



Číslo 2

apríl – máj 2018

Ročník 49

Cena 2,40 €

KODAKOS



- Záhadná voda
- Cesta na kraj sveta
- Konkolyho stopy v USA



Na obálke a na zadnej strane je foto Daniely Rapavej (Kurinec pri Rimavskej Sobote). Jej neopakovateľnými snímkami sme ilustrovali aj článok o vode na stranach 20 – 23.

RNDr. Daniela Rapavá, rodáčka z Komárna, absolvovala jadrovú fyziku na MFF UK v Bratislave a postgraduálne štúdium z astronómie. Pracovala na Geofyzikálnom observatóriu SAV v Hurbanove, od roku 1983 spolu s manželom na Hvezdárni v Rimavskej Sobote. Venovala sa odborným pozorovaniam Slnka, zatmení, meteorov a pozičných meraní, ale predovšetkým popularizácii astronómie a prírodných vied i ekologickej výchove. Niekoľko desaťročí je kurátorkou výtvarej výstavy Vesmír očami detí, ktorá sa stala celoslovenskou.

Jej koníčkom bola fotografia, najmä makro, spočiatku živá príroda, neskôr i fyzikálna fotografia. Zameraná bola prevažne na svetlo a jeho prejavy, difrakcie na pavučinách, zobrazenia v kvapkách, bublinách, farebné interferencie i v polarizovanom svetle na dvojlovných materiáloch (ľad, plast, celofán) i na niektorých bežných chemických látkach. Fascinovalo ju zmrznené bublinky, ktoré získali viaceru ocenenie vo svete.

Výstavu jej fyzikálnych fotografií s názvom **Tajomstvo svetla a vody** sme mohli pravidelne vidieť v Kongresovom centre SAV v Smoleniciach na akciách Tvorivý učiteľ fyziky, a putovala aj po Slovensku. Jej výber bol na MFF UK V Prahe v Malej vedeckej galérii.

Jej práce publikujú *Optics Picture of the Day*, *Earth Science Picture of the Day* alebo *Space-weather*, odkiaľ ich preberajú ďalšie servery a vydavatelia. Okrem fyzikálnej fotografie sa venuje aj voľnej tvorbe, spoločným výstavám so žiakmi i písaniu príbehov k fotografiám.

Oznam: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove organizuje 24. slnečný seminár s medzinárodnou účasťou, ktorý sa uskutoční v dňoch 21. – 25. mája v Kežmarku.

Hlavná aktualita

Titan. Vhodný na osídlenie?

Ján Svoreň s. 3-6

Stelárna astronómia

Hviezda ako Saturn s. 6

100 miliárd hnedých trpaslíkov v Mliečnej ceste s. 7

Oko v Orióne s. 7

Starnúca hviezda vyfukuje začadenú bublinu s. 8

Betelgeze krátko pred zánikom s. 9

Najtesnejšia superhmotná dvojité čierna diera s. 9

PULZARY 50 rokov od objavu. Ako ich využijeme?

Ladislav Hric s. 25-26

Zložité organické molekuly v okolí protovhiezdy s. 19

Unikátny objav freónu-40 v okolí mladých hviezd s. 27

Slnečná sústava

New Horizons sa blíži k ďalšiemu cielu s. 10

Obývateľná oblasť na Encelade? s. 10

Zatmenia a Slovensko

Peter Zimníkova, Beáta Zimníkova s. 32-34

Snímky z New Horizons s. 19

Exoplanéty

Exoplanéta WASP-121b má pekelnú atmosféru s. 7

Superzem GJ 1132b má atmosféru s. 11

Obieha okolo slabej hviezdy dvojča Venuše? s. 11

Kepler-13Ab: exoplanéta, na ktorej sneží titán s. 24

Kozmológia

Existuje okraj sveta?

Bild der Wissenschaft E. G. s. 12-15



Trhliny v časopriestore, extradimenzie a kolaps

prirodnych zákonov

Bild der Wissenschaft E. G. s. 16

Nový model pre vesmír?

Bild der Wissenschaft E. G. s. 17-18

H₂O pod mikroskopom

Voda. Všadeprítomná, vzácná, záhadná

Die Zeit E. G. s. 20-23

Reportáž

48 hodín v Nashville

Ladislav Druga s. 28-31



Servis Kozmosu

Slnečné klásksy (6)

Milan Rybanský s. 35-36

Slnečná aktívita december 2017- január 2018

Ivan Dorotovič s. 35

Obloha v kalendári (apríl – máj 2018)

Pavol Rapavý s. 42-45

Jednoduché astronomické výpočty (2.)

Peter Dolinský s. 47

História

Signály z obežnej dráhy

Peter Dolinský s. 37-38

Nekrológ

Zemrel RNDr. Václav Bumba, DrSc. s. 39

Fotosúťaž

Cena Jindřicha Zemana za rok 2017

Marcel Bělik s. 40

Cena Jindřicha Zemana Junior za rok 2017

Marcel Bělik s. 41

Sci-fi poviedka

Titani a bohovia

Juraj Búry s. 37

Podujatia

Medved', tučniak a popularizácia astronómie

Pavol Ďuriš s. 46

Noc múzeí a galérií 2018

Múzeum Mikuláša Thegeho Konkolyho pôsobiace v Slovenskej ústrednej hvezdárni v Hurbanove Vás 19. mája 2018 pozýva na Noc múzeí a galérií. Počas návštevy si budete môcť pozrieť exponáty múzea, navštíviť planetárium, oboznámiť sa s historiou astronómie, ako aj s osobnosťou zakladateľa hurbanovskej hvezdárne Mikuláša Thegeho Konkolyho. V historickej budove bude taktiež prebiehať ukážka pozorovacej techniky a v prípade priaznivého počasia sa uskutoční aj pozorovanie nočnej oblohy. Bližšie informácie o akcii nájdete na našej stránke (www.suh.sk) a na našom facebookovom profile. Tešíme sa na Vás!

KOZMOS

populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia čísla: doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc.

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 Āč – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lúdia Prikrlová – 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 Pribulová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, RNDr. Ján Rybák, CSc. Predseda redakčnej rady: doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. • **Vychádzza:** 6× 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 Riadiťstvom poštovnej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: predplatne@predplatne.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. • Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou 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. 3. 2018 • ISSN 0323 – 049

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

Titan. Vhodný na osídlenie?

Náš posledný článok o úspechoch misie Cassini-Huygens vo výskume Saturna, jeho mesiacov a prstencov sme končili tesne predtým, než sa sonda Cassini 15. septembra 2017 úmyselne zničila ponorením do Saturnovej atmosféry. Vedci sa rozhodli zničiť sondu preto, lebo jej nekoordinovaný pád na niektorý z mesiacov by ho mohol kontaminovať pozemskými organizmami. Existuje totiž nenulová šanca, že na niektorých telesách Saturnovho systému sa môžu vyskytovať primitívne formy nepozemského života alebo podmienky pre jeho rozvoj. O riadenom zániku sondy sa zmieňujeme v úvode tohto článku. Hlavne sa však zameriame na mesiac Titan. Za pol roka, ktorý uplynul od nášho predchádzajúceho článku oňom vyšlo toľko zaujímavých noviniek, že je nevyhnutné podeliť sa o ne aj s čitateľmi Kozmosu.



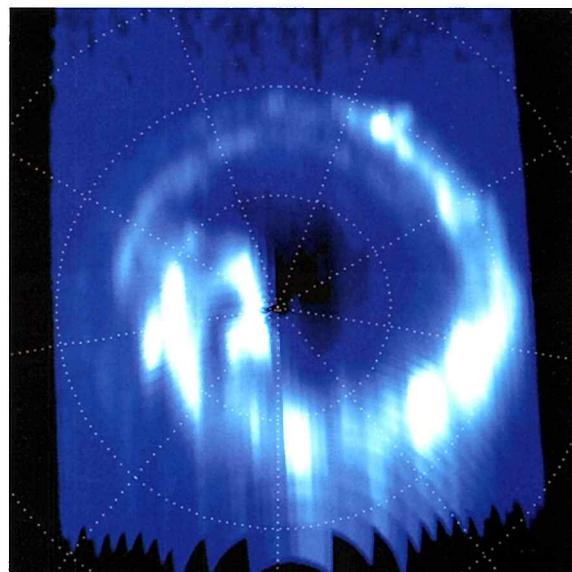
Znázornenie zániku sondy Cassini. Značky oddelujú desatsekundové úseky dráhy.

Zánik sondy Cassini

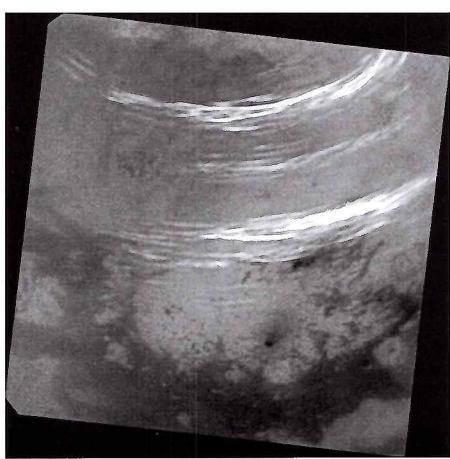
Milióny ľudí po celom svete sledovali na internete riadiace stredisko v Jet Propulsion Laboratory, aby mohli byť účastníkmi poslednej etapy misie. Sonda Cassini 15. septembra 2017 vstúpila do Saturnovej atmosféry. Nesmierne úspešná 20-ročná misia posielala na Zem jedinečné vedecké údaje až do svojho zániku. Povedzme si teraz v skratke, čo sa dialo v posledných hodinách pred zánikom. Dva dni pred zánikom vytvorila poslednú mozaiku Saturna a jeho prstencov, 55 minút sledovala mesiac Enceladus s jeho gejzírmi a viac ako 2 hodiny sa venovala oblakom v atmosfére Titana. Potom sa opäť zamerala na Saturn

a takmer 19 hodín pozorovala polárnu žiaru nad jeho severným póлом. Predposledný deň dokončila 3,5 hodinami výskumu polárnej žiary, venovala sa malému mesiacu, ktorý sa pohybuje na vonkajšom okraji A-prstenca Saturna a snímala aj oblasť Saturnovej atmosféry, kde sa očakával zánik sondy. Na záver dňa sa pomocou vysokoziskovej antény posielali 11 hodín všetky získané údaje na Zem, kde ich

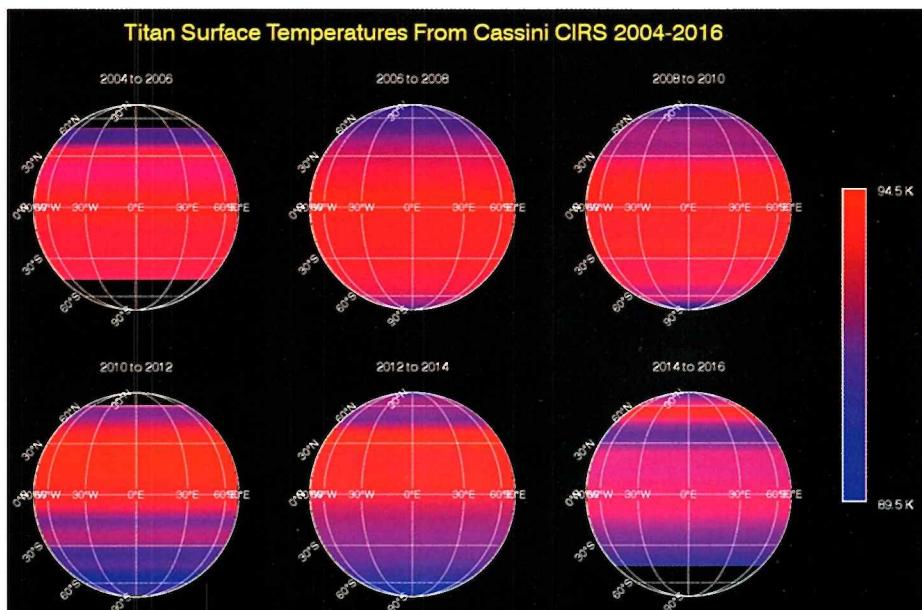
po bezchybnom prenose s 83 minútovým oneskrením uložili. Prenosová rýchlosť dosiahla 124 401 bitov za sekundu. V deň plánovaného zániku sa prístroje na Zemi prepli na prijímanie nepretržitých rádiometrických signálov na meranie rýchlosťi a vzdialosti sondy



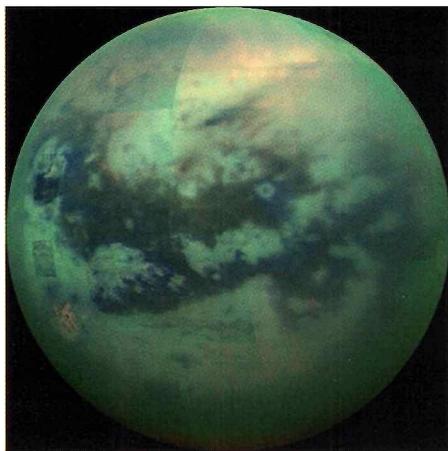
Posledná snímka ultrafialovým zobrazovacím spektrogramom ukazuje ultrafialové emisie v severnej polárnej oblasti Saturna 14. septembra 2017.



Pásy metánových oblakov nad severnou pologúľou Titana, ako ich zachytila sonda 7. mája 2017 zo vzdialenosťi 500 tisíc kilometrov. Rozlíšenie je približne 3 km na pixel.



Sériu máp zobrazujúcu teplotu povrchu na Titane v dvojročných intervaloch od roku 2004 do roku 2016, vytvorených s využitím meraní spektrometra CIRS sondy Cassini.



Kompozitný obrázok Titana v infračervenej oblasti spektra. Tmavé oblasti sú púštne duny.

počas vstupu do atmosféry. Súčasne sa odošielali informácie o okolitej prostredí sondy priamo z prístrojov (vysielanie naživo) bez sprostredkovania cez palubný magnetofón. Posledný signál sondy zachytila 70 m anténa v Canberre, Austrália, o 04:55:46 miestneho času. Napriek tomu, že Cassini nenavrholi ako atmosférickú sondu, poskytla množstvo kvalitných údajov aj počas letu atmosférou Saturna. Po ich dôkladnej analýze môžeme očakávať ďalšie objavy.

Letné oblaky nad severou pologuli Titana
Keď začalo na severnej polguli Titana leto, sonda Cassini naznamenala nárast oblačnej aktivity vo vysokých severných šírkach. Na obrázku na predchádzajúcej strane je pohľad na niektoré z najjasnejších pásov oblakov, ktoré sonda zachytila hned po letnom slnovrate. Výrazné sú pravdepodobne kvôli nadpriemerným výškam ich vrcholkov. Metánové oblaky sa vyskytli v troch pásoch 30-38, 44-50 a 52-59 stupňov severnej šírky. Nikdy predtým neboli pozorované pásy oblakov (ale len jednotlivé izolované oblaky) bližšie ako 40 stupňov od rovníka.

Objav toxickejho ľadového oblaku na Titane
Sonda Cassini poskytla dôkazy o toxickej hybridnej ľade v oblaku vysoko nad južným pólem Titanu. Chápeme to ako súčasť komplexnej chémie (podrobnejšie pozri Kozmos č. 5/2017) vyskytujúcej sa v atmosféri Titana – v tomto prípade ide o tvorbu oblakov rozličného zloženia ako súčasť súboru procesov, ktoré v konečnom dôsledku pomáhajú dodávať na povrch Titana zložité organické molekuly. Oblak, ktorý detegoval spektrometer CIRS sondy Cassini na infračervených vlnových dĺžkach (IR), sa nachádzal vo výške 160 až 210 km nad metánovými dažďovými oblakmi. V čase objavu pokrýval veľkú oblasť pri južnom póle od 75 do 85 stupňov južnej šírky. Porovnanie spektier v laboratóriu ukázalo, že exotický ľad v oblaku je kombináciou jednoduchej organickej molekuly kyanovodíka (HCN) a veľkého benzénového jadra (C_6H_6). Zaujímavé je, že tento jedovatý ľad sa skladá z dvoch molekúl, ktoré kondenzovali spolu z bohatej zmesi plynov na južnom póle. Kyanovodík je bezfarebná prudko jedovatá teku-

tina s charakteristickým západom po mandliach; spôsobuje ochrnutie dýchacieho systému. Benzén, rovnako ako väčšina aromatických uhľovodíkov, je taktiež jedovatý. Spôsobuje masívne poškodenie obličiek, pečene a kostnej drene, pričom vzniká porucha krvotvorby. Pri dlhodobejšom pôsobení môže spôsobiť leukémiu.

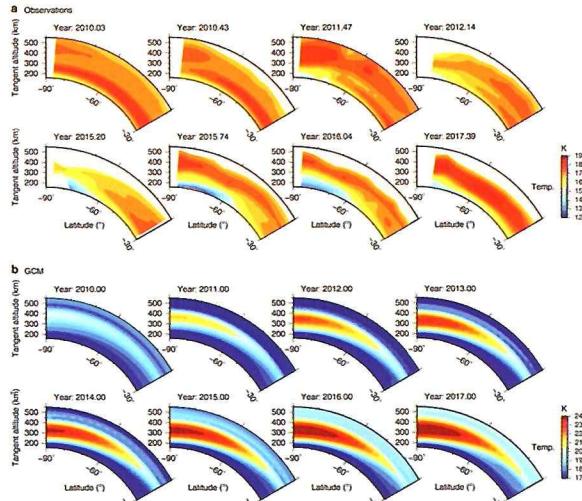
Globálna cirkulácia v stratosfére Titanu vysiela prúd teplých plynov z letnej pologule k pólu, na ktorom je zima. Táto cirkulácia sa mení so zmenou ročných období, čo vedie k nahromadeniu mrakov na tom póle, kde je práve zima. Krátko po prílete k Saturnu našla Cassini dôkaz tohto javu na severnom póle Titanu. Neskôr, na konci 13-ročnej misie v Saturnovom systéme, bol na južnom póle naznamenaný podobný mrak.

Iný príklad dvojzložkového ľadu pochádza z údajov CIRS z roku 2005 získaných v blízkosti severného pólu asi dva roky po zimnom slnovrate na severnej pologuli Titanu. Oblak vo výške okolo 150 km sa skladal z kyanovodíka a kyanacetylénu. Vznik oblakov rôzneho zloženia môže súvisieť so sezónnymi zmenami na Titane, ale príčiny môžu byť aj celkom iné, keďže toho o chemický bohatej atmosfére tohto zaujímavého mesiaca zatiaľ až tak veľa nevieme.

Ako zaujímavost uvádzame, že nesúmerné oblaky kyanovodíka a kyanacetylénu v atmosféri Titanu sa podarilo pozorovať zo Zeme, aj keď pochopiteľne v horšom rozlíšení, pomocou anténnej sústavy ALMA (Atacama Large Millimeter Array). Ide o 66 rádioteleskopov na plošine Chajnantor v Čile vo výške 5000 m n. m., ktoré na milimetrových a submilimetrových vlnových dĺžkach interferometricky pozorujú vesmír.

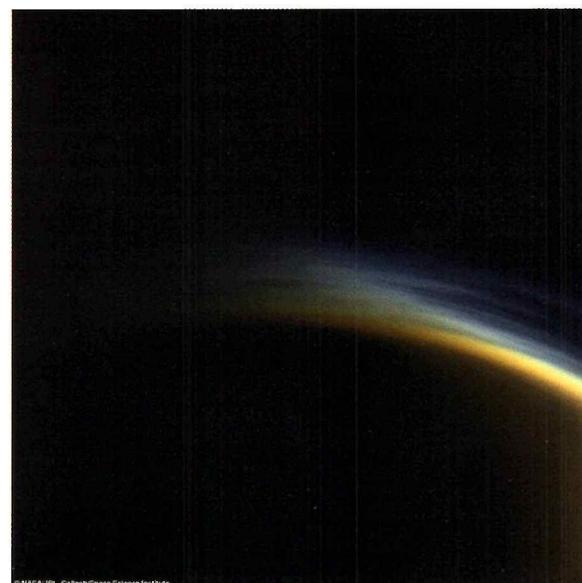
Divné procesy v atmosféri Titana

Výskum Saturnovho systému misiou Cassini-Huygens sa významne odlišuje od predchádzajúcich štúdií. V minulosti sondy len preleteli v nejakej vzdialnosti okolo a naznamenali aktuálny stav, pre ktorý vedci vymysleli nejaké vysvetlenie. Tento projekt však vďaka svojej dlhodobosti prináša aj nečakané otázky, keď jeden a ten istý systém sa správa v (pre nás) rovnakých podmienkach diametrálnie odlišne. Zdá sa, že polárne oblasti na Titane sa správajú veľmi nepredvídateľne a pozorovania z Cassini ukázali, že očakávané horúce miesto blízko Titanovho pólu sa rýchlo zmenilo na chladný polárny vír.



Vývoj teploty v južnej polárnej oblasti. Horná séria obrázkov je z meraní sondy Cassini, dolná, z teoretickej predpovede, je v absolútном rozpore s pozorovaním. Sivá farba indikuje oblasti, kde je pomer signálu a šumu príliš nízky, aby bolo možné spoločne určiť teplotu. Pozorovania jasne ukazujú vývoj počiatočnej mezoféricej horúcej škvŕny na južnom póle v roku 2012, po ktorom nasleduje rýchle 4-ročné ochladenie; nakoniec sa opäť objavuje horúca škvŕna na konci roku 2015. Predpovede počas rovnakého obdobia nezobrazujú zmiznutie polárnej horúcej škvŕny. Roky 2013 a 2014 nie sú pokryté pozorovacími údajmi.

To je v rozpore s tým, čo vyplynulo z predchádzajúcich pozorovaní koncom roka 2009, keď sa rovnaké miesto zdalo byť čoraz horúcejšie. N. A. Teanby z University of Bristol s 8 spolupracovníkmi sa však domnievajú, že vysvetlenie poznajú. Novembrové číslo Nature Communications prineslo ich článok, v ktorom zvláštne správanie Titanovho pólu pripisujú chemickým látкам v atmosféri. Pre Zem, Venušu a Mars je hlavným mechanizmom chladenia atmosféry infračervené žiarenie emitované stopovým plynom CO_2 , ktorý má dlhú



Na obrázku vidíme jednotlivé vrstvy zákalu v hornej atmosfére Titanu. Atmosféra obsahuje bohatú chémiu, vrátane zložitých molekúl, pochádzajúcich z metánu a dusíka, väčšinou vo forme smogu, ktorý obklopuje mesiac. Obrázok severnej polárnej oblasti je v prirodzených farbách.

atmosférickú životnosť, je dobre premiešaný vo všetkých hladinach atmosféry a je ľahko ovplyvniteľný atmosférickým obehom. Avšak na Titane exotické fotochemické reakcie v atmosfere produkujú uhlôvodíky ako napríklad etán a acetylén a látky ako kyanovodík a kyanacetilén, ktoré umožňujú rýchlejšie ochladzovanie. Vedcom sa podarilo dokázať, že neuveriteľne jedinečná zmes chemikálií v polárnej oblasti môže naozaj vyústiť do prudkých poklesov teploty a extrémne chladných atmosférických teplôt. Rovnaký model sa môže uplatňovať aj na iných mesiacoch Slnčnej sústavy alebo exoplanétoch. Ukazuje sa, že to, čo sa nám, zvyknutým na zákonitosti v zemskej atmosfére, môže zdať zvláštne alebo málo pravdepodobné, je vo vesmíre uskutočniteľné, dokonca bežné.

Zabudnite na Mars! Hor sa na Titan!

Titan má dosť prirodzenej energie na to, aby podporil kolonizáciu až 300 miliónmi ľudí. Ide teda o ďalšiu alternatívnu, kde by sa ľudstvo mohlo presídliť. Kým dnes sa nám ako objekt ďalšej kolonizácie javí jednoznačne Mars, ukazuje sa, že možnosti je viac.

Titan, najväčší mesiac Saturna, je podobný Zemi, pretože je pokrytý tekutinou a má hustú atmosféru, ktorá by mohla chrániť budúcich obyvateľov pred kozmickým žiareniom. Analýza meraní z Cassini ukazuje, že Titan je bohatý na chemické prvky, ktoré by osadníci mohli použiť na výrobu energie. Tým by sa mohol kompenzovať hendikep spôsobený nízkymi hodnotami tepla, ktoré dodáva tomuto vzdialému svetu Slnko. Energeticky dôležité sú tiež uhlôvodíkové jazerá.

Titan má jednu „morskú hladinu“ rovnako ako Zem.

V čerstvo publikovanom článku z 15. januára 2018 uvádzá M. Mastrogiuseppe z University La Sapienza v Ríme s 10 spolupracovníkmi v časopise Icarus nové výsledky výškových meraní a zloženia kvapalných útvarov jazier na Titane. Pred misiou Cassini-Huygens sa všeobecne predpokladalo, že jazerá a moria budú väčšinou obsahovať etán, ktorý v atmosfére vzniká vo veľkom množstve. Zistili sa však, že napr. Ligeia Mare obsahuje prevažne čistý metán. Bud Ligeia Mare doplnujú čerstvé metánové zrážky, alebo niečo z nej etán účinne odstraňuje. Oveľa zaujímavejšie však boli výsledky radarového merania hĺbky kvapalnej vrstvy, keď v najhlbšom bode Ligeia Mare zistili hĺbku takmer 160 m. Z charakteristiky odrazeného signálu vyplýva, že morské dno Ligeia Mare pravdepodobne pokrýva kalová vrstva organických zlúčenín. Rovnako ako povrch oceánov na Zemi leží v priemernej výške, ktorú nazývame „hladina mora“ a ktorá takmer presne kopíruje geoid; aj tri oceány Titanu majú spoločný ekvipotenciálny povrch, čo znamená, že tvoria hladinu mora, rovnako ako oceány Zeme. Uvedomte si, prosím, o akú úžasnú vec ide. Merala sa výška tekutého povrchu na inom telese 10 astronomických jednotiek od Slnka s presnosťou približne 40 centimetrov. Mensie jazerá na Titane sa vyskytujú aj o niekoľko sto metrov vyššie. Podobne je to aj na Zemi, kde napr. najvyššie jazero splavne

veľkými loďami, jazero Titicaca, leží vo výške až 3700 m nad morom.

Výsledkom meraní bolie tiež vytvorenie novej globálnej topografickej mapy Titanu. Len časť údajov (asi 9 %) je vo vysokom rozlíšení, zvyšok je spracovaný pomocou interpoľačného algoritmu. Na mape bolo odhalených niekoľko nových hôr s výškami do 700 metrov a dve miesta v rovníkovej oblasti – depresie, čo môžu byť staroveké vyschnuté moria. Mapa je dôležitá pre modelovanie klímy, skúmanie tvaru a gravitácie Titanu a testovanie modelov vnútra.

Počas tvorby mapy boli tiež znova preskúmané početné kanály, smerujúce do veľkého severného mora Ligeia Mare, objavené sondou Cassini už predtým. Teraz sa podarilo zistíť, že kaňony sú 250 až 600 m hlboké, pričom zrkadlové odrazy od ich dna poskytujú priamy dôkaz, že aj teraz ich zapĺňa kvapalina.

Intenzívne devastujúce búrky

R. J. Cartwright z University of Tennessee a D. M. Burr z Astrogeology Branch vo Flagstaffe publikovali v časopise Icarus poznatky o záplavách na Titane. Vedcov prekvapila intenzita búrok na Titane, kde môže naprísť aj vyše 300 mm za deň, čo je porovnatelné s najsilnejšími pozemskými hurikánmi. Prekvapením bol aj pomere častý výskyt búrok, keďže predtým sa predpokladalo, že ide iba o epizodickú záležitosť vyskytujúcu sa maximálne raz za 1000 rokov. Búrky na Titane sa vyskytujú približne raz za Saturnov rok (29,5 pozemských rokov) a spôsobujú masívne povodne v inak pústnom teréne. Na Zemi môžu intenzívne búrky spúštať veľké premostňovanie sedimentov, ktoré vytvára kužeľovité naplaveniny. Podobné útvary na Titane mohli tiež vzniknúť následkom extrémnych regionálnych zrážok.

Ako ďalej ?

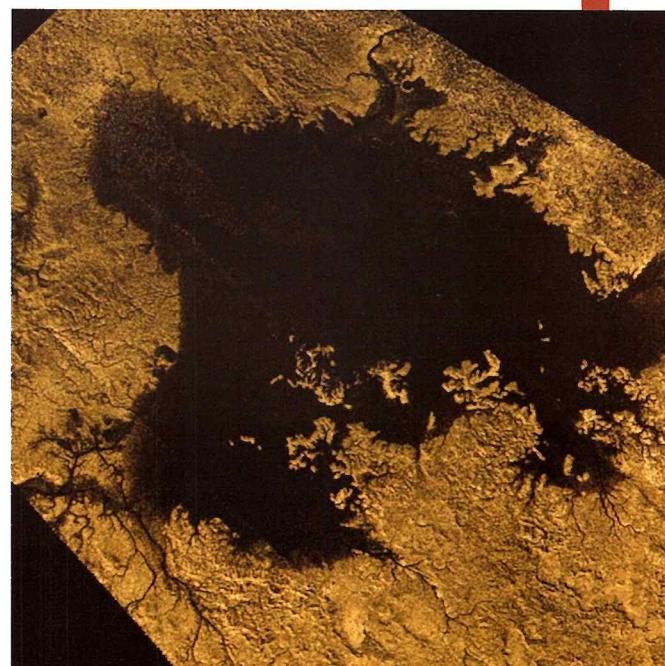
Po úspešnom ukončení misie Cassini-Huygens vedci dúfajú, že sa vrátia nielen k Saturnu, ale najmä k jeho mesiacu Titan. A chcú ho preskúmať balónmi, dronmi, lodami a ponorkami.

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

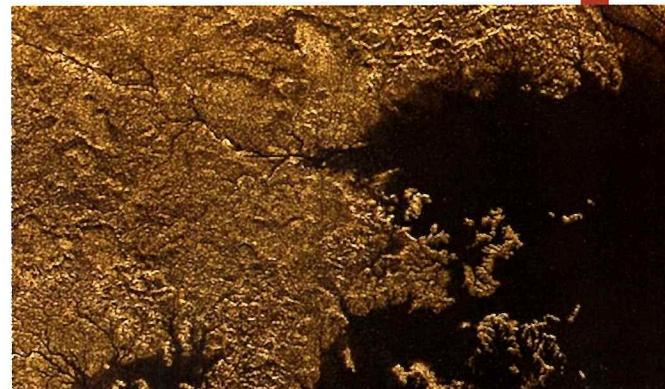
Použité obrázky sú prevzaté z materiálov NASA a ESA a prác publikovaných v časopisoch *Nature Communications*, *New Scientist*, *Journal of Geophysical Research* a *Icarus*.



Umelecká predstava metánovej rieky na Titane



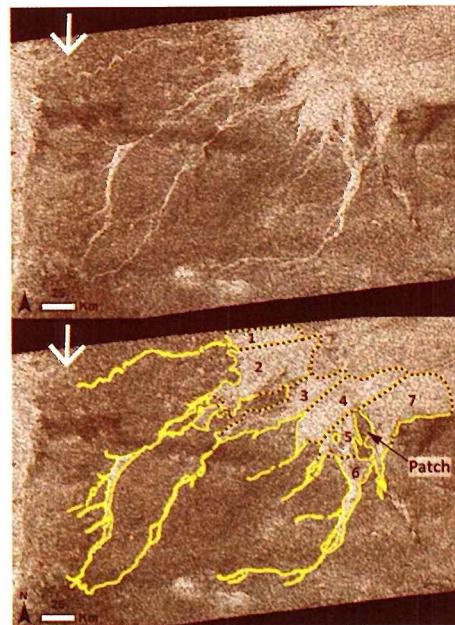
Útvar Ligeia Mare na snímke z Cassini, druhý najväčší známy kvapalný útvar na Titane, možno plochou porovnať s Hurónskym a Michiganským jazerom dokopy. Je naplnený kvapalnými uhlôvodíkmi, ako je metán, a je jedným z mnohých morí a jazier, ktoré sa vyskytujú v severnej polárnej oblasti Titanu.



Povrch Titanu pripomína zemskú geologiu s hlbokými, strmými kaňonmi.



60-km náplavový kužel v púšti Taklamakan v štáte Xinjiang v Číne. Lavá strana (v smere toku) je modrá z vody tečúcej v mnohých malých tokoch. Ak sú štruktúry na Titane náplavové kužeľe, vytvárajú sa kvapalným metánom.



Možné náplavové kužeľe na Titane – obrovské klinovité sedimentárne štruktúry.



Predstava kozmickej sondy plaviacej sa po mori na Titane.

Hviezda ako Saturn

Hviezda J0555-57Ab má priemer ako nás „kráľ prsteňov“ - 120 000 km. Jasnosť tohto červeného trpaslíka, vzdialeného 630 svetelných rokov, je však tisíckrát nižšia ako jasnosť Slnka.

Červený trpaslík je súčasťou trojhviezdy. Obieha okolo dvojice Slnku podobných hviezd J0555-57 A a B po takej blízkej obežnej dráhe, že ho do katalógu zapísali ako hviezdu J0555-57 Ab.

Obe hviezdy obehnú spoločné ťažisko za 7,8

dní, pričom ich delí iba 12,3 milióna km. Počas každého obehu sa úplne prekryjú, takže dochádza k periodickým zmenám jasnosti. Keď sa trpaslík ocitne pred dvojhviezdou počas zákrytu, celková jasnosť sústavy poklesne o 0,5 %.

Sústavu objavili v rámci projektu WASP, zameraného na objavovanie exoplanét, a predbežne ju klasifikovali ako zákrytovo-premennú.

Britských astronómov z Cavenidsh Labo-

ratory (Cambridge) táto trojhviezda mimoriadne zaujala. Najprv sa pokúsili pomocou zákrytov získať informácie o veľkosti a hmotnosti červeného trpaslíka. Zistili, že táto hviezda, hoci mimoriadne malá, má niekoľko prekvapujúcich vlastností. Je o dve pätiny menšia ako nás Jupiter, ale jej hmotnosť je 85-krát väčšia!

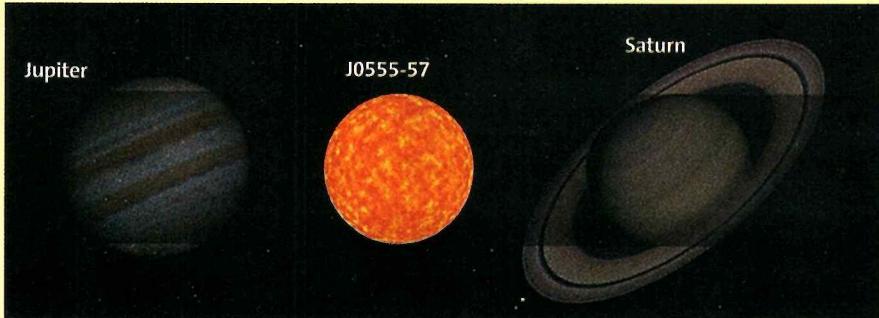
Vedci vypočítali, že stredná hustota hviezdy (188 gramov na kubický centimeter) je 10-násobkom hustoty zlata. Gravitačné zrýchlenie na jej povrchu dosahuje 3160 m/s², čo je viac ako 300-násobok tejto hodnoty na Zemi.

J0555-57 Ab sa nachádza na spodnej hraniči kritickej hmotnosti, pri ktorej sa ešte v jej jadre uvoľňuje energia z fúzie vodíka na hélium. Červený trpaslík však spotrebúva svoje palivo tak šetrne, že mu zásoby vystačia na niekoľko 100 miliárd rokov. (Slnko svoje palivo vyčerpá o 5 miliárd rokov.)

Osud červeného trpaslíka však môže oveľa skôr spečať jedna z oboch Slnku podobných hviezd, okolo ktorých obieha, keď sa počas agónie premení na červeného obra a drobného sprievodcu pohltí.

Astronomy and Astrophysics

E. G.



Červený trpaslík J0555-057Ab má priemer nášho Saturna, ale 85-krát vyššiu hmotnosť ako Jupiter.

100 miliárd hnédych trpaslíkov v Mliečnej ceste

Astronómovia z Lisabonskej univerzity už od roku 2006 študujú päť oblastí Galaxie, kde prebieha búrlivá hviezdotvorba. Medzi nimi i hviezdomokupu NGC 1333 v súhvezdí Perzea. Zistili, že tretinu objektov v hviezdomokope tvoria hnede trpaslíky.

Hnedé trpaslíky sú objekty, v ktorých sa nerozbehli pre ich nízku hmotnosť reakcie jadrovej syntézy. Emitujú iba tepelnú energiu z obdobia, kedy sa formovali a energiu, generovanú ich postupným zmršťovaním. Preto ich infračervené žiarenie je mimoriadne slabé. Lisabonský tím sa rozhodol zistiť, či aj v iných hviezdomokopách je toľko hnédych trpaslíkov. Ako prvú si vybral hviezdomokupu RCW 38 v súhvezdí Plachty, vzdialenosť 5500 svetelných rokov. V tejto hviezdomope je množstvo jasných, veľmi hmotných hviezd. Hnedých, slabovo žiariacich trpaslíkov dokázali vedci rozlísiť iba pomocou adaptívnej optiky NACO na obrovskom dalekohľade VLT v Čile.

Aké bolo ich prekvapenie, keď aj v tejto hviez-

dome identifikovali tretinu hnédych trpaslíkov! Usúdili, že hnede trpaslíky sa formujú nezávisle od toho, aké je zastúpenie hviezd rôznych hmotností v danej kope. Ba čo viac: nezáleží ani na tom, či je hviezdomoka „husťa“, alebo „riedka“.

Ak by tieto poznatky boli reprezentatívne pre celú Mliečnu cestu, potom by sa v našej Galaxii malo skrývať 25 až 100 miliónov hnédych trpaslíkov. Celková hmotnosť Galaxie podľa posledných odhadov dosahuje 200 až 400 miliárd hmotností Slnka. Takže na každú hviezdu s parametrami Slnka by malo pripadať zhruba 200 hnédych trpaslíkov.

*University of Lisbon Press Release
E. G.*



Ultrahorúci exojupiter WASP-121b obala stratosféru. Ilustrácia znázorňuje silné žiarenie blízkej materskej hviezdy, ktoré uvolňuje z planéty plyny, ktoré planéta vleče za sebou.

Exoplanéta WASP-121b má pekelnú atmosféru

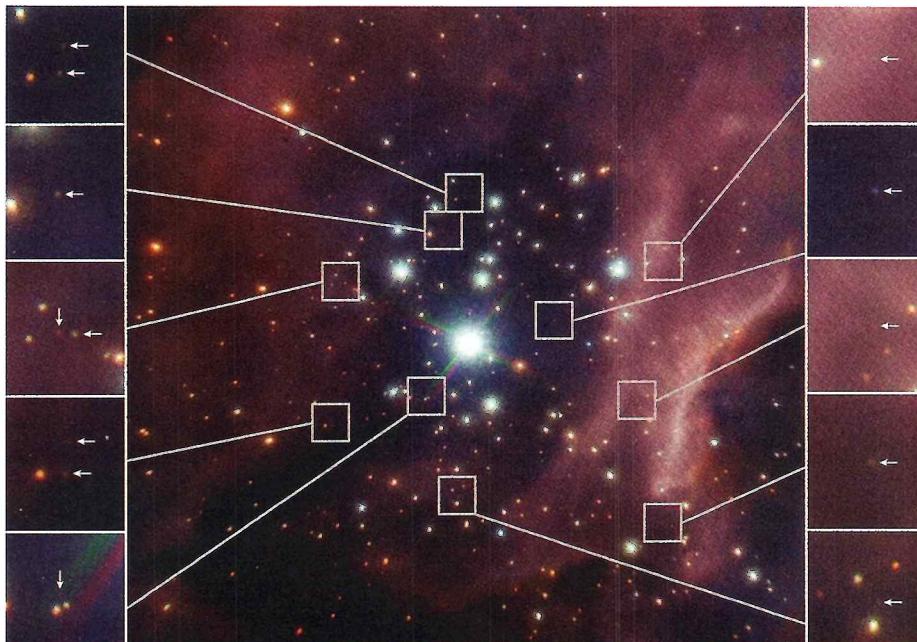
Hviezda WASP-121, vzdialenosť 880 svetelných rokov, sa podobá na Slnko. Po veľmi blízkej obežnej dráhe obieha okolo nej planéta, pripomínajúca Jupiter. Obaľuje ju horúca stratosféra, v ktorej vedci z britskej University of Exeter objavili veľké množstvo vodnej pary.

Planéta WASP-121b obehne okolo svojej hviezdy za 1,27 dňa v 10-krát väčšej vzdialnosti ako je vzdialosť Mesiaca – Zem (zhruba 3,8 milióna km). Teplota na povrchu k hviezde privŕtanenej hemisféri dosahuje 2200 °C. Je to teplota, pri ktorej sa vyparia aj niektoré kovy. Pomocou vesmírneho dalekohľadu Spitzer získali vedci infračervené spektrá hviezdy bez planéty i s ňou. Zistili, že planéta má stratosféru, v ktorej spolu s výškou rastie aj teplota. Tak ako v stratosfére Zeme. Rozdiel teplôt medzi hlbšie ležiacou troposférou a stratosférou dosahuje 560 °C.

V ultrahorúcej atmosfére plynného obra sa teda prejavuje teplotná inverzia. Existuje v nej rozhranie, nad ktorým sa teplota plynov zvyšuje, hoci pod ním so stúpajúcou výškou klesá. Túto inverziu spôsobuje podľa všetkého oxid vanádu (VO) a do istej miery aj oxid titánu (TiO) v plynovej obálke. Tieto oxidy absorbujú žiarenie hviezdy a zahrievajú vrstvy atmosféry, nachádzajúce sa nad rozhraním. Rovnako ako ozón v atmosfére Zeme. Tento mechanizmus zvyšuje teplotu vodnej pary v stratosfére do takej miery, že emituje žiarenie, čo dokazujú aj spektrálne detegované dalekohľadmi Hubble a Spitzer.

Z údajov tímu vedeného Tomom Evansom vyplýva, že WASP-121b je prvou exoplanétou, nad ktorou objavili stratosféru.

*Nature
E. G.*



V centrálnej oblasti otvoreného hviezdomokupa RCW 38 astronómovia objavili množstvo hnédych trpaslíkov (vo štvorčekoch), ktoré ležia v bezprostrednej blízkosti veľmi hmotných hviezd.

Oko v Orióne

V smere súhvezdia Orión, vo vzdialenosťi asi tisíc svetelných rokov sa nachádza hviezdna V1247 Orionis. Astronómovia z University of Exeter ju preskúmali aj v milimetrovej/submilimetrovej oblasti. Sústava antén ALMA (Čile) získala snímku plynoprachového disku, ktorý obklopuje túto hviezdu. Po analýze snímky zistili, že hviezdu zastihli v období, keď v nej začína prebiehať formovanie planét.

Najväčšie z rozoznateľných detailov v disku sa objavujú vo vzdialosti 24 AU od materskej hviezdy. Samotná hviezda sa na snímke neobjavuje, pretože jej žiarenie (aj to čiastočne) sa preja-

vuje iba v oblasti milimetrových vln. Mimoriadne nápadný je svetlý, vnútorný prstenec. Za ním krúži okolo hviezdy ďalší, o niečo tmavší.

V tmavej medzere, medzi oboma prstencami, objavili vedci príznaky formujúcej sa planéty. Táto planéta časť hmoty gravitačne nabaluje, časť gravitačne katapultuje: bud' smerom k hviezde, alebo smerom od nej. Vnútorný prstenec má priemer 200 AU.

Hviezda V1247 Ori je premenou hviezdy typu Delta Scuti. Jasnosť takýchto hviezd sa pravidelne mení. Podobne ako cefeedy, aj tieto hviezdy slúžia ako štandardné sviece pri určovaní vzdialenosťí. Hviezda V1247 Ori žiali v infračervenej oblasti jasnejšie ako to býva pri hviezdoch typu F0. Príčinou je mimoriadne množstvo prachu a plynu v jej bezprostrednom okolí.

Astrophysical Journal Letters

Starnúca hviezda vyfukuje začadenú bublinu

Astronómovia získali nezvyčajne detailný obraz jemnej hmloviny v tvare bubliny. Túto bublinu tvorí rozptylený materiál z exoticej starnúcej červenej hviezdy U Antliae.

Vedci skúmali tento objekt pomocou sústavy rádioteleskopických antén, známu pod skratkou ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), ktorá sa nachádza v púšti Atacama v Čile v nadmorskej výške 5000 m.

Malé a nejasné súhvezdie Výveva (Antlia, Ant), nám málo známe, sa nachádza na južnej hviezdnej oblohe. Skúsený pozorovateľ nočnej oblohy môže už pomocou polovníckeho binokuláru pozorovať v tomto súhvezdí veľmi červenú zahmlenu hviezdu, ktorá z týždňa na týždeň trochu mení svoju jasnosť. Najnovšie pozorovania odhalili príčinu jej správania a priniesli cenné poznatky pre ďalšie štúdium procesov počas posledných fáz životného cyklu hviezd.

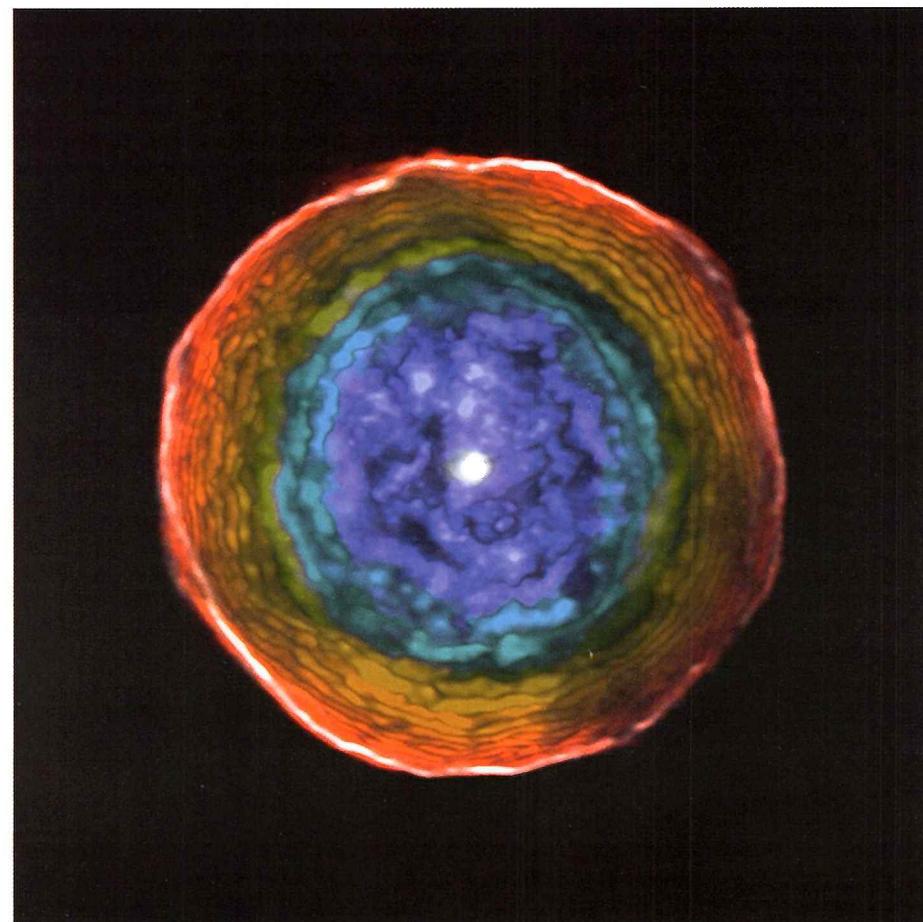
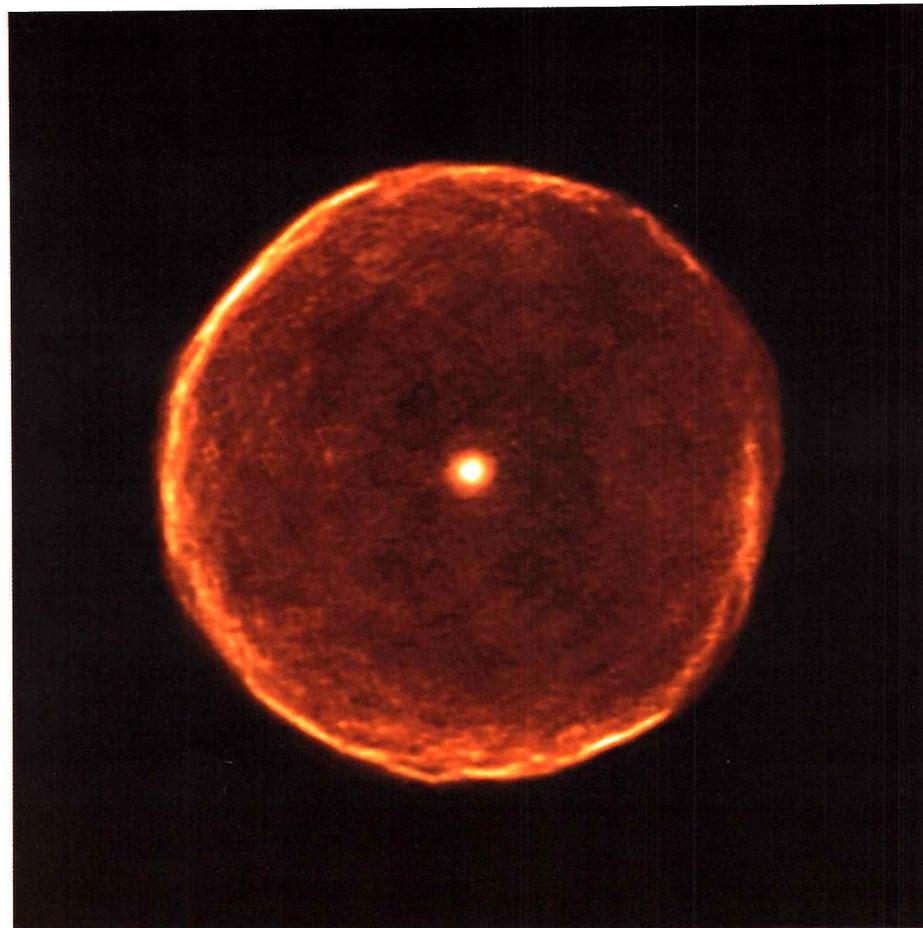
Chladná uhlíková svietivá hviezda U Ant sa nachádza v H-R diagrame na asymptotickej vetve obrov. Tieto hviezdy pomerne rýchlo strácajú hmotu, z ktorej sa vytvára okolohviezdna (circumstelárna) obálka. Pri hviezde U Ant k tomu došlo z astronomického hľadiska len nedávno, približne pred 2700 rokmi. Celý proces trval iba niekoľko storočí, počas ktorých hvieza v záverečnom štádiu svojho vývoja vyvrhla pomerne symetrickú bublinu. Podrobnejšia prehliadka bubliny odhaluje aj jemné filamentárne subštruktúry.

Aparatúra ALMA je veľmi vhodná na štúdium takýchto obálok, na ktorú poskytuje vysoké rozlíšenie multifrekvenčných obrazov, z ktorých sa skladá celkový trojrozmerný pohľad na circumstelárnu obálku. V dátach je vďaka Dopplerovmu efektu aj informácia o pohybe jednotlivých častí obálky, takže môžeme rozlišiť, ktoré časti sa pohybujú smerom k nám a ktoré sú od nás. Potom je možné urobiť ľubovoľné rezy hmloviny podobne ako v prípade počítačovej tomografie pri lekárskom vyšetrení pacientov.

Naďalej: ak poznáme chemické zloženie obálok a aj atmosféru príslušných hviezd a vidíme, ako sa formujú procesom straty hmoty z materskej hviezdy, môžeme lepšie pochopiť vývoj hviezd v mladom vesmíre a dokonca aj vývoj galaxií. Takéto hviezdy rozptylujú hlavne uhlík do okolitého priestoru a podielajú sa až 70 % na tvorbe medzihviezdneho prachu.

O tieto cenné výsledky sa zaslúžil medzinárodný tím vedcov z Rakúska, Švédska, Belgicka a Juhoafrickej Republiky.

ESO
L. H.



Dve fotografie z ALMA ukazujú detailnú štruktúru bubliny ako aj jej tomografický obraz.

FOTO: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO),
F. Kerschbaum

Najtesnejšia superhmotná dvojité čierna diera

Takmer vo všetkých galaxiach hniezdia superhmotné čierne diery. Vďaka sieti rádiových ďalekohľadov potvrdili vedci hypotézu, podľa ktorej po gravitačnom splynutí dvoch galaxií môžu ich čierne diery vytvoriť uprostred novej supergalaxie zaujímavý pár: dvojité čiernu dieru.

Tím Davida Merrita z Rochester Institute of Technology našiel v špirálovej galaxii NGC 7674 doteraz najtesnejšiu superhmotnú dvojité čiernu dieru vzdialenu 400 miliónov svetelných rokov. Hmotnosť oboch čiernych dier odhadli spolu na 40 miliónov M_{\odot} . Doba obehu oboch čiernych dier okolo spoločného tažiska je zhruba 100 000 rokov.

Menšie čierne diery vznikajú na konci života hmotných hviezd, počas vzplanutí supernov. Kolízia dvoch stelárnych čiernych dier v roku 2015 zaznamenal detektor LIGO vo forme gravitačných vln. Ku kolízii došlo pred 1,3 miliardami rokov. Kolidujúce čierne diery mali hmotnosť 29 a 36 M_{\odot} . Superhmotné dvojité čierne diery generujú gravitačné vlny na ovela nižších frekvenciach ako stelárne dvojhviezdy. Preto ich signál LIGO zatial nedokáže zaznamenať.

V snahe vytvoriť citlivejší detektor vedci prepájali pozemské rádiové ďalekohľady tak, aby fungovali ako jeden obrí ďalekohľad. Rozlišovacia schopnosť tohto prístroja je 10-miliónkrát vyššia ako má ľudské oko.

Využitím techník pozemskej interferometrie objavili vedci dva kompaktné zdroje rádiových emisií v centre NGC 7674. Oba zdroje mali vlastnosti typické pre superhmotné čierne diery, nabaľujúce veľké množstvo plynu.

