drahokamy vyrobené z dioxídu zirkónia (ZrO_2) ktorý sa tiež vyskytuje v prírode a v klasifikácii minerálov sa nazýva baddeleyit. Pomenovali ho po Josephovi Baddeleyovi, ktorý svojho času riadiel výstavbu železníc na Srí Lanke. Takýto názov by však kupca drahokamov sotva oslovil.

Ked' farebné pyramídy merajú čas

V prírode sa však častejšie vyskytuje iný minerál zirkónia, silikát $ZrSiO_4$, známy pod názvom zirkón. Veľké kryštály zirkónu majú často formu osemstenov. Táto štruktúra priporomína dve spojené pyramídy obrátené základňami proti sebe. Vyskytuje sa v najrozličnejších farbách: purpurovej, žltej, ružovej i červenej. Konečná podoba kryštálu závisí nielen od obsahu prímesí iných prvkov, ale aj od vývoja jeho kryštalickej štruktúry. Prírodné diamanty sa predávajú za vysoké čiastky, no vedecká hodnota zirkónu je oveľa vyššia. Pre geológov je tento tvrdý, chemicky a mechanicky mimoriadne odolný kryštál neoceniteľný. Formuje sa najmä v žulových magmách počas poslednej fázy chladnutia. V štruktúre zirkónu je však dosť priestoru pre veľké atómy, takže dokáže zachytiť aj atómy prvkov, ktoré sa v iných mineráloch nevyskytujú. Dôležité je, že aj tieto zachytené atómy vstupujú do štruktúry zirkónu počas jeho kryštalizácie v posledných fázach chladnutia magmy.

Do štruktúry kryštálov zirkónu takto vstupu-

je aj nepatrné množstvo atómov uránu a tória. Vedci dokážu množstvo uránu v kryštáli určiť veľmi presne. Preto sa zirkón bežne používa (v rámci metódy urán/olovo či olovo/olovo) na určovanie veku hornín, v ktorých sa nachádza.

V prírode sa vyskytujú rádioaktívne atómy niektorých prvkov (izotopy), ktoré sa spontánne rozpadajú a z pôvodných materských atómov (napríklad izotopy uránu o hmotnostných číslach 238, 235, resp. izotop draslíka 40) sa menia na stabilné dcérské atómy olova či argónu o hmotnostných číslach 206, 207, či 40. Proces rádioaktívnych premien týchto atómov je veľmi pomalý, čo umožňuje datovať veľmi staré geologické procesy. Hodnoty rýchlosťi rozpadu sú presne známe, a ak dokážeme zmerať vo vzorke presné množstvo materských, ako aj dcérskych atómov, potom z ich pomeru vieme vypočítať trvanie rozpadu, teda vek minerálu. Zirkóny sa využívajú aj v inej metóde datovania. Tá využíva spontánne štiepenie izotopu uránu ^{238}U , ktoré zanecháva v dielektrických mineráloch identifikovateľné stopy.



Kryštály zirkónu bývajú v rôznych farbách, veľkostiach aj tvaroch. Všetky však majú spoločnú vlastnosť a to, že sú tvrdé a odolné. Navyše obsahujú dostatok vnútorného priestoru, aby pri svojom formovaní dokázali „zajat“ iné veľké atómy, užitočné pri určovaní geologickej veku.



Výskumníci z univerzity vo Wollongongu objavili vedľa Isua Supracrustal Belt v Grónsku kamene staré 3,8 miliárd rokov. (Foto Laure Gauthiez Putallaz.)

Geochronológovia nepochybujú, že práve zirkón je najvhodnejším minerálom na určovanie veku veľmi starých hornín. Vek väčiny najstarších hornín na Zemi sa však neurčuje iba pomocou metód urán/olovo, či olovo/olovo, ale aj meraním iných radiačných systémov (napr. Rb-Sr, Sm-Nd).

Ktorá je najstaršia?

Celé desaťročia sme za najstaršiu horninu na svete považovali horninu Amitsoq z Isua Supracrustal Belt na juhozápadnom pobreží Grónska z obdobia eoarchaika (vek 3,8 miliárd rokov). Patrí medzi najstaršie kryštalické horniny, ktoré sa na Zemi sformovali, vrátane neveľkých blokov protokontinentálnej kôry. Tieto bloky sa premenili na ruly, vrstvy protooceánickej kôry (tzv. greenstones) a niekoľko zvyškov najstaršieho (prvého) plášťa Zeme (peridotity).

Vedcom tieto horniny prezradili, že najstaršia kôra na Zemi sa sformovala z malých blokov kontinentálnej kôry (tzv. protokontinentov). Tieto platne plávali na plastickom plášti pod oceánmi, ktorý sa tvoril z lôp prenikajúcich rovno z plášťa. Tieto čudné lávy z obdobia archaika zvané komatiity sa formovali z minerálov v plášti. Jedným z nich je zelenkastý minerál kremičitan olivín.

Komatiity sú ovela bohatšie na horčík a na železo ako čadičové lávy, ktoré dodnes vytvárajú dno oceánov. Dosvedčujú, že mladá Zem bola veľmi horúca a jej kôra bola veľmi tenká, mimoriadne pohyblivá a ľahko pretaviteľná. Táto kôra sa však ešte nestihla diferencovať na oceánickú a kontinentálnu kôru, ktorú skúname dnes. Prvotné „ostrov“ zemskej kôry boli také malé, že platňová tektonika v tom čase ešte nemohla prebiehať.

Hodno poznamenať, že komatiitické lávy sa môžu formovať iba vďaka vyššie spomenutým podmienkam. Dnes sa už na povrch Zeme nevylievajú. Kôra oceánov (presnejšie: pod oceánmi) sa zmenila a zostala, teplota a chémia vrchného plášťa sa taktiež zmenili. Dnes sa zo dna oceánov vylievajú či vybuchujú iba čadičové lávy.

Rekord z Grónska prekonal v roku 1999 objav rulovej horniny Acasta Gneiss na severozápade Kanady. Jej vek určili na 4,031 miliardy rokov (plus/mínus 0,003 miliardy rokov). Acasta Gneiss (podľa nedalekej rieky Acasta) je ďalším kúskom protokontinentálnej kôry, ktorá sa sformovala z blokov známych ako Slave Terrane (podľa jazera Great Slave Lake - Veľkého otročieho jazera na severozápade Kanady; tento názov nájdeme azda vo všetkých učebničiach geológie).

Rekordy sa neprekonávajú iba v atletike, ale aj v geológii. V roku 2008 objavili na severozápade kanadskej provincie Quebec, na východnom pobreží zálivu Hudson, pás Nuvvuagittuq Greenstone. Jeho vek 4,28 a 4,321 miliardy rokov neodhadli metódou urán/olovo, ale z rozpadu rádioaktívneho prvku samárium na neodymium v tamojších lávach.

Podaktori vedci o týchto údajoch pochybujú. Dôvod: nazdávajú sa, že 4,28 miliardy rokov nemajú samotné horniny, ale zdrojový (starší) materiál, ktorý bol pretavený skôr, ako sa stal súčasťou tejto horniny.

Najstaršie údaje o veku zirkónov v týchto horninách (získané metódou urán/olovo) naznačujú, že naozaj majú iba 3,78 miliardy rokov. Ale aj keby sa ukázalo, že tento údaj platí, máme v rukách aspoň dôkaz o existencii najstaršej formácie kôry z doby 4,28 až 4,32 miliardy rokov.

Najstaršie zirkóny na Zemi teda sotva majú viac ako 4,32 miliárd rokov. Najstaršie materiály v Slnečnej sústave (meteority a horniny z Mesiaca) však majú 4, 568 miliardy rokov. Ako je to možné?

Odpovedou je platňová tektonika a hlboká erózia zemského povrchu pôsobením vetra a vody. Povrch Zeme bol, je a bude neustále pretváraný pohybom tektonických platní. Platne sa zoskupujú, splývajú a opäť sa oddeľujú, hlboko ponorené do horúceho kvapalného plášťa, podobne ako ľadovce v oceánoch. Ponárajúce sa platne sa odspodu roztápajú a pretavený, recyklovaný materiál preniká opäť na povrch. Táto vertikálna recyklácia prebieha stále dookola, čím povrch Zeme priebežne obnovuje a mení. Mesiac, na rozdiel



Vzorek kameňa z Acasta Gneiss v Kanade s charakteristickým pruhovaním určili vek 4,03 miliárd rokov.

od Zeme, je mŕtve telo. Nemá platňovú tektoniku a jeho najstaršie horniny sa sformovali pred cca 4,5 miliardami rokov.

Zirkón z Jack Hills

Najstarším materiálom na Zemi sú zrnká zirkónu z pohoria Jack Hills v Západnej Austrálii. Našli ich v roku 2014 ako súčasť oveľa mladšieho pieskovca. Pomocou metódy urán/olovo určili vek každého jednotlivého zrnka, takže získali dosť rôznorodý súbor údajov. Najstaršie zrnká majú 4,404 miliardy rokov. Sú teda o 100 miliónov rokov staršie ako horniny z Quebecu.

Medzera medzi vekom najstarších hornín Zeme a vekom hornín z Mesiaca sa zmenšuje, ale ešte vždy ich delí zhruba 200 miliónov rokov, čiže približne toľko, koľko nás delí od konca neskorého triasu a začiatku jury, kedy na Zemi ešte dominovali dinosaury.

V drobných zrniečkach zirkónu sa však skrývalo ešte jedno prekvapenie. Vedci v nich objavili bublinky plynu (vzorky zemskej atmosféry) spred vyše 4 miliárd rokov. Analytic v bubleinkách detegovali aj izotopové pomery kyslíka, z ktorých usudzujú, že na povrchu Zeme už pred 4,4 miliardami rokov šplacho-tala voda.

Planetológovia ešte donedávna tvrdili, že žeravá plastická guľa (taká bola naša planéta po sformovaní) musela chladnúť najmenej 700 miliónov rokov, aby jej teplota klesla pod bod varu vody. Iba vtedy sa totiž začali ukladať prvé sedimenty. A usadeniny z Isua supracrustals v Grónsku sa pred 3,8 miliardami rokov ukladali v koryte teplej rieky.

Dejiny našej planéty sa opäť raz prepisujú. Zistenie, že na povrchu Zeme tiekli rieky už pred 4,4 miliardami rokov naznačuje, že v tomto období na našu planétu veľké meteority nedopadali. V takom prípade by sa totiž voda v oceánoch zakaždým čiastočne, alebo úplne vyparila. Vedci túto predstavu nazvali lakonicky „cool early Earth hypothesis“.

Odkiaľ sa na teplej Zemi vzala voda? Podľa jednej, ešte nie mŕtvej hypotezy, bola voda pôvodne uväznená v plásti. Až keď začala Zem

chladnúť a scvrkávať sa, voda (najmä v podoobe par) začala postupne unikať na povrch cez vulkány. Tento proces nazývame odplyňovanie (degassing).

Táto hypotéza sa otriasla po prvých chemických analýzach meteoritov, najmä chondritov, ktoré prakticky kopírujú chemické zloženie Slnečnej sústavy. Už tieto telesá museli obsahovať vodu. To isté platí o mesačných horninách, v ktorých voda v podstate niesie, ale krátko po sformovaní Slnečnej sústavy boli „poriadne mokré“. Z toho vyplýva, že na našej planéte už vtedy, keď začala chladnúť a kondenzovať, bolo vody dosť.

Kométy a voda? Iba populárna predstava

Jedno je isté: dodávateľmi vody na Zem neboli kométy! Napriek tomu, že ich často označujeme ako „spinavé snehové gule“, lebo sú zmesou prachu, vodného ľadu a exotických ľadov. Z chemickej analýzy štyroch komét (Halley, Hyakutake, Hale-Bopp a Čurjumov-Gerasimenko v roku 2014) však vyplýnulo, že izotopové zloženie vody na kométoch sa výrazne odlišuje od vody pozemskej (podiel izotopov vodíka D/P, čiže deuteria a prócia, vo vode z týchto komét bol dvojnásobný v porovnaní s vodom v oceánoch). Populárna predstava o kométoch - dodávateľoch vody na mladú Zem sa tak zrútila ako domček z karát.

Zrniečka zirkónu z Jack Hills skrývali ešte jedno tajomstvo. V roku 2015 sa analytici v odbornom článku zmienili o kryštáliku grafitu v jednom zo zrniek zirkónu, ktoré má 4,1 miliardy rokov. Grafit je jednou z formiem kryštalického uhlíka (vyrábajú sa z neho napríklad tuhy v našich ceruzkách.) A čuduj sa svete: geochemické údaje z tohto grafitu boli v súlade s podielmi uhlíka v živých organizmoch. Donedávna platilo, že uhlík z Isua Rocks v Grónsku má „iba“ 3,8 miliardy rokov. Prítom najstarší uhlík z fosílií kedysi živých organizmov (Apex Chert vo Warrawoona Group v Západnej Austrálii) má „iba“ 3,5

miliardy rokov. A uhlík z Fig Tree Group v Južnej Afrike dokonca „iba“ 3,4 miliardy rokov! Na základe týchto údajov museli vedci obdobie vzniku života na Zemi posunúť viac do minulosti.

Prvé organizmy zrejme vznikli už krátko po tom, ako sa na chladnejšej, hrbolatej Zemi naplnili prvé oceány. Preto by sme zrejme mali naše predstavy o mladej Zemi prehodnotiť. Vzhľadom na vek mesačných kráterov (prakticky všetky vznikli medzi 3,9 až 4,4 miliardami rokov) sme usúdili, že ani Zem v tomto období tažkému bombardovaniu neunikla. Existencia kvapalnej vody v oceánoch spred 4,4 miliardami rokov (a možno aj život spred 4,1 miliardami rokov) však napovedajú, že toto bombardovanie zrejme nemohlo byť také intenzívne, ako sme predpokladali.

Nevyhľásená globálna súťaž o objav rekordne starej horniny pokračuje. Veda o geológii mladej Zeme je naozaj aktívnu a vzrušujúcou disciplínnou.

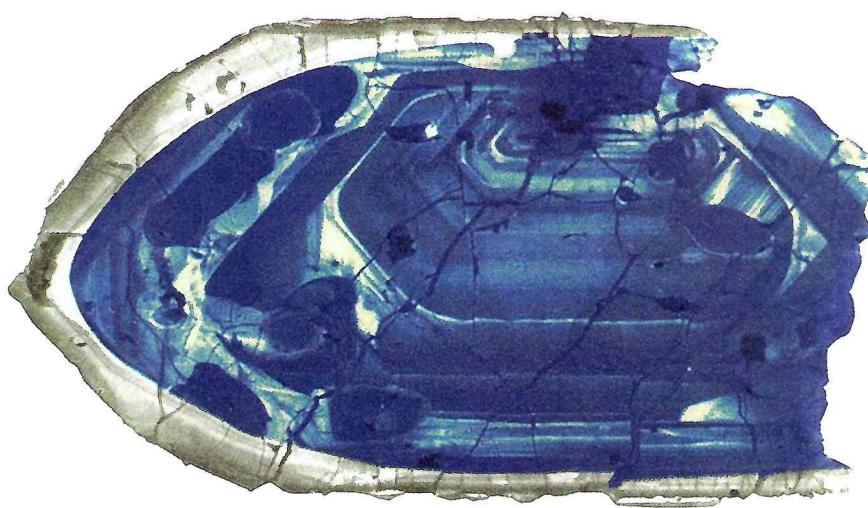
*Podľa American Scientist 2/2018 spracoval
E. G.*



Zirkón 2,21 mm z talianskeho kameňolomu SanVito nedaleko sopky Vezuv

Poznámka redakčnej rady

V článku sa veľmi jednoznačne uvádzá, že **dodávateľmi vody na Zem neboli kométy**. V nedávnej minulosti sa práve kométy považovali za zdroj, ktorý poskytol Zemi vodu po opäťovnom schladnutí. Nie je však voda ako voda – jednotlivé vzorky sa líšia pomerom medzi deutériom a vodíkom. Tento pomer je dôležitým ukazovateľom, kde počas raného vývoja Slnečnej sústavy voda vznikla. Po nameraní izotopového zloženia zdroja vody z kométy 67P/Čurjumov–Gerasimenko sa zistilo, že tento nemôže byť zdrojom pozemskej vody. Existujú však kométy ako napr. 103P/Hartley 2 alebo 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková, kde izotopové zloženie vody je rovnaké (v rámci chýb merania) ako na Zemi a naopak tiež kométy, kde je zloženie odlišné. Rovnako medzi asteroidmi máme skupinu, ktorej izotopové zloženie vody súhlasí s pozemským a druhú, ktorá sa od pozemskej vody značne líši. Záverom môžeme konštatovať, že podľa materiálu, ktorý máme dnes k dispozícii, tak medzi kométami ako aj medzi asteroidmi sa nachádzajú telesá, ktoré mohli dodať vodu do pozemských oceánov. Na definitívnu si ešte treba počkať. Aj keď ako hovorí Werich: *Nikdy nici nikdo nemá miti za definitívnu*.



Makrofotografia vnútornej štruktúry malého kryštálu zirkónu z Jack Hills v Austrálii. Jeho vek je 4,4 miliardy rokov.

Objavili populáciu mimogalaktických exoplanét

V Mliečnej ceste lovci exoplanét zatiaľ objavili zhruba 4000 potvrdených objektov. V najbližších desaťročiach vďaka výkonejším prístrojom bude ich počet narastať geometrickým radom. Možno vás však prekvapí, že astronómovia z University of Oklahoma objavili veľkú populáciu exoplanét v inej, 3,8 miliárd svetelných rokov vzdialenej galaxii!! Nejde však o exoplanéty obiehajúce okolo materských hviezd, ale voľne sa pohybujúce osamelé telesá s parametrami planét.

Planéty objavili metódou „kvazarového mikrošoškovania“. Táto metóda sa používa pri skúmaní diskov okolo superhmotných čiernych dier, kde sa hmota formuje do diskov a špiráluje smerom k horizontu udalostí. Ak vzdialenosť kvazaru zakryje galaxia v popredí, vytvorí sa okolo nej niekoľko (z pohľadu pozemšťana) zväčšených, virtuálnych „kópií“ kvazaru. Stáva sa, že niektorú z týchto kópií niektorá z hviezd „šošovkujúcej“ galaxie zakryje. V takom prípade sa vytvorí super-zväč-

šenina kvazaru, na ktorej ho vedci môžu nazaj dopodrobna preskúmať.

Svetlo šošovkovaného kvazaru (RXJ1131-1231) študovali pomocou röntgenového satelitu Chandra. Vedci zistili, že na niektorých vlnových dĺžkach boli emisné čiary železa silnejšie ako by mali byť, keby išlo o „šošovkový efekt“ hviezd v zákrytovnej galaxii. Z počítacových modelov napokon vyplynulo, že podozrivý efekt spôsobila najskôr veľká populácia planét. S hmotnosťami od Mesiaca až po Jupiter.

Zdá sa, že na každú hviezdu hlavnej postupnosti (v galaxii, ktorú tvoria miliardy hviezd) pripadá 2000 potulných planét. Tieto planéty sú kozmickí tuláci, čo vyplýva aj z rýchlosťi ich pohybu. Osamelé planéty sa totiž pohybujú oveľa rýchlejšie ako planéty na obežných dráhach okolo hviezd.

Vedci z University of Oklahoma skúmajú aj iné galaxie. Chcú objaviť aj menšie populácie túlavých planét a vytvoriť spoľahlivejšie modely, ktoré by ich objav podopreli.

Poznámka: Nejde o prvý objav exoplanéty v inej galaxii. Prvou exoplanétou mimo Mliečnej cesty bolo teleso s hmotnosťou 3_Z, ktoré objavili v galaxii vzdialenej 4 miliardy svetelných rokov. Zákryt, ktorý jej objav umožnil, sa už nebude opakovať, preto objav nemožno overiť.

Inú mimogalaktickú exoplanétu objavili (pomocou odlišnej metódy mikrošoškovania) v galaxii Andromeda. V tomto prípade vzdialenosť kvazara prekryla hviezdu. Z analýzy svetla/žiarenia vyplynulo, že by „mohlo íst“ o exoplanéte s hmotnosťou 6_Z. Ani túto deteckiu nebude možné z rovnakého dôvodu overiť. Exoplanétou z inej galaxie by mohlo byť teleso, ktoré obieha okolo hviezdy HIP 13044, ktorá sa kedysi sformovala v niektoej z malých galaxií našej lokálnej skupiny. Táto trpasličia galaxia sa s Mliečnou cestou zrazila pred 6 miliardami rokov. Planéta by mala mať hmotnosť 1,25_Z. Ani v tomto prípade sa objav nepodarilo potvrdiť.

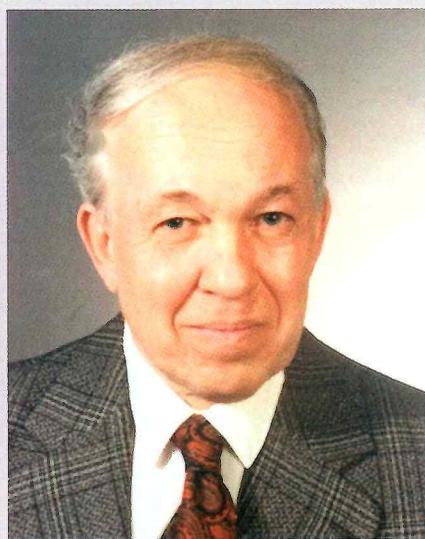
Zdá sa, že najvhodnejšími kandidátmi na podrobnejšie skúmanie exoplanét z iných galaxií budú práve hviezdní votrelci. Takí, ako hviezda HIP 13044, ktorá sa votrela do Mliečnej cesty spolu so svojou galaxiou. Vlastnosti mimogalaktických exoplanét so súčasnými prístrojmi totiž určiť nedokážeme.

University of Oklahoma Press Release, E. G.



Objekt RX 1131-1231, vzdialenosť 6 miliárd svetelných rokov, tvorí ružové virtuálne „kópie“ vzdialenejho kvazaru, ktorý šošovkuje eliptickú galaxiu (žltý kotúč uprostred).

Astronómovia v šošovkujúcej galaxii, medzi vzdialenosťou kvazara a Zemou, objavili populáciu veľkých exoplanét.



RNDr. Eduard Pittich, DrSc. (1940 – 2018)

Po ťažkej chorobe ukončil 29. júna 2018 svoju pozemskú púť dlhočasného pracovníka Astronomického ústavu SAV RNDr. Eduarda Pitticha, DrSc.

Dr. Pittich sa narodil 15. júna 1940 v Bratislave. Študium astronómie ukončil na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v roku 1962. Po absolvovaní základnej vojenskej služby pracoval v Astronomickom ústavе SAV v Bratislave, kde pôsobil až do dôchodku v roku 2010. Absolvoval študijné pobytu v USA, Švédsku, Poľsku a ZSSR. Bol aktívnym účastníkom mnohých zahraničných konferencií.

Študoval kométy z rôznych aspektov (astrometria, pohyby v plazmových chvostoch, vplyv náhlych zjasnení na ich objavy, apod.), neskôr sa sústredil najmä na skúmanie dynamiky kometárnej populácie. Bol priekopníkom používania modernej výpočtovej techniky v astronomickom výskume na Slovensku. Významne sa podieľal na rozpracovaní teórie pohybu malých telies Slnečnej sústavy s uvažením negravitačných síl. Spolupracoval s vedcami Ústavu teoretickej astronómie v Lenigrade, s ktorými spoločne s profesorom Kresákom vydal v roku 1986 obsiahlu monografiu Catalogue of short-period comets. Svoje výsledky publikoval vo viac ako 150 odborných a vedeckých prácach. Vyškolil dvoch doktorandov a viedol alebo bol členom viacerých domáčich a medzinárodných projektov. Dr. Pittich bol členom Medzinárodnej astronomickej únie, Európskej astronomickej spoločnosti i SAS pri SAV.

Významne sa podieľal aj na popularizácii vedeckých poznatkov. Dr. Pittich bol v minulosti členom redakčnej rady časopisu Kozmos, dlhé roky viedol terminologickú komisiu SAS. Napísal niekoľko popularizačných kníh, najznámejšia je Obloha na dlani (spoluautor D. Kalmančok). Oceňovali sme jeho dlhočasné redigovanie Astronomickej ročenky vydávanej SÚH v Hurbanove. Za svoju činnosť bol viackrát ocenený – v roku 1987 Zlatou medailou ČSAV za rozvoj programu INTERKOZMOS, v roku 1988 Striebornou plaketou SAV D. Štúra za zásluhy v prírodných vedách a v roku 1966 ho ocenila Medzinárodná astronomická únia, ktorá pomenovala asteroid 1986 TN1 menom Pittich. Čest jeho pamiatke.

Za spolupracovníkov Ján Svoreň

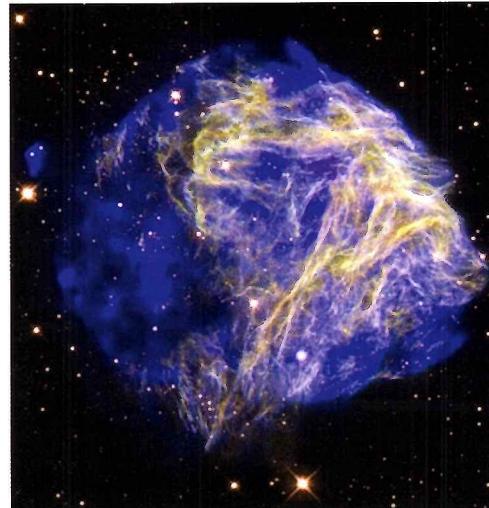
Objavili jednu z najstarších hviezd v Mliečnej ceste

Hviezda J0815+4729 obsahuje mimoriadne málo železa a má výrazný nadbytok uhlíka. Naznačuje to, že ide o jednu z najstarších hviezd v Mliečnej ceste. Španielski astronómovia objavili túto hviezdu vo vzdialosti 7500 svetelných rokov v hale našej Galaxie. Tam, kde sa našli všetky najstaršie hviezy s najnižšou metalicitou. Hviezda sa sformovala pred 13,5 miliardami rokov, 300 miliónov rokov po big bangu. Doteraz objavili iba 5 takýchto hviezd.

Starú hviezdu s hmotnosťou $0,7 M_{\odot}$ vylovili zo Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy (SDSS). V prehliadke nájdeme hlboké, multifarebné snímky tretiny oblohy a spektrá výše 3 miliónov astronomických objektov. Vedcov zaujala extrémne nízka metalicia hviezdy.

Vedci pomocou spektroskopie analyzovali chemické a fyzikálne vlastnosti hviezdy. Spektrá získal spektrograf ISIS na Herschelovom ďalekohľade a spektrograf OSIRIS na Gran Telescopio Canarias (GTC) na ostrove La Palma.

Ukázalo sa, že Hviezda J0815+4729 má miliónkrát menej vápnika a železa ako Slnko! Takú nízku metalicitu majú iba najstaršie hviezy. Vedcov zaskočilo, že táto hvieza, mimoriadne chudobná na vápnik a železo, obsahuje pomerne veľa uhlíka: o 15 % viac ako Slnko. Tento poznatok je v zhode s dôvnejšou predpovedou, podľa ktorej hviezdy s nízkou hmotnosťou a extrémne nízkou metalicitou obsahujú prebytok uhlíka. Zdrojom tohto uhlíka by mala byť prvá generácia supernov s nízkou metalicitou, ktoré žili veľmi krátko. Vedci po vyhodnotení všetkých údajov zistili, že hviezda sa sformovala pred 13,5 miliardami rokov. Progenitormi prvej generácie supernov

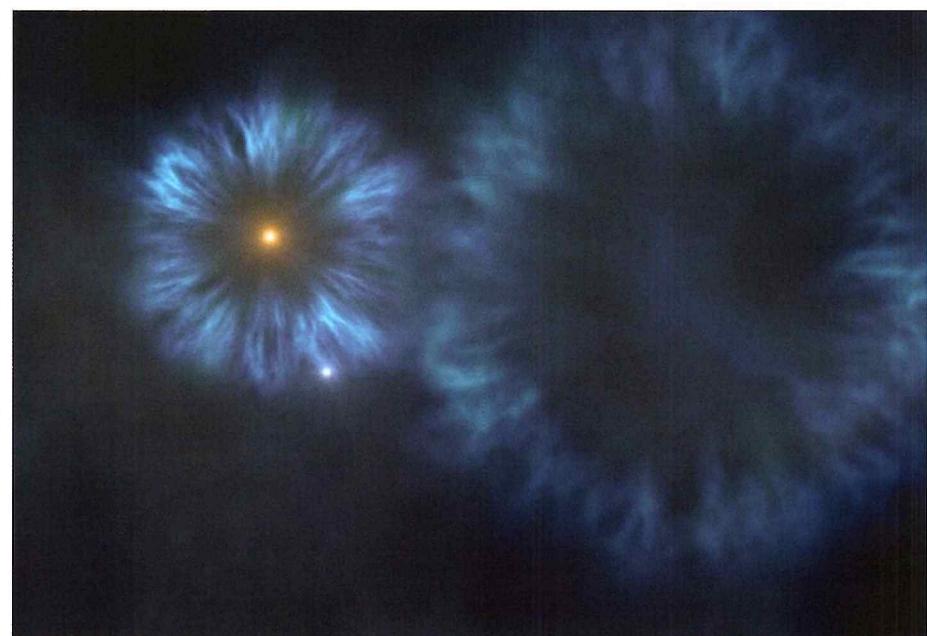


Hviezda J0815+4729 získala prebytok uhlíka z blízkej explózie supernovy, ktorou skončila svoj krátky život mimoriadne hmotná hvieza s nízkou metalicitou. Tento „vlasatý“ pozostatok po výbuchu supernovy vo Veľkom Magellanovom oblaku vytvorili z údajov satelitov Chandra (modrá) a HST (žltá a purpurová).

boli prvé, veľmi hmotné hviezy, ktoré sa mimoriadne rýchle sformovali už 300 miliónov rokov po big bangu.

Medzičasom vysvitlo, že hviezda J0815+4729 nie je iba jednou z hviezd najchudobnejších na železo, ale rekordérkou v tejto disciplíne. Preto vedci zamýšľajú získať z nej čo najviac spektier s vysokým rozlíšením. Iba z tých totiž dokážu zistiť aj množstvá iných prvkov. Otvára sa nové „okienko“ do vesmíru, ktoré umožní rozšíriť naše poznatky o prvom dejstve kozmickej drámy. O formovaní prvých hviezd a vlastnostach prvých supernov.

The Astronomical Journal Letters, E. G.



Ilustrácia znázorňuje jednu z najstarších hviezd našej Galaxie, ktorá sa sformovala krátko po big bangu.

Žeň objevů 2015 – D

N. Dagnaarová aj. využili nových možností rentgenových měření pomocí družice NuSTAR, jež pokrývá pásmo energií rentgenového záření $3 \div 79$ keV, ale i další rentgenové družice Swift ke změření horní meze poloměru pro neutronovou hvězdu v rentgenové dvojhvězdě **4U 1608-52** (vzdálenost 3,6 kpc). Rotační perioda neutronové hvězdy činí 1,61 ms a nabírá akrecí hmotu tempem až 2 % Eddingtonovy meze. Na povrchu má teploty v rozmezí $3,5 \div 7,0$ MK. Je obklopena těsným akrečním diskem o vnitřním poloměru blízkém nejmenší stabilní oběžné dráze částic plynu v disku. Odtud vyplyívá horní mez poloměru neutronové hvězdy 21 km a gravitační červený posuv spektrálních čar na povrchu neutronové hvězdy $>0,12$ pro hmotnost $1,5 M_{\odot}$ a parametr spinu $a = 0,29$.

J. Coley aj. ukázali, že u řady **zákrytových rentgenových dvojhvězd** lze pomocí 3. Keplerova zákona a známé oběžné doby složek určit celou řadu dalších parametrů, zejména pak **poloměru a hmotnosti hvězd** za předpokladu, že máme k dispozici spektra obou složek a dárce nevyrostl nad svůj Rocheův lalok. Pro poloměry dárců jim pak vyšly hodnoty v rozmezí $13 \div 23 R_{\odot}$ a hmotnosti $19 \div 20 M_{\odot}$. Pro hmotnosti vzniklých neutronových hvězd pak dostali $1,4 \div 1,8 M_{\odot}$.

Jedním z otevřených problémů astrofyziky kompaktních objektů je **mechanismus vzniku a chování bipolárních výtrysků hmoty** s úzkými vrcholovými úhly a rychlostmi většími než 20 % rychlosti světla. J. Liu aj. se domnívají, že návodem k řešení může být optické spektrum ultrasvitivého velmi měkkého rentgenového výtrysku ze zdroje **ULS-1** v blízké galaxii **M81** (vzdálenost 3,6 Mpc). Spektrum vodíku ve výtryscích totiž obsahuje výraznou modré posunutou složku odpovídající projekci 17 % rychlosti světla. To je velmi podobná hodnota, jakou měříme pro výtrysky galaktické rentgenové dvojhvězdy (mikrovlasaru) **SS 433** (= V1343 Aql; vzdálenost 5,5 kpc), které se po odečtení vlivu projekce pohybují rychlostí 26 % rychlosti světla. Opticky pozorovatelná hvězda je spektrální třídy A7 Ib, která žíví svého průvodce, jenž je pravděpodobně hvězdnou černou dírou. Autoři dokonce soudí, že ve skutečnosti jsou tyto *relativistické výtrysky baryonové látky důkazem existence hvězdných černých dér*, které vysávají hmotu ze svého okolí nadkritickou akrecí doprovázenou opticky tlustými výtrysky. Také G. Wiktorowicz aj. soudí, že bychom měli zavrhnout koncept *Eddingtonovy meze* pro svítivost objektu pro případ dvojhvězd, kde jednou složkou je silně degenerovaný objekt, tj. neutronová hvězda, nebo hvězdná černá díra. Jako příklad uvádí dvojhvězdu **2XMM J1110-4604** (=HLX-1) ve spirální galaxii **ESO 243-49** (vzdálenost 95 Mpc), která jeví výtrysky rentgenového záření ve vrcholovém úhlu jen $1,6^{\circ}$. Rentgenový zářivý výkon výtrysků dosahuje minimálně 10^{35} W. Pro hvězdnou černou díru o hmotnosti $10 M_{\odot}$ stačí, aby dárkyní byla hvězda v Hertzsprungově mezeře na diagramu obdařená touž hmotnosti $10 M_{\odot}$, která dokáže odevzdávat baryonovou látku černé díře tempem $0,001 M_{\odot}/\text{rok}$ ($= 2600$ násobku Eddingtonovy meze!). Vhodnou dárkyní pro neutronovou hvězdu se pak jeví vyvinutá héliová hvězda o hmotnosti $2 M_{\odot}$, která po svém rozepnutí přeteče přes svůj Rocheův lalok a dokáže zásobovat neutronovou hvězdu tempem $0,02 M_{\odot}/\text{rok}$. Hvězd obou typů je ve vesmíru dost na to, aby vysvětlily současný počet extrémně silně svítivých bodových rentgenových zdrojů, protože navíc jde o poměrně velmi krátké epizody v dlouhodobém vývoji dvojhvězd.

R. Walter aj. shrnuli v přehledovém článku hlavní přednosti aparatury **INTEGRAL** (*INTERnational Gamma Ray Astrophysics Laboratory*) vypuštěné na protáhlou elliptickou dráhu v říjnu 2002. Ve spolupráci s americkou družicí **Swift** (start v listopadu 2004) přispěly obě kosmické observatoře výrazně k našim poznatkům o důležité hvězdné složce vesmíru – rentgenovým dvojhvězdám s vysokou hmotností průvodce neutronové hvězdy nebo hvězdné černé díry (HMXB). Tyto soustavy hrají významnou úlohu při studiích nukleosyntézy ve hvězdách, akrečních procesech, a následně pak při zkoumání vývoje a struktury galaxií. Soustavy HMXB lze rozčlenit do tří skupin: *klasické, excentrické a rychlých proměnných nadobřích objektů*. **Klasické soustavy** se vyznačují nízkými výstřednostmi oběžných drah a proměnností aktivity v poměru až $1:1000$. Mají krátké oběžné doby a jejich hmotné složky vyplňují Rocheův lalok, případně jej i mírně přetékají, takže mnoho rozptýleného materiálu je stíní. **Excentrické soustavy** mají větší rozdíl aktivity než klasické, protože podél výstředních drah jejich složek se silně mění hustota hvězdného větru. Vzácné **nadobří objekty** se projevují rychlými silnými výbuchy, nejkratšími oběžnými periodami a anomálně nízkou akrecí plynu, ale jejich povaze dosud příliš nerozumíme. Kvůli pochopení jejich chování bude potřebí uvažovat vliv poryvů hvězdných větrů, struktury magnetických polí, výstředností drah a rychlostí rotace neutronových hvězd. V každém případě již třináctiletá souvislá životnost observatoře INTEGRAL a jen o něco kratší životnost observatoře Swift je příslibem, že se některé závažné otevřené otázky podaří v dohledné budoucnosti rozřešit. K tomu cíli se astronomové snaží sestavit co nejlepší **katalog objektů HMXB** potřebný pro rozlišení jednotlivých populací a také časových stupnic, v nichž vývoj těchto objektů probíhá.

3.7. Zábleskové zdroje záření gama (GRB) a magnetary (SGR)

Podle S. Clarka patřil objev zábleskových zdrojů záření gama (GRB) společně s objevem *magnetarů* k nejzapeklitějším oříškům, které astronomie minulého století musela řešit. První důkaz o existenci GRB získaly americké vojenské družice typu *Vela* již v červenci 1967, ale protože šlo o utajované údaje, dozvěděla se o něm astronomická veřejnost až po jejich deklasifikaci v r. 1973, kdy už tyto družice měly v záznamech údaje o 15 zdrojích. Od prvního záznamu však uplynulo bezmála 30 let, než se podařilo po vzplanutí **GRB 970228** nalézt jeho rentgenový protějšek a posléze optický dosvit, který koincidoval s polohou velmi vzdálené galaxie. Poloha dalšího **GRB 970508** byla rozeslána astronomům již 4 h po záblesku gama, což umožnilo pořídit optické spektrum dosvitu a tak odhalit jeho červený posuv 0,835 (vzdálenost 2,2 Gpc!). Od té doby víme, že jevy GRB patří k největším energetickým výtryskům ve vesmíru, přičemž zdrojem jsou objekty o typických rozměrech <30 km a hmotnostech $<3 M_{\odot}$!

H. J. Lü aj. rozebrali podrobně možnost, že **krátká vzplanutí gama** (SGRB) vznikají splýváním dvou neutronových hvězd. Výsledkem takového splynutí pak bývá neutronová hvězda s milisekundovou rotací a magnetickým polem jaké mají magnetary (tzv. milisekundové magnetary). Jelikož hmotnost těchto objektů bude vysoká, tak postupně brž-

dění jejich rotace povede nevyhnutelně k jejich zhroucení na hvězdnou černou díru. Dospěli tak k závěru, že nejvyšší hmotnost nerotující neutronové hvězdy, která se nezhroutí na černou díru, činí $2,37 M_{\odot}$.

F. Olivares aj. využili kamery GROND (*Gamma-Ray burst Optical and Near infrared Detector*) 2,2m teleskopu MPI/ESO na observatoři *La Silla* v Chile k pozorování **supernov jako následků dlouhých GRB**. Autoři sledovali tři supernovy, jež vzplanuly na témže místě oblohy po velmi dlouhých GRB v letech 2008 a 2010, a tak prokázali, že zářivé výkony těchto supernov (až $1,4 \cdot 10^{36} W$) nelze objasnit produkci radioaktivního ^{56}Ni , jak se u ostatních případů uvádí. J. Greiner aj. na základě dalších pozorování aparaturou GROND a také VLT ESO na Paranalu, jež se týkala kombinace údajů o ultratrchlouhém (4 h!) GRB (**UL-GRB 111209A**) a následné supernově **2011kl** uvedli, že v tomto případě nešlo o zhroucení hmotné hvězdy na černou díru, jak tomu bývá u LGRB, ale o zcela odlišný mechanismus související s magnetary. Zmíněný úkaz se odehrál v galaxii vzdálené od nás 1,9 Gpc, a od-tud vyplývá, že zmíněná supernova měla třikrát vyšší zářivý výkon než supernovy související s LGRB! Také její spektrum vypadalo odlišně od spekter supernov třídy Ic souvisejících s LGRB. Autoři proto dospěli k závěru, že za tyto obrovské zářivé výkony jsou odpovědné magnetary, které mají v zásobě obrovské energie z extrémně silných magnetických polí.

Vzápětí oznámili P. Schady, že pozorovali další ještě delší **UL-GRB 130925A** v trvání přes 5,5 h (!), jenž se odehrál v galaxii vzdálené od nás 1,2 Gpc. P. Veres aj. objevili rádiový protějšek **UL-GRB** již za 4 h po začátku úkazu, ale nenašli žádné důkazy o zpětné rázové vlně, což je docela záhadné. Brzký nástup rádiového záření pozorovali také A. Horesh aj., kteří však soudí, že pozorovali současně dopřednou i zpětnou rázovou vlnu. P. Evans aj. usoudili na základě obsáhlých pozorování průběhu úkazu a dalších srovnání s jinými objekty, že v tomto případě jsme pozorovali něco zcela originálního, ale souvislost s magnetary je nejpravděpodobnější.

Jak uvedli A. Cucchiara aj., družice Swift si k 10. výročí startu nadělila dárek v podobě dalšího **UL-GRB 141121A**. Rentgenové detektory dokázaly úkaz sledovat po celý měsíc, i když fáze záření gama trvala „jen“ 24 min. Na mnohopásmové světelné křivce autoři objevili dvě anomálie: plohou ranou optickou světelnou křivku a zjasnění v rádiovém a rentgenovém oboru třetí den po začátku jevu. Z červeného posudu optického dosvitu se podařilo odvodit vzdálenost jevu (2,9 Gpc) a izotropní energii v pásmu gama $8 \cdot 10^{45} J$. Gui-rieck aj. si všimli, že v prvním 0,16 s trvajícím intervalu dominovala tepelná složka záření GRB, zatímco netepelná nebyla vůbec patrná. Poté se začala netepelná složka záření vynořovat, až nakonec zcela převládla. Tato náhoda způsobila, že autoři měli perfektní možnost, jak obě složky od sebe odlišit.

A. Melandri aj. zdůraznili velkou důležitost **objevů GRB v nejvzdálenějších hlubinách vesmíru**. Díky obřím teleskopům se totiž daří určit jejich vzdálenosti s potřebnou přesností a tím propárat, jak vypadá raný vesmír. Autoři pozorovali **GRB 140515A** v rentgenovém i optickém oboru, jenž vzplanul ve vzdálenosti 3,9 Gpc, tj. v době 890 mil. let po Velkém třesku. Z pozorování vyplynulo, že GRB se nacházel ve velmi zředěném prostředí, protože ve spektru optického dosvitu se nacházejí jen velmi slabé absorpční čáry. Podrobnejší se týmž problémem zabývali T. Krühler aj., když studovali vlastnosti **96 mateřských galaxií**, v nichž byly pozorovány *LGRB* většinou družicí Swift. Sledovali tak galaxie ve v rozmezí vzdáleností $0,4 \div 3,7 \text{ Gpc}$, tj. ve stáří $1,7 \div 12,4 \text{ mld. let}$ po Velkém třesku. Medián vzdáleností činil 3,0 Gpc. Medián tempa tvorby hvězd dosahoval pro mateřské galaxie **GRB** vzdálené v průměru 0,4 Gpc hodnoty $0,6 M_{\odot}/\text{r.}$ a pro medián vzdálenosti 3,2 Gpc již $15 M_{\odot}/\text{r.}$ Nejbližší **GRB** jeví-

tendencí vyhýbat se galaxiím s vyšší metalicitou, což je dobrá zpráva pro přežití života na Zemi. S rostoucí vzdáleností **GRB** klesá podle očekávání metalicia mateřských galaxií na polovinu hodnoty metalicity Slunce.

A. Abeysekara aj. využili prvních 10 % detektorů budoucí obří aparatury **HAWC** (*High Altitude Water Cherenkov*), která vzniká na úbočí sopky *Sierra Negra* v Mexiku v nadmořské výšce 4,1 km na 19° severní šířky, k pokusu o zachycení mimořádně jasného **GRB 130427A** (červený posuv 0,5; vzdálenost 1,6 Gpc). Pokus byl sice neúspěšný, ale ukázal, že po dokončení aparatury bude možné takové zdroje v oblasti kolem zenitu snadno pozorovat, protože díky své citlivosti zaznamená i částice s energiemi rádu TeV. Jednotlivé detektory mají tvar kovového válce o průměru 5 m a výšce 7,3 m. Každý válec pojme 188 tis. litrů vody. Podobně jako na *Observatoři Pierre Augera* registrují v každém válcí 4 fotonásobiče krátké záblesky Čerenkovova záření, jež vznikají při relativně nadsvětelné rychlosti částic kosmického záření a fotonů záření gama v destilované vodě. Dokončený HAWC dosáhne úhlového rozlišením $0,5^{\circ}$ a jeho zorný úhel zabere na obloze přes 15 % plochy, takže umožní zkoumat současně difusní záření gama z velké části Galaxie včetně jejího centra. Prohlédne 2/3 oblohy během 24 h, protože může pracovat nepřetržitě.

Neméně dramaticky započal výzkum **magnetarů** pozorováním nesmírně silného kratičkého signálu záblesku gama **5. března 1979**, jenž nejprve zasáhl dvě oběžné sondy *Veněra 11* a *12* u planety Venuše, a následně sondy *Helios 2*, *Pioneer Venus Orbiter* a *IESEE*, jakož i řadu druzíč na oběžné dráze kolem Země. Většinou byly aparatury silou signálu zahlceny. Velké časové intervaly příchodu signálu mezi jednotlivými detektory a známá rychlosť světla pak umožnily velmi snadno zaměřit zdroj signálu v *pozůstatku po supernově* starém asi 5 tis. let ve *Velkém Magellanově mračnu*. Vzdálenost zdroje tak byla ihned známa, což umožnilo poměrně rychle odhalit jeho fyzikální podstatu. V r. 1992 zveřejnili R. Duncan a C. Thomson hypotézu, že jde o *neutronové hvězdy s neuveritelně silnou indukcí globálního magnetického pole* rádu až 100 GT . Přestavba siločar tohoto extrémního pole umožní vyzářit obrovské množství energie zejména v pásmu měkkého (*soft*) záření gama. Proto se pro tyto prazvláštní objekty začala užívat zkratka **SGR** (*Soft Gamma Repeater*). To se ukázalo jako prozírávě rozhodnutí, protože se brzy ukázalo, že na rozdíl od klasických **GRB**, jejichž zdroj je po záblesku zničen, zdroje **SGR** přežívají svá vzplanutí bez velkých následků, takže mohou být dokonce rekurentní.

To se potvrdilo u druhého objeveného **SGR 1806-20** během října a listopadu 1996, když aparatury na druzíčích zaznamenaly na 40 vzplanutí. Z téhož zdroje ve vzdálenosti asi 15 kpc přišel další mohutný záblesk **27. prosince 2004** v trvání 380 s, přičemž během prvních 0,2 s zdroj vyzářil tolik energie jako Slunce za 250 tis. let. Jinými slovy jeho *maximální zářivý výkon SGR* převyšuje úhrnný zářivý výkon naší Galaxie o tři rády! Je tedy zřejmé, že magnetary představují zázračné energetické stroje, protože jejich rozměry nepřevyšují 20 km a během svých energetických záblesků předčí i kvasar.

L. Ducci aj. využili citlivosti aparatury **IBIS/SGRI** obervatoře **INTEGRAL** k již desetiletému sledování magnetaru **SGR 1900+14**, jenž se poprvé prozradil vzplanutím **27. srpna 1998**. Přestože je od Země vzdálen 6,1 kpc, projevil se tehdy měřitelnými efekty v zemské ionosféře, když na přivárcené noční straně zeměkoule ionizoval částice v atmosféře bezmála na denní úrovni vyvolanou Sluncem. INTEGRAL je schopen měřit i klidové hodnoty toku **SGR** v tvrdém rentgenovém pásmu $22 \div 150 \text{ keV}$. Za poslední dekádu dosáhla souhrnná expozice zdroje 134 dnů, takže známe i *průběh toku pozadí*, který od objevu klesl pětkrát.

4. Mezihvězdá látka

G. Green aj. pořídili trojrozměrnou mapu rozložení prachu v Mléčné dráze na základě přehlídky oblohy Pan-STARRS 1 a 2MASS (*Two Micron All-Sky Survey*) a pravděpodobnostních rozdělení podle všech směrů pohledu. Mapa má proměnné úhlové rozlišení od 3,4' do 13,7' a přesnost určení vzdálenosti kolem 25 %. Autoři porovnávali zčervenání jednotlivých hvězd s katalogy SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*) a SEGUE (*Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration*) a provedli též srovnání mapy s dříve pořízenými mapami. Autoři doufají, že mapa poskytne široké využití zejména pro výzkum objektů v disku Galaxie.

P. André aj. publikovali výsledky přehlídky *Gould Belt Survey* z dat družice *Herschel*, která mapuje záření prachu v IČ oboru. Autoři objevili přítomnost různě dlouhých filamentů, které se vyskytují téměř ve všech prachových mračnech. Kromě vzdělání je na nich zajímavé to, že ačkoliv se jejich délka mění a typicky dosahuje jednotek světelných roků, jejich tloušťka je prakticky vždy $\frac{1}{3}$ světelného roku. Naznačuje to, že při jejich formování se uplatňuje nějaký důležitý princip. Uvnitř vláken leží mnoho oblastí, ve kterých se formují hvězdy, a autoři předpokládají, že tvorba nových hvězd a vznik těchto filamentů spolu souvisí.

Rozsáhlý tým spolupracovníků sdružení *Planck* zveřejnil předběžné výsledky zpracování měření polarizace teplného záření prachových častic v Galaxii. Autoři zjistili, že polarizovaná složka teplného záření klesá se vzrůstající hustotou sloupce podél směru pohledu, což vysvětlují jako důsledek rozdílných orientací magnetických polí a různé orientace prachových zrn na různých místech v důsledku ozáření z různých směrů. V některých místech dosahuje podíl polarizovaného záření až 18 %. Porovnání mapy polarizovaného záření prachu s intenzitou kosmického záření však neukázalo žádné významné překryvy, je tedy zřejmé, že ačkoliv oba jevy silně ovlivňuje magnetické pole Galaxie, na každý z nich působí jinak.

A. Giannetti aj. objevili pět prachových mračen, která jsou, přesněji řečeno vlastně nejsou vidět v oboru IČ. Jde o temné objekty, které lze detektovat pouze absorpcí ve spektrálních čarách IČ pozadí v pásmu THz. Objekty se velmi pravděpodobně nacházejí na opačné straně Galaxie, ale pouze z analýz spekter to není možné rozhodnout. V každém případě jde o velmi rozsáhlá a hmotná mračna, v nichž dochází k tvorbě nových velmi hmotných hvězd. Autoři upozorňují, že obvyklá tendence předpokládat, že temná prachová mračna se nacházejí spíš blíž než dál, vede k podceňování hmotnosti a svítivosti velmi hmotných hvězd.

E. Campbell aj. laboratorně prokázali, že absorpční pásy na vlnových délkách 963,2 nm a 957,7 nm patří ionizované molekule fullerenu C_{60} . Autoři vytvořili z fullerenu plyn a ochladili ho na teplotu 5,8 K, čímž získali takřka shodné difúzní absorpční pásy, které byly pozorovány poprvé již v r. 1922. Jde o první prokázanou molekulu, zodpovědnou za dva konkrétní absorpční pásy, kterých jsou celkově stovky.

O. Berné, J. Montillaud a C. Joblin simulovali možné způsoby vzniku fullerenů v mezihvězdém prostředí postupnou fotoerozi polycyklických aromatických uhlovodíků. Postupně vznaly různě velké molekuly, z nichž nechali ultrafialovým (UV) světlem odpoutávat atomy vodíku a molekuly C_2 , přičemž zjišťovali, za jak dlouho se molekuly přemění na fulleren C_{60} . Ukázalo se, že v případě molekuly $C_{66}H_{20}$ se za dobu 10^5 let přemění na C_{60} prakticky všechny. Desetitisíce let je typická střední doba života planetární mlhoviny kolem pozůstatku po supernově. Složitější molekuly s větším počtem uhlíkových atomů nestihou za tu dobu erodovat dostatečně, jednodušší molekuly s nižším počtem uhlíku se naopak rozpadnou úplně. Fulleren C_{60} je mimořádně sta-

bilní i za vysokých energií, dokáže tedy přežít velmi dlouho i v podmírkách, kdy jsou jednoduché uhlíkové molekuly buď rozneseny mimo mlhovinu, nebo rovnou rozmetány na jednotlivé atomy či ionty.

Oblaka s vysokou rychlostí (HVC, *high velocity clouds*) vypadají, jako by padala na disk Mléčné dráhy. Astronomové dosud navrhli dva způsoby, jak by něco takového mohlo fungovat: bud jde o plyn, který Galaxie nasává ze svého okolí, nebo o vlastní galaktický plyn, který něco (patrně výbuchy supernov) vyvrhlo mimo disk a který teď padá zpět. F. Fraternali aj. na příkladu HVC skupiny C ukázali, že se uplatňují oba mechanismy současně. Skupina C má svůj původ ve vnějším spirálním rameni *Labutě*, odkud byl plyn vymrštěn před asi 150 Mr. Svým rozpínáním a adiabatickým ochlazováním způsobil podchlazení a kondenzaci mezigalaktického plynu ve vnější obálce galaktického hala, což vedlo k následné akreci do disku Galaxie, jejímiž jsme svědky. W. Janesh aj. poprvé dokázali ztotožnit jeden velmi kompaktní objekt HVC s optickým protějškem, kterým je trpasličí galaxie (nebo velká hvězdokupa) **AGC198606**. Leží ve vzdálenosti asi 378 kpc a její hmotnost je zhruba $5 \times 10^5 M_\odot$, přičemž většinu její hmotnosti tvoří oblaka molekulového vodíku.

5. Galaxie a kvasary

5.1. Hvězdokupy

Observatoř ALMA (*Atacama Large Millimeter/Sub-millimeter Array*) objevila rozsáhlý shluk mezihvězdé látky, který J. Rathborne aj. pokládají za **právě vznikající hvězdokupu**. Autoři pozorovali oblak ve spektrálních čarách 17 druhů molekul a také ve vlnových délkách, v nichž typicky vyzářují prachová zrna. Prach má velice nízkou teplotu, zatímco celková hmotnost a hustota shluku je naopak velice vysoká. Objekt obsahuje nejrůznější struktury velkých i malých měřítek, autoři dokonce věří, že objevili zárodky budoucích velmi hmotných hvězd v bublinách s průměrem přibližně 0,1 pc, v nichž již patrně gravitace převažila nad tlakem záření. **Shluk G0.253+0.016** je pravděpodobně těsně před zrodem hvězdokupy podobného typu jako hvězdokupa *Arches* („Oblouky“) v souhvězdí Střelce. Ta byla objevena r. 1995, obsahuje nadprůměrně vysoký počet hmotných hvězd a nachází se překvapivě blízko k centru Galaxie. Rozložení látky v oblaku je však výrazně komplikovanější než u hvězdokupy *Arches*, z čehož autoři usuzují, že vysoká koncentrace hvězd směrem do centra hvězdokupy musí být důsledkem dynamických procesů, které začnou působit teprve po zformování hvězd.

Modré loudalové (angl. *blue stragglers*) představují zvláštní kategorii hvězd, které se vyskytují v kulových hvězdokupách. Jde o ty členky hvězdokupy, které zdánlivě nestárnou nebo stárnou mnohem pomaleji než ostatní okolní hvězdy. Přestože patří do kategorie hmotnějších hvězd, je jejich vývoj mnohem pomalejší, než by odpovídalo jejich hmotnosti. Důvody jejich vzniku a pomalejšího vývoje jsou nejasné. Jedna z nejvíce populárních hypotéz předpokládá, že modré loudalové souvisejí se splnutím složek těsných dvojhvězd. K. Stepień a M. Kiraga provedli **simulace vývoje 975 dvojhvězdných systémů** s různými parametry včetně výměny hvězdové látky a intenzivních hvězdných větrů hvězd s velmi nízkou metalicitou. Jejich výpočty ukazují, že podstatná část dvojhvězd, které se v průběhu vývoje stanou kontaktní (tj. obě složky vyplní svůj Rocheův lalok), skončí splynutím obou složek právě v jednoho modrého loudala. Záleží na počáteční hmotnosti, rychlosti rotace a oběžné periodě obou složek; ne všechny vzniklé sloučené hvězdy skončí jako modré loudalové. Modely však velice dobře kopírují pozorované

zastoupení jednotlivých typů hvězd v kulových hvězdokupách.

H. Bouy aj. zveřejnili analýzu nového „**sčítání lidu**“ v **hvězdokupě M45**. Plejády jsou sice jednou z nejbližších a také nejmladších hvězdokup, přesto spolehlivě nevíme, které hvězdy do ní skutečně patří a které ne. Autoři využili fotometrická a astrometrická data katalogu DANCE (Dynamical Analysis of Nearby ClustErs), který pokrývá asi dva miliony objektů na přibližně 80 čtverečních stupních oblohy kolem Plejád. S využitím algoritmů z oblasti pravděpodobnostních modelů a kombinací dat DANCE se všemi dříve dostupnými měřeními poloh a jasnosti hvězd autoři vybrali 2 109 hvězd, které jsou s velmi vysokou pravděpodobností členkami hvězdokupy; je jich nejméně o 812 více, než bylo dosud známo – sester tedy ani zdaleka není jen sedm.

J. Heyl aj. zkoumali mladé bílé trpaslíky v kulové hvězdokupě **47 Tucanae** pomocí kamery WFC3 (*Wide-Field Camera 3*) HST (*Hubble Space Telescope*). Ukázalo se, že existují dvě dobře rozlišitelné skupiny – mladší, jasnější bílé trpaslíci, kteří intenzivněji září v UV oblasti, a starší, chladnější, méně hmotní a méně zářiví bílé trpaslíci. První skupina hvězd je typicky stará několik Mr a nachází se poblíž centra hvězdokupy, zatímco druhá skupina má charakteristické stáří 100 Mr a nachází se na okrajích hvězdokupy. Protože s postupujícím věkem ztrácejí bílé trpaslíci hmotnost (z 0,9 na pouhých $0,53 M_{\odot}$), interakce s ostatními hvězdami ve skupině je vyhánějí na okraj hvězdokupy; astronomové tento jev nazývají *gravitační* (nebo též *dynamická*) *relaxace*. Ačkoliv se autorům nepodařilo pozorovat přímo pohyb jednotlivých hvězd (na to je potřeba pozorování během delšího časového intervalu), rozložení obou skupin bílých trpaslíků velmi dobře odpovídá numerickým modelům gravitační relaxace hvězdokup.

D. Kim aj. objevili pomocí 4metrového dalekohledu *Blanco* na Cerro Tololo v Chile **velmi vzdálenou kulovou hvězdokupu**. Leží natolik na okraji Galaxie, že není zřejmé, zda do ní ještě patří. Ve vzdálenosti asi 105 kpc od ní a téměř desetkrát dále, než se typicky kulové hvězdokupy v galaktickém halu vyskytuji, je hvězdokupa **Kim 2** naprostým solitérem. Obsahuje méně hvězd, které mají nižší hustotu; její hvězdy mají naopak vyšší metalicitu a jsou mladší než hvězdy v ostatních kulových hvězdokupách. Autoři upozornují na podobnost s kulovou hvězdokupou **AM 4**, která je spojována s trpasličí galaxií ve Střelci, a navrhují, že v případě **Kim 2** jde také o zbytek po zachycené trpasličí galaxii, kterou kdysi v minulosti pohltila Mléčná dráha. Přítomnost mnoha drobných satelitních galaxií v těsné blízkosti galaxie v Andromedě naznačuje, že jde celkem o běžný jev.

Kulové hvězdokupy v naší Galaxii mají řadu shodných vlastností, z nichž nejvíce vyniká jejich stáří. **Všechny pouhým okem viditelné hvězdokupy severní oblohy jsou staré kolem 12 miliard let**, a ani v nejbližších galaxiích nevypadá situace výrazně jinak. Víme, že existuje skupina mladých hmotných hvězdokup, které nemají dostatečnou hmotnost, aby se z nich vyvinuly hvězdokupy kulové. A přímé vývojové předchůdce (prahvězdokupy) jsme zatím neobjevili. B. Whitmore aj. teď díky velkému úhlovému rozlišení observatoře *ALMA* našli ve splývajících galaxiích **NGC 4038 a 4039**, známých jako *Tykadla*, oblast o průměru o něco větším než 20 pc, která vypadá přesně tak, jak by taková **prahvězdokupa měla vypadat**. Shluk galaktického plynu má hmotnost $5 M_{\odot}$ a nachází se uvnitř vláknité struktury, která se jako most táhne mezi spojujícími se galaxiemi. Autoři odhadují, že během pouze asi jednoho milionu let by se shluk měl začít gravitačně smršťovat a dát vzniknout kulové hvězdokupě. Právě krátká doba, která stačí ke zformování hvězdokupy, je zřejmě důvodem, proč je těchto prahvězdokup málo. K jejich

vzniku jsou také patrně nutné dostatečně velké oblasti s vyšším tlakem a hustotou, které se v samostatných galaxiích nemají jak vytvořit, zatímco při srážkách a splývání galaxií je vyšší pravděpodobnost jejich vzniku.

Kulové hvězdokupy nemusejí mít všechny hvězdy stejně staré. Tzv. horizontální větev Hertzsprungova-Russellova diagramu totiž zahrnuje také horké hvězdy, u nichž občas dochází k propálení termonukleárních reakcí mimo samotné héliové jádro. Taková událost pak v nitru hvězdy způsobí velmi výrazné promíchání materiálu mezi jádrem a vodíkovou obálkou, a právě toto promíchání hvězdné látky je nutnou podmínkou vzniku další generace hvězd, bohatých na helium a zařívejších než obyčejné modré hmotné hvězdy. Kulová hvězdokupa **ω Cen** obsahuje asi 10 milionů hvězd s celkovou hmotností zhruba $4 \times 10^6 M_{\odot}$. Nachází se od nás ve vzdálenosti necelých 5 kpc a obsahuje vysoce nadprůměrné množství právě těchto héliem obohacených hvězd. M. Tailo aj. modelovali **předchozí generaci hvězd** s různými parametry a objevili, že vysoké rotační rychlosti hvězd postačí k tomu, aby se významně zvýšila pravděpodobnost hloubkového promíchání hvězdné látky. Díky tomu pak jádra II. generace hvězd obsahují zhruba o 4 % M_{\odot} více hélia, což je dostatečné k vyšvětlení jejich pozorovaného zastoupení v **ω Cen**. Podle autorů mohou být vysoké rotační rychlosti důsledkem působení dynamických sil velkého počtu okolních (pra)hvězd při formování některých hvězdných zárodků v husté hvězdokupě.

Asociace Cygnus OB2 je sice jedna z nejbližších a také největších skupin hvězd v Galaxii, ale kvůli poloze blízké rovině Mléčné dráhy byla všechna dosavadní měření vzdáleností této asociace od Slunce zatížena velkou chybou. D. Kimmink aj. změřili **vzdálenost čtyř vtipovaných zákrytových dvojhvězd**, které s velkou pravděpodobností do **Cy OB2** patří, a získali střední hodnotu vzdálenosti této asociace $(1,33 \pm 0,06)$ kpc, což je v dobrém souladu s paralaktickými měřením molekulových mračen, které asociaci obklopují. To mimochodem znamená, že *na okrajích asociace stále ještě probíhá tvorba hvězd*. Autoři očekávají, že jejich měření potvrzdí paralaktické vzdálenosti jednotlivých hvězd z přehlídky astrometrické družice *Gaia*.

M. Monelli aj. použili data z kamer *LUCI1* a *PISCES* na Large Binocular Telescope (*LBT*) k **určení věku kulové hvězdokupy M15**. Autoři na porovnání dat z *LBT* s měřenimi *HST* ukazují, že s využitím aktivní a adaptivní optiky je dalekohled schopen poskytnout srovnatelnou kvalitu pozorování i v blízkém infračerveném (IC) oboru spektra. Na základě analýzy rozložení hvězd podél hlavní posloupnosti a umístění horizontální větve Hertzsprungova-Russellova diagramu došli k hodnotě $(12,9 \pm 2,6)$ Gr, resp. $(13,3 \pm 1,1)$ Gr.

R. Barbá aj. analyzovali blízká IC data z přehlídky VVV (*VISTA Variables in Vía Láctea*) ESO a objevili tak **493 nových kandidátů na hvězdokupy**. Prostorové rozložení hvězdokup ukazuje vysokou koncentraci hvězdokup v rovině Galaxie a jejich zvýšený počet v okolí oblastí s intenzivní tvorbou hvězd. Většina kandidátů představuje kompaktní skupiny hvězd obklopené zářícími nebo temnými mlhovinami. Ostatní hvězdokupy vykazují neusporejšanou uzlovitou strukturu. Značná část hvězdokup obsahuje prahvězdy či mladé hvězdné objekty a masery; v 16 případech se dokonce autorům podařilo ztotožnit hvězdokupu s oblastí právě probíhající tvorby hvězd.

Gravitační nestability v planetárních soustavách hvězd vedou nevyhnutelně k **vymetení planet**, z nichž se stanou *nomádi* volně plující mezihvězdným prostorem. L. Wang aj. nechali vymřštěné planety ve velkém množství mnohatělesových simulací pohybovat se prostorem hvězdokupy. Pokud je úniková rychlosť planet z planetární soustavy nízká, opustí planeta hvězdokupu v průměru o 40 % dříve

než její mateřská hvězda, zatímco pokud je úniková rychlosť vysoká, čekají planetu desítky blízkých ($\leq 1\,000$ au) setkání s jinými hvězdami též hvězdokupy. Polovina blízkých setkání se odehraje v prvních 30 Mr, naopak na dobu 100 Mr po vymrštění planety připadá jen necelá desetina interakcí v hvězdokupě. Blízká setkání často vedou k narušení druh planet v soustavě materinské hvězdy, kolem níž nomád proplouvá. V nevelkém počtu případů může dojít i k zachycení planety u jiné hvězdy. Autoři nastiňují, že jakmile bude možné pozorovat bludné planety v konkrétní hvězdokupě, porovnání jejich skutečných vlastností s modely umožní odhadovat historii hvězdokupy.

J. J. Webb a N. W. C. Leigh uskutečnili podobné **mnoha-tělesové simulace pro samotné hvězdokupy**, v nichž nechali po dobu 12 miliard roků vznikat a vyvijet hvězdy. Proměnnými v simulacích byly hmotnosti, velikosti a dráhy hvězd. Cílem bylo zjistit, jakým způsobem se rozdílné počáteční rozložení hmotností projeví po dlouhé době. Autoři zjistili, že všechny simulace ukazují jen nízkou souvislost mezi aktuálním rozložením hmotností hvězd a počáteční velikostí hvězdokupy či počátečním rozložením druh. Téměř vůbec nezáleží na počáteční hmotnosti hvězdokupy, *nejdůležitějším parametrem je překvapivé hmotnost látky, o kterou hvězdokupa v průběhu vývoje přijde*. Na základě porovnání se 33 skutečnými hvězdokupami v Galaxii autoři odhadují, že počáteční hmotnost hvězdokup byla nejméně 4,5x vyšší než současná (tři hvězdokupy ukazují dokonce až na 10x vyšší hmotnost při vzniku).

5.2. Naše Galaxie

Fermiho bubliny, obrovské koule plynu rozpínající se kolmo k rovině Galaxie od jejího centra, objevila v r. 2010 družice *Fermi* v oboru gama. Od té doby byly pozorovány také v rentgenové a radiové oblasti spektra a A. Fox aj. publikovali výsledky pozorování spektrografem *Cosmic Origins Spectrograph* na *HST*. Z jejich měření změn ve spektru vzdáleného kvasaru vyplývá, že *Fermiho bubliny jsou složeny ze dvou druhů plynu* – teplota horkého dosahuje až 10 MK, zatímco chladný má teploty „pouze“ kolem 10 kK. Bubliny se rozpínají rychlostí vyšší než 900 km/s, což znamená, že při příčné velikosti zhruba 2,3 kpc nemohou být starší než 2,5 $\div 4$ Mr. Autoři plánují studium obdobných bublin v cizích galaxiích, aby odhalili podrobnější prostorové rozložení látky v bublinách i jejich chování. Uvedli rovněž, že existence Fermiho bublin pravděpodobně souvisí s tempem tvorby nových hvězd v okolí centra Galaxie. Pokud bude možné v budoucnu pozorovat Fermiho bubliny u jiných galaxií, měli bychom získat podrobnější představu o způsobu jejich vzniku.

M. Tahara aj. zaměřili na bubliny rentgenový spektrometr *XIS* (X-ray Imaging Spectrometer) japonské družice *Suzaku* (původně ASTRO-EII) díky inspiraci z měření bublin pomocí kamery *SSC* (*Solid-state Slit Camera*) na monitoru *MAXI* (*Monitor of All-sky X-ray Image*) na japonském modulu, jenž pracuje na *ISS*. Pomocí *XIS* získali podrobná rentgenová měření z čepičky severní bubliny a výběžku v boční stěně jižní bubliny. Z dat vyplývá, že **bublina ohřívá plyn v galaktickém halu**, jižní bublina je menší, její stěny jsou slabší než u severní bubliny, a osa rozpínání bublin není v důsledku interakcí s okolním plynem kolmá k rovině disku Galaxie.

K. Sarkar, B. Nath a P. Sharma se pokusili vytvořit hydrodynamický model *Fermiho bublin* a ukázali, že stačí nechat v blízkosti centra Galaxie **vznikat hvězdy tempem 0,5 M_⊙/r** po dobu 30 Mr, aby vznikly struktury velmi podobné pozorovaným bublinám. Autoři dále zdůrazňují, že interakce těchto struktur s částicemi kosmického záření umožňují velmi přesně reprodukovat spektrální charakteristiky záření gama a vznik oparu v mikrovlnné oblasti.

Obří molekulová mračna (GMC; *giant molecular clouds*) se obvykle vyskytují v rovině disku Galaxie nebo v její bezprostřední blízkosti. Vzácně jsou k nalezení i ve větších vzdálenostech od disku, ale dosud se předpokládalo, že v nich – na rozdíl od těch diskových – nevznikají nové hvězdy. D. Camargo aj. však pomocí družice *WISE* (*Wide-field Infrared Survey Explorer*) objevili **dve hvězdokupy uvnitř molekulového mračna HRK 81.4-77.8**. Měření vzdálenosti ukázala, že mračno leží ve vzdálenosti $(8,70 \pm 0,26)$ kpc od centra Galaxie a nejméně $(-4,97 \pm 0,46)$ kpc od roviny Galaxie (záporná hodnota značí vzdálenost směrem na jih), tedy jde o *GMC nejvzdálenější od roviny Galaxie*. Stáří mračna se odhaduje na zhruba 2 Mr. Z prvotní analýzy pohybu se zdá, že hvězdokupy i GMC padají zpět na galaktický disk. Autoři uvádějí, že v tom případě je možný způsob vzniku mračna na základě vymrštění plynu z roviny disku, pravděpodobně v důsledku mnohočetných výbuchů supernov. Alternativní vysvětlení říká, že mračno na disk padá volným pádem; pak by mohlo jít o látku zachycenou při gravitační interakci mezi Galaxií a některou z dalších galaxií v *Místní skupině*.

Mezinárodní spolupráce **DES** (*Dark Energy Survey*) publikovala výsledky prvního roku pozorování přibližně 1 800 čtverečních stupňů oblohy z kamery *DECam* na dalekohledu *Blanco* na Cerro Tololo. V datech autoři objevili **osm dosud neznámých galaxií**, které obíhají v Místní skupině kolem Galaxie a/nebo Magellanových mračen. Všechny galaxie jsou vizuálně slabé, s typickými rozměry $10 \div 170$ pc a vzdálenostmi $30 \div 330$ kpc od Slunce. D. Kim aj. potom v datech přehlídky našli **další velmi slabou galaxii**, která se promítá do souhvězdí *Pegase* a leží ve vzdálenosti (205 ± 20) kpc od nás. Autoři uvádějí, že úhlová blízkost k satelitní galaxii *Pisces II* naznačuje, že obě tyto galaxie jsou gravitačně svázány. B. Laevens aj. publikovali objev dalších **tří nových satelitů Mléčné dráhy** v datech přehlídky Pan-STARRS 1 (*Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System*). Všechny tři skupiny hvězd tvoří jakýsi přechod mezi hvězdokupami a galaxiemi – buď jde o rekordně velké hvězdokupy, nebo naopak o mimořádně husté a malé galaxie. V případě **satelitní galaxie Sgr II** jde možná o souputníka kulovité trpasličí galaxie *Sgr dSph*, kterou Mléčná dráha v minulosti gravitačně zachytily.

T. de Boer aj. prozkoumali **rozdělení hvězd ve dvou proudech hvězd**, které se táhnou mezi naši Galaxii a právě zmiňovanou *Sgr dSph*. Historie rychlosti vzniku hvězd v obou proudech ukazuje, že Mléčná dráha gravitačním zachycením této trpasličí galaxie před $5 \div 7$ miliardami let téměř ukončila tvorbu hvězd. Slabší proud byl patrně vytržen dříve; obsahuje velmi staré hvězdy s nízkou metalicitou. V průběhu vysávání hvězd Galaxií se v něm opět částečně obnovila tvorba nových hvězd, zatímco silnější proud se nejspíš vytvořil později a Galaxie jím přitahuje o něco mladší hvězdy ze vzdálenějších oblastí trpasličí galaxie *Sgr dSph*. Autoři zdůrazňují, že podobná **hvězdná archeologie** ostatních satelitů Mléčné dráhy je důležitá pro pochopení, jakým způsobem naše Galaxie získala svou současnou velikost a hmotnost.

O **Mléčné dráze** jsme navyklí uvažovat jako o spirální galaxii, která možná má, možná nemá příčku, ale v každém případě se její ramena odvíjejí od středu v rovině plochého disku až do okrajů, kde se postupně vytrácejí. Y. Xu aj. však publikovali analýzu zastoupení hvězd v přehlídce *SDSS*, z níž vyplývá, že směrem od centra Galaxie je **struktura spirálních rám složitější**. Již dříve objevené struktury *Monoceros Ring* (prstenec v Jednorožci) a *TriAnd overdensity* (zhuštěnina v Trojúhelníku a Andromedě) jsou totiž od roviny disku Galaxie posunuty směrem na sever nebo na jih přibližně o 100 pc každé zhruba $2 \div 3$ kpc s rostoucí vzdáleností od Slunce a centra Galaxie. Jako by tyto struktury netvořily

jen hustotní vlny, ale zároveň částečně kopírovaly vrcholy vln či jakýchsi vrásek v disku Galaxie. Podle autorů jsou tyto vrásky rozděleny úhlově nerovnoměrně; velmi pravděpodobně souvisejí se zachycením některé trpasličí galaxie v minulosti. Hlavním podezřelým je opět galaxie *Sgr dSph*.

A. Küpper aj. modelovali **proud hvězd za kulovou hvězdokupou Palomar 5**, která v důsledku působení slapových sil po průletu diskem Mléčné dráhy ztrácí hvězdy. Hvězdokupa je od Slunce vzdálena asi 23,5 kpc, proud se za ní táhne do vzdálenosti nejméně 9 kpc a má hmotnost minimálně $5 \times 10^9 M_{\odot}$. Autoři uskutečnili několik milionů simulací a modely porovnávali s pozorovanými polohami skutečných hvězd. Tímto způsobem došli k nejpravděpodobnějším vlastnostem Galaxie, aby bylo možné vysvětlit pozorované rozložení hvězd v proudu za hvězdokupou: do vzdálenosti asi 19 kpc od centra je hmotnost Galaxie přibližně $210 GM_{\odot}$ a Slunce se nachází asi 8,3 kpc od jejího centra. A. Williams a N. Evans odhadli **hmotnost Galaxie z pohybu hvězd v galaktickém halu**. Protože je nemožné rozumět odhadnout, jak velkou část z hvězd halové složky ve skutečnosti nevidíme, ať už proto, že jsou příliš slabé, příliš daleko nebo nám je zakrývá nějaká mezihvězdná látka, nechali též vygenerovat velké množství modelů, které porovnávali se skutečností. Podle jejich výpočtu je uvnitř koule s poloměrem 50 kpc hmotnost Galaxie $4,5 \times 10^{11} M_{\odot}$.

Kolem černé veledíry ve středu Mléčné dráhy kromě hvězd centrální hvězdokupy obíhá také zdánlivě plynný objekt, označovaný jako G2. Astronomové ho objevili v r. 2011 a v březnu 2014 prošel pericentrem své dráhy. Z nějakého důvodu se působením slapových sil nerozpadl, jak astronomové předpokládali, a tak se stal předmětem zájmu mnoha výzkumných týmů na celém světě. Zásadní otázka se netýká ničeho menšího, než co je G2 vlastně zač. Jeho extrémně eliptická dráha naznačuje, že nějakým způsobem ztratil velkou část momentu hybnosti na dráze původně kruhovější. Aby toho nebylo málo, při průletu pericentrem dráhy nevyvolal v plynu obklopujícím centrální černou veledíru očekávanou rázovou vlnu a předpokládané záblesky záření v rentgenovém oboru nenastaly. O. Pfuhl aj. zveřejnili výsledky spektroskopie v blízké oblasti IČ záření pokročilým spektrografem SINFONI (*Spectrograph for INtegral Field Observation in the Near Infrared*) na VLT (*Very Large Telescope*), z nichž vyplývá, že **G2 je protáhlý plynný útvar** a podobný objekt G1, nalezený o pět let dříve, se původně nacházel na stejně dráze jako G2. Autoři se přiklánějí k vysvětlení, že G2 a G1 jsou zhuštěníny dlouhého plynného proudu.