Galaxia, v ktorej hniezdi superhmotná dvojité čierna diera, emituje rádiové vlny. Tento objav potvrdil teóriu, podľa ktorej by galaxia s kompaktnou dvojítou čiernou dierou mala mať tvar písmena Z.

Podľa vedcov je táto morfológia dôsledkom kombinovaných efektov vyvolaných gravitačným splynutím v sústave veľmi hmotnej dvojhviezdy.

Vedci odhadujú, že gravitačné detektory už v najbližších rokoch objavia každý týždeň jedno splynutie dvoch čiernych dier. Z doteraz získaných údajov vyplýva, že všetky dvojité čierne diery tvoria zložky, ktoré rotujú veľmi rýchlo, ale ich rotačné osi majú rozličný sklon. Ak aj budúce údaje z detektorov LIGO či VIRGO budú podobné, primordiálne čierne diery už nebudú kandidátmi na tmavú hmotu.

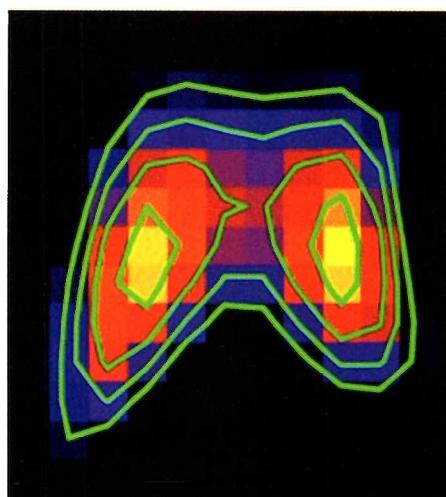
Poznámka: Zdá sa, že vo vesmíre je takýchto dvojitych čiernych dier oveľa viac ako sa predpokladalo. Ako vznikli? Existuje niekoľko teórií. **Prvá:** Vznikli z normálnych dvojhviezd, ktorých je vo vesmíre veľmi veľa. Ibaže: ak by v takejto sústave jedna zložka skolabovala, dvojhviezda by sa rozpadla.

Druhá: Čierne diery sa formujú osameľo v hustých hviezdomokopách, a až zhoda okolností ich prinúti vytvoriť páry, v ktorom obe obiehajú okolo spoločného tažiska.

Tretia: Množstvo čiernych dier sa mohlo sformovať v mladom vesmíre krátko po big bangu, z prvotných (primordiálnych) fluktuácií hustoty. Ak je tomu tak, existencia týchto primordiálnych čiernych dier by mohla mať fatalný vplyv na kozmológiu. Mohlo by ich byť toľko, že by tvorili významnú časť tmavej hmoty!

Ako by sa dal rozoznať pôvod jednotlivých typov dvojitych čiernych dier? Podľa rotácie. Ak vznikli z dvojhviezdy, ich rotačné osi by mali byť rovnako sklonené a obe čierne diery by rotovali veľmi rýchle. Ak sa sformovali osamote, v hustej kope hviezd, ich rotačné osi by mali odlišný sklon. Rotovali by zrejme tiež veľmi rýchlo. Primordiálne čierne diery by však mali rotovať nápadne pomaly: riedka, žeravá plazma po big bangu, z ktorej sa všetko zrodilo, by im rýchlejšiu rotáciu nemohla udeliť.

Nature Astronomy; E. G.



Dva kompaktné rádiové zdroje v centre galaxie NGC 7674 delí iba jeden svetelný rok. Oba zdroje sú totožné s polohou dvoch aktívnych, supermasívnych čiernych dier, ktoré obiehajú okolo spoločného tažiska. Ide o doteraz najtesnejšiu dvojité čiernu dieru.

Betelgeuze krátko pred zánikom?

Sústava rádiových ďalekohľadov ALMA získala fotografiu Betelgeuze, hviezdy vzdialenej od nás 600 svetelných rokov. Na snímke, ktorá vznikla na vlnovej dĺžke 0,89 milimetrov, vidíme po prvý raz detaily chromosféry, teda časti atmosféry červeného superobra.

Betelgeuze má 1400-krát väčší priemer ako Slnko. Keby sa ocitla namiesto Slnka uprostred našej planetárnej sústavy, jej povrch by sa vlnil vo vzdialosti obežnej dráhy Jupitera. Snímka prezrádza, že Betelgeuze na týchto vlnových dĺžkach nie je homogénnym kotúcom. Vedcov najviac zaujala svetlá škvra vľavo hore. Podľa všetkého sa takto prejavuje magnetická aktivita v spodnej atmosfére obrovskej hviezdy, spôsobujúca vyššiu teplotu i viac emitovanej energie. Priemerná teplota tejto vrstvy atmosféry dosahuje 2500 °C (teplota v chromosfére Slnka je 4-krát vyššia.)

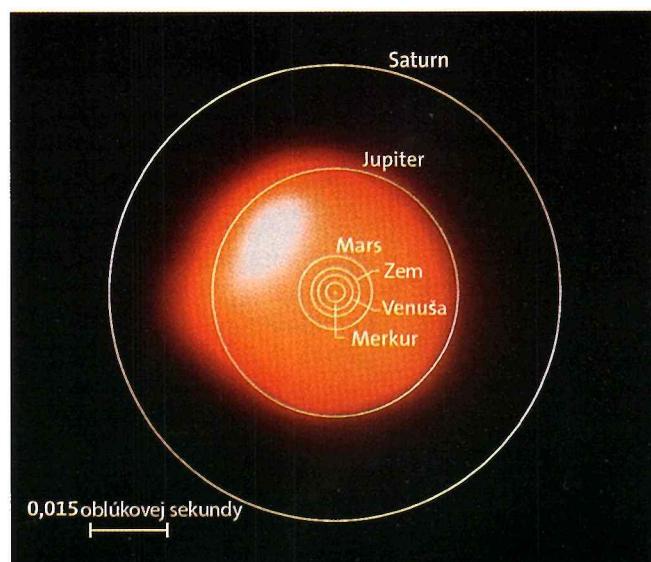
Zverejnená fotografia je unikátna napriek tomu, že prvú snímku Betelgeuze, na ktorej bola väčšia ako svetlý kotúčik, exponoval pred 20 rokmi Hubblov vesmírny ďalekohľad

v UV oblasti spektra. Už na tejto snímke dokázali vedci rozlišiť na kotúči hviezdy rozdiely jasnosti. Betelgeuze patrí medzi najhorúcejších kandidátov na supernovy, ktoré by mohli v blízkej budúcnosti vybuchnúť.

Keby sme takú supernovu mohli vidieť, za bieleho dňa by sa nám javila ako jasný bod na oblohe (ale iba na jar alebo na jesenný deň; ak by sa to stalo napríklad v júni, s pozorovaním počas dňa by bol problém, lebo Betelgeuze delí od Slnka iba 15 stupňov).

Obria hviezda sice môže vybuchnúť už zajtra, ale aj o niekoľko desaťtisíc rokov.

E. G.



Sústava rádiových ďalekohľadov ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) pozorovala červeného obra Betelgeuze s takým rozlišením, že vedcom sa javil ako kotúč. Vo svetlej škvre prebieha silná magnetická aktivita, prejavujúca sa vyššou teplotou.

New Horizons sa blíži k ďalšiemu cieľu

Po úspešnom obelete Pluta a jeho sústavy mieri sonda New Horizons k objektu MU69, jednému z mnohých telies Kuiperovho pásu (KBO). V apríli minulého roku ju od Pluta delila rovnaká vzdialenosť ako od MU69. Odvtedy sa rýchlosťou 50 000 km/h približuje k telesu, o ktorom prakticky nič nevieeme. Nečudo: MU69 sa stane najvzdialenejším telesom v našej Slniečnej sústave, ktoré bude preskúmané zblízka.

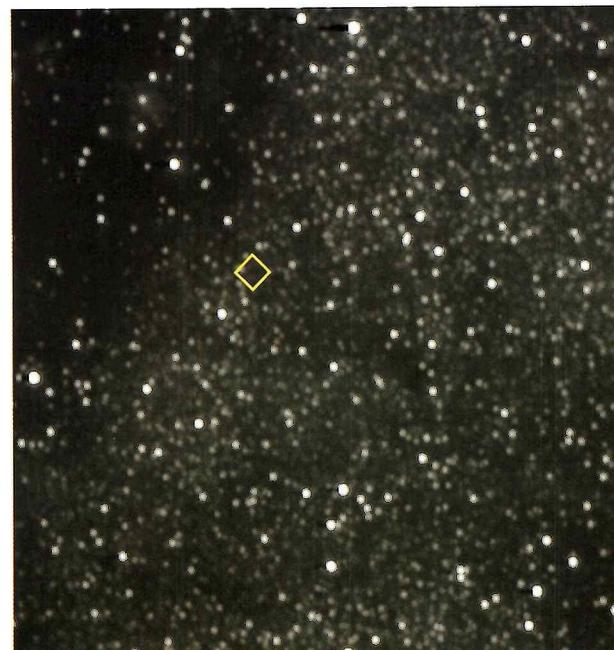
Momentálne je sonda opäť v stave hibernácie. Z prvého últimu, krátko po vypustení, ju operátori z Johns Hopkins Applied Physics Laboratory (APL) prebrali pred troma rokmi, 4. decembra 2014. Odvtedy, až do obeleta Pluta, sa všetky prístroje zameriavali najmä na toto teleso. Prvých šestnásť mesiacov po obelete preskúmala sonda z diaľky niekoľko desiatok objektov KBO, zaznamenala údaje o prachu a nabitých časticach, analyzovala vodíkový plyn v heliosfére.

Ešte pred hibernáciou kamera sondy LORRI (Long Range Reconnaissance Orbiter) urobila

sériu desaťsekundových expozičí hviezdných polí v smere polohy cieľového objektu. Snímku, ktorú vidíte, poskladali zo 45 desaťsekundových expozičí. Žltý štvorec označuje predpokladanú polohu MU69 v januári 2019. Počas exponovania bol cieľový objekt vzdialenosť od sondy 877 miliónov kilometrov, takže zaznamenať ho nedokázali ani „teleskopické oči“ LORRI. Po prebudení sondy, v septembri tohto roku, využije tím tieto snímky pri príprave na blízky oblet MU69.

Po obelete objektu MU69 preskúma sonda zhruba dve desiatky ďalších objektov Kuiperovho pásu. Signál zo sondy, vzdialenej zhruba 7 miliárd kilometrov, putuje do riadiaceho centra bezmála 7 hodín.

NASA Press Release; E. G.



Štvorec na snímke vymedzuje miesto na oblohe, kde sa medzi hviezdami nachádzal Kuiperov objekt MU69 v januári 2017. Snímku poskladali zo 45 jednotlivých snímok s expozičiou 10 sekúnd. Žltá škvRNA označuje predpovedanú polohu MU69 počas obeleta začiatkom roku 2019.

Obývateľná oblasť na Encelade?

Vedci zo Southwest Research Institute (SwRI) objavili nad Saturnovým mesiacom Enceladus vodíkový plyn v gejzíroch vyvrhovaného materiálu. Stalo sa tak počas najtesnejšieho obeletu Encelada sondou Cassini. Vedci usúdili, že prítomnosť vodíka dokladá chemické reakcie medzi skalnatým jadrom mesiaca a tepľou vodou globálneho oceánu pod ľadovou kôrou. Na dne oceánu by mohli byť oázy života, podobné tým,

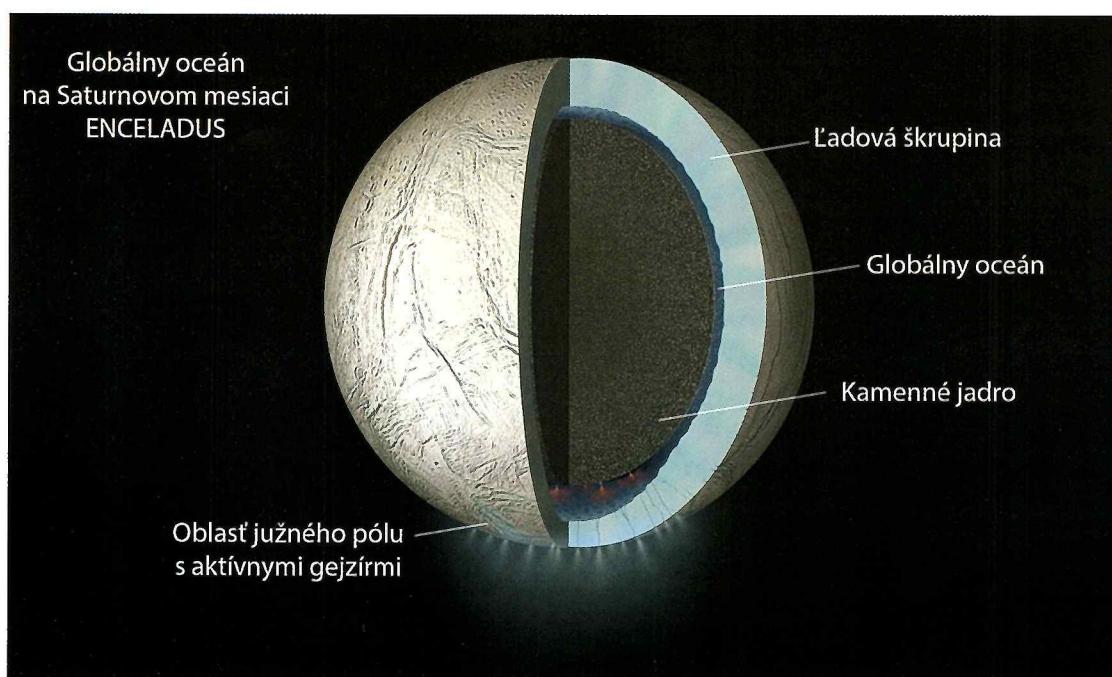
ktoré sa nachádzajú okolo hydrotermálnych prieduchov na dne pozemských oceánov.

„Vodík je zdrojom chemickej energie pre baktérie, vegetujúce na dne pozemských oceánov okolo hydrotermálnych prieduchov,“ vraví Hunter Waite, ktorý desať rokov priebežne analyzoval údaje spektrometra INMS na palube Cassini. „Z našich údajov vyplýva, že

rovnaký proces prebieha aj v oceáne mesiaca Enceladus. Stopy po baktériach sme zatiaľ neobjavili, ale...“

Podmorské hydrotermálne prieduchy na Zemi vyvrhujú horúcu, minerálmi nasýtenú tekutinu, v ktorej sa darí plejáde nezvyčajných organizmov. Tento ekosystém funguje vďaka baktériám, ktoré dokážu tekutinu z prieduchov premeniť na metabolickú energiu.

Science; E. G.



Okolo južného pólu Saturnovho mesiaca Enceladus tryskajú z trhlín ľadovej kôry desiatky gejzírov. Niektoré až do výšky 500 kilometrov. Gejzíry vytvárajú drobné kryštálky zamrznutej vody. Keď sa sonda Cassini počas jedného z posledných obeletov mesiaca hlbšie vnorila do „oblač“ nad južným pólem, prístroje zaznamenali vodík.

Superzem GJ 1132b má atmosféru

Na svete je prvá detekcia atmosféry superzeme s malou hmotnosťou. Navyše, vzhľadom na polomer ($1,4 R_\oplus$) a hmotnosť ($1,6 M_\oplus$), ide o planétu s atmosférou, ktorá sa na Zem podobá najviac. Superzem objavili pomocou 2,2 m dalekohľadu ESO/MPG v Čile. Nemeckí astronómovia, ktorí pozorovali hviezdu GJ 1132, zaznamenali pokles jasnosti spôsobený tranzitom exoplanéty.

O možnosti života na exoplanétach vypovedá najviac chemické zloženie ich atmosféry. Vedcov zaujímajú najmä isté chemické nerovnováhy, ktoré môžu (ale nemusia) svedčiť o prítomnosti živých organizmov. Vzdialenosť pozorovateľov Zeme by určite zaujal vysoký podiel kyslíka v atmosfére. Nemecký tím skúmal v minulosti atmosféry oveľa väčších a masívnejších planét ako Zem: plynových obrov a veľkých superzemí s hmotnosťami nad $8 M_\oplus$. Doteraz najmenšia superzem s atmosférou obieha okolo červeného trpaslíka GJ 1132 vo vzdialosti 39 svetelných rokov. Najmenšia superzem obehne okolo materskej hviezdy raz za 1,6 dňa.

Vedci využili snímač GROND (Gamma-Ray Burst Optical/Near-Infrared Detector, súčasť

dalekohľadu ESO/MPG), pomocou ktorého pozorovali planétu simultánne na siedmych vlnových dĺžkach.

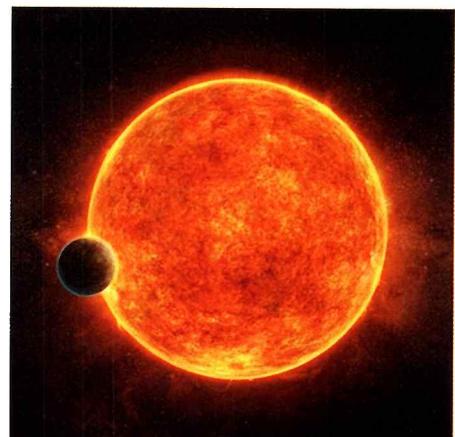
Podľa najnovších údajov planéta na jednej z infračervených vlnových dĺžok vyzerá väčšia! Znamená to, že pre tento typ infračerveneho žiarenia je atmosféra neprispustná. Práve to robí planétu väčšou. Podľa niekoľkých modelov z dielne Max Planck Institute for Astronomy by to mala byť atmosféra bohatá na vodu a metán. Po analýze ďalších údajov sa ukáže, do akej miery sa najmenšia superzem podobá na našu Zem. Mohla by to byť aj vodná planéta s atmosférou s prevahou horúcej pary.

Hviezdné trpaslíky spektrálneho typu M sú vo vesmíre najpočetnejšie. Niektoré prejavujú nezvyčajnú aktivitu: ich vzplanutia a prúdy častic dokážu niekedy očesať atmosféry z blízkych planét. GJ 1132b má atmosféru, ktorá sa uchovala počas niekoľkých miliárd rokov. Pod takoto atmosférou by sa mohol zrodiť a rozvíjať život. Vzhľadom na veľký počet takýchto trpaslíkov a teda aj planét s podobnými atmosférami mohli sa podmienky vhodné na život vyvinúť na miliónoch telies.

Astronomical Journal

E. G.

Portrét doteraz najmenšej superzeme s atmosférou.



Okolo červeného trpaslíka krúži exoplanéta, priopomínajúca Venušu.

Obieha okolo slabej hviezdy dvojča Venuše?

Exoplanéta, obiehajúca okolo hviezdy Kepler-1649, je možno blízkou príbuznou našej Venuše. Je iba o niečo väčšia ako Zem. Okolo materskej hviezdy (s priemerom $1/5$ Slnka) obehne raz za 9 dní. Tok žiarenia dopadajúci na povrch planéty je vzhľadom na blízku obežnú dráhu 2,5-krát väčší ako v prípade Zeme. (V prípade Venuše iba 1,9-krát). Objav rozšíri znalosti o planétach obiehajúcich okolo hviezd spektrálneho typu M, ktorých je vo vesmíre najviac.

V porovnaní so Slnkom sú tieto hviezdy červenšie a majú menšiu svietivosť. Ostatné objavy preto spresnili predstavy vedcov o tom, koľko planét podobných Zemi môže obiehať v zelených (obývateľných) zónach týchto planét. Nemusia to byť iba planéty s klímom Zeme, ale aj analógy Venuše s hustými atmosférami a vysokými teplotami na povrchu. Planétam podobným Venuši venujú zvláštne pozornosť v Inštitúte SETI. Exoplanétu Kepler 1649b považujú s ohľadom na hranice obývateľných zón na M trpaslikoch za nesmierne dôležitú. Izabela Angelo: „Študujeme najmä premennosť a slapové efekty týchto hviezd. Významne totiž vplývajú na skutočnosť, že ich exoplanéty majú odlišné vlastnosti ako planéty s parametrami Zeme obiehajúce okolo hviezd, podobných Slnku.“

Venušu považujeme za sestru Zeme, nie za jej dvojča. Je sice rovnako veľká, ale obieha okolo Slnka vo vzdialosti $3/5$ vzdialosti Slnko-Zem. Má úplne odlišnú atmosféru i povrch. Jeden z tímov SETI sa v najbližších rokoch sústredí na objavovanie a skúmanie analógov Zeme i Venuše. S cieľom zistiť, prečo v našej Slnečnej sústave na jednej planéte život existuje a na druhej nie, hoci majú podobné hmotnosti, porovnatelné hustoty i ďalšie fyzikálne parametre.

Astronomical Journal
E. G.



Predstava, že disk Zeme spočíva na chrboch štyroch slonov stojacich na ozrutej korytnačke, pochádza z indickej mytológie. Tá inšpirovala aj Teryho Pratcheta, autora slávnej „Plochozeme“. Indický koncept „avataša“ (základ, fundament) treba vnímať ako kritiku, pretože sa možno dokonečna pýtať: A na čom stojí tá korytnačka? Tento nekonečný „dotazník“ neponúkol uspokojivú odpoveď starým Indom a neponúka ju ani moderným kozmológom. (Ilustrácia M. M.)

Existuje okraj sveta?

Dejiny astronómie sú históriaou vzdialujúcich sa horizontov. Kozmológovia však napriek tomu stále znova a znova skúmajú a posúvajú hranice časopriestoru ďalej do neznáma.

V roku 1936 napísal Edwin Hubble: „Naše okolie poznáme добре. S rastúcou vzdialenosťou však naše vedomosti rýchlo slabnú. Napokon dospejeme k ponurému okraju, na najvzdialenejšiu hranicu možností našich dalekohľadov. Tam budeme merať prízraky a v záplave údajov (aj chybnych) hľadať smerovky s nápovedou, kadiaľ ľst' ďalej. Lenže ani tieto smerovky nebudú oveľa spolochlivejšie. Hľadanie bude pokračovať.“

Hubble vedel, o čom hovorí. Sám predsa objavil, že vesmír sa rozpína. Z nameraných údajov mu vyšlo, že vesmír má iba 2 miliardy rokov! Menej ako Slnko a Zem...!

Medzičasom ho kozmológovia niekoľkokrát opravili. Ale toho, čo skúmame a o čom ne-

vieme takmer nič, je čoraz viac: tmavá hmota a tmavá energia, ktoré vo vesmíre dominujú, predstavujú dnes 95 % všetkého, čo sa „tam vonku“ nachádza. Nik nevie, čo sa za tým skrýva. Možno sme iba obeťami veľkých ilúzií. Najmä v prípade, keby sa otriasli základy fyziky, čiže Einsteinovej všeobecnej teórie relativity. V takom prípade by gravitácia mohla všetky tie tmavé chiméry iba predstierať.

Ked' sa to tak zoberie, ide o nádherný, gigantický príbeh pokroku. Vďaka čoraz presnejšiemu a obsiahlejšiemu chápaniu sveta, s vedomím dočasnosti, limitujúcej väčšinu vedeckých poznatkov, *nazreli kozmológovia 13,8 miliardy rokov do minulosti, bezmála po samotný big bang, na prvopočiatok nášho času. Zároveň sa dostali až na samý okraj (dnes) pozorovateľného vesmíru, do vzdialenosť 46 miliárd svetelných rokov, kde sa rozobreli svetielka prvých galaxií.*

Podarilo sa im zmerať prvé svetlo s úžasnou presnosťou. Nuž a teraz zvažujú tvar a dy-

namiku vesmíru s cieľom získať informácie, ktoré sa skrývajú za kozmickým horizontom. Práve tieto informácie môžu byť pre pochopenie osudu univerza rozhodujúce.

Zberači aj filozofi

Počas dlhej púte za poznáním si ľudia kládli otázky: Aký veľký je svet? Má začiatok a konec v čase a priestore? Existujú jeho hranice? Keby existovali, ako by vyzerali? A čo je za nimi?

O týchto otázkach sa nepochybne od pradávna špekulovalo, a to na škálich od blízkeho horizontu neolitickej zberačov plodín po kozmické nekonečno, stvorené filozofmi. Človek sa však nikdy s nijakými hranicami nezmieril, zakaždým ich smelo prekročil. Z núdze i zo zvedavosti, so zámerom rozšíriť svoje horizonty.

Hlad a nepriatelia ho podchvíľou nútili migrovať. Na svojej púti osídlil človek najprv svoj domovský kontinent, Afriku, a napokon

takmer celý svet. Púšte, pohoria, ba dokonca i zdanliovo nekonečné moria a oceány, či blízky vesmír.

V rokoch 1519 až 1522 uskutočnil Ferdinand Magellan svoju cestu okolo sveta. Aj predtým sice ľudia tušili, že Zem nie je plochá, ale guľatá. Veď ako inak možno vysvetliť fakt, že vzdialujúce sa lode miznú za horizontom?

Eratostenes už v 3. storočí pred našim letopočtom vyrátal obvod Zeme. Napriek tomu sa až do počiatku 20. storočia udržala predstava, že Zem je plochá. A že nepozorní moreplavci sa môžu za okrajom tohto disku zrútiť do nepredstaviteľne hlbokej pripasti, kde žijú draky a kde všetko uzatvára nebeská klenba.

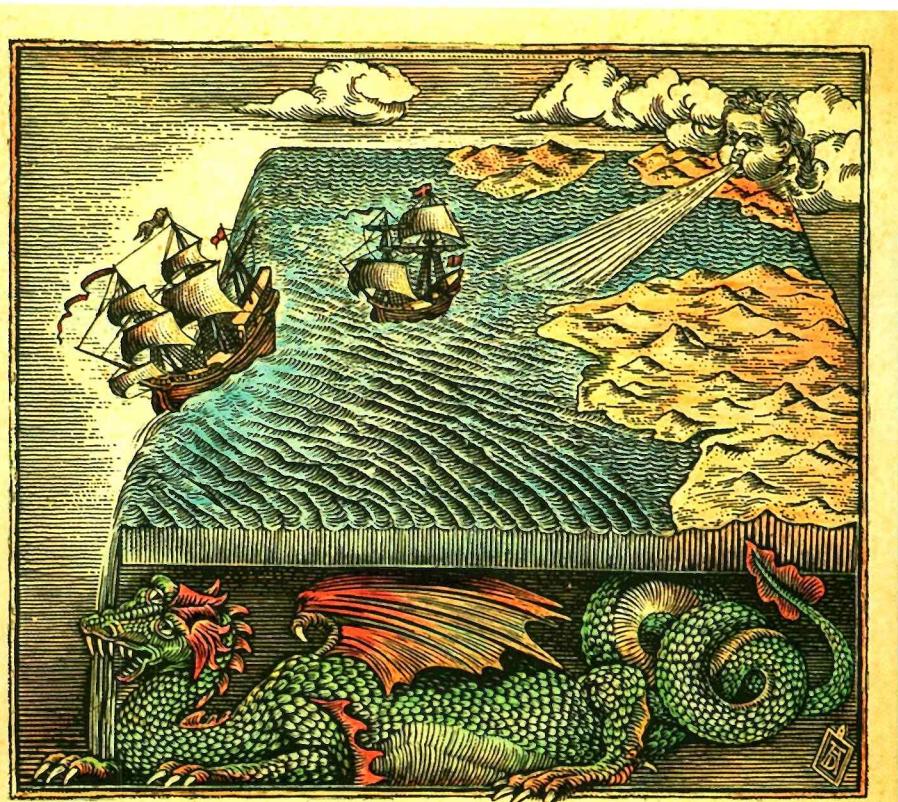
Harmónia sfér a opičie planéty

Otzásku o hraniciach sveta si kládli Aristoteles, Ptolemaios i Koperník. V staroveku prevládala predstava harmónie sfér: okolo Zeme malí krúžiť Slnko, Mesiac i planéty tak, ako by boli upevnené na kryštálových, hladkých guľach. Na najvzdialenejšej zo sfér boli hviezdy. Už vtedy si čoraz viac učencov kládlo otázku, čo sa skrýva za hviezdou sférou? Prvotný pohyb (primum mobile), alebo ríša svätcov, anjelov, či samotného Boha? Takéto predstavy nájdeme napríklad aj v Danteho Božskej komédii (1321).

Dráhy komét, vedúce krížom cez sféry, však tieto prevrstvené metafore rozbili. Najpresvedčivejšie boli výpočty Tycha Braheho (1577). Jeho objav sa však nepresadil hned. Ešte po pol storočí si samotný Galilei utahoval z Tychových „opičích planét“. Ako prvý docenil Braheho objav až Kepler, keď planéty a komety oslobodil z aristotelovských kryštálových sfér.

Skutočné rozmery vesmíru

Prvá nesmelá astronomická predstava o sku-



Plochá Zem: fantastické predstavy o okraji sveta, cez ktorý sa lode rútia do neznáma a kde sídlia draci, patria dnes do ríše rozprávok. Nahrádzajú ich najnovšie kozmologické teórie. Ilustráciu, pripomínajúcu tvorbu Albrechta Dürera, zhotobil Antar Dayal.

točnej veľkosti vesmíru sa objavila v roku 1838. Vtedy dokázal Friedrich Wilhelm Bessel z hvezdárne v Königsbergu po prvý raz geometricky určiť vzdialenosť hviezdy 61 Cygni

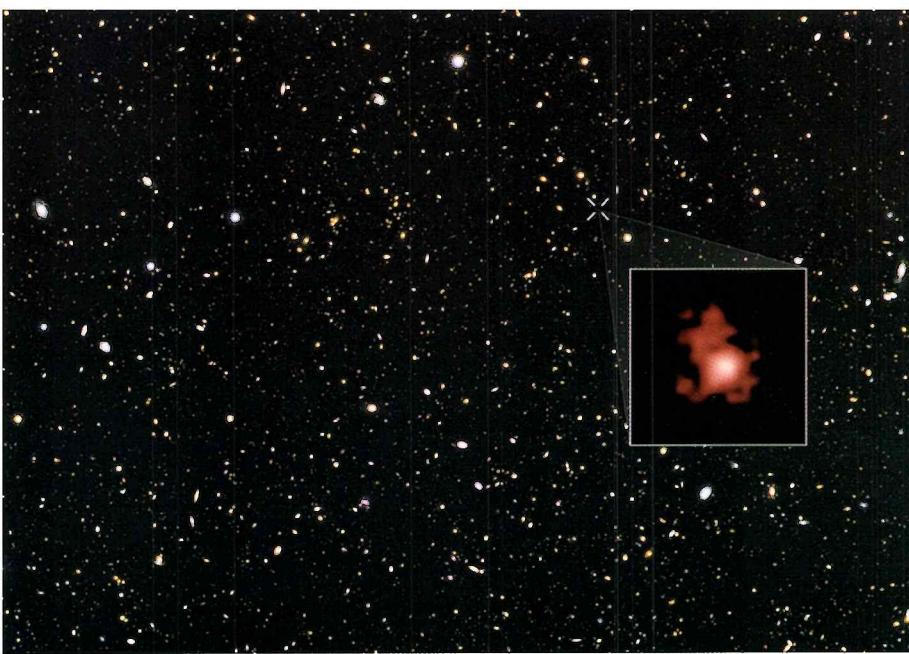
v súhvezdí Labute na 10,3 svetelných rokov. (Dnešný údaj: 11,4 svetelných rokov, teda 108 miliónov km.) Až Besselovo meranie ukázalo, že väčšinu vesmíru vypĺňa zívajúca prázdnota.

Na to, že Slnko je iba jednou z obrovského množstva hviezd v nekonečnom priestore, prišli už grécki filozofi Leukipos, Demokritos a Pythagoras. Tušili, že aj Mliečna cesta sa skladá z hviezd, čo potvrdil v roku 1609 pomocou svojho dalekohľadu Galileo Galilei. Až Bessel však nezvratne dokázal, že Slnko je iba jednou z mnohých hviezd. Iba v Mliečnej ceste je ich viac ako 100 miliárd.

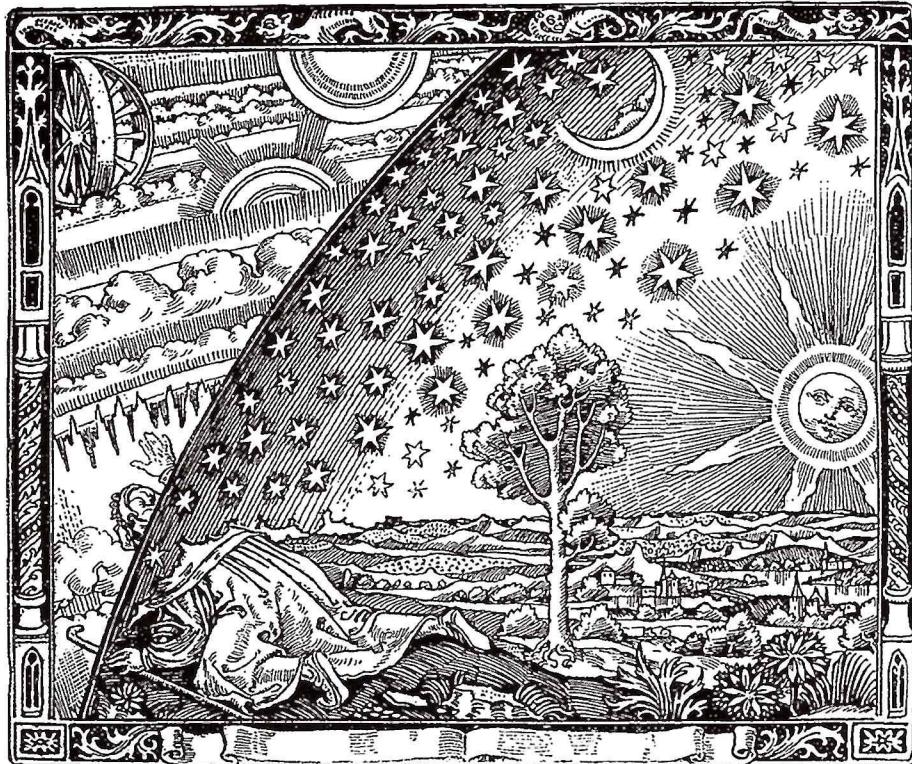
Predstavu Galaxie ako gigantického disku hviezd na základe svojich starostlivých pozorovaní navrhoval v roku 1785 Friedrich Wilhelm Herschel. Nemec s moravskými koreňmi, ktorý sa vysťahoval do Anglicka. Herschel tiež zvažoval, či niektoré slabé škvŕnky svetla na oblohe by nemohli byť ďalšie galaxie. Mimochodom, Immanuel Kant, filozof z Königsberga to tvrdil už v roku 1755.

Pochybnosti o platnosti týchto objavov však pretrvávali. V roku 1920 sa na pôde Smithsonian Museum of Natural History uskutočnila „Veľká debata“ o povahе špirálových hmlovín a veľkosti vesmíru. Účastníci, americkí astronómovia Harlow Shapley a Heber Curtis sa nedokázali dohodnúť, či Mliečna dráha vo vesmíre dominuje alebo je iba jedným z bezpočtu hviezdnych ostrovov, ako galaxie pomenoval Immanuel Kant.

Spory netrvali dlho: v rokoch 1922-1923



Doteraz najvzdialenejšia galaxia GN-z11 tak, ako vyzerala 400 miliónov rokov po big bangu. Má iba 4% hmotnosti našej Mliečnej cesty a tvorí ju zhruba miliarda hviezd. Z hustých oblakovplynu sa v nej však každoročne sformovali hviezdy s hmotnosťou $24 M_{\odot}$ (20-krát viac ako v našej Galaxii dnes.) Ešte z väčšej vzdialenosťi pochádza mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (farebne rozlíšené plôšky s nerovnakou teplotou na mape celej oblohy).



Pohľad za horizont: táto známa grafika nepochádza zo stredoveku (ako sa často tvrdí), ale z roku 1888. Objavila sa v knihe astronóma Camilla Flammariona – „L'atmosphère: météorologie populaire“.

Edwin Hubble pomocou 2,5 m Hookerovho ďalekohľadu na Mount Wilson Observatory rozlíšil v špirálových „hmlovinách“ M31 a M33 cefidy a pomocou vzťahu períoda - svietivosti, ktorý odvodila v roku 1908 Henrietta Leavittová, určil ich približnú vzdialenosť.

Začiatkom 50. rokov minulého storočia vylepšil Walter Baade (Mount Palomar Observatory) metódy určovania kozmických vzdialenosťí do takej miery, že už nik z vedcov nepochyboval: rozmery vesmíru majú miliardy svetelných rokov a v tomto ozrutznom priestore sa sformovali a vyvijajú miliardy galaxií. (Dnes vieme, že sa sformovali najmenej 2 bilióny galaxií.)

Tak sa podarilo opraviť aj Hubblovu povážlivú, ale dlho akceptovanú chybu merania z polovice 30. rokov 20. storočia.

Rozpínajúci sa vesmír

V roku 1929 zverejnili Edwin Hubble spolu so svojím asistentom Miltonom Humasonom (pôsobiacim na Mount Wilson Observatory pôvodne ako pohonič oslov, zásobovač a domovník!) ďalšiu prevratnú prácu: takmer všetky galaxie vykazujú červený posun, teda sa vzdalujú od Mliečnej cesty. A vzdalujú sa tým rýchlejšie, čím väčšia vzdialenosť je medzi nimi. Takéto vlastnosti však už dva roky predtým predpovedal Georges Lemaître a ďalší kozmológovia na základe Einsteinvých rovníc gravitačného poľa: dali sa vysvetliť jedine tak, že expanduje samotný priestor. Poznatok, ktorý otriasol svetom astronómie, znen: vesmír rastie, rozpína sa! Logickým dôsledkom tohto faktu je, že vesmír musel byť kedy si oveľa menší, hustejší, horúcejší a že z tohto stavu sa osloboďil počas big bangu

pred 13,8 miliardami rokov. A pritom iba nedávno sme sa dozvedeli, že sa vesmír rozpína nielen naďalej, ale aj čoraz rýchlejšie.

Najvzdialenejšia galaxia

Štruktúra rozloženia hmoty - od hviezd až po superkopy galaxií, ako ju poznáme dnes, na prvopociatku vesmíru ešte neexistovala. Začala sa formovať až pod vplyvom gravitácie v dôsledku nepatrnych variácií hustoty hmoty, spočiatku rozloženej mimoriadne rovnomerne.

Prvé hviezdy (označované ako populácia III) vznikli v hustých oblakoch plynu, v protogalaxiach s hmotnosťami statisíkov až miliónov hmotností Slnka. Boli to ozrutzne krátko žijúce hviezdy, pretože v tom čase ešte nejstvovali tažké prvky. Tie vznikli ako výsledok termonuklearnych syntéz v jadrach týchto hviezd a tie najťažšie až počas ich katastrofického zániku.

Ďalekohľady ostatnej generácie dokážu slabučké svetlo niektorých protogalaxií rozlíšiť. Sú to tie najvzdialenejšie galaxie aké dokážeme pozorovať. Nakoľko rýchlosť svetla je konečná, pohľad do ľubok priestoru znamená zároveň aj pohľad do minulosti. Astronómia je vlastne cestovaním v čase. Tieto nepatrne škvŕnky vznikli v čase, keď mal vesmír iba niekoľko sto miliónov rokov.

Najvzdialenejšou galaxiou je aktuálne GN-z11, ktorá sa premieta do súhvezdia Veľkej medvedice. V roku 2016, po zdĺhavom vyhodnocovaní snímok z Hubblovho a Spitzerovho vesmírneho ďalekohľadu, to oznámili astronómovia z Yale University. GN-z11 má červený posun 11,1, čo znamená, že sa stihla sformovať už 400 miliónov rokov po big bangu. Rekordná galaxia sa sformovala vo vesmíre, ktorý mal

v tom čase iba 3 % terajšieho veku. Svetlo galaxie EGSY8pz, s červeným posunom 8,68, bolo vyžiaréné o 150 miliónov rokov neskôr. Pascal Oesch, vedúci tímu z Yale University: „Nepredpokladali sme, že už vtedy sa sformovali také jasné galaxie.“

Prvé hviezdy

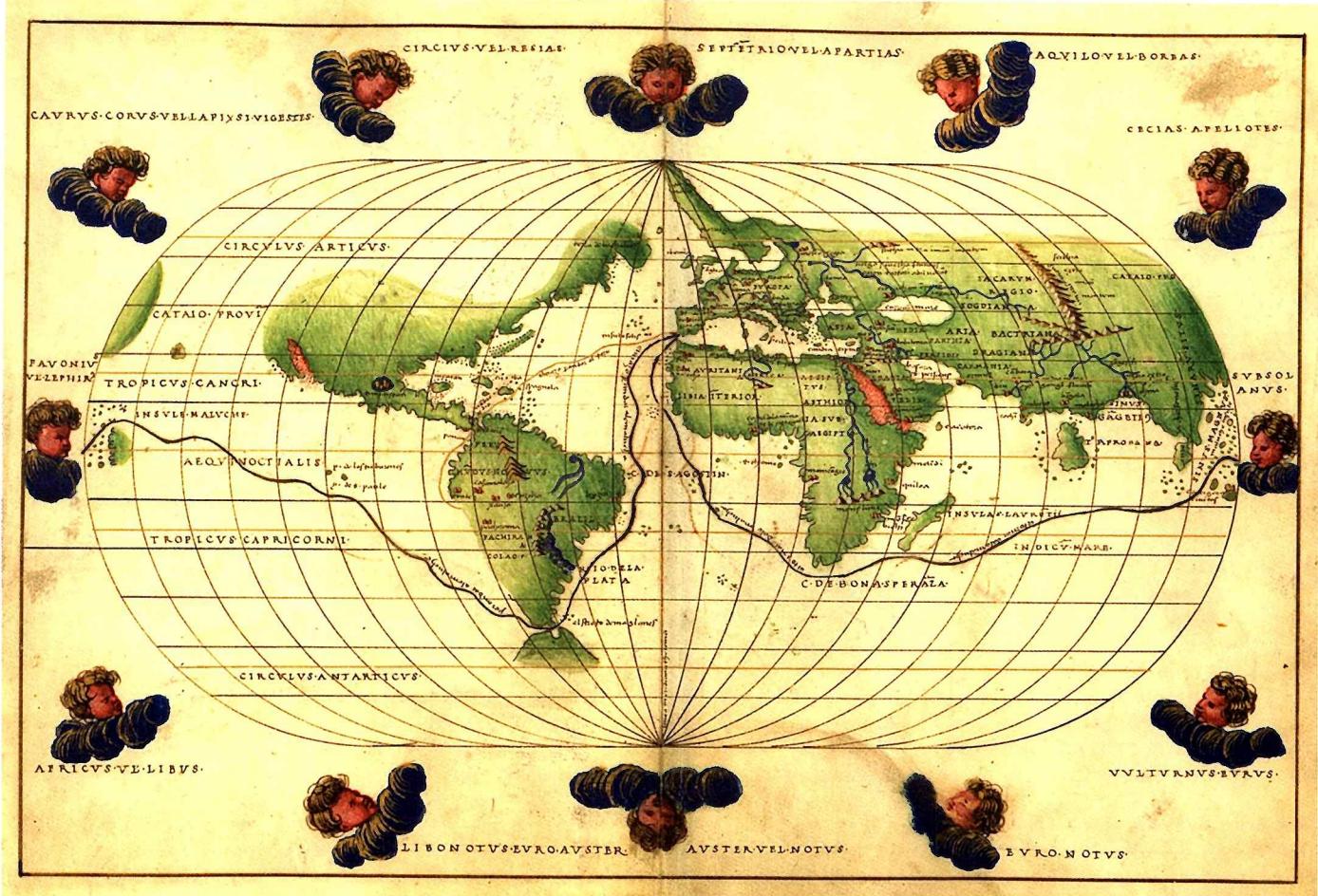
Najstaršie hviezdy sú dnes také vzdialené, že ich nedokážeme rozlíšiť ani najlepšími ďalekohľadmi. Možno to dokáže vesmírny ďalekohľad Jamesa Webba, ktorý vypustia v tomto roku. Priemer jeho hlavného zrkadla zloženého z 18 hexagonálnych segmentov je 6,5 metrov. Vedci očakávajú, že dokáže, v infračervenej oblasti, získať aj snímky vyhorených obrov populácie III.

Najstaršie supernovy mohli byť aj 100-krát jasnejšie ako explózie dnešných hmotných hviezd. To by znamenalo, že ďalekohľad Jamesa Webba by ich mohol rozlíšiť už v čase 100 miliónov rokov po big bangu. (S obrovským červeným posunom $z = 30!$) Približne o desať rokov by mal byť vypustený aj infračervený ďalekohľad WFIRST (Wide Field Infrared Survey Telescope) z dielne NASA. Ten by mal každý rok objaviť najmenej 1000 takýchto supernov s červeným posunom $z = 14$ až 20.

Ak pôjde všetko podľa plánu, zhruba o desať rokov prenikneme na samý okraj pozorovateľného vesmíru. Až potom lepšie, v porovnaní s počítačovými simuláciami, pochopíme rozloženie hmoty v mladom vesmíre.

Daniel Whalen z Carnegie Mellon University (Pennsylvania) predpokladá, že prvé hviezdy s hmotnosťami okolo $150 M_{\odot}$ mohli mať priemer až 3,2 miliardy kilometrov, a počas záverečnej explózie (vzplanutia supernovy) vyžiarili 10^{45} joulov energie a vyprodukovali 0,07 M_{\odot} niklu. V tom čase však existovali aj väčšie hviezdy s hmotnosťou až $250 M_{\odot}$ a priemerom 4,6 miliardy km, ktoré by vyplnili priestor od Slnka až takmer po dráhu Uránu! Tieto hviezdy počas svojho zániku vyžiarili 7×10^{45} joulov energie a vyprodukovali 38 M_{\odot} niklu. Hviezdy s hmotnosťami nad $100 M_{\odot}$ nekončili ako typické supernovy s kolabujúcim jadrom. V dôsledku vysokej teploty v nich vznikali páry elektrón-pozitróv. Tieto časticie odnášali energiu, takže jadro sa naďalej scvrkávalo a ich explózia bola ešte mohutnejšia. Hviedne obry s hmotnosťami nad $140 M_{\odot}$ explózie úplne rozmetali, takže ich jadro nestihlo skolabovať do čiernej diery. Nie je vylúčené, že existovali aj hviezdy s hmotnosťami nad $250 M_{\odot}$. Tie však po vyčerpaní dostupných zásob jadrového paliva nevybuchujú, ale kolabujú. Premenia sa na čierne diery. Ich jadrá sú totiž také horúce, že v nich sa atómové jadrá hélia rozpadajú na volné protóny a neutróny. Počas tohto procesu sa spotrebuje veľa energie, čo podporí prebiehajúci kolaps.

Što tisíc rokov po big bangu bolo každé miesto v rýchle sa rozpínajúcom vesmíre ešte vždy oveľa teplejšie ako povrch Slnka. Svetlo/ziajenie bolo hmotou rozptylované, pohlcované a opäťovne vyžiarované. Rovnako ako fotóny vo vnútri dnešných hviezd, ktorým cesta z jadra na povrch hviezdy trvá zhruba sto tisíc rokov. Až keď teplota klesla pod 4000 °C, mohli na seba jadrá atómov naviazať voľné



Cesta okolo Zeme: to, že Zem nie je plochý disk, dokázala až expedícia Ferdinand Magellana, ktorá vyplávala zo Sevilly 10. augusta 1519. Z pôvodne piatich lodí sa 6. septembra 1522 vrátili iba dve. Magellana o rok skôr zabili domorodci na filipínskom ostrove Mactan. Mapu s dvanásťmi cherubínnimi vyhotobil v roku 1540 v Benátkach Battista Agnese.

elektróny. Tak sa vytvorili prvé atómy. Vtedy sa stal vesmír pre svetlo/žiarenie priebehľadným.

Prvé svetlo

Prvé svetlo sa šíri vesmírom podnes. V každom centimetri kubickom sa nachádza zhruba 440 fotónov, ktoré boli vyžarené 380 000 rokov po big bangu. V dôsledku rozpínania vesmíru však ich vlnová dĺžka narastla a dnes ich pozorujeme v rádiovej oblasti v podobe mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia. Aj teplota absolútne čierneho telesa zodpovedajúceho tomuto žiareniu poklesla z 2700 °C na dnešných – 270 °C, čiže je iba o 3 °C vyššia ako teplota absolútnej nuly.

Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia nie je iba dôkazom rozpínajúceho sa vesmíru či najdôležitejšou indíciou big bangu. Viacerí vedci, hlásajúci teóriu big bangu, existenciu mikrovlnného žiarenia pozadia predpovedali už pred rokom 1964, kedy bolo po prvý krát detegované. Informáciu o tom, ako vzniklo, nám ponúklo samé nebo...

Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia vymedzuje aj okraj pozorovateľného vesmíru. Za túto hranicu nedovidíme, pretože predtým bol vesmír nepriebehľadný. Prvé svetlo/žiarenie je teda akousi elektromagnetickou tapetu, ktorá oblohu okolo nás dokonale obliepuje a vymedzuje nám tým horizont nachádzajúci sa vo vzdialosti 46 miliárd svetelných rokov.

Nahliadneme aj za tento horizont? Pravdepod-

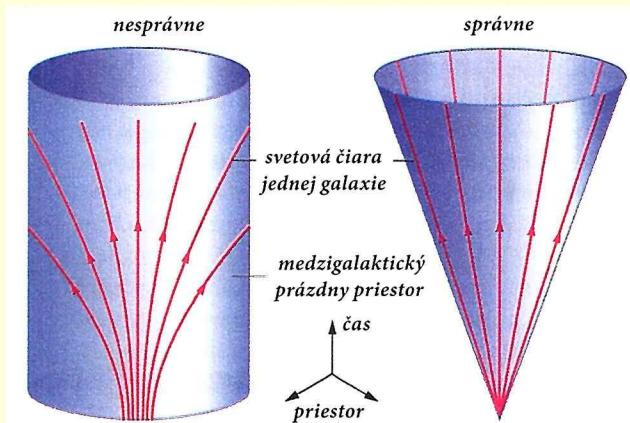
dobne áno, lebo vedci už prvé stopy z „onoho sveta“ zaznamenali. A čoraz intenzívnejšie pátrajú po ďalších. Čosi vyplýva z empírie, čosi naznačujú špekulácie najodvážnejších teoretikov. Výber z najzaujímavejších priniesieme v tomto i v ďalších číslach.

Rüdiger Vaas, autor tohto článku, je najuznávanejším popularizátorom astronómie a kozmológie v Nemecku. Preslávili ho knihy „Tunel cez čas a priestor“ a „Mimo Einsteinovho univerza“.

Bild der Wissenschaft 11/2017; E. G.

Explóziou do súčasnosti

Big bang neboli výbuchom prahmoty, ktorá sa potom rozptýlila v nejakom prázdnom priestore (vľavo). Big bang bol matematicky extrapolovaný moment, v ktorom vznikol samotný časopriestor a odvtedy sa rozpína (vpravo). Táto expanzia časopriestoru strháva aj hmotu, čoho dôsledkom je nielen zväčšovanie sa vesmíru, ale aj jeho zriedovanie.



Trhliny v časopriestore, extradimenzie a kolaps prírodných zákonov

Kozmológia sa môže javiť ako veda bez hraníc. Presnejšie: veda, ktorá hranice poznania prekračuje najodvážnejšie. Bez ohľadu na delikátné rozlíšenie hraníc sveta, vedomostí a vedeckého poznania, ktoré spoločného menovateľa nemajú. Odhliadnúc aj od reálnych možností naozaj pochopí celý vesmír, v ktorom žijú obyvatelia malej planéty, krúžiacej okolo obyčajnej hviezdy v nie príliš významnej galaxii.

Pri prekračovaní hraníc však treba rozlošovať epistemické (grécky výraz „epistémē“ môžeme preložiť ako vedenie, poznanie) a ontologické hranice [podľa gréckych výrazov „ón“ (súčno) a „logos“ (veda), ontológia je oblasť filozofie zaobrajúca sa základnými princípmi bytia]. Teda hranice našich znalostí o realite a jej skutočné, principiálne hranice. Pokial ide o kozmológiu, tá rozlošuje najmenej šesť druhov hraníc či okrajov, ktoré sa do istej miery navzájom podmieňujú.

Časopriestorové hranice

Je vesmír priestorovo konečný, alebo nekonečný? Má čas začiatok? Má aj koniec? Alebo má začiatok aj koniec? Je večný? Ako tieto otázky navzájom súvisia, keď pripustíme, že priestor a čas podľa teórie relativity vytvárajú dynamickú jednotu, teda časopriestor?

Čo sa týka času, vesmír s počiatkom má hranicu minulosť, spoza ktorej k nám informácie neprihádzajú. Čo sa týka priestoru, aj z nekonečného vesmíru vidíme len konečnú, pozorovateľnú oblasť, keďže informácie sa šíria konečnou rýchlosťou (svetla vo vákuu). S plynutím času sa však táto hranica rozšíruje, rozpína a pred nami sa roztvára zväčšujúci sa horizont budúcnosti. Za ním však miznú z nášho „pohľadu“ hviezdy rovnako, ako sa my strácamy z pohľadu pozorovateľov vzdialených galaxií.

Matematicko-fyzikálne hranice

Existujú časové či priestorové singularity aj v prírode, alebo iba v teóriach o nej? A dali by sa prípadne pozorovať a skúmať?

Pri extrémnych zakriveniach časopriestoru a extrémnych hustotách energie prestávajú platiť rovnice všeobecnej teórie relativity aj známe prírodné zákony. Vnútri čiernych dier napríklad zlyhávajú v časovej singularite. V big bangu zasa zlyhávajú v priestorovej singularite. Takže: časopriestor obsahuje hranicu minulosť - počiatok času. Môže však mať aj hranicu budúcnosti, teda koniec času v prípade, že sa priestor niekedy v budúcnosti začne scvrkávať a skolabuje do záverečného bangu (big crunch)?

Predbežne netušíme, či sú singularities vždy zamaskované horizontmi udalostí (kozmická cenzúra), alebo či môžu byť aj „nahé“ a ovplyvňovať svoje okolie.

Nie je ani jasné, či singularity nie sú iba hranicou abstraktnou matematickou možnosťou, teda artefaktom súčasných teórií, alebo, či naozaj opisujú konkrétnu, reálnu oblasť prírody. Ostatné možnosti fyzici odmietajú. Aj pomocou teórií kvantovej gravitácie, ktorá sa pokúša zjednotiť všeobecnú teóriu relativity s kvantovou fyzikou. To sa však zatiaľ darí iba v náznakoch.