G. Bower aj. potvrdili **absenci zvýšení jasu či záblesků také v mikrovlnné oblasti** na základě pozorování průchodu objektu G2 pericentrem dráhy na observatoři ALMA. Podle nich tvoří G2 bud' magneticky zamrzlé plazma, ejekce hvězdného větru nebo cirkumstelární obálka odhozená při splynutí dvojhvězdy. **Žádné změny v jasnosti** nenalezli ani M. Tsuobi aj. v datech japonské části sítě VLBI (*Very Large Baseline Interferometry*) a J.-H. Park aj. v datech evropské části GMVA (*Global Millimeter Very long baseline interferometry Array*).

F. Yusef-Zadeh aj. pozorovali úhlovou plošku o poloměru 30" kolem **centrální černé veledíry** observatoří VLA (*Very Large Array*) na vlnové délce 8,8 mm a objevili 44 kompaktních diskovitých objektů obíhajících kolem centra. Tyto objekty nejsou viditelné v blízké IČ oblasti, jejich velikostí se pohybují od 400 do 1 600 au. Autoři nabízejí vysvětlení v podobě vznikajících protoplanetárních disků kolem hvězd s nízkou hmotností, které se zformovaly z materiálu dostupného v centrální hvězdokupě. Pokud mají pravdu, znamená to, že v bezprostředním okolí centrální veledíry probíhá tvorba hvězd nikoli ve vlnách, ale průběžně; na současných

drahách totiž hvězdy nečeká nikterak dlouhý život a stáří protoplanetárních disků zároveň nemůže být vyšší než $10 \div 100$ tisíc let. B. Jalali aj. simulovali na počítači **prostředí v akrečním disku kolem centrální veledíry**. Přišli na to, že vzhledem k trvalému přísunu látky v podobě padajících hvězd může být hustota disku v některých místech natolik velká, že převáží nad slapovými silami a v *akrečním disku se začnou tvorit hvězdy stejným způsobem jako planety v protoplanetárních discích*. Autoři dále nabízejí bizarní model vzniku hvězdy, která se zformuje z molekulového mračna na výstředné dráze, jež je v pericentru dráhy vystaveno silné prostorové kompresi, a může proto převážit nad slapovými a odstředivými silami. Pokud je oblak dostatečně velký, může se v jeho jádru zrodit hvězda. Právě takový případ by teoreticky mohl být výše zmínovaný objekt G2.

R. Branham publikoval **numerické výpočty drah 36 061 hvězd** spektrálních typů A až F, které jsou výhodné zejména proto, že jsou hojně zastoupeny i nad a pod rovinou disku Galaxie. Z analýzy drah vyplývá, že vzdálenost Slunce od těžiště Galaxie je $(7,67 \pm 0,07)$ kpc. Autor dále zmiňuje, že populace hvězd A-F se v Galaxii rozpíná rychlostí asi 1 kpc za 10^7 let, což je podezřele vysoké číslo, ale nelze vyloučit, že jde jen o relativně krátkodobou fluktuaci. S. Chatzopoulos aj. publikovali **nezávislé měření parametrů jádra Galaxie** na základě pohybů hvězd v centrální hvězdokupě. Vzdálenost od Slunce jim vychází vyšší, $(8,33 \pm 0,11)$ kpc, hmotnost hvězd v hvězdokupě do úhlové vzdálenosti 100" je podle nich $(8,94 \pm 0,90) MM_{\odot}$ a hmotnost centrální veledíry $(4,23 \pm 0,14) MM_{\odot}$. Dále autoři odhadují, že hmotnost obřího akrečního disku kolem veledíry je $(2 \div 6) \times 10^7 M_{\odot}$, takže její sféra vlivu (oblast, kde její gravitační potenciál převažuje nad gravitačním potenciálem kteréhokoli dalšího tělesa) sahá do vzdálenosti 3,8 pc.

5.3. Místní soustava galaxií

N. Lehner, Ch. Howk a B. Wakker našli v archivních snímcích UV spektrografovi COS (*HST*) **absorpční zkreslení spekter 18 vzdálených kvasarů** v těsném okolí galaxie v Andromedě. V čarách křemíku se autorům podařilo v různých projektovaných vzdálenostech od M31 určit radiální rychlosť plynu, který absorpcí způsobuje. Na základě odhadu hustoty podél směru pohledu autoři modelovali množství látky v okolí galaxie a zjistili, že hmotnost plynu a prachu kolem ní do zhruba dvojnásobku jejího poloměru (přibližně 300 kpc) je nejméně $2 \times 10 MM_{\odot}$, resp. $3 \times 10 GM_{\odot}$. Tým družice *Planck* publikoval **předběžné výsledky pozorování M31**; *Planck* galaxii detekoval ve všech spektrálních pásmech včetně rozlišení spirálních ramen a změřil tepelné vyzařování prachu v různých vlnových délkách. Teplota prachových částic se pohybuje od 22 K v blízkosti centra galaxie po asi 14 K za prstencem ve vzdálenosti 10 kpc. Z rozložení intenzity záření v pásmu 20 ÷ 60 GHz autoři odhadují průměrnou rychlosť tvorby hvězd na 0,12 M_{\odot}/r .

R. Wagner-Kaiserová aj. **analyzovali data cefeid** z archivu PHAT (*Panchromatic Hubble Andromeda Treasury*) dalekohledu *HST* a zjistili, že pro vizuální a IČ data se modul vzdálenosti mírně liší, rozdíl mezi daty *PHAT* a dřívějšími pozemskými pozorováními je však podstatně větší. Modul vzdálenosti je rozdíl mezi pozorovanou magnitudou a absolutní magnitudou, plynoucí z lineární závislosti mezi periodou cefeidy a její jasností. Příčina nesouladu není známá, autoři spekulují o systematickém fotometrickém zkreslení pozemských vizuálních pozorování. Data také ukazují, že vztah perioda-jasnost není zcela lineární a nesouvisí s metaclicitou hvězd, jak se dosud soudilo.

K. A. Evansová a P. Massey objevili **prchající hvězdu** v M31, první svého druhu v jiné galaxii. Jde o červeného

veleobra s hmotností asi $12\text{--}15 M_{\odot}$, stářím přibližně 10 Mr a povrchovou teplotou 3 700 K. Jeho rychlosť $400 \div 450$ km/s je srovnatelná s únikovou rychlosťí z galaxie.

F. A. Gómez aj. na základě nedávných odhadů násobně větší hmotnosti Velkého Magellanova mračna (*LMC*) **modelovali chování Mléčné dráhy a okolních galaxií** v systému, který nepředpokládá, že poloha Mléčné dráhy je pevná v prostoru. Pro různé hmotnosti *LMC* zjistili, že *těžiště Galaxie se může během půl miliardy let posunout až o 30 kpc* a pohyb galaxií kolem společného těžiště má vcelku pochopitelně vliv na sklon rotační osy Galaxie. Dále přišli na to, že slapové působení Mléčné dráhy a *LMC* na *trpasličí galaxii ve Střelci* je v těchto modelech mnohem silnější a daleko lépe odpovídá pozorovanému rozpadu a vysávání látky této galaxie. Autoři zdůrazňují, že modely jsou vzhledem k neznámé skutečné hmotnosti *LMC* (a dalších galaxií *Místní skupiny*) jen předběžné, ale rozhodně ukazují, že *Místní skupina galaxií neobíhá jenom kolem Mléčné dráhy*.

Nejbližší sousední galaxie LMC se také ukázala jako zdroj kosmického záření. Spolupracovníci týmu observatoře H.E.S.S. (*High Energy Stereoscopic System*), což je soustava optických dalekohledů, které detekují atmosférické Čerenkovovo záření, zveřejnili **detektce tří zdrojů gama záření uvnitř LMC**. Prvním zdrojem je nejenergetičtější známý **pulsar N157B** a jím urychlovaný hvězdný vítr, druhým zdrojem je pozůstatek po supernově **N132D** a posledním, nejjazdímařejším zdrojem je rázová vlna v horké plynové bublině **30 Doradus C**, patrně nejrozsáhlejší známé oblasti vzniku nových hvězd v *Místní skupině galaxií*. K velkému překvapení autorů se observatoři nepodařilo zachytit žádné gama záření ze zbytku po supernově SN1987a.

5.4. Galaxie v lokálním vesmíru

Kupa galaxií ve Vlasech Bereniky (*Abell 1656*) pomohla F. Zwickymu v r. 1933 odhalit existenci skryté látky. P. van Dokkum aj. zveřejnili nedávný **objev 47 galaxií v této kupě**, které ač mají rozdíly srovnatelné s naší Galaxií, mají nízkou hmotnost pouze $\sim 6 \times 10^7 M_{\odot}$, což znamená, že jsou mimořádně řídké. Aby taková řídká struktura držela pohromadě, musí nutně obsahovat velké množství skryté látky (až 98 %). Jednu z galaxií se autorům podařilo najít v archivních datech kamery ACS (*Advanced Camera for Surveys*) *HST*. Tato data neprokázala přítomnost satelitních trpasličích galaxií, které by mohly obsahovat další hvězdy, což znamená, že objevené galaxie jsou skutečně velmi řídké. Autoři navrhují, že překotná aktivita supernov v první generaci hvězd způsobila rozfoukání mezihvězdného plynu a znesnadnila tvorbu hvězd další generace.

Tato studie vyvolala okamžitou odezvu a J. Koda aj. obrazem provedli analýzu dostupných dat v archivu teleskopu *Subaru*. Výsledky potvrzují **existenci velkého počtu difúzních galaxií**, autoři jich našli 854 a odhadují, že v celé kupě jich může být i více než 1 000. Typická hmotnost se pohybuje v rozmezí $(0,1 \div 5) \times 10^8 M_{\odot}$. Některé z galaxií mají hustší jádro a některé se nacházejí také blíže k centru kupy. To znamená, že je musí držet pohromadě ještě větší množství skryté látky, jinak by se působením slapových sil rozpadly. Zastoupení difúzních galaxií je v této kupě větší než v ostatních, což naznačuje, že mechanismus odstranění plynu je charakteristický pro galaktické a mezigalaktické prostředí v ní.

Kupa galaxií v Panně je nejbližší k nám a druhá nejjasnější v rentgenovém oboru na celé obloze. Obsahuje přes 2 000 galaxií a mezi nimi se nachází množství horkého mezigalaktického plynu, který vydává rentgenové záření. A. Simeonescu aj. zaměřili na kupu detektory družice *Suzaku*, a ve čtyřech směrech proměřili **zastoupení železa, hořčíku, křemíku a síry**.

Jejich výsledky ukazují, že po obohacení první generací supernov bylo průměrné složení látky v této kupě galaxií i před deseti miliardami let (kupa leží asi 16,5 Mpc od nás) zhruba stejně, jako je současné složení naší Galaxie. Znamená to, že *látku je ve vesmíru (alespoň v tom viditelném) velice dobře promíchána a i přes velké vzdálenosti vykazuje jen drobné změny složení*.

Q. Parker aj. objevili ve skenech přehlídky SHS (*Super-COSMOS Hα Survey*) z dalekohledu UKST (*UK Schmidt Telescope*) **srážející se galaxie**, jejichž prolínání vytváří kolem největší z nich **prstenec zářící v čáře H α** . Kombinací s pozorováním v jiných spektrálních oborech autoři odhadli vzdálenost galaxií na přibližně 10 Mpc. Celý systém má napříč asi 15 kpc, hmotnost $6,6 \times GM_{\odot}$ a prstenec o poloměru asi 6,1 kpc tvoří oblasti překotné tvorby hvězd. Jde o první případ, kdy je srážkou indukovaná tvorba hvězd pozorována v tak malé a relativně málo hmotné galaxii. Dosud jsme takové prstence pozorovali jen u mnohem větších galaxií. Systém dlouho unikal pozornosti, protože se na obloze nachází v Mléčné dráze, a navíc leží v těsné blízkosti poměrně jasné hvězdy.

A. Klypin aj. proměřili **počet a rychlosti galaxií v oblasti do vzdálenosti 10 Mpc** od naší Galaxie. Z jejich analýzy vyplývá, že žádný z modelů skryté látky zcela nevytváří vlastní pohyby galaxií ve skupině. Pozorováním odpovídá Λ CDM (Λ představuje kosmologickou skrytou energii, CDM chladnou skrytou látku), ovšem jen pro dostatečně hmotné a rychlé galaxie. I tento nejlepší model nevytváří dobře zastoupení trpasličích galaxií – ve skutečnosti jich pozorujeme až $5\times$ méně a pohybují se nižšími rychlosťmi. WDM model (teplá skrytá látka, tvořená hlavně neutriny a energetickými slabě interagujícími částicemi) si nevede o nic lépe. Podle autorů by bylo možné použít model Λ CDM, kdyby se v pozorované oblasti nacházela zhruba tisícovka galaxií, každá s hmotností $10^{10} M_{\odot}$, extrémně nízkou plošnou jasností a žádným detektovatelným mezihvězdným plymem; zatím však nebyla objevena ani jedna taková galaxie.

5.5. Galaxie v hlubokém vesmíru

P. Oesch aj. porovnali pole kolem kupy galaxií *Abell 2744* s kontrolním polem mimo kupu s cílem **odhadnout tempo tvorby hvězd v raném vesmíru** v intervalu 480 \div 650 mil. let po Velkém třesku. Při zobrazování takto raných hvězdných soustav využili zesílení jejich obrazů mocnou gravitační čočkou zmíněné kupu. Snímkování probíhalo v blízké infračervené oblasti 1,25 a 1,6 μm a autoři tak zjistili, že během tohoto kosmologicky krátkodobého období tempo tvorby hvězd výrazně klesalo. Tato měření naznačují, jakým přínosem pro kosmologii raného vesmíru by bylo zatím bohužel stále odkládané vypuštění infračerveného teleskopu *JWST*.

Mezinárodní tým astronomů ESO (Francie, SRN, Holandsko, Švýcarsko) pod vedením R. Bacona z Lyonu vyvinul v letech 2009–2014 unikátní kameru **MUSE** (*Multi Unit Spectroscopic Explorer*) vybavenou pokročilým systémem adaptivní optiky. Kamera je instalována u teleskopu *UT4 VLT* (Yepun – Venuše) na Paranalu. Během prvních testovacích pozorování v r. 2015 autoři ukázali, že jde o doslova zázračný přístroj, protože během 27 h integračního času krátkých expozic v *DFS* (Jižní hluboké pole) *HST* kamera zaznamenala v zorném poli o úhlové ploše 1 čtv. minuta 90 tis. spekter vzdálených objektů. Autoři změřili v tomto poli červené posuvy 189 galaxií s magnitudami v infračerveném pásmu 814 nm až 29,5 mag! Mezi nimi bylo **26 galaxií s emisní čárou Ly- α** , které nezaznamenala kamera *WFPC2 HST*. V infračerveném spektru některých galaxií dále našli čáry [O II] a [O III], polozakázanou čáru C III] i vodíkové čáry H α a H β . Určili rozložení četnosti červených posuvů,

které je poměrně ploché, ale vykazuje známý pokles (poušť) v intervalu posuvů 1,5 – 2,9 (vzdálenosti $2,9 \div 3,5$ Gpc). Nej-vzdálenější objekty zaznamenané na snímcích se nacházejí ve vzdálenosti 3,9 Gpc (880 mil. let po Velkém třesku).

P. Oesch aj. určili s vysokou přesností vzdálenost **galaxie EGS-zs8-1** (poloha 1420+5300; infračervená jasnost v pásmu $H = 25,0$ mag) pomocí spektrální kamery MOSFIRE (*Multi-Object Spectrometer for Infra-Red Exploration*) na 10m *Kec-kově teleskopu*. Galaxii vybrali na základě předešlých studií v programu **CANDELS** (*Cosmic Assembly Near-Infrared Deep Extragalactic Survey*) HST a fotometrie IRAC (*Infra-red Array Camera*) na kosmickém teleskopu *SST*, a trefili se do černého. Červené posuvy se $z > 7$ se dají změřit jen obtížně, protože většina silných spektrálních čar je posunuta příliš daleko do infračerveného pásmu. Naštěstí byla zmíněná galaxie dost jasná, takže se zdařilo změřit polohu posunuté infračervené čáry vodíku Lyman- α na úrovni přes 6σ , tj. $z = 7,730$, čemuž odpovídá vzdálenost 4,00 Gpc, zářivý výkon v čáře Lyman- α $1,2 \cdot 10^{36}$ W (3 GL_\odot), stáří galaxie 680 mil. let po Velkém třesku a její hmotnost 8 GM_\odot . V galaxii se tehdy tvořily hvězdy tempem $80 \text{ M}_\odot/\text{r.$ a její zářivý výkon dosahoval 60 GL_\odot . V květnu 2015 šlo tedy o nejvzdálenější jasnou galaxii se spolehlivě změrenou a spektroskopicky ověřenou kosmologickou vzdáleností.

Jenže už v září téhož roku posunuli tuto hranici ještě dále A. Zitrin aj. díky pozorováním kamerou *MOSFIRE*. K výběru galaxie použili opět údajů z kamery *IRAC SST*. I v tomto případě šlo o extrémně jasnou galaxii **EGSY8p7** (poloha 1420+5253) v čáře Lyman- α . Během 4,3 složené expozice spektra tak obdrželi červený posuv $z = 8,68$ pro galaxii s jasností $H = 25,3$ mag, v dobré shodě s již dříve fotometricky určeným posuvem $8,6 \pm 0,3$ (vzdálenost 4,03 Gpc; stáří 580 mil. let po Velkém třesku). Autoři současně uvádějí, že tato pozorování mohou postupně dobře zmapovat stav reionizace vesmíru během jeho vynoření ze šerověku.

C. Vlahakisová aj. zpracovali výsledky prvních zkušebních měření mikrovlnné aparatury *ALMA* s největší lineární základnou 15 km. Aparatura tak docílila úhlového rozlišení až $0,02''$ ve frekvenčních pásmech 151, 236 a 290 GHz (vlnové délky $1,3 \div 2,0$ mm). Cílem měření byla **galaxie HATLAS J0903+0039** vzdálená 3,6 Gpc zobrazená gravitační čočkou mezilehlé eliptické galaxie ve vzdálenosti 1,1 Gpc. Přesné slícování zorného úhlu obou galaxií způsobilo, že čočkovaná galaxie se jevila jako téměř dokonalý *Einsteinův prsten* s úhlovým poloměrem $1,5''$. Lineární rozlišení obrazu čočkované galaxie tak dosáhlo 180 pc. Uprostřed prstenu je patrné spektrum centra mezilehlé čočkující eliptické galaxie. Ve spektru čočkované galaxie autoři identifikovali početné čáry CO a H_2O .

D. Watson aj. objevili ve spektrech velmi vzdálené galaxie **A1689-zD1 emisní čáry prachových částic**. Na tom by nebylo nic divného, kdyby optické spektrum galaxie nevykazovalo červený posuv $z = (7,5 \pm 0,2)$, což znamená, že galaxie existovala už pouhých 700 Mr po Velkém třesku. Že ji vůbec můžeme pozorovat je důsledkem náhody, že jedna z galaxií kupy Abell 1689 leží přesně mezi námi a zmíněnou galaxií a funguje jako gravitační čočka, která prodlužuje dosah našich teleskopů. Optické spektrum z *VLT* a mikrovlnné z observatoře *ALMA* také ukazuje, že tvorba hvězd v *A1689-zD1* probíhá tempem $3\text{--}9 \text{ M}_\odot/\text{r.$ Prach v galaxii má hmotnost asi $4 \times 10^7 \text{ M}_\odot$ a galaxie ho obsahuje zhruba stejně jako látky, obsažené ve hvězdách. To znamená, že hvězdy první generace měly jen asi 150 Mr na to, aby ho vytvořily dostatečné množství. Objev představuje nejvzdálenější známou galaxii podobného typu, jako je Mléčná dráha.

S. Salviander, G. A. Shields a E. W. Bonning prozkoumali **vztah mezi hmotností centrální černé veledíry a jasností**

hostitelské galaxie v množině známých kvasarů z poslední dálky uvolněných dat přehlídky *SDSS*. Ukázali, že pro $vzdálenost \geq 3,5 \text{ Gpc}$ odpovídající červenému posuvu $z \geq 0,8$ dochází k systematickému odklonu od známé závislosti. Podstatné je, že rozšíření emisních čar O III (dvakrát ionizovaný kyslík) je přímo úměrné tomuto odklonu a zřejmě souvisí s rychlosí rotace jednotlivých hvězd kolem centra galaxie; v každém případě ho lze použít jako korekční faktor závislosti.

C.-W. Tsai aj. oznámili objev **20 mimořádně jasných galaxií** v IČ **oboru** z dat družice *WISE*. Celková jasnost těchto galaxií přesahuje 10^{14} L_\odot , pět galaxií přesahuje tuto jasnost jen v samotném IČ záření. Všechny galaxie mají červený posuv $z > 3$. Autoři z rozložení energie ve spektrech ukazují, že za vysokou jasnost je zodpovědný horký plyn s teplotami kolem 450 K, který se s velkou pravděpodobností nachází v okolí centrální veledíry, jež samotná zůstává zcela zakrytá zářící látkou. Z porovnání s opticky identifikovanými aktivními galaktickými jádry dále autoři odvozují, že centrální díry mohou ve velice krátkém čase pohltit plyn o hmotnosti tisícovek M_\odot .

Modelování **vzniku galaxií** se stále více rozvíjí. Podle současných názorů proudí mezigalaktický poměrně chladný plyn podél vláken kosmické pavučiny do míst, kde se skrytá látka nachází ve shlučích, a tam vytváří diskové nebo prstencové struktury, ze kterých se v příhodných místech nakonec vytvoří galaxie. D. Martin aj. objevili právě takový **zářící proud plynu poblíž kvasaru UM287** s červeným posuvem 2,279 (vzdálenost 3,3 Gpc). Autoři využili spektrograf *PCWI* (*Palomar Cosmic Web Imager*) na 5m *Haleově teleskopu* a zjistili, že nezářivější oblast tvoří rotující plynný disk s hmotností asi 10^{13} M_\odot , který je zřejmě napojený na chladný proud podél slabě zářícího vlákna.

M. Rafelski aj. zpracovali **katalog 9 927 galaxií** z **Hubbleova UDF** (*Ultra Deep Field*), k nimž pořídili spektra od blízkého UV až po blízké IČ záření. Podařilo se jim výrazně zpřesnit hodnoty červených posuvů jednotlivých galaxií, zejména pro hodnoty $z < 0,5$ a naopak $z > 2$, což umožní přesněji měřit vzdálenosti jiných galaxií. Vedlejším produktem práce jsou vylepšené postupy zpracování obrazu z kamer *HST*.

5.6. Gravitační čočky a mikročočky

M. Oguri vytvořil **model čočkující kupy galaxií MACS J1149+2223**, která posloužila jako teleskop a zobrazila Einsteinův kříž supernovy *Refsdal*, která vybuchla ve vzdálené galaxii ($z = 1,49$; vzdálenost 2,9 Gpc). Podle autora se jeden nepovšimnutý obraz supernovy objevil před 17 roky a zhruba za rok po Einsteinově kříži by se měl objevit další. Míra zjasnění jednotlivými čočkami je asi $9x$ až $15x$. K. Sharonová a T. Johnsonová vylepšily **matematický model zpracování obrazů zmíněné supernovy Refsdal**, jejíž obraz se téměř přesně podle predikce znova objevil na několika místech uvnitř kupy galaxií mezi listopadem a prosincem 2015. Díky postupnému objevování dalších obrazů v důsledku ohýbu světla kolem hvězdokupy se autorkám podařilo nejen zpřesnit prostorové rozložení čočkující kupy galaxií, ale především dokázaly zrekonstruovat obraz a polohu původní mateřské galaxie, ve které supernova vybuchla.

R. Cañameras aj. oznámili objev **11 mimořádně jasných galaxií** v datech družice *Planck*. Autoři zkombinovali družcovou pozorování z *Plancku* s daty přístroje SPIRE (*Spectral and Photometric Imaging REceiver*) na družici *Herschel* a následnými pozemními pozorováními na *VLT ESO*. V dalekém IČ a submilimetrové oblasti spektra objevili zesílené obrazy galaxií, jejichž zdánlivá jasnost dosahuje až $3 \times 10^{14} \text{ L}_\odot$. Červené posuvy galaxií jsou $2,2 \div 3,6$ (vzdálenosti $3,3 \div 3,7$ Gpc)

a zesílení jasnosti na základě spektrálních charakteristik je zhruba desetinásobné. Gravitační čočky je možné využít ke studiu galaxií s velmi velkými červenými posuvy, ale vyžaduje to pokrýt co možná největší rozsah elektromagnetického spektra.

A. Udalski, M. K. Szymański a G. Szymański zveřejnili přehled čtvrté fáze přehlídky OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*), která pokrývá přes 3 000 čtv. stupňů oblohy a pravidelně sleduje miliardu světelných zdrojů. Přehlídka se zaměřuje především na výdut' naší Galaxie a Velké a Malé Magellanovo mračno; objeví ročně zhruba 200 supernov, přibližně 2 000 mikročočkových zesílení a doposud má na kontě také několik tisíc proměnných hvězd. Přes 50 tisíc snímků obsahuje asi 34 TB surových dat, z nichž nemalá část ještě čeká na další zpracování.

E. Mediavilla aj. zveřejnili analýzu světelných křivek tří mikročočkových zesílení kvasaru Q2237+0305, mj. i z experimentu OGLE, z nichž vyplývá, že zjasnění vzniklo v těsné blízkosti centrální černé veledíry kvasaru. Autoři na základě vlastních zpracování dat i předchozích studií odhadují, že zářící oblast se nachází uvnitř akrečního disku a její velikost je jen $(5,3 \pm 2,7)$ Schwarzschildova poloměru. Hmotnost centrální veledíry je asi $1,2 \times 10^9$ M \odot . Budoucí podrobné přehlídky oblohy jako LSST (*Large Synoptic Survey Telescope*) by měly přinést data o tisícovkách podobných mikročočkových zesíleních, díky nimž snad budeme moci studovat procesy v těsné blízkosti center kvasarů.

5.7. Kvasary a aktivní jádra galaxií

V. Paliya aj. sledovali obří výbuch blazaru CGRaBS J0809+5341 (vzdálenost 3,3 Gpc), jenž se v dubnu 2014 náhle zjasnil o 5 mag, takže dosáhl 15,7 mag., čili zářivého výkonu 130 TL_\odot ($5 \cdot 10^{40} \text{ W}$). Výbuch pozorovala nejprve družice *Fermi* pomocí širokoúhlého detektoru LAT v pásmu záření gama. Sestupnou fazí výbuchu pak autoři sledovali pomocí rentgenových družic *NuSTAR* a *Swift*. V optickém oboru byla nápadná vysoká 10 % polarizace světla. Spektroskopie SDSS ukázala, že akreční disk kolem černé veledíry má zářivý výkon $1,5 \cdot 10^{38} \text{ W}$ a veledíra hmotnost 250 MM \odot . Autoři se navíc domnívají, že bezprostřední příčinou výbuchu byl silný kolimovaný výtrysk, protože centrum zjasnění mělo nesouměrnou polohu vůči centru blazaru.

F. Wang aj. objevili ultrasvítivý kvasar J0306+1853 (vzdálenost 3,9 Gpc), v jehož centru se nachází obézní černá veledíra o hmotnosti $(10,7 \pm 2,7)$ GM \odot , jehož bolometrický zářivý výkon dosahuje 340 TL_\odot ($1,3 \cdot 10^{41} \text{ W}$). Podle autorů jde přitom o izotropně zářící zdroj, protože jeho zářivý tok je stálý, rádiově je téměř tichý a emisní čáry ve spektru jsou velmi široké. Navíc se v jeho spektru vyskytují absorpcní čáry z mezilehlého objektu ve vzdálenosti 3,7 Gpc. Jde tedy o jedinečnou laboratoř, která umožní podrobně prozkoumat veledíry s nejvyšší možnou hmotností, jež neuvěřitelně rychle dosáhly zralosti ve velmi raném vesmíru.

Jedním z nejdéle a nejlépe sledovaných kvasarů je bezpochyby blazar 3C-279 (vzdálenost 1,6 Gpc) objevený už v r. 1965 díky své rádiové hlučnosti. Od té doby se sleduje v různých spektrálních oborech, protože jeví výrazné krátkodobé i dlouhodobé změny svého zářivého výkonu. V r. 1996 se podařilo pomocí detektoru EGRET (*Energetic Gamma Ray Experiment Telescope*) na družici Compton (NASA) pozorovat výrazné vzplanutí blazaru v pásmu záření gama ($0,1 \div 300 \text{ GeV}$), což upoutalo pozornost astrofyziků.

Jakmile odstartovala družice *Fermi*, měřila pomocí aparatury LAT (*Large Area Telescope*) soustavně jasnost blazaru ve zmíněném pásmu. V prosinci r. 2013 a znova v dubnu r. 2014 pozorovala další vzplanutí, jež v maximu shodně dosáhlo zvýšení výkonu v pásmu gama na úrovni 60 % výkonu

při vzplanutí v r. 1996. Podle V. Paliyaho však v červnu 2015 ustanovil zmíněný blazar nový rekord, když vzplanutí gama dosáhlo dvojnásobku výkonu v porovnání s úkazem v r. 1996. Blazar v též pásmu vykazuje i rychlá kolísání výkonu na časové stupnici rádu hodiny.

M. Chiaberge aj. pozorovali rádiově hlučné kvasary (první objevený kvasar 3C-273 byl vskutku rádiově hlučný, což tehdy umožnilo průkopnický objev) v porovnání s daleko početnějšími kvasary, které jsou rádiově tiché. Použili k tomu kamery WFC3 HST v infračerveném módu a zjistili tak, že 92 % zkoumaných hlučných kvasarů se nachází ve stádiu splývání páru černých veleděr. U rádiově tichých galaxií našli splývání jen v 38 % případů. Tato pozorování výrazně posílila názor, že rychlý růst hmotnosti centrálních černých veleděr probíhá během krátkých epizod překotné akrece hmoty a zvýšené aktivity. Protože materiál dopadající do černých veleděr ztrácí téměř úplně původní vysoký moment hybnosti, je třeba, aby se pozorovací programy soustředily na fáze splývání, slapových účinků, vzniku hvězdných příček a nestabilit v akrečních discích.

N. Gnedin aj. určili hodnotu spinu černé veledíry (hmotnost 2 GM_\odot) v nejvzdálenějším (3,98 Gpc) kvasaru ULAS J1120+0641 (zářivý výkon 60 TL_\odot) a zjistili, že veledíra se otáčí proti směru rotace svého akrečního disku. V spektru kvasaru převažují čáry neutrálního vodíku (H I) a zcela chybí čáry „kovů“ počínaje C, N a O. To naznačuje, že kvasar obsahuje prvotní žhavou chemickou polévkou vesmíru (vodík s příměsí hélia), kterou v první teorii Velkého třesku z r. 1948 nazval G. Gamow *ylem*.

W. Brandt a D. Alexander shrnuli v přehledovém článku hlavní výsledky rentgenových pozorování vzdálených kvasarů v galaxiích AGN za posledních 15 let pozorování. Ukázali, že díky velkému pokroku pozorovací techniky (družice *Chandra*, *Newton* a *NuSTAR*), kombinaci rentgenových měření s výsledky pozorování v ostatních oborech elektromagnetického spektra, ale i teorie a počítačových simulací, se podařilo podstatně zlepšit naše vědomosti o překvapivě rychlém růstu hmotnosti černých veleděr, které jsou zdrojem energie kvasarů již na konci epochy reionizace vesmíru, tj. před koncem první miliardy let po Velkém třesku. V článku shrnuli hlavní poznatky o raném vývoji galaxií AGN („demografie“), fyzikálních procesech, které se o vývoj zasluhují, a konečně o interakcích mezi zdroji AGN a okolním intergalaktickým prostředím („ekologie“).

G. Ghisellini aj. pozorovali jeden z nejvzdálenějších (3,9 Gpc) rádiově hlučných kvasarů SDSS J1312-0321 pomocí rentgenové družice *Swift*. Z rentgenové spektroskopie vyplývá, z bezprostředního okolí rychle rotující černé veledíry o hmotnosti 11 GM_\odot vyvěrá netepelný výtrysk, který odnáší přebytečný moment hybnosti akrečního disku a molekulového anuloidu, jež veledíru obkloupí. Výtrysk směrující k Zemi má vrcholový úhel užší než 5° , což znamená, že v této vzdálenosti od Země se nacházejí stovky podobných kvasarů o velké hmotnosti centrální veledíry, kde však optická osa výtrysku Zemi míjí. Týž kvasar sledovali evropskou síť EVN (rádiointerferometr VLBI). K. Gabányi aj. Autoři tak našli spodní mez pro jasovou teplotu rádiového zdroje $> 100 \text{ GK}$. Porovnání s archivními údaji o rádiové jasnosti kvasaru poukázalo na výrazné nepravidelné kolísání rádiového toku, což svědčí o tom, že zmíněný objekt lze zařadit mezi blazary.

W. Kollatschny aj. upozornili na pozoruhodný fakt, že optický velmi jasný kvasar PG0043+039 (vzdálenost 1,3 Gpc; zářivý výkon $2,4 \text{ TL}_\odot \approx 9 \cdot 10^{38} \text{ W}$) nebyl až dosud pozorován v rentgenovém oboru spektra. Přitom nejvyšší zářivý tok spadá do ultrafialové oblasti 250 nm. Autoři proto v červenci 2013 souběžně sledovali objekt dlouhou expozicí rentgenové družice *Newton*, v daleké ultrafialové oblasti pomocí HST,

a obřími pozemními teleskopy *HET* (10m Hobby-Eberly Telescope; Davis Mts.; Texas; 2 km n. m.) a *SALT* (11,1 x 9,8m South African Large Telescope; Sutherland, JAR; 1,8 km n. m.) Zjistili tak, že objekt jeví dosud nejvyšší gradient spádu zářivého toku s exponentem $-2,37$ směrem k vysokým energiím. Přitom ultrafialová část spektra jeví ještě strmější pokles s exponentem $-2,67$. Navíc je rozložení energie v ultrafialové části spektra charakterizováno mnoha netypickými hrబoly. Simulace prokázaly, že polohy hrబolu, jejich rozteče a poměry jejich intenzit souhlasí s jejich identifikací jako **cyklotronových čar** v silném magnetickém poli 20 kT v bezprostředním okolí černé veledíry o hmotnosti 8,9 GM \odot . Teplota plazmatu tam dosahuje 40 MK.

Další důkaz o výskytu **magnetických polí** v okolí obzoru událostí černých veledér podali I. Martí-Vidal aj. pomocí měření polarizace mikrovlnného záření obří anténní soustavy *ALMA* v Chile. Díky vynikajícímu úhlovému rozlišení aparatury mohli sledovat bezprostřední okolí černé veledíry v jádře kvasaru **PKS 183-211** a určili z velikosti Faradayovy rotace, že minimální hodnota *indukce magnetického pole tam dosahuje 10 mT* ve vzdálenostech jen desítek světelných dnů od veledíry. Měření probíhalo na frekvencích $350 \div 1\,050$ GHz (vlnové délky $286 \div 856$ μm), což odpovídá frekvencím >1 THz v klidové soustavě kvasaru vzdáleného 3,4 Gpc, jehož jasnost je zesílena mezilehlou gravitační čočkou.

M. Grahamová aj. využili obří databáze *Catalina Real-Time Transient Survey* o **kolísání jasnosti 247 tisíc kvasarů** během uplynulých 9 let. V naprosté většině případů jde o stochastické kolísání jasnosti, které může mít mnoho různých fyzikálních příčin. V docela velkém souboru tak našli pouze 20 kvasarů podezřelých z periodických změn jasnosti. Mezi nimi vynikl kvasar **PG 1302-102** (*Vir*; vzdálenost 1,1 Gpc), jenž jeví sinusové kolísání jasnosti v optickém oboru s periodou $(5,2 \pm 0,25)$ roku. Je tedy pravděpodobné, že v centru kvasaru se nachází dvě černé veledíry, které obíhají kolem společného těžiště v rozteči $\sim 0,1$ pc. To znamená, že současný kvasar vznikl splynutím dvou galaxií, jež se odehrálo o 3,3 mld. let dříve. Zmíněnou periodicitu potvrdili nezávisle H. D. Jun aj. pozorováním kvasaru infračervenými družicemi *Akari* a *WISE*. Prokázali tak, že za zmíněné sinusové kolísání je odpovědný cirkumbinární akreční disk obklopující obě veledíry.

D. Kim aj. využili japonské družice *AKARI* („*Světlo*“; v provozu 2006 - 2011), jež pracovala v infračerveném pásmu $1,8 \div 180$ μm, k publikaci údajů o 83 relativně blízkých **galaxií typu AGN**, jež se nacházely ve vzdálenostech 8 Mpc až 1,5 Gpc a byly v infračerveném pásmu K jasnejší než 14 mag. Ve spektrech našli emisní čáry Brackettovy série vodíku na vlnových délkách 2,6 a 4,0 μm i polyclických aromatických uhlovodíků (PAH) v pásmu 3,3 μm. To jim umožnilo odhadovat hmotnosti centrálních černých veledér i tempo tvorby hvězd v aktivních jádrech. Porovnáním s měřeními týchž objektů v pozemních přehlídkách teleskopy *SDSS* a *2MASS* a na družicích *WISE* a *ISO* dostali údaje o výskytu horkého (1,1 kK) a teplého (220 K) prachu v aktivních jádrech.

C. S. Yan aj. analyzovali optické a ultrafialové spektrum nejbližšího známého kvasaru **Mrk 231** (*UMa*; vzdálenost 180 Mpc) a odtud usoudili, že vzhled spektra svědčí o akrečním toku plynu na binární černou veledíru. Obě veledíry obíhají kolem společného těžiště v periodě 1,2 roku ve vzdálenosti pouhých 590 au. Optické a ultrafialové záření pochází převážně z cirkumbinárního akrečního disku a minidisku kolem sekundární veledíry. Pokud se tento model potvrdí, stane se kvasar doslova laboratoří pro výzkum fyzikálního vztahu mezi veledírami a jejich akrečními disky.

J. Hennawi aj. studovali pomocí Keckova 10m teleskopu spektra **29 párů svítivých kvasarů** ve vzdálenostech kolem 3 Gpc. Hledali přitom takové páry, kde mohli pozorovat silnou emisi v čáře Lyman- α pochopitelně posunuté do vizuálního pásmu optického spektra. V přehlídce upoutal jejich pozornost kvasar **SDSS J0841+3921** rozsáhlým (>50 kpc) oblakem emisní čáry Ly- α . Při 3h dlouhé expozici se ukázalo, že vláknitá vodíková mlhovina má obrovské rozměry (310 kpc) a neskutečný zářivý výkon v této čáře (2×10^{37} W). Spektrální snímek však dále ukázal tři kompaktní zhuštění v mlhovině, která autoři interpretují jako další kvasary. To znamená, že v obří mlhovině se nachází celkem 4 kvasary, což je zatím **jediný známý kvadruplet**. Autoři odhadují, že pravděpodobnost výskytu kvadrupletových kvasarů činí pouhých 10^{-7} , takže šlo o neobyčejně štěstnou souhru náhod. Současně připomněli, že prakticky všechny galaxie, které ve svém centru obsahují černou veledíru, musí projít fází kvasaru, ale ta je časově tak krátká, že pozorovat kvasary na dálku se daří jen velmi vzácně. Zmíněný případ pak patrně představuje **zárodek budoucí klasické kupy galaxií** s malým počtem obřích galaxií a množstvím menších satelitních galaxií. Svědčí také o tom, že plyn v zárodcích kup galaxií je chladnější a hustší, než se dosud soudilo. Největší zárodky struktur mají zřejmě bohaté zásoby chladného plynu o hmotnostech řádu 10^{11} M \odot .

J. Souchay aj. zveřejnili již 3. vydání velkého **astrometrického katalogu kvasarů** (*LQAC-3*), jenž obsahuje polohy pro téměř 322 tisíc kvasarů. Katalog tak definuje unikátní vztazný souřadnicový systém pro veškerou astrometrii, který je navíc „*odolný*“ proti zastarání, jelikož vzdálené kvasary mají neměřitelně nepatrný vlastní pohyb v závislosti na čase. Katalog kromě velmi přesných ekvatoreálních souřadnic přidává také údaje o kosmologických červených posuvech, pozorovaných jasnostech a morfologii kvasarů. Katalog obsahuje údaje o více než 14 tis. galaxií s jádry AGN a téměř o 1,2 tis. kvasarů trídy *BL Lac*, takže proti předchozímu vydání z r. 2012 se tyto podmožiny rozrostly o 70 %.

N. Secrets aj. identifikovali 1,4 milionů **galaxií s aktivními jádry** díky dvoubarevné infračervené fotometrii družice *WISE* v katalogu *Wide-field Infrared Survey Explorer* (AllWISE). Odtud vyplývá, že na čtvereční stupeň oblohy připadá v průměru 38 galaxií AGN v rozsahu pozorovaných infračervených jasností $20 \div 26$ mag. Autoři si ověřili, že v tomto rozsáhlém katalogu jsou záměny izolovaných hvězd za galaxie AGN za zanedbatelné ($<0,04$ %). Katalog podstatně rozšířil databázi galaxií AGN, protože plných 1,1 milionů položek v katalogu jsou nové objevy družice *WISE*. Autoři odhadli, že až do 19 mag ve spektrálním oboru R je katalog úplný z 84 %. Katalog velmi prospektuje zejména ultrapřesné astrometrii, protože kvasary a vzdálené galaxie AGN mají velmi přesné souřadnice, takže tato obrovská databáze neobyčejně zlepší přesnost a stabilitu univerzální vztazné souřadnicové soustavy pro kosmologii.

5.8. Černé díry a veledíry

G. Lansbury aj. využili nové rentgenové družice *NuSTAR* k prozkoumání 9 sporných **kandidátů na kvasary**. Díky zobrazení ve tvrdé části rentgenového spektra se jim podařilo v 5 případech zjistit, že jde skutečně o *kvasary zabalené do opticky neprůhledných oblaků plynu a prachu*. Zřejmě pozorujeme kvasary, jež se vyvíjejí právě teď před našima očima a postupně se rozrůží v běžných oborech spektra. Určitě tam probíhá překotná akrece na černé veledíry. Vznik kvasarů se dále urychluje *splýváním dvou či více galaxií*. Je tedy docela možné, že takto zabalených kvasarů je více než těch, které můžeme pozorovat opticky, popřípadě v rádiovém oboru spektra.

F. Y. Wang aj. hledali společný fyzikální mechanismus pro vznik **rentgenových erupcí** pozorovaných u tak rozdílných zdrojů jako jsou **GRB**, slapové roztrhání hvězdy u **GRB 110328A** (*Swift* J1644+57) a nepravidelné výbuchy centrální veledíry v naší Galaxii (**Sgr A***) i v některých jádřech aktivních galaxií (AGN). Tyto erupce jsou vždy doprovázeny *relativistickými kolimovanými výtrysky*. Vzniká tak otázka, zda nakonec nejde ve všech případech o touž fyzikální příčinu, což musí platit v rozmezí 9 řádu hmotností pro mateřské černé díry i veledíry. Autoři z této obsáhlé statistiky erupcí pro zmíněné typy zdrojů zjistili, že tři statistické ukazatele, tj. rozložení zářivých výkonů v různých oborech spektra, trvání jevů a prodlevy mezi nimi se silně podobají podobným parametrům pro sluneční erupce, které jsou vyvolávány rekonexí (přepojením) siločar lokálních magnetických polí ve sluneční chromosféře. Autoři proto soudí, že rekonexe je universální příčinou všech těchto projevů, takže zmíněné kolimované relativistické výtrysky jsou řízeny magnetickým polem.

Rovněž M. Kadler aj. zdůraznili významnou úlohu **výtrysků** vyvěrajících z bezprostředního okolí černých veledír v centru rádiových kvasarů. Příčinou jejich existence je tož značná energie uvolňující se při akreci plynu na veledíru kvůli zákonu o zachování momentu hybnosti. Není divu, že se řada astrofyziků domnívá, že *tyto výtrysky jsou zdrojem kosmického záření ultravysokých energií a také neutrin o energiích řádu PeV*, jež byla pozorována aparaturou *IceCube* na jižním pólu. K objasnění podivuhodné role výtrysků vznikl na jižní polokouli mezinárodní projekt **TANAMI** (*Tracking Active galactic Nuclei with Austral Millarcsecond Interferometry*), jenž kombinuje zobrazování a spektrální analýzu s vysokým úhlovým rozlišením v pásmech od vysokofrekvenční radioastronomie až po tvrdé záření gama s pozorováním vysokoenergetických neutrin.

Významný pokrok ve studiu okolí černých veledír ohlásil mezinárodní tým 19 institucí z observatoří v Severní Americe, Asii a Evropě, jenž se účastní projektu **EHT** (*Event Horizon Telescope*). Celosvětový pozorovací program probíhal na rádiové vlnové délce 1,3 mm (frekvence 230 GHz) a soustředil se na měření rádiového toku a polarizace okolí černé veledíry v centru naší Galaxie. Během pěti nocí v r. 2013 dosáhla úhlová rozlišovací schopnost EHT 40 mikrovteřin, tj. čtyřnásobku Schwarzschildova poloměru černé veledíry. Na základě těchto interferometrických měření zjistili M. Johnson aj., že magnetický akreční disk kolem veledíry budí nestability v magnetickém poli, jež pak řídí jak akreci plynu na černou díru, tak usměrnění relativistických výtrysků odnášejících přebytečný moment hybnosti do okolního prostoru. Autorům se podařilo rozlišit částečné usměrnění siločar magnetického pole ve vzdálenosti 6 Schwarzschildova poloměru a také odhalit proměny indukce magnetického pole během desítek minut, což přispěje k hlubšímu pochopení, co se děje během akrece plynu a jak vznikají relativistické výtrysky.

P. Mimica aj. upozornili, že **GRB 110328A** (= *Swift* J1644+57; *Dra*; vzdálenost 1,2 Mpc) lze jen velmi těžko vysvětlit akreci slapově roztrhané hvězdy na černou veledíru, protože po několika měsících začal stoupat rádiový tok v pásmech frekvencí 1,4 ÷ 43,6 GHz, zatímco rentgenové záření plynule klesalo. Jelikož však celý úkaz znamenal uvolnění fantastického množství energie $>10^{46}$ J, podařilo se autorům vysvětlit i zmíněné pozdní rádiové zjasnění pomocí vhodné geometrie úkazu a postupné degradace záření gama až do pánsma rádiových vln. Y. Yoon aj. sledovali dlouhodobě chování mateřské galaxie, v níž se zmíněný úkaz odehrál, a to v různých spektrálních pásmech jakož i pomocí kamery *WFC3 HST*. Teprve po 500 d se následky výbuchu rozpły-

nuly, a autoři tak mohli odhalit důležité parametry galaxie. Hmotnost hvězd v galaxii je poměrně nízká (1,4 G M_{\odot}) podobně jako tempo tvorby hvězd 0,03 M $_{\odot}$ /r. Stáří hvězdné populace nepřesahuje 0,6 mld. let. Centrální černá veledíra má minimální hmotnost kolem 5 MM $_{\odot}$.

A. Broderick aj. využili již částečně fungujícího virtuálního radioteleskopu **EHT** (*Event Horizon Telescope*) k pozorování obří černé veledíry ve známé **galaxii M87** v souhvězdí Panny (hmotnost 6 G M_{\odot} ; vzdálenost 16,5 Mpc). **EHT** sestává z několika velkých radioteleskopů instalovaných na různých kontinentech, které pracují synchronně na vlnové délce 1,3 mm (231 GHz), takže dosahuje úhlového rozlišení 60 μas. Po svém dokončení vytvoří obří interferometrický systém (**VLBI**) o průměru Země. Systém v r. 2015 již dosáhl úhlového rozlišení těsně nad hranicí obzoru událostí pro blízkou černou veledíru v centru naší Galaxie, ale též pro daleko větší černou veledíru v centru galaxie *M87*. Zpracování obrovského objemu dat proběhlo v počítacových sítích **GRID** a je koordinováno výzkumnými ústavy **MIT** v USA a **MPI** pro rádiovou astronomii v Bonnu v SRN. Autoři se zaměřili na studium známého **výtrysku z galaxie M87**, který byl už na počátku XX. stol. pozorován v optickém oboru spektra. Existence úzkého (kolimovaného) výtrysku, v němž prýští plyn z okolí obzoru událostí relativistickou rychlostí, je důkazem, že černá veledíra nabírá neustále velké množství látky z rovníkového akrečního disku.

Výtrysk může dlouhodobě fungovat buď přímým odstředováním plynu z akrečního disku, anebo **elektromagnetickým vytahováním rotační energie černé díry**, jak ukázali R. Blandford a R. Znajek už v r. 1977. Na základě těchto rádiových měření kombinovaných s optickou fotometrií pomocí obřích pozemních i kosmických dalekohledů se autorům podařilo určit průměrný zářivý výkon výtrysku řádu 10^{37} W, který ovšem není stálý a kolísá během času až o jeden řád. V každém případě však autoři prokázali, že obzor událostí gigantické černé veledíry existuje a po dokončení celosvětové soustavy **VLBI** bude možné pozorovat, co se děje těsně nad ním.

M. Argová aj. studiovali změny jasnosti v jádře blízké **galaxie NGC 660** (typ AGN; vzdálenost 13 Mpc; centrální tichá černá veledíra o hmotnosti 22 MM $_{\odot}$ s nepatrne zářícím okolím) v různých oborech spektra z archivů optických i radioastronomických observatoří (**VLBI** v pásmech 1,4 a 5,0 GHz – vlnové délky 60 mm a 214 mm), ale též rentgenové družice *Chandra*. Po dlouhém období klidu se AGN během několika měsíců v r. 2012 zjasnilo o více než dva řády. Během této epizody se z okolí černé veledíry vynořil kolimovaný výtrysk o rychlosti 30 tis. km/s. Autoři navrhli dvě možnosti, jak výbuch vysvětlit, tj. explozi supernovy, anebo pád větší hmoty do veledíry. Ať už bude správné vysvětlení jevů jakékoliv, je docela překvapující, že i velmi tiché veledíry mohou poměrně rychle zvýšit aktivitu ve svém nejbližším okolí.

M. Bachetti aj. se zabývali příčinami výskytu **ultrasvítivých rentgenových zdrojů** (**ULX**) pozorovaných většinou v cizích galaxiích. Jejich rentgenové zářivé výkony jsou totiž o 12 řádu vyšší než rentgenový výkon Slunce. Po dlouhou dobu se všeobecně soudilo, že podstatou těchto úkazů je akrece hmoty z hvězdného průvodce na černou díru o hmotnosti kolem 10 M $_{\odot}$. Eddingtonova mez zářivého výkonu pro takto hmotnou černou díru dosahuje 10^{32} W. Jenže řada ultrasvítivých zdrojů má vyšší zářivé výkony, takže podle autorů v posledních letech sílí přesvědčení, že ULX jsou projevem akrece na intermediální černé díry s hmotnostmi ≥ 100 M $_{\odot}$. Příkladem je hypersvítivý rentgenový zdroj **HLX-1** v obří spirální galaxii **ESO 243-49** (*Phe*; vzdálenost 90 Mpc) s rentgenovým výkonem $>10^{35}$ W, takže zdrojem by měla být intermediální černá díra o hmotnosti ~ 20 kM $_{\odot}$. Kromě toho

existují jiné ultrasvítivé rentgenové zdroje, jež mají za zdroj hvězdné černé díry, ale akrece hmoty na ně probíhá o řád vyšším tempem než Eddingtonova mez. Právě tímto způsobem lze dobře vysvětlit ultrasvítivé rentgenové zdroje do zářivých výkonů 10^{34} W.

M. Heidaová aj. oznámili, že rentgenový zdroj **CXO J1225+1445** třídy HLX v galaxii **SDSS J1225** (vzdálenost 182 Mpc), který byl poprvé pozorován už v r. 2008 družicí *Chandra* mimo centrum zmíněné galaxie, opakovaně sledovali jak družicí *Chandra* v letech 2012 a 2014, tak navíc také v archivu *HST*, kde měl obvykle jasnost $26 \div 27$ mag. V r. 2008 byl zářivý výkon zdroje v rentgenovém pásmu obrovský (2×10^{34} W), ale následně klesl až do neviditelnosti. Koncem listopadu 2014 však znova stoupal na hodnotu zhruba poloviční jako v r. 2008. Souběžně se měnila i jasnost zdroje na snímcích *HST*. V rentgenovém oboru tak kolísá jasnost zdroje minimálně 60krát. Jde teprve o druhý takový případ po zdroji **HLX-1** v galaxii **ESO 243-49** (vzdálenost 90 Mpc) a autoři se přikláňejí k názoru, že v oboru případech jde o intermediální černé díry.

D. Pasham aj. zkoumali kvaziperiodické vysokofrekvenční oscilace rentgenové jasnosti **ULX NGC 1313 X-1** (*Ret*, vzdálenost 4 Mpc) na základě opakovaných měření rentgenovou družicí *Newton*. Podobně jako u jiných ULX se jim podařilo prokázat, že i tento objekt jeví rezonanci dvou period oscilací (0,46 Hz a 0,29 Hz) v poměru 3:2. Odtud odvodili pravděpodobnou hmotnost zdroje X-1 (5 ± 2) kM_ø, což je patrně první případ, kdy pozorovaná hmotnost černé díry evidentně přesahuje hmotnost standardních hvězdných černých dér, ale nachází se na spodní hranici pro hmotnost intermediálních černých dér. Podobně Z. Stuchlík a M. Kolos prokázali na základě existence dvou kvaziperiodických oscilací rentgenového zdroje **ULX M82 X-1** v rezonanci 3:2, že příslušná černá díra má hmotnost v rozmezí $140 \div 660$ M_ø a spin $a = 0,05 \div 0,6$.

M. Volonteriová aj. ukázali na základě modelových simulací, že v rané vesmíru mohla růst **hmotnost černých veledeří** velmi rychle díky relativně krátkým (ročním) epizodám překotné akrece interstelárního plynu a prachu tempem o několik řádů vyšším než připouští příslušná *Eddingtonova mez*. Díky nadkritické akreci mohou černé díry vyrůstat v kosmologicky krátkém čase na pozorované hodnoty řádu 1 GM_ø už během éry reionizace vesmíru, ve shodě se současnými astronomickými pozorováními nejvzdálenějších galaxií. K podobnému závěru dospěli také P. Madau aj., kde **nadkritická Eddingtonova akrece** hrála významnou roli od zanikání hvězd I. generace hvězd (populace III) do 800 mil. let po Velkém třesku.

B. Trakhtenbrot aj. to vzápětí potvrdili díky pozorování **galaxie CID-947**, která má červený posuv $z = 3,33$, takže ji vidíme ve stáří 2 Gr po Velkém třesku. Galaxie typu AGN byla rozpoznána díky silnému rentgenovému záření družicemi *Newton* a *Chandra* a následně pozorována také opticky *10m Keckovým dalekokohledem*. V centru galaxie autoři pozorovali extrémně silnou a širokou čáru H_β, čímž se jim podařilo určit hmotnost centrální černé veledíry témař 7 GM_ø, neboť bolometrický zářivý výkon z jejího okolí činí $\leq 2 \cdot 10^{39}$ W. U dosud zkoumaných bližších černých veledeří

nepřesahuje jejich hmotnost 0,5 % hmotnosti celé galaxie, kdežto u tohoto daleko mladšího objektu dosahuje osminy její hmotnosti. To znamená, že *výroba raných černých veledeří překotnou akrecí plynu (a možná i skryté látky?) předchází vzniku výsledné struktury galaxie*.

X. B. Wu aj. snímkovali pomocí obřího binokulárního teleskopu *LBT* na Grahamově hoře v Arizoně kvasar **SDSS J0100+2802** o stáří jen 875 mil. let po Velkém třesku. Zjistili, že jde o mimořádně svítivý objekt o zářivém výkonu $420 \text{ TL}_\odot (1,6 \times 10^{41} \text{ W}!!)$, takže černá veledíra v jeho centru musí mít hmotnost 12 GM_\odot . Kupodivu navzdory své extrémní hmotnosti se poměr hmotnosti veledíry a hmotnosti hvězd v příslušné galaxii vejde do standardního pásma $0,14 \div 0,5 \%$, což ukazuje na příčinnou souvislost mezi centrální veledírou a hmotností dané galaxie. Všechny tyto gigantické hodnoty lze stěží vysvětlit známými fyzikálními mechanismy růstu černých veledeří v kosmologicky relativně velmi krátkém čase po Velkém třesku. V každém případě objev tak silně nadsvítivého kvasaru v rané fázi vývoje vesmíru dává naději, že se podaří objevit podobné objekty s ještě větším stářím. Kromě toho studium absorpčních spekter nadsvítivých raných kvasarů umožňuje sledovat, jak se s rostoucím věkem vesmíru zvyšoval podíl těžších prvků (metalicitá) následkem kolektivního úsilí jednotlivých generací hvězd.

Naproti tomu V. Baldassareová aj. využilli *6,5m Clayova teleskopu* na observatoři *Las Campanas* (Chile) a také údajů z rentgenové družice *Chandra* k určení hmotnosti centrální černé díry v **trpasličí galaxii RGG 118** (poloha J1523+1145; vzdálenost 112 Mpc; hmotnost $2,5 \text{ GM}_\odot$; objev z přehlídky *SDSS*). Obdrželi tak zářivý výkon akrečního disku kolem veledíry 4×10^{33} W a odtud vyplývá hmotnost veledíry pouhých 50 kM_\odot , což je zatím nejnižší hmotnost černé veledíry v dosud takto zkoumaných galaxiích. Autoři tak protáhli funkci hmotnosti (poměr hmotnosti veledíry a celkové hmotnosti hvězd v dané galaxii) centrálních černých veledeří i do pásma málo hmotných trpasličích galaxií. Titiž autoři totiž už v předešlém roce nalezli černé veledíry o hmotnostech $0,08 \div 6,30 \text{ MM}_\odot$ v souboru 151 trpasličích galaxií.

A. Reinesová a M. Volonteriová určovaly poměr hmotnosti veledeří a hvězdných složek pro **262 galaxií typu AGN** a dalších 79 galaxií se známou hmotností centrální veledíry v lokálním vesmíru (do vzdálenosti 230 Mpc). Autorky ukázaly, že tento poměr dosahuje *stálé hodnoty $0,025\%$ v intervalu hmotností hvězdné složky galaxií $0,1 \div 1\,000 \text{ GM}_\odot$* . Jde o velmi důležitý výsledek pro objasnění problému neuvěřitelně rychlého růstu hmotnosti černých veledeří v jádru galaxií v první miliardě let po Velkém třesku.

D. Sijackiová aj. porovnali předpovědi z obří kosmologické **hydrodynamické simulace vývoje vesmíru Illustris** s výskytem černých dér v časovém intervalu od současnosti do času 1,2 mld. let po velkém třesku. Autoři našli velmi dobrý souhlas mezi modelem a hustotou výskytu černých dér v celém zkoumaném časovém rozmezí. Podobně dobře dopadlo tak srovnání mezi modelem a bolometrickou i rentgenovou svítivostí galaxií AGN během posledních 6 mld. let. Také předpovězená a pozorovaná funkce hmoty pro černé veledíry a hmotnosti současných galaxií souhlasí.

Oprava: V předcházející části jsme nesprávně uvedli, že dalekohled na observatoři Skalnaté Pleso je výrobkem firmy Zeiss, správně má být, že jde o reflektor firmy Astelco. Za chybu se omlouváme.

Chilské pohledy do nebe

Jak se fotí hvězdy na observatoři ESO La Silla v Chile

Po dlouhém trmácení a téměř patnáctidennovém letu z Prahy se člověk ocitne téměř uprostřed ničeho, ale zato v pravém astronomickém ráji, kde Mléčná dráha vrhá stín. To není žádný trik, protože chilská poušť Atacama je nejsušší místo na světě, velmi vzdálená od světelného znečištění se sytě modrou až křišťálově průzračnou oblohou. Právě z tohoto důvodu si toto místo vybraла Evropská jižní observatoř (ESO) již v roce 1962 a postavila zde svoji první základnu.

Observatoř se nachází na hoře La Silla (v překladu do češtiny – Židle) ve výšce 2 450 m. Je relativně rozlehlá a nemí úplně snadné se sem dostat. Ovšem pokud se už tak stane, je to neopakovatelný zážitek a pro Evropana obzvláště. Vidět souhvězdí Orionu utápející se v tisících okolních hvězd a navíc „hlavou dolů“ je prostě úchvatný pohled, na který se nezapomíná.

Bačkorová astronomie

Jmenuji se Zdeněk Bardon a jsem jen prostý amatérský astrofotograf už téměř 45 let. Jsem zakladatel soutěže Česká astrofotografie měsíce,

členem České astronomické společnosti a jako správný Čechoslovák i Slovenského zvázu astronomov.

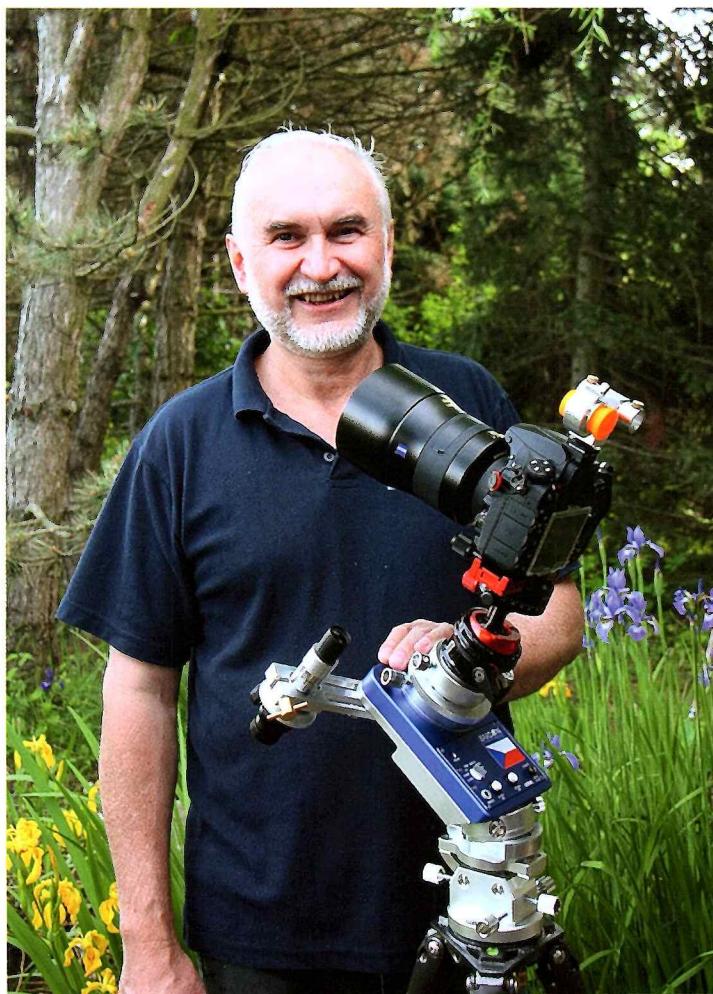
Moje začátky pamatuji dalekohledy z papírových trubek a čoček z babiččiných brýlí. O mnoho let později, díky své lenosti, jsem si doma na zahradě vybudoval robotickou observatoř, která fotografuje naprosto sama bez lidské obsluhy, nebo se ovládá v pohodlí obýváku s nohami v bačkorách. Odtud název Bačkorová astronomie. Ovšem jak už to bývá, nic v životě není zadarmo. Od „početí do porodu“ uběhlo neuvěřitelných osm let; až potom byla observatoř funkční dle představ „šéfkonstruktéra“. Aniž by to byl záměr, původní sen vesnického kluka se hrou osudu či náhody proměnil v realitu profese robotizací velkých observatoří po celém světě. Kruté pionýrské počátky sice spolykaly hodně času, ale přivály mnoho úspěšných příležitostí v prestižních domácích i evropských organizacích jako je ESA (Evropská kosmická agentura) nebo ESO (Evropská jižní observatoř). Export „Bačkorové astronomie“ byl v podstatě odstartován s největším českým dalekohledem Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejově

(Perkův 2m dalekohled), ale mojí osobní poctou jako amatérského astronoma byla robotizace dalekohledu na Skalnatém plese. Vzpomínám, že téměř až neskutečným zážitkem bylo jen pouhé přespání v místnosti původní ložnice zakladatele observatoře Dr. Bečváře. Na to nikdy nezapomenu.

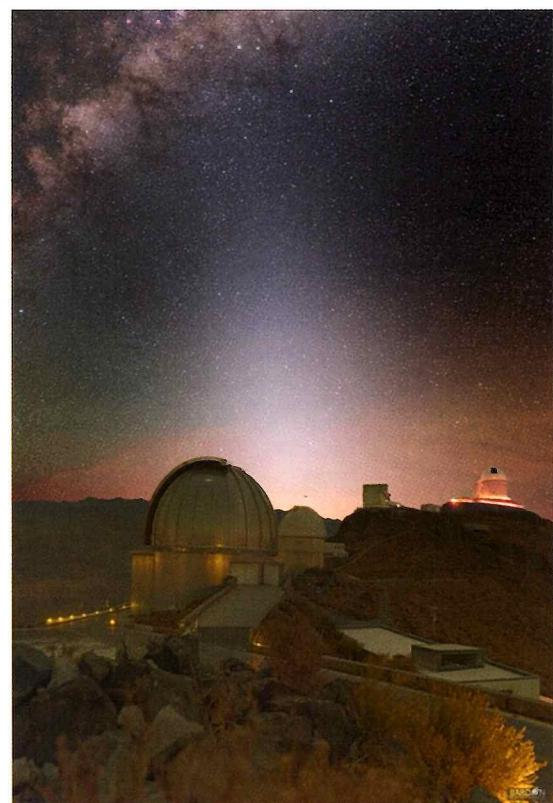
Vysněné cesty za tmou se správnou technikou

Jsem nadšenec a dalo by se říci, že až fanatický astrofotograf, a tak nemůžu vynechat žádnou příležitost vyfotografovat si Mléčnou dráhu právě na místech dokonalé tmy. K tomu ve většině případů využívám služebních cest po světových observatořích. Získat precizní snímky noční oblohy je relativně snadné, ale vyžaduje to jistou dávku zkušeností a obří trpělivosti, a též i nějaké to vybavení, které se musí vejít do cestovního kufru na cestách za tmou.

Nezbytnou a nejdůležitější součástí vybavení jsou objektivy. Stále platné a důležité pravidlo profesionální i amatérské astronomie praví: „Cím lepší optika, tím lepší výsledky“. Když jsem byl kluk, nesmírně jsem toužil vlastnit ale-



Zdeněk Bardon, Foto Pavol Rapavý



Zvířetníkové světlo je viditelné v době jarní a podzimní rovnodennosti. Je to Sluncem nasvícený prach a plyn ve Sluneční soustavě. Bohužel v našich zeměpisných šírkách díky světelnému znečištění už vidět není. Na snímku je poměrně unikátně zachycený Měsíc pouhé dva dny před novoulním. Snímek dokresluje část Mléčné dráhy a barevné svítících oblaců na horizontu, která se jmenuje airglow. Tento jev vzniká v naší atmosféře ultrafialovým nebo kosmickým zářením. Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Otus 1,4/28, Místo: ESO observatoř, La Silla, Chile.

spoň nějakou „čočku“ od firmy Zeiss. Bohužel to z mnoha důvodů nebylo možné, ale tehdy jsem opravdu netušil, že až jako velký kluk budu mít možnost si vyzkoušet téměř jakoukoliv. Snad další sen proměněný v realitu; možná by byla škoda se stručně nepodělit o zkušenosti spolu s fotografickými výsledky.

Objektivy řady Zeiss Otus jsou vlajkovou lodí a pro mne osobně něco jako Bugatti Veyron, protože nic neprověří kvalitu optiky právě tak, jako bodové zdroje světla, tedy hvězdy. Bez rozsáhlých diskusí lze s jistotou prohlásit, že kontrast, bodová kresba a tolik diskutovaná koma v hodnotách nízké clony jsou na vynikajících úrovních. Dalo by se říci, že je to příjemná odměna za vyšší váhu a rozměry. Ovšem brillantní

mechanická konstrukce zaostrování Otusů se stále stejným mechanickým odporem i za rozdílných teplotních podmínek každého fotografa potěší. Pokud se odvážím pustit cestou astronomické odbornosti, můžu prohlásit, že 85mm Otus je schopen vykreslit hvězdy o jasnosti 16,5 magnitudy (zdánlivá hvězdná velikost) na jeden jediný pixel snímače. To je ohromující a jednoduše řečeno, pro svět astrofotografie je to téměř zhmotnění dokonalosti. Populární krajinářská astrofotografie vyžaduje použití širokouhlých objektivů nebo vytváření panoramat. V některých případech, kdy panorama vytvářet nelze, se astrofotograf musí spolehnout pouze na poličko vykreslené objektivem. Dokonalým nástrojem může být Otus

1,4/28. Tento objektiv je už pořádným „kusem“ kovu a skla s relativně velkou hmotností. Objektiv lze „provozovat“ bez problému s nejnižší hodnotou clony a osobně jen velmi nerad cloním, protože pak nemá smysl investovat nemále peníze a zlikvidovat si tak výjimečnou příležitost na zachycení slabých objektů za přijatelné hodnoty citlivosti snímače. Ovšem u tohoto objektivu je to trochu jinak, a jak jinak ukáže jen malé zaclonění na hodnotu f2. Nejen, že klesne už tak velmi nízká koma v rozích polička, ale naroste kontrast, a to velmi znatelně.

Na chilské Židli

A co třeba řada Zeiss Milvus? Příležitost vyzkoušet Zeiss Milvus 2,8/18 nastala v březnu tohoto roku právě na observatoři ESO na La Silla v Chile. Objektiv s osmnácti milimetrovým ohniskem je sympaticky malý, příjemně lehký, ale i precizně zpracovaný.

Provokující podmínky vysokohorské observatoře v prostředí velmi nízké vlhkosti s nulovou oblačností a za bezměsíčních nocí přímo volaly po fotografování. Totíž kalendářní měsíc březen lze v Chile považovat za obdobu našeho září, a proto je značná šance na skvělé počasí. Dovolil bych si podotknout, že hodnota vzdušné vlhkosti má zásadní vliv nejen na barevný odstín oblohy, ale i na množství snímaných detailů. Na La Silla jsem byl už mnohemrát a zažil jsem i 3 % relativní vzdušnou vlhkost! Prakticky po hodině venku v tomto prostředí téměř nelze „utáhnout“ jazyk v ústech, takže ve skutečnosti se musí pozorovatel (tedy astronom) pohybovat s lahví vody v kapsě.

Fotografovat vzácně viditelné jevy jako zvítězníkové světlo (airglow) nebo jemné struktury Mléčné dráhy je skutečná výzva. Právě z důvodu zachycení těchto jevů je nutné pracovat s hodnotou nízké clony, a pokud možno i přijatelnou citlivostí snímače fotoaparátu. Moje obavy s použitím nejnižší clony 2,8 Milvusu, a tím pádem předpokladu vyšší komy, byly rozptýleny hned s prvním snímkem. Navíc kovová konstrukce objektivu a manuální zaostrování je obří výhoda. Proč? Protože v průběhu noci není nutno přeoštřovat a plýtvat tak drahocenným časem. Velmi příjemným zjištěním je úroveň kontrastu, který výrazně pomůže s prokreslením snímků v následném počítačovém zpracování.

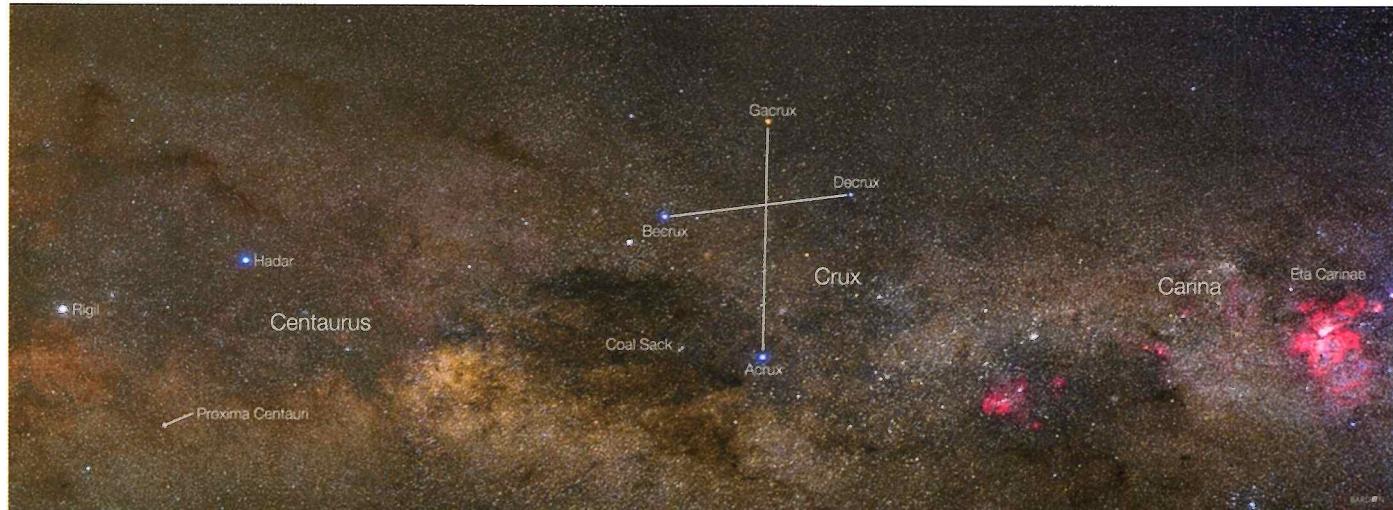
Astrofotografie je moje skutečná vášeň. Jak se to povedlo, může zhodnotit čtenář sám na připojených fotografiích. Hezký zážitek.

Zdeněk Bardon



Část Mléčné dráhy nad radioteleskopem SEST na La Silla zachycující souhvězdí Jižního kříže, temné mlhoviny Uhelný pytel (Coal Sack) a úchvatné mlhoviny Eta Carinae (Humunculus) v souhvězdí Lodního kýlu. Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Otus 1,4/28, Místo: ESO observatoř La Silla, Chile

Jako správný Čechoslovák jsem hrdým členem Slovenského zvazu astronómov i s průkazkou, která se dostala, možná poprvé v dějinách, i na Velikonoční ostrovy. Foto Ivana Bardonová



Snímek zachycuje část Mléčné dráhy se souhvězdím Kentaura přes Jižní kříž až po Lodní kýl. Mlhoviny Uhelný pytel a Eta Carinae jsou dominantou snímku a dokreslují nádhru vesmíru. Snímek také zachycuje i naši nejbližší hvězdu Proxima Centauri vzdálenou „pouhých“ 4,22 světelných let. Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Otus 1,4/28, EQ Vixen Polarie, Místo: ESO observatoř La Silla, Chile

Pokaždé, když přijedu na observatoř ESO na La Silla v Chile, prostě nemůžu odolat pokušení dostat další vesmírné úlovy úchvatné jižní oblohy na čip fotoaparátu. Bylo tomu tak i v roce 2017, kdy jsem mezi mnoha snímky vyfotografoval i část souhvězdí Kentaura. A věnoval jsem tomu více než hodinu. Proč? Protože jsem chtěl mít tuto část oblohy v archivu spolu s hvězdičkou Proxima Centauri jako našeho nejbližšího „souseda“. Výsledný snímek obsahuje jen „hromadu teček“ a není tam v podstatě „nic zajímavého“. Ovšem netušil jsem, že mimo jiné snímám i nejbližší planetární systém v okolí Alpha Centauri, který již několik let zkoumá americká rentgenová družice Chandra, kterou provozuje NASA.

Od té doby uběhl více než rok. O to větším překvapením – až šokem – byl červnový e-mail z Harvardu s žádostí o svolení s publikováním mého snímku Kentaura. Nechápal jsem, na co tak „bezvýznamný“ snímek amatérského astronoma potřebují. V další stručné odpovědi

bylo pouze uvedeno, že snímek bude pravděpodobně prezentován na vědeckém zasedání Americké astronomické společnosti v Denveru. Už to samo o sobě je velká pocta, ale to jsem neušil, co bude následovat. Za několik dnů ve středu 6. června večer se mi téměř zastavilo srdce, když jsem nevěřícně zíral na hlavní stránku NASA satelitu Chandra. Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) totiž můj snímek použil do svého vědeckého článku a animace objevu jako hlavní průvodní fotografií popisující výsledky zkoumání obyvatelnosti našeho nejbližšího planetárního systému v okolí hvězdy Alpha Centauri. Cítím velkou hrdost nad tím, že **NASA si sama** vybrala z tisíců snímků právě tu moji. To je vynikající zpráva nejen pro mě, ale i pro zemi, ve které žiji, a organizace ČAS a SZA, jichž jsem členem.

Článek byl publikován v mnoha zemích a v mnoha prestižních médiích, takže pokud existuje astronomický Bůh, tentokrát pohladil moji duši nevýslovou radostí. Díky! Jasné nebe.

Parametry snímku: Nikon D810A, Zeiss Otus 1,4/85, EQ Vixen Polarie, exp.: 60 x 60sec.

ALPHA CEN

OPTICAL

ALPHA CEN X-RAY CLOSE-UP



Vytvořit snímek druh hvězd je velmi snadné, protože je to součet 185 x 60 s snímků. Snímek zachycuje zdánlivou rotaci hvězd a současně pohyb astronomů po observatoři La Silla. V popředí dánský 1,54m dalekohled spolu s 2,2m dalekohledem univerzity v Max Planck v Heidelbergu. Na horizontu projíždějícím vozidlem slabě nasvícená kopule s největším přístrojem na observatoři, a to 3,6m dalekohledu s nejvýkonnějším spektrografem HARPS (hledač exoplanet), který využívají astronomové z ESO. Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Milvus 2,8/18, Místo: ESO observatoř La Silla, Chile.