Hranice dimenzií

Je štvorozmerný priestor súčasťou hyperpriestoru s minimálne jednou ďalšou, priestorovou dimensiou? Existujú dodatočné dimenzie času? A existujú aj nepatrné extradimenzie, skryté v každom bode vesmíru? V teóriach usilujúcich sa o zjednotenie známych prírodných sil sa dodatočné, priestorové dimenzie osvedčili. Teória supergravitácie i teória strún sa nezaobídu bez šiestich dimenzií, širšia M teória bez siedmych dodatočných dimenzií. Tieto sú však zvinuté. Existujú však aj kozmologické modely, ktoré pripúšťajú aj extradimenzie po hraniciu 1/10 mm, či nekonečnú, silne zakrivenú dimenziu. Násť štvorozmerný priestor by potom bol iba časťou tohto obsiahlejšieho časopriestoru. Ba možno iba jedným z obrovského množstva vesmírov, ktoré sa dokonca môžu navzájom dostávať do kontaktu.

Topologické hranice

Aký tvar, akú podobu má vesmír? V štandardnom modeli kozmológie je vesmír podľa matematikov spojity a na veľkých škáloch bud' kladne, bud' záporne, alebo nijako zakrivený. Všetky tieto geometrie sú zlučiteľné s komplikovanými topológiami. Môžu, napríklad, v podobe prstencov či Möbiusových pásov obklúčiť „diery“. Môžu mať čosi ako „opačnú stranu“ („rub“?), alebo nadobudnúť podobu bizarných štruktúr viacrozmených lievikov, či futbalovej lopty.

Vnútorné hranice

Je časopriestor spojitý, či zrnitý? Môže sa rozpadnúť? Obsahuje nedostupné oblasti?

Takýmito enklávami sú čierne diery a ich horizonty: kozmické prepadiaská, ktoré žiarenie a hmotu pohltia, ale už ju nikdy neprepustia. A v dôsledku toho aj informačne izolujú tieto oblasti časopriestoru od okolia. Podľa teórie kvantovej gravitácie by mal byť časopriestor kvantovaný. Potom by neboli iba hladký, ale zároveň aj zrnitý, granulovaný: skladal by sa z „časopriestorovej peny“, ktorej „bublinky“ by mali rozmeru Planckovej dĺžky (10^{-35} m) a Plan-

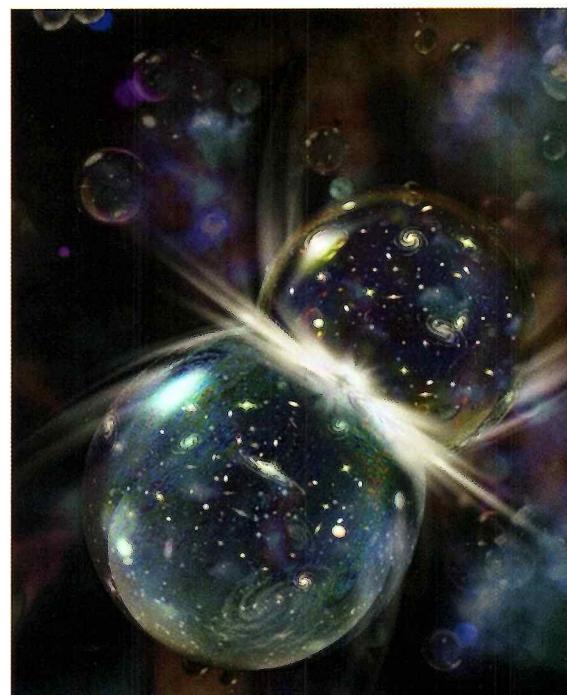
kovho času (10^{-43} s). V takom prípade by sa singularity krvostí netvorili. Mohlo by to však znamenať, že sa časopriestor začne trhať v prípade, ak sa rozpína príliš rýchlo, alebo príliš pomaly. Takéto „vnútorné“ okraje by mali nepredstaviteľné dôsledky.

Hranice podľa prírodných zákonov

Platia rovnaké prírodné zákony a konštanty v celom vesmíre?

Ak neplatiat, potom by mali medzi oblasťami fyzikálneho vakuu s odlišnými vlastnosťami existovať časopriestorové zóny kontaktu. Predpovedajú to viaceré teórie, kozmologické aj tie, ktoré vychádzajú z časticovej fyziky. Podľa toho, či majú tieto hranice podobu bodu, alebo sú jedno-, dvoj- či trojrozmerné, hovoria vedci o monopoloch, kozmických strunách, doménových stenách či textúrach. Diskutuje sa taktiež o tom, či sa bubliny jednotlivých vesmírov (násť pozorovateľný vesmír by bol iba malou časťou takejto bubliny) môžu zrázať, kolidovať. Dôsledkom takej zrázky môže byť existencia doménovej steny, ktorej odtlačok by sme mali pozorovať v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia. Netušíme však, či pri odlišných prírodných konštantách a zákonoch by sa univerzár mohli navzájom zničiť. Alebo: či by jedno univerzum mohlo to druhé pohliť, splynúť s ním.

Bild der Wissenschaft, 7/2017; E. G.



Zrážka dvoch vesmírov: Niektoré kozmologické modely pripúšťajú kolízie bublín jednotlivých vesmírov. Kolízie by mali/mohli zanechať v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia stopy, označujúce hranice pôsobenia rôznych prírodných zákonov.

Nový model pre vesmír?

Merania Hubblovej konštanty (H_0) pomocou gravitačných šošoviek potvrdili to, čo vyplynulo už z dávnejších pozorovaní: vesmír sa očividne rozpína rýchlejšie, ako by sa podľa štandardného kozmologického modelu rozpínať mal.

Všetky galaxie sa od nás vzdáľujú. Tým rýchlejšie, čím sú od nás vzdialenejšie. Tento poznatok pripúšťa iba jediný záver: vesmír sa zväčšuje a spektrálne čiary galaxií sa posúvajú smerom k čoraz väčším vlnovým dĺžkam. (*Ide o kozmologický červený posun.*)

Opísaný vzťah si už v 20. rokoch uplynulého storočia všimli belgický astrofyzik Georges Lemaître a americký astronóm Edwin Hubble. Hodnotu aktuálnej rýchlosťi rozpínania dnes vyjadruje Hubblova konštanta.

Ak sa podarí túto hodnotu presne určiť, vedcom bude na dobrej pomoci. Presnejšie určia vek vesmíru, prehľbia poznatky o fyzike ne-

utrín, neutrálnych elementárnych častic s nepatrňou hmotnosťou.

Z meraní hodnôt rýchlosťi rozpínania kozmu pomocou analýzy supernov taktiež vyplynulo, že vesmír sa v kozmických škáloch čoraz rýchlejšie rozpína. Príčinou tohto úkazu je podľa všetkého tmavá, exotická a doteraz iba hypotetická forma energie.

Hodnotu Hubblovej konštanty odvodzovali vedci podľa údajov z mladého vesmíru. V tom čase vyplňala priestor horúca, pre svetlo nepreniknuteľná plazma. Iba vďaka neustávajúcej expanzii vesmíru mohla jeho teplota klesnúť natol'ko, že plazma sa premenila na neutrálny plyn. Dosvit z tohto obdobia meriame dnes v podobe mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia.

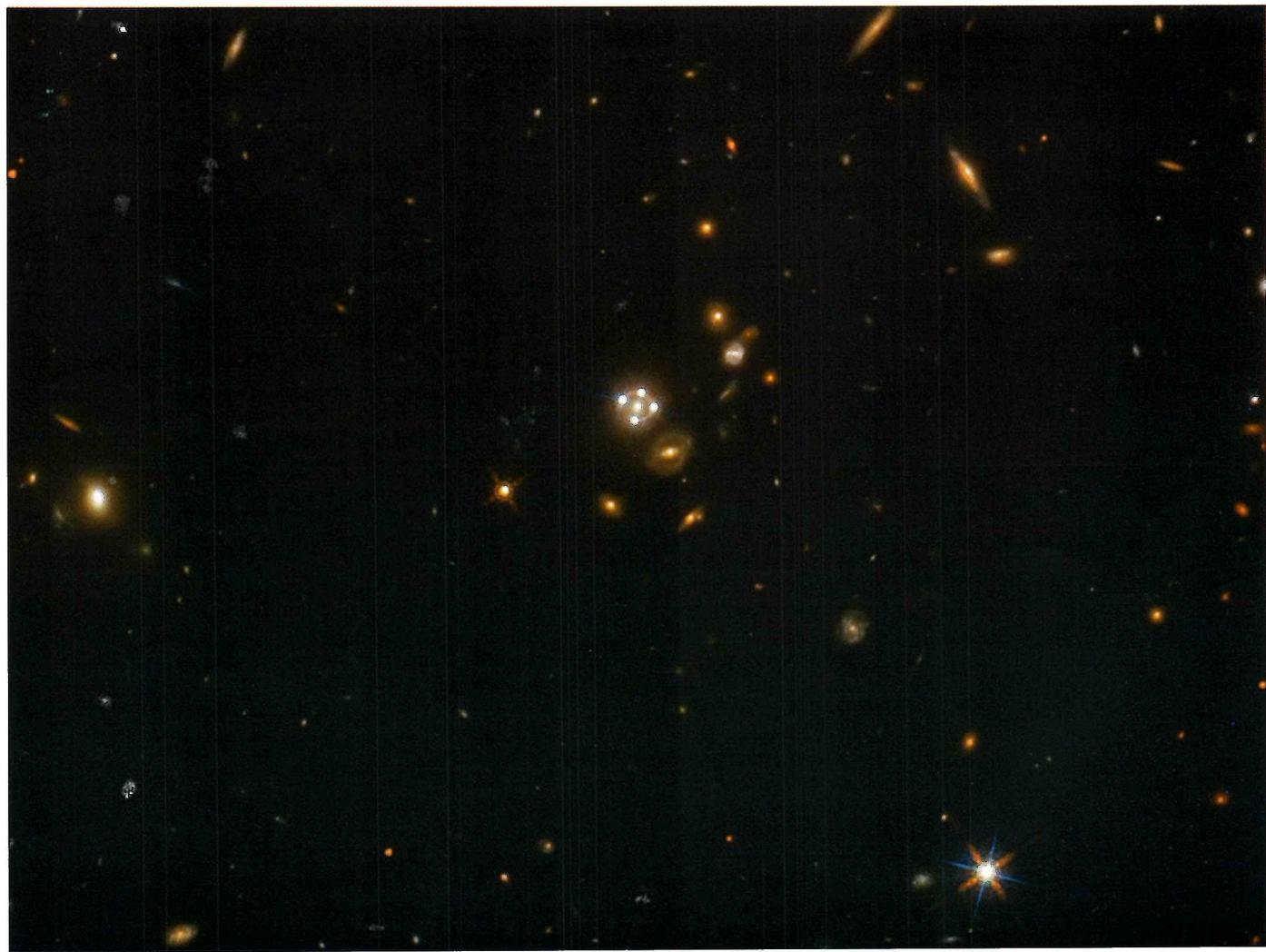
Vesmírne sondy (napríklad WMAP či Planck) merajú nepatrne zmeny tohto žiarenia. Z týchto údajov dokážu vedci rekonštruovať dnešnú rýchlosť rozpínania kozmu. Pravda-

že iba za predpokladu, že akceptujeme jeden z modelov história rozpínania vesmíru - kozmologický štandardný model.

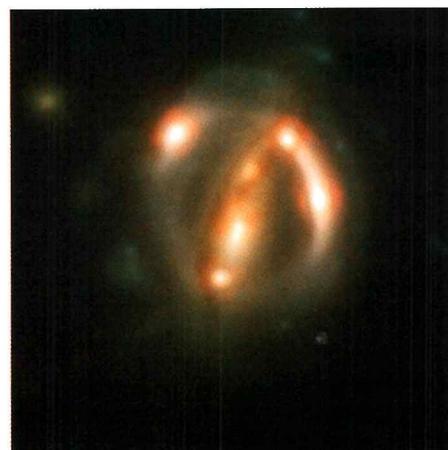
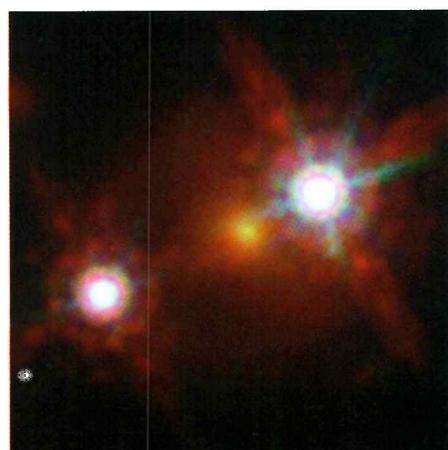
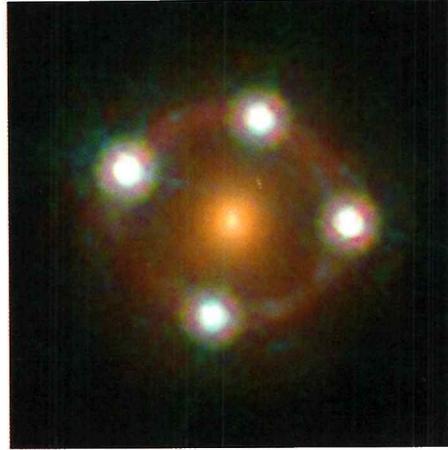
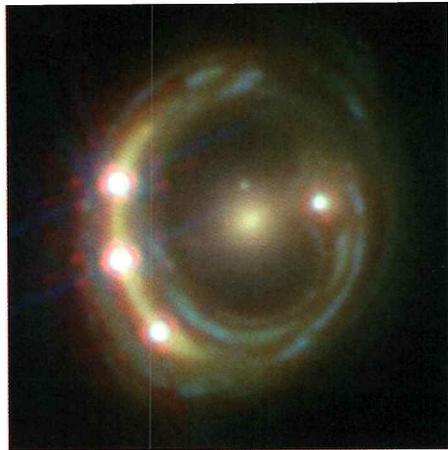
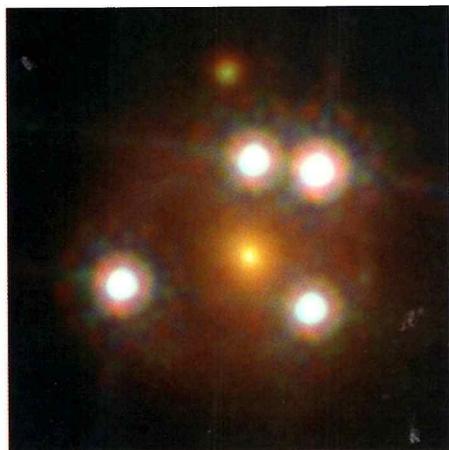
Podľa údajov satelitu Planck je aktuálna hodnota Hubblovej konštanty $H_0 = 67,8 \pm 0,9$ km/s na megaparsek. (1 megaparsek = 3,26 miliónov svetelných rokov.)

Iná metóda využíva vedomosti o skutočnej jasnosti niektorých objektov. K takýmto objektom priradujeme aj istú triedu premenných hviezd, cefeid, ako aj supernovy. Ich zdanlivá jasnosť umožňuje vedcom určiť ich vzdialosť od Zeme. A pomocou červeného posunu ich materských galaxií dokážu vedci vypočítať aj rýchlosť ich vzdálovania.

V roku 2016 vypočítali americkí vedci (projekt SH0ES) hodnotu Hubblovej konštanty $H_0 = 73,2 \pm 1,7$ km na megaparsek. (Akronym SH0ES možno prečítať takto: Supernovy a H_0 pre kozmologickú stavovú rovinu.). V porovnaní s Planckom ide o výrazne vyššiu hodnotu!!!



Mimoriadne peknou sústavou okolo gravitačnej šošovky je HE0435-1223 v súhvezdí Eridanus. Štyri obrazy šošovkovaneho kvazaru v pozadí sa usporiadali do podoby takzvaného Einsteinovo kríza. Hodnota ich červeného posunu je $z = 1,689$. To znamená, že kvazar je od nás vzdialenosť 5,8 miliárd svetelných rokov. Eliptická galaxia, fungujúca ako šošovka s červeným posunom $z = 0,4546$, ktorá sa nachádza uprostred kríza, je vzdialenosť 3,9 miliárd svetelných rokov. Zdroj: ESA/Hubble, NASA, Suyu et al.



Tím HOLiCOW preskúmal päť sústav okolo gravitačných šošoviek. Šošovka, presnejšie šošovkujúca galaxia, sa nachádza vždy v strede každej sústavy. Každá šošovka vytvára viac (dva, alebo štyri) zdanlivé podoby šošovkovaneho objektu v pozadí.

Zdroj: ESA/Hubble, NASA, Suyu et al.

Medzinárodný tím HOLiCOW pod vedením Sheery Suyu(ovej) z Inštitútu Maxa Planka pre Astrofyziku a Technickej univerzity v Garchingu určilo hodnotu H_0 pomocou novej metódy - gravitačného šošovkovania. (Akronym H0LiCOW - Svätá krava - čítaj ako Určovanie H_0 pomocou údajov z gravitačných šošoviek, získaných v rámci projektu COSMOGRAIL - Cosmological Monitoring of Gravitational Lenses.)

Efekt gravitačnej šošovky znamená, že gravitácia veľkého zoskupenia hmoty (či už galaxií, alebo kôp galaxií) zakrivaťe svetlo/žiarenie podobne ako optická šošovka. Prejavuje sa to napríklad tým, že svetlo vzdialenej galaxie na ceste k nám je zakrivené bližším kozmickým ostrovom hmoty (hoci galaxiou). Vzdialenosť galaxia sa pri tom zobrazí okolo gravitačnej šošovky v podobe niekoľkých zdanlivých (virtuálnych) objektov, ktoré však majú rovnaké fyzikálne vlastnosti.

Vzhľadom na nerovnomerné rozloženie hmoty v gravitačnej šošovke sa virtuálne podoby objektu v pozadí nezobrazujú v rovnakom čase. Ak si objekt v pozadí uchováva rovnakú jasnosť, na jeho zdanlivých obrazoch nespozorujeme nijaké zmeny. Ibaže: ak má galaxia v pozadí aktívne jadro (teda je kvazarem), jej jasnosť sa mení. Tieto zmeny sa na jej zdanlivých obrazoch okolo šošovky prejavia v rozličnom čase. (Pozri grafiku v rámečku.)

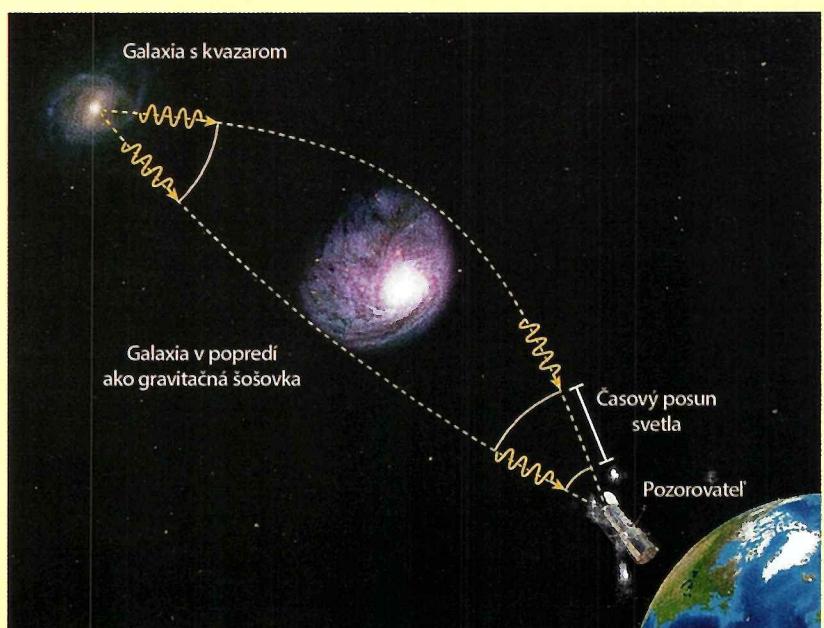
Pomocou podrobnejšého rozloženia hmoty v šošovkujúcej možno odvodiť nielen vzdialenosť galaxie/kopy galaxií od Zeme, ale aj vzdialenosť medzi jednotlivými galaxiami. Vedci pozorovali päť sústav okolo gravitačných šošoviek, z ktorých zatiaľ vyhodnotili iba tri. Pomocou červeného posunu spektier týchto galaxií získali hodnotu $H_0 = 71,9 \pm 2,7$ km/s na megaparsek. Táto hodnota je v súlade tak s hodnotami Hubblovej konštanty získanými pomocou metódy supernov ako aj metódy cefeíd. Odporuje však meraniam získaným z mikrovlnného žiarenia kozmickeho pozadia!!!

Ak by túto hodnotu potvrdili analýzy aj iných sústav okolo gravitačných šošoviek, bol by to silný dôkaz existencie fyziky mimo rámca súčasného kozmologického štandardného modelu! Tento rozpor by sa dal rozptýliť iba dynamickejšou obdobou modelu tmavej energie. Sila tejto energie by v takomto prípade

v priebehu času rásťa, takže vesmír by sa rozpínal čoraz rýchlejšie. Iné východisko zo súčasnej uličky ponúka hypotéza, že existujú viac ako tri typy neutrín.

Či tieto alternatívy možno brať vážne, ukáže až čas.

Bild der Wissenschaft 10/2017; E. G.



Svetlo kvazaru zakrívuje galaxiu v popredí do takej miery, že dorazi k pozorovateľovi po rôznych dráhach. Vznikajú tak zdanlivé, virtuálne obrazy kvazaru. V dôsledku nerovnako dlhých dráh (horná dráha je dlhšia ako dolná) sa prejavia zmeny jasnosti kvazaru v rozdielnom čase.

Zložité organické molekuly v okolí protohviezd

Astronómovia už dávnejšie predpokladali, že vo Veľkom Magellanovom oblaku (LMC) by sa mala nachádzať celá paleta zložitých molekúl na báze uhlíka. Nemýli sa. Čoraz úspešnejšia sústava antén ALMA nedávno objavila v LMC prekvapujúco jasné odťačky komplexných organických molekúl: metanolu, dimetyléteru a methylformátu. Metanol vedcov neprekvapil. V LMC ho objavili už dávnejšie. V prípade ďalších dvoch látok ide o najzložitejšie organické molekuly doteraz objavené mimo našej Galaxie!

Vedci objavili slabučké žiarenie molekúl na milimetrových vlnách. Jeho zdrojom sú dve husté oblasti (horúce jadra) v LMC, kde sa formujú mladé hviezdy. Objav môže rozšíriť naše vedomosti o formovaní podobne komplexných, organických molekúl aj v mladších obdobiach vesmíru.

Nedostatok tăžkých prvkov označujú astronómovia pojmom „nízka metalicita“. Vieme, že niekoľko generácií hviezd sa muselo sformovať a zaniknúť, kým obohatili aj Mliečnu cestu tăžkými prvkami, bez ktorých by sa planéty nedokázali sformovať.

Mladé, primordiálne galaxie sa nestihli chemicky obohatiť. A menšie galaxie, také ako LMC, si mohli zachovať zdanie mladosti iba preto, že ich nízka hmotnosť značne spomaliuje rýchlosť hviezdotvorby. Preto by sa Veľký Magellanov oblak mohol stať oknom poznávania dávnych, nezreľých galaxií.

Najhmotnejšou, na plyn najbohatšou oblasťou LMC, je oblasť N113. Prebieha v nej búrlivá

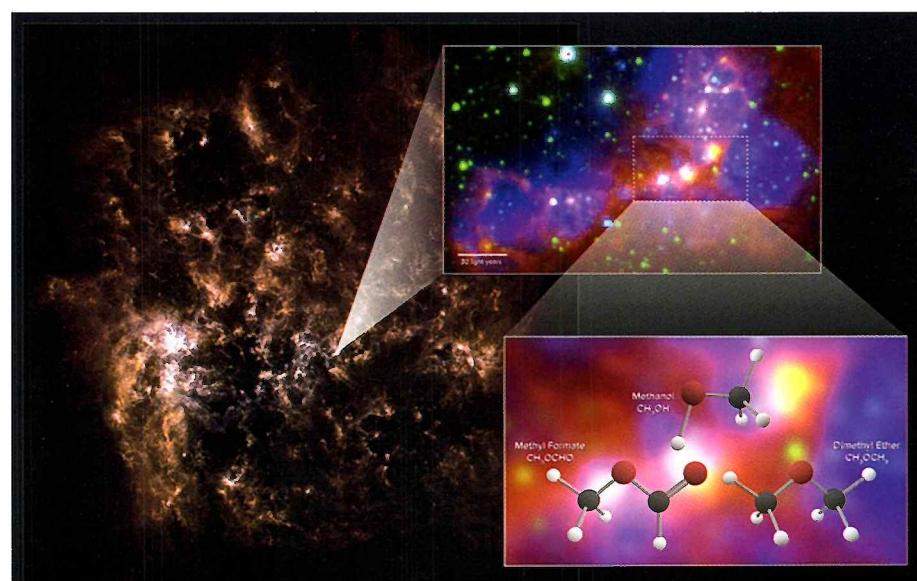
hviezdotvorba. Vedci už dávnejšie vedia, že v N113 sa nachádza množstvo protohviezd. Ich plynné kolísky jasne žiaria v infračervenej oblasti. A práve v tejto hviezdznej kolíske detegovali prítomnosť zložitých organických molekúl, ktoré doteraz v takej veľkej vzdialnosti neobjavili.

Komplexné, organické molekuly (so šiestimi a viac atómami, vrátane uhlíka) považujú

vedci za základné bloky života nielen na Zemi, ale všade, kde sa vytvoria vhodné podmienky na ich vznik. Metanol je sice pomerne jednoduchá organická molekula, ale bez neho by sa zložitejšie molekuly nesformovali.

Marta Sewilo, členka tímu z Goddard Space Flight Center v Marylande: „Ak sa takéto molekuly bežne formujú okolo protohviezd, určite sa stávajú súčasťou protoplanetárnych diskov. Predpokladáme, že mladú Zem mohli týmito molekulami osiať komety a meteority. Ak sa také zložité organické molekuly môžu formovať v takom primitívnom prostredí ako je LMC, chemický ohňostroj života sa mohol rozpútať už v mladom vesmíre.“

ESO Press Release; E. G.



Na infračervenej snímke (vľavo) vidíme galaxiu Veľký Magellanov oblak. Prvá zväčšenina priblížuje oblasť, kde prebieha búrlivá hviezdotvorba. V nej objavila sústava rádiových dalekohľadov ALMA komplexné, organické molekuly.

Unikátne snímky sondy New Horizons

Bola to vlastne náhoda. Počas rutinnej snímky otvorennej hviezdkopy „Wishing Well“ exponovala kamera LORRI na palube sondy New Horizons snímky dvoch neznámych telies. Na Zemi zistili, že ide o objekty Kuiperovho pásu: 2012 HZ84 a 2012 HE85.

V čase expozície sondu delilo od Zeme 6,12 miliardy kilometrov (49,5 AU). Viac, ako sondu Voyager 1, keď v roku 1990 exponovala slávnu snímku Pale Blue Dot (Bledomodrá bodka), ktorá sa stala symbolom krehkosti a osamelosti Zeme vo vesmíre.

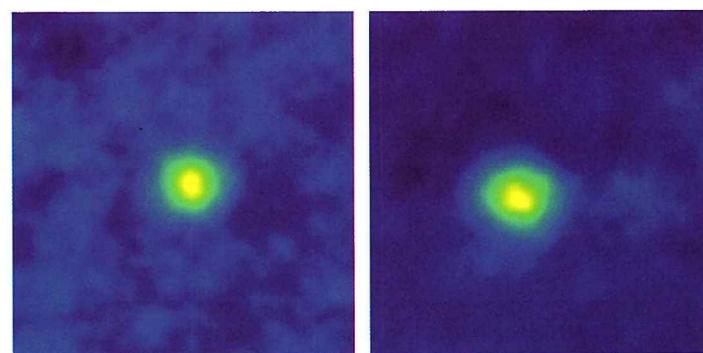
New Horizons je piatou sondou, ktorá prenikla za obežné dráhy vonkajších planét Slnčenej sústavy. Už teraz je držiteľkou viacerých rekordov. Dňa 9. decembra 2017 sa podarila najvzdialenejšia zmena kurzu sondy na poler zo Zeme. Po zmene kurzu naviedli sondu smerom k objektu KBO označenému ako

2014 MU69. Blízke stretnutie s týmto objektom sa uskutoční 1. januára 1919. V rekordnej vzdialosti 1,65 miliárd kilometrov od Zeme.

Po oblete Pluta v rámci predĺženej misie sonda

preskúma najmenej 20 objektov Kuiperovho pásu, trpaslíce planéty a niekoľko kentaurov. (Kentaury, predtým objekty KBO, sa pohybujú po nestabilných dráhach, ktoré križujú obežné dráhy veľkých planét.)

Vedci študujú snímky a snažia sa určiť ich tvar, vlastnosti povrchu a pátrajú po ich prípadných mesiacikoch. Sonda priebežne zbiera údaje o plazme, prachu a neutrálном plyne.



Snímky dvoch telies Kuiperovho pásu vo falošných farbách. Vľavo 2012 HZ84, vpravo 2012 HE85. Nijaký objekt KBO (kentaur) neboli doteraz exponovaný z takej blízkosti.

Momentálne sa sonda pohybuje rýchlosťou 1,1 milióna kilometrov za deň a je v stave hibernácie. Dňa 4. júna ju prebudí povel z riadiaceho centra v Laboratóriu Johns Hopkinsa pre aplikovanú fyziku (Laurel, Florida). Od tohto dňa budú prebiehať séria kontrol všetkých jej systémov a iných aktivít s cieľom pripraviť sondu na stretnutie s MU69.

New Horizons Press Release; E. G.



Voda. Všadeprítomná, vzácná, záhadná

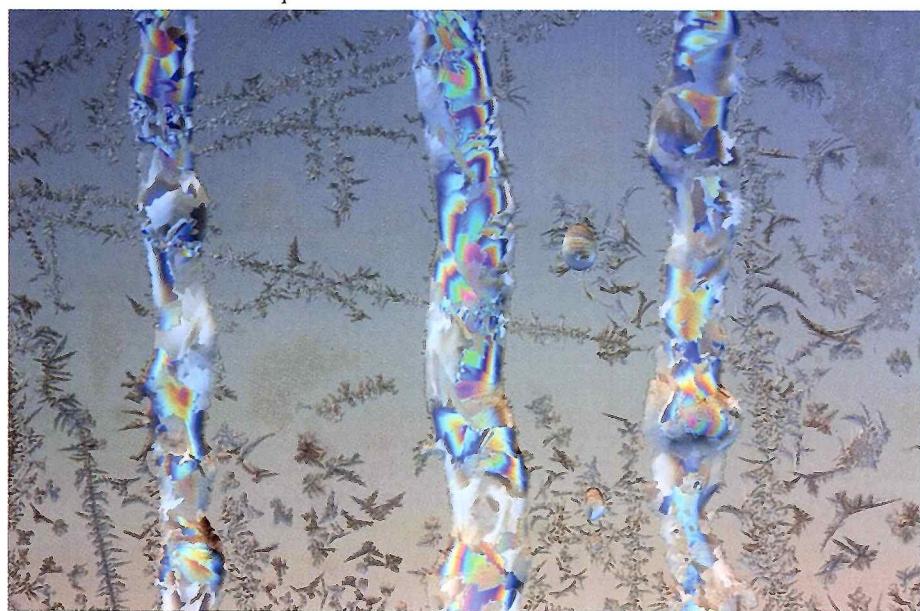
Voda je bezfarebná látka, bez chuti a bez vône. Zdanlivo bežná, nezaujímavá substancia, pritom o nej stále vieme relatívne málo. Pre vodu riskovali viacerí vedci kariéru, povešť, prácu. Na vode boli a sú postavené početné mýty a poloprávdy. Kvôli vode sa dodnes vedú učené spory a polemiky.

Voda pokrýva dve tretiny zemského povrchu, tvorí 70 percent nášho tela. Bez nej by nebolo života. V knihe *Genesis* sa duch vznáša nad vodami. A všetci, ktorí hľadajú život mimo

Zeme, uprednostňujú objekty, na ktorých (či okolo nich) sa nachádza voda. Pretože podmienkou života, ako ho poznáme, je kvapalné skupenstvo. Tečiem, teda som.

Našiniec predpokladá, že táto univerzálna látka je už dávno podrobne preskúmaná. Práve napäť: „Zo všetkých známych kvapalín je voda súčasť najviac skúmanou, ale najmenej chápavou kvapalinou,“ vyhlásil kedysi Felix Franks, ktorý skúmal vodu počas celého života a svoje poznatky zhŕnul v siedmych veľkých knihách. Odvtedy, čo v roku 2016 zomrel, kolegovia ho s úctou spomínajú ako Wasser-Franksa.

Námraza s ľadom na okne v polarizovanom svetle.



Vode však, ani po Franksovi, celkom nerozumieme. Táto, zdanlivo taká jednoduchá substancia, vedcov neustále prekvapuje. Neveríte? Najprv teda zvážte tvrdenia nášho minikvízu:

1. Voda sa skladá z dvoch kvapalín.
2. Teplá voda zamíra rýchlejšie ako studená.
3. Voda má pamäť.

Odpovede: Ani jedno z týchto troch tvrdení nie je celkom nesprávne. Ibaže: *Poznatok, že sa voda skladá z dvoch kvapalín, zverejnili a odobrili iba nedávno.*

Poznatok, že teplá voda sa rýchlejšie mení na ľad ako studená, zaskočil aj renomovaných vedcov.

Téza o „pamäti vody“ je sice do značnej miery spochybňovaná, homeopatiči však práve túto „pamäť“ považujú za dôkaz uzdravujúcej sily dosiahnutej zriedením.

Kadiaľ, pokiaľ ide o vodu, prebieha hranica medzi vedou a ezoterikou?

Anomália vody

Voda vedcov fascinuje najmä svojimi anomáiami. Teda vlastnosťami, ktoré sa odlišujú od fyzikálno-chemických noriem. Učenci dnes registrujú zhruba 70 takýchto odchýlok. **Najznámejšou je takzvaná anomália hustoty:** pri klesajúcej teplote sa bežne atómy látky k sebe približujú, látka sú čoraz hustejšie. Platí to aj pre vodu, ale iba po hranici 4 °C. Ak teplota aj nadálej klesá, voda sa začne rozpínať. Ak sa premení na ľad, vyplní ovela väčší priesitor. Preto zamrznuté vodovody praskajú. Preto pláva ľad na povrchu vody, čo, mimochodom, mnohým živočíchom umožňuje prežiť zimu. Iba vďaka anomálii hustoty nezamíra

voda odspodu, teda odo dna, ale od hladiny. Lebo práve na dne sa hromadí najhustešia voda, tá s teplotou 4 °C.

„Ak by sa voda nesprávala takto blázivo, život by nejestvoval“, tvrdí Anders Nilsson, vari najrenomovanejší výskumník vody v Európe. Práve jeho tím ohromil vedecký svet objavom dvoch kvapalín, z ktorých sa skladá voda. O väčšine anomálii spojených s vodou sa dočítame v učebniciach. Napriek tomu nielen vedci, ale aj laici objavujú nové a nové... A každým je reakcia sveta na objav novej anomálie rovnaká: najprv objaviteľov zosmešnia, potom sa podaktori experti začínajú čudovať a napokon väčšina z nich, krútiac hlavou, hľadá ich vysvetlenie.

Mpembov jav

Pekným príkladom je príbeh Erasta Mpemby. V 60. rokoch uplynulého storočia sa vyučil v dnešnej Tanzánii kuchárom. Jedného dňa mala jeho skupina vyrobiť zmrzlinu. Najprv mali premiešať ovocný prášok s vodou. Mpemba si všimol, že zmes sa v ľadničke rýchlejšie premení na zmrzlinu vtedy, keď prášok nepremiešal so studenou, ale s tepiou vodou.

Upozornil na to školiteľa, a ten si poklopal ukazovákom na hlavu. Preto Mpemba vyhľadal fyzika Denisa Osborna, ale ani u neho nepochodil: „Kvôli zákonom termodynamiky nemôže teplá voda zamízať rýchlejšie ako studená.“

Mpemba profesora presvedčil, aby pokus urobili spolu. Zaskočený Osborne sa stal svedkom „zázraku“ a musel priznať, že za istých okolností sa teplá voda premení na ľad rýchlejšie ako studená. V roku 1965 obaja tento „Mpembov jav“ opísali a uverejnili.

Veda dodnes nedokázala túto anomáliu vysvetliť. Okolo Mpembovho javu sa zrodilo množstvo teórií, ale vedecký svet ani jednu neprijal. Navyše: toto paradoxné správanie sa vody možno reprodukovať iba v časti pokusu! Prečo? To nik netuší.

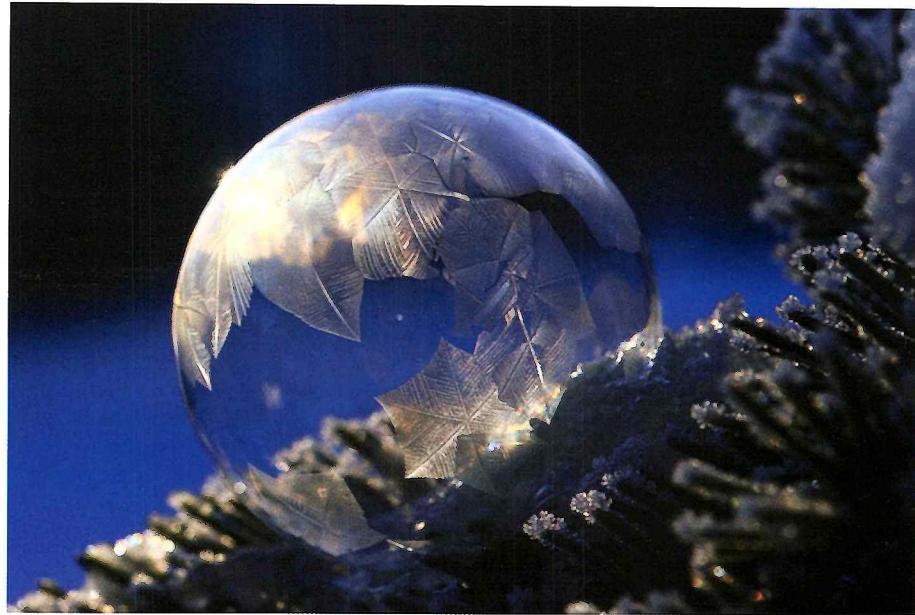
Mpembov jav sa stal typickým príkladom pre záhadné anomálie spojené s vodou.

Atómy – bigamisti

Je jasné, že vedci čosi podstatné okolo vody nechápu. Presnejšie: nevnikli do tajomstva, ktoré súvisí so sociálnym správaním molekúl vody. Tieto molekuly, podobne ako ľudia, totiž môžu kooperovať na bezpočet spôsobov. A vďaka tejto spolupráci vzniká množstvo udivujúcich štruktúr a vlastností, ktoré vodu odlišujú od iných látok.

Dve molekuly vodíka, jedna molekula kyslíka: základné kamene H_2O sú neuveriteľne jednoduché. Ich štruktúru možno znázorniť aj pomocou pantomímy. Tak ako to predvedol fyzik Philip Ball v knihe *Biografia vody*: „Postavte sa a roztahnite nohy. Potom sa potočte v páse o 90° a ak roztahnete aj ruky, znázorníte H_2O .“ Ruky zobrazujú atómy vodíka, brucho je atóm kyslíka. (Pozri pripojené kresby.)

A čo nohy? Tam je, takpovediac, ukrytý vtip tejto molekuly. Pretože väzba medzi vodíkom a kyslíkom neprebieha symetricky. Atóm kyslíka sa správa ako sebecký milenec, kto-



Zamržajúca bublina.

rý po sexe na seba stiahne deku a v „súboji“ s vodíkom pretiahne všetky záporne nabité elektróny na svoju stranu. Atómy vodíka osstanú kladne nabité, v dôsledku čoho na strane kyslíka (teda v nohách molekuly) vznikne prevaha záporných nábojov.

Takúto elektrickú asymetriu dokážu molekuly vody využívať aj medzi sebou. Nakoľko dodatočné elektróny kyslíka pritahujú teraz (kladné) atómy vodíka z inej molekuly, **vznikajú medzi molekulami takzvané vodíkové mosty**. Mimochodom: aj tento mechanizmus objavil študent. Jeho učitelia sa mu vysmiali, jeho atóm vodíka nazvali „bigamistom“. Pantomíma Philipa Balla dokáže vysvetliť aj túto záhadu: „ruký“ (atómy vodíka) sa teraz zakaždým poprepájajú s „nohami“ (voľnými elektrónmi) iných molekúl. Chémia sa tak mení na kolektívny šport. Každá molekula H_2O sa dokáže prepojiť so štyrmi susedmi. Molekuly sa navyše dokážu aj prehýbať a otáčať. Preto môžu nenaviazaní susedia preskakovať do medzipriestorov a vytvárať v nich sku-

piny, ktoré prepájajú do ešte väčších štruktúr. Pri teplotách nad 100 °C to nehrá rolu, pretože jednotlivé molekuly v podobe vodnej parí tancujú nezávisle od seba. S poklesom teploty sa však molekuly začínajú zoskupovať. Ich mnohostranne sociálny charakter sa stáva čoraz výraznejším. Abnormálne vlastnosti vody sa preto častejšie prejavujú v chladnejších podmienkach. Vtedy keď prechádzajú z kvapalného do pevného skupenstva.

Horúci ľad

Napriek všeobecne prijatej mienke voda pri teplote 0 °C nie vždy zamíra. Ak vodu vystavíme silnému tlaku a prinútíme molekuly k zoskupovaniu, dokážeme vyrobiť „**horúci ľad**“ aj pri teplotách 100 °C. (Tento ľad sa však pri nevelkom poklese tlaku okamžite roztopí.) **Vedci predbežne rozoznávajú 17 rozličných foriem ľadu**, ktorých molekuly, v závislosti od tlaku či teploty, nadobúdajú odlišné štruktúry: od Ľadu I až po Ľad XVII. Rovnako je možné ochladit vodu na -40 °C





Neobvyklé hviezdicové štruktúry v ľade v polarizovanom svetle.

bez toho, aby zamrzla. Presvedčiť sa o tom môžete v smiešnych filmovech na youtube.com pod heslom: „supercooled water“. Uvidíte flaše uložené do mrazničky, voda v ktorých ani po niekoľkých dňoch nezamrzne. Keby ste však tieto flaše nešetrne postavili na stôl, v okamihu sa v nich voda premení na ľad.

Vysvetlenie: voda zamŕza iba vďaka kryštaličným jadierkam, takým ako zrnká prachu, okolo ktorých sa sformovali planeteziomály počas vzniku Slnečnej sústavy. Ak tieto jadierka chýbajú (napríklad v čistej vode), ostane v kvapalnom skupenstve aj hlboko pod bodom mrazu. No po aj slabom otrase (šoku) sa však kryštalizácia rozbehne.

Nie sú to iba laboratórne hračky? Kdeže, podobné správanie vody nachádzame aj v prírode. Podchladená voda sa nachádza v oblakoch vo veľkých výškach, kde panujú teploty až po -40 °C. Či sa tam voda nachádza v kvapalnom či pevnom skupenstve, závisí aj od toho, do akej miery oblak odráža slnečné žiarenie, ale aj od globálnej klímy.

Amorfny ľad a dve vody

Najrozličnejšie variácie ľadu zohrávajú významnú rolu aj vo vesmíre. Parádnym príkladom je Jupiterov mesiac Ganymedes, ktorého jadro je obalené 900 kilometrovým sendvičom ľadov. Tlaky a teploty, ktoré v jednotlivých vrstvách panujú spôsobili, že Ganymedes priporúča cibuľu. Jednotlivé ľadové vrstvy vytvárajú formy ľadu I až VI.

Na asteroidoch a kométach sa vyskytuje amorfny (neusporiadany) ľad. Ten vzniká, keď voda zamrzne tak náhle, že molekuly nestihnu vytvoriť kryštalickú mriežku. Na Zemi dokážeme amorfny ľad vytvoriť iba s nemalými

nákladmi. Recept: vodnú paru necháme kondenzovať v medenej rúre pri veľmi nízkych teplotách. A práve tento amorfny ľad je klúčom k nedávnemu a potvrdenému objavu dvoch kvapalín, z ktorých sa skladá voda.

Vedci už dávnejšie vedia, že amorfny ľad sa vyskytuje v dvoch formách: veľmi hustej a menej hustej. V oboch prípadoch je štruktúra vody neusporiadana, ale zakaždým neusporiadana inak. Čo sa stane, keď obe tieto formy ľadu pomaly zahrejeme?

Túto otázku si položil švédsky fyzik Anders Nilsson. Ukázalo sa, že pri teplotách -150 až -140 °C nadobudne ľad zvláštnu formu tekutej ľadovo-vody. Takáto voda tečie pomaly ako med. Jej štruktúru preskúmali vedci pomocou vysokoenergetického röntgenového žiarenia. Zistili, že keď sa dve formy amorfného ľadu roztopia, premenia sa na veľmi hustú a menej hustú kvapalinu (High Density Liquid – HDL, a Low Density Liquid – LDL). Pritom obe tie-

to tekutiny ostanú aj pri extrémne nízkych teplotach také „medové“, že sa dajú iba veľmi ľahko premiešať. Preto sa dobre skúmajú. Profesor Lars Pettersson z Nilssonovho tímu na okraj objavu napísal: „Voda nie je zložitá kvapalina, ale dve jednoduché, ktoré majú komplikovaný vzťah.“

Zdá sa, že Švédi odvekú záhadu vody vyriesili. Ibaže: dokáže tento objav objasniť všetky anomálie vody? „Dozvedeli sme sa, že existujú dve tekutiny“, hovorí Profesor Thomas Loertering z Innsbruck University. „Vieme však aj to, že ak stúpne teplota, tieto tekutiny sa veľmi rýchlo menia a kryštalizujú.“

Vedci zatiaľ iba tušia, aký význam má podvojná prirodzenosť vody pri teplotách pod -140 °C. Podľa Larya Petterssona sa voda skladá aj pri izbovej teplote z dvoch kvapalín. Anomálie sa objavujú preto, že voda sa „nedokáže rozhodnúť, ktorú z oboch foriem si zvolí. Viac, alebo menej hustú, čo okamžite ovplyvňuje lokálne fluktuácie medzi oboma kvapalinami.“

Svoju teóriu však zatiaľ nevie dokázať, pretože pri izbovej teplote sa molekuly vody premiešajú tak rýchle, že obe formy v podstate nemožno pozorovať.

Novodobí alchymisti v rukách biznismenov

Neúplné poznatky otvárajú priestor pre najrozličnejšie špekulácie, aj ezoterické. Ak má voda naozaj také nečakané vlastnosti, potom by mohla táto látka ukrývať aj ďalšie tajomstvá.

A tak sa dostávame k disciplíne, ktorá je pre vedcov, zameraných na vodu, neistou pôdou. Práve na tomto poli sa vyskytlo najviac omylov a nesprávnych interpretácií výsledkov. Okolo vody sa nebadane sformovali priemysel, ktorý pripomína stredovekú alchymiu. V laboratóriach týchto „vodných barónov“ sa zušľachťuje voda tak, aby výrobcom zabezpečila čo najvyšší zisk. Skorumpovaní vedci pomocou pochybných metód vodu na rozličný spôsob nabíjajú, oživujú, aktivujú, levitujú, štrukturujú, energetizujú či informujú. Nejeden vedec z týchto laboratórií sa už nadobro skompromitoval.

Pripomeňme debakel okolo „polyvody“, ktorý koncom 60. rokov 20. storočia rozbúril hladinu: dva ruskí chemici oznamili, že vyrobili v laboratóriu „ostražitú vodu“, ktorá je stabilnejšia ako normálna voda. Na lep im nesadli iba bulvárne médiá, ale aj taký Wall Street Journal. Našli sa aj publicisti, ktorí varovali ľudstvo „pred najnebezpečnejšou látkou na svete“: už kvapka z polymerizovanej vody by mohla v oceánoch vyvolať reťazovú reakciu tak, že by voda nadobudla inú, stabilnejšiu formu.

Prestavme si more vyplnené voskom. Koniec sveta! Globálna hystéria však rýchle vy-



šumela. Nezávislé experimenty ukázali, že hypotézy oboch Rusov, presnejšie ich údaje, vyplynuli zo znečistenia skúmanej vody. Ich „polyvodou“ bola mokrá soľ.

Medzi vedou a pavedou

Rovnako dopadla aj téza o „pamäti vody“.

V roku 1988 oznámil francúzsky imunológ Jacques Benveniste v prestížnom týždenníku *Nature*, že mimoriadne zriedené tekutiny pôsobia na častice krvi aj vtedy, keď sa v nich ne nachádza ani jediná molekula účinnej látky. Benveniste: „Vyzérá to tak, ako keby si voda pamätaла molekulu, s ktorou sa už stretla.“

Homeopati zajasali. Konečne sa našiel uznaný vedec, ktorý ich učenie podporil: „Voda s vysokým potenciálom, bez detegovateľných prípadov, môže mať biologický účinok.“

Článok vyvolal neslýchaný ohlas. Do sporov a diskusii sa zapojili stovky učencov. Škandál vyvrhol návštavou šéfredaktora *Nature*, ktorý spolu s najatým detektívom a mágom navštívili Benvenistovo laboratórium, aby odhalili jeho triky.

Napriek tomu, že v jeho záznamoch objavili viaceré chybčky, z premysleného podvodu ho neusvedčili. V nijakom inom laboratóriu však pomocou jeho metódy k rovnakým výsledkom nedospeli.

Benvenistovo laboratórium zatvorili. A samotný vedec, označovaný odvtedy za šarlatánu, až do konca života svoj objav roztrpčene obhajoval.

Podľa Geralda Pollacka, biológ a vydavateľa časopisu *Water*, spôsobili tieto dva prípady výskumu vody nenapravitelné škody. Akoby sa táto disciplína rozstieplala: *na hlavný prúd bádateľov, ktorí mimoriadne úzkostlivovo (ale aj zdľhavo) odhalujú molekulové vlastnosti vody (pomocou röntgenového žiarenia i počítačových simulácií.). A na druhú, menšiu skupinu, v ktorej sa ocitli tí, čo sa o záhadu okolo vody zaujímajú, pretože veria, že potenciál tejto látky ostane ešte dlho neodhalený.*

Akýmsi mostíkom medzi oboma skupinami je chemik Martin Chaplin, ktorý má o výskume vody najpodrobnejší prehľad. Na jeho internetových stránkach (www.lsbu.ac.uk/water) nájdete ku každej téme veľké množstvo

štúdií. Napríklad o „pamäti vody“, ktorú ani Chaplin zatiaľ neodpísal. Treba však povedať, že tieto štúdie nemožno považovať za dôkaz účinnosti homeopatie. Na to sú jej efekty spravidla mimoriadne krátkodobé. Okrem toho: homeopati liečia svojich pacientov guličkami. Nie vodou.

EZ-voda: medzi realitou a fikciou

Ešte menej jednoznačná je teória, ktorú propaguje aj Pollack. Vedci z University of Washington v Seattle objavili zvláštnu, doteďa skrytu vlastnosť vody, takzvanú zónu exklúzie (vylúčenia). Táto zóna (EZ) sa tvorí iba na periférii, na okrajoch. Táto zvláštna vrstva vody, zbavená akýchkoľvek nečistôt, sa prejavuje polokryštalickým stavom. V knihe s titulom „Voda je viac ako len H_2O “ spomína Pollack v súvislosti s EZ-vodou fantastické možnosti: pomocou nej sa napríklad bude čistiť voda a meniť slnečné žiarenie na energiu tak efektívne, že onedlho EZ voda nahradí solárne batérie.

Kolegovia však Pollacka berú s rezervou. Jeho výzive posudzujú skepticky, pripomínajúc mu zásadu: *Mimoriadne tvrdenia vyžadujú mimoriadne dôkazy.* A tie Pollack zatiaľ nezverejnili. Na Pollackove články najbúrlivejšie zareagovali alternatívni liečitelia a moderní vodní alchymisti, ktorí prisahajú na levitáciu, energetizáciu a informáciu vody. Záujem z tejto strany Pollackovi kazí vedeckú povest.

Skepsu svojich kolegov vysvetluje Pollack rôznym spôsobom. Tvrdí, že väčšina sa zamiera najmä na detaily, takže nevnmajú javy a veci celistvo, z väčšieho odstupu. V niečom má pravdu: v celom svete nenájdete laboratórium, kde by sa molekulárne a makroskopické aspekty vody skúmali vyvážene. Napriek tomu, že iba v Nemecku skúma viac ako 150 inštitútorov najrozličnejšie aspekty vody: od analýzy škodlivín až po stavanie hrádzí. To, čo chýba, je syntéza poznatkov.

Záhada Emotových fotografií

Na záver pripomeňme, že podaktori vedci sú presvedčení: voda dokáže reagovať na ľudské myšlienky a pocity. Táto hypotéza obieha okolo sveta už niekoľko rokov. Zrodila sa z fo-

tografií japonského hydrovizionára Masuru Emota (1943-2014). Emoto zverejnil snímky kryštálov ľadu s textmi, v ktorých sa píše, že každá z týchto fotografií zviditeľňuje reakcie vody na najrozličnejšie podnety.

Ak vrah ozvučí vodu peknou hudbou, napríklad Mozartovou symfóniou, alebo sa jej zveríme s nejakou príťažlivou myšlienou či emociou (napríklad „ľáska“), vytvára nádherné formy. Na škodlivé vplyvy (napríklad na pohár s nápisom „Hitler“ alebo na metalovú hudbu) reaguje voda tak, že vytvára nezaujímavé až škaredé kryštály.

Úžas...! Žiaľ, Emoto neprezradil, ako svoje fotografie robil. Jedno je isté: ak niekto exponuje stovku fotografií z jedného kryštálu a potom z nich vyberie takú, ktorá mu pasuje do teorie, môže týmto spôsobom dokázať akýkoľvek vplyv.

S vedou to už však nemá nič do činenia, ide o umenie. Hoci: vodné umenie nemusí byť na zahodenie.