Nejkrásnější, a hlavně centrální část Mléčné dráhy spolu s airglow nad observatoří La Silla. Množství mlhovin barevně dokreslují krásu vesmíru. Snímač: Nikon D810A, Optika: Zeiss Milvus 2,8/18, Místo: ESO observatoř La Silla, Chile

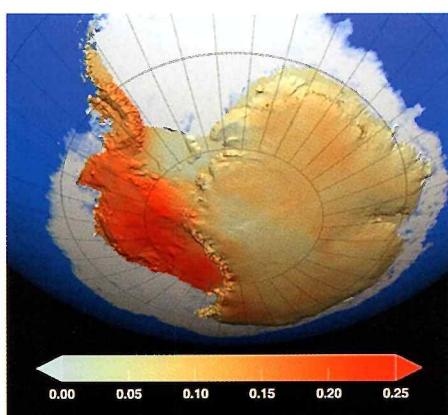
Tanec na tenkom ľade (2)

Hladina svetového oceánu rastie rýchlosťou cca 3,4 mm za rok. Okrem rastu objemu oceánu, vyvolaného vzostupom teploty, k tomuto trendu prispieva aj voda z topiaceho sa pevninského ľadu. Satelitné snímky donedávna ukazovali v Antarktíde celkový nárast plochy morského ľadu. Od polovice 90-tych rokov však ako huby po daždi prihýbajú správy o obrovských blokoch šelfového ľadu odtrhnutých od materských ľadovcov, najmä v oblasti Antarktického poloostrova, Západnej Antarktídy a v Grónsku. Stále častejšie sa hovorí o meniacich sa polárnych cirkulačných schémach, hlavne v Arktíde, kde roztočený morský ľad hladinu svetového oceánu výrazne neovplyvní. Toky pevninského ľadu do oceánov na niektorých miestach dramaticky zrýchľujú a na iných sa výrazne nemenia.

Odhady príspevkov topiaceho sa pevninského ľadu k vzostupu hladiny svetového oceánu sa rôznia. Dôvodom je nedostatok informácií o zložkách bilancie ľadovej hmoty (zdroje a veľkosť všetkých prírastkov a úbytkov ľadu v danej oblasti) konkrétnych ľadovcov. Preto sa stále častejšie vysielajú vedecké expedície do takých oblastí, ktoré boli pre nebezpečné a extrémne podmienky ľudmi takmer nedotknuté. Tento extrémny polárny výskum v posledných rokoch priniesol viacero zaujímavých výsledkov.

Dvojtvárnosť Antarktídy

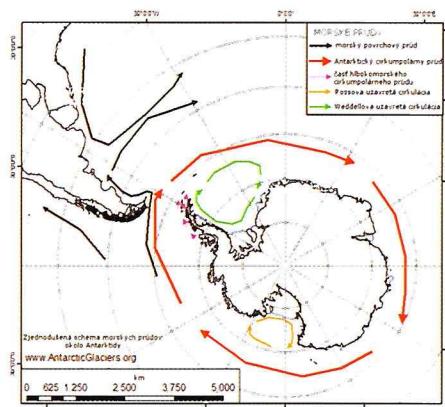
Antarktický kontinent rozdeľuje Transatlantické pohorie na dve odlišné časti – západnú časť s Antarktickým poloostrovom a východnú, vyššie položenú oblasť. Základňa veľkej časti ľadu v západnej časti leží pod hladinou mora, preteká cez viacero ostrovov, no časť sa nachádza aj na pevnine (Západnoantarktický ľadový príkrov). Tok ľadu do mora tu blokujú podmorské hrebene zachytávajúce masy ľadu na hranici s oceánom. Kontakt s teplejším morom spôsobuje rýchlejšie topenie ľadu



Obr. 11 Trend povrchovej teploty z pozemných meraní a družicových snímok v infračervenej oblasti za obdobie 1957 - 2006 v °C/10 rokov.
Zdroj: Archív

v tejto oblasti. Je tu iba 10 % antarktického ľadu, ktorý by však po roztočení spôsobil vzostup hladiny mora o viac ako 3 m. Vo východnej časti ležia ¾ svetového ľadu. Trendy teploty vzduchu vo východnej a západnej časti Antarktídy sú tiež rozdielne. Západná časť sa v období 1950 – 2000 zohriala až o +2,4 °C, čo výrazne presahuje svetový trend vzostupu teploty vzduchu o 0,6 °C (obr. 11).

Trendy teploty vzduchu vo východnej časti nie sú významné. Príčinami rozdielnych trendov teploty vo východnej a západnej časti sú zmeny cirkulácie vzduchu a morskej vody – v silnejúcom západnom cirkumpolárnom prúdení vzduchu a Antarktickom cirkumpolárnom prúdu (obr. 12).



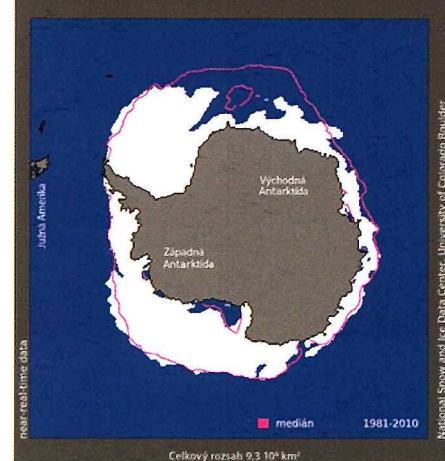
Obr. 12 Zjednodušená schéma morských prúdov v oblasti Antarktídy.
Zdroj: AntarcticGlaciers

V západnej časti je v porovnaní s východnou ovela viac zrážok, ale je tam aj rýchlejší tok ľadu do mora. Posledná správa IPCC (Medzivládny panel OSN pre výskum zmeny klímy) z roku 2013 uvádzá, že k vzostupu hladiny mora prispieva roztočený antarktický ľad iba 0,27 mm/rok. Už v roku 2015 štúdia NASA zdôraznila, že údaje z altimetrov satelitu ICESat (Ice, Cloud and Elevation satellite) ukázali niečo iné. Kým vo Východnej Antarktíde pevninský ľadový príkrov mohutne, na Antarkticom poloostrove a v Západnej Antarktíde ubúda. Merania ukazovali, že prírastok ľadu vo Východnej Antarktíde kompenzuje úbytky v západnej časti tak, že Antarktída ako celok prispieva nie k vzostupu, ale napäť, k poklesu hladiny oceánu o 0,23 mm/rok. Znepokojuvou sa stala otázka, aký iný jav okrem roztočeného pevninského ľadu Antarktídy zodpovedá za, ako sa pôvodne myslelo, antarktický príspevok k meranému vzostupu morskéj hladiny?

Optimistické boli aj družicové údaje o rozsahu morského ľadu, ktoré v r. 2012 – 2014 prvý raz od r. 1979 ukazovali zastavenie klesajúceho trendu cca – 18 900 km²/r. V septembri 2014 dosiahol maximálny rozsah morského ľadu až 20 10⁶ km² (najväčší prírastok morské-

ho ľadu pozorovali v Rossovom mori), v porovnaní s priemerom vypočítaným za obdobie 1981 – 2010: 18,72 10⁶ km². Tento priaznivý vývoj zaľadnenia bol pripisovaný viacerým faktorom: vhodnej atmosférickej cirkulácii, kedy výrazná a dlhšie trvajúca tlaková níž nad Amundsenovým morom zabezpečila prísun chladnejšieho vzduchu do oblasti Rossovho mora a opäťne, teplejšieho nad Antarktickým poloostrovom.

ROZSAH MORSKÉHO ĽADU
DECEMBER 2017



Obr. 13 Rozsah morského ľadu v decembri 2017 bol 9,34 10⁶ km². Fialovou je vyznačený priemerný rozsah v období 1981-2010.

Zdroj: NSIDS

Morské prúdy prinášali chladnejšiu vodu ďalej na sever, a keďže okolo Antarktídy nie sú väčšie pevninské oblasti, morskému ľadu nič nebránilo v expanzii severným smerom. Ako ďalší faktor podporujúci rozšírenie morského ľadu sa uvádzalo väčšie množstvo sladkej vody z roztočeného ľadu na povrchu mora, ktorá zamíra rýchlejšie ako slaná voda (teplota tuhnutia čistej vody je vyššia ako v prípade slanej roztoku). Už v marci 2017 (na obr. 13 je situácia z decembra 2017) však bol zaznamenaný iný rekord: najnižší ročný minimálny rozsah morského ľadu od začiatku druhových meraní v r. 1979: 2,11 10⁶ km².

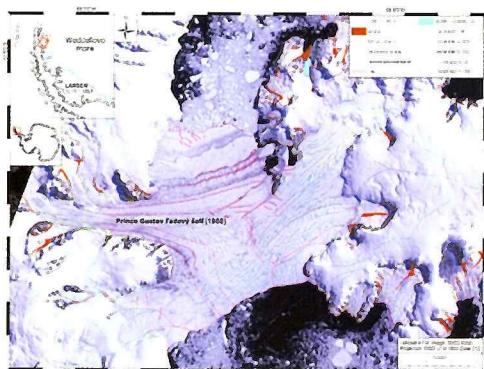
Zdá sa, že obdobia krátkodobej stabilizácie morského ľadu sú prerušované obdobiami, kedy sa ľad topí rýchlejšie. Celkový trend však ukazuje na úbytok morského ľadu, ktorý sa v poslednom období zrýchluje. Predpokladá sa, že v krátkodobých zmenách plochy morského antarktického ľadu hrajú úlohu nielen výkyvy vzdušnej a vodnej cirkulácie v oblasti Antarktídy – tzv. Antarktickej oscilácie (South Annular mode), ale aj oscilácií v Atlantiku (Multidecadal Atlantic mode) a Pacifiku (El Niño a La Niña Southern oscillations). Pri kladných fázach, kedy je oceán teplejší, sa

zvýrazňuje západné prúdenie okolo Antarktídy, čo má za následok nerovnomerné rozdeľenie morského ľadu, ktorý sa vplyvom vetra hromadí v návetrej prekážok. Väčšie ľadové hory narážajú do ľadového šelfu a prispievajú k jeho narušeniu (v r. 2010 sa takto od materškého ľadovca odtrhol ľadový šelf známy ako Mertz Glacier tongue).

Sateliity však ukázali aj ďalšie javy – v Západnej Antarktíde a hlavne na Antarktickom poloostrove oddelením obrovských ľadových blokov rapídne ubudlo niekoľko rozsiahlych oblastí ľadových šelfov.

Na východnej strane Antarktického poloostrova bolo nezvratne narušených 6 ľadových šelfov. Šelfový ľad LARSEN A sa od materškého ľadovca odtrhol už v r. 1995, veľká časť šelfového ľadu sa odtrhla z oblasti LARSEN B v r. 2002 (úplný kolaps sa odhaduje do r. 2020). Predpokladalo sa, že oblasť LARSEN C, hrubá cca 240m (60m hrúbka na povrchu tvoril sneh) sa udrží kompaktná dlhšiu dobu. Vedci v roku 2017 na tomto lade hlbili jamy s cieľom zistiť, čo sa deje vo vnútri.

Už po odhrabani snehu s hrúbkou 30 – 60cm sa začali dostávať k ľadu, čiže niekdajšia 60m hrubá vrstva snehu zmizla. V júli 2017 sateliity potvrdili odtrhnutie obrovského bloku ľadu z tohto ľadovca s rozlohou 5800 km². Rýchlosť pevninských ľadovcov stekajúcich do mora sa po kolapse ľadového šelfu zvýšila 2 až 9-násobne. Príkladom toho, ako sa môže vyvíjať situácia po úplnom narušení ľadového šelfu, je kolaps ľadovca Prince Gustav (obr. 14) medzi poloostrovom Trinity a ostrovom Jamesa Rossa na najsevernejšom cípe Antarktického poloostrova. Ľadový šelf bol úplne narušený v r. 1995, jeho dezintegrácia prebiehala až do r. 2001. Po jeho kolapso sa zvýšila rýchlosť postupu materškých pevninských ľadovcov rovno do mora z 0,1 m/deň (2005 – 2006) na 0,9 m/deň (2008 – 2009).



Obr. 14 Ešte stabilný ľadový šelf Prince Gustav v r. 1988. Po kolapse v r. 1995 ľadovce, ktoré do oblasti ústili, zvýšili rýchlosť toku priamo do mora a stenčili sa, pričom spôsobili merateľný vzostup hladiny mora. W – západná zem. dĺžka., S – južná zem. šírka. Zdroj: AntarcticGlaciers

Najrýchlejšie ubúdanie západantarktického šelfového ľadu bolo pozorované na pobreží Amundsenovho mora, kde sa nachádzajú tri najrýchlejšie ustupujúce oblasti ľadového šelfu naviazané na ľadovce Pine Island, Thwaites

a Smith. Roztopenie týchto ľadovcov by spôsobilo kolaps Západantarktického ľadového príkrovu. Pri súčasnom tempe topenia by to mohlo nastaviť už o 60 rokov. Iba ustupujúce ľadovec v Amundsenovom mori, podľa niektorých výpočtov, zvyšujú hladinu oceánu o 0,24 mm/rok. V decembri 2017 do oblasti prišla pozemná expedícia, ktorá mala 2 týždne overovať merania satelitu ICE-Sat.

Zdá sa, že kým v oblasti Antarktického poloostrova prevláda skôr povrchové topenie ľadových šelfov, v oblasti Amundsenovho mora prevláda topenie od spodu vplyvom teplých morských prúdov (obr. 16). V rokoch 1992 – 2001 sa odhadoval úbytok ľadu v Antarktíde na cca 36 Gt/r., v nasledujúcom desaťročí to bolo až 215 Gt/r.

Na mieste činu

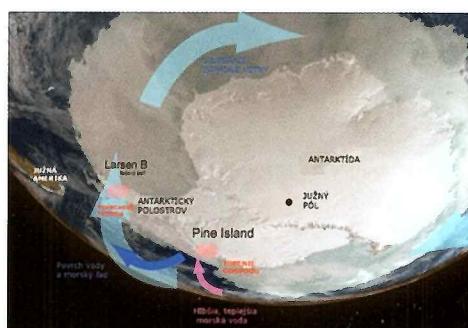
Rozporné výsledky satelitných meraní zaľadenia v Antarktíde a trendov hladiny svetového oceánu a nesúlad medzi meraním a mo-

ktorých sa ľadoborec udržal na mieste, sa ukázali ohurujúce výsledky: vedci odhadli úbytok ľadu vplyvom teplého prúdu na 54 km³/rok, čo znamená stenčovanie ľadu o 90m ročne. Nebolo jasné, ako hlboko pod ľad teplý prúd prenikol. Bol to však závažný objav. Ukázal, že za rozdielmi v rýchlosťach stekania pevninského ľadu do mora sú aj javy pod ľadom – orograafia podkladu, na ktorom ľadový šelf „sedí“, a teplota morskej vody, ktorá pod ľad preniká. Rýchlosť, ktorou sa takto môže topiť ľadovec, bola pre glaciológov dovtedy nepredstaviteľná. Podmienky vhodné na návrat ľadoborce na rovnaké miesto k Pine Island sa vyskytli až o 13 rokov. V r. 2009 posádka vyslala pod ľadovec malú robotickú ponorku Autosub3. Ukázalo sa, že na mieste vzniklo viac dutín a kanálov v ľade, cez ktoré morská voda preniká hlbšie k pevninskému ľadovcu. Objem vody z roztopeného ľadu sa zdvojnásobil. Roztopila sa už vrstva ľadu s takou hrúbkou, že ľad sa vydvihol až nad hrebeň, ktorý mu pred 13 rokmi prekážal v posune k oceánu.

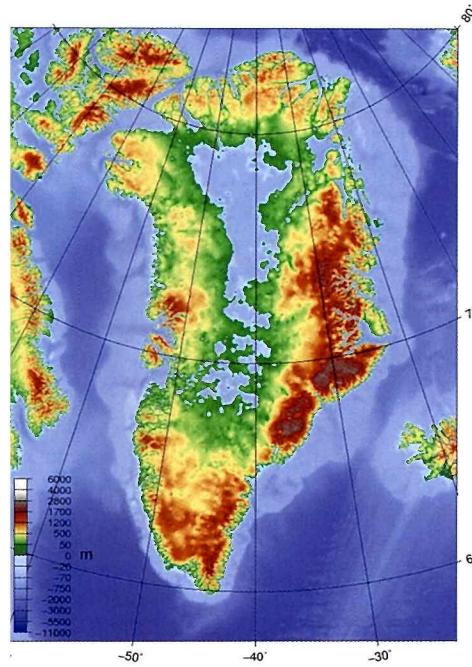
Bez zmien nezostal ani Smithov ľadovec. V období 2002 – 2009 sa na niektorých miestach stenčil o 450m. Odhaduje sa, že od r. 1994, kedy sa ročne v Antarktíde topilo asi 25 km³ ľadu, tu rýchlosť topenia stúpla 12-násobne – na 308 km³/r. V najbližšom čase sa výskum sústredí na ľadovec Thwaites blízko Pine Island, ktorého roztopenie by spôsobilo vzostup hladiny mora asi o 1,2m.

V predchádzajúcich správach IPCC sa odhadovalo topenie ľadu v Grónsku a Antarktíde, ktoré môže významne

ovplyvniť hladinu mora o 100 – 1000 rokov. Súčasné odhady hovoria o možnom vzostupe hladiny mora pre topiaci sa ľad v Antarktíde o 45 cm – 1,5m do r. 2100. Započítaním vplyvu ľadovcov topiacich sa v Grónsku tieto hodnoty môžu vzrástť na 0,9 – 2,1m. Kolaps Západantarktického ľadového príkrovu a grónskych ľadovcov spolu by však spôsobil vzostup hladiny svetového oceánu až o cca 15,5 m. V roku 2017 časopis Nature zverejnili modelové odhady vývoja Západantarktického ľadového príkrovu. Jeho kolaps, po započítaní nestability ľadového šelfu, je nezvratný.



Obr. 16 Dramatický úbytok ľadu v Západnej Antarktíde, obzvlášť na Antarktickom poloostrove a v oblasti Pine Island. Dôvodmi sú strata podporného šelfového ľadu, silnejúci vietor a vytvorenie kanálov pod ľadovým šelfom, ktoré umožňujú prienik teplej vody hlboko pod ľad. Zdroj: NASA



Obr. 17 Topografia Grónska bez ľadového príkrovu. Zdroj: Wikimedia

Ľadovce Pine Island a Thwaiten by sa mohli roztopiť do 20 – 50 rokov. Vzostup hladiny mora o 1,5 m na konci storočia sa javí ako veľmi pravdepodobný a skôr minimalistický. Nie je vylúčené ani roztopenie celého Západantomorského ľadového príkrovu.

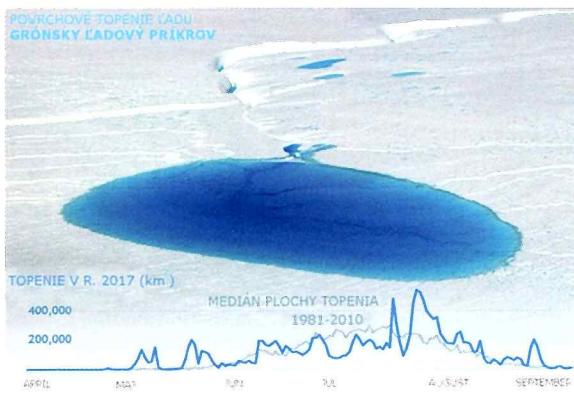
Mapovanie podkladu ľadovcov vo Východnej Antarktíde pomocou radarov odhalilo, že aj tu sa pod ľadovcami nachádzajú zárezy do podkladu s dnom pod úrovňou hladiny mora (až do hĺbky 2,5 km), ktoré môžu byť predpokladom ich zrýchľeného topenia vplyvom teplejšej morskej vody. V roku 2015 sa k ľadovému šelfu pevninského ľadovca Totten vo Východnej Antarktíde (jeho roztopenie by vysvetlovalo zvýšenie morskej hladiny o takmer 4 m – rovnako ako roztopenie Západantomorského ľadového príkrovu) vydala austrálska loď AURORA AUSTRALIS s výbavou podobnou tej na lodi PALMER. Morská voda pod týmto ľadovcom spôsobuje jeho topenie oveľa pomalšie, ako v prípade ľadovcov pri pobreží Amundsenovho mora – iba niekoľko km^3/r . V porovnaní so Západnou Antarktidou je to zanedbatelné. Roztopenie tohto ľadovca teda pravdepodobne nemôže nastať v tomto storočí. Vývoj závisí od toho, ako bude rásť skleníkový efekt našej atmosféry a od toho, či sa neobjavia ďalšie procesy, ktoré môžu topenie ľadu urýchliť.

Tajomstvá grónskeho ľadu

Jediný ľadový príkrov na severnej pologuli sa nachádza v Grónsku. Ľad trvale pokrýva cca 80 % povrchu tohto ostrova, pričom jeho rozsah je asi 2400 km² v smere poludníkov a 1100 km v oblasti 77° S z. š. Hrubka ľadu tu dosahuje 2-3 km (prvá oblasť s hrúbkou cca 3 km je v oblasti okolo 62-63° S z. š., maxi-

málna nameraná hrubka 3290 m je okolo 72° S z. š.). Roztopenie grónskeho ľadu by viedlo k zvýšeniu hladiny mora o cca 7,2 m. Okrem tohto rizika by pravdepodobne roztopený ľad zmenil termohalininnú cirkuláciu v Severnom Atlantiku a teda polohu morských prúdov ovplyvňujúcich aj podnebie Európy. Podobne ako v Antarktíde, aj tu sa nachádza niekoľko ľadovcov, ktoré ústia do Atlantiku, alebo do Severného ľadového oceánu. Okolo ostrova sa nachádzajú, v porovnaní s Antarktidou, oveľa menšie oblasti šelfového ľadu. Spôsobuje to jeho orografia: vyvýšené oblasti sa nachádzajú viac pri okrajoch, pričom rovina s nadmorskou výškou blízkou morskej hladine je v centrálnej časti. Pohoria tak blokujú tok ľadu do mora (obr. 17).

Aj v Grónsku sú oblasti, kde sa ľad topí rýchlejšie, a taktiež rozsiahle zóny dokonca s prírastkom ľadového krytu. Až 77 % ľadu roztopeného za posledných 100 rokov sa nachádzalo vo východnej, juhovýchodnej a severnej časti ostrova. V letnom období sa v rozsiahlych oblastiach pozoruje topenie povrchového ľadu, signalizované zmenou farby ľadu a jazierkami tyrkysovej farby (obr. 18). Voda z povrchu preniká do hlbky ľadu, niekedy až pod ľadovce, kde vytvára subglaciálne riečne systémy ústiacie do mora. Odtok roztopenej vody vo forme väčších, či menších riek pod ľadom sa považuje



Obr. 18 Jazierko roztopenej vody a povrchový prúd vody na Grónskom ľadovom príkrove 19. júla 2017 spolu s grafom celkovej plochy s detegovaným povrchovým topením (bledomodrá čiara). Od júna do polovice júla bola táto plocha menšia ako medián za obdobie 1981 – 2010 (sivá čiara). Nárast plochy v strede a koncom júla súvisel s niekoľkými týždňami, kedy sa topil ľad na rozsiahlej oblasti povrchu. Topenie sa však zmiernilo v strede augusta. Podľa Dánskej meteorologickej služby v období september 2016/august 2017 napadol v Grónsku o 544 Gt snehu viac, ako sa roztopilo. V porovnaní s 3600 Gt ľadu, ktoré ostrov stratil od r. 2002, to nie je málo. Avšak každoročne z Grónska ubúda 500 Gt ľadu z ľadovcov odlamovaním ľadových hôr a topením ľadového šelfu. Aby sa ľad v Grónsku dostal na úroveň pred rokom 2002, pri rovnakých prírastkoch ľadovej hmoty ako v r. 2017, by to trvalo 82 rokov. Zdroj: NOAA

je za jeden z hlavných príspevkov k zvyšovaniu globálnej hladiny mora vplyvom topenia sa grónskeho ľadu. Ľadovce, pod ktorými sa nachádza kvapalná voda, tečú do mora oveľa rýchlejšie ako tie, ktoré sú uložené na suchom podklade. V rokoch, kedy sa pozoruje extrémny rozsah oblastí s topiacim sa povrchovým ľadom, prevládajú neobvyklé meteorologické

podmienky. V lete roku 2003 prevládalo južné namiesto typického severného prúdenia. V lete 2012 sa ľad topil až na 97 % povrchu ostrova. Nad touto rozsiahloou oblasťou roztopeného ľadu sa vyskytovali riedke oblaky. Štúdie z r. 2016 uvádzajú, že zvýšený výskyt oblakov zabraňuje v období topenia povrchového ľadu v Grónsku ochladzovaniu roztopenej vody v ľadovom firne pod bod mrazu počas noci a prispieva tak k jej zvýšenému odtoku do mora. V septembri 2017 sa v juhovýchodnej časti pozoroval od r. 1979 (začiatok druhicových meraní) najväčší rozsah topenia povrchu ľadu a opäť súvisel s neobvyklým krátkodobým oteplením.

Zvýšenie toku vody spod ľadovcov do mora potvrdzujú dlhodobé záznamy prietokov v ľadovcových riebach, využívaných na výrobu elektriny. V roku 2011 satelitné meračia odhalili na juhovýchode Grónska ďalšie prekvapenie – ešte pred obdobím topenia sa povrchového ľadu našli rezervoár kvapalnej vody ($140 \text{ } 10^9 \text{ m}^3$) medzi ľadovými kryštálmi firnu s rozlohou až 70 000 km^2 . Je predpoklad, že táto voda sa v kvapalnom skupenstve udržuje po celý rok. Jej uvoľnenie do mora by spôsobilo vzostup jeho hladiny o $0,4 \text{ mm}$. V rozsiahlych oblastiach topiacich sa povrchového ľadu sa začína viač darí riasam, ktoré spôsobujú tmavšie sfarbenie povrchu a tak prispievajú k poklesu albeda a ďalšiemu ohrevu povrchu.

Zrýchľujúcim faktorom toku ľadovcov do mora je aj veľmi tenký ľad na čele ľadovcov ústiacich do mora. Jeho spodná základňa sa už často nenachádza na morskom dne, ale vznáša sa na hladine mora. Výrazne sa tak obmedzuje brzdenie toku mäs ľadu z vnútrozemia. Kým v rokoch 1992 – 2001 sa odhadoval úbytok ľadovcov v Grónsku na 36 Gt/r , v desaťročí 2002 – 2011 to už bolo 215 Gt/r , a posledné merania (NASA) hovoria o úbytku vyššom ako 281 Gt/r . (tentot roztopený ľad zodpovedá za zvýšenie morskej hladiny o $0,8 \text{ mm ročne}$). Merania gravitačného poľa zo satelitu GRACE ukázali v rokoch 2008 – 2012 úbytok až 367 Gt/r .

Modely podhodnocovali príspevok topiacich sa ľadu z Grónska k celkovému vzostupu hladiny mora. Vzhľadom na orografiu ostrova sa predpokladalo, že ľadový šelf sa vyskytuje iba pri pobreží – vo fjordoch zarezaných do pevniny najviac 10 km. Očakávalo sa postupné vydvihnutie okraja pevniny ostrova vplyvom úbytku hmotnosti ľadu, čo malo zabrániť ďalšiemu vplyvu teplej oceánskej vody na grónsky pevninský ľad. Presnejsie mapovanie podkladu ľadovcov pomocou radarov ukázalo, že morská voda sa v úzkych a hlbokých zárezoch môže do vnútrozemia dostať aj viac ako 100 km. Ľadovce sú tenké iba pri ich ústí do mora. Smerom do vnútrozemia hrubnú a ich základne v zárezoch sa vplyvom hmotnosti ľadu dostávajú hlboko pod hladinu mora. Z 234 mapovaných ľadovcov malo 134 základňu pod hladinou mora, z toho 89 viac ako 200 m a 59 viac ako 300 m.

Najväčšie obavy o ďalší vývoj hladiny mora vyvoláva rýchly úbytok ľadovcov s veľkou spádovou oblasťou ľadu. Takým ľadovcom je Jakobshavn, ktorý ústi do mora nad fjordom zarezávajúcim sa do pevniny Grónska od západu (obr. 19). Hlboko vo vnútrozemí je jeho základňa viac ako 300 m pod hladinou mora. Predstavuje spádovú oblasť pre 6 % grónskeho ľadu. V období 2001 – 2011 roztočený ľad z tohto ľadovca spôsobil vzostup morskej hladiny asi o 1 mm. V porovnaní s ľadovcami v Západnej Antarktíde (Thwaites, Pine Island) leží tento ľadovec nad užším kaňonom a predpokladá sa, že zárez sa po roztočení ľadu zúži, čo spomalí tok ľadu do mora. Na druhej strane, je ľahko predvídateľné, ako rýchlo sa bude topiť, ak sa jeho čelo posunie do miest, kde má ovela väčšiu hrúbkou ako teraz. Ľadovec ustupuje do vnútrozemia rýchlosťou 10,4 km / r.

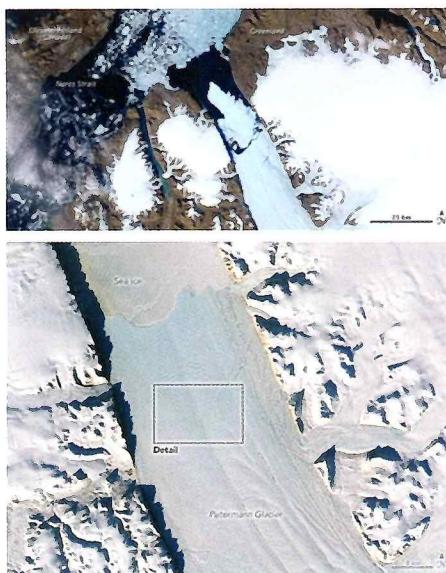


Obr. 19 Mapa Grónska s vyznačenou pozíciami ľadového príkrovu – červené body predstavujú najväčšie ľadovce ústiacie do mora. Zdroj: NASA

Podobnou rýchlosťou (10 km/r.) ustupuje aj ľadovec Petermann na severozápadnej strane Grónska (obr. 19), ktorý má tiež obrovskú spádovú oblasť. Zistilo sa, že leží nad najväčším kaňonom na svete (dĺžka 758 km, šírka 10 km a hĺbka viac ako 800 m). Zo šelfového ľadu ľadovca sa do mora postupne uvoľňujú obrovské ľadové bloky (obr. 20): v r. 2001 to bolo asi 85 km², v r. 2008 25 km², v roku 2010 251 km² (štvrtina jeho šelfového ľadu), v r. 2012 opäť obrovská ľadová hora s výmerou cca 120 km² a v roku 2013 stratil blok ľadu s výmerou 12 km². Okolo 30 – 100 % ľadovcov v Grónsku ovplyvňuje morská voda. Dva až štyri krát toľko, ako sa predpokladalo pred cca desiatimi rokmi.

Ostatné pevninské ľadovce

Úbytok vidno takmer pri všetkých pevninských ľadovcoch. V Patagónii sa podľa formovania reliéfu hľadali miesta, kde sa mohli nachádzať ľadovce počas Malej doby ľadovej (okolo r. 1600 – 1850). Zistilo sa, že zo 640 ľadovcov z tohto obdobia zostalo v Patagónskych Alpách 626. Z nich 386 vytieká na štyri veľké ľadové polia (North and South Patagonia ice fields, Gran Campo Nevado a Cordillera District) a 100 ústi v jazerach. 90,2 % z týchto ľadovcov sa od roku 1870 do r. 2011 zmensilo, iba 0,3 % sa zväčšili. Rýchlosť, akou sa ľadovce zmenšili, nebola od začiatku sledovania v r. 1870 rovnaká, ale v období 2001



Obr. 20 hore: Dňa 5. 8. 2010 sa z ľadovca Petermann oddelila ľadová hora s výmerou 251 km², ktorá predstavovala ¼ jeho 70 km dĺhého ľadového šelfu. Udalosť zachytil spektro-radiometer MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) družice AQUA. Dole: Nový rift v ľadovci zachytil 15. 4. 2017 prístroj OLI (Operational Land Imager) satelitu LANDSAT8. Na obrázku je aj čelo šelfového ľadu, ktoré sa dostáva do kontaktu s morským ľadom pokryvajúcim morskú vodu v ústí fjordu. Zdroj: NASA

– 2011 sa v niektorých oblastiach oproti obdobiu 1870 – 1986 zdvojnásobila.

Akcelerácia zmenšovania ľadovcov má lokálny charakter. Kým vo vyšších zemepisných šírkach bol najrýchlejší úbytok v období 1986 – 2001 (Cordillera District, Tierra del Fuego), v nižších zemepisných šírkach (North Patagonia) sa ľadovce topili rýchlejšie v období 2001 – 2011. Najrýchlejšie sa scvrkávajú malé pevninské ľadovce s výmerou do 5 km². Rýchlejšie sa zmenšujú ľadovce v nižších zemepisných šírkach ako vo vyšších. Úbytok ľadu je nižší v takých lokalitách, kde sa pozoruje vzostupný trend v zrážkach, avšak iba vtedy, keď sú prevažne v pevnom skupenstve. Okrem zemepisnej šírky a rozsahu ľadovca závisela rýchlosť topenia výrazne aj od prostredia, kde ľadovec ústi (terminal environment). Ľadovce končiace v šelfovom ľade sa zmenšovali rýchlejšie, ako tie, ktoré končili na pevnine.

V Ázii v oblasti Himalájí družicové snímky ukazujú mohutné ľadovcové rieky a zväčšenie ľadovcových jazier. V obdobiah intenzívneho topenia sa ľadu kapacita jazier nestáči a vznikajú záplavy nového druhu (GLOF – Glacial Lake

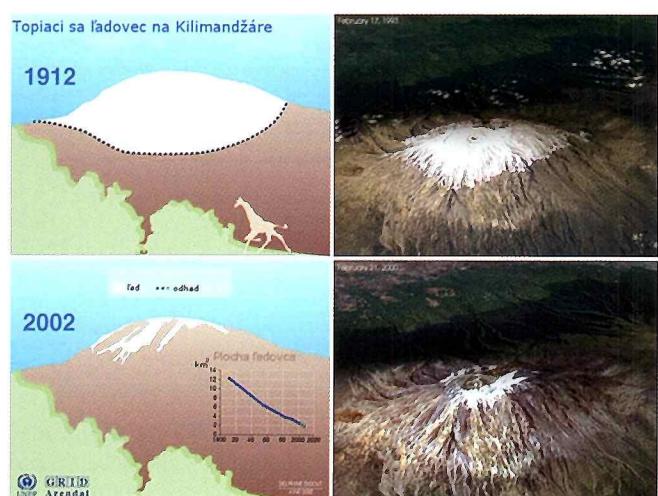
Outburst Floods). Paradoxnou sa môže javiť situácia na Aljaške okolo hory Mt. Denali (6190 m n. m.). Analýza tunajšieho rastúceho ľadovca ukázala, že pred Priemyselnou revolúciou tu pribúdalo ročne asi 2,4 m snehových zrážok. V poslednom období sa množstvo zrážok zdvojnásobilo na takmer 5,5 m ročne. Tento prírastok sa pripisuje zmenám cirkulácie vzduchu, častejšemu výskytu cyklonálnych situácií a čiastočne aj vyššemu obsahu vodnej pary v čoraz teplejšom vzduchu. Väčšina nižšie položených ľadovcov však ustupuje aj v tejto oblasti.

V Nórsku je taktiež niekoľko ľadovcov, ktorých hmota sa nemení alebo rastie z dôvodu rastúcich zrážok. Počet takýchto ľadovcov sa však znižuje. Ďalšou oblastou, kde neboli detegovaný úbytok, ale stabilný stav či prírastok ľadovcov je Karakoram – pohorie na rozhraní Indie, Pakistanu a Číny, kde sa nachádzajú 4 vrcholy s výškou nad 8000 m n. m. Kým v Alpách predstavujú ľadovce cca 2 % a v Himalájach 8 – 12 % povrchu, ľadový kryt v pohorí Karakoram predstavuje až 30 – 50 % povrchu. V tejto oblasti sa nachádzajú dva najdlhšie mimopolárne ľadovce (Siachen dlhý 76 km a Biafo dlhý 67 km, v blízkom Tadžikistane je aj ten najdlhší 77 km ľadovec Fedchenko). Príčinou, prečo tu ľadovce neubúdajú tak ako v blízkych Himalájach je, že ich veľká časť je ukrytá pod hrubou vrstvou skál a sutiny, ktoré zabezpečujú stabilnú teplotu ľadu.

Takmer všade inde vo svete – v Andách, Skalistých horách, Alpách, na Novom Zélande ale aj na tropickom Kilimandžáre (obr. 21) sa pozoruje rýchly úbytok ľadovcov (zvyšky ľadovca na Kilimandžáre uvidíme približne do roku 2020 – úbytok ľadovcov tu pravdepodobne súvisí aj s väčšou sublimáciou vody a poklesom množstva zrážok). Najmä v Ázii sa úbytok ľadovcov počas vzdialenejšej budúcnosti (o viac ako 100 rokoch) prejaví nedostatkom pitnej vody.

Dokončenie v ďalšom čísle.

Anna Pribullová



Obr. 21 Vľavo: Umelecké stvárnenie ľadovej čiapky na Kilimandžáre od r. 1912, kedy ju preskúmali prvý raz. 82-percentný úbytok ľadu vedci uvádzali na stretnutí AAAS (American Association for Advanced Science) už v r. 2001 (UNEP/GRID-Arendal graphic). Vpravo: letecké zábery z februára 1993 a 2000. Zdroj: NASA

„Pozoruj hviezdy srdcom,”

vrvá klasik medzi vizuálnymi lovcami komét z Krajiny vychádzajúceho Slnka

Ako trinásťročný objavil novú kométu, a vďaka tejto náhode po nich začal pátrať. Na vysokej škole si našiel iný koníček, no o 15 rokov ho jasná kométa zlákala znova. Napriek veľkým prehliadkam oblohy verí, že lovci komét prežijú. „Pozoruj hviezdy srdcom“, vrvá vizuálny objaviteľ komét Shigeki Murakami.

Čo vlastne skúmaš ako vedecký pracovník Výskumného ústavu lesného hospodárstva a lesných produktov?

Ako hydrológ skúmam kolobeh vody v lese. Konkrétnie ma zaujímajú dva hydrologické procesy. Jedným z nich je vyparovanie dažďovej vody počas zrázok. Druhým je proces topenia snehu v lese a jeho súvis s vodnými zdrojmi.

O hviezdy si sa začal zaujímať ako 10-ročný. Čo vytváralo tvoj záujem o astronómii?

Môj kamarát si kúpil astronomický ďalekohľad. To ma inšpirovalo urobiť to isté. Vtedy sme boli traja, čo sme sa zaujímali o astronómii a venovali sme sa jej niekoľko rokov. Dnes som z tej trojice zostal jediný.

Zvažoval si kariéru profesionálneho astronóma?

Ano. V detstve ma zaujímali viaceré vedné disciplíny a bol som rozhodnutý stať sa as-

tronómom. Napriek tomu som ako 15-ročný zmenil svoje rozhodnutie. Vtedy som sa po prvý raz zúčastnil Výročnej kometárnej konferencie, kde som stretol mnoho známych lovca komét vrátane Minoru Hondu a niekoľkých profesionálnych astronómov. Súčasťou podujatia bola návšteva Okayama Astrophysical Observatory, pobočky Tokijského observatória, kde v tom čase bol najväčší ďalekohľad v Japonsku (v súčasnosti National Astronomical Observatory of Japan, NAOJ).

Tooru Kobayashi, objaviteľ komety C/1975 N1 (Kobayashi-Berger-Milon), sa spýtal profesora Goro Ishidu, riaditeľa: „Baví vás vaša práca?“ Ishida zostal zmätenský a na otázku nedopovedal. Táto otázka na mňa spravila dojem a pochopil som, že baviť sa pozorovaním hviezd a štúdiom astronómie nie je to isté.

Nemyslím si, že rozhodnutie nestať sa profesionálnym astronómom príšlo v tom momente, ale pravdou je, že táto príhoda ma veľmi ovplyvnila. Ked' som stretol Tooru Kobayashiu na Výročnej kometárnej konferencii v r. 2016, spýtal som sa ho, či si pamäta na svoju otázku Ishidovi. Nepamätať sa.

Z čoho či čerpal informácie o astronómii, keď si začínal?

Jediným zdrojom v tom čase bol mesačník Temmon Guide. Minimálne mesiac trvalo,

kým sa človek dozvedel o objavoch nových komét. Existovalo niekoľko poštou posielaných obežníkov ako „Yamamoto Circular“ (vydaný združením Oriental Astronomical Association, OAA) a „Comet Bulletin“ (Sekcia komét OAA). V tom čase som nemal objednaný ani jeden, keďže som nebol lovcom komét. Keď som s hľadaním komét začal, jeden z nich som si objednal.

V lete 1975 rozhlas ohlásil objav novej komety. Večer som svojim podomácky vyrobenným 5-cm ďalekohľadom pod Veľkým vozom našiel malý fliačik, kometu C/1975 N1 (Kobayashi-Berger-Milon). Ty si ju tiež našiel. Ako?

Ano, ako 13-ročný som ju náhodne s pozoroval. Vďaka tejto skúsenosti som nadobudol presvedčenie, že môžem objaviť novú kométu, ak budem mať šťastie. To ma priviedlo k hľadanju komét. Kométa mala 6. až 7. magnitúdu a predpokladal som, že už ju niekto objavil. Ked' však došlo k jej náhľemu zjasneniu, mohlo ísť o novú, ktorá ešte nebola hlásená. Vedel som, čo robíť v prípade objavu. Určil som polohu komety podľa hviezdnej mapy A. A. Michajlova, ktorá bola jediná, ktorú som vtedy mal.

Potom som zavolal na Tokijskú hvezdáreň (dnes NAOJ). Bol som veľmi nervózny, ale keďže bola noc, odpovedal mi len záZNAMník.



Reflektor vlastnej výroby, 125 mm. Foto: Shigeki Murakami



46. výročná kometárna konferencia, Fukui, 2016. Foto: Shigeki Murakami, archív



Minoru Honda (vľavo) a Koichiro Tomita, objavitelia C/1964 L1 (Tomita-Gerber-Honda) na 7. výročnej kometárnej konferencii 1977. Foto: Shigeki Murakami



Kométa C/1975 N1 (Kobayashi-Berger-Milon). Foto: Shigeki Murakami



Okuláre a korektory komy. Zľava doprava: Ethos 21 mm, Planokular 30 mm a korektory komy. Foto: Shigeki Murakami



Hľadanie komét v zime v nadmorskej výške 425 m. Snehová pokrývka bola vyše 2 m. Foto: Shigeki Murakami



7. výročná kometárna konferencia, Kobe, 1977. Foto: Shigeki Murakami, archív

Ráno som sa musel zúčastniť na tréningu športového klubu školy, pretože o dva týždne sa konali prefektúrne preteky v štafetovom behu. Z telefónu v škole som zavolať znova, boli tam aj niekoľkí spolužiaci, ktorí vedeli o mojom pozorovaní. Keď som pracovníkovi hvezdárne nahlásil pozíciu komety, ten iba chladne odpovedal: „Kometu objavili pred niekoľkými týždňami, volá sa Kobayashi-Berger-Milon.“

Potešilo ma, že prvým objaviteľom bol Japonec, a súčasne to pre mňa bola dostatočná motivácia, aby som začal hľadať komety.

Ráno si musel do školy. Ako sa ti darilo skombinovať školu s nočnými pozorovaniami?

Komety som hľadal zvyčajne za súmraku. Obec, kde som vyrastal, leží v horách a veľkú časť východnej oblohy zakrývali kopce. Bolo ľahké prehľadávať východnú oblohu pred sviatím. Ak by som ju chcel pozorovať, musel by som ďalekohľad najprv previeť na fúriku asi kilometer ďalej, kde vidieť oblohu od výšky okolo 15 stupňov nad obzorom alebo aj menej.

Tvoj prechod na vysokú školu si vyžiadal s lovom komét prestať. Prečo? A bola to ľahká vol'ba?

Sapporo, kde sídlila vysoká škola, malo v 80-tych rokoch uplynulého storočia 1,4 milióna obyvateľov. Aj keby som mal auto, trvalo by mi viac ako hodinu a pol, kým by som sa dostal na tmavé miesto. Na komety som prestal myslieť, ale nebolo to ľahké, našiel som si ďalšie záľuby - lyžovanie a horolezectvo.

Zahľadeli si sa počas tých rokov niekedy aj na oblohu?

Nie, nočnú oblohu som pozoroval zriedka, nadchýňalo ma horolezectvo. Aj dnes sa občas vyberiem na túru, ale zvyčajne iba na jednodňové akcie.

Pozorovanie jasnej C/1996 B2 (Hyakutake) spôsobilo, že si znova začal hľadať komety. Zmenil si svoje prístrojové vybavenie v porovnaní so 70-tymi rokmi?

V Japonsku sa za najvhodnejší prístroj na lov komét považoval ďalekohľad s priemerom okolo 15 cm so širokým zorným poľom. Ja som

v roku 1996 vymenil reflektor vlastnej výroby o priemere 12,5 cm za refraktor BORG 125ED s rovnakým priemerom. Refraktor nemá sekundárne zrkadlo, takže má väčšie zorné pole. V 70-tych rokoch však bol pre tínedžera pridrahý. V roku 1996 jeho cena klesla a súčasne sa zlepšil výkon prístroja vďaka ED sklu.

Odkiaľ zvykneš pozorovať?

V lete cestujem za najlepšími podmienkami do nadmorskej výšky 962 m. Je to 30 minút jazdy. Občas pozorujem spoza môjho domu, hoci miesto je mierne osvetlené s výnimkou východnej a západnej oblohy. Žijem v oblasti s výdatným snežením a na spomínané pozorovacie miesto sa od decembra do apríla nedostanem. Preto v zime využívam iné lokality. Jedna je 15 minút jazdy v nadmorskej výške 340 m, na druhé miesto vo výške 425 m mi trvá cesta 25 minút. Tu je to lepšie, no svetelné znečistenie z lyžiarskeho svahu zhoršuje cez víkend stav oblohy, pretože stredisko je otvorené aj v noci. V sobotu, v nedelu a cez sviatky preto pozorujem z prvej lokality.

Akú máš stratégiu hľadania?

Nové CCD kamery sú čoraz citlivejšie a amatéri aj profesionáli objavujú komety s čoraz nižšou jasnosťou. Ak sa tomu chcem prispôsobiť, potrebujem teleskop s väčším priemerom, a/alebo väčšie zväčšenie. Používam 46-cm Dobson s primeraným zväčšením. Väčší ďalekohľad, napr. s priemerom 60 cm, je ľahké nastaviť a je citlivejší na seeing. Seeing u mňa je občas veľmi zlý a obraz hviezdy sa zväčšuje až tak, že nízko nad horizontom sa uhloucou veľkostou dá porovnať s Jupiterom. Čím väčší priemer ďalekohľadu, tým viac sa prejavuje seeing. Teleskop s priemerom zrkadla 46 cm je pre mňa optimálny.

Používané zväčšenie som zmenil zo 68-násobného, ktorým som objavil kometu C/2002 E2 (Snyder-Murakami), na 78-násobné. Ním som objavil P/2010 V1 (Ikeya-Murakami) a teraz zvyčajne používam 97-násobné zväčšenie. Pri zväčšení 68x som len zriedka identifikoval galaxie 14. magnitúdy, no so zväčšením 97x ich vidím často. Pri zlom seeingu znížim zväčšenie na 78-násobné. Musím povedať, že

97-násobné zväčšenie je maximum, pretože pri ňom mám zorné pole 1 stupeň a viac ho nechcem zmenšovať, aby som zachoval efektívnosť hľadania, t. j. počas jednej prehliadky zvyčajne pokrývam 40 stupňov vo vertikálnom smere a 25 stupňov v horizontálnom.

Ak príde jasná kométa, moja súčasná stratégia môže byť prekonaná aj menšími prístrojmi s väčším zorným poľom a s menším zväčšením. Kométa 332P mala pri objave 9. magnitúdu. Komety C/2015 F3 (SOHO) a C/2015 P3 (SWAN) s magnitúdou 11 by sa na tmavej oblohe dali objaviti 20-cm prístrojmi. Neexistuje jedený správny spôsob hľadania komét!

Poznáš lovcov, ktorí používajú podobné alebo väčšie prístroje ako ty?

Áno. Patrick L. Stonehouse objavil kométu C/1998 H1 (Stonehouse) pomocou 44-cm ďalekohľadu, Don Machholz našiel C/2010 F4 (Machholz) pomocou 18-palcového (46 cm) Dobsona. V. A. Petriew našiel 185P (Petriew) pomocou 20-palcového (51 cm) ďalekohľadu, hoci neboli lovec komét, kometu objavil náhodne počas hviezdnej pártky. Rolf G. Meier vizuálne objavil v rokoch 1970 - 1980 kométy C/1978 H1 (Meier), C/1979 S1 (Meier) a C/1980 V1 (Meier) 41-cm ďalekohľadom.

Tvoj 46-cm Dobson uzrel prvé svetlo v júli 2001. Po polroku, v deň svojich 40. narodenín, si ho začať používať na lov komét. Bola to dobrá vol'ba. Spomeneš si na moment, keď si konečne našiel svoju prvu kométu C/2002 E2?

Počas prehliadky v danú noc som spozoroval difúzny objekt. Z viacerých príčin som si myslal, že ide o známu kométu. Vedel som totiž, že na východnej oblohe nejaké slabé komety sú, a okrem toho som ani nepoznal dosah môjho nového Dobsona, ktorý som na tento účel použil len tretíkrát a ešte som nezistil jeho hranicu magnitúdu. Predpokladal som, že moja 18-palcovka (46 cm) je schopná „vidieť“ kométy do 13. magnitúdy a zároveň som si myslal, že kométa, ktorú som zbadal, je už známa. Jej jasnosť som odhadol na 13. magnitúdu.

Bol som veľmi pokojný, ale napadlo mi: Čo ak je kométa predsa len nová? Zaznamenal som jej polohu čo najpresnejšie a presvedčil sa o jej pohybe. Všimol som si aj slabý chvost. Tesne pred spozorovaním komety som identifikoval dve hviezdokopy, NGC 6426 (11,2 mag) a NGC 6535 (10,6 mag). Kométa bola jasnejšia ako NGC 6426 a slabšia než NGC 6535, t. j. bola 11. magnitúdy. Avšak priamo na mieste som nemohol overiť, či je naozaj nová. Doma som zapadol počítac, otvoril digitálnu mapu MegaStar5 a zobrazil pozorovanú oblasť oblohy. Žiadna známa kométa tam nebolá! V tom okamihu som si uvedomil, že som našiel novú.

Po štyroch rokoch si bol blízko ďalšiemu objavu. Žiaľ David Levy oznámil objav kométy C/2006 T61 (Levy) 3 hodiny a 43 minút pred tebou. Bol si veľmi sklamaný?

Ani nie, sú to časté situácie. Pomyšľel som si vtedy, že už sa to teda stalo aj mne. Niekoľko som čítal, že v 70-tych a 80-tych rokoch sa kvôli nedokonalej komunikácii niektoré nahlásené možné objavy stratili; trvalo dlho, kým sa požiadavka na potvrdenie dostala k ďalším pozorovateľom. Iný príbeh z obdobia

studenej vojny mohol byť ešte väčším sklamáním. Objaviteľ z východnej Európy sa snažil nahlásiť svoje pozorovanie do CBAT (Central Bureau for Astronomical Telegrams), ale telegram mu neodoslali. Kométu našiel lovec zo západu a objav nahlásil.

Tvoja druhá kométa prišla v roku 2010. Po znovaobjavení 31. 12. 2015 je ako periodická kométa očíslovaná - 332P/Ikeya-Murakami. Pri návrate ju pozoroval aj Hubbblov vesmírny ďalekohľad. Bohužiaľ, teleso sa rozpadlo na deväť fragmentov. Bude ju možné pozorovať pri ďalšom návrate?

Pravdepodobne bude náročné ju nájsť. Istú šancu však máme, pretože ešte stále nevieme dosť o vlastnostiach kométy. Napríklad väčšina astronómov predpokladala, že kométa C/2011 W3 (Lovejoy) sa po prechode perihéliom vyparí a zmizne, ale ona prežila a vyvinula sa z nej veľkopé kométa.

Zrejme neexistuje iná krajina na svete, kde sa venovalo hľadaniu kométy toľko ľudí súčasne. Japonci kométy nielen hľadali, ale mnohí z nich boli aj úspešní. Čo vyvolalo taký veľký záujem a úspech?

Prispel k tomu Tsutomu Seki, objaviteľ šiestich komét vrátane veľkej kométy C/1965 S1 (Ikeya-Seki). Je vynikajúci spisovateľ, publikoval viac ako tucet kníh o kométoch. Jeho kníhy neodložíte, kým ich nedocítate. Seki svojimi kníhami ovplyvnil a motivoval mnohých Japoncov; niektorí sa stali profesionálnymi astronómami a ďalší zasvätili svoj život hľadaniu kométy. Detailne opisuje, ako hľadať kométy, aký ďalekohľad je vhodný na lov kométy, alebo ako by ste mali prehľadávať oblohu; uvádzá aj štatistiky objavov.

Nabáda ľudí, aby si našli životný cieľ a naplnili tak svoj život. Písal aj pre deti, jeho kníhy sú v školských knižnicach po celom Japonsku. Je výborný rečník. Jeho prednášky lákajú poslucháčov, jeho zaujímavé rozprávanie ich motivuje. Myslím si, že množstvo jeho verejných vystúpení vychovalo japonských lovcov kométy. *Musím zdôrazniť, že bez príčinenia Tsutoma Sekiho by neexistovalo toľko japonských lovcov kométy.*

Bola medzi japonskými lovcami kométy veľká konkurencia? Považoval si ostatných za súperov?

Áno, súťaž medzi Japoncami pretrváva, všetkých som bral ako súperov. Avšak nielen Japonci, ale lovec z celého sveta medzi sebou súperia a sú protivníkmi. Za súpera považujem aj Pan-STARRS.

Prvá japonská kometárna konferencia sa konala v roku 1971 a odvtedy prebieha každoročne. Stala sa veľkou tradíciou. Prvýkrát si sa na nej zúčastnil v roku 1977. Chodieval si tam pravidelne?

Nie. Na konferenciu som chodil najmä vtedy, keď sa konala v blízkosti môjho mesta, hoci boli aj výnimky. V dvoch prípadoch som konferencii predsedal.

Zmenili sa konferencie v priebehu rokov?

Určite. Počet účastníkov sa mení každý rok. Napríklad v roku 1977 ich bolo 134, minulý rok 77. Najvyšší počet - 202 - bol v roku 1987, keď mal prednášku B. G. Marsden. Program konferencie pozostáva z hlavného stretnutia, napríklad prednášky pozvaných hostí a z úst-

ných a posterových prezentácií. Okrem toho sa organizujú stretnutia v jednotlivých sekciách, napr. fotometria, výpočet dráhových elementov, hľadanie kométy a ich fyzika. Stretnutia v sekciách sa každoročne menia. Lov kométy bývala jedna z nosných tém konferencie v mojej mladosti, ale v posledných rokoch sa stáva druhoradou.

V rokoch 2003 a 2004 si publikoval sériu troch článkov „Prežijú lovci kométy?“ Ako na to reagovali ostatní?

Motivoval ma email od japonského loveca kométy Syogo Utsonomiyoa. Obával sa, že kvôli robotickým prehliadkam oblohy už vizuálne lovci nové kométy nemôžu objavovať. Avšak moja analýza, ktorú som zverejnil na mojej webovej stránke, ho upokojila. Ak si dobre pamätám, on bol jediný, kto v Japonsku na môj článok reagoval.

Môj článok si prečítal aj Terry Lovejoy. Japonský mesačník o astronómii Hoshinavi s ním v roku 2007 urobil rozhovor. Tam sa písalo: „Článok od autorov Toshimi Taki a Shigeki Murakami z Japonska s názvom *Prežijú lovci kométy?* (3) tvrdil, že amatéri dokážu stále objavovať nové kométy a hľadajú vhodnú metódu. [...] Tento článok ma presvedčil a utvrdil v predstave, že lov kométy pomocou DSLR kamery môže byť účinný.“ Som rád, že mal možnosť si nás článok prečítať.

Roky si cestoval po svete. Náznaky svetelného znečistenia si postrehol napríklad už aj na Havajských ostrovoch. Povedal si k tomu, že „potrebujeme zachovať tmavú a priezračnú oblohu, ktorej je na našej planéte stále menej“. Robia sa pre to dostatočné opatrenia? Aká je situácia v Japonsku?

Niekteré krajiny sa snažia svetelné znečistenie znížiť. V Japonsku vydalo Ministerstvo životného prostredia usmernenie na znižovanie mieru znečistenia pred mnohými rokmi, ale nie je povinnosťou jednotlivcov ani firiem ho dodržiavať. Sám mám pocit, že na mojom pozorovacom mieste sa jas nočnej oblohy z roka

na rok zvyšuje napriek tomu, že počet obyvateľov v meste i v jeho okolí klesá. Zrejme je to čiastočne kvôli tomu, že fluorescenčné lampy sú nahradené LED žiarivkami, ktoré vyžarujú silnejšie svetlo.

V roku 2012 si bol v Austrálii. Vieš porovnať tých párov minút totality pri slnečnom zatmení, ktoré si zažil v Cairns, s pocitom po objave novej kométy?

Pozorovanie úplného zatmenia Slnka je jedna vec a objav kométy je niečo úplne iné. Je pravda, že úplné zatmenie v Cairns bolo jedným z najpôsobivejších astronomických úkazov, aké som kedy videl. Ďalšími boli meteorický dásť Leoníd v roku 2001 a veľké kométy ako Hyakutake a Hale-Bopp.

Objav kométy sa lísi od pozorovania objektov alebo atraktívnych úkazov v dvoch bodoch. Po prvé, slnečné zatmenie je vopred presne vypočítané, kým nový objav sa predpovedať nedá. Hoci nečakané zjavenie nového objektu či úkazu je rovnako nepredvídateľné a môže byť pôsobivé, jeho pozorovanie je odlišné od objavu ešte aj v inom. Sledovanie totality slnečného zatmenia, meteorický dásť alebo pozorovanie jasnej kométy je „pasívna“ činnosť, kým objav kométy je činnosť „aktívna“. Objav je záležitosť osudu v tom zmysle, že niekto napriek vynaloženému úsiliu nikdy novú kométu nenajde. Iný môže nájsť kométu náhodou, trebá pri fotografovaní.

Mnoho lovecov kométy to v posledných dvoch desaťročiach vzdalo, niektorí prešli z vizuálneho hľadania na lov pomocou CCD kamier. Ty chceš pokračovať v hľadaní už osvedčeným spôsobom, vizuálne. Čo je tvoju hnacou silou?

Hľadám kométy, pretože hviezdná obloha je nádherná. Vizuálne hľadanie je jednoduchý, ale prirodzený spôsob poznania krásy oblohy a možnosť objaviť niečo nové. Hoci ďalekohľad Large Synoptic Survey Telescope (LSST), ktorý bude mať silnejšiu detekčnú schopnosť ako Pan-STARRS, bude v plnej prevádzke



Tooru Kobayashi (vľavo) a Shigeki Murakami na Výročnej kometárnej konferencii 2016, Foto: Shigeki Murakami



Knihy od Tsutomo Sekiho vo vlastníctve S. Murakamiho. Najstaršia kniha je vľavo dolu - A guide to discovery and observations, vydaná v r. 1975 s podpisom autora z 8. apríla 2007, keď sa prvý raz stretli. Foto: Shigeki Murakami.

od roku 2022, nemyslím, že vizuálne objavovanie kvôli tomu skončí. Iste, šanca na vizuálny objav bude nižšia ako dnes, to však pre mňa nie je dôležité. Robí mi veľkú radosť, keď sa môžem ponoriť do prekrásnej nočnej oblohy pri hľadaní komét.

Koľko vizuálnych lovov je stále aktívnych v Japonsku a v zahraničí?

Pokial' viem, z tých, ktorí objavili aspoň jednu kométu, sú aktívni Kaoru Ikeya, Syogo Utsunomiya, Masanori Terasako a Masamitsu Nakamura. Aktívny je aj ďalší lovec, ktorý však doteraz kométu neobjavil. O zahraničných lovcoch neviem.

Máš obľúbený astronomický citát?

Minoru Honda vravel: „Ak si stále spokojný aj bez nového objavu, pokračuj v hľadaní. Raz môžeš novú kométu nájst.“ Poznám ten citát od detstva, ale myslím som si, že nikdy neporozumiem jeho skutočnému významu, ani keď budem dospelý. Po prvom objave kométy som začal chápať jeho zmysel. Ak sa lovec dlhé roky urputne venuje hľadaniu bez úspechu, bude ho to odrážať od ukončenia lovov. Lovec kométy by nemal hľadať novú kométu zámerne, ale mal by si užívať pozorovanie hviezd, aby pokračoval v hľadaní.

Si posledným vizuálnym objaviteľom kométy. Myslíš si, že príde iný „držiteľ rekordu“, alebo by si uprednostnil potvrdenie svojej pozície ďalším objavom?

Verím, že ešte niekto novú kométu vizuálne objaví. Ako som spomenul v mojom videu z 2. októbra 2015, niektoré kométy z roku 2015 sa dali objaviť aj vizuálne. Jednou z príčin, prečo ich našiel prístroj SWAN vesmírnej sondy SOHO, je úbytok vizuálnych lovov. Domnievam sa však, že šanca na vizuálny objav stúpa.

Štefan Kürti

Tohkamachi, Japonsko – Nové Zámky, Slovensko

Shigeki Murakami (*1962), riaditeľ experimentálnej stanice Tohkamachi, Výskumný ústav lesného hospodárstva a lesných produktov, vizuálny objaviteľ kométy z Japonska. Asteroid (24981) Shigekimurakami bol pomenovaný na jeho počesť. Shigeki je ženatý a žije s manželkou v Tohkamachi v prefektúre Niigata. Má dve dcéry.

Juraj Zverko 75-ročný

Tento rok bude bohatý na okrúhle jubileá viacerých slovenských a českých astronómov. Dokonca aj samotný Astronomický ústav SAV bude onedlho sláviť svoju 75-ročnú existenciu.

Narodil sa spolu s hviezdarňou

Keď v roku 1943 prebiehala výstavba hviezdarne na Skalnatom Plese, v malej dedinke na Horehroní, v Hornej Lehote, sa 24. 1. 1943 narodil v rodine technického úradníka chlapec, ktorému dali meno Juraj. Kto by si bol vtedy pomyslel, že z neho raz bude riaditeľ tejto našej najväčšej astronomickej inštitúcie. Juraj chodil do základnej školy v Podbrezovej a potom pokračoval na gymnáziu v Brezne. Čo však raz sudičky nadelia, tomu sa nevyhneme a Juraj v r. 1960 odchádza do Prahy študovať na Matematico-fyzikálnu fakultu Karlovej univerzity. V r. 1965 štúdium v oboře astronomia úspešne ukončil a hned aj nastúpil na študijný pobyt na Astronomický ústav Slovenskej akademie vied (AsÚ SAV) na hvezdáreň na Skalnom Plese. Ten musel prerušiť kvôli ročnej povinnnej vojenskej službe.

Od r. 1968 je už stálym zamestnancom AsÚ SAV a zároveň externým aspirantom na AsÚ ČSAV v Ondrejove. Aspirantúru zakončil v r. 1973 vypracovaním kandidátskej dizertačnej práce Kvantitatívna analýza spektier Ap hviezd.

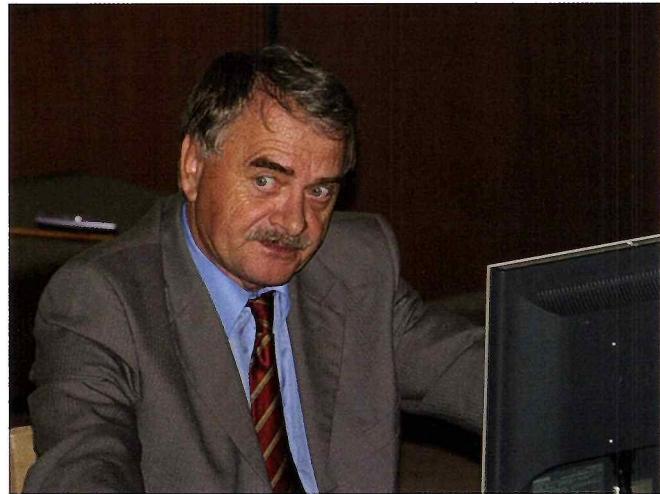
Jeho školiteľom bol Mirek Plavec a neskôr Svatopluk Kríž. Na „odporúčanie“ okresného výboru KSS sa však obhajoba nekonala a povolili mu ju až v r. 1977. Od r. 1988 pôsobil na pozícii vedúceho stelárneho oddelenia.

Riaditeľom Astronomického ústavu SAV sa stal v ďalšej dobe škrtov a krátenia rozpočtu na vedu a výskum v období 1993-2001. V r. 1995 úspešne obhájil doktorskú dizertačnú prácu na tému Chemicky slabo pekuliárne hviezy a udelili mu titul doktora vied (DrSc.). Je autorom viac ako 150 vedeckých článkov. Bol členom tímu, ktorý vyhlásili za špičkový tím Slovenskej akademie vied. Venoval sa aj výchove mladej generácie slovenských astronómov. Bol školiteľom aspirantov Jozefa Žižňovského, Karola Juzu, Ladislava Hrica, Milana Zborila a Jána Budaja. Ja si napríklad veľmi cením, že ako školiteľ nám dal slobodu na vedecký výskum a priestor na sebarealizáciu a štúdium, čo je dnes už dosť zriedkavé. Pritom asi práve takáto sloboda výskumníkovi umožní mať z práce aj zábavu.

Ako externista prednášal stelárnu astronómu

na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave a inicoval založenie výuky astronómie na Univerzite P. J. Šafárika v Košiciach.

Okrem toho zastával mnohé významné funkcie. Dlhé obdobie zastupoval Slovensko v rade riaditeľov prestížneho profesionálneho časopisu Astronomy & Astrophysics. V rokoch 2001-2005 bol expertom vlády SR v Global Science Forum, čo je vedecký výbor OECD. V období 2003-2011 bol predsedom Slovenskej astronomickej spoločnosti. Pôsobil taktiež v grantových agentúrách VEGA, APVV a GAČR.



Chemicky pekuliárne hviezdy

Na Slovensku založil nový výskumný smer, ktorým boli chemicky pekuliárne hviezdy. Sú to pomerne horúče hviezdy na hlavnej postupnosti, ktoré sú známe svojím veľmi zvláštnym chemickým zložením. Hviezdam „postihnutým“ touto chorobou sa často vyhodia na pokožke (rozumej v atmosfére) vyrážky – obrovské škvŕny, ktoré, na rozdiel od tých na Slnku, majú ani nie tak odlišnú teplotu ako chemické zloženie. Vnútro takej hviezdy býva však „zdravé“ a má normálne chemické zloženie. Také hviezdy majú často silné magnetické polia alebo pomalú rotáciu a sú ideálnym laboratóriom na skúmanie mnohých fyzikálnych procesov. Je zaujímavé, že niektoré metódy vyvinuté na skúmanie takýchto hviezd, ktoré používal pred niekoľkými desaťročiami, sa teraz „znovuobjavujú“ a používajú aj v iných oboroch, napríklad pri štúdiu extrasolárnych planét.

V r. 2011 Juraj odchádza do dôchodku, ale chemicky pekuliárnym hviezdam stále nedá pokoj. Tak ako aj rybám, ktorých je väšnivým chytácom.

Juraj, pri príležitosti Tvojho okrúhleho jubilea Ti želáme najmä veľa zdravia, potešenia z práce a pohody.

Ján Budaj, Astronomický ústav SAV

Príbeh prof. Ivana Hubeného, čerstvého sedemdesiatníka

Tohto roku si pripomíname okrúhle životné jubileum významného českého a česko-slovenského astronóma, profesora Ivana Hubeného. Ivan Hubený sa narodil 5. 6. 1948 v Prahe. Vyštudoval teoretickú fyziku na Matematicko-fyzikálnej fakulte Karlovej Univerzity. Po ukončení školy nastúpil na Stelárne oddelenie Astronomického ústavu v Ondřejove, kde pôsobil od roku 1971 do r. 1986. Pretože vtedajšie vedenie ústavu mu bránilo vo vedeckej spolupráci so zahraničím (nepovolovalo publikácie a účasť na konferenciách), rozhodol sa v r. 1986 emigrovať.

Emigrácia cez tunel

Najprv uložil zdrojové kódy svojich výpočtových programov na magnetickú pásku, ktorú uschoval, ale nebral so sebou. Potom aj so svojou manželkou Jankou (na snímke spolu s prof. Hubeným) a dcérkou Veronikou, ktorá mala vtedy 12 rokov, podstúpili riskantný útek cez 9 km dlhý tunel (medzi Jesenicou v bývalej Juhoslávii a Rosenbachom v Rakúsku) do západnej Európy. Keď na konci tunela svitlo svetlo, bol to začiatok ich nového života. Magnetickú pásku mu potom neskôr priniesol do Mníchova jeho bývalý kolega. Po takmer roku strávenom v Rakúsku odišiel aj s rodinou do USA. Tu Ivan pracoval na niekolkých renomovaných inštitúciach: 1987-88 Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA), Boulder, Colorado; 1988-90 High Altitude Observatory (HAO), National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder; 1990-2001 Goddard Space Flight Center, NASA, Greenbelt, Maryland; 2001-4 National Optical Astronomy Observatory (NOAO), Tucson, Arizona; od roku 2004 na University of Arizona (UofA), Tucson.

Prínos pre astrofyziku

Od r. 2015 je sice oficiálne na dôchodku, ďalej však aktívne pracuje na prenose žiarenia (energie) a modeloch rôznych vesmírnych objektov. Záber jeho záujmov je impresívne široký. Spociatku to boli modely atmosfér horúcich hviezd, bielych trpaslíkov, potom modely akrečných diskov okolo rôznych objektov. Neskôr pracoval aj na prenose neutrín v supernovách, modeloch atmosfér chladných hnedých trpaslíkov alebo teraz populárnych extrasolárnych planét. Tieto modely predstavujú svetovú špičku. Napríklad modely horúcich objektov sú v NLTE, čo znamená, že nie sú v lokálnej termodynamickej rovnováhe a stav látky v nejakom bode ovplyvňuje nielen lokálna teplota a tlak, ale aj žiarenie a často vzdialenosť oblasti. Na druhej strane, pri modeloch chladných objektov teplota poklesne natoľko, že sa objavujú molekuly, tie kondenzujú, vytvárajú prach a formujú sa oblaky, čo jeho modely elegantne berú do úvahy vrátane odchylok od tzv. lokálnej chemickej rovnováhy, silného ožarovania planéty hviezdom, či prerozdelenia

tejto energie z dennej na nočnú stranu planéty. Výsledkom takýchto teoretických modelov je chod teploty, hustoty, tlaku, koncentrácie rôznych častic až po výsledné spektrum, ktoré možno priamo porovnať s pozorovaniami.

Hubený a TLUSTY

Jeho modely sú verejne prístupné a vo svete často používané vo forme tabuľiek alebo počítačových programov. Najdôležejším a najznámejším z nich je program TLUSTY. Na rozdiel od cudzincov, našinec si môže všimnúť istú kuriozitu v názve. Ivan hovorí, že to bolo pre pobavenie počítačových operátorov v Ondřejove, aby sa zasmiali a zadali program, vtedy ešte na diernych štítkoch, do stroja čo najrýchlejšie. Údajne to skutočne zabralo.

Ďalším jeho dielom, na ktorom pracoval veľa rokov, je kniha Theory of Stellar Atmospheres, ktorú napísal s nestorom teórie hviezdnych atmosfér Dimitrim Mihalasom. Kniha vyšla v r. 2014 a nazývajú ju aj bibliou prenosu žiarenia. Podľa NASA ADS databázy je autorom takmer 500 vedeckých článkov, ktoré majú vyše 12 000 ohlasov (podľa Google Scholar dokonca viac ako 15 000). To ho radí na prvé miesto medzi astronómami pochádzajúcimi z Čiech, či Slovenska.

Za svoje celoživotné dielo sa stal r. 2008 laureátom ceny Františka Nušla a v r. 2014 dostal Humboldtovu cenu v Nemecku. V súčasnosti je prezidentom IAU komisie G5 Hviezdne a planetárne atmosféry. Na jeho počest a prínos pre astronómiu sa koncom roka organizuje celosvetová konferencia o prenose žiarenia na univerzite v Sorbone v Paríži.

Hubený a Slovensko

Ivan ovplyvnil aj astronómiu na Slovensku. Jeho programy využívala najmä skupina okolo Dr. Zverka pracujúca na chemicky pekuliárnych hviezdach a aj ja na štúdium takýchto hviezd, dvojhviezd, hnedých trpaslíkov a exoplanét. Slovensko aj viackrát navštívil. Naposledy v lete 2011, keď tu organizoval s prof. Mercedes Richards sympózium Medzinárodnej astronomickej únie č. 282 „Od integrujúcich dvojhviezd po exoplanéty“. Má tu študentov a spolupracovníkov a ja sám som mal tú česť dostať sa do jeho vedeckej školy a pracovať pod jeho vedením rok na univerzite v Arizone.

Horolezectvo

Okrem astrofyziky jeho najväčším koníčkom sú hory, turistika a najmä horolezectvo. V mladosti bol dokonca členom juniorského reprezentačného mužstva Československa a absolvoval niekoľko tăžkých výstupov v Tatrách, Západných Alpách a Dolomitoch. S manželkou Jankou zvyknú chodiť na dlhé celodenné túry, liepajú sa po skalách alebo umelých stene a zliezajú Arizonské kaňony. Pri príležitosti jeho okrúhlych narodenín mu želáme najmä veľa zdravia, ďalšie pra-

covné úspechy, množstvo krásnych zážitkov na horách a vždy šťastný návrat domov.

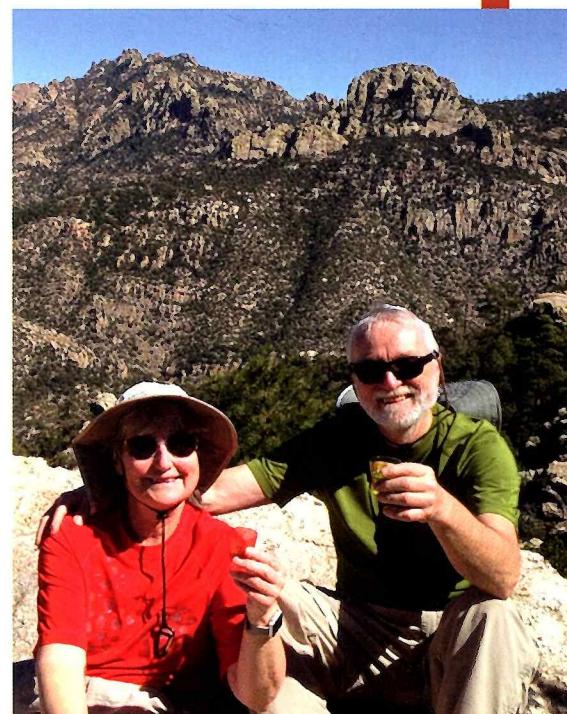
Ján Budaj

Poznámka redaktora:

Janko Budaj velmi dobre vystihol na pári riadkoch život nášho spoločného priateľa, ktorého osud by vydal aj na celú knihu. Ja by som len spomenul časy, ktoré si Janko ako môj mladší kolega nemôže pamätať. Keď som ešte ako študent univerzity trávil časť prázdnin v Ondřejove, často som navštievoval aj Ivana v jeho kancelárii, ktorú mal v pivničných priestoroch. Bola plná počítačových výstupov na veľkých papierových plachtách, ktoré Ivan postupne vŕšil až po strop. Naďaste včas odišiel za lepšími podmienkami, lebo tie tony papiera by ho boli určite zavalili.

A ešte musím potvrdiť, že Ivan bol aj skutočným turistom a cestovateľom, ktorý vie dať aj dobré rady ďalším cestovateľom. Keď som raz Ivana navštívil v jeho kancelárii na Univerzite v Arizone a prosil som ho o radu, kde sa oplatí ísť počas mojej 17 dňovej dovolenky, Ivan mi behom jednej hodiny do mojej veľkorozmernej mapy amerického juhozápadu zakresnil 42 rôznych značiek, predstavujúcich národné parky, národné monumenty a podobné zaujímavosti, no hned aj dodal, že 17 dní na to nebude stať. Keď som mu potom po návrate domov napísal, že sme spolu s manželkou navštívili všetky jeho navrhnuté destinácie, pochválil nás a konštatoval, že vraj 95 % Američanov všetky tie miesta nikdy nevidelo. Tak mu želám ešte veľa prejdených výškových kilometrov.

Ladislav Hric



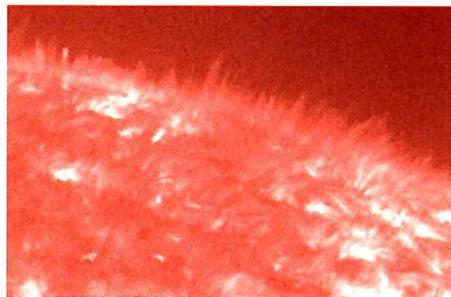
Slnčné klásy (8)

Toto časťou končíme so zbieraním „klások“ po žatve Jiřího Grygara. Ako sme vysvetlili v prvej časti, ide o prehľad pokroku vo výskume Slnka za 11 rokov (2004 – 2014) na základe materiálov, ktoré publikuje v našom časopise Dr. Grygar (teraz už aj so svojimi spolupracovníkmi) pod názvom „Žen objevů“; a po žatve my zbierame klásy. Dnes to bude o spikuliach, neutrínach, osciláciach a o vzťahoch Slnko – Zem.

Prípadné komentáre sú písané kurzívou.

Spikule

B. de Pontieu so spoluautormi študovali slnečné spikule, ktoré boli objavené ako „vláske“ dlhé tisíce km už v roku 1877. Na slnečnom povrchu je ich neustále okolo sto tisíc (obr. 1). Jeden z prvých pozorovateľov, J. N. Lockyer, priroval pole spikulí ku „horiacej prérii“. Dosahujú výšku až 20 000 km, pri menšom rozlišení ich obrázok pri zatmení predstavuje červenú vrstvičku, ktorú pre jej farbu nazvali chromosférou. Životná doba spikule je okolo 10 minút, hmota v nej stúpa, resp. klesá rýchlosťou cca 25 km/s.