Die Zeit, november 2017

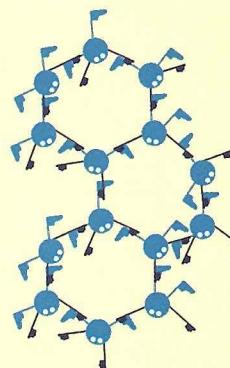
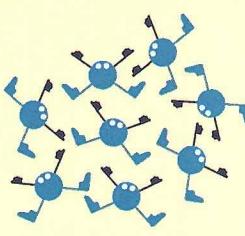
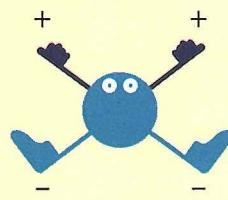
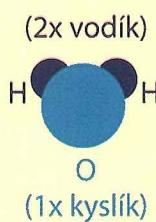
E. G.

Fotografie Daniela Rapavá



Námraza na ihliči v polarizovanom svetle.

Spoločenské molekuly



Molekula vody, H_2O , sa skladá z dvoch atómov vodíka a z jedného atómu kyslíka. Ich väzba vytvára asymetrickú molekulu.

Pantomíma H_2O : Asymetria znázornená postavičkami malých mužíkov: nohy zodpovedajú zápornému, ruky kladnému náboju.

Voda: Nabité molekuly vody sa slabovo prítahujú. Preto ich väzby rýchlosťou zanikajú.

Ľad: Keď voda zamíra, interakcia molekúl je pevnejšia. Skladajú sa do kryštálov.

Kepler-13Ab:

exoplanéta, na ktorej sneží titán

Keby ste sa ocitli na nočnej (čiže od hviezdy neustále odvrátenej) strane tejto exoplanéty, zišiel by sa vám pevný dáždnik. Pretože tam jednostaj sneží. Nie sú to však snehové vločky ako na Zemi. Na tejto planéte padajú na povrch vločky z oxidu titánu. Na opačnej, k hviezde privrátenej strane exoplanéty by ste zasa potrebovali slnečník. Takto, s humorom, opisujú objavitelia jednej z najhorúcejších exoplanét podivný, 1730 svetelných rokov vzdialený svet, kde teplota atmosféry dosahuje 2700 °C.

Titánový sneh neobjavili vedci priamo. Pomocou Hubblovho vesmírneho dalekohľadu zistili, že teplota atmosféry na tomto telesu s výškou klesá. Bol to opak toho, čo očakávali. Keby sa oxid titánu nachádzal na dennej strane, absorboval by svetlo i teplo v horných vrstvách atmosféry. Ibaže: výškové vetry prepravujú oxid titánu priebežne z dennej na nočnú stranu, kde kondenzuje. Formujú sa tam titánové mraky, padá tam titánový sneh. Silná gravitácia exoplanéty stahuje oxid titánu z horných do spodných vrstiev atmosféry, takže sa nemôže vrátiť opäť na dennú stranu. Kepler-13Ab, horúci exojupiter s hmotnosťou $6 M_J$, sa do učebnic planetológie určite zapíše. Astronómia na tejto exoplanéte objavila zrážkový proces nazvaný „studená pásca“. Keby oxid titánu neabsorboval na dennej strane svetlo hviezdy, teplota atmosféry by sa s výškou znižovala. Vedci vedia, že na normálnych horúcich exojupiteroch oxid titánu žiarenie hviezdy absorbuje, aby ho vzápätí v podobe tepla opäť vyžiaril. Preto sú horné vrstvy atmosfér týchto exoplanét horúcejšie ako spodné.

Štúdium atmosfér exoplanét, najmä tých teoretských, sa stáva jednou z preferovaných disciplín astronómie. Aj na Pennsylvania State University, USA: „Na dobrej pomoci sú nám najmä horúce exojupiterity. Hojne sa vyskytujú, sú veľké a rôznorodé. Vďaka nim sú naše poznatky o procesoch prebiehajúcich v atmosférach exoplanét čoraz hlbšie. Bez tejto prípravy by sme nedokázali študovať klímu a počasie na menších, potenciálne obývateľných planétach,“ vraví Thomas Beatty, vedúci tímu.

Beattyho tímu si zvolil horúci exojupiter Kepler-13Ab preto, že je zrejme najhorúcejší zo všetkých doteraz objavených exoplanét. Teplota atmosféry však s výškou stúpa aj na iných horúcich exojupiteroch. Ba stúpa aj v atmosférach oveľa chladnejších plynových obrov v našej Slnečnej sústave.

Kepler-13Ab krúži okolo svojej hviezdy (ktorá je zložkou trojhviezdy!) po blízkej obežnej dráhe v tzv. slapovom zámku. S jednou večne k hviezde privrátenu stranou. (Podobne ako

Mesiac a Zem.) Detekcia oxidu titánu potvrdila dávnejšiu teóriu, podľa ktorej by sa „titánové zrážky“ mohli objavovať v atmosférach obrích planét so silnou gravitáciou.

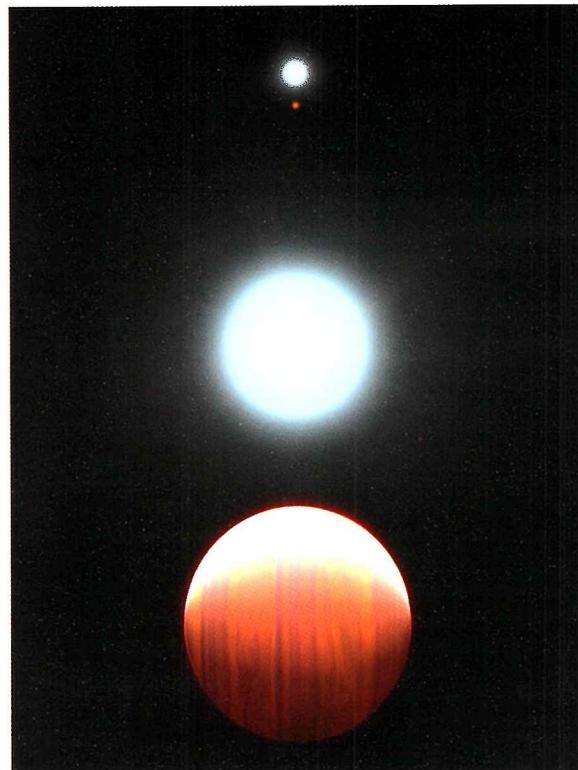
Titánové zrážky objavili vedci aj pri väčšine iných horúcich exojupiterov, ale tieto plynové obry majú oveľa slabšiu gravitáciu ako Kepler-13Ab. Titánový sneh neprenikne dosť hlboko do ich atmosfér. Silné vetry v horných vrstvách atmosféry preto premiestnia titánové vločky a kvapky naspäť na dennú stranu. Tam sa vyparia a premenia na plyn.

Vedci skúmajú Kepler-13Ab pomocou Wide Field Camera 3 na palube HST v infračervenej oblasti spektra. Čažisko pozorovania prebehlo počas sekundárneho zákrytu (v dobe, keď sa planéta ocitla za hviezdu.) Vďaka tomuto javu dokážu vedci získať údaje o teplote jednotlivých zložiek atmosféry na dennej strane planéty.

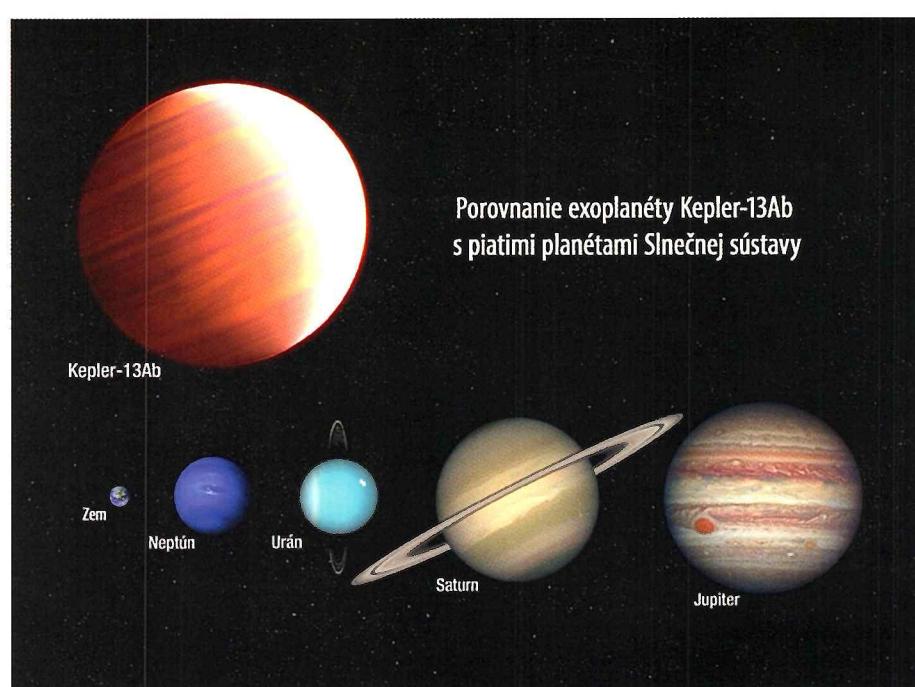
Zverejnenie poznatkov o exoplanéte Kepler-13Ab vzbudilo menšiu senzáciu. Už vieme, ako sa v atmosférach veľmi horú-

cich exojupierov tvoria kondenzáty a oblaky, prípadne ako na zloženie atmosféry vplýva gravitácia. Dozvedeli sme sa, že k pochopeniu týchto planét nestačia iba údaje o ich teplote, ale najmä čo najpresnejšie údaje o sile ich gravitácie.

NASA Press Release
E. G.



Ilustrácia znázorňuje horúcu exoplanétu Kepler-13Ab, ktorá krúži po veľmi blízkej obežnej dráhe okolo svojej hviezdy Kepler-13A. Väčší kotúč v pozadí je hvieza Kepler-13B, najmenší kotúčik je hvieza Kepler-13C. Ide teda o trojhviezdu.



Porovnanie exoplanéty Kepler-13Ab s piatimi planétami Slnečnej sústavy

Ilustrácia porovnáva obriu planétu Kepler-13Ab s niektorými planétami našej Slnečnej sústavy. Kepler-13Ab, jedna z najhorúcejších exoplanét, je 6-krát hmotnejšia ako nás Jupiter.

Žeň objevů 2015 - B

1.2.4. Planetky hlavního pásu

E. Lakdawallaová popsala v dubnovém Sky&Telescope přílet sondy *Dawn* (6. 3. 2015) k trpasličí planetě *Ceres*. Sonda startovala v září 2007, na cestě ji urychlil gravitační prak Marsu v únoru 2009 a k planetce *Vesta* dorazila 16. 7. 2011. Po ročním průzkumu od ní odletěla 5. listopadu 2012. Je to poprvé, kdy nějaká sonda obíhala kolem dvou různých těles Sluneční soustavy. Sonda má 20 m sluneční panely, které v těchto vzdálenostech dodávají pouhých 13 % příkonu ve srovnání se Zemí. Dalšími dvěma takto vybavenými sondami jsou ještě *Rosetta* a *Juno*. Elektřina pohání iontový motor, který spotřebuje jen 3,25 mg xenonu za sekundu! Tah je pouhých 91 mN, což odpovídá tlaku papíru na dlani ruky. Díky neustálému působení však dokázal změnit rychlosť sondy za celou dobu o rekordních 10,7 km/s. Předtím používala iontový pohon např. sonda *Hayabusa* (2005 k asteroidu *Itokawa*) nebo *SMART-1* u Měsíce (2003 až 2006). Cestou k Cererě postupně „odešla“ dvě ze čtyř reakčních kol, ale po úpravě plánu mise normálně pokračuje. Zatímco *Vesta* má zřejmě železné jádro a křemíkaté horniny v obalu, hustota Cerery je poměrně nízká (viz tabulka), takže je zde zastoupen ve větším množství vodní led. McCord a Sotin uvádějí, že *Ceres má kamenné jádro a ledový obal* (směs ledu a hornin, 17 až 27 % hmoty). Infračervený dalekohled *Herschel* pozoroval občasný výskyt vodní páry nad částmi povrchu. Dawn pozorovala světlé skvrny na povrchu, snad ledové vulkány.

Porovnání Vesty a Cerery

parametr	<i>Vesta</i>	<i>Ceres</i>
velká poloosa dráhy (a)	2,4 au	2,8 au
výstřednost dráhy (e)	0,09	0,08
sklon dráhy k ekliptice (i)	7°	11°
doba otočky kolem osy	5,3 h	9,1 h
poloměr	263 km	476 km
odrazivost povrchu (albedo)	0,42 (42 %)	0,09 (9 %)
hustota	3 500 kg/m ³	2 100 kg/m ³

M. Küppers aj. prezentovali v *Nature*, že opar byl pozorován na dně kráteru *Occator* (průměr 92 km, největší světlé skvrny), jejich původ je nejspíš ledový nebo jde o soli, jak uvádí i C. Russel. A. Rivkin dále uvádí, že trvanlivost ledu na povrchu by byla krátká, a proto musí být neustále obnovován. Voda z podpovrchových vrstev uniká trhlinami (*catanae*). Na povrchu jsou důkazy sesuvů a proudů, navíc na jednom místě je 5 km vysoká hora pyramidálního tvaru s plochým vrcholem, která by mohla být též projevem ledového vulkanismu. V prosincovém čísle týdeníku *Nature* pak M. De Santis a jeho tým uvádějí, že meteority, které mají nejblíže k materiálu na Cereře, jsou uhlíkaté chondrity bohaté na těkové látky. Světlé skvrny na povrchu jsou pak tvořeny amoniakovými fylosilikáty (možná původem z vnějších oblastí Sluneční soustavy) nebo hořečnatými solemi. Výskyt silikátů z vnějšku Sluneční soustavy předpokládá jejich přenos pomocí migrujících těles.

E. Hand uvádí v *Science*, že Dawn nám umožní hledat stopy podpovrchového oceánu na Cereře. Tato trpasličí planeta je dostatečně velká na to, aby se minulosti rozdělil její vnitřek

na vrstvy, z nichž jednou by byl tekutý vodní oceán. Dnes je pod povrchem zřejmě pláště ze směsi ledu a hornin, ale nelze vyloučit, že tekutý oceán zde přetrval dodnes. Na povrchu Cerery je překvapivě málo velkých kráterů, což podporuje myšlenku, že těleso bylo (nebo stále je) geologicky aktivní.

G. J. Consolmagno aj. uvádí, že *Vesta* není nedotčenou protoplanetou z počátků Sluneční soustavy. Vyplývá to z dosavadních výsledků měření sondy *Dawn*, složení meteoritu z Vesty a absence materiálu z pláště na povrchu Vesty. Během své existence prodělala přeměnu, pravděpodobně vlivem srážek, která vedla ke změně jejího vnitřního složení a struktury. T. McCord a J. Scullyová popisují složení povrchových vrstev Vesty, které jsou převážně tvořeny výlevními procesy. Překvapivě málo se vyskytují horniny, které by byly na povrch dopraveny z pláště planetky. Části povrchu obsahují minerály donesené na povrch při pomalých srážkách s jinými tělesy. Místy se setkáváme s izolovanými bloky materiálu jiného složení, např. ve stěnách kráterů, které by mohly být zbytky původních stavebních bloků, z nichž Vesta vznikla.

O nalezení potenciálního satelitu planetky Vesta se astronomové pokoušejí již asi tři desetiletí. Tým L. McFaddenové potvrdil, že po detekční limit kamery *Dawn*, který činí 3 metry, nebyl nalezen žádný přirozený průvodce planetky Vesta.

T. R. Hunter a jeho tým uvedl výsledky pozorování planetky (3) *Juno* pomocí radioteleskopů *ALMA* (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) v poušti Atacama v Chile. Použita byla dlouhá základna, což vedlo k rozšíření útvarů o velikosti 60 km na jejím povrchu. Pozorování zahrnují 60 % ze 7,2 hod. doby jedné otočky. Během pozorování byla vidět především jižní polokoule (nasnímáno asi 25 % povrchu). Na snímcích je patrný tvar i náznak útvarů na povrchu. V listopadu 2018 bude možno dosáhnout ještě třikrát lepšího rozlišení, pokud se použije parabol ALMA v podobné konfiguraci. Z výsledků pozorování je patrné, že planetka má rozměr průměr (259 ± 4) km a průměrnou teplotu na povrchu asi -70°C . Kombinací všech pozorování (zákryty hvězd planetkou, snímky v blízkém infračerveném oboru pomocí adaptivní optiky, interferometrie v submillimetrovém oboru, křivky změn jasu) byl definován tvar planetky někde mezi nepravidelnými malými a téměř kulatými velkými planetkami. Na okrajích jsou patrné deprese, zřejmě impaktní krátery. M. Viikinkoski aj. též potvrzuji výše uvedené údaje a připomínají, že až bude ALMA schopna pozorovat v plné konfiguraci, její rozlišení bude lepší, než u dalekohledů s adaptivní optikou o průměru 8 až 10 m, protože téměř se vyrovnaná už nyní, nebo je i trochu překonává.

Zajímavou skupinou hlavního pásu planetek jsou aktívni asteroidy, nebo také komety hlavního pásu. K roku 2015 jich známe osmnáct. D. Jewitt aj. studovali pomocí HST během několika měsíců výtrysky z objektu 311P/*PanSTARRS*. Objekt o velikosti kolem 200 metrů uvolnil během devíti měsíců devět samostatných výtrysků hmoty. Velikost částic se pohybuje od 10 mikrometrů do řádově desítek milimetru a úniková rychlosť pod 1 m/s. Množství uvolněné hmoty odpovídá situaci, jako by z celého povrchu zmizela 20 mm tlustá vrstva, nebo ještě tlustší z adekvátně menší plochy povrchu. Pozorování naznačují, že důvodem uvolňování částic nemohla být srážka s jiným tělesem nebo sublimace ledu. Vypadá to, že tento objekt ztrácí povrchový materiál díky rotační nestabilitě (nejspíš podpořené Yarkovským efektem). Nepodařilo

se zjistit rychlosť rotace, ale změny jasu naznačují rychlou rotaci za méně než 0,7 hodiny.

Další aktivní planetkou je těleso kometárního označení **331P/Gibbs**. M. Drahus a další popisují tuto planetku s rychlou rotací, jak ztrácí materiál, což z ní činí těleso kometárního vzhledu. 331P/Gibbs je řádově kilometrové těleso s rychlou rotací (otočka za 3,24 hodiny). Jiné rychle rotující planetky obvykle neprodukují prachové výtrysky ze svého povrchu, a i když byly pozorovány rozpady planetek, nikdy to nebylo z důvodu rychlé rotace. Podobné chování, s postupným a trvalým únikem hmoty, pozorujeme ještě u objektu **133P/Elst-Pizarro** a planetky **(62 412)**. Na rozdíl od nich však Gibbs prodělával náhlou explozi a výron prachu a fragmentů. Autoři se domnívají, že ať už jde o náhlé výrony, nebo o souvislou ztrátu prachu, vždy je přičinou rotační nestabilita planetek následkem efektu YORP (změny rotace způsobuje nestejnoměrné uvolňování tepla z různě zahříváných míst povrchu).

Další těleso **313P/Gibbs** projevuje oproti předchozímu svou aktivitu již dlouhou dobu, protože se ji podařilo dohledat i na archivních snímcích, jak uvedl M. T. Hui a D. Jewitt. Tato aktivita tedy bude nejspíš poháněna uvolňováním (sublimací) ledu. Přitom jsou uvolňovány částice prachu relativně velkého rozměru 25 až 600 mikrometrů. Aktivita na archivních snímcích z roku 2003 byla dokonce cca dvakrát vyšší než v době objevu v roce 2014.

A. Heinze a S. Metchev prezentovali v časopise *Astronomical Journal* velmi zajímavé výsledky pozorování planetek pomocí dalekohledu o průměru pouze 0,9 metru. Jednak ukázali, že vhodným postupem jsou schopni detektovat stejně slabé planetky, jako 4m dalekohled a jednak, že jim k výpočtu vzdálenosti, a tím i k odhadu velikosti planetky, stačí pozorování z pouhých dvou nocí. Standardně je potřeba planetky pozorovat 7 až 10 nocí pro určení přibližné dráhy. Astronomové však nyní na vzorku 197 pozorovaných planetek ukázali, že to dokáží ze dvou nocí s chybou pouze 1,6 %. Využívají při tom metodou úhlových změn pohybu planetky v důsledku rotace Země. Pozorování provedli pomocí 0,9m dalekohledu WIYN na Kitt Peaku. K vyhledání planetek využili metodu **digitálního trackování** (snímání s pohybem ve směru předpokládaného pohybu planetek). Dostali k tomu zapojěnu skvělou CCD kamery vyvinutou pro 4m Mayallův dalekohled NOAO (též na Kitt Peaku). Tato kamera má na 0,9m dalekohledu zorné pole $1 \times 1^\circ$, excelentní zisk a nízký šum. Metodou digitálního trackingu v pouhých dvou nocích detekovali v zorném poli kamery velké množství planetek (celkem 215), z nichž nejslabší měla 23,4 mag (s využitím 4m dalekohledu na Kitt Peaku se v roce 2009 dostali standardní metodou na stejnou hvězdnou velikost v červeném oboru). Nakonec u 197 planetek se podařilo změřit jejich polohu v obou po sobě jdoucích nocích. Ze změrených vzdáleností planetek mohli určit absolutní magnitudu a tím i přibližnou velikost těles. Nejslabší objekty měly velikost mezi 130 a 300 metry. S využitím většího 4m dalekohledu bude možné jít ještě dál a hledat i planetky řádově sto metrů velké. O tom, kolik takových planetek o rozmezích 100 až 2000 metrů v pásu planetek je, panují pouze přibližné představy. Budoucí pozorování tak mohou lépe odhalit, jak vypadá populace asteroidů v pásu planetek a jejich kolizní minulost.

Řada planetek hlavního pásu není sama, ale buděj do provází satelit, anebo jde o binární systémy. Řada takových studií proběhla i v tomto roce. B. Carry aj. využili optická, infračervená a interferometrická pozorování k tomu, aby proměřili binární planetku (939) *Isberga*. Mimo jiné určili, že obě složky se obíhají s periodou 26,6 hodiny a hlavní těleso má velikost asi 12,4 km a družice asi 3,6 km. Vzájemná vzdálenost je 33 km. Měření spektra určilo, že jde o planetku typu S, ale podle hustoty je zřejmě trochu poréznější,

než je typické pro meteority z takových planetek (chondrity typu S).

Na pozorování fotometrické křivky planetky **(4541) Mizuno** se podíleli i astronomové z Ondřejova. Určili, že tento binární systém má oběžnou dobu 29,68 hodiny. Primární složka se otáčí jednou za 2,8 h a ze světelné křivky plyne, že má téměř kulový tvar. Druhá složka, jak je patrné ze vzájemných zákrytů, je asi čtvrtinová. Podobný systém vyzkazuje binární planetka **(4514) Vilen**. Její složky se obíhají s periodou 16,85 hodiny, hlavní složka je opět téměř sférická s rotační periodou 2,9 h. Menší složka je k ní v poměru 0,26. Petr Pravec aj. proměřili také planetku **(46 829)**, jejíž složky se obíhají za 16,8 hodiny a menší složka je k větší v poměru 0,4. Z dalších objevených binárních planetek uvedeme pozorování tělesa **(5425) Vojtěch**. Z měření R. Stephense aj. vyplývá, že její složky se obíhají za 25,43 hodiny, hlavní složka se otáčí za 2,65 h a má trochu protáhlý tvar. Druhá složka má asi pětinový rozměr vůči hlavní. Binární povaha byla ještě objevena a proměřena u planetek **(8474) Rettig**, **(4272) Entsuji**, **(3433) Fehrenbach** a **(2343) Siding Spring**.

1.2.5. Křížiči (NEO)

Planetka **2004 BL86**, která minula Zemi 26. ledna 2015, byla zkoumána opticky J. Pollockem a P. Pravcem a J. Bennerem aj. radarem v Goldstonu. Planetka proletěla 1,2 mil. km od Země, má průměr 325 m a byl u ní nalezen průvodce 50–100 m velký. Satelity byly radarem objeveny už v 44 křížicích zemské dráhy a dva mají dokonce dva průvodce.

V. Reddy aj. popsali podrobně potenciálně nebezpečnou planetku **2004 BL86**. Uvádí, že podrobný výzkum těchto těles je důležitý pro posouzení toho, jaký účinek by případná srážka se Zemí měla. Spektrální charakteristika naznačuje podobnost s meteority ze skupiny planetky *Vesta* (lávové proudy vnitřně diferencovaného tělesa).

Snímky planetky **(4179) Toutatis**, které pořídila při průletu v roce 2012 sonda *Chang'e 2*, prostudoval tým Y. Bua. Nově vytvořený model planetky si můžeme představit jako tříosý elipsoid s rozměry $4354 \times 1835 \times 2216$ m.

I. Wlodarczyk se zaměřil na potenciálně nebezpečnou planetku **(410777) 2009 FD**. Ta byla vysoko na tabulce hladky JPL. Planetka typu *Apollo* má rozměr asi 160 m, jež by se mohla v osmi případech srazit se Zemí v letech 2185 až 2198, i když pravděpodobnost srážek je ve všech případech velmi nízká.

J. Drmola a M. Mareš z oddělení bezpečnosti a strategických studií MU v Brně se zamýšlili nad **bezpečnostními riziky využití blízkozemních asteroidů**. Hlavní riziko už nevidí ve státním sektoru, jako spíše u soukromých firem, pokud by chtěly využít asteroidy k těžbě surovin, a to v případě nějaké nehody, která by planetku navedla do atmosféry. Zrovna tak hrozí riziko, pokud bychom měli odklonit nějakou planetku z předpokládané kolizní dráhy, případně pokud by planetku někdo k Zemi dokonce navedl úmyslně.

Japonská vesmírná agentura *JAXA* vyzvala veřejnost, aby navrhla jméno pro asteroid, k němuž směřuje sonda *Hayabusa-2*. Planetka s předběžným označením **1999 JU3** dostala definitivní číslo a jméno **(162 173) Ryugu**. Sonda by měla k planetce dorazit v roce 2018.

L. L. Yu & J. Ji provedli analýzu povrchových vlastností planetky **(101955) Bennu**, cíle sondy *OSIRIS-REx*. Teplotní charakteristiky povrchu odpovídají tomu, že většina povrchu je kryta jemnou půdou se zrnky o rozměru od 1 do 31 mm a jde tak o vhodný cíl mise, která má z planetky odebrat vzorky a přivezt je zpět na Zemi.

1.2.6. Komety

6. srpna 2014 dorazila evropská sonda *Rosetta* ke kometě 67P/Čurjumov-Gerasimenková a vstoupila na její oběžnou dráhu. Jak shrnuje K. Mandtová aj., do té doby měli vědci jen omezenou možnost studovat komety zblízka, protože šlo pouze o jednorázové průlety (v případě komety **Tempel 1** ovšem pomocí dvou různých sond). V září 1985 proletěla sonda *International Cometary Explorer (ICE)* 7 800 km od jádra komety 21P/Giacobini-Zinner. Táž sonda pak zkoumala ohon *Halleyovy komety* ze vzdálenosti mnoha miliónů kilometrů o rok později. To už ovšem probíhala rozsáhlá kampaně, během níž zkoumalo kometu 1P/Halley hned několik sond. Byly to japonské *Suisei* a *Sakigake* a sovětské *Vega 1 a 2*. Nejblíže pak proletěla sonda *Giotto* (600 km), první sonda Evropské vesmírné agentury. Ta později proletěla ještě kolem komety 26P/Grigg-Skjellerup v červenci 1992, pouze 200 km od jádra, ale to už nemohla snímkovat. Další mise *Deep Space 1*, sloužící hlavně k testování nových technologií, proletěla 2 000 km od jádra komety 19P/Borely v září 2001. Další mise, *Stardust*, dostala za úkol posbírat vzorky meziplanetárního prachu i prachu z komety 81P/Wild 2, kolem které proletěla v lednu 2004, a pak se vrátila se vzorky zpět na Zemi. Ke kometě 9P/Tempel 1 doletěla v červenci 2005 sonda *Deep Impact*, která zde pomocí měděného projektu provedla menší explozi a vědci mohli studovat uvolněný materiál. Tuto kometu pak v únoru 2011 fotografovala i sonda *Stardust*. Mezitím *Deep Impact*, přejmenována na misi *EPOXI*, minula v listopadu 2010 jádro komety 103P/Hartley 2. Přestože se vědci dozvěděli o kometách hodně nového, mise *Rosetta* a jejího přistávacího modulu *Philae* slibovala úplně nový pohled na komety, které, jak věříme, jsou schránkami s uloženými informacemi o tom, jak vznikala Sluneční soustava. Kometě 67P se více věnujeme níže v samostatné kapitole.

Cím více snímků kometárních jader z kosmických sond máme k dispozici, tím více je zvláštní, jak velké zastoupení mezi nimi mají **jádra dvojitá**, jako by šlo o slepencové dvou samostatných jader. Kromě toho je často patrná vrstevnatá struktura. M. Jutzi a E. Asphaug provedli simulaci, zda to nemůže být důsledkem srážek už při vzniku kometárních jader. Nechali běžet na stovku trojrozměrných modelů srážejících se těles o různé dráze a hmotnosti. Ze simulací vyplývá, že současný vzhled kometárních jader může mít původ ve srážkách při jejich vzniku.

Dne 19. října 2014 nastal velmi zajímavý okamžik: úplně nová kometa z *Oortova oblaku*, **C/2013 A1 (Siding Spring)**, jen velmi těsně minula planetu *Mars*. Fascinující náhodou byla kometa v době maximálního přiblížení jen 137 tisíc km od planety. Kometu objevil Robert McNaught z Austrálie a již v době objevu 7,2 au od Slunce jevíla komu a chvost. Vzhledem k přítomnosti několika sond na oběžné dráze i dvou robotických vozítek na povrchu se nelze divit, že se pokusily zapojit do pozorování průletu komety. Ačkoli 5,5 dne po průletu kolem Marsu prošla kometa přísluním, její aktivita nebyla nakonec tak vysoká. Jádro mělo oproti předpokladu velikost jen asi 350 m a očekávané účinky na atmosféru Marsu byly malé. Pro nové komety z Oortova oblaku je typické, že bývají hodně aktivní už daleko od Slunce. C. Kiss aj. uvádí z měření *Herschelovým vesmírným dalekokohledem*, že kometa musela začít s aktivitou už ve vzdálenosti 8 au od Slunce (témař tak daleko, jako Saturn). Koma měla už tehdy velikost 50 000 km. Později komety přecházejí z aktivity poháněné uvolňováním ledů oxidu uhelnatého a uhličitého na aktivitu díky uvolňování vodního ledu. Podle týmu D. Bodewitse, který využil UV dalekokohled na palubě družice *Swift*, začala kometa uvolňovat vodní led skokově ve vzdálenosti mezi 2,46 a 2,06 au. Zjevně šlo o sublimaci ledových

částic v komě uvolněných pomocí uvolňovaného oxidu uhličitého z jádra komety. Později, jak se kometa dostala do přísluní, produkce CO₂ klesla, naopak H₂O vzrostla.

J. M. Bauer a jeho tým publikovali zajímavé výsledky mise *Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE)* a navazující mise *NEOWISE*. Tato infračervená družicová observatoř byla vypuštěna v prosinci 2009, aby prozkoumala celou oblohu v infračerveném oboru. To se jí podařilo ve čtyřech vlnových délkách od 3,4 do 22 mikrometrů. Vědci dále navrhli, aby byla data použita i na vyhledávání pohybujících se objektů, jako jsou komety a planetky. Ačkoli pozorování trvala jen něco přes rok, než postupně došlo chladivo pro citlivé přístroje, podařilo se detektovat na 158 tisíc malých těles, z toho 34 000 nově objevených. V tomto balíku dat bylo též 616 blízkozemních planetek. Družice byla v únoru 2011 uvedena do hibernace, ale úspěch *NEOWISE* vedl k rozhodnutí ji reaktivovat od prosince 2013 a využít výhradně k průzkumu malých těles Sluneční soustavy. Už během první části mise se družice stala po *SOHO* (objevující především komety v blízkosti Slunce) druhou nejúspěšnější observatoří v počtu objevených komet. Objevila jich 18 a navíc detekovala kometární aktivitu u dalších tří planetek. Po reaktivaci objevila další čtyři komety. Celkem v rámci první i druhé mise pozorovala **226 komet**. Z toho jich 86 má oběžnou dobu větší než 200 let, patří tedy mezi dlouhoperiodické. Průměr jejich jader je odhadován na 0,4 až 25 km a teplota na povrchu byla v rozsahu od -137 do -16 °C. Z měření vyplynulo, že jádra dlouhoperiodických komet jsou v průměru větší než krátkoperiodických. V produkci prachu se obě skupiny komet významně nelišily, ovšem dlouhoperiodické často produkuji více molekul oxidu uhelnatého a uhličitého i ve velkých vzdálenostech od Slunce (nad 4 au). Z vývojového hlediska je to logické, protože dlouhoperiodické si ponechávají více původního ledu CO, zatímco množství ledu CO₂ je u obou typů komet podobné.

P. Gronkowski a M. Wesolowski přišli s modelem **náhlych zjasnění komet**, tzv. outburstů. O vysvětlení těchto jevů se vědci pokoušejí již sto let (1920, Hughes). Známým příkladem komety opakovane zjasňující je **29P/Schwassmann-Wachmann 1**. Podle teorie zmíněných astronomů se několik metrů pod povrchem těchto komet nachází dutiny, kde je uvezen plyn pod tlakem a jakmile je z různých důvodů vrstva hornin nad nimi odnesena, dojde k explozivnímu uvolnění ukrytého plynu, který strhne i velké množství prachu, a my pozorujeme zjasnění komety. Modelovaná uvolnění hmoty z kometárních jader dobře odpovídají pozorované amplitudě zjasnění.

W. Boonplod nalezl na snímcích korónografu LASCO C3 kometu **C/2015 D1 (SOHO)**, která byla zpočátku velmi slabá, ale poté rapidně zjasnila. M. Knight z Lowellovy observatoře analyzoval její vývoj v korónografech. 17. února vypadala jako slabá hvězdička na hranici detekce v LASCO C3 s jasností asi 9,5 až 10 mag. Již na konci 19. února dosáhla maxima jasu 1,3 mag a vypadala jako kometa s ohonem. Rychlý nárůst jasu naznačoval její rozpad. G. V. Williams spočítal její předběžnou dráhu, na jejímž základě se podařilo později nalézt oblak hmoty, který z komety zbyl. Vyfotografovali jej čeští astronomové M. Mašek, J. Juryšek a J. Černý ve spolupráci se španělskými kolegy pomocí 150mm dalekohledu *BOOTES-1* ve španělské Andalusii. Oblak na snímku měl rozměry 31' × 5' a celkový jas byl odhadnut na 8 mag. Z. Sekanina z JPL na základě fotografie vypočítal, že zhruba jednu hodinu po nejbližším průletu kolem Slunce se uvolnil oblak velkých prachových zrn, který vytvořil tento oblak, ohon komety bez hlavy. Typická velikost zrn byla 0,5 mm. Maximální rychlosť, jakou byla zrna uvolněna, činila 65 m/s,

což je založeno na předpokladu, že k jejich uvolnění došlo v krátkém okamžiku.

H. Brewington se v časopisu *Sky & Telescope* zamýslí nad **soumrakem vizuálních objevů komet**. Téměř stále více ztěžují snahu různé automatické přehlídky oblohy. Začalo to už v 90. letech 20. století, kdy první kometu objevil automaticky *Spacewatch*. Následovaly přehlídky *LONEOS*, *NEAT*, *SOHO*, *LINEAR*, *Catalina*, *WISE* a *NEOWISE* a nyní *PanSTARRS*. Přesto se stále dařilo vizuálně komety nalézt, především v těch částech oblohy, kam se zrovna přehlídky oblohy kvůli počasí nebo světlosti oblohy nedostanou. *Poslední vizuální objev však spadá do roku 2010, kdy Kaoru Ikeya a Shigeki Murakami objevili kometu (P/2010 V1, nyní 332P)*. Podle Murakamiho ještě definitivně šance vizuálních objevitelů nezmizela; několik komet jim těsně uniklo, ačkoli je měli v dosahu, ale s dalším rozšířením přehlídek oblohy to budou mít ještě složitější. Příkladem je chystaný projekt *Large Synoptic Survey Telescope (LSST)*, který bude mít zrcadlo o průměru úctyhodných 8,4 metru, a hlavně na něm bude nasazena obří 3200 Mpix CCD kamera. Ta bude schopna na jednu snímat pole o ploše 40 úplňků!

1.2.7. Kometa 67P/Čurjumov-Gerasimenková

Mise *Rosetta/Philae* je natolik mimořádný milník ve výzkumu komet a přinesla tolik nových informací, že jsme jí vyčlenili samostatnou podkapitolu.

Z prvních informací po příletu se zjistilo, že jádro je dvojité. Menší lalok má hlavní rozměry $2,6 \times 2,3 \times 1,8$ km a větší $4,1 \times 3,3 \times 1,8$ km. Doba otočky je 12,4 hodiny, hmotnost 10^{13} kg, objem 21,3 km³. Z toho plyne velmi nízká hustota (470 kg/m³), jádro je tedy velmi porézní. Odrazivost povrchu (albedo) je na úrovni 6% a teplota povrchu v době příletu *Rosetty* byla průměrně -40 °C. Kometa celkově překvapila, protože *model špinavé sněhové koule zde moc neplatil*, když povrch byl krytý prachem skoro bez jakýchkoli stop po ledu, ať už vodním, nebo ledovým CO₂.

První pozorování komety s pomocí přístroje *OSIRIS* shrnuli C. Tubiana a jeho tým. Kometa byla v období března až června 2014 málo aktivní. Nejaktivnější byla oblast poblíž severního pólu jádra. Později bylo nejvíce výronů plynů pozorováno z oblasti spojovacího „krku“.

12. listopadu přišel další mezník, když na povrch komety dosedl modul *Philae*. Rosetta jej uvolnila v přesně spočítaném okamžiku, aby volným pádem dosedl na plánovaném místě. Ovšem přistání se nezdářilo podle plánu, nezafungovaly kotvíci harpuny a *Philae* se odrazil pryč. Poté letěl téměř dvě hodiny prostorem, škrtnul o povrch, roztočil se a po dalších sedmi minutách dosedl definitivně na povrch. Bohužel zůstal zaklíněn v nějakém útesu a jeho poloha neumožňovala dobýt baterie pomocí slunečních panelů. I tak fungoval na chemické baterie po dobu 57 hodin a stihl udělat základní průzkum místa přistání včetně fotografií. Pokus o navrtání hornin byl neúspěšný, byla tam velmi tvrdá hornina nebo led (teplota -153 až -163 °C). *Philae* se pak ještě probral 13. června 2015, když se mu začalo dostávat více slunečního záření, ale nepodařilo se získat další data a modul probudit a využít.

K. Alweddová aj. publikovali první výsledky měření přístroje *ROSINA* na Rosettě. Ten měří poměr deuteria k vodíku (D/H), abychom mohli porovnat vodu na Zemi s vodou na jiných tělesech Sluneční soustavy. Pozoruhodným zjištěním bylo, že *poměr D/H na kometě 67P je dokonce trojnásobný oproti Zemi* a je dokonce vyšší, než byl zjištěný u komety z Oortova oblaku. Kometa Čurjumov-Gerasimenková, ačkoli patří do Jupiterovy rodiny komet, je tedy jiná, než bychom asi čekali. Například kometa *103P/Hartley 2* z téže rodiny komet, má zatím jako jediná stejný poměr vodíku a deuteria, jako je na Zemi. Naopak planetky mají také často „stejnou

vodu“. To by mělo podporovat myšlenku, že většina vody na Zemi nepochází z komety a že komety Jupiterovy rodiny rozhodně vznikaly v různých místech Sluneční soustavy.

H. Keller aj. se zaměřili na změny rotace jádra. Protože rotační osa je hodně skloněná (52°), a v době přísluní byla osvětlena především jižní část, dochází vlivem aktivity jádra ke **změnám rotace**. Ta je v období kolem přísluní rychlejší a pak zase zpomalovala.

J. Vincent aj. rozebírájí v *Nature* původ nově se objevivých propadlin a jiných jam („*sinkholes*). Domnívají se, že vznikají ztenčením a poté propadnutím stropu dutin; proto mají často kulatý tvar. Obnažený materiál na stěnách pak sublimuje, takže jamky jsou zdroji větší aktivity. Již neaktivní jámy mají členité stěny a na dně sufová pole. Neaktivnější dutina má 220 metrů šířku a 185 metrů hloubku. Aktivita dutin není explozivního charakteru, ale produkuje hodně prachu, až 1 milión tun z jedné dutiny.

M. Massironi potvrdil na konferenci v Nantes, že kometa vznikla srážkou dvou jader. Oba laloky mají patrné zvrstvení, které na krku komety chybí.

A. Bieler aj. uvádí, že poprvé byl na kometě detekován molekulární kyslík. Protože zde neměl jak vzniknout druhotně (nelze z H₂O) a je velmi reaktivní, mělo by jít o původní kyslík z dob vzniku Sluneční soustavy.

S blížícím se přísluním rostla aktivita komety. Např. 27. 7. 2015 byl zaznamenán krátký **intenzivní výtrysk z oblasti krku** s trváním jen pár minut. Rychlosť částic byla 10 m/s a došlo k výraznému nárůstu produkce CO₂ (2×), CH₄ (4×) a SO₂ (7×). 13. srpna 2015 byla kometa nejblíže ke Slunci. Produkce prachu rychlostí 1 tuny za sekundu, vodní led 300 kg/s.

Rok po přistání *Philae* se tým *Rosetty* rozhodl, že na konci mise v září 2016 ji také nechá dopadnout na jádro komety. Získají se tím přesnější data než doposud a také nejdetailejší snímky. Bude to ale tvrdý konec mise a sonda nebude dále schopna vysílat data.

1.2.8. Meteory

J. Madieda aj. sledovali v letech 2012 a 2013 záblesky na neosvětlené straně Měsíce během činnosti meteorického roje **Perseid**. Vzhledem k fázi Měsíce zaznamenali v r. 2012 pouze jeden záblesk, ale o rok později 12. Jasnost záblesků byla od 6,6 do 9,3 mag. Odhadli tedy velikost meteoroidů, které záblesky způsobily, na 2 až 190 gramů.

L. Neslušan publikoval v časopise *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* rozsáhlý souhrn studií planetky *Phaeton* a meteorického roje **Geminid**. Popsal jednotlivé studie zabývající se historickými pozorováními tohoto bohatého meteorického roje. Zmiňováno je hledání zdrojového tělesa, kterým se po objevu planetky (3200) *Phaeton* v roce 1983 stalo těleso, jehož povaha je mezi vědci stále předmětem bádání. Jedni se z infračervených pozorování přiklánějí k tomu, že jde o planetku, která prošla aktivní fází, podobně, jako to vidíme u jiných planetek hlavního pasu. Jiní zase z pozorování spekter meteoroidů *Geminid* poukazují na to, že jde o tělesa spíše kometárního původu. Dále je zmiňována řada studií upozorňujících na poměrně velkou soudržnost meteoroidů, které často vnikají hlouběji do atmosféry než jiné kometární meteoroidy. Připomínají také, že často rotují. Oboje lze vysvětlit tím, že dráhy meteoroidů sahají do blízkosti Slunce, kde na ně číhá silný tepelný stres. Důsledkem je pak zpevnění a roztočení částic. Zároveň vědci připomínají, že ze stejného důvodu dochází k rozpadu větších meteoroidů na menší, tudíž nelze v proudu *Geminid* očekávat větší kusy, které by mohly po svém pádu zanechat dopadnulvší meteory, ačkoli v případě několika pádů opravdu jasných *Geminid* to nešlo zcela vyloučit. Předložené

studie ukazují, že proudy meteoroidů jsou staré od stovek po několik tisíc let a stále hodně kompaktní a měly by takto vydržet ještě minimálně několik století.

Tým P. Babadžanova se zabýval původem blízkozemní planetky 2007 CA19. Autoři soudí, že jde původně o kometu Jupiterovy rodiny, protože produkuje meteorické roje pozorované ze Země. Konkrétně jde o dva noční (severní a jižní éta Virginidy) a dva denní roje, protože dráha planetky se vyvíjela tak, že nyní protíná dráhu Země čtyřikrát.

A. Witzeová uvádí v *Nature*, že pozorování meteorů pomocí citlivých videokamer pomohlo objevit **86 nových meteorických rojů**. V článku je zmiňován výsledek pozorování 60 kamer sítě *Cameras for Allsky Meteor Surveillance (CAMS)*, které zachytily od roku 2010 přes čtvrt milionu meteorů. Z nich asi $\frac{1}{4}$ byly identifikovány jako nahodilé a čtvrťina rojových. Z toho ke stávajícím 81 meteorickým rojům přibylo již zmíněných dalších 86. Ukazuje to lépe na komplexnost výskytu prachu v okolí zemské dráhy. V tomto výzkumu se pokračuje i nadále nejen v Kalifornii, ale i v dalších částech světa, a to i amatérskými projekty.

A. Moorheadová aj. publikovali výsledky pozorování roje **kappa Cygnid**, které měly mimořádně silné maximum v roce 2014. Díky pozorováním meteorické sítě NASA, Kanadské a České meteorické sítě se podařilo lépe prozkoumat dráhy meteoroidů tohoto jinak málo prozkoumaného roje. Většina částic je na drahách v rezonanci s Jupiterem. Díky lépe známým dráhovým parametrům většiny meteoroidů bylo možné najít kandidáty na mateřské těleso roje. Nejdájnějším kandidátem je nyní planetka **2001 MG1**.

T. Kasuga a D. Jewitt prozkoumali fyzikální parametry planetky **(196256) 2003 EH1**, o níž se domníváme, že jde o mateřské těleso roje **Kvadrantid**. Z pozorování především vyplývá, že těleso je kometárně neaktivní a pokud by mělo být zdrojem *Kvadrantid*, muselo by se tak dít díky občasným náhlým uvolněním částic, nebo musí existovat ještě jiné zdrojové těleso tohoto meteorického roje.

Z pozorování komety **209P/LINEAR** v roce 2014 vyplýnulo, že by měla být původcem nového meteorického roje **Camelopardalid**. Ten pozoroval pomocí radaru z Číny tým J. Youngera. Zaznamenali celkem 590 meteorů tohoto nového roje, určili orbitální parametry meteorického proudu a jeho šířku na 211 000 km.

M. Micheli a D. Tholen hledali v proudech meteorických rojů objekty o řádově metrové velikosti. Činili tak v době, kdy měly být vzdáleny od Země v řádu hodin až dnů od maxima meteorických rojů. Ačkoli pozorování nebyla úspěšná, mohla by být impulsem pro další podobná pozorování. Minimálně u *Taurid* a *Geminid* se zdá, že v jejich proudu se ne-nachází žádná tělesa o velikostech od decimetrů po metrová.

Na 8. říjnu byla předpovězena výraznější sprška meteorického roje **Drakonid**, která skutečně nastala a i vizuálně se dalo pozorovat několik desítek meteorů. Tým J. Vaubaillo na uspořádal pozorovací misi dvou letounů startujících ze Švédské Kiruny. Na palubě bylo mnoho kamer a cílem bylo získat dvoustaniční záznamy drah meteorů. Maximum nastalo podle předpovědi a podařilo se zachytit na 250 meteorů, z nichž u 35 šlo o dvojstaniční měření spekter, dráhy, rychlosti a zpomalení v atmosféře. Výsledky byly povzbudivé a vedly k dalším podobným pozorovacím kampaním pomocí letadel.

1.3. Sluneční soustava kdysi a dnes

Jak připomněl K. Batygin aj., už I. Newtona trápila otázka, zda je **dynamicky stabilní Sluneční soustava dlouhodobě udržitelná**. Díky jeho následovníkům J.-L. Lagrangeovi (1778) a P. Laplaceovi (1772, 1775) se ukázalo, že dlouhodobě stabilní je, což se v průběhu první poloviny XIX. stol. dále

potvrzovalo v pracích S. Poissona, K. Gausse, J. Adamse. U. Leverriera a mnoha dalších prvotřídních fyziků. Jenže v r. 1892 přišel H. Poincaré s důkazem, že už **problém tří těles nemá analytické řešení**, což okamžitě zpochybnilo přesvědčení, že dráhy těles Sluneční soustavy jsou dlouhodobě stabilní. Astrofyzika však neměla vhodné nástroje pro vybědnutí z této šlamastyky až do nástupu rychlých elektronických počítačů v 80. letech minulého století. Koncem dekády se řada autorů pokoušela numerickými metodami prokázat dlouhodobou stabilitu Sluneční soustavy, což se však dařilo jen z části, neboť se ukázalo, že už na časové stupnici řádu jednotek miliard let může *Merkur podlehnut dráhovému chaosu* s významy následky pro soustavu terestrických planet Sluneční soustavy. Definitivní hřebík do rakve víry o dlouhodobé stabilitě Sluneční soustavy zatloukl J. Laskar a M. Gastineau v r. 2009, když ukázali, jak dráhové rezonance Merkuru s Jupiterem destabilizují během příštích let poměry ve vnitřní části Sluneční soustavy, takže Merkur se buď zřítí na Slunce, anebo se Merkur, Venuše či Mars srazí se Zemí. Autoři se inspirovali *dráhovým chaosem v pásmu planetek* a odtud se snaží upřesnit, co bude fyzikální příčinou prudkého nárůstu chaosu Merkurovy dráhy. Citují přitom mimojiné také práce českých astronomů M. Šídlichovského a D. Nesvorného.

M. Hedman aj. si položili otázku, proč se masivní **prstenec ledového materiálu** vyskytuje převážně ve vzdálenostech $8 \div 20$ au od Slunce. Docházejí k závěru, že v těchto vzdálenostech panuje typická teplota 70 K, která se projevuje mimořádnou křehkostí drobných úlomků, jež se nakonec rozprostřou kolem Saturnu, Uranu a planetek (10199) *Chariklo* a (2060) *Chiron*. Obě planetky patří mezi *Kentaury*, jejichž oběžné dráhy obecně brázdí rozsáhlý prostor mezi Jupiterem a Neptunem.

G. Gloecker a L. Fisk polemizují s tvrzením, že kosmická sonda *Voyager 1*, která se v r. 2015 vzdálila od Slunce na ohromujících 131 au, a s níž stále technici udržují rádiiové spojení, již opustila heliosféru, protože údajně proletěla heliopauzou a nalézá se tedy v *interstelárním prostoru*. Oba autoři se domnívají, že v magnetickém pouzdře heliosféry dochází ke stlačení slunečního vétru, který se tím ohřeje, ale ve větší vzdálenosti od Slunce opět ochladí. To souhlasí s měřenými kosmické sondy *IBEX* pro vzdálenost, v níž se nyní *Voyager 1* nachází. Rovněž směr dipólu magnetického pole se nezměnil, ačkoliv lze očekávat, že směr dipólu interstelárního pole nebude s dipólem meziplanetárního magnetického pole lícovat.

Podle H. Krügera aj. poskytla kosmická sonda *Ulysses* (ESA) během let 1992-2007 jedinečné údaje o **interstelárních prachových proudech**, které procházejí Sluneční soustavou. Interstelární prachová zrnka mají typickou hmotnost 10^{-13} kg. Jejich prostorová hustota dosahuje $2 \cdot 10^{-24}$ kg m⁻³, což je třetina dříve udávané hustoty. P. Strub aj. získali z téhož zdroje údaje o časové proměnnosti parametrů prachových proudů způsobených především proměnami interplanetárního magnetického pole během slunečních cyklů. Autoři tak pozorovali posuv směru příchodu prachových proudů o 50° v r. 2005 při současném čtyřnásobném růstu jejich toku během 8 měsíců. Třetí tým vedený V. Sterkenem upozornil na čtyři důležité jevy: 1. výskyt obřích interstelárních částic v prachových proudech; 2. deficit drobných interstelárních částic; 3. změna směru v r. 2005, jež se dá vysvetlit Lorentzovou silou ve vnitřní části heliosféry; 4. těžší částice registrované od r. 2003 mají nižší hustotu, než se dosud myslelo.

B. Johnson aj. zjistili, že **meteority** většinou představují vedlejší produkty při vzniku planet spíše než zbytky nepoužitého stavebního materiálu Sluneční soustavy. Argumentují totiž masovým výskytem *chondrů* ve velké většině meteori-

tů. **Chondrule** mívají přibližně sférický tvar a rozměry řádu 1 mm. Vznikají nejspíš při nárazech na terč rychlostmi >10 km/s. Autoři vycházeli z experimentálních dat, kdy vstřelovali materiál do terče rychlostmi >2,5 km/s. Tak dostávali milimetrové chondrule, které po impaktech chladly tempem $10 \div 1\,000$ K/h.

K. Öbergová aj. studovali protoplanetární disk kolem mladé Herbigovy hvězdy **MWC 480** (Tau ; $2 M_{\odot}$; 140 pc) zobrazený mikrovlnnou aparaturou **ALMA**. Ve spektru disku objevili řadu organických molekul a vodu. Odtud usoudili, že **komety** ve Sluneční soustavě slouží jako dodavatelé organických látek (zvláště kyanidů) a vody do protoplanetárních disků, z nichž nakonec vznikly **terestrické planety**. Jak následně ukázali H. Levison aj., také obří planety Sluneční soustavy mají svůj základ v podobě „oblázků“ (*pebbles*) o průměrech $0,01 \div 1,0$ m. Oblázky poměrně rychle vytvoří vinou aerodynamického brzdění *planetesimály* o průměrech až 100 km. Následně se uplatní gravitační hroucení na objekty o rozměrech řádu 1 000 km, jež vedou k vytvoření jáder obřích planet. Oblázková akce probíhá velmi rychle, neboť dokáže vytvořit kamenné jádro planety o hmotnosti řádu $10 M_{\odot}$ během několika tisíciletí. Větší planetesimály vynesou ze sálu menší tělesa, takže vznikne jen málo obřích planet v souladu se skutečností, tj. 1 – 4 obří plynne planety ve vzdálenostech $5 \div 15$ au od mateřské hvězdy.

R. Martinová a M. Livio shrnuli pokrok v poznávání **mechanismů vzniku planetárních soustav** srovnáním vzhledu a stáří Sluneční soustavy s typickými extrasolárními planetárními soustavami. Ze srovnání vyplývá, že počet, hmotnosti a hustota obřích planet naší soustavy jsou dočela typické, až na to, že Jupiter je relativně daleko od Slunce. Výstřednosti našich planet jsou obecně mírné, ale v souladu s počtem *osmi planet*, které si prakticky navzájem nepřekážejí v dráhové stabilitě. Co nám však chybí, jsou *Nadzemě* s oběžnými dobami dnů až měsíců, a aspoň jedna planeta uvnitř dráhy Merkuru. Autoři vyjadřují opatrný optimismus, že soustav podobných naší se ve vesmíru vyskytuje poměrně dost, takže to by mohlo zvýšit vyhlídky, že někde jinde je na nějaké planetě život, a třeba i inteligentní bytostí.

R. Clutier aj. posuzovali udržitelnost domněnky, že **Sluneční soustava měla zpočátku pět plynnych obrů**, z nichž jeden byl brzy odesán na hyperbolickou dráhu do vesmíru. Háček domněnky spočívá ve výskytu družice *Callisto* u Jupiteru a *Japetus* u Saturnu. Parametry obou družic i jejich samotná existence se totiž nedají sladit s dynamikou vyvržení páté obří planety. Autoři však propočítali pravděpodobnosti, že by zmíněné velké družice takové vypuzení přečce jen mohly přežít. Zatímco pro *Japetus* jim výšla nepatrná pravděpodobnost přežití pouze 1%, u *Callisto* to dopadlo přijatelně – pravděpodobnost přežití 42%. Je tedy docela možné, že se vyhazov 5. obří planety v rané epoše Sluneční soustavy opravdu odehrál.

Dalším problémem podle A. Izidora aj. je příliš **nízká hmotnost Marsu** v porovnání se Zemí. To by se dalo světlit prudkým poklesem hustoty protoplanetárního disku ve vzdálenosti >1 au, ale pak by vypadal současný pás planetek dočista jinak; nebyl by zdaleka tak dynamicky vybuzený, jak pozorujeme. Autoři se proto přiklánějí k domněnce o významné **migraci Jupiteru a Saturnu** z míst, kde tyto hlavní planety vznikly. Scénář migrace se nazývá *Grand Tack* („velký obrat“) a ve shodě s ním vznikl *Jupiter* na sněžné čáře ve vzdálenosti 3,5 au a *Saturn* o něco později ve vzdálenosti ~4,3 au. Jupiter po svém vzniku začal migrovat směrem ke Slunci, ale lehčí Saturn ho rychleji pronásledoval, takže v době, kdy Jupiter dospěl do vzdálenosti 1,5 au od Slunce, se oběžné doby obou planet ocitly v rezonanci 3:2, anebo spíše 2:1. Tato událost způsobila, že obě planety se vydaly opa-

ným směrem do svých současných poloh v 5,2 au a 9,6 au, kde se zastavily. Během přibližování ke Slunci Jupiter rozrážel materiál hlavního pásu planetek a sebral nebo rozptýlil část hmoty *protoplanetárního disku*, z něhož posléze vznikl **Mars**. V tom pokračoval i při zpětném pohybu po velkém obratu. Podobný scénář obdrželi nezávisle také D. Rubie aj., jímž vyšlo, že díky tomuto scénáři má *Země* o řád více křemíku a půl řádu více kyslíku než *Mars*.

Ani **původ Měsíce** jako průvodce Země není dosud zcela vyjasněn. Podle N. Kaiba v poslední fázi vzniku planetární soustavy se zde potulovaly stovky těles o hmotnosti **Měsíce**, z nichž se nakonec náhodně (stochasticky) složily čtyři terestrické planety, jež si navzájem kradly materiál pro svůj postupný růst. Poslední velký projektil, jenž narazil do Země, dostal sice jméno *Theia*, ale o vlastním scénáři se stále ještě vedou ostré debaty. S pravděpodobností <5 % mohla mít obě tělesa shodné mineralogické a izotopové složení, což je až neuvěřitelně přesně splněno. N. Kaib a N. Cowan nakonec uzavírají, že velká *podobnost izotopového složení Měsíce a Země je prostě otevřenou záhadou*. Podle P. Michela se otázkám katastrofických srážek těles Sluneční soustavy věnovala již 8. mezinárodní konference v létě 2013 na Havajských ostrovech, jíž se zúčastnila většina světových odborníků v této disciplině na pomezí astronomie, planetologie fyziky, geologie a geofyziky.

Základní **inventura těles Sluneční soustavy** rozpoznávaných k 15. X. 2015 vypadá takto: Nejvíce je identifikovaných planetek (694,5 tis.), následují komety (5,5 tis.), transneptunská tělesa (1,9 tis.), průvodci (satelity) planetek (200), průvodci (satelity) TNO (77) a tělesa s prstenci (6).

1.4. Slunce

M. Meftah aj. pozorovali teleskopem **SODISM (SOlar Di-ameter Imager and Surface Mapper)** na družici *Picard* (Jean Picard měřil úhlový průměr Slunce již v 17. stol.) okamžité úhlové rozměry slunečního disku s přesností lepší než 0,5 obl. milivteřiny. Družice *Picard* byla vypuštěna v červnu 2010 a fungovala až do počátku dubna 2014. Sledovala **rozměry Slunce** v různých vlnových délkách a s nejvyšší přesností na vlnové délce 782 nm. Ukázala tak pouze zploštění Slunce na pól vůči rovníku v úhlové míře o $(7,9 \pm 0,3)$ milivteřiny, tj. v lineární míře o 5,7 km. Během celého období kolísaly tyto hodnoty s přesností pod $\pm 14,5$ km, takže rozměry Slunce jsou obdivuhodně stálé v relativní míře 2.10^{-5} . M. Emilio aj. využili **přechodu Venuše** přes sluneční disk v červnu 2012 k měření úhlových rozměrů slunečního disku jednak v červeném pásmu 617 nm, ale též v ultrafialovém pásmu $160 \div 170$ nm. V červeném oboru naměřili sluneční poloměr $(959,57'' \pm 0,02'')$, tj. lineárně $(695\,946 \pm 15)$ km, zatímco v krátkovlnném oboru dostali hodnoty $(963,04'' \pm 0,03'')$ a $(961,76'' \pm 0,03'')$ pro zmíněná dvě pásmata. Jako střední hodnotu slunečního poloměru nakonec uvedli **(696 156 ± 145) km**.

S novou technikou měření úhlového poloměru Slunce během úplných zatmění Slunce přišli P. Lamy aj. Metoda využívá světelných křivek jasnosti Slunce těsně před a po druhém a třetím kontaktu. Příslušné fotometry pracují automaticky a jsou rozmístěny podél pásu úplného zatmění. Naměřené světelné křivky se pak porovnávají s umělými křivkami, které využívají nejpřesnější efemeridy Slunce a Měsíce a také topografický model Měsíce, jak jej získala japonská sonda *Kaguya*. Autoři získali kvalitní data při úplných zatměních v letech 2010, 2012, 2013 a 2015, a pro vlnovou délku 540 nm obdrželi výslednou střední hodnotu slunečního poloměru $(959,99'' \pm 0,06'')$, tj. lineárně **(696 246 ± 45) km**. J. Rozelot aj. však upozornili, že *silná závislost naměřeného poloměru Slunce na použitých vlnových délkách elektromagnetického záření je poněkud podezřelá*. V letech 2003, 2006, 2012 a 2014

využili mnozí autoři tranzitů Merkuru a Venuše v pásmech od EUV po rádiové vlny. Je zřejmé, že příslušné spektrální čáry vznikají v různých vzdálenostech od centra Slunce, jenž dosavadní data nejsou dost početná, aby se nějaká kloudná závislost poloměru na vlnové délce dala vysledovat a vyšvětlit. Zcela záhadné je minimum slunečního poloměru pro vlnovou délku $(6,6 \pm 1,9) \mu\text{m}$.

I. Usoskin aj. podrobně rozebrali všechny pozorované údaje o **Maunderově minimu** sluneční činnosti v letech 1645-1715, zejména pozorování slunečních skvrn očima ve státech Dálného východu, všechna pozorování skvrn dalekohledem, výskyt polárních září v nižších zeměpisných šírkách, zastoupení kosmogenních radionuklidů v letokruzích stromů a v ledových jádrech z vrtů i vzhled sluneční koróny při zatměních. Dospěli k závěru, že všechny tyto indikátory potvrzují existenci dlouhodobého Maunderova minima, které bylo určitě hlubší a delší než následující **Daltonovo minimum** (1790 - 1830), a tím spíše než minimum současného 24. cyklu.

T. Zaqarashvili aj. se věnovali dlouhodobějším **variacím sluneční činnosti** pomocí řady různých ukazatelů, tj. změn relativního čísla v korelace se změnami zastoupení nuklidů ^{10}Be (poločas rozpadu 1,4 mil. let) a ^{14}C (poločas rozpadu 5,7 tis. let). Našli pět dlouhodobých cyklů v délkách od 1 000 do 100 let, které patrně souvisí s pomalými magnetickými Rossbyho módy v nitru Slunce. Je-li domněnka o toroidálním magnetickém poli s indukcí $0,12 \div 0,13 \text{ T}$ správná, měli bychom už v první polovině XXI. století pozorovat velké minimum sluneční činnosti a la Maunderovo minimum v letech 1645-1715. K podobnému závěru o nástupu nového Maunderova minima dospěli z rozboru údajů o četnosti slunečních skvrn v letech 1700-2012 také I. Zachilas a A. Gkana. Y. Nagovitsyn aj. ukázali na základě historických pramenů, že za posledních 10 tis. let dosahovalo relativní číslo sluneční činnosti **maxima R ~ 240**.

Současný **24. sluneční cyklus** charakterizuje vyhlazené maximum $R = 116$ v dubnu 2014, což je nejnižší maximum za posledních 100 let. Křivka relativních čísel však měla zřetelně rozeklaný průběh s prvním maximem $R = 99$ v říjnu 2011 a druhým $R = 101$ v dubnu 2014. Navíc se první maximum týkalo severní polokoule a druhé maximum polokoule jižní. Nic podobného se v celé historii pozorování Slunce nestalo. Z. L. Du dokonce soudí, že zmíněná rozeklanost maxima, a také asymetrický průběh relativního čísla během cyklu, může mít svou vnitřní příčinu v podobě **dvojitého dynama** ve slunečním nitru. Jak známo, vyšší maxima cyklu mívaly kratší náběh i celkovou délku cyklu než slabší maxima. V modelu dvojitého dynamu vyšel autorovi interval mezi rozeklanými maximy kolem dvou let. N. Sheeley a Y. M. Wang usoudili, že ve druhé polovině roku 2014 došlo na Slunci k náhlému **omlazení globálního slunečního magnetického pole** s indukcí nejvyšší od r. 1991! Ve vnější koróně silně přibylo smyček a indukce interplanetárního magnetického pole se zdvojnásobila. Přitom nevzrostly standardní indikátory sluneční činnosti, jako jsou relativní čísla a počty koronálních výronů hmoty (CME). Zato se zvýšil energetický tok v aktivních oblastech a tím i celkový magnetický moment slunečního dipolu. To by se mělo projevit znovu i během příštího 25. cyklu sluneční činnosti, takže žádné nové Maunderovo dlouhodobé minimum prý nezačne.

C. Karoff aj. přinesli důležitý důkaz o chybějícím slunečním cyklu během tzv. **Daltonova minima**. Využili k tomu měření obsahu nuklidu ^{10}Be v ledových jádrech z vrtů v severním Grónsku z příslušných let. Množství vzniklého nuklidu se totiž liší v lichých a sudých cyklech sluneční činnosti, což souvisí s přepolováním magnetického dynamika mezi cykly. Měření potvrdila, že je zapotřebí vložit do seznamu cyklů

krátký cyklus 4b v letech 1793-1799. Rovněž F. Inceoglu aj. využili proměnného zastoupení radionuklidů z grónských ledových jader pro široký interval letopočtů od r. 1650 n. l. do doby 6 600 let př. n. l. To jim umožnilo identifikovat výrazná maxima a minima period cyklů sluneční činnosti. Autoři ukázali, že epochy mírné aktivity nebývají delší než 50 let, kdežto epochy vysokých aktivit trvají až 100 let. Tak se podařilo pokrýt celé období **holocénu** (počátek kolem r. 10 000 př. n. l.) umožní odkrýt souvislosti mezi sluneční činností a střednědobými změnami klimatu na Zemi.

V r. 2012 objevili F. Miyake aj. ostrý vrchol **koncentrace radionuklidu ^{14}C** v letokruzích japonského cedru pro r. 774/775 n. l. Vzápětí se podařilo najít obdobné zvýšení koncentrace také ve stromech z Kalifornie, severní Sibiře a Nového Zélandu. F. Miyake aj. našli posléze pro daný rok zvýšenou koncentraci radionuklidu ^{10}Be v Antarktidě. Příčinou jevu nemohla být supernova, protože by byla velmi blízko ($< 15 \text{ pc}$), takže by ji tehdejší lidé jistě viděli očima. Záblesk GRB se také nehodí k vysvětlení, protože je krátký a může navíc ozářit jen přivrácenou polokouli Země. Proto je prakticky jisté, že celý úkaz způsobila **supererupce na Slunci** se zářivým výkonem 50krát vyšším než zmíněné novodobé případy. Podobné náhlé zvýšení koncentrace ^{10}Be v grónských ledových jádrech se našlo také pro r. 993/994 n. l., a jeho příčina bude zřejmě podobná. R. a D. Neuhauserovi probrali všechny dostupné údaje o **polárních zářích** z Evropy, Blízkého, Středního i Dálného východu pro období let 731 - 825 n. l. Potvrdili tak výskyt polárních září v nižších zeměpisných šírkách v letech 743, 745, 762, 765, 772, 773, 793, 796, 807 a 817, které však nesouvisely s vysokou koncentrací radionuklidu ^{14}C v r. 774/775. To je ostatně v pořádku, protože v případě silné sluneční činnosti je potlačena možnost průniku kosmického záření, jež je odpovědné za vznik zmíněných radionuklidů, k zemskému povrchu. Indexy sluneční činnosti se tedy vyskytují v protifázi vůči indexům nárůstu kosmogenních radionuklidů, což autoři dokumentovali na základě souběhu údajů o polárních zářích, slunečních skvrnách a nárůstech radionuklidů pro období let 733 - 844. Našli tak jasné důkazy o devíti cyklech sluneční činnosti a také o krátkém anomálním cyklu s maximem těsně před r. 774.

R. Casas a J. Vaquero rekonstruovali historii sledování **pohybu slunečních skvrn** pomocí převodu tehdejších analogových měření do strojového formátu. Pokryli epochu od r. 1853 do r. 1870, kdy skvrny zakreslovali R. C. Carrington, C. F. H. Peters a W. de la Rue, což umožnilo získat údaje o rychlosti pohybu **skupin slunečních skvrn** v závislosti na heliografické šířce. Současně uvedli, že teleskopické pozorování skvrn začalo už v r. 1610 díky anglickému astronomovi T. Harriotovi, na něhož pak navázali J. Fabricius (1611), G. Galilei (1613), C. Scheiner (1630) a J. Hevelius (1647). Také tato pozorování se nyní postupně převádějí do strojového formátu. Podobně L. Krista a S. Intosh napsali program **SEISS** pro standardní zpracování snímků úplných slunečních zatmění, jak je pořizují profesionální i amatérští astronomové při novodobých zatměních. V obrazovém katalogu se tak postupně ocitnou snímky o standardní velikosti, rozlišení a orientaci. Postupně tak naplní **megaprojekt EMP videí** z jednotlivých zatmění, jenž bude dostupný zájemcům na adrese: www.ec-lipsemegamovie.org

M. Bobraová zveřejnila přehledový článek o slunečních **supererupcích**. K nim zajisté patřila erupce z 1.-2. září 1859 podrobně popsána britskými astronomy R. C. Carringtonem a R. Hodgsonem. Podobně mocná supererupce se odehrála 4. listopadu 2003. O týden dříve byla i na Floridě pozorovatelna polární záře. Každá erupce má dvě kotvy dané lokálním

magnetickým polem ve sluneční fotosféře. Zatímco kotvy jsou pevné, tak oblouk erupce v chromosféře vlaje a plápolá.

V r. 2012 uveřejnili H. Maehara aj. soupis celkem **365 supererupcí na 148 hvězdách slunečního typu**. Zatímco sluneční erupce trvají běžně nanejvýš 10 min, na většině cizích hvězd probíhají supererupce až půl dne, takže jsou pro své okolí až desetisíckrát nebezpečnější než dosud nejenergetičtější úkazy na Slunci. V r. 2015 zkoumali sluneční hvězdy se supererupcemi Y. Notsu aj. Autoři zjistili, že takto nebezpečné sluneční hvězdy mají vesměs podstatně silnější magnetické dynamo ve svém nitru a jsou v průměru daleko mladší než už poněkud obstarožní Slunce.

C. Pugh aj. pozorovali pomocí družice *Kepler* silnou bílou supererupci u zákrytové **dvojhvězdy KIC 9655129**. Erupce vykazovala dvě různé pulsační kvaziperiody 78 a 32 minut, které na sobě nijak nezávisely. Autoři proto usoudili, že zmíněné oscilace mají magnetohydrodynamickou povahu, takže i hvězdné supererupce vznikají stejným fyzikálním procesem jako daleko slabší supererupce na Slunci.

A. Pastor Yabar aj. se zabývali nevyřešenou otázkou, zda **rotační osa Slunce souhlasí s osou magnetického dipolu** slunečního dynama. Dosud se předpokládalo, že obě osy souhlasí, protože žádné odchylky směru nebyly pozorovány. Autoři však díky pětiletým souvislým měřením družice *SDO* zjistili, že indukce magnetického pole ve všech heliografických šírkách kolísá v periodě rotace Slunce, a to nejvýrazněji právě v okolí heliografických pólů. To ovšem znamená, že obě zmíněné osy nejsou slícovány a svírají ostrý úhel, tak jak to známe u hvězd s hmotnostmi podobnými Slunci. Objev však klade jistá omezení na vysvětlení existence globálního magnetického pole Slunce pomocí dynama.

D. Morosan aj. zkoumali pomocí obří evropské radioastronomické soustavy **LOFAR (Low-Frequency ARray)** kratické driftující záblesky rádiového záření ze Slunce v pásmu $50 \div 65$ MHz ($4,6 \div 6$ m). Během 8 h měření dne 9. 7. 2013 zaznamenali přes 3 000 kruhově polarizovaných záblesků trvajících vesměs <1 s. Autoři odtud odvodili, že tyto frekvenčně driftující záblesky vznikají v *magnetických smyčkách plazmatu* spojujících aktivní oblasti na jižní polokouli Slunce s bipolárními fakulovými poli na polokouli severní.

Z. Vashalomidze aj. studovali pomocí spektroskopie v pásmu gama vývoj tzv. **koronálního deště** nad aktivní oblastí **AR 11420** (22. 2. 2012). Použili k tomu snímků koróny v extrémní ultrafialové oblasti 17 a 30 nm aparaturou **AIA (Atmospheric Dynamics Assembly)** na družici *SDO*. Koronální dešť sestával z padajících chladných (50 kK) a hustých chomáčů plynu vytvořených v koróně tepelnou nestabilitou, která způsobí prudké snížení teploty a naopak zvýšení hustoty chomáče, jenž se následkem toho začal vracet zpět ke slunečnímu povrchu. Je však udivující, že pád probíhal stálou rychlostí jen $40 \div 100$ km/s; tedy menší, než by byla rychlosť volného pádu. Chomáče přitom za sebou zanechávají stopu, což asi odpovídá chladnoucím chvostu na jejich zádi. I. Mghebrishvili aj. pozorovali 7./8. 11. 2012 pomocí též aparatury ve sluneční protuberanci **tornádo**, jež vzniklo v 8 h UT poblíž slunečního povrchu. Od té doby se zvedalo vzhůru tempem 1,5 km/s a bylo pozorovatelné následujících 30 h. Osa tornáda se přičně pohybovala s periodami $40 \div 50$ min. Spodní mez periody byla typická pro vzestupnou fázi a horní mez pro klidovou fázi, kdy se dočasně vznášelo v též hladině. V 15 h UT následujícího dne ztratilo tornádo stabilitu a splynulo se vznikajícím koronálním výronem hmoty (CME). Je tedy možné, že všem CME předchází tornáda.

Velké mezinárodní týmy zveřejnily v průběhu roku zatím nejpřesnější údaje o **chemickém složení Slunce** na základě nových trojrozměrných hydrodynamických modelů a odchylek od lokální termodynamické rovnováhy ve Slunci.

P. Scott aj. se zabývali zastoupením prvků s *protonovými čísly 11 (Na) až 20 (Ca)*. Ve shodě s předešlými měřeními jsou ve Slunci vždy výrazně více zastoupeny prvky se sudými protonovými čísly než sousedními lichými protonovými čísly. Ve zmíněném úseku je vůči vodíku (1; $\log Z = 12,00$) nejvíce zastoupen hořčík (12; $\log Z = 7,59$) a křemík (14; $\log Z = 7,51$) a nejméně draslík (19; $\log Z = 5,04$). V další práci autoři určovali zastoupení prvků *skupiny kolem železa* (26; $\log Z = 7,47$), kde je nejnižší zastoupení skandia (21; $\log Z = 3,16$) a nejvyšší po železu je nikl (28; $\log Z = 6,20$). Na tyto práce navázali N. Grevesse aj., kteří stanovili moderní hodnoty pro *nejtežší prvky*, které nemohou vznikat termonukleárními reakcemi, tj. od mědi (29; $\log Z = 4,18$) až po thorium (90; $\log Z = 0,03$).

L. Miramonti aj. uvedli, že v letech 2011-2014 proběhla pod pohořím *Gran Sasso* druhá fáze experimentu **Borexino** s cílem rozlišit různé větve termonukleárních reakcí v nitru Slunce. Poprvé se tak podařilo v reálném čase odhalit **neutrino** vznikající ve Slunci během *protonově-protonové fáze*. Současně se ukázalo, že během roku kolísá vinou ellipticity dráhy Země kolem Slunce ležícího v ohnisku oběžné elipsy signál od radionuklidu ^7Be (poločas rozpadu 53 d).

C. Martonez-Barbarosa aj. se věnovali otázce, v jaké *vzdálenosti od centra Galaxie vzniklo před 4,6 mld. let Slunce*. Zabývali se zpětnou integrací jeho dráhy na základě rozložení hmoty ve spirálních ramenech a centrální příčce Galaxie. Slunce pravděpodobně vzniklo přibližně v téže vzdálenosti od centra Galaxie, kde se nachází nyní (cca 8 kpc). Pouze v málo pravděpodobném případě dráhových rezonancí vůči spirálním ramenům a galaktické příčce mohlo Slunce migrovat do dnešní vzdálenosti od centra z větší vzdálenosti až 11 kpc. Je však prakticky vyloučeno, že vzniklo blíže k centru Galaxie a migrovalo směrem od centra. Podobně se A. Whithworth a O. Lomax zabývali problémem, zda **vznik Slunce jako osamělé hvězdy je typický, anebo vzácný**. Dosavadní statistiky pro hvězdy s hmotnostmi $0,8 \div 1,2 M_\odot$ naznačují nepatrnou převahu (56 %) osamělých hvězd. Autoři však soudí, že jde o zkreslenou statistiku, protože se předpokládá, že hvězda podobná Slunci je primární složkou dvojhvězdy. Hvězdy o hmotnosti Slunce však mohly vzniknout také jako méně hmotné složky dvojhvězdy nebo dokonce vícenásobné soustavy. Jakmile se takto změní úhel pohledu, dává předběžná statistika podíl jen 46 % pro osamělá Slunce. Není ovšem vyloučeno, že Slunce vzniklo ve dvojhvězdě, která se brzy rozešla.

Poslední číslo mezinárodního časopisu *Solar Physics* v roce 2015 bylo věnováno **slunečním a hvězdným erupcím**. Šlo o poctu českému astronomovi Zdeňkovi Švestkoví (1925 - 2013) k jeho nedožitým 90. narozeninám. **Zdeněk Švestka** byl nesporně po řadu desetiletí vůdčí osobností v oboru slunečních erupcí. Pod jeho vedením byl v Ondřejově vybudován unikátní mnohokanálový sluneční spektrograf. Když v r. 1969 odešel natrvalo do exilu v Holandsku a USA, měl možnost podílet se na návrhu a měřeních slunečních družic v krátkovlnných oborech ultrafialového a rentgenového záření. Byl také spolu s holandským astronomem C. de Jagerem spolužakladatelem časopisu *Solar Physics*, jenž vychází od r. 1967.

2. Hvězdný vesmír

2.1. Extrasolární planety

Objevy jednotlivých exoplanet nejsou již ničím mimořádným. Jak jich přibývá, začínáme stejně jako ve světě hvězd nacházet planetární systémy v různých fázích vývoje. Pozoruhodný systém u Slunci podobné hvězdy **HL Tau**, nacházející se asi 130 pc od nás, pozorovala mikrovlnná observatoř **ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)** již

v říjnu 2014. Hvězda je obklopená diskem prachu a plynu natolik, že ve vizuálním oboru vůbec není vidět. V oblasti milimetrových vln však ALMA dokázala pořídit obraz disku s výborným rozlišením $0,035''$, které v té vzdálenosti odpovídá 5 au. Jak oznámili tým ALMA a C. L. Brogan aj., disk není homogenní, ale naopak má výrazná dělení – první velké ve vzdálenosti asi 13 au, druhé asi 33 au a největší zhruba 70 au od hvězdy. Prázdná místa v disku jsou pravděpodobně vyčištěné oblasti, ze kterých gravitací sbírají prach a plyn vznikající nebo čerstvě zformované planety. Jasné oblasti disku také nejsou homogenní a jsou v nich pozorovatelné hustotní vlny, což podporuje teorii formujícího se planetárního systému.

S. Sallum aj. pomocí infračerveného (IR) vysoko kontrastního zobrazování lokalizovali polohu těles na Keplero-vých drahách uvnitř mezer v protoplanetárním disku okolo hvězdy LkCa 15, a to v datech pořízených za pomocí adaptivní optiky na *Large Binocular Telescope* (LBT) v rozmezí let 2009 – 2015. Pomocí měření v čáře H α se jim navíc podařilo přímo detektovat velmi horký plyn o teplotě kolem 10 000 K, padající do potenciálové jámy formující se nové planety. Tímto nezávislým měřením potvrdili přítomnost jedné z planet, další dva kandidáti zůstávají zatím nepotvrzeni.

Beta Pictoris, o $\frac{1}{4}$ hmotnější a téměř $9\times$ jasnější hvězda než Slunce, vzdálená od nás 19,5 pc, hvězda velice mladá a obklopená rozsáhlým mračnem plynu a prachu a velkou planetou, má ve svém okolí také další pozoruhodnosti. Jednou z nich je rozsáhlé mračno malých těles, o kterém víme díky *HST* již od r. 1991. Tyto **planetky a komety** produkují značné množství prachu a plynu – jednak díky srážkám mezi sebou, jednak díky vypařování při přiblížení k mateřské hvězdě. F. Kiefer aj. referují na základě více než tisícovky spekter ze spektrografu HARPS (*High Accuracy Radial velocity Planet Searcher*, 3,6 m dalekohled ESO, La Silla) o nejméně dvou rozlišitelných rodinách komet, které se pohybují před kotoučkem hvězdy, změny jejíhož spektra při tranzitech lze zřetelně pozorovat. Jedna rodina komet při přechodech vytváří mělké absorpční čáry, zatímco druhá naopak čáry úzké a hluboké. První skupina komet má dráhy v prostoru rozložené víceméně náhodně a obecně se nachází blíže k β Pic. Druhá skupina naproti tomu přilétá stále ze stejněho směru a od hvězdy se nachází ve větší vzdálenosti. Pravděpodobné vysvětlení je, že první skupinu tvoří starší tělesa, z nichž unikla většina těkavých látek, zatímco druhá je tvořena tělesy nedávno vzniklými rozpadem jednoho nebo více mateřských těles a její komety mají čerstvější povrch s větším zastoupením ledů a těkavých látek.

Zmiňovaná planeta β Pic b (objevená r. 2009) je také pozoruhodná. Její hmotnost se pohybuje v rozmezí $4 - 1 M_{\oplus}$ (hmotnost Jupiteru), velká poloosa dráhy je nejistá (8–10 au) a kolem mateřské hvězdy oběhne za $(21,6 \pm 2,7)$ roku. I. Snellen aj. analyzovali absorpční čáry CO v infračervených spektrech a nalezli rozšíření těchto čar, které odpovídá rychlosti pohybu mračen v atmosféře asi 25 km/s. Rotační perioda planety pak při odhadu poloměru $1,65 R_{\oplus}$ vychází na 8,1 hodiny. To je o pětinu kratší doba než u Jupiteru (přibližně 10 hodin) a potvrzuje to správnost předpokladu, že rychlosť rotace planety souvisí s procesem jejího vzniku a platí úměra pozorovaná ve Sluneční soustavě: čím hmotnější planeta, tím rychleji rotuje.

Kromě obří planety, komet a asteroidů se okolo β Pic nachází **plochý disk plynu a prachu**, na který se díváme téměř přesně z boku. *HST* pořídil jeho snímek v letech 1997 a 2012; porovnání s odstupem 15 let odhalilo několik pozoruhodností. Jedenak se planeta prokazatelně nachází uvnitř disku; zatím tedy zcela nevyčistila svůj životní prostor. Také je zřejmé, že planeta v disku vytváří jasné patrnou strukturu,

jakousi vrásku. Ta je zvláštní zejména tím, že má trvalý charakter – rotuje kolem hvězdy spolu s planetou, jako by byla pevná. Konečně je také zjevné, že disk dosahuje minimálně na $4,3$ au blízko k hvězdě (planeta obíhá ve vzdálenosti asi 6 au, tj. o něco dále než Jupiter od Slunce). M. A. Millar-Blanchaer aj. nezávisle referují o dalších vlastnostech disku, jehož vnější okraj se nachází ve vzdálenosti $23,6$ au, vůči rovině oběhu planety β Pic b je skloněn asi o 4° a je překvapivě tlustý. Všechny střípky dohromady skládají obraz velmi mladého, v podstatě čerstvě narozeného planetárního systému; stáří β Pic se odhaduje na 20 milionů roků.

T. L. Campante aj. oznámili objev pětičetného planetárního systému u hvězdy **Kepler-444**, oranžové hvězdy hlavní posloupnosti spektrálního typu K, jejíž hmotnost i velikost tvoří téměř přesně $\frac{1}{4}$ hodnot slunečních. Hvězda se nachází v souhvězdí *Lyry* ve vzdálenosti asi 36 pc, ve viditelném světle má přibližně devátou magnitudu. Jde o starou hvězdu z populace tlustého Galaktického disku – stáří hvězdy určené z asteroseismologických měření je $(11,2 \pm 1)$ Gr, tedy 80 % stáří vesmíru. Planetární systém je velice těsný, všech pět planet se nachází do vzdálenosti $0,08$ au od mateřské hvězdy. Jejich poloměry jsou od $0,4 R_{\oplus}$ do $0,7 R_{\oplus}$, oběžné doby od 3,6 dne do necelých 10 dnů, dráhy jsou pravděpodobně téměř kruhové a všechny obíhají prakticky v jedné rovině. Planety jsou vzhledem k velikosti a poloze téměř jistě kamenné, nacházejí se ovšem mimo ekosféru hvězdy ($> 0,47$ au). I tak je ovšem objev důležitým důkazem možnosti existence života v Galaxii ještě před vznikem Sluneční soustavy.

Kapteynova hvězda, svého času nejstarší známá hvězda na obloze, pozoruhodná i z mnoha dalších hledisek, hostí dvě superzemě, což oznámili G. Anglada-Escudé v r. 2014 na základě metody radiálních rychlostí (RV, radial velocity). Bližší planeta se dokonce nachází uvnitř ekosféry červeného trpaslíka typu M a je velice stará, odhad je až 11 Gr. P. Robertson, A. Roy a S. Mahadevan se na Kapteynovu hvězdu zaměřili spektrografem HARPS a podrobně analyzovali její spektra a tvrdí, že detekovaná planeta b není skutečná, ale jde o artefakt vzniklý ve spektrech v důsledku povrchové aktivity hvězdy, např. rozsáhlých skvrn. Oběžná doba planety b by měla být asi 48 dní, což je právě třetina pozorované rotační periody mateřské hvězdy. Robertsonovu tvrzení mnozí oponují, změny v důsledku magnetické aktivity hvězdy by měly mít poloviční frekvenci ve srovnání s „planetárním“ RV signálem. Spor rozhodnou až další pozorování.

D. Gandolfi aj. zpracovali kompletní data družice *Kepler* pro objekt *KOI-183.01*, známější spíše jako **Kepler-423 b**. Jde o planetu o hmotnosti $(0,595 \pm 0,081) M_{\oplus}$ a poloměru $(1,192 \pm 0,052) R_{\oplus}$, která kolem mateřské hvězdy oběhne jednou za 2,7 dne. Fotometrická data z Keplera tým nezávisle porovnal s přesnými měřeními RV ze spektrografu *FIES* na *Nordic Optical Telescope* a existenci planety potvrdil. Hvězda je trpaslík spektrálního typu G4 o hmotnosti $(0,85 \pm 0,04) M_{\odot}$, poloměru $(0,95 \pm 0,04) R_{\odot}$, povrchové teplotě (5560 ± 80) K a stáří (11 ± 2) Gr. Kombinace přesných měření dovoluje odůvodněný předpoklad, že planeta obíhá v rovině se směrem našeho pohledu a její dráha není přesně kruhová, ale mírně eliptická ($e = 0,019$). Albedo planety, odhadované z poklesu jasnosti při tranzitech, je jen $(0,037 \pm 0,019)$, což z ní činí jednu z nejtmavších známých planet.

M. Pagano aj. se zaměřili na hvězdu **τ Cet (HD10700)**, což je po α Cen A druhá nejbližší hvězda podobná Slunci. R. 2013 oznámili M. Tuomi aj. objev pětinásobného planetárního systému. τ Cet je trpaslík spektrálního typu G8 o hmotnosti $0,78 M_{\odot}$, nacházející se od nás ve vzdálenosti 3,65 pc. Planety jsou typické superzemě s hmotnostmi v rozsahu 2–6,7 M_{\oplus} a nejvzdálenější dvě z nich se nacházejí uvnitř ekosféry mateřské hvězdy. Pagano a kolegové měřili poměry zastoupení

jednotlivých prvků ve spektrech τ Cet – z nich určili povrchovou teplotu hvězdy na (5387 ± 53) K a metalicitu [FE/H] $(-0,49 \pm 0,08)$ (metalicia je logaritmická škála s nulovou hodnotou ekvivalentní Slunci, hodnota -0,49 značí zhruba třetinový poměr zastoupení Fe/H ve srovnání se Sluncem). Stáří τ Cet se odhaduje na 7,63 Gr a přes celkově nízkou metalicitu má hvězda nečekaně vysoké zastoupení některých prvků, zejména Mg, Ca a Ce. Zejména vysoká přítomnost hořčíku astronomy zaujala, neboť poměr Mg/Si je ve srovnání se Zemí téměř dvojnásobný, což znamená, že na planetách e a f lze očekávat zcela odlišné mineralogické a reologické podmínky, než jaké panují na naší domovské planetě.

Hvězdy mimo hlavní posloupnost jsou důležité nejen pro chápání zákonitostí hvězdného vývoje, ale i pro modelování interakcí mezi hvězdami a jejich planetárními systémy. Detekce planet u těchto hvězd je nicméně komplikovaná, protože ji obvykle velmi ztěžuje jejich vysoká aktivita. A. Niedzielski aj. po dobu více než 10 let sledovali přibližně tisícovku takových aktivních hvězd pomocí dalekohledu *Hobby-Eberly Telescope* a pátrali po přítomnosti planet. V případě hvězdy TYC 1422-614-1 se jim podařilo metodu RV prokázat přítomnost dvou planet – objev potvrdili v menším počtu avšak přesnějších spektrech HARPS-N z *Telescopio Nazionale Galileo*. Hvězda je spektrálního typu K2, vzdálená od nás (759 ± 181) pc. Její hmotnost je $(1,15 \pm 0,18)$ M_\odot , poloměr $(6,85 \pm 0,16)$ R_\odot a stará je přibližně 9,8 Gr. Bližší planeta o (minimální) hmotnosti $2,5 M_\oplus$ obíhá ve vzdálenosti 0,69 au, vzdálenější – téměř hnědý trpaslík – o hmotnosti alespoň $10 M_\oplus$ obíhá ve vzdálenosti 1,37 au.

Dvojhvězda XO-2 se nachází v souhvězdí Rysa ve vzdálenosti 150 pc. Obě složky jsou téměř shodné, o několik procent méně hmotné než Slunce s povrchovou teplotou asi 5 400 K. První planetu v systému objevil v r. 2007 dalekohled XO, robotické dvojče 200mm teleobjektivů na vrcholu sopky Haleakalā na havajském ostrově Maui. Tato planeta je zástupcem skupiny horkých Jupiterů – obíhá velice těsně kolem severní složky XO-2N jen ve vzdálenosti 0,04 au, a to jednou za 63 hodin. Při hmotnosti $0,57 M_\oplus$ tak má povrchovou teplotu 1 200 K. R. 2014 byly potvrzeny dvě planety také u jižní složky XO-2S; bližší z nich zhruba o velikosti a hmotnosti Saturnu, vzdálenější o něco větší a hmotnější než Jupiter. M. Damasso aj. na obě složky dvojhvězdy zaměřili spektrograf HARPS-N a zpřesnili známé parametry systému. U XO-2N navíc zjistili výraznější povrchovou aktivitu a navrhují možnou přítomnost druhé hmotné planety na vzdálenější dráze – to by z XO-2 činilo zatím nejkomplexnější hvězdno-planetární systém a pochopitelně cennou laboratoř pro výzkum vzniku planetárních soustav.

Přímé zobrazení exoplanet je stále záležitost na hranici možností našich přístrojů. J. Martins aj. referují o detekci odraženého světla od planety 51 Peg b v datech ze spektrografova HARPS. Odlišení odraženého světla hvězdy, které je o několik rádů slabší než samotný (nepravidelný) hvězdný svít, vyžaduje statistické zpracování spekter a odstranění signálu samotné hvězdy. Pak je možné ze zbylého signálu odvodit hmotnost planety a pravděpodobný sklon její dráhy – hmotnost vychází na $(0,46 \pm 0,06 \pm 0,01) M_\oplus$ a sklon na $(80 \pm 10 \pm 19)^\circ$; protože neznáme albedo planety, není možné přesně určit její velikost – za předpokladu, že albedo je 0,5, vychází poloměr planety na $(1,9 \pm 0,3) R_\oplus$. Publikovaná práce je důkazem, že i se současnými přístroji je možné odražené světlo hvězd na planetách přímo detektovat, ale pouze za předpokladu, že je k dispozici dostatečné množství napozorovaných dat.

Exoplaneta HD 189733 b je jedním z nejprozkoumanějších horkých Jupiterů – jednak se nachází u poměrně jasné hvězdy, jednak je velká a při tranzitech před mateřskou hvězdou je možné spolehlivě měřit změny jejího spektra.

Díky tomu je častým cílem výzkumu atmosféry exoplanet. Planeta má vázanou rotaci, mateřskou hvězdu oběhne jednou za 2,2 dne na téměř kruhové dráze o poloměru 0,03 au. Záření hvězdy ohřívá atmosféru planety na přivrácené straně až na 1 212 K, zatímco na odvrácené straně je teplota jen 973 K. Takový teplotní gradient způsobuje silný vítr, který může dosahovat rychlostí až téměř 9 000 km/h. Atmosféra má namodralou barvu a jako u první exoplanety vůbec v ní byl zjištěn methan. G. Lee aj. informují o modelování atmosférických oblaků na základě numerických simulací vlastností jednotlivých druhů molekul (převážně směs oxidů křemíku a železa), které byly detekovány ve spektru planety při tranzitu. Numerické modely jsou schopné dobře replikovat pozorovanou horkou skvrnu i rovníkové nadzvukové prouďení. Stejně tak umožňují při vhodném nastavení odrazivosti mraků (kterou zatím není možné zjistit) a zastoupení prachu vysvětlit namodralou barvu atmosféry. A. Wyttenbach aj. informují o úspěšné spektroskopii dubletu atomu sodíku ve vysoké atmosféře HD 189733 b pomocí spektrografový HARPS. Jimi odvozené teploty z profilu absorpcních čar ukazují nárůst teploty asi 0,2 K/km – ve výšce 12 700 km dosahuje teplota sodíkových atomů $(3 270 \pm 330)$ K. Absorpční čáry vykazují posun do modra, což odpovídá atmosférickému větru (8 ± 2) km/s v nejvyšších vrstvách atmosféry. Tak se ukázalo, že i čtyřmetrové zrcadlo na povrchu Země poskytuje dostatek světla ke spektroskopii s vysokým rozlišením, která dovoluje výzkum atmosfér exoplanet. T. Louden a P. J. Wheatley potvrzují měření rychlosti větru ve vysokých vrstvách atmosféry HD 189733 b na přední i zadní straně kotoučku planety při tranzitu. Rozdíl těchto dvou hodnot činí $(7,6 \pm 2,0 \pm 2,6)$ km/s, což je ve velice dobré shodě s prací A. Wyttenbacha aj.; Louden a Wheatley navíc na rovníku odcházející strany detekují převažující směr větru, a to východní. T. Boyajianová aj. referují o přímém měření průměru HD 189733 i její planety b – kotouček hvězdy má úhlový průměr $(0,3848 \pm 0,0055) \times 10^{-3}$ ° po započtení korekce okrajového ztemnění. Kombinací úhlového průměru, parametrů známých z měření RV, vzdálenosti hvězdy a nových měření zářivého výkonu tým známé astronomky dospěl k hodnotám povrchové teploty hvězdy $(4 875 \pm 43)$ K, poloměru hvězdy $(0,805 \pm 0,016)$ R_\odot , střední hustoty hvězdy $(1,62 \pm 0,11) \rho_\odot$, poloměru planety b $(1,216 \pm 0,024)$ RJ a její střední hustoty $(0,605 \pm 0,029) \rho_j$. Autoři upozorňují, že naměřená data nesouhlasí s pozorovanými spektroskopickými daty a modely vývoje trpaslíka typu K2; uvedený model do souladu s pozorovanou teplotou a velikostí hvězdy vyžaduje úpravu parametrů přenosu tepla konvekcí uvnitř hvězdy.

Vulkanismus ve Sluneční soustavě je dlouho známý a do jisté míry i dobré prozkoumaný. Není důvod si myslit, že u cizích planetárních systémů se neprojevuje. B.-O. Demory aj. zjistili pomocí *Spitzerova kosmického dalekohledu* (SST) u planety 55 Cnc e téměř čtyřnásobné zjasnění v IR oboru během pouhého jednoho roku mezi lety 2012–2013. To odpovídá zvýšení povrchové teploty z 1 400 na 2 700 K. Odhadovaná hmotnost planety je zhruba $8 M_\oplus$ a má poloměr přibližně $2 R_\oplus$; dá se tedy očekávat, že jde o kamennou planetu. Kolem hvězdy 55 Cnc oběhne jednou za 18 hodin ve vzdálenosti jen $0,016$ au. To vše dohromady naznačuje, že plášť planety je částečně nebo možná úplně roztaven a za podstatným zvýšením povrchové teploty je možná aktivní vulkanismus. Planeta se bude jevit chladnější, pokud mračna prachu a sopečného popela zakryjí magmatický oceán, zatímco při jejich rozplynutí či dopadu zpět na „povrch“ planety se horký magmatický oceán naopak v IR projeví na plno. Alternativní vysvětlení změny pozorované povrchové teploty planety autoři navrhují v podobě rozsáhlého prstence vyvrženého materiálu kolem planety, který ji zakryje celou

(podobný prstenec obklopuje Jupiterův měsíc *Io*). Možná se uplatňují oba jevy. Rozhodnutí bude jeden z úkolů pro příští generaci kosmických dalekohledů. B. Hansen a J. Zink modelovali vývoj dráhy *planety e* a ukázali, že velice pravděpodobně prošla dvěma rezonancemi se vzdálenějšími hmotnějšími planetami. Autoři rezonancemi vysvětlují jak velký rozdíl mezi sklonem dráhy nejbližší planety a vzdálenějšími planetami, tak možný zdroj zmiňovaného vyvrženého materiálu – v důsledku intenzivního zahřívání slapovými silami se planeta mohla rozepnout až za hranici svého Rocheova laloku a ztratit část svého pláště.

A. Hatzes aj. zkoumali vzhled spektrálních čar H α a Ca (866,2 nm) v korelace s fotometrickými daty družice *HIP-PARCOS* a dalšími dostupnými daty za poslední více než tři dekády pro hvězdu α Tau neboli **Aldebaran**. Pojali totiž podezření na přítomnost planety u tohoto více než 20 pc vzdáleného oranžového obra. Hatzesův tým zjistil, že spektrum i fotometrie hvězdy je velice stabilní a díky metodě RV se jim podařilo odhalit kandidáta na exoplanetu s oběžnou dobou $(628,96 \pm 0,9)$ d a excentritou $(0,1 \pm 0,05)$. Z odhadu stádia hvězdného vývoje plyne odhad hmotnosti Aldebaranu na $(1,13 \pm 0,11)$ M_⊕ – hmotnost planety odvozená z tohoto odhadu pak vychází na $(6,47 \pm 0,53)$ M_⊕ a velká poloosa dráhy na $(1,46 \pm 0,27)$ au. Data naznačují přítomnost dalšího tělesa s dobou oběhu kolem 520 d, ale zatím není možné rozlišit, zda nejde o projev hvězdné aktivity.

Honosné chvosty známe ze Sluneční soustavy od komet – u jiných hvězd je však mají samotné planety. **Gliese 436 b**, planeta o velikosti a hmotnosti téměř totožná s Neptunem, která však svou mateřskou hvězdu oběhne jednou za 2,64 d, byla objevena již r. 2004 a o tři roky později byla potvrzena nezávislým pozorováním. J. Kulow aj. již r. 2014 zjistili, že v ultrafialovém (UV) oboru je *pokles jasnosti hvězdy výrazný i poměrně dlouho po tranzitu planety*. D. Ehrenreich aj. na hvězdu zaměřili *HST* a družici *Chandra*. Potvrdili, že zatímco ve viditelném oboru způsobí planeta pokles jasnosti hvězdy menší než 1 %, v UV oboru – zejména v okolí spektrální čáry Lyman-α – je pokles větší než 50 %. Zatímco pokles ve viditelném oboru trvá zhruba hodiny, v UV části spektra začíná již o dvě hodiny dříve a končí až tři hodiny po skončení vizuálního tranzitu. Autoři navrhují vysvětlení v podobě oblaku vodíku, který sluneční vítr strhává z atmosféry planety a který planetu obklopuje a v podobě kometárního ohonu zůstává v prostoru za ní. Odhadovaná eroze vodíku z atmosféry je impozantní: 10^5 – 10^6 kg/s.

Podobný jev objevili R. Sanchis-Ojeda aj. u planety **K2-22 b**, která oběhne svou mateřskou hvězdu jednou za 9,15 h a hloubka pozorovaných tranzitů v čase výrazně kolísá od nuly do 1,3 %. Mateřská hvězda je trpaslík spektrálního typu M s povrchovou teplotou přibližně 3 800 K. Kromě hloubky zákrytu se v čase mění také jeho průběh a stejně jako u výše zmíněné *Gliese 436 b* světelná křivka závisí na vlnové délce světla. Autoři taktéž navrhují vysvětlení v podobě rozptylu světla na oblaku materiálu ve tvaru kometárního ohonu, který překračuje hranici Rocheova laloku, ačkoli odhadovaný povrch planety leží hluboko uvnitř této ekvipotentiální plochy.

HD 219134 je oranžová, na tmavé obloze okem viditelná hvězda v souhvězdí Kasiopeje, vzdálená od nás jen 6,5 pc. F. Motalebi aj. objevili v datech *HARPS-N* na *La Palma* metodou RV planetu, která kolem hvězdy hlavní posloupnosti a spektrálního typu K oběhne jednou za 3,09 d na téměř kruhové dráze s poloměrem $(0,0382 \pm 0,0003)$ au. Pozorování tranzitu planety před hvězdou pomocí SST pomohla získat odhad parametrů planety samotné – hmotnost $(4,46 \pm 0,47)$ M_⊕ a poloměr $(1,606 \pm 0,086)$ R_⊕, což ukazuje na solidní kamennou planetu (střední hustota $(5,89 \pm 1,17)$ g/cm³). V sys-

tému se prokazatelně nachází další dvě planety, patrně také superzemě s hmotnostmi zhruba 2,7 a 8,7 M_⊕, a velmi pravděpodobně ještě další planeta s předpokládanou hmotností (62 ± 6) M_⊕. Tento systém je nejbližším důkazem, že kamenné (super)země jsou ve vesmíru obvyklé.

J. Jenkins aj. potvrdili přítomnost planety jen o málo větší než Země v ekosféře hvězdy spektrálního typu G2 vzdálené 430pc. Planeta **Kepler-452 b** má poloměr $(1,63 \pm 0,23 - 0,2)$ R_⊕ a velmi pravděpodobně je kamenná, mateřskou hvězdu oběhne jednou za 384,8 d a střední vzdálenost od hvězdy je $(1,046 \pm 0,019 - 0,015)$ au. J. Coughlin ze institutu SETI odhaduje, že pokud je hmotnost planety zhruba pětinásobek M_⊕, její atmosféra je rozsáhlější, hustší a také patrně více oblačná než pozemská. Mateřská hvězda je o trochu větší ($1,11$ R_⊙) a starší (6 Gr) než Slunce a planeta se podle všeho nacházela v ekosféře celou dobu svého života a setrvá v ní po následující 3 Gr.

Další planeta objevená družicí Kepler je ještě podobnější Zemi – s poloměrem $1,2$ R_⊕ a hustotou $5,6$ g/cm³ by se na první pohled zdálo, že není vhodnějšího kandidáta pro pátrání po mimozemském životě než je planeta **Kepler-78 b**. První pohled kazí orbitální parametry planety: oběžná doba 8,5 h a vzdálenost od mateřské hvězdy jen 0,008 9 au. W. K. M. Rice zaujala otázka, jak se planeta může dostat na tak blízkou dráhu. Numerické modelování odhalilo, že vysvětlením může být Kozaiův-Lidovův efekt působení vzdáleného třetího tělesa, které ovlivňuje dráhy planety v pericentru a v průběhu necelého Gr „dotlačí“ planetu do kruhové dráhy. Nutno podotknout, že navržený scénář není jediný možný, alternativním vysvětlením může být planetární rozstřel za přítomnosti obřích planet, které v minulosti odmigrovaly do neznáma. Vzdálené třetí těleso zatím zůstává nezjištěno.

Velkou senzací vyvolala „*Tabbyina hvězda*“ neboli **KIC 8462852** – pozorování z družice *Kepler* ve vizuálním oboru zaznamenala nepravidelné poklesy jasnosti až o 20 %. Poklesy jasnosti byly natolik nepravidelné a veliké, že i obvykle konzervativní astrofyzici v čele s T. Boyajianovou aj. připusťili jako možné vysvětlení tzv. Dysonovu sféru, tj. umělou konstrukci kolem mateřské hvězdy, vytvořenou za účelem maximální využití její energie. Pravděpodobnější vysvětlení však nabízí oblak kometárního nebo planetesimálního materiálu o uhrnné hmotnosti více než 10^{-6} M_⊕. Rádiová pozorování SETI (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*) vykonaná G. Harpem aj. neodhalila žádnou přítomnost zelených pidi-mužíků, nicméně jednou vypuštěná senzační zpráva poutala po několika týdnu pozornost světových médií. (S odstupem: poklesy jasnosti jsou téměř jistě přirodního původu, senzace se opět nekoná.)

Planetu menší než Zem v datech družice Kepler objevil tým D. Jontof-Huttera. Kolem hvězdy **Kepler-138** obíhají tři planety, z nichž ta nejbližší má hmotnost $(0,066 \pm 0,059 - 0,037)$ M_⊕ a hustotu $(2,6 \pm 2,4 - 1,5)$ g/cm³, tedy zhruba o velikosti Marsu. Zbylé dvě planety jsou větší než Země, ale velmi se liší hustotou: zatímco prostřední má hustotu $(6,2 \pm 5,8 - 3,4)$ g/cm³, nejvzdálenější má jen $(2,1 \pm 2,2 - 1,2)$ g/cm³. To ukazuje, že ne všechny planety zhruba velikosti Země musí být kamenné. Všechny planety se nacházejí blíže hvězdě, než je hranice ekosféry. Hvězda je červený trpaslík s hmotností $0,52$ M_⊕, poloměrem $0,44$ R_⊕ a povrchovou teplotou jen 3 840 K a nachází se ve vzdálenosti 66,5 pc v souhvězdí *Lyry*.

Většina dosud známých exoplanet obíhá poměrně blízko svých mateřských hvězd – to je výběrový efekt hlavních metod detekce; jak metoda RV, tak poklesy jasnosti při tranzitu přednostně nachází planety, které jsou velké a(nebo) blízko své hvězdy. Způsob detekce planety při gravitačním mikročochkování (přechod jedné hvězdy přes druhou, při kterém dojde k dočasněmu zesílení světla té vzdálenější)

tímto neduhem netrpí. Jednu takovou zatím netypickou planetu nezávisle na sobě potvrdily dva týmy. D. Bennet aj. se na hvězdu **OGLE-2005-BLG-169** podívali pomocí kamery Wide Field Camera 3 (WFC3) na palubě *HST*. Potvrdili dříve pozorovaný vlastní pohyb mateřské hvězdy, určili zářivý výkon hvězdy a pořídili přesnou světelnou křivku. Z kombinace všech známých dat odvodili hmotnost hvězdy na $(0,69 \pm 0,02) M_{\odot}$, hmotnost planety $(14,1 \pm 0,9) M_{\oplus}$, velkou poloosu dráhy planety $(4,0 \pm 2,2 - 0,6)$ au a vzdálenost systému $(4,1 \pm 0,4)$ kpc. Stejnou hvězdu jiným přístrojem – spektrografem *NIRC2* na *Keckově dalekohledu* – pozorovali V. Batista aj. a parametry planety a hvězdy určili téměř shodně: hmotnosti $(0,65 \pm 0,05) M_{\odot}$, resp. $(13,2 \pm 1,3) M_{\oplus}$, vzdálenost $(4,0 \pm 0,4)$ kpc. Planeta srovnatelná s Uranem je tak první potvrzenou planetární mikročočkou. Je zřejmé, že mikročočkování je závislé na náhodném postavení v prostoru, nicméně se prokázalo, že netrpí výběrovým efektem výše zmíněných metod.