Obr. 1 Spikule v čiare He II.

Pozorovania japonsko – americkej družice HINODE ukázali, že existujú slabé vertikálne prúdy horúcej plazmy s rýchlosťami 50 – 100 km/s. Rovnaké rýchlosťi pozorujeme pri spikuliach II. typu. Tie vznikajú pri magnetických rekonexiách, trvajú iba 10 – 100 s a na rozdiel od spikulí typu I. majú teplotu okolo 1 MK. Z celkového počtu predstavujú cca 40 % a sústredujú v sebe toľko hmoty, že môžu bez problémov ohriať korónu na pozorované teploty. Plazma v týchto spikuliach je urýchlovaná natoľko, že na rozdiel od spikulí I sa nevracia do chromosféry.

H. Ebadi so spolupracovníkmi objavili v spikuliach priečne oscilácie s periódami 20 – 55 s a 75 – 100 s, čo súhlasí s magnetohydrodynamickými simuláciami pre Alfvénove vlny, šíriace sa pozdĺž spikulí. Pozdĺžna os spikulí pritom kolíše s periódou cca troch minút.

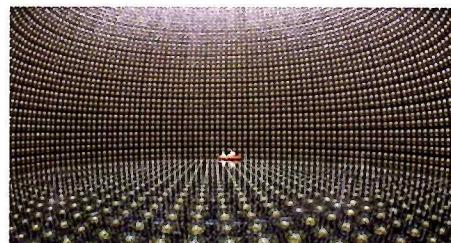
Z týchto skutočností Z. Fazel a H. Ebadi usudzujú, že Alfvénove vlny hrajú kľúčovú úlohu pri ohrevi koróny, ale aj pri urýchlovaní slnečného vetra.

Neutrína

Neutrino je častica, ktorú určitým spôsobom

„postuloval“ Rakúšan Wolfgang Pauli v roku 1934, aby vyhovel zákonom zachovania hmotnosti a spinového čísla jadra pri rádioaktívnom β rozpade. Existenciu neutrína dokázali až v roku 1956. Neutrino je elektricky neutrálné, má spin $1/2$ a zatiaľ presne neznámú nepatrnu hmotnosť. Slnko je neobyčajne stabilným zdrojom neutrín. Podľa M. Weisskopfa sa ich uvoľní $2 \cdot 10^{39} / \text{s}!!$ Pre nepatrnu zrážkový prierez neutrína je veľmi ľahké ho zachytiť. Prvý raz sa to podarilo americkému chemikovi R. Davisovi v učebnicovo známom experimente v opustenej bani Homestake v južnej Dakote. Experiment trval od roku 1967 do roku 1992. Počas tohto obdobia R. Davis uskutočnil 108 cyklov merania toku slnečných neutrín; zistil, že ich počet je trikrát nižší ako sa očakávalo. V roku 2002 za tento experiment získal Nobelovu cenu za fyziku. Uzádzalo sa, že pozorovaný deficit neutrín by bolo možné objasniť tzv. osciláciou neutrín medzi elektrónovým neutrínom a neutrínom tau. Nevýhodou Davisovho experimentu bola nízka časová rozlišovacia schopnosť (štvrtrok). Túto slabinu sa podarilo odstrániť pomocou merania japonského podzemného detektora neutrín „Super-Kamiokande“ v rokoch 1996 – 2001 (obr. 2).

Vzhľadom na svoj zanedbateľný účinný prierez nás neutrína informujú o okamžitej stave sl-



Obr. 2 Časť podzemného detektora neutrín „Super-Kamiokande“. Skladá sa z 13 000 fotonásobičov, ktoré registrujú Čerenkovovo žiarenie vznikajúce pri prechode neutrín bazénom s $50 000 \text{ m}^3$ čistej vody. (Rozmery si môžeme predstaviť porovnaním s veľkosťou člna s obsluhou).

nečného vnútra, zatiaľ čo elektromagnetické žiarenie sa vvnútri Slnka prediera na povrch 10 miliónov rokov pri priemernej rýchlosťi 10 mm/h. Na inom mieste sa hovorí o dobe podstatne kratšej – 200 000 rokov.

Ako zistil T. Shirai, priemerné hodnoty toku slnečných neutrín kolísu počas roku s amplitúdou 7 %, čo súvisí s excentricitou zemskej dráhy. V toku sa však vyskytuje kolisanie s amplitúdou 13 % s periódou 30 mesiacov, príčina ktorého nie je známa.

V. Kutvickij nezistil nijaké variácie neutrínového toku v rokoch 1990 – 1992 (podľa merania s aparátúrou SAGE pod horou Adyrči na Kaukaze).

J. Gnedin pomocou analýzy experimentov GALLEX, SNO, SAGE a SUPER-KAMIOKANDE zistil päťročnú periódus premennosti toku neutrín.

Oscilácie

Slnečný povrch neustále kmitá okolo guľovej plochy so stredným polomerom. Na kmitaní sa zúčastňujú plochy s rôznou rozlohou, frekvenciou a amplitúdou. Zdá sa, že sú podriadené hierarchickému princípu. Z ich analýzy sa dajú určiť vlastnosti slnečnej hmoty v rôznych hĺbkach. Boli vytvorené siete observatórií s príslušným technickým vybavením a jednotným programom, ktorý je zameraný na meranie a analýzu takýchto oscilácií, napr. projekt GONG. Okrem toho, na družiciach, ktoré sledujú Slnko (napr. SOHO), sú nainštalované prístroje s takýmto helioseismologickým zameraním.

S. Tripathy so spolupracovníkmi spracoval merania slnečných oscilácií siete GONG za 10 rokov prevádzky. Ukázali, že frekvencie nízkych a stredných stupňov oscilačných módov sa menia synchronne so zmenami slnečnej aktivity. Fyzikálna príčina tejto závislosti je neznáma. D. Thomson ai. našli dôkazy, že slnečné oscilácie rozochvievajú aj zemskú magnetosféru. H. Moradi ai. opísali jedno z najväčších slnkokrasení, vyvolané erupciou X1.2 v aktívnej oblasti AR10720 z 15. januára 2005. Seismické vlny malí celkovú energiu 400 EJ (E – exa – 10^{18}), čo sa rovná účinku 100 Gt TNT (teda 1000 vodíkových bomby s účinnosťou 10^{18} t). Akustická energia vln s frekvenciami 3 – 6 mHz, ktoré smerovali dovnútra Slnka, dosiahla hodnotu 200 ZJ (Z – zepto – 10^{-21}). S. Illonis ai. študovali údaje z prístroja MDI na družici SOHO v mestach, kde sa neskôr vynorili škvarky. Zistili tam akustické oscilácie s periódami 12 – 16 s, ktoré vystupujú z hĺbek až 66 tisíc km s predstihom 10 hodín pred vynorením aktívnej oblasti AR 10488.

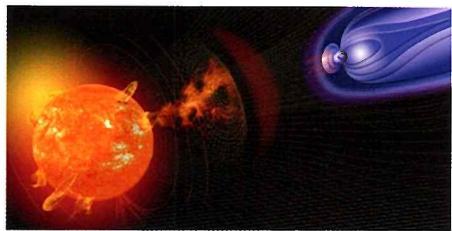
Vzťahy Slnko – Zem

Je, samozrejme, známe, že Slnko je hýbavým všetkých procesov na Zemi v živej aj neživej oblasti. Celková energia, ktorá prichádza na Zem, je však takmer konštantná.

Pod terminom „Vzťahy Slnko – Zem“ treba rozumieť súbor hypotéz, ktoré zväzuju úroveň slnečnej aktivity s niektorými procesmi na Zemi. Zvlášť zaujímavé sú vplyvy slnečnej aktivity na zmeny pozemskej klímy.

C. de Jager uverejnil významnú prácu o vzťahu slnečnej činnosti a pozemskej klímy vzhľadom na okolnosť, že v druhej polovici 20. storočia bolo Slnko najaktívnejšie za posledných 1150 rokov. Tvrdí, že občas publikovaný vzťah medzi klímom a polohou barycentra Slnečnej sústavy nemôže existovať, pretože rýchlosť pohybu Slnka voči barycentru je o tri rády nižšia ako relativná rýchlosť pohybu hmôt vo vnútri aj na povrchu Slnka. Zmeny klímy môžu skôr súvisieť s extrémne energetickými prejavmi slnečnej aktivity, ako sú napr. koralné výtrysky hmoty, alebo zmeny v rýchlosťi a hustote slnečného vetra, prípadne so zmenami úrovne kozmického žiarenia.

A. Pallé ai. tvrdia, že zvýšená úroveň kozmického žiarenia zvyšuje celkovú oblačnosť na Zemi, čo by ovplyvňovalo klímu už aj preto, že oblačnosť zvyšuje albedo Zeme. Nie je to však v súlade so skutočnosťou, že v druhej polovici 20. storočia celkové albedo klesalo a začalo stúpať až po roku 2000. Zdá sa, že dostatočne presné dátá o slnečnej činnosti, oblačnosti a úrovni



Obr. 3 Vzťahy Slnko – Zem (ilustračná snímka)

kozmického žiarenia pochádzajú zatiaľ z príliš krátkeho obdobia, preto je problematické ich porovnavať s oveľa dlhšími hodinovými údajmi o kolísaní zemskej klímy.

M. Xapsos a E. Burke zistili, že existuje veľmi dlhá perióda slnečnej aktivity, s dĺžkou približne 6 000 rokov, na základe merania obsahu ^{14}C v letokruhoch starých stromov a aj pomocou obdobného merania obsahu ^{10}Be v ľadových vzorkach z hlbkových vrtov v Antarktíde a Grónsku. Premenlivosť slnečnej aktivity možno takto sledovať až do doby pred 12 000 rokmi.

N. Krivovová et al. skúmali zmeny celkového ožiarenia Zeme počas 23. cyklu a zistili, že sú na úrovni 1 promile, avšak v UV oblasti spektra, v blízkosti čiary L_α dosahoval amplitúdu 50 až 100 %. Podľa názoru autorov to môže vplyvať na stav ozónovej vrstvy ako aj na celkovú klímu na Zemi.

J. Vaquero et al. preskúmali záznamy o polárnych žiarach v poslednej štvrtine 18. storočia vo Veľkej Británii a v Španielsku. Hľadali prejavy 155 dennej (Riegerovej) periódy, ktorá sa prejavuje v periodicité slnečných erupcií. Našli prejavy tejto periódy, hlavne v 3. cykle slnečnej aktivity (1777 – 1781).

Na spracovaní množstva dát o slnečnej činnosti, ktoré poskytujú sondy STEREO a iné, sa podielala veľa počítačových dobrovoľníkov. Približne 50 snímkov denne spracováva okolo 10 000 dobrovoľníkov s cieľom predpovedať príchod CME k Zemi. Zatiaľ sa darí predpovedať magnetické búrky s chybou ± 12 hodín.

P. Foukal et al. ukázali, že dlhé minimálne slneč-

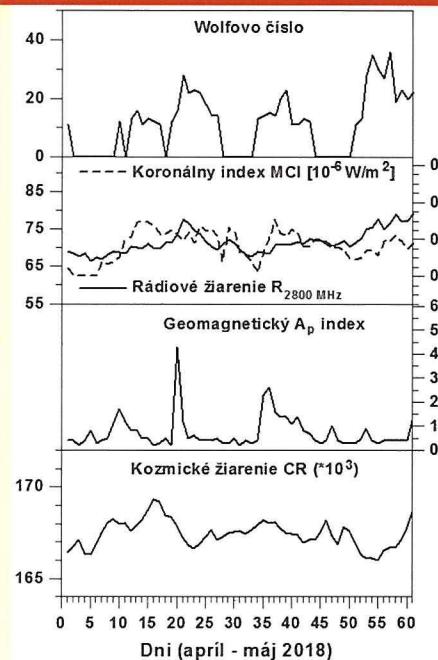
nej aktivity (Spörerovo a Maunderovo) v 15. a 17. storočí nemôžu vysvetliť vtedy pozorované ochladenia a ani vyššia slnečná aktivita v 20. storočí nestačí na vysvetlenie tempa súčasného globálneho oteplovania. Autori však usudzujú, že odozva klímy na žiarivý výkon Slnka môže byť silne nelineárna.

S. Solanki ukázal, že hoci TSI (Total Solar Irradiance – celková hustota toku slnečného žiarenia na hornej hranici atmosféry) kolísne nepatrne, predsa na všetkých časových škálach ovplyvňuje klímu, pretože v niektorých oblastiach spektra je toto kolisanie výrazné. Naviac na žiarenie, hlavne v UV spektrálnych oblastiach, vplýva okamžitá indukcia magnetického poľa a premenné UV žiarenie vplýva na stav stratosféry, čo sa nakoniec dynamicky prenesie na zemský povrch a ovplyvní klímu.

Na záver, žiaľ, musíme poznamenať, že hoci v uvažovanom desaťročnom období (a platí to aj pre posledných 50 rokov) bolo publikovaných mnoho tisíc prác, pokrok v riešení základných problémov Slnka je iba nepatrný. Treba súhlasíť s názorom známeho slnečného fyzika prof. M. Aschwanden, ktorý sme uviedli v prevej časti seriálu, a tu ho zopakujeme. V zozname súčasných problémov výskumu Slnka M. Aschwanden uvádza:

1. Slnečné neutrína;
 2. štruktúra slnečného vnútra určená z helioseismológie;
 3. magnetické polia na Slnku (dynamo, príčina slnečného cyklu, koróna);
 4. hydrodynamika koronálnych slučiek;
 5. magnetohydrodynamické oscilácie a vlny;
 6. ohrev koróny;
 7. kritická samoorganizácia erupcií;
 8. magnetická rekonexia;
 9. urýchľovanie častíc;
 10. koronálne výtrysky a zoslabovanie koróny.
- Konštatuje, že prvé dva problémy sú čiastočne vyriešené. Ďalších osiem zostáva celkom otvorených.

Milan Rybanský



Slnečná aktivita

V priebehu slnečnej aktivity (SA) nastal mierny nárast v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 0 – 36, pričom sme zaznamenali 22 dní bez prítomnosti škvŕny na disku Slnka (na porovnanie, v rovnakom období v roku 2017 bolo 10 takýchto dní). V erupčnej aktivite prebehli len dve erupcie typu C (koncom mája). V geomagnetickej aktívite sme zaznamenali výraznejšie zvýšenie hodnoty (>25) planetárneho A_p indexu iba dvakrát (20. apríla a 6. mája), v celom období však bola hodnota tohto indexu až počas 39 dní nižšia ako 10. Úroveň kozmického žiarenia nadálej mierne narastala.

Fyzikálne javy v slnečnej atmosfére, slnečná aktivita, úplné zatmenie Slnka, kozmické počasie a jeho vplyv na geoaktivitu a klimatické procesy na Zemi, to je výber hlavných téμ 24. slnečného seminára, ktorý organizovala SÚH Hurbanovo v spolupráci so slnečnými sekciami SAS pri SAV i ČAS v dňoch 21. – 25. mája 2018 v hoteli CLUB v Kežmarku. V príjemnom prostredí hotela sa stretlo 56 účastníkov (pracovníci hvezdárni na Slovensku a v Čechách, vedeckí pracovníci ústavov SAV SR, AV ČR a vysokých škôl), aby sa oboznámili s najnovšími poznatkami v uvedených oblastiach výskumu. Pozvanie na toto podujatie prijali aj kolegovia z Kolumbie, Nemecka, Portugalska, Rakúska, Ruska a Ukrajiny. Podrobnejšie ohľadnutie sa za 24. slnečným seminárom prinesieme v ďalšom čísle nášho časopisu.

Ivan Dorotovič

ASTROOBCHOD.sk

Pohlédnite do hlubín vesmíru
vlastním dalekohledem!



ASTROOBCHOD.cz



Slovenská
Astronomická
Spoločnosť
pri Slovenskej akadémii vied



BEZOVEC:

Pozoruhodná astronomická tradícia

Ako vznikla tradícia astronomických akcií na Bezovci? Aj o tomto bola diskusia na Medzinárodnej konferencii „BEZOVEC 2018“, ktorá sa už tradične konala v prvý júnový víkend pod záštitou Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV, Hvezdárne a planetária M. R. Štefánika v Hlohovci a Trnavského samosprávneho kraja.

Tentoraz to bola naozaj mimoriadna konferencia, pripadlo na ňu totiž niekoľko zaujímavých okrúhlych výročí. Medzi 44 účastníkmi zo Slovenska, z Českej republiky a z Ukrajiny boli aj dva astronómovia, ktorí stáli pri zdroe tejto neuveriteľnej a nepretržitej tradícii. Jedným z nich bol Dr. Jiří Grygar, CSc., a druhým Dr. Pavol Hazucha, bývalý riaditeľ Gymnázia v Hlohovci.

Ako to teda celé vlastne začalo?

A prečo vlastne Bezovec?

Dr. Jiří Grygar spomíнал, že už v roku 1955

sa pokúšala skupina českých pozorovateľov meteorov s účasťou dnes už svetoznámych astronómov, akým bol napríklad Dr. Luboš Kohoutek, pozorovať na pomedzí Moravy a Slovenska. Počasie v Beskydách nebolo najlepšie, a aj preto hľadali vhodnejšiu lokalitu. Dr. Hazucha si spomínal, že v tej dobe Dr. Ladislav Křivský pracoval ako meteorológ a veden vybrať tie najlepšie lokality. Jednou z nich bol práve Bezopec. Tomu sa veľmi potešil Dr. Elemér Csere, v tom čase už vedúci astronomického krúžku v Hlohovci.

Tak sa stalo, že v roku 1958 prišla skupina pozorovateľov meteorov na Bezopec a zo Slovenska sa aktívne zapojili do pozorovania minimálne Dr. Csere a študent P. Hazucha. Taktiež tohto roku sme si pripomienuli okrúhlych **60 rokov astronomie na Bezopeci**.

Význam Bezopeca postupne rásstol a každročné expedície Dr. Csere doplnil aj o semináre s astronomickou tematikou, ktoré sa konajú pravidelne a bez prestávky každý rok

od roku 1969. Neskôr sa semináre zmenili na konferencie o úspechoch stelárnej astronómie s medzinárodnou účasťou astronómov z mnohých krajín. Preto práve sme tento rok zaznamenali už **50. medzinárodnú konferenciu BEZOVEC 2018**.

A ešte jedno okrúhle výročie pripadlo na tento rok, keď sme Mgr. Jozefovi Krištofovičovi, riaditeľovi hvezdárne v Hlohovci, zablahoželali k jeho **70. narodeninám**.

Ďalšia časť konferencie sa niesla v tradičnom duchu. Množstvo vedeckých príspevkov predniesli astronómovia z rôznych inštitúcií – prof. Andronov a doc. Breus z Odesy, Dr. Grygar z Prahy, prof. Mikulášek a Dr. Janík z Brna, doc. Gális z Košíc, Dr. Budaj a Dr. Hambálek z Tatranskej Lomnice a mnohí ďalší. Všetci účastníci vyjadrili na záver želanie opäť sa o rok stretnúť.

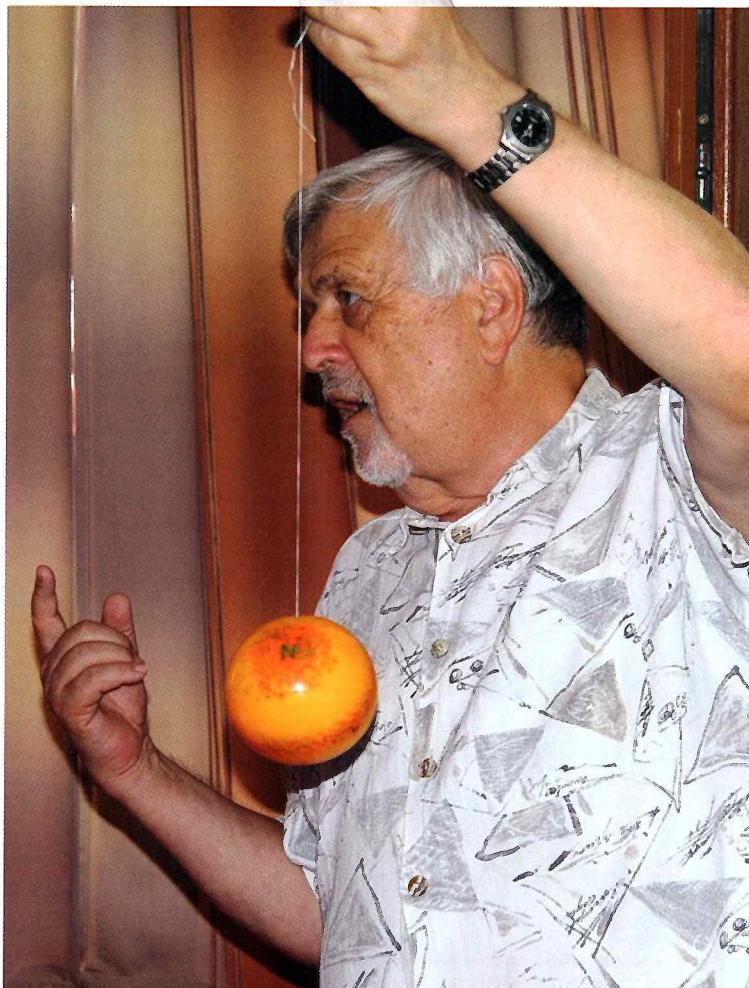
Ladislav Hric, SÚH Hurbanovo



Obr. 1 Bezopec 50 ako symbol, ktorý spojil všetkých účastníkov, na koľko neskôr večer mal už každý hlad.



Obr. 2 Prof. Andronov so svojou astronomickou rodinkou a v pozadí zľava doc. Breus, Katka Csillaghová, Janka Sochová a Ladislav Socha.



Obr. 3 Prof. Mikulášek vysvetľoval vlastnosti chemicky pekuliárnych hviezd na pripravenom modeli.

FOTO: Ladislav Hric

Na astronomickom nebi zažiarilo dievčenské duo

Písem v Kozmose už o 12. celoslovenskom finále Astronomickej olympiády (AO). Prebehlo mi hlavou, či sa už neopakujem a či ešte môžem zaujať aj toho, kto čítao naše AO už pred 11 rokmi. Skúsim to. Dúfam, že mi k tomu pomôže skutočnosť, že život prináša neustále zmeny a nové prekvapenia. A práve veľkú zmenu s ešte väčším prekvapením na konci nám prinieslo aj tohtoročné finále AO.

Finále AO už tradične finančne aj personálne zabezpečuje Slovenská ústredná hvezdáreň (SÚH) v Hurbanove a Slovenská astronomická spoločnosť (SAS) pri SAV. Mgr. Marián Vidovenec, generálny riaditeľ SÚH, ktorý sa pravidelne zúčastňuje na finálových kolách AO, vybral pre tohtoročné finále Žiar nad Hronom. V Krajskej hvezdárni a planetáriu Maximiliána Hella sme sa stretli 16. apríla 2018 v pohodlnejších hodinách a na druhý deň doobeda už najlepší študenti držali v ruke diplomy úspešných riešiteľov. Riaditeľ hvezdárne Mgr. Tomáš Dobrovodský vytvoril výborné podmienky jednak pre študentov, ale aj pre prácu hodnotiacej komisie. Osobne pripravil aj praktickú úlohu v novom digitálnom planetáriu, za ktorú potom spoločne s Mgr. Petrom Dolinským z Hurbanova študentom nadeliili zaslúžené body.

Novinka oproti minulým ročníkom

Najväčšou tohtoročnou novinkou však bola osobná účasť všetkých autorov teoretických úloh. Jednu úlohu do finále opäť zadal aj doc. RNDr. Rudolf Gális, CSc., ktorý prednáša astrofyziku na UPJŠ v Košiciach. Tohto roku si ju prišiel skontrolovať aj osobne a pred zahájením AO informoval študentov aj o možnostiach štúdia astronómie a fyziky v Košiciach. Musíme byť úprimní, najviac nás potešila prítomnosť našich bývalých olympionikov Jozefa Liptáka, ktorý priestoval z Prahy už ako študent Karlovej Univerzity a Martina Okánika, ktorý od jesene začína štúdium na Univerzite

v Cambridge. Každý z nich pripravil pre svojich mladších nasledovníkov jeden príklad, pričom súťažiacim na úvod aj naznačili, ako si poradiť s výpočtami a na záver riešenia aj vyhodnotili. Nešlo im len o to, aby študentov vyskúšali, ale aby ich aj niečo naučili, lebo na Medzinárodnej olympiáde z astronómie a astrofyziky (IOAA) sú podmienky v mnohých smeroch tvrdšie ako tu doma. Sami to mali ešte v dobrej pamäti.

Stále si pripomínam, ako Jožko Lipták vlane v Thajskej pokazil praktickú úlohu v porovnaní s tým, aký je formát v znalosti oblohy. Napriek tomu skončil 5. na svete. Ani sme radšej nikdy neskúmali, kde by bol s plným počtom bodov za pozorovanie.

Veľké prekvapenie

Teraz sme sa však snažili spoločne vybrať z 15 finalistov, ktorí sa zišli v Žiari, 5 najlepších, ktorých nezaskočí ani cudzie prostredie, ani ešte náročnejšie úlohy. Na finále boli prítomní aj RNDr. Juraj Zverko, DrSc. a Mgr. Maria- na Zverková, ktorí počas celej súťaže aktívne pomáhali (a samozrejme aj moja manželka RNDr. Mária Hricová Bartolomejová, azda jediná osoba, s ktorou študenti dokážu hovoriť otvorené aj o svojich problémoch). So študentmi priestovali aj dva pedagógovia, RNDr. Svetozár Štefeček zo Senice a RNDr. PaedDr. Miroslav Mesároš, PhD. z Vráblu. Riešenie úloh sa natiaholo až do neskorých hodín a práca hodnotiacej komisie až do nasledujúceho dňa. A tu sa aj zrodilo slabované prekvapenie pre všetkých. Na prvých dvoch miestach skončili dievčatá, Janka a Sára. Bodové hodnotenie prvých štyroch bolo pomerne tesné, takže dúfame, že každý z nich má veľké šance byť úspešný aj na IOAA. Zaujímavostou je, že na 4. a 5. mieste skončili Košičania, spolužiaci z jedného gymnázia, takže sa im bude veselšie cestovať po svete.

Dve v jednom

Tohto roku sa študentom totiž veľmi oplatilo

zabodať. Samozrejme, prví piati už tradične vytvoria slovenskú výpravu na IOAA, ktorá bude koncom roka v Pekingu v Číne. Okrem toho sme pre najlepších študentov zabezpečili aj účasť na workshopu stredoeurópskych krajin v Maďarsku, takže koncom augusta pocietú na týždenný pobyt k Balatonu. Pochváliť však treba všetkých, ktorí si prišli zmerať úroveň svojich vedomostí; boli by sme veľmi radi, keby sa astronómii venovali aj nadalej. Vedľa dvaja zo súťažiacich sú ešte žiakmi základnej školy, takže o niekoľko rokov sa pred nimi otvorí perspektíva účasti aj na medzinárodných olympiádach, či už z astronómie alebo aj z fyziky. Zvláštna pochvala samozrejme patrí tohtoročným úspešným riešiteľom AO, ktorých bolo 8 tak, ako sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

Úspešní riešitelia finále AO za rok 2018, kategória stredné školy

Úspešní riešitelia	Škola	Body
Jana Švrčková	Gymnázium L. Novomeského, Senica	419,25
Sára Belejová	Gymnázium P. Horova, Michalovce	401,75
Dejan Prokop	Gymnázium J. Matušku, Galanta	400,25
Radovan Lascsák	Gymnázium Poštová 9, Košice	386,75
Samuel Amrich	Gymnázium Poštová 9, Košice	337,50
Martina Sabová	Gymnázium L. Novomeského, Senica	308,75
Samuel Buranský	Gymnázium Vráble	299,25
Robert Jurenka	Gymnázium Ľ. Štúra, Trenčín	266,50

Maximálny počet bodov za všetky úlohy bol 500.

Všetkým želám pekné prázdniny a prípadne dobrú brigádu, aby si zarobili vreckové na cesty do sveta.

RNDr. Ladislav Hric, CSc., predseda AO na Slovensku, SÚH Hurbanovo

Zlava sú vysmiati najúspešnejší študenti počas vyhlásenia výsledkov: Prokop Dejan, Jana Švrčková, Samuel Amrich, Radovan Lascsák, Sára Belejová, a ďalej RNDr. Juraj Zverko, DrSc., Jozef Lipták, Martin Okánik a Mgr. Tomáš Dobrovodský.

Tu sa už odpisovať nedalo a každý si musel poradiť sám.
FOTO: Ladislav Hric

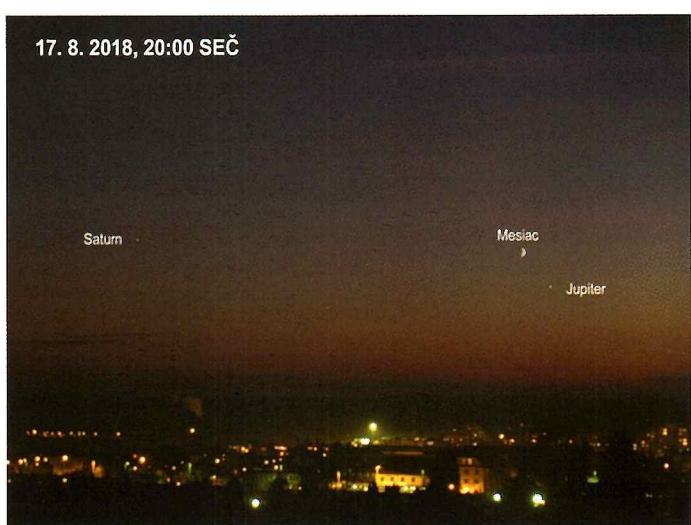


August – september 2018

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári

17. 8. 2018, 20:00 SEČ



17. 9. 2018, 21:00 SEČ



Noci sa príjemne predĺžujú a od jesennej rovnodennosti už budú dlhšie ako deň. Teploty sú ešte stále vcelku príjemné, a tak mnohí iste využijú prázdniny či dovolenkové obdobie na „osedlanie“ svojho koníčka. Polovica augusta bude jednoznačne v znamení Perzeíd, ktoré majú ideálne podmienky na pozorovanie. Určite po dlhšom čase poteší aj relatívne jasná kométa, ktorá bude dokonca cirkumpolárna. Neptún bude v opozícii, z planét je na tom zle iba Merkúr.

Planéty

Merkúr má podpriemerné pozorovacie podmienky, jedny z najhorších v tomto roku. Zapadá len krátko po Slnku, je nepozorovateľný, 9. 8. je v dolnej konjunkcii, bude 5° pod Slnkom. Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu a jeho viditeľnosť sa rýchlo zlepšuje. Koncom druhej augustovej dekády vychádza začiatkom nautického súmraku ako objekt 1,3 mag. 18. 8. je v zastávke a 26. 8. v najväčšej západnej elongácii ($18,3^{\circ}$). Vychádza v polovici astronomického súmraku, viac ako $1,5$ hod pred Slnkom a bude mať $-0,1$ mag. Po elongácii sa jeho ranná viditeľnosť skracuje, v polovici septembra sa dostáva nad obzor len na začiatku občianskeho súmraku s jasnosťou $-1,6$ mag. 21. 9. je v hornej konjunkcii, nachádza sa len $1,5^{\circ}$ nad Slnkom. Vhodnejšie podmienky nás čakajú až v decembri.

8. 9. je v tesnej konjunkcii s Mesiacom, ktorá však u nás nastáva pod obzorom a mimo nás ho územia bude pozorovateľný aj zákryt.

Venuše ($-4,3$ až $-4,7$ mag) sa hneď začiatkom augusta presunie z Leva do Panny. Jej večerná viditeľnosť sa pomaličky zhorsuje. Začiatkom augusta zapadá až počas astronomického súmraku a bude neprehliadnuteľným objektom večernej oblohy, 17. 8. je v najväčšej východnej elongácii ($45,9^{\circ}$) s jasnosťou $-4,5$ mag. Na prelome mesiacov zapadne koncom nautického súmraku, no potom je večer stále na svetlejšej oblohe, uhlovo sa približuje k Slnku. Koncom septembra zapadne už len 20 min po Slnku. Kedže sa blíži do svojej októbrovej dolnej konjunkcie a približuje sa k nám, v dalekohľade sa bude výrazne meniť aj jej vzhľad. Začiatkom augusta má priemer $20''$ a fázu $0,6$, na prelome mesiacov sa fáza zmenší na $0,4$ a priemer vzrástie na $29''$. Koncom septembra ju v dalekohľade na dennej oblohe uvidíme ako tenký kosáčik s priemerom $46''$, osvetlených bude mať len 17% .

V konjunkcii s Mesiacom, vo vzdialenosťi iba $5''$, ju uvidíme 14. 8.; necelých $10''$ od kosáčika Mesiaca ju nájdeme aj večer 12. 9. Bude nízko nad obzorom, no scénu doplní aj jasný Jupiter. Mars ($-2,8$ až $-1,3$ mag) je v Kozoročovi, len medzi 24. 8. - 1. 9. v Strelcovi. Medzi hviezdami opíše slučku, 28. 8. je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere (východne). Na začiatku augusta vychádza večer počas občianskeho, zapadne ráno v polovici nautického súmraku. Nájdeme ho teda večer aj ráno. V ďalších dňoch jeho ranná viditeľnosť končí, na prelome prvých augustových dekád zapadne koncom astronomickej noci

a na konci septembra krátko pred polnocou. Jeho vzdialenosť od Zeme sa zväčší z $0,3850$ na $0,5929$ AU, zdanlivý uhlový priemer sa zmenší z $24,3''$ na $15,8''$, jasnosť poklesne, no aj tak zaujme červenkastým sfarbením.

V nevýraznej konjunkcii s Mesiacom pred splnom bude 23. 8., deliť ich bude 6° ; o niečo výhodnejšie zoskupenie týchto telies nastane 20. 9.

Jupiter ($-2,1$ až $-1,8$ mag) vo Váhach je nad obzorom v prvej polovici noci, zapadne hodinu pred polnocou. Jeho viditeľnosť sa kráti, koncom septembra zapadne začiatkom astronomickej noci. Vzhľadom na svoju jasnosť bude ozdobou oblohy a už triédrom uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace. V dalekohľade bude ako mierne sploštený kotúčik s výrazným tmavými rovníkovými pásmi.

Jeho vlastný pohyb medzi hviezdami sa zrýchluje, najlepšie si ho všimneme okolo polovice augusta, keď sa bude presúvať $0,5^{\circ}$ severne od a Lib (2,7 mag).

Konjunkcie s Mesiacom vo vzdialnosti neceľé 4° nastanú 17. 8. a 14. 9. Augustová sa odohrá počas dňa a zaujme až večer po západe Slnka. Septembrová konjunkcia nastáva pod obzorom, obe teda potešia až večer v prítomnosti Venuše nízko nad obzorom.

Saturn (0,2 - 0,5 mag) je v Strelcovi, kde opíše slučku. Kedže je 6. 9. stacionárny, začne sa pohybovať priamo. Je na večernej oblohe, jeho nočná viditeľnosť sa mierne skracuje. Zapadne $1,5$ hod po polnoci a koncom septembra $2,5$ hod pred polnocou. Kedže sa od nás vzdala, je

Merkúr



Venuše



1. 8. – 1. 9. – 1. 10.

Mars



Jupiter



1. 9. 2018

Saturn



Urán



Neptún

30"

Prechody Veľkej červenej škvŕny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

Dátum;čas	Dátum;čas	Dátum;čas	Dátum;čas
1.8.; 21:54	14.8.; 17:44	30.8.; 21:02	14.9.; 18:34
2.8.; 17:45	16.8.; 19:23	31.8.; 16:54	16.9.; 20:13
3.8.; 23:33	18.8.; 21:03	2.9.; 18:33	17.9.; 16:05
4.8.; 19:24	20.8.; 22:42	4.9.; 20:13	21.9.; 19:24
6.8.; 21:03	21.8.; 18:34	6.9.; 21:52	24.9.; 16:55
8.8.; 22:43	23.8.; 20:13	7.9.; 17:44	26.9.; 18:34
9.8.; 18:34	25.8.; 21:52	9.9.; 19:23	28.9.; 20:14
11.8.; 20:13	26.8.; 17:44	11.9.; 21:03	29.9.; 16:05
13.8.; 21:53	28.8.; 19:23	12.9.; 16:54	

jeho jasnosť klesá. Je na pozadí najhustejších časti Mliečnej cesty a počas bezmestačnej oblohy ho môžeme nasnímať aj s množstvom objektov. Zaujme pokojným žltkastým svetom, v dalekohľade ho uvidíme aj s mohutnými prstencami. Sú široko roztvorené, pozorujeme ich zo severnej strany. Za dobrých pozorovacích podmienok uvidíme aj tmavé Cassiniho delenie, v blízkosti nájdeme jeho najväčší mesiac Titan (8,6 – 8,8 mag) a do 11. mag a Rheu, Thetys, Dione.

21. 8. je počas dňa v konjunkcii s Mesiacom (1,7°), výhodnejšie je ich priblženie až 17. 9., ktoré nastane po západe Slnka.

Urán (5,8 – 5,7 mag) je v juhozápadnej časti Barana, vychádza dve hodiny pred polnocou a jeho viditeľnosť sa zlepšuje. Koncom septembra sa nad obzor dostáva počas nautického súmraku a bude nad obzorom počas celej noci, keďže pred koncom októbra bude v opozícii. Pomocou mapky ho môžeme nájsť aj bez dalekohľadu, bezpečne ho však identifikujeme už triédrom. 7. 8. je stacionárny a začne sa pohybovať späť. V dalekohľade bude ako malý, pokojne svietiaci kotúčik s priemerom necelé 4". Konjunkcie s Mesiacom nastávajú len vo vzdialosti väčšej ako 5°.

Neptún (7,8 mag) je vo východnej časti Vodného a keďže je 7. 9. v opozícii, má najlepšie pozorovacie podmienky v tomto roku. Uvidíme ho však len triédrom alebo dalekohľadom. Začiatkom augusta vychádza na konci nautického súmraku, v okolí opozície je nad obzorom počas celej noci a koncom septembra zapadne až nadránom 3,5 hod po polnoci. V deň opozície je k nám najbližšie, len 28,9325 AU, jeho zdanlivý uhlový priemer dosiahne 2,4".

23. 9. o 02:54 nastane jesenná rovnodenosť, začiatok astronomickej jesene, Slnko vstupuje zo znamenia Váh, je však v súhvezdí Panny. Nachádza sa presne na nebeskom rovníku, deň a noc sú rovnako dlhé na severnej aj južnej pologuli. Počas rovnodennosti vychádza na východe (vo východnom bode) a zapadá na západě (západnom bode). Po rovnodennosti sa u nás dni skracujú a noci predĺžujú až do zimného slnovratu.

11. 8. nastane čiastočné zatmenie Slnka, ktoré od nás neuvidíme. Maximálna fáza zatmenia bude 0,736 (v jednotkách slnečného priemeru). Zatmenie bude vidieť len z Grónska, Škandinávie, ázijskej časti Ruska, Mongolska a Číny.