51 Eridani je mladá žlutá hvězda hlavní posloupnosti s hmotností asi $1,75 M_{\odot}$, vzdálená od nás přibližně 30 pc. B. Macintosh aj. pomocí přístroje *Gemini Planet Imager* (GPI) napřímo objevili ve vzdálenosti 13 au od hvězdy planetu, jejíž následný spektroskopický průzkum odhalil silné absorpcní čáry methanu a vodní páry a povrchovou teplotu $600 \div 750$ K. Model vzniku takové planety v blízkosti 20 Mr staré hvězdy vede k odhadu hmotnosti zhruba $2 M_{\oplus}$. Jde zatím o nejméně hmotnou planetu pozorovanou přímo a zároveň první velký úspěch přístroje GPI (*51 Eri* byla v katalogu Gemini South objekt zájmu s pořadovým číslem 2). R. De Rosa aj. následně potvrdili, že **51 Eri b** není hnědý trpaslík, který se pouze promítá do blízkosti hvězdy; naopak s ní sdílí vlastní pohyb. Autoři zpřesnili parametry dráhy planety (velká poloosa asi 14 au, oběžná doba 41 rok a sklon dráhy 138°). Z dosavadních měření se zdá, že planeta neobíhá ve stejně rovině jako trpasličí dvojhvězda **GJ 3305**, která je vzdáleným průvodcem *51 Eri*. B. Montet aj. analyzovali parametry této dvojhvězdy za pomocí kombinace dat z přístrojů *NIRC2* a *HIRE*S na *Keckově dalekohledu* a přístroje *DSSI* na *Discovery Channel Telescope*. Hmotnost celého systému je podle nich $(1,11 \pm 0,04) M_{\odot}$, oběžná doba složek $(29,03 \pm 0,5)$ roku, velká poloosa dráhy $(9,78 \pm 0,14)$ au a excentricita $(0,19 \pm 0,02)$. Odhadnutá hmotnost složek je $(0,67 \pm 0,05) M_{\oplus}$ a $(0,44 \pm 0,05) M_{\oplus}$ a stáří celé dvojhvězdy je (37 ± 9) Mr. Podle autorů je na základě uspořádání celé hvězdné soustavy nepravděpodobné, že by dráha **51 Eri b** byla výrazně ovlivněna Kozaiovým-Lidovovým efektem.

A. Boccaletti aj. odhalili pomocí přístroje SPHERE (*Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch*) na *Very Large Telescope* v Chile zcela neočekávané dění v prachovém disku v okolí hvězdy **AU Microscopii**, vzdálené 10 pc od nás. Prachový disk již r. 2007 pozoroval *HST*, stejně jako 40 au vzdálený pás malých těles podobný *Edgeworthovu-Kuiperovu* pásu ve Sluneční soustavě. Boccalettiho tým na *AU Mic* zaměřil pozornost SPHERE jako na jeden z prvních cílů a hned první výsledky přinesly překvapení – podstatná část prachového disku má nepravidelnou strukturu a pohybuje se směrem pryč od hvězdy zdánlivou rychlosí $4 \div 10$ km/s. Příčina takového rychlého nepravidelného pohybu v disku není jasná – může jít o hustotní vlny vyvolané skrytou planetou (podobně jako u β Pic), tříšť materiálu vytvořená srážkami malých těles nebo látka vyvržená z prachového disku působením opakoványch koronálních výronů mateřské hvězdy. Ch. Schüppler aj. se pokusili prachový disk kolem *AU Mic* numericky modelovat, a to se střídavými úspěchy. Většina modelů je schopna reprodukovat prachový disk vzniklý z pásu malých těles s vnější hranou kolem 40 au od hvězdy s následnou migrací prachových zrn zpět ke hvězdě. Mode-

ly nedovedou zpřesnit šířku pásu (cokoli mezi hodnotami 5 až 44 au „funguje“), pozorování velkých přístrojů zobrazují disk jasnější v kratších vlnových délkách a vypočtené rozložení polarizace záření také neodpovídá pořízeným datům (to může mít na svědomí asymetrický tvar prachových zrn). Autoři uvádějí, že nejlepší modelový materiál představuje směs křemíku, uhlíku a vodního ledu střední půroditosti. Dále tvrdí, že modelovaná jasnost disku nejlépe odpovídá skutečnosti při intenzitě slunečního větru přibližně $50\times$ větší než u Slunce, což podle nich také vysvětuje výše zmíněné rychlé nepravidelné struktury pozorované *VLT* i dalšími přístroji.

Ve vzdálenosti necelých 12 pc od nás v souhvězdí *Plachet* se nachází červený trpaslík spektrálního typu M s označením **Gliese 1132**. Kolem něj obíhá planeta, která má jen o 16% větší poloměr než Země a hmotnost o 60% větší, tedy je velmi pravděpodobně kamenná. Planetu pozorujeme téměř přesně v rovině oběhu, který samotný trvá 1,6 d. Z. Beretta-Thompson aj. upozorňují, že tento typ červených trpaslíků převyšuje v Galaxii hvězdy slunečního typu v poměru 12:1, což znamená, že v jejich okolí můžeme očekávat velké množství slunečních soustav, podle všeho dokonce až 1,4 planety o hmotnosti $0,5 \div 1,5 M_{\oplus}$ na každou hvězdu. **Gliese 1132 b** obíhá příliš blízko mateřské hvězdě na to, aby na ní mohl existovat život – přestože červený trpaslík má poloměr jen $0,21 M_{\oplus}$, planeta dostává $19\times$ větší zářivý výkon než Země. Poměrná blízkost celé soustavy a klidný druh hvězdy představuje výbornou laboratoř pro budoucí studium atmosféry planety, o které již nyní víme, že přišla o většinu původního vodíku.

T. Barclay aj. provedli množství simulací pětinásobného planetárního systému kolem hvězdy **Kepler-296**, což je dvojhvězda tvořená dvojicí trpaslíků typu M. Zvláštní je, že na základě spektroskopických dat není možné rozhodnout, kolem které složky planety obíhají. Barclayův tým se snažil optimalizovat pozorovaná RV data pro různé konfigurace a dospěl k závěru, že jako nejpravděpodobnější se jeví konfigurace, kdy všech pět planet obíhá primární složku dvojhvězdy. Za předpokladu, že všech planet obíhá kolem stejné hvězdy, je možné odhadnout poloměry dvou nejvzdálenějších planet e a f na $(1,53 \pm 0,26) R_{\oplus}$, resp. $(1,8 \pm 0,31) R_{\oplus}$. Pokud jsou odhady správné, tyto nejvzdálenější planety se nacházejí těsně na hranici, popřípadě i uvnitř ekosféry své hvězdy.

Další zajímavý planetární systém kolem trpaslíka spektrálního typu M nalezli E. Petigura aj. v datech druhé fáze mise *Kepler*. Kolem hvězdy **K2-21**, vzdálené od nás (65 ± 5) pc, obíhá dvojice planet s relativními poloměry jen $(2,6 \pm 0,14)\%$, resp. $(3,15 \pm 0,2)\%$ poloměru hvězdy. Blízká IR spektroskopie dovolila shora omezit odhad velikosti hvězdy, ze kterého plynou velikosti planet $(1,59 \pm 0,43) R_{\oplus}$, resp. $(1,92 \pm 0,53) R_{\oplus}$. Planety mají oběžné doby $9,32$ a $15,5$ d a jsou tak velice blízko rezonanci 5:3, za což podle autorů může dráhová historie soustavy. Soustavná pozemská pozorování by mohla odhalit časové variace v tranzitech, což může odkrýt další planety v systému anebo působení obou superzemí mezi sebou.

W. F. Welsh aj. objevili již **desátou planetu**, která obíhá kolem centrální dvojhvězdy. Dvojhvězda má složky o hmotnosti $0,94$ a $0,195 M_{\odot}$, které se navzájem obíhají každých 27,32 d. Planeta kolem nich krouží s periodou 240,5 d na skloněné dráze, která má tak výraznou precesi, že pouhých 8,3 % procenta času můžeme pozorovat tranzity planety přes dvojhvězdu. Poloměr planety je možné určit zhruba na $6,2 R_{\oplus}$, ale její hmotnost nikoli, neboť je příliš nízká v porovnání s dvojhvězdou; autoři odhadují na základě fotometrických dat horní hranici na $16 M_{\oplus}$. Planeta se kupodivu nachází uvnitř ekosféry celé dvojhvězdy.

PULZARY 50 rokov od objavu. Ako ich využijeme?

Každý významný astronomický objav má nielen vzrušujúcu história, ale aj budúcnosť. Pre pulzary to platí dvojnásobne

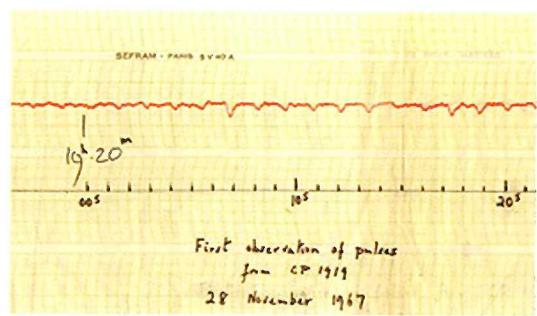
Písal sa rok 1967. Susan Jocelyn Bellová, 24-ročná doktorandka na Mullard Radio Astronomy Observatory (Veľká Británia) už druhý rok zatíkala drevené kolíky a natáhovať dlhočízny 200-kilometrový drôt. Pomáhala tak svojmu malému tímu vedenému Antonym Hewishom stavať obrovskú rádiovú anténu na pozorovanie kvazarov.

Diskutabilná „nobelovka“ za „malých zelených mužičkov“

So systematickou prehliadkou oblohy začali v júli 1967. V novembri si Susan na záznamoch všimla zaujímavý pulzujúci signál, ktorý sa opakoval s neuveriteľnou presnosťou. Spolu s Hewishom si najprv mysleli, že by to mohlo byť vysielanie mimozemskej civilizácie. Niekoľko dokonca navrhlo, aby to radšej zatajili a dôkazy zničili.

Do konca roka však Susan zachytila ešte tri podobné signály, ktoré postupne označovala skrat-

kou LGM-1 až LGM-4. Bola to skratka z anglického Little Green Men, malí zelení mužičkovia. Po detekcii 4 prípadov však už bolo jasné, že signály majú prirodzený pôvod, a že tím vlastne objavil nový druh kozmických objektov; nazvali ich pulzary. Už vo februári 1968 o objave publikovali tímovú prácu. V tom istom roku ich právu podstatu odhalil Thomas Gold: ide o rýchle rotujúce neutrónové hviezdy, ktoré sú záverečným štadiom vývoja hmotnejších hviezd. Antony Hewish získal v roku 1974 Nobelovu cenu za fyziku; mnohí uznávaní vedci (vrátane nekonformného tvorca termínu big bang Freda Hoyla) členom nobelovského výboru vycítali, že cenu neudelili aj Jocelyn Bellovej Burnellovej. Tá sa však nenechala odraďti od ďalšej práce; počas svojej akademickej kariéry zastávala viacero významných medzinárodných postov a získala aj množstvo ocenení.



Obr. 1. Záznam rádiového pozorovania prvého objaveného pulzaru, ktorý neskôr dostal označenie CP1919. Dnes sa zvyčajne označuje ako PSR B1919+21.

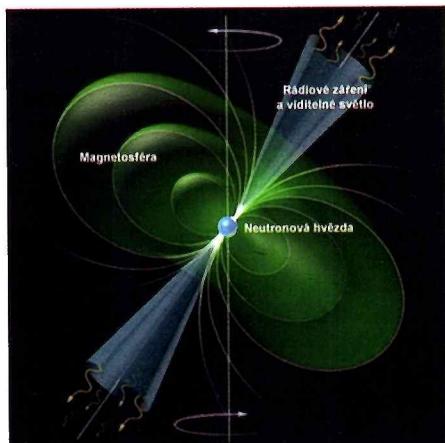
Exotické kompaktné objekty

Po verejnení objavu začali aj ďalší astronomovia pozorovať pulzary pomocou najväčších rádioteleskopov. Takým bola aj parabolická anténa s priemerom 76 m v Jodrell Banku (UK), kde postupne objavili vyše 100 ďalších pulzarov. Dnes ich poznáme vyše dviesačí a aj keď nie všetky ich vlastnosti vieme spoľahlivo vysvetliť, môžeme konštatovať, že sú preskúmané veľmi detailne.

Pulzar je vlastne prejav rýchle rotujúcej neutrónovej hviezdy. Po spotrebovaní všetkých dostupných zásob termonukleárneho paliva sa jadro veľmi hmotnej hviezdy zrúti. Gravitačný kolaps zastavia až tlakové sily degenera-



Obr. 2. Obrovská parabolická anténa rádioteleskopu s priemerom 76 m v Jodrell Banku (foto L. Hric).



Obr. 3. Okolo rýchlo rotujúcej neutrónovej hviezdy sa vytvára silné magnetické pole, ktoré usmerňuje žiarenie hviezdy do úzkeho kužeľa.
Kresba Mark A. Garlick

vaných neutrónov. Vzniká objekt s obrovskou hustotou. Neutrónová hvieza o hmotnosti $1,35 M_{\odot}$ má priemer len asi 11 km, takže hustota hmoty vo vnútri neutrónovej hviezdy prevyšuje dokonca aj hustotu atómového jadra a dosahuje až 10^{15} g/cm^3 . Počas zmrštenia hviezdy na taký malý priemer sa nezvýší len jej hustota, ale aj rotačná rýchlosť a indukcia magnetického poľa. Je dôležité vedieť, že os bi-polárneho magnetického poľa môže byť sklonená voči rotačnej osi. Magnetické pole neutrónovej hviezdy urýchluje nabité častic v jej okolí až na relativistické rýchlosť, pričom vyžarujú elektromagnetické žiarenie úzko komimované v smere magnetickej osi. Rotáciou neutrónovej hviezdy vzniká majákový efekt.

Tri rôzne druhy pulzarov

Podľa typu zdroja žiarenia rozlišujeme tri druhy pulzarov. U pulzarov poháňaných rotáciou je zdrojom žiarenia strata rotačnej energie hviezdy. V prípade, že neutrónová hvieza nabaľuje látku z okolia alebo z druhej zložky (ak ide o dvojhviezdnu sústavu), zdrojom žiarenia je gravitačná energia. Tento mechanizmus platí takmer pre všetky röntgenové pulzary. Tretím druhom sú tzv. magnetary. Majú extrémne silné magnetické pole, ktoré je prvotným zdrojom ich žiarenia.

Ďalšie vlastnosti pulzarov závisia od toho, v akých sústavách sa nachádzajú. Poznáme dvojité pulzary, čo sú vlastne dvojhviezdy, kde jednou zložkou je pulzar. Stáčanie priamky, ktorá spája obidve neutrónové hviezdy v čase, keď sú k sebe najbližšie (stáčanie periastra) u týchto pulzarov potvrdilo platnosť všeobecnej teórie relativity. Najexotickejšimi sú milisekundové pulzary s veľmi rýchlo rotáciou. K ich roztočeniu prispieva aj nabaľovanie okolitej látky (alebo látky z druhej zložky v prípade binárnej sústavy). Neskôr boli objavené aj röntgenové pulzary – tesné dvojhviezdy, kde jednou zložkou je pulzar, pričom dochádza k nabaľovaniu plazmy z druhej zložky na pulzar. Keď látka dopadá do okolia magnetických pólov a uvoľňuje sa aj röntgenové žiarenie.

Pulzary a gravitačné vlny

Ako teda využijeme pulzary v blízkej budúnosti? Už od roku 2007 beží projekt NANO-

Grav (North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves). Na tomto projekte spolupracuje 60 ústavov z USA a Kanady. Úlohou je hľadať gravitačné vlny s veľmi nízkou frekvenciou, ktoré by mali produkovať galaktické jadrá s dvojítymi supermasívnymi čiernymi dierami, ale aj kozmické struny, skrytá tmavá hmota a možno aj skrytá energia. Tako produkované nízkofrekvenčné gravitačné vlny by sa mali šíriť celým vesmírom a podľa teórie vytvárajú konštantný gravitačný šum, ktorý nazývame aj stochastickým pozadím gravitačných vln. Na detekciu takého pozadia je potrebné využívať veľmi prešíkané a zložité metódy. Je to obdoba systému GPS, ktorý používa na zameranie polohy časový signál satelitov, obiehajúcich okolo Zeme. V hľadáčku projektu NANOGrav je 54 galaktických najstabilnejších milisekundových pulzarov PTA (Pulsar Timing Array), ktoré slúžia na detekciu jemných zmien geometrie časopriestoru Galaxie. Okrem projektu NANOGrav funguje aj projekt Parkes Pulsar Timing Array, ktorý využíva pozorovania austrálskeho rádioteleskopu v Parkes. Podobne v Európe máme projekt European Pulsar Timing Array (EPTA), ktorý analyzuje dátu z najväčších európskych rádiových dalekohľadov.

Všetky tri projekty sú združené do „projektu projektov“ International Pulsar Timing Array (IPTA). Žiaľ, zatiaľ žiadny z nich nezachytil nízkofrekvenčné gravitačné vlny. Povzbudením do ďalšieho hľadania je však úspešný záznam gravitačných vln detektormi LIGO a VIRGO, ktoré priniesli dnes už nesporný dôkaz o existencii gravitačných vln.

Skvelí kozmickí navigátori

Najpraktickejším využitím pulzarov je prípad kozmickej navigácie. Čínska akadémia vied už 9. novembra 2016 vypustila experimentálny pulzarm navigovaný satelit XPNAV-1. Zariadenie využíva 26 blízkych milisekundových pulzarov a vytvára databázu, ktorá sa bude využívať aj pri ďalších letoch. Satelit bude fungovať 5 – 10 rokov a stal sa vôbec prvým kozmickým prostriedkom navigovaným pomocou pulzarov.

Podobnou kozmickou GPS-kou je aj zariadenie SEXTANT (Station Explorer for X-ray Timing and Navigation Technology), ktoré vyrobili pre NASA v Goddardovom stredisku kozmických letov a 3. júna 2017 ho dopravili na Medzinárodnú vesmírnu stanicu (ISS). Zariadenie počas dvoch dní uskutočnilo 78 meraní polohy voči 4 vybraným milisekundovým pulzaram. Presnosť v určení polohy je cca 16 km; bude sa ďalej zvyšovať a vo vzdialom kozmickom priestore by mohla dosiahnuť až 100 m. Takto vesmírna GPS-ka bude mať obrovský význam už aj pri letoch na Mars a samozrejme ďalej mimo Slnečnú sústavu.

Na tomto príklade môžeme vidieť, ako dramaticky sa zmenili naše poznatky v astrofyzike za jedno polstoročie. Od „malých zelených mužičkov“ veda pokročila k reálnemu praktickému využitiu pulzarov v oblasti kozmických letov. Takže nebyť nedostatku financií, kozmonautika už mohla byť oveľa ďalej.

Ladislav Hric
SÚH Hurbanovo

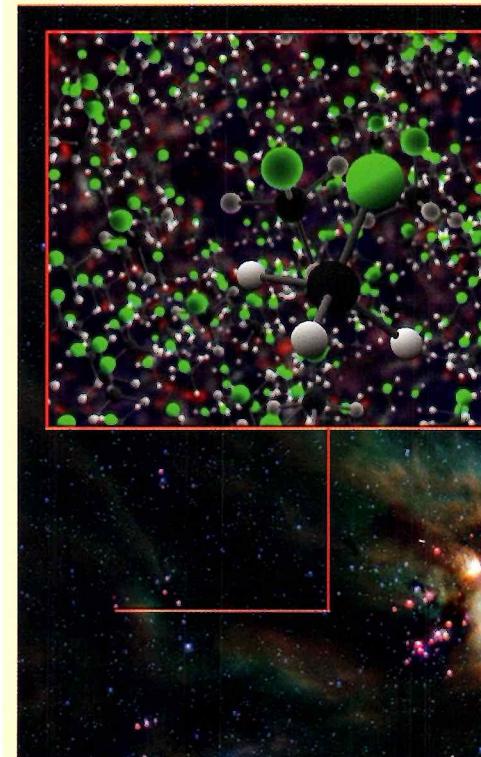
Molekuly freónu-40 zaznamenali dva prístroje: ALMA (v Čile) a Rosina na palube sondy Rosetta. Tento organohalogén CH₃Cl (známy aj ako metylchlorid či chlorometán) zaznamenali vedci pri dvoch naprosto odlišných objektoch: v sústave mladej dvojhviezdy IRAS 16293-2422, vzdialenej 400 svetelných rokov i okolo známej kométy Čurjumov/Gerasimenko (67P/C-G) v našej Slnečnej sústave.

V prípade najnovších údajov z ALMA ide o prvú detekciu organohalogénu v medzihviezdnom priestore. Objav vzbudil pozornosť najmä medzi astrobiológmi, pretože freón-40 je podľa všetkého jedným z možných markerov života. (Pod pojmom *marker sa v astrobiológií i v medicíne rozumie látka, ktorá signalizuje v prvom prípade prítomnosť živých buniek, v druhom prípade napríklad buniek rakoviny.*)

Organohalogény sú zlúčeniny halogénov, napríklad chlóru či flóru, previazanými s uhlíkom a vzácné aj s inými prvkami. Na Zemi sú produktom biologických procesov (v najrôznejších organizmoch od hub až po ľudí), ale vznikajú aj v priemysle, na príklad pri výrobe farbív či liečiv.

Oobjav freónu-40 v prostredí nevhodnom na život vedcov zaskočil. Donedávna totiž platilo, že tieto molekuly by mali byť indikátormi života. Formovanie freónu-40 v kozmických podmienkach sa nepripúšťalo, a už vôbec nie v takých koncentráciách, aké teraz zaznamenali v okolí dvojhviezdy IRAS.

Edith Fayolle z Center for Astrophysics (Cambridge, Massachusetts): „Ukázalo sa, že tieto molekuly vznikajú priamo v hviezdnych kolískach. Preto sa môžu stať jedným z klúčov



Organohalogén freón-40 objavila ALMA v okolí zlúčeniny detegovali aj prístroje sondy Rosetta pr. B. Saxton (NRAO/AUI/NSF); NASA/JPL-Caltech,

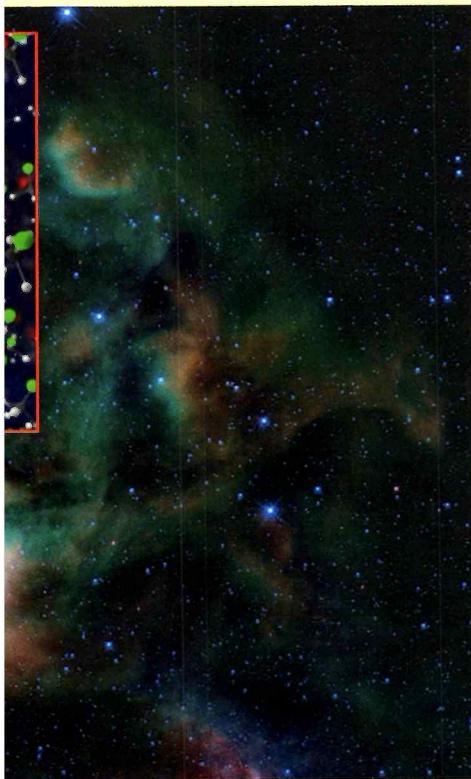
Unikátny objav freónu-40 v okolí mladých hviezd

pochopenia chemickej evolúcie planetárnych sústav. Aj tej naše.“

Skúmanie exoplanét vstúpilo do novej etapy. Ich lovci budú nadáľ zdokonaľovať svoje metódy, ale paralelne s nimi budú iné tímy (okoľo planét, prípadne na nich) hľadať chemické markery, naznačujúce prítomnosť života. Objav organohalogénov v medzihviezdnom priestore rozširuje naše predstavy o prvotných podmienkach, nevyhnutných na vznik a vývoj organickej chémie na planétach. Bez nej by sa život nemohol sformovať.

Karin Oberg, členka tímu: „Zdá sa, že organohalogény sú prísadou takzvanej ‚primordiálnej polievky‘. Na mladej Zemi i na terestrických, skalnatých exoplanétach.“

Astrobiológovia sú nadšení. Sústava 66 rádiových dalekohľadov ALMA potvrdila, že dokáže detegovať organické molekuly okolo mladých hviezd, v priestore, kde sa môžu formovať planéty. Okolo najrozličnejších hviezd už dávnejšie detegovala látka, z ktorých vznikajú cukry i aminokyseliny. Objav freónu-40 pri kométe 67P/Č-G podporil hypotézu možného prepojenia predbiologickej chémie vzdialených protovhiezd s našou Slnečnou sústavou. Navyše sa potvrdilo, že organohalogény môžu na mladé planéty dopravovať aj komety.

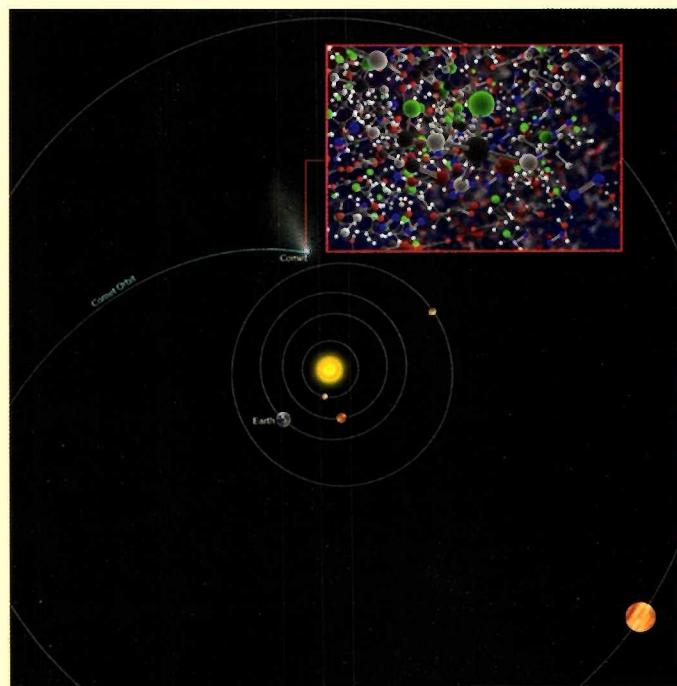


výchviezdy IRAS 16293-2422. Rovnakú organickú 67P/Čurjumov-Gerasimenko.

Poznámky:

1. Dvojhviezdu IRAS 16293.2422 obaluje molekulový oblak v oblasti Rho Ophiuchi, kde sa formujú mladé hviezdy. Údaje o freóne-40 sa objavili v prehliadke PILS (Protostellar Interferometric Line Survey). Prehliadka je záZNAMOM chemickej komplexity hviezd, ktoré skúmali v celom rozsahu vlnových dĺžok pokrývaných sústavou ALMA.
2. Ešte pred freónom-40 objavili vo vesmíre aj zlúčeninu CF+, ktorú podaktori tiež považujú za organohalogén. CF+ však na rozdiel od freónu-40 nie je stabilný.
3. Freón sa donedávna bežne používal pri výrobe ľadničiek, no v ostatných dvoch deštročiach ho nahradila iná látka, pretože freón ničí ozónovú vrstvu, ktorá chráni Zem pred UV-žiarením.

ESO Press Release; E. G.



Približná poloha kométy 67P/C-G vo chvíli, keď pri nej prístroj Rosina na palube Rosetty detegoval stopy freónu-40.
B. Saxton (NRAO/AUI/NSF)



Na snímke oblasti Rho Ophiuchi vidíme prelínajúce sa, svetlé i tmavé oblaky, v ktorých dozrievajú a rodia sa nové hviezdy.
ESO/Digitized Sky Survey 2

48 hodín v Nashville

Slnku vzdávali ľudia úctu od nepamäti. Uvedomovali si, že naša najbližšia hviezdá dáva planéte svetlo a teplo, bez ktorých je existencia života nepredstaviteľná. Po stáročia patrili slnečné zatmenia medzi obávané udalosti, ktoré ľudia nedokázali vysvetliť ani predpovedať. Aj keď dnes chápeme podstatu zatmení, vedci ich stále pokladajú za príležitosť, ako sa o čoosi viac dozviedieť o našej najbližšej hviezde. Pre milióny pozemšanov je zatmenie Slnka jedným z najújasnejších fenoménov prírody.

21. augusta 2017 prechádzal pás úplného zatmenia Slnka po celej šírke USA. Milióny ľudí upriamilo svoje oči k oblohe, aby možno jediný raz vo svojom živote uvideli prekrásny vesmírny úkaz, na ktorý nikdy nezabudnú.⁽¹⁾

Po expediciách za úplným zatmením Slnka na Čukotke (1990), v Mexiku (1991), Brazílii (1994), Thajske (1995), na Sibíri v Rusku (1997) a v Maďarsku (1999) sa mi v rámci návštavy rodiny podarilo vycestovať za pozorovaním zatmenia do USA. Cestu som pripravoval od začiatku roka 2017. Keďže počasie v čase pozorovania nemusí byť vždy príaznivé,

výber miesta vždy súvisí so zvážením ďalších možností využitia cesty, na získanie nových poznatkov z astronómie alebo aktualizáciou ich história (napríklad po expedícii v Brazílii 1994 – kde v roku 1912 v Passa Quattro pozoroval zatmenie aj Milan R. Štefánik; po našej návštive predstaviteľa mesta postavili Štefánikovi bustu a pomenovali po ňom námestie (Kozmos, Bradáč z Passa Quattro, O M. R. Štefánikovi, 1995/1, str. 18 – 19).

Z rôznych miest som si vybral Nashville v štáte Tennessee. Mesto je známe aj ako Mesto hudby, má bohatú astronomickú tradíciu, vysokú úroveň univerzitného vzdelávania na známej Vanderbilt University, s hvezdárňou The Arthur J. Dyer Observatory.⁽²⁾

Nashville, štát Tennessee.

Nashville je aj rodiskom slávneho astronóma Edwarda E. Barnarda⁽³⁾. Historik Endre Zsoldos ho spomína v štúdii Konkoly Thege Miklós (1842 – 1916) v časopise Magyar Tudomány (Maďarská akadémia vied, ročník 177, č. 12/2016, str. 1445). Píše, že spoločne mená Barnard a Konkoly spomenul už v roku 1882 londýnsky humoristický časopis Judy, or the

London serio-comic journal, 31, p. 304 (27. decembra 1882): „...bol to bohatý rok na kométy, a pretože páni Wels a Barnard objavili dve nové kométy, doktorov Hugginsa, Hasselberga, Konkolyho, Vogela a Hartwiga, ako aj profesorov Herschela a Ricoa a M. Crulsa, poriadne zaneprázdnili“. Zrejme predpokladali, že tieto mená vzdelená verejnosc' pozná.

Vo februári 2017 som oslovil profesora Kálmanná Vargu z Vanderbilt University s otázkou o histórii astronómie v Nashville (Barnard a Konkoly). Odporučil mi profesora C. Roberta O'Della⁽⁴⁾. V tejto súvislosti napísal J. Grygar nasledovný mail: „Milý pane kolego, vŕelé díky za to video, ale ještě víc mne nadchlo, že jste se setkal s americkou astronomickou ikonou prof. C. Robertem O'Dellem. Přemýšlim, kolik je mu asi let, ale pamatuji si, jak se zaslužil o projekt HST a ještě stihl s ním pozorovat, protože ta příprava trvala několik desítek let. S pozdravem, Jiří Grygar“.

USA

Prvý týždeň, po prílete do New Yorku a ceste do Johnstownu (NY), sme s manželkou a našim hostiteľom MUDr. Mirkom Vytří-



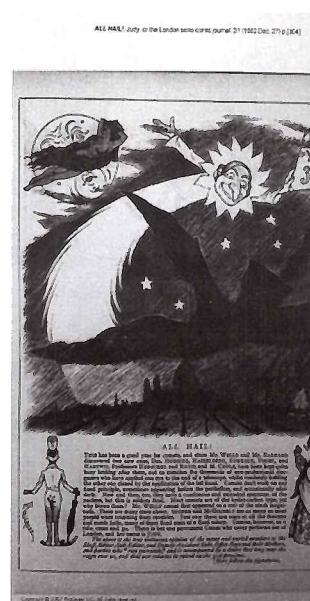
USA (Tennessee).



Autor pred Alexander Heard Library v Nashville



Teresa Gray v Jean and Alexander Heard Library, Special Collections and University Archive, (historické materiály z centrálneho archívhu)



Londýnsky humoristický časopis Judy, or the London serio-comic journal, 31, p. 304 (27. decembra 1882).

Konkolyho meno vo verejnosti považovali za známe: „bol to bohatý rok na kométy, a pretože páni Wels a Barnard objavili dve nové, doktorov Hugginsa, Hasselberga, Konkolyho, Vogela a Hartwiga, profesorov Herschela a Ricoa a M. Crulsa poriadne zaneprázdnili.“

Zrejme predpokladali, že tieto mená vzdelená verejnosc' pozná.



Pásmo zatmenia v USA (Nashville).



Dalekohľad od T. Cooke and Sons, York England, v Barnard Hall, hala na Vanderbilt University.



Nashville, hlavné mesto štátu Tennessee



Niekoľko minút pred úplným zatmením Slnka

salom, jeho dcérkou Emily a celou rodinou zo Slovenska a Anglicka strávili v mestečku Falmouth, v najvýchodnejšej časti štátu Massachusetts, na pobreží Atlantického oceánu na Cape Cod. Po návrate do Johnstownu sme deň pred zatmením odcestovali z New Yorku do Nashvillu.

V deň zatmenia sme sa v Jean and Alexander Heard Library, v oddelení špeciálnych zberok, dopoludnia stretli s Teresou Grayovou. V archíve, v knihe Williama Sheehana: *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*, Cambridge University Press (first published 1995), v odvolávkach na literatúru sme našli záznam – 43 N. de Konkoly, Letter, Observatory, 8 (1885)

– Konkolyho články vo vedeckom časopise *Observatory (Correspondence*, No. 102, 1885, p. 331)⁽⁵⁾.

V kartónových obaloch sme tiež objavili korespondenciu Hermanna Alberta Kobolda s Edwardom Emersonom Barnardom. Kobold (1858 – 1942) bol nemecký astronóm. V rokoch 1880 – 1883 pracoval ako asistent Dr. Mikuláša Thege Konkolyho vo hvezdárni v Hurbanove. Neskor sa stal šéfredaktorom *Astronomische Nachrichten*.

Univerzitná knižnica je priamo spojená s Barnardovým múzeom. Sú tu vystavené vzácné fotografie a dokumenty o jeho živote a diele, medzi ktorými dominuje Barnardov dalekohľad. Priamo z budovy univerzity viedie východ do

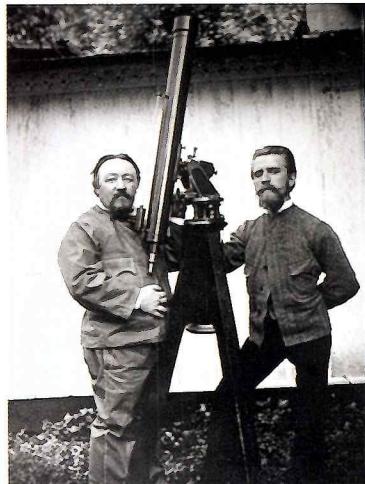
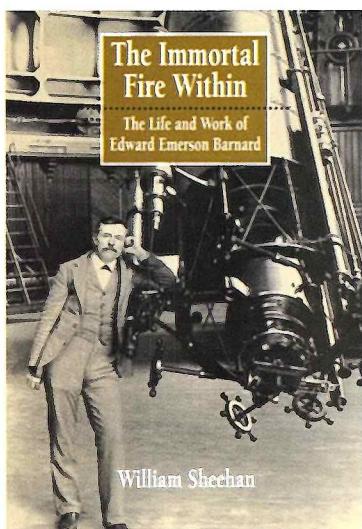
prekrásneho parku, kde sa už tisícky študentov, zamestnancov univerzity a hostí pripravovalo na „jedinečné“ pozorovanie úplného zatmenia Slnka. Za radostného jasotu prítomních, hudby, videí univerzity a NASA na vekorozmernej obrazovke, každý netrpezivo čakal na okamih zatmenia.

Zatmenie Slnka (1. – 4. kontakt) v Nashville trvalo – 2^h 55^m 29,6^s. Úplné zatmenie Slnka trvalo – 1^m 58,2^s

(Posledné viditeľné úplné zatmenie Slnka bolo v Nashville pred 539 rokmi, 29. júla 1478). Po pozorovaní úplného zatmenia Slnka sme navštívili rodinu pána O’Della a spoločne s ním a jeho hostami sme sa zúčastnili na prehliadke vo Vanderbilt Dyer Observatory.



Obrázok z videozáznamu úplného zatmenia Slnka



discoveries. On the night of November 3 I found an extremely large, rather large nebula that is not in GC, or anywhere else. This nebula has a short distance from the Great Nebula in Andromeda. It is very bright and has a strong glow. It is probably about 1 mag. ... That requires the power and, since he sees it so bright, it must be detecting that it is slightly fainter than its place that it is possible to see it at other places our field.

16 to 18 E.R. August 6, 1885. Vol. 4 411850. 1-44

17 E.W. 1885. Vol. 4 411851. 1-44

18 Town Swift. p. 4

19 Town Swift. The Nebula. p. 4

20 Town Swift. The Nebula. p. 4

21 Town Swift. The Nebula. p. 4

22 Town Swift. The Nebula. p. 4

23 Town Swift. The Nebula. p. 4

24 Town Swift. The Nebula. p. 4

25 Town Swift. The Nebula. p. 4

26 Town Swift. The Nebula. p. 4

27 Town Swift. The Nebula. p. 4

28 Town Swift. The Nebula. p. 4

29 Town Swift. The Nebula. p. 4

30 Town Swift. The Nebula. p. 4

31 Town Swift. The Nebula. p. 4

32 Town Swift. The Nebula. p. 4

33 Town Swift. The Nebula. p. 4

34 Town Swift. The Nebula. p. 4

35 Town Swift. The Nebula. p. 4

36 Town Swift. The Nebula. p. 4

37 Town Swift. The Nebula. p. 4

38 Town Swift. The Nebula. p. 4

39 Town Swift. The Nebula. p. 4

40 Town Swift. The Nebula. p. 4

41 Town Swift. The Nebula. p. 4

42 Town Swift. The Nebula. p. 4

43 Town Swift. The Nebula. p. 4

44 Town Swift. The Nebula. p. 4

45 Town Swift. The Nebula. p. 4

46 Town Swift. The Nebula. p. 4

47 Town Swift. The Nebula. p. 4

48 Town Swift. The Nebula. p. 4

49 Town Swift. The Nebula. p. 4

50 Town Swift. The Nebula. p. 4

51 Town Swift. The Nebula. p. 4

52 Town Swift. The Nebula. p. 4

53 Town Swift. The Nebula. p. 4

54 Town Swift. The Nebula. p. 4

55 Town Swift. The Nebula. p. 4

56 Town Swift. The Nebula. p. 4

57 Town Swift. The Nebula. p. 4

58 Town Swift. The Nebula. p. 4

59 Town Swift. The Nebula. p. 4

60 Town Swift. The Nebula. p. 4

61 Town Swift. The Nebula. p. 4

62 Town Swift. The Nebula. p. 4

63 Town Swift. The Nebula. p. 4

64 Town Swift. The Nebula. p. 4

65 Town Swift. The Nebula. p. 4

66 Town Swift. The Nebula. p. 4

67 Town Swift. The Nebula. p. 4

68 Town Swift. The Nebula. p. 4

69 Town Swift. The Nebula. p. 4

70 Town Swift. The Nebula. p. 4

71 Town Swift. The Nebula. p. 4

72 Town Swift. The Nebula. p. 4

73 Town Swift. The Nebula. p. 4

74 Town Swift. The Nebula. p. 4

75 Town Swift. The Nebula. p. 4

76 Town Swift. The Nebula. p. 4

77 Town Swift. The Nebula. p. 4

78 Town Swift. The Nebula. p. 4

79 Town Swift. The Nebula. p. 4

80 Town Swift. The Nebula. p. 4

81 Town Swift. The Nebula. p. 4

82 Town Swift. The Nebula. p. 4

83 Town Swift. The Nebula. p. 4

84 Town Swift. The Nebula. p. 4

85 Town Swift. The Nebula. p. 4

86 Town Swift. The Nebula. p. 4

87 Town Swift. The Nebula. p. 4

88 Town Swift. The Nebula. p. 4

89 Town Swift. The Nebula. p. 4

90 Town Swift. The Nebula. p. 4

91 Town Swift. The Nebula. p. 4

92 Town Swift. The Nebula. p. 4

93 Town Swift. The Nebula. p. 4

94 Town Swift. The Nebula. p. 4

95 Town Swift. The Nebula. p. 4

96 Town Swift. The Nebula. p. 4

97 Town Swift. The Nebula. p. 4

98 Town Swift. The Nebula. p. 4

99 Town Swift. The Nebula. p. 4

100 Town Swift. The Nebula. p. 4

101 Town Swift. The Nebula. p. 4

102 Town Swift. The Nebula. p. 4

103 Town Swift. The Nebula. p. 4

104 Town Swift. The Nebula. p. 4

105 Town Swift. The Nebula. p. 4

106 Town Swift. The Nebula. p. 4

107 Town Swift. The Nebula. p. 4

108 Town Swift. The Nebula. p. 4

109 Town Swift. The Nebula. p. 4

110 Town Swift. The Nebula. p. 4

111 Town Swift. The Nebula. p. 4

112 Town Swift. The Nebula. p. 4

113 Town Swift. The Nebula. p. 4

114 Town Swift. The Nebula. p. 4

115 Town Swift. The Nebula. p. 4

116 Town Swift. The Nebula. p. 4

117 Town Swift. The Nebula. p. 4

118 Town Swift. The Nebula. p. 4

119 Town Swift. The Nebula. p. 4

120 Town Swift. The Nebula. p. 4

121 Town Swift. The Nebula. p. 4

122 Town Swift. The Nebula. p. 4

123 Town Swift. The Nebula. p. 4

124 Town Swift. The Nebula. p. 4

125 Town Swift. The Nebula. p. 4

126 Town Swift. The Nebula. p. 4

127 Town Swift. The Nebula. p. 4

128 Town Swift. The Nebula. p. 4

129 Town Swift. The Nebula. p. 4

130 Town Swift. The Nebula. p. 4

131 Town Swift. The Nebula. p. 4

132 Town Swift. The Nebula. p. 4

133 Town Swift. The Nebula. p. 4

134 Town Swift. The Nebula. p. 4

135 Town Swift. The Nebula. p. 4

136 Town Swift. The Nebula. p. 4

137 Town Swift. The Nebula. p. 4

138 Town Swift. The Nebula. p. 4

139 Town Swift. The Nebula. p. 4

140 Town Swift. The Nebula. p. 4

141 Town Swift. The Nebula. p. 4

142 Town Swift. The Nebula. p. 4

143 Town Swift. The Nebula. p. 4

144 Town Swift. The Nebula. p. 4

145 Town Swift. The Nebula. p. 4

146 Town Swift. The Nebula. p. 4

147 Town Swift. The Nebula. p. 4

148 Town Swift. The Nebula. p. 4

149 Town Swift. The Nebula. p. 4

150 Town Swift. The Nebula. p. 4

151 Town Swift. The Nebula. p. 4

152 Town Swift. The Nebula. p. 4

153 Town Swift. The Nebula. p. 4

154 Town Swift. The Nebula. p. 4

155 Town Swift. The Nebula. p. 4

156 Town Swift. The Nebula. p. 4

157 Town Swift. The Nebula. p. 4

158 Town Swift. The Nebula. p. 4

159 Town Swift. The Nebula. p. 4

160 Town Swift. The Nebula. p. 4

161 Town Swift. The Nebula. p. 4

162 Town Swift. The Nebula. p. 4

163 Town Swift. The Nebula. p. 4

164 Town Swift. The Nebula. p. 4

165 Town Swift. The Nebula. p. 4

166 Town Swift. The Nebula. p. 4

167 Town Swift. The Nebula. p. 4

168 Town Swift. The Nebula. p. 4

169 Town Swift. The Nebula. p. 4

170 Town Swift. The Nebula. p. 4

171 Town Swift. The Nebula. p. 4

172 Town Swift. The Nebula. p. 4

173 Town Swift. The Nebula. p. 4

174 Town Swift. The Nebula. p. 4

175 Town Swift. The Nebula. p. 4

176 Town Swift. The Nebula. p. 4

177 Town Swift. The Nebula. p. 4

178 Town Swift. The Nebula. p. 4

179 Town Swift. The Nebula. p. 4

180 Town Swift. The Nebula. p. 4

181 Town Swift. The Nebula. p. 4

182 Town Swift. The Nebula. p. 4

183 Town Swift. The Nebula. p. 4

184 Town Swift. The Nebula. p. 4

185 Town Swift. The Nebula. p. 4

186 Town Swift. The Nebula. p. 4

187 Town Swift. The Nebula. p. 4

188 Town Swift. The Nebula. p. 4

189 Town Swift. The Nebula. p. 4

190 Town Swift. The Nebula. p. 4

191 Town Swift. The Nebula. p. 4

192 Town Swift. The Nebula. p. 4

193 Town Swift. The Nebula. p. 4

194 Town Swift. The Nebula. p. 4

195 Town Swift. The Nebula. p. 4

196 Town Swift. The Nebula. p. 4

197 Town Swift. The Nebula. p. 4

198 Town Swift. The Nebula. p. 4

199 Town Swift. The Nebula. p. 4

200 Town Swift. The Nebula. p. 4

201 Town Swift. The Nebula. p. 4

202 Town Swift. The Nebula. p. 4

203 Town Swift. The Nebula. p. 4

204 Town Swift. The Nebula. p. 4

205 Town Swift. The Nebula. p. 4

206 Town Swift. The Nebula. p. 4

207 Town Swift. The Nebula. p. 4

208 Town Swift. The Nebula. p. 4

209 Town Swift. The Nebula. p. 4

210 Town Swift. The Nebula. p. 4

211 Town Swift. The Nebula. p. 4

212 Town Swift. The Nebula. p. 4

213 Town Swift. The Nebula. p. 4

214 Town Swift. The Nebula. p. 4

215 Town Swift. The Nebula. p. 4

216 Town Swift. The Nebula. p. 4

217 Town Swift. The Nebula. p. 4

218 Town Swift. The Nebula. p. 4

219 Town Swift. The Nebula. p. 4

220 Town Swift. The Nebula. p. 4

221 Town Swift. The Nebula. p. 4

222 Town Swift. The Nebula. p. 4

223 Town Swift. The Nebula. p. 4

224 Town Swift. The Nebula. p. 4

225 Town Swift. The Nebula. p. 4

226 Town Swift. The Nebula. p. 4

227 Town Swift. The Nebula. p. 4

228 Town Swift. The Nebula. p. 4

229 Town Swift. The Nebula. p. 4

230 Town Swift. The Nebula. p. 4

231 Town Swift. The Nebula. p. 4

232 Town Swift. The Nebula. p. 4

233 Town Swift. The Nebula. p. 4

234 Town Swift. The Nebula. p. 4

235 Town Swift. The Nebula. p. 4

236 Town Swift. The Nebula. p. 4

237 Town Swift. The Nebula. p. 4

238 Town Swift. The Nebula. p. 4

239 Town Swift. The Nebula. p. 4

240 Town Swift. The Nebula. p. 4

241 Town Swift. The Nebula. p. 4

242 Town Swift. The Nebula. p. 4

243 Town Swift. The Nebula. p. 4

244 Town Swift. The Nebula. p. 4

245 Town Swift. The Nebula. p. 4

246 Town Swift. The Nebula. p. 4

247 Town Swift. The Nebula. p. 4

248 Town Swift. The Nebula. p. 4

249 Town Swift. The Nebula. p. 4

250 Town Swift. The Nebula. p. 4

251 Town Swift. The Nebula. p. 4

252 Town Swift. The Nebula. p. 4

253 Town Swift. The Nebula. p. 4

254 Town Swift. The Nebula. p. 4

255 Town Swift. The Nebula. p. 4

256 Town Swift. The Nebula. p. 4

257 Town Swift. The Nebula. p. 4

258 Town Swift. The Nebula. p. 4

259 Town Swift. The Nebula. p. 4

260 Town Swift. The Nebula. p. 4

261 Town Swift. The Nebula. p. 4

262 Town Swift. The Nebula. p. 4

263 Town Swift. The Nebula. p. 4

264 Town Swift. The Nebula. p. 4

265 Town Swift. The Nebula. p. 4

266 Town Swift. The Nebula. p. 4

267 Town Swift. The Nebula. p. 4

268 Town Swift. The Nebula. p. 4

269 Town Swift. The Nebula. p. 4

270 Town Swift. The Nebula. p. 4

271 Town Swift. The Nebula. p. 4

272 Town Swift. The Nebula. p. 4

273 Town Swift. The Nebula. p. 4

274 Town Swift. The Nebula. p. 4

275 Town Swift. The Nebula. p. 4

276 Town Swift. The Nebula. p. 4

277 Town Swift. The Nebula. p. 4

278 Town Swift. The Nebula. p. 4

279 Town Swift. The Nebula. p. 4

280 Town Swift. The Nebula. p. 4

281 Town Swift. The Nebula. p. 4

282 Town Swift. The Nebula. p. 4

283 Town Swift. The Nebula. p. 4

284 Town Swift. The Nebula. p. 4

285 Town Swift. The Nebula. p. 4

286 Town Swift. The Nebula. p. 4

287 Town Swift. The Nebula. p. 4

288 Town Swift. The Nebula. p. 4

289 Town Swift. The Nebula. p. 4

290 Town Swift. The Nebula. p. 4

291 Town Swift. The Nebula. p. 4

292 Town Swift. The Nebula. p. 4

293 Town Swift. The Nebula. p. 4

294 Town Swift. The Nebula. p. 4

295 Town Swift. The Nebula. p. 4

296 Town Swift. The Nebula. p. 4

297 Town Swift. The Nebula. p. 4

298 Town Swift. The Nebula. p. 4

299 Town Swift. The Nebula. p. 4

300 Town Swift. The Nebula. p. 4

301 Town Swift. The Nebula. p. 4

302 Town Swift. The Nebula. p. 4

303 Town Swift. The Nebula. p. 4

304 Town Swift. The Nebula. p. 4

305 Town Swift. The Nebula. p. 4

306 Town Swift. The Nebula. p. 4

307 Town Swift. The Nebula. p. 4

308 Town Swift. The Nebula. p. 4

309 Town Swift. The Nebula. p. 4

310 Town Swift. The Nebula. p. 4

311 Town Swift. The Nebula. p. 4

312 Town Swift. The Nebula. p. 4

313 Town Swift. The Nebula. p. 4

314 Town Swift. The Nebula. p. 4

315 Town Swift. The Nebula. p. 4

316 Town Swift. The Nebula. p. 4

317 Town Swift. The Nebula. p. 4

318 Town Swift. The Nebula. p. 4

319 Town Swift. The Nebula. p. 4

320 Town Swift. The Nebula. p. 4

321 Town Swift. The Nebula. p. 4

322 Town Swift. The Nebula. p. 4

323 Town Swift. The Nebula. p. 4

324 Town Swift. The Nebula. p. 4

325 Town Swift. The Nebula. p. 4

326 Town Swift. The Nebula. p. 4

327 Town Swift. The Nebula. p. 4

328 Town Swift. The Nebula. p. 4

329 Town Swift. The Nebula. p. 4

330 Town Swift. The Nebula. p. 4

331 Town Swift. The Nebula. p. 4

332 Town Swift. The Nebula. p. 4

333 Town Swift. The Nebula. p. 4

334 Town Swift. The Nebula. p. 4

335 Town Swift. The Nebula. p. 4

336 Town Swift. The Nebula. p. 4

337 Town Swift. The Nebula. p. 4

338 Town Swift. The Nebula. p. 4

339 Town Swift. The Nebula. p. 4

340 Town Swift. The Nebula. p. 4

341 Town Swift. The Nebula. p. 4

342 Town Swift. The Nebula. p. 4

343 Town Swift. The Nebula. p. 4

344 Town Swift. The Nebula. p. 4

345 Town Swift. The Nebula. p. 4

346 Town Swift. The Nebula. p. 4

347 Town Swift. The Nebula. p. 4

348 Town Swift. The Nebula. p. 4

349 Town Swift. The Nebula. p. 4

350 Town Swift. The Nebula. p. 4

351 Town Swift. The Nebula. p. 4

352 Town Swift. The Nebula. p. 4

353 Town Swift. The Nebula. p. 4

354 Town Swift. The Nebula. p. 4

355 Town Swift. The Nebula. p. 4

356 Town Swift. The Nebula. p. 4

357 Town Swift. The Nebula. p. 4

358 Town Swift. The Nebula. p. 4

359 Town Swift. The Nebula. p. 4

360 Town Swift. The Nebula. p. 4

361 Town Swift. The Nebula. p. 4

362 Town Swift. The Nebula. p. 4

363 Town Swift. The Nebula. p. 4

364 Town Swift. The Nebula. p. 4

365 Town Swift. The Nebula. p. 4

366 Town Swift. The Nebula. p. 4

367 Town Swift. The Nebula. p. 4

368 Town Swift. The Nebula. p. 4

369 Town Swift. The Nebula. p. 4

370 Town Swift. The Nebula. p. 4

371 Town Swift. The Nebula. p. 4

372 Town Swift. The Nebula. p. 4

373 Town Swift. The Nebula. p. 4

374 Town Swift. The Nebula. p. 4

375 Town Swift. The Nebula. p. 4

376 Town Swift. The Nebula. p. 4

377 Town Swift. The Nebula. p. 4

378 Town Swift. The Nebula. p. 4

379 Town Swift. The Nebula. p. 4

380 Town Swift. The Nebula. p. 4

381 Town Swift. The Nebula. p. 4

382 Town Swift. The Nebula. p. 4

383 Town Swift. The Nebula. p. 4

384 Town Swift. The Nebula. p. 4

385 Town Swift. The Nebula. p. 4

386 Town Swift. The Nebula. p. 4

387 Town Swift. The Nebula. p. 4

388 Town Swift. The Nebula. p. 4

389 Town Swift. The Nebula. p. 4

390 Town Swift. The Nebula. p. 4

391 Town Swift. The Nebula. p. 4

392 Town Swift. The Nebula. p. 4

393 Town Swift. The Nebula. p. 4

394 Town Swift. The Nebula. p. 4

395 Town Swift. The Nebula. p. 4

396 Town Swift. The Nebula. p. 4

397 Town Swift. The Nebula. p. 4

398 Town Swift. The Nebula. p. 4

399 Town Swift. The Nebula. p. 4

400 Town Swift. The Nebula. p. 4

401 Town Swift. The Nebula. p. 4

402 Town Swift. The Nebula. p. 4

403 Town Swift. The Nebula. p. 4

404 Town Swift. The Nebula. p. 4

405 Town Swift. The Nebula. p. 4

406 Town Swift. The Nebula. p. 4

407 Town Swift. The Nebula. p. 4

408 Town Swift. The Nebula. p. 4

409 Town Swift. The Nebula. p. 4

410 Town Swift. The Nebula. p. 4

411 Town Swift. The Nebula. p. 4

412 Town Swift. The Nebula. p. 4

413 Town Swift. The Nebula. p. 4

414 Town Swift. The Nebula. p. 4

415 Town Swift. The Nebula. p. 4

416 Town Swift. The Nebula. p. 4

417 Town Swift. The Nebula. p. 4

418 Town Swift. The Nebula. p. 4

419 Town Swift. The Nebula. p. 4

420 Town Swift. The Nebula. p. 4

421 Town Swift. The Nebula. p. 4

422 Town Swift. The Nebula. p. 4

423 Town Swift. The Nebula. p. 4

424 Town Swift. The Nebula. p. 4

425 Town Swift. The Nebula. p. 4

426 Town Swift. The Nebula. p. 4

427 Town Swift. The Nebula. p. 4

428 Town Swift. The Nebula. p. 4

429 Town Swift. The Nebula. p. 4

430 Town Swift. The Nebula. p. 4

431 Town Swift. The Nebula. p. 4

432 Town Swift. The Nebula. p. 4

433 Town Swift. The Nebula. p. 4

434 Town Swift. The Nebula. p. 4

435 Town Swift. The Nebula. p. 4

436 Town Swift. The Nebula. p. 4

437 Town Swift. The Nebula. p. 4

438 Town Swift. The Nebula. p. 4

439 Town Swift. The Nebula. p. 4

440 Town Swift. The Nebula. p. 4

441 Town Swift. The Nebula. p. 4

442 Town Swift. The Nebula. p. 4

443 Town Swift. The Nebula. p. 4

444 Town Swift. The Nebula. p. 4

445 Town Swift. The Nebula. p. 4

446 Town Swift. The Nebula. p. 4

447 Town Swift. The Nebula. p. 4

448 Town Swift. The Nebula. p. 4

449 Town Swift. The Nebula. p. 4

450 Town Swift. The Nebula. p. 4

451 Town Swift. The Nebula. p. 4

452 Town Swift. The Nebula. p. 4

453 Town Swift. The Nebula. p. 4

454 Town Swift. The Nebula. p. 4

455 Town Swift. The Nebula. p. 4

456 Town Swift. The Nebula. p. 4

457 Town Swift. The Nebula. p. 4

458 Town Swift. The Nebula. p. 4

459 Town Swift. The Nebula. p. 4

460 Town Swift. The Nebula. p. 4

461 Town Swift. The Nebula. p. 4

462 Town Swift. The Nebula. p. 4

463 Town Swift. The Nebula. p. 4

464 Town Swift. The Nebula. p. 4

465 Town Swift. The Nebula. p. 4

466 Town Swift. The Nebula. p. 4

467 Town Swift. The Nebula. p. 4

468 Town Swift. The Nebula. p. 4

469 Town Swift. The Nebula. p. 4

470 Town Swift. The Nebula. p. 4

471 Town Swift. The Nebula. p. 4

472 Town Swift. The Nebula. p. 4

473 Town Swift. The Nebula. p. 4

474 Town Swift. The Nebula. p. 4

475 Town Swift. The Nebula. p. 4

476 Town Swift. The Nebula. p. 4

477 Town Swift. The Nebula. p. 4

478 Town Swift. The Nebula. p. 4

479 Town Swift. The Nebula. p. 4

480 Town Swift. The Nebula. p. 4

481 Town Swift. The Nebula. p. 4

482 Town Swift. The Nebula. p. 4

483 Town Swift. The Nebula. p. 4

484 Town Swift. The Nebula. p. 4

485 Town Swift. The Nebula. p. 4

486 Town Swift. The Nebula. p. 4

487 Town Swift. The Nebula. p. 4

488 Town Swift. The Nebula. p. 4

489 Town Swift. The Nebula. p. 4

490 Town Swift. The Nebula. p. 4

491 Town Swift. The Nebula. p. 4

492 Town Swift. The Nebula. p. 4

493 Town Swift. The Nebula. p. 4

494 Town Swift. The Nebula. p. 4

495 Town Swift. The Nebula. p. 4

496 Town Swift. The Nebula. p. 4

497 Town Swift. The Nebula. p. 4

498 Town Swift. The Nebula. p. 4

499 Town Swift. The Nebula. p. 4

500 Town Swift. The Nebula. p. 4

501 Town Swift. The Nebula. p. 4

502 Town Swift. The Nebula. p. 4

503 Town Swift. The Nebula. p. 4

504 Town Swift. The Nebula. p. 4

505 Town Swift. The Nebula. p. 4

506 Town Swift. The Nebula. p. 4

507 Town Swift. The Nebula. p. 4

508 Town Swift. The Nebula. p. 4

509 Town Swift. The Nebula. p. 4

510 Town Swift. The Nebula. p. 4

511 Town Swift. The Nebula. p. 4

512 Town Swift. The Nebula. p. 4

513 Town Swift. The Nebula. p. 4

514 Town Swift. The Nebula. p. 4

515 Town Swift. The Nebula. p. 4

516 Town Swift. The Nebula. p. 4

517 Town Swift. The Nebula. p. 4

518 Town Swift. The Nebula. p. 4

519 Town Swift. The Nebula. p. 4

520 Town Swift. The Nebula. p. 4

521 Town Swift. The Nebula. p. 4

522 Town Swift. The Nebula. p. 4

523 Town Swift. The Nebula. p. 4

524 Town Swift. The Nebula. p. 4

5

V deň odletu do Johnstownu sme mali šťastie a v Nashville sme navštívili aj múzeum Johnnyho Casha (*Hello! I am Johnny Cash*).

Posledné 3 dni pred odletom domov sme boli na Manhattane v New Yorku – v meste, ktoré nikdy nespí. Spali sme blízko Carnegie Hall, prechádzali sa po Brodway, v Central Parku, podporili pouličného maliera z Číny a pod. Pešo, double deckerom, či na koči bolo pôsobivé chodiť po historických miestach, a popri tom porovnávať v orientačných mapkách a bedekroch názvy so známymi menami ulíc, avenues, budov a mrakodrapov. Zdalo sa, že plnie čas, ktorý rozozniesla hudba a oživuje dávne miesta a príbehy postáv z nezabudnuteľných filmov.

„Let holuba z Nashville do Hurbanova trvá približne 115 hodín“.

48 hodín pobytu v Nashville je čas krátky, ale plný cenných údajov, ktoré sa budú spracúvať niekoľkonásobne viac.

Ľadislav Druga, predseda Spoločnosti Mikuláša Thege Konkolyho Hurbanovo – Nashville 2017

Foto: Lubica Drugová a Miroslav Vytřísal



Hubbllov vesmírny dalekohľad pod jednou z kupol Dyerovho observatória.

1. expedícia Spoločnosti Mikuláša Thege Konkolyho za úplným zatmením Slnka (náklady na cestu boli hradené mimo spoločnosť, z vlastných finančných prostriedkov).

Poznámky:

(¹) *Hurbanovo – Nashville 2017*
<https://youtu.be/e4NCnMHZOrQ>

(²) *The Arthur J. Dyer Observatory* je súčasťou Vanderbilt University. Nachádza sa v Brentwood v miestnej časti Nashvillu a je pomenované po mostnom staviteľovi Arthurovi J. Dyerovi, ktorý v roku 1953 dal na vlastné náklady vystavať kupolu s priemerom 7,3 m, v ktorej umiestnil 24-palcový zrkadlový dalekohľad. Neskôr dalekohľad pomenovali po známom astronómovi Carlovi Keenanovi Seyfertovi. Dnes observatórium slúži predovšetkým ako astronomické zariadenie s množstvom astronomických prístrojov a dalekohľadov, ktorého poslaním je zaujať a rozvíjať záujem širokej verejnosti o vede a techniku.
<https://dyer.vanderbilt.edu/>.

(³) Edward Emerson Barnard (16. 12. 1857,

Nashville, Tennessee, USA – 6. 2. 1923, Williams Bay, Wisconsin USA), americký astronóm, priekopník využitia fotografie pri mapovaní oblohy, známy objavom Jupiterovho mesiaca Amalthea v roku 1892 a objavmi niekoľkých komét. V roku 1916 objavil hviezdu s najväčším známym vlastným pohybom, ktorá bola na jeho počesť nazvaná Barnardova hviezdka.

(⁴) C. Robert O'Dell – *Od montpalomarského dalekohľadu k Hubblovmu vesmírnemu dalekohľadu* – spolupracovník Wernhera von Brauna, spolutvorca Hubblovho vesmírneho dalekohľadu (Distinguished Research Professor of Astronomy Observational Astrophysics of Gaseous Nebulae ADS).

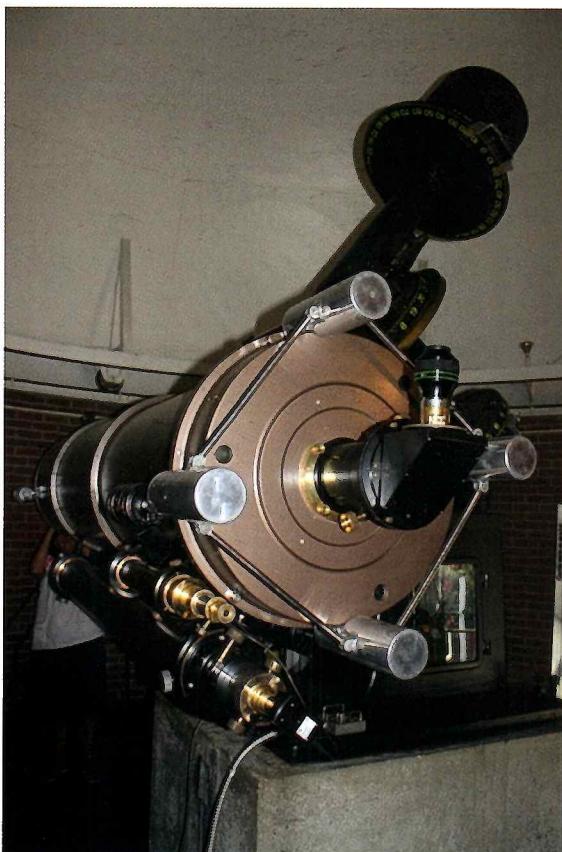
http://heritage.stsci.edu/2003/06/bio/bio_odell.html
<https://news.vanderbilt.edu/archived-news/vanderbilt-view/articles/2010/08/01/space-odyssey.121007.html>
<https://news.vanderbilt.edu/2015/04/22/the-conversation-hubble-space-telescope%E2%80%99s-chief-scientist-on-what-it-took-to-get-the-project-off-the-ground/>



Kupoly Dyerovho observatória.



S rodinou pána profesora O'Della vo Vanderbilt. O časopise Kozmos: „The yellow flowers in front of our house are “Cosmos”, just like your publication!“



24-palcový (60,96 cm) dalekohľad Carla K. Seyferta v kupole Dyerovho observatória.

The Arthur J. Dyer Observatory. Arthur J. Dyer, dal na vlastné náklady vystavať kupolu o priemeru 7,3 m, v ktorej umiestnil 24-palcový zrkadlový dalekohľad. Neskôr dalekohľad pomenovali po známom astronómovi Carlovi Seyfertovi.



⁽⁵⁾ Podmaniczky – Berta Degenfeld-Schomburková (1843 – 1928) – tretia nezávislá objaviteľka supernovy 1885A v súhvezdí Androméda. Pozorovala meteory a zriadila bohatú odbornú knižnicu observatória v Kiskartali. Observatórium založil v roku 1884 jej manžel Géza Podmaniczky (planétka 117712) spolu s Radoónom Kövesligethym, v tom čase pracovníkom hvezdárne v Hurbanove. Konkoly v článku obhajuje prvenstvo Podmanickej objavu, ktoré potvrdil aj Radó Kövesligethy. Do diskusie sa svojimi pozorovaniami zapojil aj E. Barnard z Nashville. Menom barónky je pomenovaná planétka Degenfeld 117711, ktorú 1. 4. 2005 objavil Krisztián Sárneczky na observatóriu Piszkéstető (Konkolyho observatórium, MAV). (*MPO 84273).

<http://epa.oszk.hu/00800/00861/00022/2002-2-3-17.html>

https://hu.wikipedia.org/wiki/117711_Degenfeld

Patrick Moore's Observer's Year: *The Baroness and the Supernova, 366 Nights of the Universe: 2015 - 2020* (The Patrick Moore Practical Astronomy Series) by Springer (2015-09-09)

⁽⁶⁾ Carl Keenan Seyfert (11. 2. 1911 – 13. 6. 1960), americký astronóm. Je známy vďaka výskumu z roku 1943, týkajúceho sa vysoko excitovaných emisných čiar z centra niektorých špirálnych galaxií, ktoré boli neskôr na jeho počest pomenované Seyfertove galaxie. Skupina galaxií Seyfertov sextet je tiež pomenovaná po ňom.

V roku 1946 Seyfert začal pracovať na Vanderbilt University v Nashville v Tennessee. Astronomický program na Vanderbilt Universi-

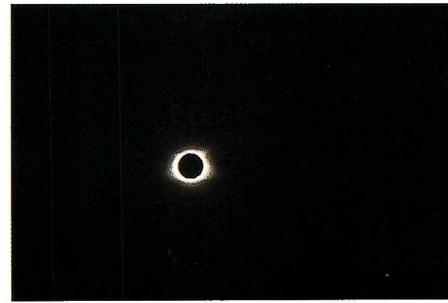
ty bol veľmi jednoduchý. Univerzita vlastnila len malé observatórium, vybavené refraktórom, a malo len skromný výukový program. Seyfert tento program zlepšil a získal finančné prostriedky na vybudovanie novej hvezdárne. V priebehu niekoľkých rokov získal významnú verejnú podporu od Nashvillskej komunity. Dyerovo observatórium dokončili v decembri 1953. Seyfert sa stal riaditeľom novej hvezdárne, túto pozíciu zastával až do svojej smrti. Počas 50. rokov tak tiež pôsobil ako miestny meteorológ pre WSM-TV. Zomrel pri automobilovej nehode v Nashville 13. júna 1960, v ulici v blízkosti Dyerovho observatória. Ulicu premenovali na jeho počest na „Carl Seyfert Memorial Drive“.



Areál univerzity vo Vandebilt v deň zatmenia.



Účastníci exkurzie v The Arthur J. Dyer Observatory – 21. augusta 2017 (zľava deti – Emilia Vytřísalová, Tarra Adunas, ďalej Yilen Gomez Maqueo-Chew, Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), syn Gilma Adunas, s manželom Ronom, Vanderbilt University, profesor O'Dell, autor článku s manželkou Lubicou a Miroslav Vytřísal).



Obrázok úplného zatmenia Slnka (M. Vytřísal).



C. Robert O'Dell, Research Professor of Physics and Astronomy, Vanderbilt University Nashville, Tennessee, USA (spolupracovník Wernhera von Brauna, spolutvorca Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu, hostiteľ domu aj vo Vanderbilt Dyer Observatory).



Autor článku pri príprave videozáznamu úplného zatmenia Slnka.



Dr. Miroslav Vytřísal, Johnstown, MD, New York, USA.

Zatmenia a Slovensko

Zatmenia Slnka a Mesiaca patria k najpôsobivejším astronomickým úkazom. V dávnych dobách vyvolávali hrôzu; ľudia, keďže nepoznali ich príčinu, považovali zatmenia za veľmi zlé znamenia. Dnes, keď už vieme, že tento zaujímavý úkaz spôsobuje iba vzájomnú polohu Slnka, Mesiaca a Zeme, sú naopak veľmi očakávané a vyhľadávané.

Zážitok z pozorovania úplného zatmenia Slnka zostáva na celý život. Ľudia, ktorí zazíli túto veľmi zvláštnu atmosféru, majú chut' vidieť aj to nasledujúce. Turistika za zatmeniami predstavuje takmer každoročne obrat stoviek miliónov dolárov. Vždy, keď prebehnú správy o úplnom zatmení kdesi na druhom konci zemegule, ako napríklad teraz v Severnej Amerike, vyvoláva to otázku: „Kedy bude úplné zatmenie Slnka aj u nás?“ Naozaj, kedy?

Náhodné faktory

Vznik zatmení je daný niekoľkými náhodnými skutočnosťami. Prvou je, že Mesiac má na oblohe takmer rovnaký uhlový rozmer ako Slnko. Druhou je natáčanie uzlovej priamky dráhy Mesiaca. Taktiež aj hodnota sklonu mesačnej dráhy k rovine ekliptiky vplyva na súčasný stav výskytov zatmení.

Zatmenia obecne rozdelujeme na zatmenia Slnka a Mesiaca. Zatmenia Slnka môžu byt čiastočné, úplné a prstencové. Prstencové zatmenia nastávajú vtedy, keď je Mesiac na oblohe menší ako Slnko, teda keď sa Mesiac na dráhe okolo Zeme nachádza od nej najďalej (blízko apogea). Do istej miery však vplyva aj momentálna vzdialenosť Zeme od Slnka. Úplné zatmenia Slnka (podobne aj prstencové) môžeme pozorovať len z úzkeho pásu na povrchu Zeme nazývaného pás totality. Pás totality, meraný kolmo na smer slnečných lúčov, dosahuje šírku len asi 260 kilometrov. Na povrchu Zeme sa rozširuje v závislosti od výšky Slnka nad obzorom. Jeho dĺžka dosahuje okolo 15 000 kilometrov. Najlepšie podmienky na pozorovanie sú v strede tohto pásu, lebo tam úkaz trvá najdlhšie a Slnko sa dostáva najvyššie nad obzor. Oveľa širšie pruhy po stranach pásu totality vymedzujú oblasti, z ktorých sa dá toto zatmenie pozorovať ako čiastočné.

V zriedkavých prípadoch sa zatmenie pozoruje ako úplné len v strede pásu totality a po stranach pásu ako prstencové. Takéto zatmenia nazývame hybridné. Stáva sa to vtedy, keď Mesiac má takmer rovnaký uhlový rozmer ako Slnko. Pozorovateľ v strede pásu totality sa môže dostať k Mesiacu bližšie až o polomer Zeme vzhľadom na pozorovateľov na koncoch pásu. Mesiac má preto o niečo väčší uhlový rozmer a dokáže zakryť celé Slnko.

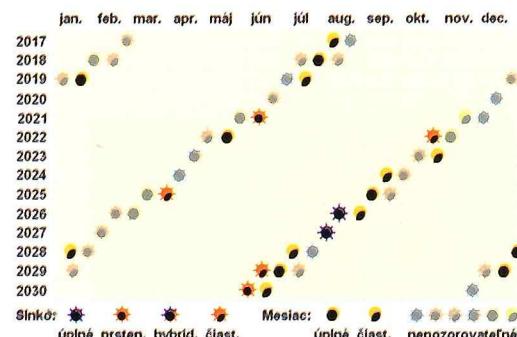
Zatmenia Mesiaca rozdeľujeme na polotieňové, čiastočné a úplné. Tieň Zeme v pries-



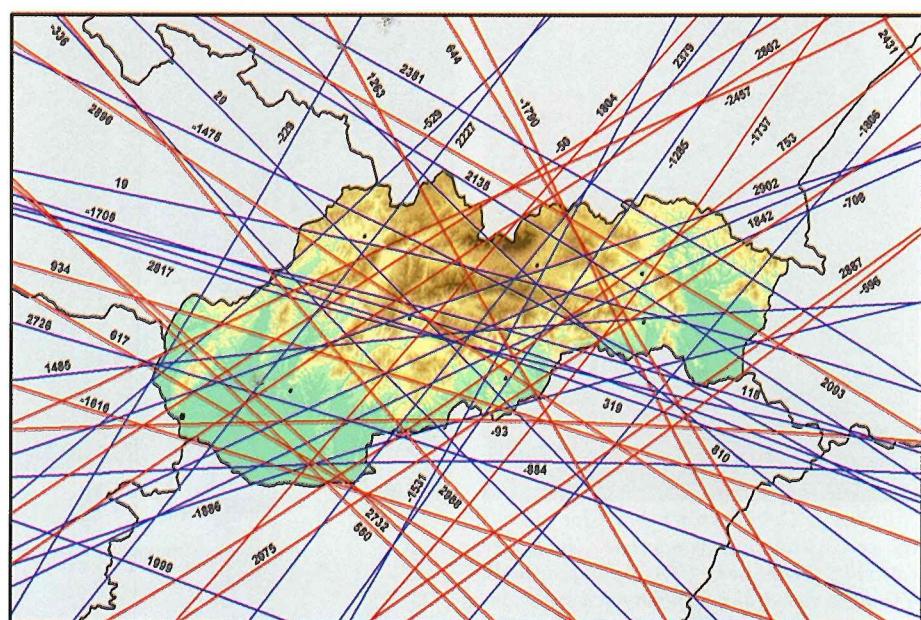
Obr. 1 Realistické zobrazenie úplného zatmenia Slnka v roku 2135.

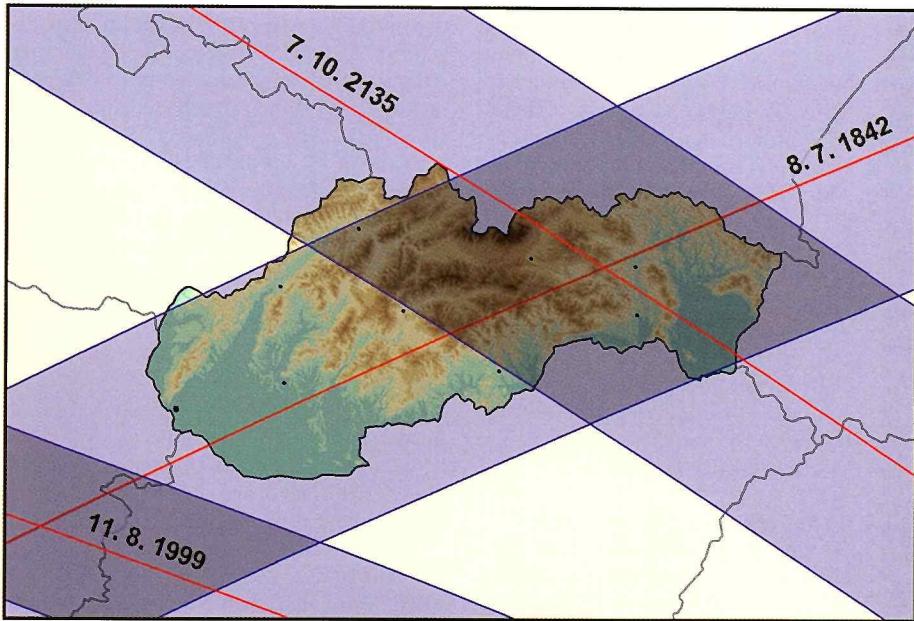
tore nie je ostrý. Geometricky ho delíme na dve zložky – tieň a polotieň. Tieň predstavuje oblasť, kam nedopadá priame slnečné svetlo, polotieň je priestor osvetlovaný časťou slnečného kotúča prekrytého Zemou. Druh zatmenia je daný tým, ktorou oblasťou tieňa Mesiac práve prechádza.

Mesačné zatmenia na rozdiel od slnečných možno pozorovať zo všetkých oblastí Zeme, kde je Mesiac práve nad obzorom. Vzhľadom na dĺžku úkazu môže byť zatmenie



Obr. 2 Prehľad zatmení v budúcom desaťročí.





Obr. 4 Posledné a najbližšie úplné zatmenia Slnka.

pozorovateľné z viac ako polovice zemského povrchu.

Períody zatmení

Na to, aby nastalo zatmenie Mesiaca či Slnka, musia byť splnené dve základné podmienky: Mesiac musí byť blízko jedného z uzlov svojej dráhy, teda ležať takmer v rovine ekliptiky, pričom blízko jedného z týchto uzlov musí byť aj Slnko. Táto podmienka býva dodržaná niekoľko týždňov, preto sa zatmenia (striedavo slnečné a mesačné) často vyskytujú v po sebe idúcich dvojiciach, občas aj v trojiciach, s odstupom asi 14 dní. Približne po polroku sa Slnko dostane do blízkosti druhého z uzlov mesačnej dráhy a zatmenia budú pokračovať. Na obrázku 2 sú graficky vynesené všetky zatmenia do konca roku 2030. Kontrastnými farbami sú zvýraznené zatmenia, ktoré sú aspoň z časti pozorovateľné z územia Slovenska. Vyznačené úplné

zatmenia Slnka sú u nás pozorovateľné len ako čiastočné.

Mesiac sa do toho istého uzla svojej dráhy dostáva po uplynutí drakonickej periody (27,2 dňa) a do novu (resp. splnu) po uplynutí synodickej periody (29,5 dňa). Rozdiel týchto dôb vyplýva tiež z toho, že uzlová priamka dráhy Mesiaca sa pozvolna natáča s periódou asi 18,6 roka. Náhodou platí, že 223 synodických obehu Mesiaca trvá 6 585,321 dní a 242 drakonickej trvá 6 585,357 dní. Rozdiel je veľmi malý, len asi 0,036 dňa, čo je približne 52 minút. Obdobie trvajúce 6 585,321 dňa môžeme teda považovať za periódou, po ktorej sa opakujú slnečné aj mesačné zatmenia. Uvedený počet dní odpovedá obdobiu 18 rokov a 10 alebo 11 dní podľa toho, kolko priestupných rokov sa tu vyskytuje. Períoda sa nazýva **saros** a poznali ju už pred vyše 2 500 rokmi starí Chaldejci. Pre ľubovoľné zatmenie Slnka a Mesiaca

tak môžeme predpovedať ďalšie zatmenie, ktoré nastane o 18 rokoch a 10 dní. Zatmenie bude veľmi podobné vzhľadom na fázu, trvanie a pod. Rozdiel je len v tom, že Zem bude oproti pôvodnému zatmeniu natočená asi o 116° smerom na východ. Toto natočenie spôsobuje zlomková časť periody (0,321 dňa). Tak napríklad „americkému“ úplnému zatmeniu Slnka 21. augusta 2017 na základe periód saros predchádzalo zatmenie 11. augusta 1999, ktorého pás totality prechádzal tesne popod Slovensko.

Výskyt slnečných zatmení

Ak chceme zistiť, ako často sa zatmenie vračia do danej lokality, musíme zvážiť, akú veľkú oblasť máme na mysli. Úplné zatmenia Slnka sa vyskytujú priemerne raz za 1,5 roka. Pozorujú sa len z pásu totality, ktorého plocha obyčajne zaberá asi 1% povrchu Zeme. Oblasť ako Slovensko predstavuje približne 0,01% povrchu Zeme. Toto štatisticky naznačuje obdobie, po akom sa úplné zatmenia na takomto území opakujú.

Za obdobie 5 000 rokov pretne územie Slovenska pás totality 25-krát. Teda k úplnému zatmeniu Slnka v takto veľkej oblasti dochádza priemerne raz za 200 rokov. Prstencových zatmení je o niečo menej a tak z nášho územia sú pozorovateľné asi raz za 240 rokov.

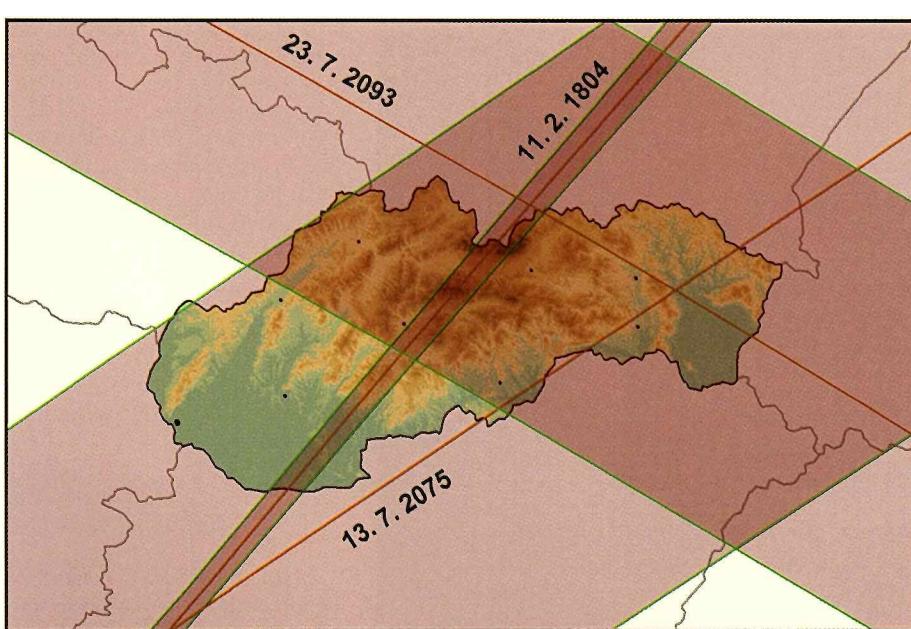
Na obrázku 3 sú čiarami vyznačené všetky centrálné oblasti pásov totality prechádzajúcich územím Slovenska, z ktorých sa dalo (prípadne bude dať) pozorovať úplné zatmenie Slnka v období od roku 2000 pred n. l. do roku 3 000. Na obrázkoch 4 a 5 sú pásy pozorovateľnosti úplných a prstencových zatmení časovo k našej súčasnosti najbližšie. Zatmenie 11. februára 1804 bolo hybridné, no z nášho územia bolo pozorovateľné len ako prstencové.

Dynamická korekcia

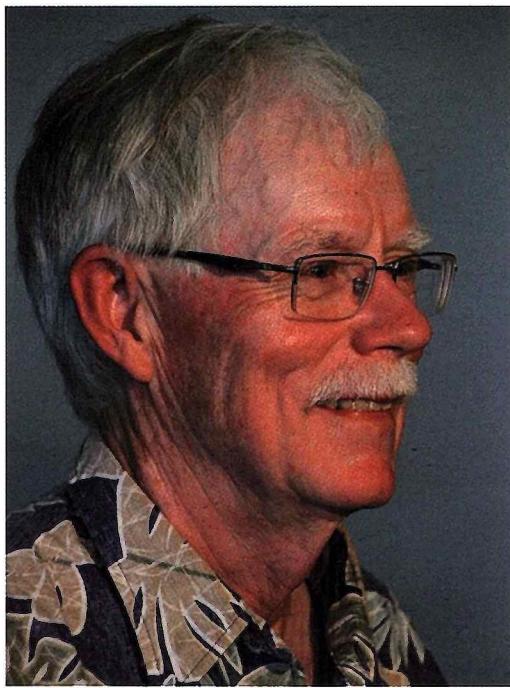
Súčasné počítače a patričný softvér dokážu veľmi spoloahlivo počítať vzájomné polohy telies Slnečnej sústavy, teda v tomto prípade Zeme, Mesiaca a Slnka. Dostatočne presne poznáme ich dráhové vlastnosti a rušivé pôsobenie ostatných planét a to aj v dôležnejších minulostiach či v budúcnosti.

Problém v predpovedi však paradoxne spôsobuje nám najbližšie a zároveň najpreskúmanejšie teleso – Zem. Programy počítajú so súčasnou rotáciou Zeme, ktorá sa teraz vzhľadom na hviezdy otočí asi za 23 hodín a 56 minút. Táto hodnota však nie je stála. Gravitačné pôsobenie Mesiaca na Zem (v menšej miere aj Slnka a planét) spôsobuje známe prílivy a odlivy. Tieto slapové sily postupne odovzdávajú uhlový moment Zeme najmä Mesiaci. Mesiac tak pomaly zrýchľuje a vzdialuje sa od Zeme.

Vzdialenosť Mesiaca v súčasnosti narastá asi o cca 3,8 cm za rok. Strata momentu hybnosti spôsobuje spomaľovanie rotácie Zeme. Deň sa v dôsledku toho predĺžuje asi o 2,3 milisekundy za storočie. Táto hodnota sa zdá byť zanedbatelná, no jej kumulatívna hodnota nadobúda v dlhšom časovom období významné hodnoty. Za juliánske storočie



Obr. 5 Posledné a najbližšie prstencové zatmenia Slnka.



Obr. 6 Fred Espenak.

sa Zem otočí 36 525-krát. Na jednu otočku v tomto období pripadá priemerné oneskorenie asi 1,15 ms. Po vynásobení počtom otočiek v tomto období vypočítame hodnotu asi 42 sekúnd. O takúto hodnotu, prevedenú na uhlovú mieru, sa Zem natočí menej, než by to bolo pri zachovaní súčasnej rotácie. Za tisícročie toto oneskorenie nadobudne hodnotu asi 1 570 sekúnd, čo predstavuje posun v zemepisnej šírke až asi o 157°.

Aby bolo možné opísť rozdiel medzi skutočným natočením Zeme a jej natočením podľa časomery odvodenej z konkrétnej rotácie začiatkom minulého storočia, bola zavedená veľičina ΔT (delta T). Problémom je, že rotácia Zeme sa nemení len rovnomerným spo-

maľovaním, ale aj nepredvídateľnými vplyvmi klimatických zmien a pohybov zemskej kôry. Presné hodnoty veľičiny ΔT preto nie sú do vzdialenejšej minulosti ani budúcnosti presne známe. Jej minulé hodnoty je možné s nie veľmi veľkou presnosťou odvodiť z malého množstva historických záznamov pozorovaných zatmení a zákytov. Presný odhad hodnoty ΔT do budúcnosti nie je možný.

Vypočítané pásy totality teda presne zodpovedajú skutočnosti, no natomanie Zeme pod nimi nie je celkom známe a pri časovo vzdialenejších minulých aj budúcich zatmeniach je zaľažené dosť veľkou chybou.

Čo nás čaká v blízkej budúcnosti

Na doplnenie problematiky zatmení prinášame ešte informáciu o úplných zatmeniach Mesiaca (obr. 7), spracovanú grafickou formou.

Počnúc rokom 2018 do konca budúceho desaťročia nastane 11 úplných zatmení. Z nich 7 bude pozorovateľných aj z nášho územia. Stopy Mesiaca prechádzajúceho cez tieň a polotieň Zeme sú farebne odlišené a vložené do tieňa počas zatmenia 27. 7. 2018.

Treba podotknúť, že rozmer tieňa a polotieňa je pri každom zatmení mierne odlišný, lebo závisí od momentálnej vzdialenosťi Mesiaca. Tieň aj polotieň je zobrazovaný vo vzdialosti Mesiaca. Hlavný tieň má tvar od Zeme sa zbiehajúceho kužeľa, kým napäť polotieň má tvar rozbiehajúceho kužeľa. Teda ak je Mesiak v čase zatmenia v perigeu, tieň Zeme dosahuje najmenší uhlový rozmer a polotieň naopak najväčší.

Do konca budúceho desaťročia nastane asi 30 slnečných zatmení. Ak sa obmedzíme len na úplné zatmenia, potom 2. júla 2019 nastane úplné zatmenie pozorovateľné z Tichého

oceánu, Čile a Argentíny. Ďalšie budú 14. decembra 2020 (Tichý oceán, Čile, Argentína, Atlantický oceán), 4. decembra 2021 (Antarktída), hybridné zatmenie 20. apríla 2023 (Indonézia, Austrália, Papua Nová Guinea) a zatmenie 8. apríla 2024 (Mexiko, USA, Kanada). Najbližšie k nám budú zatmenia 12. augusta 2026 (Arktída, Grónsko, Island, Španielsko) a 2. augusta 2027 (Maroko, Španielsko, Alžírsko, Líbya, Egypt, Saudská Arábia, Jemen). Koniec desaťročia uzavárajú zatmenia 22. júla 2028 (Austrália, Nový Zéland) a 25. novembra 2030 (Botswana, Južná Afrika, Austrália).

Máme teda dostatok možností vybrať si nejaké úplné zatmenie Slnka a vycestať za zážitkom. A my, čo nemáme turistické vlohy, alebo snáď ani dostatok finančných prostriedkov, musíme počkať do roku 2135...

Mr. Eclipse

Mapky boli spracované na základe výpočtov amerického astronóma Freda Espenaka, ktorého pre jeho významný prínos v tejto oblasti prezývajú Mr. Eclipse.

Fred Espenak (*1953) je americký astrofyzik, v súčasnosti na dôchodku. Pracoval v Goddardovom stredisku vesmírnych letov (Goddard Space Flight Center). Je známy predovšetkým svojou prácou zameranou na predpovede zatmení.

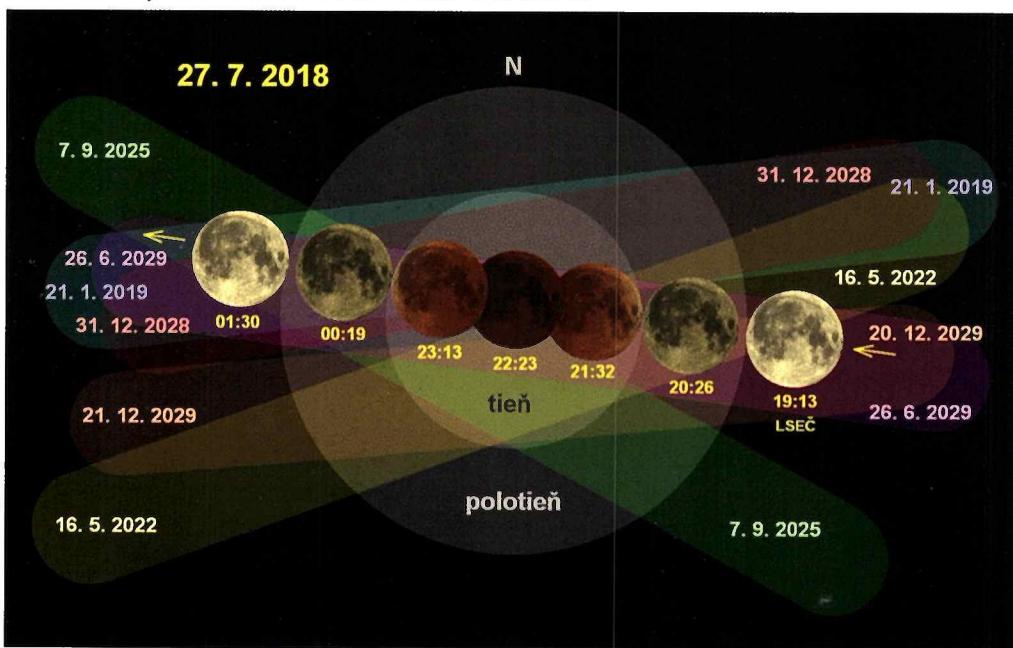
O astronómu sa začal zaujímať ako 8-ročný. Bakalársky vzdelenie získal na Wagner College, Staten Island, kde pracoval v planetáriu. Vyšší stupeň získal počas štúdia na univerzite v Toledu, kde sa venoval štúdiu erupcií a vzplanutí červených trpaslíkov na Kitt Peak Observatory. Neskôr sa podieľal na výskume atmosfér planét Slnečnej sústavy pomocou infračervenej spektrometrie. Od roku 1978 pripravoval bulletin zatmení pre NASA.

Napsal niekoľko všeobecných prác ohľadom zatmení, ako napríklad 50-ročné predpovede zatmení Slnka a Mesiaca (Fifty Year Canon of Solar Eclipses a Fifty Year Canon of Lunar Eclipses), ktoré sa stali základom pre popis a predpovede zatmení. Svoje prvé zatmenie, ktoré ho inspirovalo na túto kariéru, zažil v roku 1970. Odvtedy sa zúčastnil na viac ako 20-tich úplných zatmeniach Slnka po celom svete. Spolu s Jeanom Meeusom je autorom práce 5-tisícročný kánon slnečných zatmení (Five Millennium Canon of Solar Eclipses), ktorá opisuje všetky druhy slnečných zatmení od roku 2000 pred n. l. do roku 3000. Tieto údaje je možné vyhľadať na web stránke <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/>.

Peter Zimníkova,
Beata Zimníkova

V úvodnom obrázku je použitá fotografia slnečnej koróny počas úplného zatmenia Slnka v Turecku 29. marca 2006, autor Daniel Očenáš.

Obr. 7 Prechody Mesiaca tieňom Zeme v budúcom desaťročí.



Slnečné klásy (6)

Pokračujeme v zbieraní „kláskov“ po žatve dr. 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 Kozmose dr. Grygar pod názvom „Žen objevů“; a po žatve my zbierame klásy. Dnes to bude o koronálnych výtryskoch – CME (Coronal Mass Ejection).

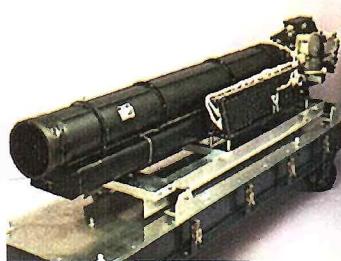
Tranzienty – CME

Tranzienty sú výtrysky koronálnej hmoty, čiže hmoty s teplotou rádovo milióny K, na rozdiel od erupčných protuberancií, ktoré tiež predstavujú výtrysky hmoty, ale chromosférickej s teplotou rádovo desať tisíc K. V súčasnosti sa pre tranzienty ustálil názov CME. Vedci ich objavili pomerne nedávno pomocou družicového koronografa na orbitálnej stanici SKYLAB. Projekt vznikol ako pokračovanie utlmeného programu APOLLO. Na obežnú dráhu ho vypustili 14. mája 1973; do júla 1979 sa na ňom vystriedali tri trojčlenné posádky.



Obr. 1: Orbitálna stanica SKYLAB

Družicový koronograf, skonštruovaný ešte v šesdesiatych rokoch uplynulého storočia, vyskúšali najprv na výškových balónoch, neskôr na umelých družiciach. Družicovým koronografom na SKYLAB-e bolo možné pozorovať slnečnú korónu mimo zatmenia permanentne v rozsahu od 1,5 do 6 slnečných polomerov. Jedno z prvých pozorovaní CME je na obr. 3. Ukázalo sa, že CME sa vyskytujú veľmi často. Rovnaký koronograf (pod názvom LASCO)



Obr. 2: Družicový koronograf

umiestnili na kozmickom observatóriu SOHO, kde pracuje od roku 1996 dodnes spolu s koronografom, ktorý pozoruje korónu až do 30 slnečných polomerov. Ilustračné snímky na obr. 4 a 5 ukazujú, že tieto prístroje sú dokonalejšie ako boli na SKYLAB-e.

T. Moran a J. Davila využili LASCO na družici SOHO na trojrozmerné polarometrické merania štruktúry dvoch CME v dobe minima slnečnej aktivity (október a november 1998). Využili fakt, že presun rotáciou možno interpretovať ako stereoskopický pohľad.

Pomocou počítačovej tomografie zobrazili komplexnú štruktúru CME, ktorá sa pohybovala rýchlosťou až 250 km/s. Hmotnosť CME odhadli autori na 10^{14} kg.

Podľa B. Vršnaka a T. Zica ovplyvňuje rýchlosť pohybu CME smerom k Zemi počiatočná rýchlosť, ale aj rýchlosť slnečného vetra. Ak má slnečný vietor rýchlosť nižšiu ako 400 km/s, doletí CME k Zemi o celých 25 hodín neskôr ako keď má rýchlosť vyššiu ako 500 km/s.

Pomocou údajov zo sondy ACE v Lagrangeovom bode L₁ dokázal E. Chané so spoluautorami určiť pre CME zo 4. júna 2000 hodnotu strednej magnetickej indukcie; 250 μT a celkovú hmotnosť $7 \cdot 10^{12}$ kg. Vo vzdialosti 30 slnečných polomerov sa CME pohybovala rýchlosťou 1500 km/s.

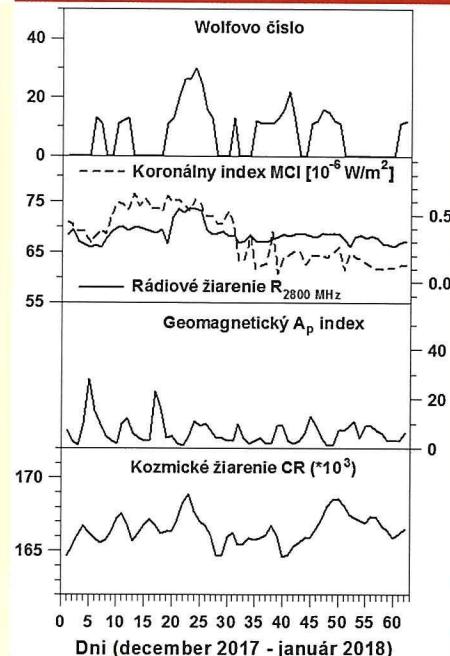
W. Song so spoluautormi zistili, že CME vznikajú mimo aktívnych oblastí na Slnku, takže sa v priebehu cyklu nepresúvajú k rovníku (Spôrerov zákon). Veľké erupcie spojené s CME vznikajú aj počas minima slnečnej aktivity. Svedčí o tom aj tzv. „magnetická búrka polstoročia“ z konca januára 2005, aj séria takýchto erupcií v septembri rovnakého roku, keď už bolo dávno po maxime 23. cyklu. Je to veľmi zlá správa pre budúcich cestovateľov na Mars, pretože doteraz sa súdilo, že let počas minima bude radiačne bezpečný.



Obr. 3: Jedna z prvých CME, pozorovaná na SKYLAB-e.

Podľa R. Colanina a A. Vourlidasa sondy STEREO A a B umožnili skúmať trojrozmernú štruktúru CME. Tieto sondy sa od seba vzdialujú o $22,5^\circ$ za rok a do konca roku 2007 sa pomocou obrázkov z ich pozorovania podarilo odvodiť hmotnosť mnohých CME v rozsahu $3 \cdot 10^{12}$ až $8 \cdot 10^{12}$ kg.

Aj A. Vourlidas so spoluautormi dospeli nezávisle k podobnému výsledkom pomocou pozorovaní sond STEREO A a B. Zo stereoskopických pozorovaní v EUV čiarach 17,1



Slnečná aktivita

V priebehu slnečnej aktivity (SA) nastal ďalší mierny pokles v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 0 – 30, pričom sme zaznamenali až 31 dní bez prítomnosti škvŕny na disku Slnka. SA bola nízka počas obidvoch mesiacov, nastali iba erupcie typu B. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali výraznejšie zvýšené hodnoty (>25) planetárneho A_p indexu iba raz (5. 12. 2017), v celom období však bola hodnota tohto indexu až počas 49 dní nižšia ako 10. Úroveň kozmického žiarenia naopak mierne narastala.

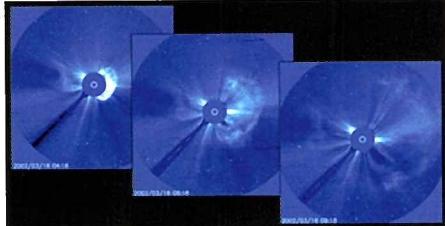
Prípravy projektu NASA na vypustenie vesmírnej sondy Parker Solar Probe (PSP) sa dostávajú do záverečnej fázy. PSP bude prvou sondou, ktorá sa počas šiestich rokov po štarte dostane mnohokrát do vnútornej koróny Slnka, teda do extrémnej blízkosti ku Slnku. Na elliptickú dráhu s afeľiom 109,3 miliónov km (0,73 AU) a perihéliom 6 miliónov km bude navedená pomocou niekoľkých tesných priblížení k Venuši. Koncom januára 2018 začali testy v simulátore vesmírneho prostredia (Space Environment Simulator), ktorý sa nachádza v Goddardovom stredisku vesmírnych letov v Greenbelte (USA). V tejto komore vytvorila inžinieri vákuum a teplotu budú cyklicky meniť z veľmi nízkych (- 196 °C) na extrémne vysoké (niekolko sto °C), čo sú takmer identické podmienky s tými, ktorým bude sonda čeliť počas misie ku Slnku. Toto testovanie „v podmienkach vesmírneho prostredia“ bude trvať sedem týždňov. PSP opustí vákuovú komoru v polovici marca, kedy prebehnú záverečné testy všetkých prístrojov a zložiek pred presunom na Floridu. Štart sondy PSP z Kennedyho vesmírneho strediska NASA je plánovaný na 31. júla 2018.

<http://parkersolarprobe.jhuapl.edu/>

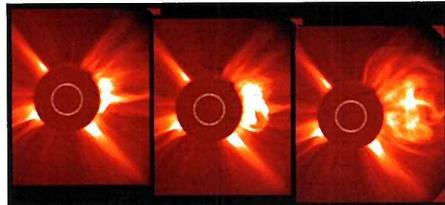


Logo misie Parker Solar Probe (NASA) znázorňuje sondu, ktorá sa takmer „dotkne“ Slnka.

Ivan Dorotovič



Obr. 4: CME podľa prístroja C2 na SOHO.



Obr. 5: CME podľa prístroja C3 na SOHO. (ilustračné snímky)

a 28,4 nm zostrojili trojrozmerné modely magnetických slučiek pohybujúcich sa nahor pred erupciou 2. januára 2008. Videli, že ked' sa slučky zrútili do erupčného kanála, vznikla CME, ktorá rástla pri zrýchľovaní radiálnym smerom od Slnka. Celý úkaz sa odohral v priebehu siedmych hodín. Tak sa podarilo zistiť príčinu vzniku CME, týchto mimoriadne energetických úkazov, ktoré občas výrazne ovplyvňujú zemskú atmosféru. Poškodzujú nielen apparatúry na družiciach, ale sporadickej aj niektoré technické zariadenia na Zemi. M. Aschwanden so spoluautormi dokázal pomocou pozorovania týchto sond rekonštrуovať trojrozmernú štruktúru koronálnych slučiek a odvodiť ich teploty na 10 tisíc až 10 miliónov K. Je to cenný príspevok k riešeniu starej a nevyriešenej otázky, prečo má koróna tak vysokú teplotu, keď vrstvy pod ňou majú teplotu „iba“ 5 až 30 tisíc K.

Podľa B. de Pontieua so spoluautormi príčinu tak veľkej teplotnej inverzie treba hľadať v spolupôsobení konvekcie a magnetického pola v blízkosti fotosféry.

Podobný problém s rovnakými prostriedkami riešil N. Savani so spoluautormi. Zistili, že CME pri vymrštení z koróny má v podstate tvar valca s kruhovým prierezom, pričom jeho os smeruje radiálne od Slnka. Pomer priemeru k dĺžke valca je 1:5 nezávisle od výšky nad Slnkom.

Pomocou družíc SOHO a HINODE sa podarilo zistiť slabé prúdy horúcej plazmy smerujúce od fotosféry do koróny na celom povrchu Slnka s rýchlosťami 50 – 100 km/s. Rovnaké rýchlosť pozorujeme pri spikuliach II. typu, ktoré vystupujú z chromosféry. Spikule vznikajú pri magnetických rekonexiách a majú životnosť iba 10 až 100 s, takže dlho unikali pozornosti. Spikule typu II majú celkovo toľko hmoty, že môžu bez problémov ohriť korónu na pozorované vysoké teploty. Spomínané koronálne slučky na tento proces nestačia.

M. Temmer so spolupracovníkmi určili pomocou merania na sondách STEREO a „RHESSI“ rýchlosť a zrýchlenie troch CME. Tie súviseli s erupciami z 3. a 31. decembra 2007 a ešte 25. marca 2008. Merania robili s kadenciou 2,5 min. Zistili, že CME sa najviac zrýchľujú vo vzdialosti 0,4 R_o a najväčšiu rýchlosť dosahujú vo vzdialenosťi 2,1 R_o.

A. Joshi a N. Srivastava tvrdia, že CME sa najviac urýchľujú vo vzdialostiach menších ako 2 R_o. Zrýchlenie rastie plynulo pre CME súvisiace s protuberanciami, v ostatných prípadoch dochádza k zrýchleniu v dvoch vlnách. Svedčí to o rôznych mechanizmoch zrýchlenia v týchto rôznych konfiguráciách.

Y. Liu so spolupracovníkmi získal pomocou sond STEREO jedinečné údaje o veľkej CME z 3. apríla 2010, lebo mohli plynule sledovať jej pohyb. CME vzniklo po erupcii, klasifikované ako B 7.4. V mieste vzniku došlo k dramatickému zoslabeniu koróny, vedci súčasne pozorovali krátke záblesky v rádiom vysielaču EUV úseku spektra. CME sa pohybovala rýchlosťou 1100 km/s a sprevádzala ju extrémne silná nárazová vlna v slnečnom vetre.

Vo vzdialosti 0,75 AU od Slnka však CME znížila rýchlosť na 800 km/s, s ktorou sa priblížila k Zemi. Spôsobila silnú geomagnetickú búrku a vpäť vysoko energetických častíc. Tie postupne zaznamenali družice (resp. kozmické sondy) MESSENGER, WIND a GOES. Tie isté časticie dočasne vyradili z prevádzky ovládanie telekomunikačnej družice GALAXY 15. Tá potom opustila svoje miesto nad poludníkom 133° západnej dĺžky a hrozilo, že sa časom zrazí s niektorou z geostacionárnych družíc. Toto riziko sa podarilo odstrániť až koncom roku 2010.

Obrovská CME vznikla aj po erupcii z 4. novembra 2003, klasifikované ako X 34, Zem však nezasiahla.

Americká družica SDO sledovala erupciu z 3. novembra 2010 ešte veľa hodín po vzplanutí. Je to dôkaz, že erupcia vtedy vyžaruje oveľa viac energie ako počas počiatočnej, rádovo minútovej impulznej fázy.