Trpasličie planéty

(134340) **Pluto** (14,3 mag) v Strelcovi má po júlovej opozícii len mierne sa zhoršujúce podmienky pozorovateľnosti, koncom septembra zapadá asi hodinu pred polnocou. Na jeho zbadanie potrebujeme dalekohľad s priemerom aspoň 30cm, až do 30. 9. sa pohybuje medzi hviezdami späťne na okraji Mliečnej cesty.

(1) **Ceres** (8,8 – 8,5 mag) sa presunie 19. 8. z Leva do Panny, jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje a tak bude pozorovateľná len krátka na večernej oblohe. 5. 8. bude na pozadí fotogenických M 65 a M 66, žiaľ len za súmraku.

Zákryty hviezd Mesiacom (august – september 2018)

Dátum	UT	f	XZ	mag	CA	PA	a	b
	h m s				°	°	S/°	S/°
5.8.	1 2 57	R	3972	6,2	+90N	253	41	102
8.8.	1 36 46	R	7851	5,9	+27N	329	59	-48
18.8.	19 56 38	D	21921	5,5	+69N	81	68	-71
28.8.	2 4 44	R	31729	6,5	+60S	231	60	6
2.9.	22 1 21	R	5767	5,3	+55S	226	-20	112
4.9.	23 9 58	R	9150	4,1	+47N	315	3	18
17.9.	18 16 54	D	24877	5,7	+54S	126	111	-76
22.9.	18 6 30	D	30649	5,9	+72S	80	74	88
22.9.	22 9 37	D	30742	6,2	+82S	69	90	-3
23.9.	21 10 13	D	31414	4,5	+65N	27	61	103
23.9.	22 17 10	R	31414	4,5	-44N	278	125	-33
27.9.	20 18 42	D	3322	4,3	-78N	68	26	108
27.9.	21 24 9	R	3322	4,3	+73S	243	45	109
30.9.	2 43 5	R	5668	5,7	+81S	254	96	29

Predpovede sú pre polohu $\lambda_0 = 20^\circ$ E a $\varphi_0 = 48,5^\circ$ N s nadmorskou výškou 0 m, Pre konkrétnu polohu 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 (katalóg hviezd do $\pm 6^\circ 40'$ od ekliptiky); mag = jasnosť hviezdy; CA = uhlosmeraný od severného (N) alebo južného (S) rohu Mesiaca k hviezde; PA = pozičný uhol meraný od severného okraja Mesiaca v kladnom smere.

Fázy Mesiaca

posledná štvrt	4.8.; 19:18	3.9.; 3:37
nov	11.8.; 10:57	9.9.; 19:01
prvá štvrt	18.8.; 8:48	17.9.; 0:15
spln	26.8.; 12:56	25.9.; 3:52



Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (70) Panopaea (11.8.; 10,8 mag), (196) Philomela (12.8.; 10,8 mag), (47) Aglaja (12.8.; 10,9 mag), (148) Gallia (23.8.; 10,7 mag), (230) Athamantis (24.8.; 10,2 mag), (37) Fides (31.8.; 10,5 mag), (115) Thyra (2.9.; 9,8 mag), (27) Euterpe (6.9.; 9,8 mag), (173) Ino (16.9.; 10,3 mag), (30) Urania (18.9.; 9,6 mag), (5) Astraea (18.9.; 10,8 mag), (511) Davida (21.9.; 10,7 mag), (10) Hygiea (26.9.; 10,1 mag), (93) Minerva (27.9.; 11,0 mag), (387) Aquitania (28.9.; 11,0 mag). Najjasnejším asteroidom ostáva (4) Vesta, ktorá sa však od nás vzdiali z 1,3447 na 2,0196 AU a jej jasnosť poklesne zo 6,3 na 7,3 mag. 5. 9. sa presunie z Hadonosa do Streleca, pohybuje sa v najhustejších častiach Mliečnej cesty s množstvom objektov. 21. 9. ju nájdeme stupeň pod Lagúnou (M 8; 5,8 mag).

Kométy

Konečne sme sa dočkali: potešia nás kométy aj v dosahu binokulárov. Niektoré ešte to najlepšie len čaká, no určite si užijeme známu perihodickú kométu 21P/Giacobini-Zinner. Kométa objavil 20. 12. 1900 M. Giacobini v Nice a nezávisle E. Zinner v Bergamu. Kométa s obežnou dobou 6,5 r je materským telesom meteorického roja Drakonidy (Giacobinid), u ktorých boli pozorované v roku

Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	17h24,8m	-22°46,4'	6,3	133,4
6. 8.	17h25,0m	-23°06,1'	6,4	128,7
11. 8.	17h26,1m	-23°25,2'	6,5	124,2
16. 8.	17h28,1m	-23°43,7'	6,7	119,9
21. 8.	17h30,8m	-24°01,4'	6,8	115,7
26. 8.	17h34,3m	-24°18,3'	6,9	111,7
31. 8.	17h38,5m	-24°34,1'	7,0	107,8
5. 9.	17h43,4m	-24°48,7'	7,0	104,1
10. 9.	17h48,8m	-25°02,0'	7,1	100,5
15. 9.	17h54,8m	-25°13,8'	7,2	97,0
20. 9.	18h01,3m	-25°23,9'	7,3	93,6
25. 9.	18h08,3m	-25°32,3'	7,4	90,2
30. 9.	18h15,7m	-25°38,6'	7,4	87,0

Efemerida kométy 21P/Giacobini-Zinner

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	23h59,7m	+65°29,7'	8,8	88,5
6. 8.	00h47,8m	+66°26,8'	8,5	86,9
11. 8.	01h42,6m	+66°15,5'	8,2	85,4
16. 8.	02h39,3m	+64°35,0'	7,9	83,9
21. 8.	03h32,1m	+61°14,4'	7,6	82,5
26. 8.	04h17,4m	+56°14,6'	7,4	81,2
31. 8.	04h54,3m	+49°46,9'	7,2	80,3
5. 9.	05h24,1m	+42°09,2'	7,1	79,7
10. 9.	05h48,2m	+33°46,1'	7,0	79,6
15. 9.	06h07,9m	+25°05,9'	7,1	80,0
20. 9.	06h24,2m	+16°36,3'	7,2	80,9
25. 9.	06h37,9m	+08°38,9'	7,4	82,2
30. 9.	06h49,5m	+01°25,8'	7,6	83,7

Efemerida (1) Ceres

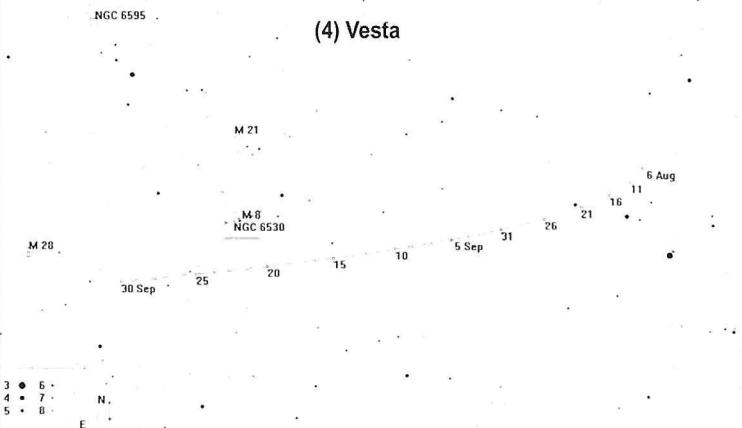
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	11h12,8m	+13°53,5'	8,8	36,1
11. 8.	11h28,7m	+12°00,0'	8,8	31,0
21. 8.	11h44,7m	+10°05,0'	8,8	25,9
31. 8.	12h00,9m	+08°09,2'	8,7	21,0

Efemerida (134340) Pluto

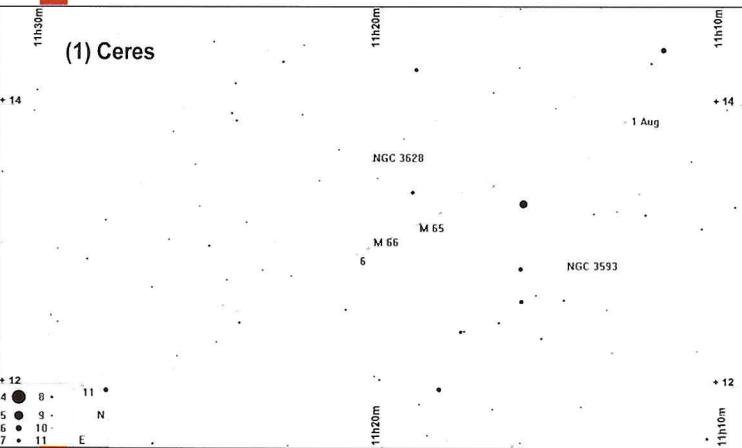
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	19h23,5m	-21°54,9'	14,2	160,8
11. 8.	19h22,5m	-21°57,7'	14,2	151,0
21. 8.	19h21,7m	-22°00,3'	14,3	141,2
31. 8.	19h21,1m	-22°02,6'	14,3	131,4
10. 9.	19h20,5m	-22°04,5'	14,3	121,6
20. 9.	19h20,2m	-22°06,1'	14,3	111,8
30. 9.	19h20,1m	-22°07,3'	14,3	102,0

NGC 6595

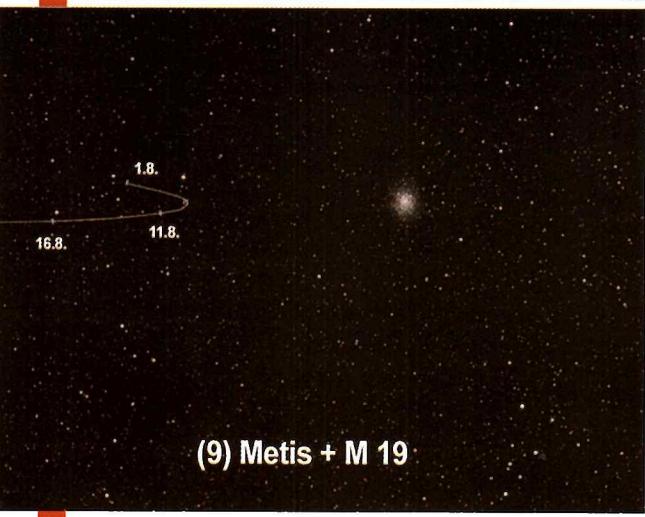
(4) Vesta



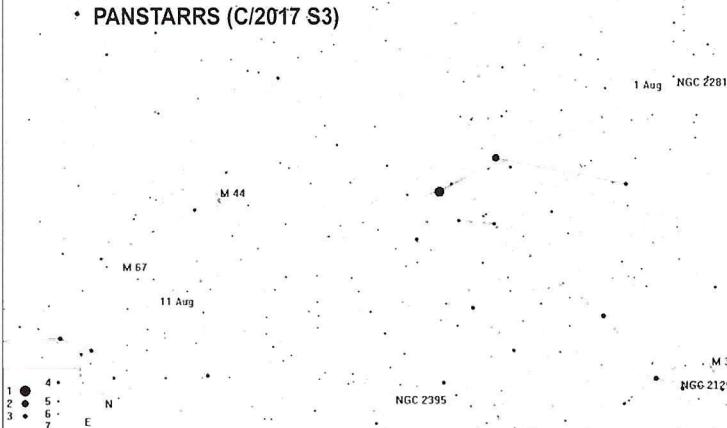
(1) Ceres



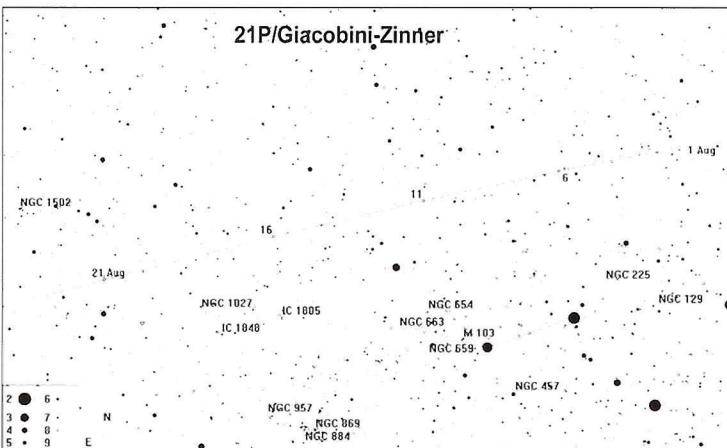
(9) Metis + M 19



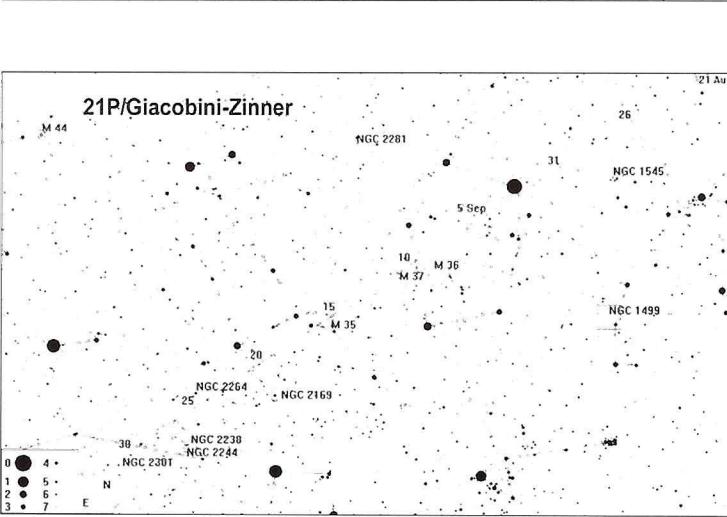
PANSTARRS (C/2017 S3)



21P/Giacobini-Zinner



21P/Giacobini-Zinner



Meteorické roje (august – september)

roj	aktivita	maximum	λ_{sol}	α	δ	v_{inf}	r	ZHR
antiheliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9.				-30°	30	3,0	4
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	28.7.	125°	341°	-30°	35	3,2	5
južné δ Akvaridy (SDA)	12. 7. – 23. 8.	30.7.	127°	340°	-16°	41	2,5	25
α Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	30.7.	127°	307°	-10°	23	2,5	5
Perzeidy (PER)	17. 7. – 24. 8.	12.8.	140,0°	48°	+58°	59	2,2	110
κ Cygnidy (KCG)	3. 8. – 25. 8.	17.8.	145°	286°	+59°	25	3,0	3
α Aurigidy (AUR)	25. 8. – 5. 9.	1.9.	158,6°	91°	+39°	66	2,5	6
septembrové Perzeidy (SPE)	5. 9. – 21. 9.	9.9.	166,7°	48°	+40°	64	3,0	5

Efemerida kométy PANSTARRS (C/2017 S3)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	06h57,0m	+40°11,6'	7,8	31,8
6. 8.	07h46,8m	+27°47,8'	6,5	20,7
11. 8.	08h36,8m	+12°55,3'	4,9	11,2

1933 a 1946 meteorické dažde. 20. 9. 1946 prešla kométa len 0,26 AU od Zeme. Ostatná vysoká frekvencia bola pozorovaná v roku 2011 (ZHR~300).

Až do polovice prvej septembrovej dekády je cirkumpolárna s pomerne rýchlym vlastným pohybom po oblohe. Bude sa presúvať pozdĺž Mliečnej cesty s množstvom objektov, od Kasiopeje až po Jednorožca. 2. 9. prejde necelý stupeň od Capelly (α Aur), 10. 9. tesne vedľa otvorennej hviezdomkopie M 37 (5,6 mag) a 15. 9. cez ďalšiu otvorenú hviezdomkopu M 35 (5,1 mag).

PANSTARRS (C/2017 S3) bude pozorovateľná len začiatkom augusta, neskôr jej deklinácia rýchlo klesá a uholovo sa približuje k Slnku. 5. 8. už má elongáciu len 23°, perihéliom prejde 15. 8., kedy by mohla dosiahnuť až 3 mag.

Ďalšie kométy na oblohe budú mať maximálne 10 – 11 mag a to najlepšie ich ešte len čaká, no aktuálne pozorovania zatiaľ chýbajú pre 64P/Swift-Gehrels a 38P/Stephan-Oterma.

Meteory

Druhá polovica prázdnin býva v znamení meteorických expedícií. Začiatkom augusta ešte doznieva aktivita južných rojov, ktoré malí maximum koncom júla (Piscis Austrinidy, južné δ Akvaridy, α Kaprikornidy).

Výborné podmienky tohto roku sú počas maxima Perzeíd, napoko kométy Mesiaca je 11. 8. v nove a tak pozorovanie ruší nebude.

Tradičné maximum Perzeíd nastáva pri dĺžke Slnka 139,8 až 140,3, čo zodpovedá intervalu od 12. 8. 21 hod do 13. 8. 9 hod. Počas maxima frekvencia dosiahne 110 meteorov za hodinu. Vysoká aktivita, ktorá bola v roku 2016 (ZHR 200) sa tohto roku neočakáva, no pre podrobnejšie štúdium aktivity tohto roja sa odporúča pozorovateľom zasielať svoje pozorovania aj v kratších intervaloch do 15 min.

Začiatkom septembra je maximum α Aurigíd, ktorým prepočítaná frekvencia je 6, no pozorovanie bude rušíť Mesiac pred poslednou štvrtou.

Kalendár úkazov a výročí (august – september 2018)

dátum	SEČ
4. 8.	19,3 Mesiac v poslednej štvrti
5. 8.	19,4 Merkúr najbližšie k Zemi (0,5964 AU)
7. 8.	21,4 Urán v zastávke, začína sa pohybovať spätnie
9. 8.	3,0 Merkúr v dolnej konjunkcii
10. 8.	19,1 Mesiac v prízemí
11. 8.	asteroid (70) Panopaea v opozícii (10,8 mag)
11. 8.	častočné zatmenie Slnka (od nás nepozorovať telne)
11. 8.	11,0 Mesiac v nove
12. 8.	asteroid (47) Aglaja v opozícii (10,9 mag)
12. 8.	maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 110)
12. 8.	asteroid (196) Philomela v opozícii (10,8 mag)
14. 8.	19,5 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuše 5° S)
17. 8.	13,8 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,7° S)
17. 8.	maximum meteorického roja κ Cygnidy (ZHR 3)
17. 8.	18,5 Venuše v najväčšej východnej elongácii (45,9°)
18. 8.	13,2 Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať priamo
18. 8.	8,8 Mesiac v prvej štvrti
21. 8.	10,5 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 1,7° S)
23. 8.	asteroid (148) Gallia v opozícii (10,7 mag)
23. 8.	12,4 Mesiac v odzemí
23. 8.	16,9 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 6° S)
24. 8.	asteroid (230) Athamantis v opozícii (10,2 mag)
26. 8.	21,7 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (18,3°)
26. 8.	12,9 Mesiac v splne
28. 8.	11,2 Mars v zastávke, začína sa pohybovať priamo
31. 8.	asteroid (37) Fides v opozícii (10,5 mag)
1. 9.	maximum meteorického roja α Aurigidy (ZHR 6)

Slnko

súmrak					
občiansky		nautický		astronomický	
vých.	záp.	zač.	kon.	zač.	kon.
1.8. 4:14	19:17	3:38	19:54	2:50	20:41
6.8. 4:21	19:10	3:45	19:46	2:59	20:31
11.8. 4:28	19:01	3:53	19:37	3:08	20:21
16.8. 4:35	18:53	4:00	19:27	3:18	20:10
21.8. 4:42	18:43	4:08	19:17	3:27	19:59
26.8. 4:49	18:34	4:15	19:07	3:35	19:48
31.8. 4:56	18:24	4:23	18:56	3:44	19:36
5.9. 5:03	18:14	4:30	18:46	3:52	19:25
10.9. 5:10	18:03	4:38	18:35	4:00	19:13
15.9. 5:17	17:53	4:45	18:24	4:07	19:02
20.9. 5:24	17:43	4:52	18:14	4:15	18:51
25.9. 5:31	17:32	4:59	18:03	4:22	18:39
30.9. 5:38	17:22	5:06	17:53	4:30	18:29

Mesiac

východ	západ
1.8. 21:35	8:40
6.8. 23:59	14:22
11.8. 4:09	19:16
16.8. 10:32	21:43
21.8. 15:45	
26.8. 18:51	4:25
31.8. 20:53	9:51
5.9. 15:29	
10.9. 5:39	18:48
15.9. 11:40	21:12
20.9. 15:52	0:15
25.9. 18:07	5:28
30.9. 20:36	11:13

Jupiter

východ	západ
1.8. 12:54	22:38
6.8. 12:37	22:19
11.8. 12:19	22:01
16.8. 12:02	21:43
21.8. 11:46	21:24
26.8. 11:30	21:06
31.8. 11:14	20:48
5.9. 10:58	20:29
10.9. 10:42	20:12
15.9. 10:27	19:54
20.9. 10:12	19:37
25.9. 9:57	19:19
30.9. 9:42	19:02

Saturn

východ	západ
1.8. 17:02	1:30
6.8. 16:41	1:09
11.8. 16:21	0:48
16.8. 16:01	0:27
21.8. 15:41	0:07
26.8. 15:21	23:43
31.8. 15:00	23:23
5.9. 14:41	23:03
10.9. 14:21	22:43
15.9. 14:02	22:24
20.9. 13:43	22:04
25.9. 13:24	21:46
30.9. 13:05	21:27

Urán

východ	západ
1.8. 22:02	12:00
6.8. 21:43	11:41
11.8. 21:23	11:21
16.8. 21:03	11:01
21.8. 20:43	10:41
26.8. 20:23	10:21
31.8. 20:04	10:01
5.9. 19:44	9:41
10.9. 19:24	9:21
15.9. 19:04	9:00
20.9. 18:44	8:40
25.9. 18:24	8:19
30.9. 18:04	7:59

Mars

východ	západ
1.8. 19:34	3:21
6.8. 19:10	2:53
11.8. 18:47	2:27
16.8. 18:24	2:03
21.8. 18:01	1:41
26.8. 17:39	1:21
31.8. 17:18	1:03
5.9. 16:57	0:47
10.9. 16:38	0:33
15.9. 16:19	0:21
20.9. 16:01	0:10
25.9. 15:44	0:01
30.9. 15:28	23:52

Neptún

východ	západ
1.8. 20:34	7:45
6.8. 20:14	7:25
11.8. 19:55	7:05
16.8. 19:35	6:44
21.8. 19:15	6:24
26.8. 18:55	6:03
31.8. 18:35	5:43
5.9. 18:15	5:23
10.9. 17:55	5:02
15.9. 17:35	4:42
20.9. 17:15	4:21
25.9. 16:55	4:01
30.9. 16:35	3:41

Lyridy 2018

Už sa stáva tradíciou, že nadšenci pozorovania meteorov sa stretávajú na expedíciiach v Roztokoch. Tentoraz sme sa stretli na expedícii zameranej na pozorovanie meteorického roja Lyridy. Ako je už dobrým zvykom, stretla sa stará známa partia pozorovateľov z Michaloviec, Prešova a zo Svidníka.

Prvú noc nám počasie prialo, a tak sme mohli pozorovať až do svitania. Rozdelili sme sa do troch skupín (michalovskú, prešovskú a svidnícku) a pozorovanie sa mohlo začať. Spolu sme napočítali 338 meteorov, z toho 165 bolo rojových.

Aj druhá noc vyzerala nádejne, no o polnoci, keď sme mali začať pozorovať, sa počasie začalo meniť k horšiemu a obloha sa zamračila. Z pozorovania nebolo nič, aj keď sme boli

pripravení vyraziť, ak by sa náhodou počasie zlepšilo.

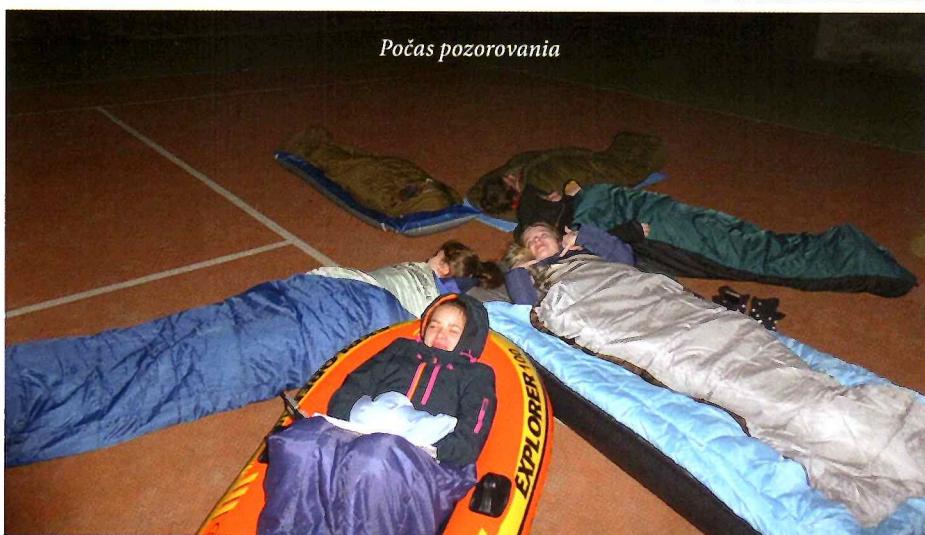
Kedže sa hovorí, že v Roztokoch je obloha jedna z najtmavších na Slovensku, skúsili sme to overiť a zmerať svetelné znečistenie. Priemerná hodnota svetelného znečistenia nám vyšla 21,67 mag/arcsec². Táto hodnota je porovnatelná s meraniami v Parku tmavej oblohy Poloniny. Čas, keď sa nepozorovalo, sme venovali nielen spánku a odpočinku, ale aj spracovaniu výsledkov v programe WIMPS a následnému odoslaniu do centra Medzinárodnej meteorickej organizácie (IMO).

Okrem „povinnej práce“ sme si mohli vypočuť aj cestopisnú prednášku s názvom „Spojené arabské emiráty“, venovať sa rôznym športom, hrám a pod. Aj keď nám počasie prialo iba jednu noc, myslíme si, že nám expedícia vyšla a už teraz sa tešíme na ďalšie stretnutie.

RNDr. Zdeněk Komárek, Mgr. Ján Sadiv,
Mgr. Roman Tomčík



Spoločná fotografia



Počas pozorovania

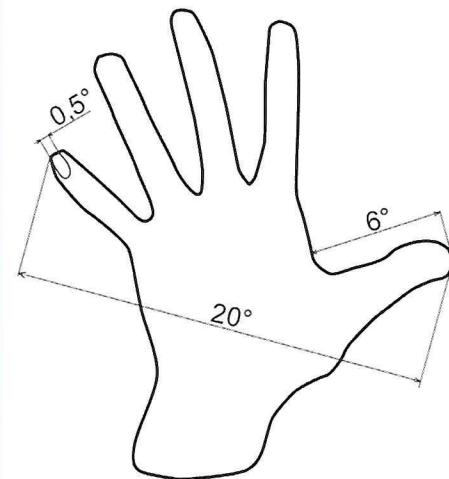


Počas prednášky

Jednoduché

V tejto časti cyklu pre druhý stupeň ZŠ budeme pokračovať v geometrii.

Pri praktickom pozorovaní oblohy sa na približné určovanie uhlov používa takzvaný živý uhlomer. Predstavte si, že pred seba natiahnete ruku, jedno oko zavrite a pozriete sa na necht na vztýčenom malíčku. Uhol medzi ľavým okrajom nechta, okom pozorovateľa a pravým okrajom nechta je asi $0,5^\circ$. Môžete namietnuť, že dieťa má oveľa menší necht, ako má dospelý človek. Približne však platí, že koľkokrát je detský necht menší, toľkokrát je kratšia aj ruka dieťaťa a tak uhol ostáva takmer taký istý počas celého života.



Obr. 1 Uhly pozorované na natiahnutej ruke: necht malíčka $0,5^\circ$, natiahnutý palec 6° , otvorená dlaň medzi koncom palca a malíčka 20° .

Existujú aj iné možnosti. Napr. zovretá päť (10°), ukazovák, prostredník a prstenník pri sebe (5°), či šírka vystreteného palca (2°). Treba ešte dodať, že menšie časti uhliev ako 1° sa zvyčajne nepíšu desatininným číslom, ale udávajú sa v uhlových (oblúkových) minútach (značka ') a uhlových (oblúkových) sekundách (značka "). Jeden stupeň má 60 minút a jedna minúta 60 sekúnd. Prepočet minút a sekúnd na desatiny stupňa je jednoduchý. Prepočítajme si napr. $10^\circ 20' 35''$ na uhol v tvare desatinného čísla. Jedna minúta má 60 sekúnd, teda 1 sekunda je $\frac{1}{60}$ minúty.

35 sekúnd je $\frac{35}{60} = 0,5833$ minúty.

Takže 20 minút a 35 sekúnd je spolu $20,5833$ minúty. Lenže minúta je $\frac{1}{60}$ stupňa. Takže:

$20,5833$ minúty je $\frac{20,5833}{60} = 0,3431$ stupňa. Uhol $10^\circ 20' 35''$ môžeme napísť aj ako $10,3431^\circ$.

Rovnaký výsledok dostaneme, ak na prevod stupňov na uhlové minuty a sekundy (alebo naopak) použijeme tzv. trojčlenku. Napríklad pri prevode $35''$ na uhlové minuty zápis pomocou trojčlenky môže vyzerat takto:

$$\begin{array}{lcl} 1' \text{ (uhl. minúta)} & \dots & 60'' \text{ (uhl. sekúnd)} \\ x' & \dots & 35'' \end{array}$$

Potom platí:

$$x:1 = 35:60,$$

alebo

$x = \frac{35}{60} = 0,5833$ uhl. minúty, čo je výsledok rovnaký, aký sme dostali vyššie.

astronomické výpočty

4. diel

Ak chceme, naopak, premeniť napríklad $32,6275^\circ$ na stupne ($^\circ$), uhlové minúty ($'$) a sekundy ($''$), postup akoby obrátime. Čiže $0,6275^\circ$ potrebujeme premeniť na uhlové minúty. Kedže pri predošom prepočte sme 60 delili, tu budeme 60 násobiť. Takže

$$0,6275^\circ \cdot 60 = 37,65'$$

Ale 0,65 uhlové minúty ešte musíme prepočítať na uhlové sekundy. Teda

$$0,65' \cdot 60 = 39''$$

Uhlos $32,6275^\circ$ prepíšeme ako $32^\circ 37' 39''$.

V astronomických ročenkách a programoch sa polohy telies na nebeskej sfére obvykle udávajú v rovníkových (ekvatoreálnych) súradničach 2. druhu, v ktorých sa jedna zo súradníc – rektascenzia (zn. α) – udáva v hodinách, minútach a v sekundách (v prípade Astronomickej ročenky v desatinách minút).

Plný uhlos (360° ; pozri predošlú kapitolu) v tomto prípade znamená 24 hodín. Teda

$$24 h = 360^\circ$$

a z toho vyplýva, že

$$1 h = 15^\circ$$

Teda ak chceme prepočítať napr. $\alpha = 2$ h na uhlos, musíme hodnotu 2 násobiť 15. Podobne postupujeme aj pri minútach a sekundách. Prepočítajme si napr. $\alpha = 02^h 31^m 13''$ na stupne, uhlové minúty a sekundy.

$$13 \cdot 15 = 195'', 31 \cdot 15 = 465'' \text{ a } 2 \cdot 15 = 30^\circ.$$

Samozrejme, už sme si vysvetlili, že 1° má $60'$ a $1'$ má $60''$, takže to ešte musíme upraviť:

$$195'' = 3' 15''$$

(ak 195 vydelené 60, výsledok je 3 a zvyšok je 15).

Tieto $3'$ pripočítame k $465''$ a prepočítavame ďalej:

$$468'' = 7^\circ 48'$$

Tých 7° analogicky pripočítame k 30° . Celkový výsledok bude teda $37^\circ 48' 15''$.

Operácie s uhlami sa najľahšie vykonávajú pomocou kalkulačky tak, že si ich prevedieme na desatinné čísla. Výsledok si potom môžeme previesť späť na stupne, uhlové minúty a sekundy.

V predošlých dieloch sme sa zoznámili s elipsou, ale nepovedali sme si o nej ešte všetko potrebné.

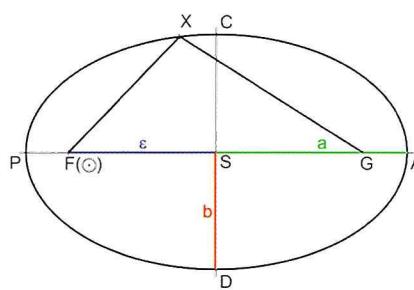
Definícia elipsy hovorí, že elipsa je množina takých bodov, pre ktoré platí, že súčet vzdialenosí od bodu nachádzajúceho sa na elipse (X) k jednému ohnisku (F) plus vzdialenosť tohto bodu (X) od druhého ohniska (G) je konštanta a rovný dĺžke veľkej osi.

Vzorcom to napíšeme takto:

$$|XF| + |XG| = 2a = \text{konštanta},$$

kde $|XF|$ čítame ako dĺžku úsečky XF, alebo vzdialenosť bodu X od bodu F, kde a je dĺžka veľkej polos.

Elipsu nakreslíme, ako sme to urobili v diele 2., a budeme pokračovať nasledovne. Elipsa pretne priamky predstavujúce osi pravouhléj sústavy súradníčok v štyroch bodoch a vytne na nej dve úsečky. Dlhšiu a kratšiu. Priečniky elipsy na dlhšej úsečke označíme P a A, pričom bod P je bližšie k ohnisku F a bod A je bližšie k ohnisku G. Zvyšné body označíme C a D.



Obr. 2 Elipsa s vyznačenými významnými bodmi.

Predime teraz z oblasti čistej geometrie k jej aplikácii v astronómii. Predpokladajme, že v ohnisku F sa nachádza Slnko (spomeňte si na 1. Keplerov zákon).

Bod P sa nazýva perihélium alebo príslne, bod A sa nazýva afélium alebo odslne. Ako vidno, v bode P je teleso (planéta, kométa...) pohybujúce sa po elipse najbližšie k Slnku a v bode A je od neho najďalej. Dĺžka

$$|PS| = |SA| = a$$

Dĺžku a nazývame veľká polos a môžete si overiť meraním pomocou pravítka, že dĺžka špagátika je $2a$. Dĺžku

$$|SC| = |SD| = b$$

nazývame malá polos. Vzdialenosť

$$|SF| = |SG| = a \cdot e$$

kde a je dĺžka veľkej polos a e nazývame excentricitu alebo výstrednosť.

Môže nás napríklad zaujať, koľkokrát je malá polos menšia ako veľká polos elipsy.

Hodnoty a , e patria medzi elementy dráhy. Zvyčajne ich poznáme z tabuľiek a určujú sa priamo z pozorovaní kométy z viacerých polôh pri jej objavení.

Vypočítajme napríklad malú polos dráhy Halleho kométy a určme, koľkokrát je malá polos menšia ako veľká polos jej dráhy.

Malá polos je podľa obrázka

$$b = |SC|$$

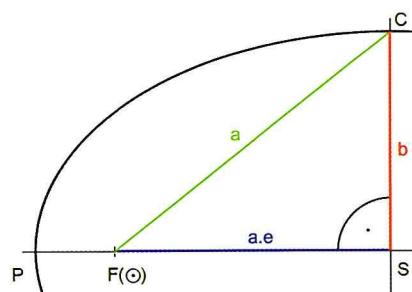
Vieme, že

$$|SF| = a \cdot e$$

a že medzi týmito úsečkami SC a SF je pravý uhlos. Ak sa zamyslíme nad definíciou elipsy, tak vzdialenosť

$$|FC| + |CG| = 2a$$

Kedže $|FC| = |CG|$, potom musí platiť, že $|FC| = |CG| = a$ (alebo $|FC| + |CG| = a + a = 2a$).



Obr. 3 Pythagorova veta v elipse.

Tri body F, C a S tvoria pravouhlý trojuholník s pravým uhlom pri vrchole S (obr. 3).

Na výpočet dĺžky $b = |SC|$ použijeme Pytagorovu vetu. Aby sme sa nepomýlili, namiesto je často používaného tvaru

$$a^2 + b^2 = c^2$$

napíšeme ju pomocou týchto názvov:

$$(odvesna1)^2 + (odvesna2)^2 = (prepona)^2$$

kde $(odvesna1)$ je dĺžka strany $a \cdot e$, $(odvesna2)$ je dĺžka strany b a $(prepona)$ je dĺžka strany a v trojuholníku FCS.

Pre trojuholník FCS potom platí:

$$(a \cdot e)^2 + b^2 = a^2$$

Vidíte, že Pytagorova veta zdánivo vyzerá úplne inak, ale jej podstata ostala zachovaná. Chceme vypočítať malú polos b . Použijeme ekvivalentnú úpravu a odčítame od obidvoch strán $(a \cdot e)^2$. Dostaneme:

$$b^2 = a^2 - (a \cdot e)^2$$

Dosadíme za hodnoty a a e tabuľkové hodnoty pre Halleho kométu. Veľká polos $a = 17,8$ AU, excentricita $e = 0,967$ a výčíslime:

$$\begin{aligned} b &= \sqrt{a^2 - (a \cdot e)^2} = \sqrt{(17,8)^2 - (17,8 \cdot 0,967)^2} \\ &= \sqrt{316,84 - 296,274} = \sqrt{20,566} = 4,535 \text{ AU} \end{aligned}$$

Pomer malej polosi dráhy Halleho kométy k jej veľkej polosi je $\frac{b}{a} = \frac{4,535}{17,8} = 0,255$. Vidíme, že najväčšia šírka elipsy je približne $\frac{1}{4}$ jej najväčszej dĺžky.

Podobne nás môže zaujímať, ako ďaleko sa vzdiali Halleho kométa od Slnka a na akú najmenšiu vzdialenosť sa k Slnku priblíži počas svojho obehu.

Najmenšia, perihéliová vzdialenosť $|PF|$ sa označuje q . Podľa označení na obrázku môžeme napísat:

$$q + a \cdot e = a$$

Urobíme ekvivalentnú úpravu (odčítame od obidvoch strán rovnice výraz $a \cdot e$) a dostaneme:

$$q = a - a \cdot e$$

Po dosadení hodnôt pre Halleho kométu dostaneme:

$$q = 17,8 - 17,8 \cdot 0,967 = 0,5874 \text{ AU}$$

Podobne pre najväčšiu, afeliiovú vzdialenosť môžeme napísat vzťah

$$Q = a + a \cdot e,$$

po dosadení:

$$Q = 17,8 + 17,8 \cdot 0,967 = 35,0126 \text{ AU}.$$

Vypočítali sme, že Halleho kométa sa od Slnka vzdáluje až na obrovských 35 AU, teda až za dráhu Neptúna a v periheliu je takmer pri Merkúre.

Ako cvičenie si môžete podľa zadaných údajov vypočítať obežnú dobu Halleho kométy podľa 3. Keplerovo zákona (pozri predošlé diely). Malo by vyjsť $P = 75,098$ roka.

Eduard Koči, SÚH Hurbanovo