R. Harrison so spoluautormi zverejnili výsledky komplexného pozorovania štyroch CME, ktoré unikli zo Slnka 1. októbra 2010 v priebehu 16 hodín. Prvá CME opustila Slnko o 03:42 UT a pozorovali ju pri prelete medziplanetárnym priestorom (rovako ako ostatné tri) sondy STEREO, SDO, GOES, SOHO a WIND až do 4. októbra 2010. Počiatočná rýchlosť pri všetkých bola okolo 1000 km/s, avšak postupne svoj pohyb spomalovali. Prvá CME, ktorá vznikla po erupcii triedy M, bola spojená s eruptívou protuberanciou a spomalila na 730 km/s. Druhá CME dohnala prvú a splynula s ňou; spolu dorazili k Zemi 3. októbra

2010 o 17:05 UT. Tretia CME po erupcii triedy A bola tiež spojená s eruptívou protuberanciou. Začala o 10:04 UT a hned' po vzniku spomalila na 600 km/s. K Zemi sa priblížila 4. októbra 2010. Posledná, po erupcii triedy B, spomalila na 560-610 km/s a ako magnetický oblak dorazila k Zemi tiež 4. októbra 2010, kde spôsobila magnetickú búrku.

K. Kusano, J. Karpen a mnohí ďalší skúmali súvislosti medzi CME

a erupciami jednak z pozorovaní magnetických polí na Slnku a prudkých zmien ich konfigurácie a jednak z magnetohydrodynamických modelov. Modely sa vďaka komplexnejším pozorovaniám veľmi zdokonalili a teda sa ukazuje, že by sa už dalo uvažovať o predpovediach kozmického „počasia“. Táto úloha je však oveľa zložitejšia ako predpovedať počasie na Zemi, pretože „magnetická pamäť“ Slnka (čo by bol analóg sezónnych zmien na Zemi) nepresahuje podľa B. Karaka a D. Nandyho päť rokov.

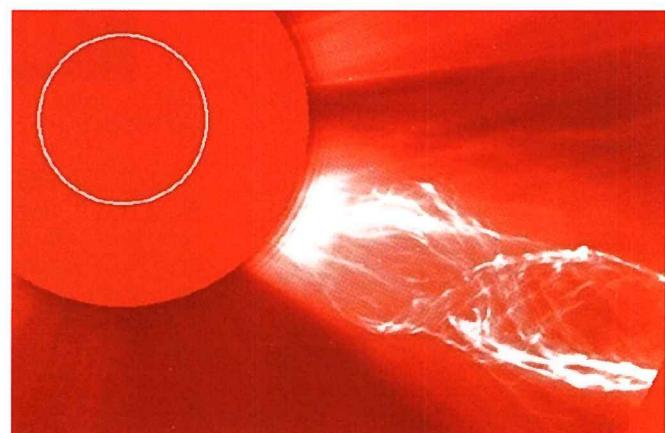
Preto je prekvapujúce, že sa J. Abreu (aj mnohí iní; pozri KOZMOS 5/2017) vrátili k starej myšlienke údajného gravitačného vplyvu planét na slnečné dynamo a snažia sa ukázať, že tento vplyv sa prejavuje v mohutnosti cyklov s períodou 11 a 22 rokov, a dokonca aj na períodach až 9,4 tisíc rokov.

E. Bosman so spoluautormi zistili z pozorovania sond STEREO medzi januárom 2007 a decembrom 2010, že početnosť CME stúpa úmerne s počtom slnečných škvŕn, pričom 80% z nich sa vyskytuje v okolí slnečného rovníka, do šírky $\pm 30^\circ$. Medzi septembrom 2009 a marcom 2010, čiže pri vzostupe aktivity, sa oproti minimu cyklu ich početnosť zvýšila až 4-krát. Pre 51 CME v tomto období sa podarilo určiť ich trojrozmernú štruktúru. Mimochodom, 6. februára 2011 mali sondy STEREO A a B na svojich dráhach uhlovú vzdialenosť 180°, takže po prvý raz v histórii bolo možné súčasne pozorovať celú slnečnú guľu.

Podobnú úlohu riešil B. Bein so spoluautormi pre 25 CME. Zistili, že CME postupne pribiera hmotu až do vzdialenosť 20 R_o. Z počiatočnej hmotnosti okolo 10^{11} kg stúpne ich hmotnosť až na $10^{14} - 10^{16}$ kg. Kinetické energie CME sa pohybujú v rozmedzí $10^{23} - 10^{25}$ J.

T. Ilju študoval pomocou koronografu LASCO na družici SOHO a pomocou scintilácie na rádiowej frekvencii 327 MHz správanie CME počas 23. cyklu (1997-2009). Zistil, že CME s počiatočnou rýchlosťou vyše 500 km/s sa pomerne rýchlo zabrzdí na priemernú rýchlosť slnečného vetra a CME s nižšou počiatočnou rýchlosťou sa zase na túto priemernú rýchlosť zrýchli. Najneskôr vo vzdialenosťi 0,8 AU majú všetky CME rovnakú rýchlosť ako slnečný vektor.

Milan Rybanský



Obr. 6: CME spojená s eruptívou protuberanciou (ilustračná snímka).

Titani a bohovia

Gardania vedeli, že vesmír je malý. Vedeli to preto, že ich hvezdári spozorovali jeho okraj. Tvorila ho hrubá Stena z jedného kusu diamantu. Nachádzala sa relatívne blízko, iba pár desiatok tisíc svetelných rokov od ich utešenej planéty.

Samozrejme, našli sa takí, ktorí tvrdili, že Stena sa možno bude dať obísť a vesmír za ňou jednoducho pokračuje. Navedeli však vysvetliť, prečo tam potom je. Táto hypotéza sa nedala overiť, lebo gardania nemali technológiu, ktorá by im umožnila stenu preskúmať.

Nakoniec zistili, že Stena sa pohybuje pod náormi energie. Tak si akýkolvek poznávací výlet k nej radšej rozmysleli.

Za Stenou sa po pár storčiacich otvoril portál a z neho vyšli oni. Mohutní, omnoho väčší ako Grantua, ich planéta, väčší ako stovky Grantui. Boli to obri. Titani. Bohovia. Boli len dvaja a očividne spolu bojovali.

Taktiež sa rútili smerom ku gardanskej planéte.

Malo to aspoň jedno plus. Veda a všetky náboženstvá splynuli do jedného celku. Vlastne dvoch, veď nič nie je dokonalé. Lebo Gardania sa navedeli zhodnúť na tom, ktorý z dvoch titanov je Boh a ktorý ich prišiel zničiť. Jeden z nich bol odetý do žltocerveného priliehajúceho odevu, ktorý mu zakrýval aj hlavu, zatiaľ čo druhý bol bledoružový a na sebe mal voľný zelený obtek a kravatu. Keby aspoň boli v bielej a čiernej, no symbolika týchto farebných kombinácií nikomu nič nehovorila.

Obaja bohovia boli chlapí, čo rozhodne sklamalo všetky gardanské feministické združenia.

Bohovia priniesli nové náboženské vojny. Potom sa však našlo riešenie.

Rakos Puter, obyčajný stredoškolský učiteľ, odomkol panelákové dvere a vyviehol sa na desiate poschodie. Vo dverách bytu ho nedočkavo čakala jeho manželka, docentka filozofie, a súrla ho dnu. Na celý byt revala televízia a ich najstaršia dcéra – mala len osemnásť a volala sa Jaska – sedela pred obrazovkou priputaná štýlovou reťazou. Druhá dcéra sedela vedľa nej a hrala sa s tabletom.

Rakos ich pozdravil s kýblikom karamelizovanej cibule.

„Ešte sa to nezačalo?“ spýtal sa.

Jaska znechutene pokrútila hlavou.

Bola vo veku, keď si už vyberala svoje náboženstvo. Bývalo zvykom, že Gardania vtedy pripútávajú svoje deti k televízii, hlavne počas náboženských vysielań. Rodičia tajne tušili, že sa pridala k Zeleným, zatiaľ čo oni fundili Žltocervenému. No teraz sa malo rozhodnúť, kto z nich je pravý veriaci a kto heretik! Na obrazovke bežalo odpočítavanie.

Pred niekoľkými desaťročiami vyslali k titanom gardanskí vedci sondy s nahrávacími zariadeniami. Celé roky starostlivo zbierali dátá, dekódovali ich a prekladali.

Za ten čas sa obri pomaly pohybovali k ich planéte. Aj teraz sa na nebi črtali ich siluety. Čo nebola dobrá správa, keďže po sebe páliili zbraňami. Zblúdená strela mohla zničiť celý ich svet.

Záznam bol pomalý, rovnako oni a z ich pazuvok sa nedalo nič vylúštiť. S tým sa však rátalo. Preto tie dátá zbierali takú dobu. Stačilo len nastaviť správnu rýchlosť prehrávania. Tako dostali video trvajúce 15 minút a 27 sekúnd.

Celý svet si ho práve chcel pozrieť.

Odpočítavanie skončilo a Rakosova mladšia dcéra zdvihla oči od tabletu.

Za zvuku fanfár uvideli nejasný obraz titanov. Držali sa za ruky a zúrivo do seba kopali.

Zelený čosi zakrícal na druhého. Muselo okolo nich byť nejaké silové pole obsahujúce vzduch, lebo z reproduktorov sa ozval zvláštny zvuk. Na obrazovke sa rozsvietil titulok:

Vesmír je skazený. Musí byť očistený!

Rakos prekvapene vydychol.

„Znamená to, že Zelený je Boh? Prišiel nás potrestať za naše hriechy?“ spýtala sa mladšia z dcér. Jaska sa len spokojne usmievala.

„Nie, Marina, zlatičko, jasne, že nie,“ prehovoril Rakos, no jeho hlas neznel presvedčivo.

To ti nedovolím. Ty ho neočistiš, ale zničíš! bránil sa Červenožltý a Jaska úsmiev posahol.

Pretvórim! Skrikol Zelený a odkopol od seba svojho supera. Červenožltý siahol na opasok a vytasil zbraň. Vystrelil po Zele-nom, no minul a energetickej výboju sa stratil v prázdnote.

Za tou bránonu sa ukrývajú hrôzy, aké nepoznáme. Aké si nevieš predstaviť!

Treskol nohami k sebe. Vystrelil mu z nich oheň a letel naspäť k Zelenému. Nechcel ho zabít, inak by ho už zastrelil.

Joskava manželka Krina horúčkovito písala. Pramálo ju zaujímal spor medzi titanmi. Uvažovala, čo toto video priesnes ich civilizáciu. Prsty jej behali po notese, ako si spisovala poznámky na knihu. Bude to revolučná kniha. Kniha, ktorá zmení svet!

Okrem nej rovnakú činnosť vykonávalo asi 7 572 187 iných filozofov na planéte. Kniha nikoho z nich sa nakoniec nestala revolučnou, lebo od toho dňa filozofia už nikoho nezaujímalá. Vtedy si poznáila: „ČERVENOŽLTÝ JE NEKONEČNE DOBÝ A LÁSKAVÝ. ANI V BOJI SA NEZNÍŽI K TOMU, ABY SÚPERA ZABIL.“

Budeš ma musieť zabít! Hľasal titulok pod Zeleným. *Nevzdám sa toho. Vpustím sem nový život a na tomto malom, bezútesnom vesmire nebude záležať. Prepojím ho s inými. Otvorím pečať a budem...*

Čo by otvorenie Pečate znamenalo, to sa nikdy nedozviedeli, lebo jeho súper do Zeleného celou silou vrazil. Obaja leteli prázdnootu a za nimi sa vo vzduchu vznášal zvláštny predmet. „Takže, Zelený nás chce zničiť za naše hriechy, ale ten druhý nás chce ochrániť?“ vyzvedala Marina.

Rakos pokýval hlavou. Nevedel, čo si o tom má myslieť. Cely život vzhliadal k nebu, k Žltocervenému stvoreniu a dúfal, že koná správne. Že keď jeho boh dorazi, tak ho odmení za to, že dodržoval cirkevnú morálku. No zdalo sa, že je to jedno. Červenožltý ich ochráni bez ohľadu na to, ako žili.

Toto poznanie Rakosovi vohnalo slzy do očí. Titan ho miluje, bez ohľadu ako koná. Chce dať každému druhú šancu.

Predstavený *Svätého práva červenožltého*, žijúci v tom istom meste ako Rakos, dospel k rovnakému poznaniu. No hned potom spáchal samovraždu.

„To ešte nič neznamená,“ prehodila ich staršia dcéra.

Mala v rukách tablet, ktorý si jej sestra už nevšimala, a nenápadne písala blog. Volal sa *Názory Temnej Kvetinky* a bol to najčítanejší nábožensko-vedecký blog medzi tinedžermi v jej štáte. Článok, na ktorom pracovala, niesol názov „Aj tak to nič nemení, budem rebel!“

Červenožltý otočil hlavu za predmetom.

Kľúč! Objavilo sa na obrazovke. Množstvo internetových diskutujúcich sa zamyslelo, čo to asi znamená. Všetci boli totálne mimo. Väčšina z nich boli aj rasisti. Červenožltý sa oddelil od súpera a letel smerom ku kľúču. No zelený ho schmatol za ruku. Vzápäť oboma trhlo a Červenožltý sa zvrtol a vykrikol zo bolesti. Pustil zbraň a Zelený sa po nej vrhol.

Červenožltého zaujímal len kľúč a hroziace nebezpečenstvo si nevšimol. Mnohí vtedy zapochybovali, či je mentálne uspôsobený na poslanie byť bohom. Zelený zdvíhol zbraň a niekoľkokrát vystrelil. Celá planéta zatajila dych. Strely priali k svojmu cieľu.

A odrazili sa od neho. Okolo Červenožltého zasvetil modrástý štít.

No energia nárazu ho postrčila bližšie ku kľúču. Chňapol po ňom a víťazoslávne zvýskol. Jeho zvýsknutie sa o pár storčí stalo gardanskou nadávkou.

Je konec. Mám kľúč.

Zelený sa len usmial. Niečo zabrblal a na obrazovke sa objavilo:

Ja mám zbraň.

Mne neublíži, zareagoval Červenožltý.

Ale im hej.

Zelený namieril na Grantuu. Hoci sa to udialo pred desiatimi rokmi, jej obyvateľov prepadla hrôza teraz. Niektorí sa však poťeli a vybehli do ulíc rabovať.

Prever si skenery. Na tej loptičke je život. Dokonca civilizácia.

Červenožltý si pozrel na zápalie. Trvalo to celú večnosť.

Nakoniec zdvíhol hlavu.

Kľúč ti nedám. Tri slová, ktoré vylvolali na planéte chaos.

Ten sa na Rakosovom byte prejavil tak, že jeho starsia dcéra rádostne vyskočila. Potom sa otočila na otca a s výrazom šialenej radosť na neho kriačala: „Ja som to vedela! Ja som to vedela! Ani ten vás červený vôbec nie je dokonalý!“

„Lebo ten Zelený démon vyrieši všetky svetové problémy keď nás zničí,“ odpovedal znechutene jej otec.

„V podstate...“ začala jeho žena, no potom zmíkla. Na papier si napísal: POTREBA VESMÍRU PREVAŽUJE POTREBU PLÁ-NÉTY (?????)

Zelený vystrelil. Výboj energie sa rútil smerom k nim. Celá gardanská civilizácia zadržala dych.

Červenožltý si potulal po zápalí a plamene na nohách vzbližil jasnejsiu. Vyletel smerom k planéte. Opisal okolo nej oblúk a vrhol sa do dráhy strely. Tento jeho manéver spôsobil pred pár rokmi niekoľkotýždňové zatmenie. Nehovorilo sa o tom. Nikto nehovoril o tom, čo sa vtedy dialo. Boli to naozaj temné časy. Ale zachránil ich planétu.

Strela sa odrazila od jeho štitu a vrátila sa späť k Zelenému. Zasiahla ho priamo do hrude. Jeho štit ju neudržal a prístroje pod jeho oblečením mu udelili šok, po ktorom upadol do bezvedomia.

Jeho súper k nemu priletal a takmer nežne ho vzal do náručia a vyrazil smerom k Stene.

Tam sa video končilo.

Neodhalilo gardanom žiadnu nadzemskú pravdu. Iba sa dozvedeli, že vesmír je pravdepodobne väčší ako si mysleli. Siahaj za Stenu.

Červenožltý preletel bránou a ocitol sa nedaleko toho najobyčajnejšieho a najnudnejšieho lietajúceho taniera v Mliečnej ceste. Práve sa vrátil z cudzej galaxie, ktorú palubný počítač označil za Malú galaxiu. Očividne to nebola metafora.

Doplával i s vžiarskom do pretlakové komory. Tam ho už čakala jeho spoločníčka Ariela v čiernej bojovej kombinéze.

„Kam s ním, Andrej?“ spýtala sa vecne.

Červenožltý bol totiž pozemštan Andrej Maliček. Vo vesmíre bol však známy ako schizofrenický superhrdiná Anjel. Práve zazal okultistu, snažiaceho sa vypusti do galaxie bytosťi z cudzej dimenzie. Naštastie sa to obišlo bez medzihviezdnej vojny, čo inak nebýva zvykom, takže to pre neho znamenalo celkom nudnú stredu.

Zložil si prílbu na skafandri. Dal Ariele ľahkú pusu na lice a pokrčil plecamy.

Gardanom sa medzitým rozpadla civilizácia. Náboženské spory sa nevyriešili, práve naopak, uvrhli ich naspať do streďoveku. Kedže však naisto vedeli, že ich tam ktorosi stráži, vykašali sa na vedu, filozofiu i morálku. Rakos opustil učiteľské miesto a rozhodol sa venovať modelársťu, jeho manželka sa stala manželkou modelára. Jaska sa stala líderkou mládežnickej frakcie Červenožltých rebelov a vyhlásila Zeleným vojnu. Počas nej ovľádla jeden väčší ostrov, kde vládla ako diktátorka. Zadušila sa bobuľkou od hrozná. Také veci sa stávajú.

Juraj Búry vyrastal na stredoslovenských lazoch, momentálne žije v Nitre. K fantázie ho pritiahol čítanie kníh od autorov ako Tolkien, Rowlingová, či LeGuinová. Neskôr si zamíloval tvorbu Douglasa Adamsa. Dlhodobo sa zapája do literárnych súťaží; Martinus Ceny Fantázie, do ktorej zaslal aj poviedku *Titani a bohovia*, sa zúčastnil už piatykrát. Dlhodobo sa zo záujmu, aj profesijne, venuje populárne, napríklad ako recenzent Knížnej revue. Podieľa sa i na youtube kanáli POPkast.

Signály z obežnej dráhy

Ako som prečítał správu nanosatelitu skCUBE k 60. výročiu Sputnika 1

Už sme si zvykli, že na sledovanie televízneho vysielania cez sately používame mobilné telefóny, surfujeme po internete, na cestách používame GPS navigáciu, prezeráme si obrázky vývoja počasia a mnoho ďalšieho. Slovo kozmonautika zovšednelo a vnímame ho len okrajovo, ako bežnú súčasť technológií. Nezamýšlame sa nad tým, ako skonštruovať a ako vyniesť družicu do kozmu.

V júni 2017 sa združeniu SOSA podarilo úspešne vypustiť nanosatelit skCUBE pomocou indickej nosnej rakety PSLV-XL na obežnú dráhu a uviesť družicu do prevádzky. Táto správa prebehla médiami, ale pre neskoršiu poruchu riadiaceho počítača (poškodenie pravdepodobne spôsobila častica kozmického žiarenia) sa na skCUBE takmer zabudlo. Málokto však vie, že modul vysielačky nadálej pracuje a družica vysielala správy na frekvencii 437,100 MHz s výkonom asi 1 Watt.

Ako zachytiť vysielanie

Na zachytenie tohto vysielania postačuje bežne dostupné vybavenie. Pokúsil som sa preto zachytiť signál, priať a dekódovať správy z našej nanodružice.

Po prvých asi štyroch neúspešných pokusoch a laborovaní s nastaveniami prijímača som prvý raz začul morzeovku večer 2. októbra 2017. Bolo počuť niekoľko správ z družice skCUBE. Pripomienulo mi to obrazy z dokumentárnych filmov z roku 1957, kedy vypustili na obežnú dráhu družicu Sputnik. Jej pravidelné pípanie počúvali ľudia na svojich rádiach.

Dnes to na bežných rádiach nie je možné, ale postačí buď rádioskener, alebo podstatne lacnejší SDR prijímač (softvérovo definované rádio). SDR prijímače stojí od 15 do cca 100 eur. Ja som použil DX Patrol SDR receiver, ktorý normálne používam na detekciu meteorov počas aktivity meteorických rojov. SDR prijímač sa pripája do počítačového USB konektora a je ovládaný aj voľne šíritelnými programami. Veľmi populárny je napríklad SDRsharp, ktorý používam. Jedinou časťou, ktorú si treba vyrobiť, je anténa. Na príjem signálov z družíc je vhodná všešmerová anténa typu QFH (QuadriFilar Helix).

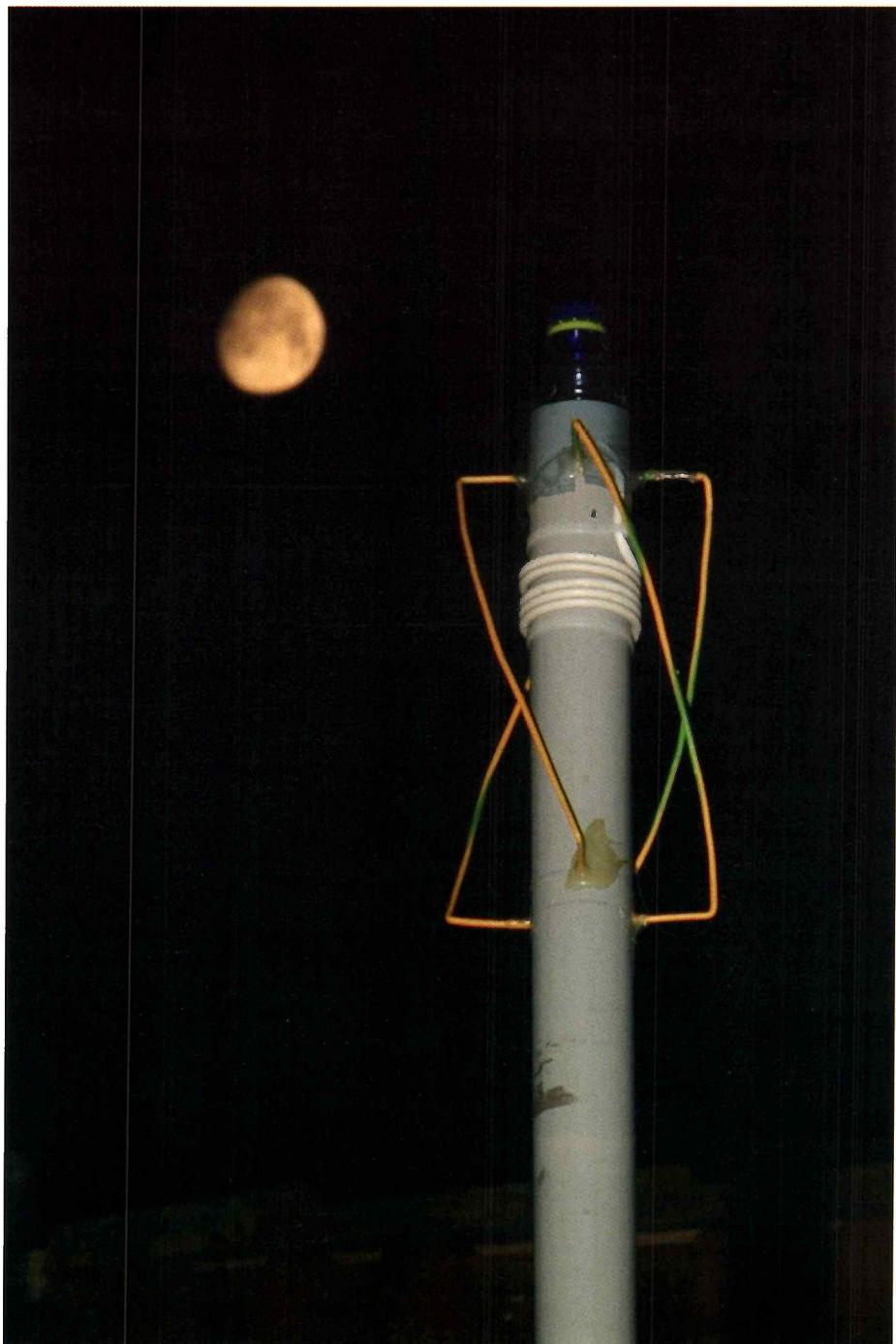
Návodov na jej zhotovenie je na internete viac ako dosť a samotná výroba experimentálnej verzie nezaberie ani hodinu. Na pokusné zostavenie antény postačí hrubší, asi meter dlhý medený drôt, plastová trubica a anténny koaxiálny kábel. Výrobné náklady sa počítajú na niekoľko centov. Cena trvácejšieho modelu vyjde trochu viac, ale o tom treba uvažovať len ak sa zachytávaniu družicových signálov chcete venovať dlhodobo. Anténa samozrejme musí byť umiestnená vonku, s dobrým výhľadom na oblohu. V prípade, že potrebujete dlhší anténny zvod, alebo citlosť použitého SDR prijímača je malá, je vhod-

né použiť anténny predzosilňovač (cena do 30 eur napr. od firmy DD AMTEK). Časy preletov družice je možné zistiť aj na populárnej stránke www.heavens-above.com. Ak chcete sledovať skCUBE, pri jej vyhľadávaní jej preletov uvedte NORAD identifikačné číslo: 42789. Denne je možné prijímať signál počas 4 až 6 preletov družice.

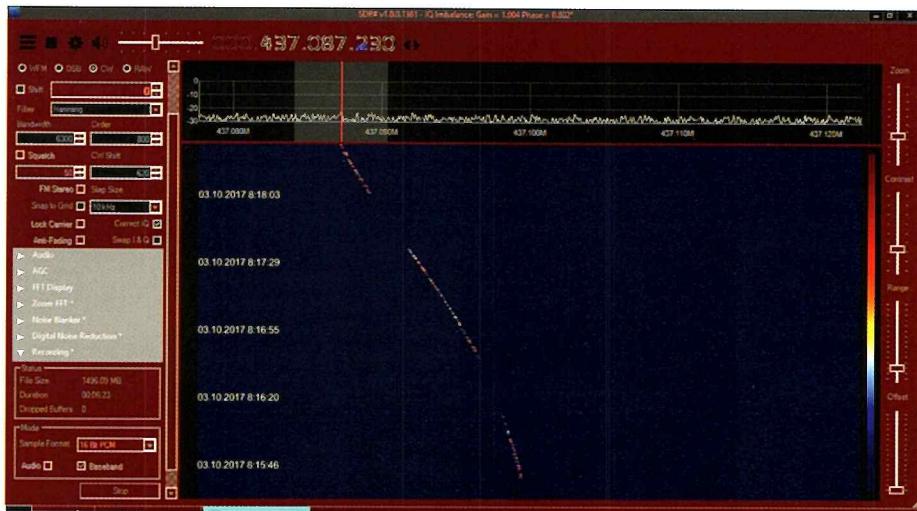
Čo oznamovalo pípanie

Po prvom prijatí signálov z skCUBE som po-

kračoval v jej sledovaní aj počas ďalších preletov. Zachytený zvukový signál som nahral do počítača a začal som uvažovať, ako zistíť obsah vysielaných správ. Neznalosť morzeovky nie je vážnejšou prekážkou, lebo na jej dekódovanie nájdete na internete nespočetne mnoho platených aj voľne šíritelných programov. Jeden z nich, CwGet, som použil na dekódovanie zachytených správ. Laborovanie mi zabralo trochu viac času, lebo som v danej



Experimentálna anténa QFH použitá na zachytenie družicového signálu.



Prostredie programu SDRsharp počas príjmu signálu z skCUBE. V hornom poli je zobrazená úroveň signálu (zvisle) pre jednotlivé frekvencie (vodorovne) formou grafu pre daný okamih, v dolnom poli je zobrazený priebeh signálu pomocou farebnej škály (pri pravom okraji) v závislosti od frekvencie (vodorovne) a čase (zvisle). Všimnite si zmenu frekvencie prijímaného signálu s časom, spôsobenú zmenou radiálnej rýchlosťi družice voči pozorovateľovi (Dopplerov efekt) počas preletu, tak ako sa menil uhol medzi vektorom rýchlosťi družice a spojnicou družica – pozorovateľ.

oblasti úplný laik, ale po niekoľkých pokusoch sa na obrazovke počítača začal zobrazovať skomolený text. Na moje veľké prekvapenie sa v sérii písmen objavilo čitateľne slovo „sputnik“. Spočiatku som nechápal, nakoniec sa však zo správy vyklula nasledovná veta: „t-t-t... sputnik 1 = 60th ann. AR de OM9SAT...“ Správu možno preložiť nasledovne: „píp-píp-píp... sputnik 1 = 60. výročie, koniec správy (AR), zo stanice (de) OM9SAT...“

Mimoriadne ma potešila dekódovaná volacia značka OM9SAT, ktorá jednoznačne potvrzuje, že signál pochádza zo satelitu skCUBE. Záznam bol získaný 6. októbra 2017. V tej chvíli som pochopil súvislosti. Bolo to takmer presne 60 rokov od chvíle, kedy bola 4. októbra 1957 z kozmodrómu Bajkonur vypustená prvá umelá družica Zeme – Sputnik (neskôr označovaná ako Sputnik 1)! Pravidelné pípanie na začiatku správy má pripomienuť pípanie prvej umejetej obežnice Zeme. Takto naprogramovali operačníci družicu skCUBE na dané obdobie, aby pripomenula toto významné výročie.

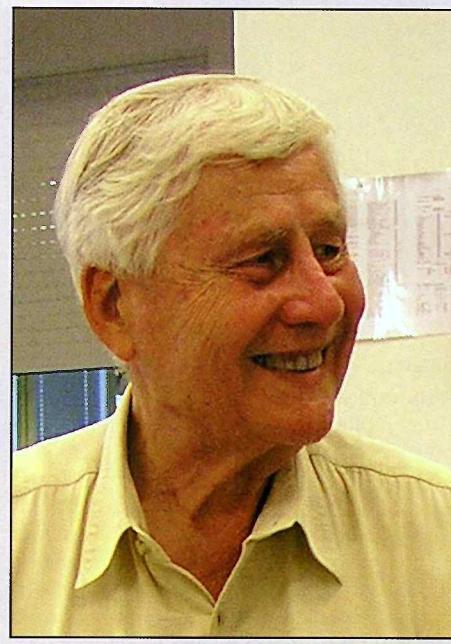
Sputnik obiehal Zem asi pol roka (zanikol 4. januára 1958), ale vysielal signály s jednoduchým pravidelným pípaním len prvých 14 dní. Potom sa jeho batérie s hmotnosťou cca 50 kg vyčerpali a Sputnik sa odmlčal. Frekvencie vysielania Sputnika zámerne zvolili tak, aby sa dali prijímať aj na bežných rádiach bez špeciálneho vybavenia.

Takto sa o Sputniku v priamom prenose dozvedeli ľudia na celom svete. Bola to demonštácia neuveriteľne pokrokovej techniky, o ktorej predtým mohlo ľudstvo iba snívať. V tom okamihu kozmonautika prestala byť len snom.

Cenné spomienky

Šťastná náhoda mi pomohla skontaktovať sa s bývalým riaditeľom ZŠ v Novej Dubnici pánom J. Kičinom. Bol dlhé roky aktívny rádioamatérom a veľmi ochotne napísal svoje spomienky a podelil sa tak o kus takmer zabudnutej histórie. Na počúvanie Sputnika spomína po 60 rokoch nasledovne:

Peter Dolinský, SÚH Hurbanovo



Zemřel RNDr. Václav Bumba, DrSc.

Ve věku 92 let nás 13. 1. 2018 opustil člověk, který věnoval svůj život poznávání naší nejbližší hvězdy, Slunce, zasloužil se o rozvoj české sluneční fyziky a celého Astronomického ústavu Akademie věd.

Václav Bumba se narodil v roce 1925 v Dačicích. Po válce vystudoval astronomii na Karlově univerzitě v Praze a v prosinci 1948 nastoupil na Krymskou astrofyzikální observatoř, kde se tři roky jako doktorand zabýval sluneční spektroskopí. V roce 1964 byl na ročním pobytu na hvězdárnách Mt. Wilson a Palomar, kde spolu s Dr. Howardem sestavil první synoptické mapy slunečního magnetického pole. Během své vědecké kariéry se zabýval studiem vývoje slunečních magnetických polí, aktivních oblastí na Slunci a slunečních skvrn, a vybudoval první sluneční magnetograf v Ondřejově.

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století vedl sluneční oddělení a patnáct let byl ředitelem Astronomického ústavu. Během této doby byly postaveny horizontální sluneční spektrografovy, desetimetrový radioteleskop, nová kopule 60 cm dalekohledu a také velká budova kosmické laboratoře. Staral se o mladé vědecké pracovníky a využíval svých vědeckých kontaktů k jejich prosazení na mezinárodní úrovni.

Byl členem korespondentem Československé akademie věd a zastával v ní četné důležité funkce, stejně jako v Mezinárodní astronomické unii a redakční radě časopisu Solar Physics. I po odchodu do důchodu žil vědec kou prací, dokud mu to zdraví dovolilo. Zahnechal po sobě přes 380 vědeckých publikací. Doktor Bumba strávil na ondřejovské hvězdárně 69 let svého života. A byla to léta plodná, jejichž výsledky máme stále před očima. Čest jeho památce.

Michal Sobotka



Prestižní Cenu Jindřicha Zemana za astrofotografií 2017 získal prof. RNDr. Miloslav Druckmüller, CSc. a Bc. Petr Horálek za snímek „Odhalené vrstvy Slunce“.

Dne 17. ledna 2018 se, stejně jako již předchozích třináct let, sešla u dr. Pavla Ambrože na observatoři v Ondřejově porota soutěže „Česká astrofotografie měsíce“, aby zhodnotila uplynulý rok a hlavně, aby vybrala laureáta na Cenu Jindřicha Zemana za rok 2017, v němž Česká astronomická společnost, která cenu uděluje, slavila 100 let svého trvání. Letošní volba byla okořeněna osobní účastí našeho slovenského porotce a kolegy, dr. Pavla Rápaře z Rimavské Soboty, který vážil cestu až ze Slovenska.

Porota vybírala z jedenácti vítězných snímků z jednotlivých měsíců roku. Jedenáct snímků proto, že Zdenek Bardon využil svého práva porotce ČAM a své nominace se před samotnou volbou vzdal. I tak bylo z čeho vybírat a po delší debatě se do úzké nominace dostaly tři snímky. V dalším kole pak zvítězil právě obrázek „Odhalené vrstvy Slunce“. Více se o něm můžete dočíst v následujících řádcích...

.... Štěstí! Co je štěstí? Muška jenom zlatá, která za večera kol tvé hlavy chvátá“. Slavné verše českého básníka Adolfa Heyduka, proslavené zejména scénou s Jaroslavem Marvanem a Ladislavem Peškem ve filmu Škola základ života. A právě tato „zlatá muška“, či

Cena Jindřicha Zemana za rok 2017

její stejně pilná kamarádka, stála za vznikem vítězného snímku dubnového kola soutěže Česká astrofotografie měsíce. Ovšem nejenom ona...

Svou roli, a to nezanedbatelnou, hrála i zkušenosť obou autorů s fotografiemi zatmění Slunce a jejich zpracováním. A v neposlední řadě stála za vznikem snímku i snaha obou zachytit „nezachytitelné“.

Prstencové zatmění Slunce, i tak „hluboké“, jaké bylo možno v únoru 2017 pozorovat například z Argentiny, je obecně nevhodným úkazem pro zachycení slabé sluneční atmosféry – sluneční koróny. Přesto autoři využili velkého zastínění Slunce měsíčním diskem k pokusu, který zatím patrně nikdo s podobným úspěchem nezrealizoval. Nemohli ovšem použít nyní již klasický digitální záznam. Důvodem byl extrémní kontrast zachyceného obrazu stále viditelné sluneční fotosféry a slabé sluneční koróny přesahující neuvěřitelný rozsah 1 : 5 000 000. To je hodnota, kterou v současné době digitální snímače nejsou schopny zachytit. Řešením se stalo použití klasického barevného negativního filmu, jehož schopnosti jsou v takovém extrémní oblasti použití stále nenahraditelné. Proto Petr Horálek, který snímky fyzicky v Argentině pořizoval, využil této vlastnosti a ve spojení s objektivem typu Maksutov-Cassegrain s ohniskovou vzdáleností 1250 mm pořídil sadu snímků úkazu. Protože nikdo neměl praktické zkušenosti s volbou správné expoziče pro tento extrémní případ, byl zvolen „expoziční vějíř“, kdy fotoaparát snímá za sebou automaticky tři různé expozice.

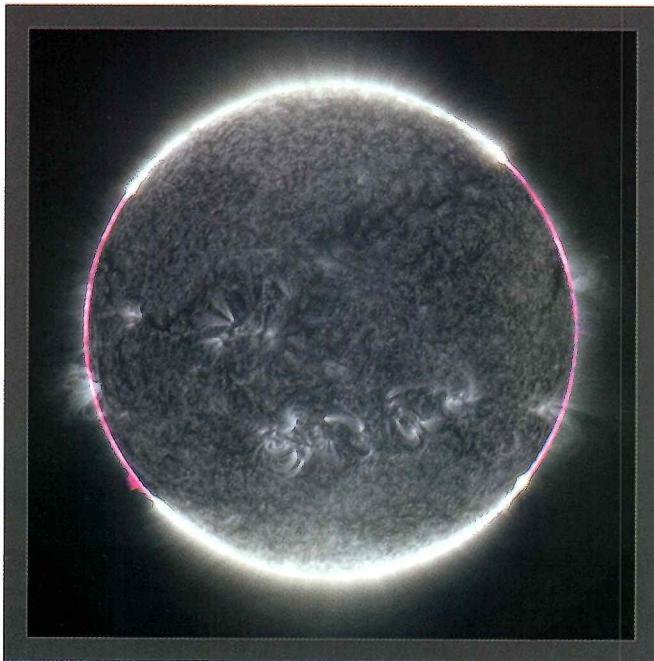
Ani následný proces zpracování nebyl vůbec

jednoduchý, ale výsledky jsou vskutku dosud neviděně. Obrazy byly převedeny do digitální podoby skenerem Nikon Super CoolScan 4000 ED, následně byla matematicky vytvořena maska odstraňující částečně rozptýlené světlo a dále byl použit adaptivní filtr pro snížení velkého globálního kontrastu a odfiltrován aditivní šum. Každý proces vyžadoval i přes využití výkonného počítače notnou dávku trpělivosti. Nakonec byly výsledky prolnuty s družicovými obrazy Slunce, pořízenými z vesmíru v čase blízkému času zatmění v Argentině.

Na kompozitních obrazech lze tak vidět ze Země zachycenou chromosféru Slunce, jak navazuje na další vrstvy sluneční atmosféry v oblastech okolo slunečního rovníku, zachycených okem družice Solar Dynamic Observatory NASA (AIA 171 Å) a doostřeny speciálním programem NAFE, který pro tyto účely prof. Druckmüller napsal. Sluneční póly jsou bez informace o chromosféře, neboť tuto část Slunce při pozorování z Facunda Měsíc nezakryl až k okraji.

Tyto netradiční obrazy prstencového zatmění Slunce však téměř nevznikly. Příčinou nebyly ani finanční problémy, ani technické potíže a dokonce ani nějaká fatální chyba při zpracování. Naopak, toto vše dopadlo na výbornou. Do hry však vstoupili argentinskí zloději, kteří vyloupili auto s fotografickou technikou pozorovatelů, včetně mnoha napozorovaných dat. Rolička barevného filmu však naštěstí chmatavé ruce nezajala a my tak nyní můžeme oběma autorům po gratulovat k úspěchu a k úžasným originálním obrázkům.

Za porotu ČAM Ing. Marcel Bělík



Cenu Jindřicha Zemana odovzdal v slavnostné atmosfére predseda České astrofotografie měsíce Zdenek Bardon (vpravo) laureátovi za prítomnosti riaditeľa Ústavu matematiky prof. RNDr. Josefa Šlapala, CSc.

Foto J. Hoderová

Cena Jindřicha Zemana Junior za rok 2017



Cena Jindřicha Zemana za astrofotografií roku, jedna z prestižních cen České astronomické společnosti, je dostatečně známa. V roce 2017 porota soutěže Česká astrofotografie měsíce, která cenu Jindřicha Zemana každoročně volí, přišla s novinkou, která by měla podpořit zejména mladé zájemce o astronomii a o astrofotografii. Doplnila toto ocenění o „Cenu Jindřicha Zemana Junior“. Ta je určena mladým astrofotografům do 18 let včetně a je udělována současně s cenou Jindřicha Zemana.

Za rok 2017, jako první oceněný v historii, ji získal 13letý Matúš Motlo z Plevníka-Dienové na Slovensku, a to nejen za svůj snímek **Povrch Ganymeda – dosiahnuteľný amatérmi**, ale i za další snímky, které do soutěže během roku 2017 zaslal.

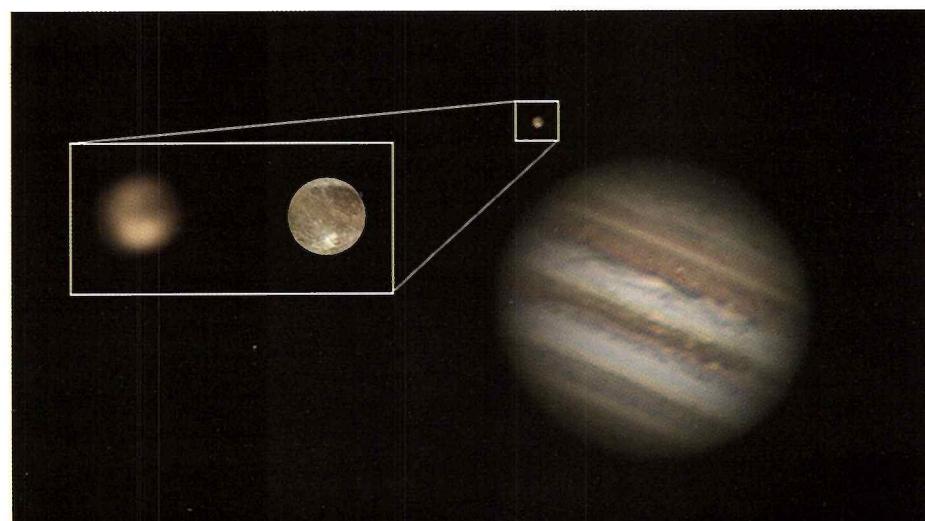
Matúš Motlo se zaměřil na Jupiter, největší planetu Sluneční soustavy. V té chvíli se nacházela přibližně 667,25 miliónů kilometrů od naší Země, což odpovídá téměř 4,5 vzdálenosti Země od Slunce. Úhlový průměr Jupiterova kotoučku činil 44,2", což odpovídá přibližně jedné čtyřicetině úhlového průměru Měsíce. Druhým objektem na snímku, a vlastně hlavním cílem fotografa, je Jupiterův měsíc Ganymed. Ten dosahoval 5 magnitudy a jeho úhlový průměr byl dokonce pouze 1,6".

Ganymed je jedním ze čtyřice známých galileovských souputníků Jupitera. Prvně je pravděpodobně pozoroval Galileo Galilei 7. ledna 1610; zprvu je považoval za hvězdy, bedlivé sledování jej však přesvědčilo o faktu, že jde o tělesa obíhající Jupiter. Svůj objev publikoval ve spisu „Hvězdný posel“. V roce 1614 publikoval svá pozorování Jupiterových mě-

síci u německý astronom Simon Maurius, který tvrdil, že je pozoroval již v listopadu 1609. I když se spor Mauriuse a Galilea nikdy definitivně nevyřešil, zdá se, že je oba objevili nezávisle, byť Galileo nakonec opravdu o několik dní dříve. Ovšem Mauriusevi přináleží zásluha o jejich pojmenování až do dnes užívanými jmény Io, Europa, Ganymed a Callisto, které na návrh Keplerův publikoval ve své knize. Naopak Galileův návrh na pojmenování po svém mecenáši vévodovi Cosimovi II. jako Hvězdy Cosimovy, posléze pak na počest čtyřech bratrů rodu Medicejských jako Hvězdy Medicejské se neujal.

Ganymed je největším měsícem nejen v soustavě Jupiterové, ale i v celé Sluneční soustavě. Zde jen o malinko předstihl Saturnův měsíc Titan. Je větší i jako nás Měsíc, a dokonce je 2x těžší. Se svým průměrem 5 262 kilometrů předstihl dokonce i nejmenší planetu naší soustavy, Merkur. Předpokládá se, že přibližně 200 kilometrů pod jeho povrchem se nachází slaný oceán sevřený do ledového kruhy. Jeho povrch je tvořen dvěma různými typy oblastí, temné staré plochy poseté impaktními krátery a mnohem mladší světlé oblasti s prasklinami a trhlinami. Na jejich vzniku mají patrně zásluhu slapová zahřívání a tektonické procesy. A právě obě tyto oblasti zachycuje i snímek Matúše Motla. I přes svůj malý úhlový rozměr dokázal autor na jeho povrchu zobrazit tmavou oblast zvanou Galileo, a dokonce i zjasnění na povrchu mladší oblasti způsobené výtrysky z kráteru Osiris. Druhým objektem v rámečku je model měsíce Ganymed zobrazený v programě WinJUPOS. Fotografie povrchu planet ze Země, natož pak jejich měsíců, je velmi komplikovaným obozem astrofotografie. Malé úhlové rozměry, chvění zemské atmosféry, zpracování jemných detailů na snímku a mnoho dalších strastí čítá na cestě narušitele majestátního klidu planet. Proto jsme velmi rádi, že za narušení takového klidu a pořízení úžasného portrétu vzdáleného Jupiterova světa můžeme ocenit snahu Matúše Motla historicky první Cenou Jindřicha Zemana Junior. Gratulujieme.

Za porotu ČAM Ing. Marcel Bělík



14. 4. 2017, ~22 SEČ, Celestron C9.25 XLT na montáži HEQ-5 Pro GoTo, kamera Zwo ASI224MC. Spracované v programoch AutoStakkert!2, Registax 6 a PS CC. Ganymedes bol z dôvodu veľkého rozdielu jasnosti spracovaný samostatne.



Obloha v kalendári

7. 4. 2018, 3:30 SEČ



18. 4. 2018, 19:30 SEČ



Jarné mesiace pozorovaniam prajú, nakoľko nočné teploty sú už príjemnejšie a aj noci ešte pomerne dlhé. Merkúr sa bude skrývať v blízkosti Slnka, no Venuša bude skvelou ozdobou večernej oblohy. Prejde „zlatou bránou ekliptiky“ a uvidíme ju v blízkosti Plejád. Červenkastý Mars je na tom stále lepšie, nakoľko sa blíži do svojej veľkej júlovej opozície. Jupiter v opozícii bude nad obzorom počas celej noci a zlepšuje sa aj viditeľnosť „pána prsteňov“ Saturna. Niekoľko asteroidov nájdeme na zaujímavom hviezdnom pozadí a po dlhšej dobe uvidíme aj viac meteorov.

Planéty

Merkúr je 1. 4. v dolnej konjunkcii a teda nepozorovateľný, jeho uhlová vzdialenosť od Slnka je len $2,8^\circ$ a o štyri dni neskôr je k nám najblížšie (0,5877 AU). Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu, no geometrické

podmienky nie sú najvhodnejšie. V polovici mesiaca, keď je stacionárny, vychádza na začiatku občianskeho súmraku, no má len 1,6 mag. V najväčšej západnej elongácii ($27,0^\circ$) bude 29. 4., no aj tu vychádza len 40 min pred Slnkom ako objekt 0,4 mag. Jeho jasnosť mierne stúpa, no podmienky sa nezlepšujú. Po prevej májovej dekáde sa jeho ranná viditeľnosť ešte kráti a na konci tohto obdobia vychádza už len polovica občianskeho súmraku.

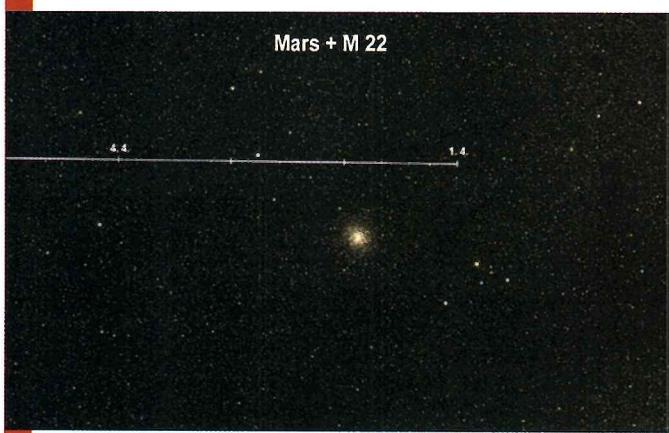
Venuša (-3,9 mag) bude žiarivou ozdobou večernej oblohy. Zapadne až koncom astronomického súmraku takmer 2 hodiny po Slnku a jej viditeľnosť sa ešte zlepšuje. Na prelome mesiacov zapadne až počas astronomickej noci a bude na oblohe neprehliadnuteľným objektom. 25. 4. sa presunie $3,5^\circ$ pod Plejádami a o niekoľko dní neskoršie prejde „zlatou bránou ekliptiky“. Podobne ako stretnutie s Plejádami, možno bude astrofotografov inšpirovať aj priblženie Venuše k otvorenému

hviezdomope M 22 (5,2 mag) a pred polovicou mája bude pod ďalšou, no slabšou M 76 (8,6 mag).

2. 4. je v peknej konjunkcii so Saturnom kde zaujme ich farebný kontrast, 7. 4. a 6. 5. sa k nemu priblíží aj Mesiak. Zvlášť pekné bude aprílové zoskupenie, nakoľko im bude ešte asistovať aj Saturn, ktorý už v máji bude o niečo západnejšie. Len pre zaujímavosť uvádzame, že konjunkcia s Plutom nastane 26. 4. a táto trpasličia planéta bude $1,4^\circ$ severnejšie.

Jupiter (-2,4 až -2,5 mag) vo Váhach bude ozdobou nočnej oblohy, vychádza už pred 22. hodinou. 9. 5. je v opozícii a teda nad obzorom počas celej noci. Deň po opozícii je k nám najbližšie (4,3998 AU) a jeho zdanlivý rovníkový uhlový priemer dosiahne $44,8''$. V ďalekohľade ho uvidíme ako mierne sploštený kotúčik s výraznými tmavými rovníkovými pásmi v jeho búrlivej atmosfére. Za dobrých podmienok bude viditeľná aj Veľká červená škvorna, ktorá však mierne slabne. Už triédrom sú viditeľné jeho štyri najjasnejšie mesiace: Io, Ganymedes, Europa a Callisto.

Mars + M 22



Merkúr



1. 4. – 1. 5. – 1. 6.

Venuša



Mars



Jupiter



1. 5. 2018

Saturn



Urán



Neptún



30''

Prechody Veľkej červenej škvŕny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

14.; 1:14	18.4.; 0:15	2.5.; 1:46	18.5.; 4:55
14.; 21:05	18.4.; 4:36	2.5.; 21:37	19.5.; 0:47
3.4.; 2:52	18.4.; 20:06	4.5.; 3:24	19.5.; 20:38
3.4.; 22:43	19.4.; 6:01	4.5.; 23:15	21.5.; 2:25
5.4.; 4:30	20.4.; 1:53	5.5.; 19:06	21.5.; 22:16
6.4.; 0:21	20.4.; 21:44	6.5.; 5:02	22.5.; 18:07
6.4.; 20:13	22.4.; 3:31	7.5.; 0:53	23.5.; 4:03
7.4.; 6:08	22.4.; 23:22	7.5.; 20:44	23.5.; 23:54
8.4.; 2:00	23.4.; 19:13	9.5.; 2:31	24.5.; 19:46
8.4.; 21:51	24.4.; 5:09	9.5.; 22:23	26.5.; 1:33
10.4.; 3:38	25.4.; 1:00	10.5.; 18:14	26.5.; 21:24
10.4.; 23:29	25.4.; 20:51	11.5.; 4:10	28.5.; 3:11
11.4.; 19:20	27.4.; 2:38	12.5.; 0:01	28.5.; 23:02
12.4.; 5:16	27.4.; 22:29	12.5.; 19:52	29.5.; 18:54
13.4.; 1:07	28.4.; 18:21	14.5.; 1:39	31.5.; 0:41
13.4.; 20:58	29.4.; 4:16	14.5.; 21:30	31.5.; 20:32
15.4.; 2:45	30.4.; 0:08	16.5.; 3:17	
15.4.; 22:36	30.4.; 19:59	16.5.; 23:08	
17.4.; 4:23	1.5.; 5:54	17.5.; 19:00	

Konjunkcie s Mesiacom v blízkosti splnu budú len vo vzdialosti 3°, no vzhľadom na jasnosť Jupitera zaujmú.

Saturn (0,5 až 0,2 mag) v Strelcovi vychádza 1,5 hod po polnoci, jeho viditeľnosť sa však zlepšuje, koncom mája vychádza už začiatkom astronomického súmraku, nakoľko sa blíži do opozície koncom júna. Na oblohe ho nájdeme na začiatku tohto obdobia severne od Marsu, neskôr sa ich vzdialenosť zväčšuje. Zaujme pokojným žltkastým svitom, jeho vlastný pohyb medzi hviezdami sa spomaľuje, 18. 4. je v zastávke a začne sa pohybovať západne. V dalekohľade si vychutnáme jeho nádherné prstence, ktoré vidíme z ich severnej strany a sú široko roztvorené. Za dobrých pozorovacích podmienok si pozrime aj tmavé Cassiniho delenie. Už v malom dalekohľade v blízkosti Saturna uvidíme jeho najväčší mesiac Titan (8,7 – 8,5 mag) a do 11 mag aj Dione, Thetys a Rhea.

V peknej konjunkcii (1,3°) s Marsom bude 2. 4. a jeho približenia sa k Mesiacu nastanú 7. 4. a 4. 5. Na ešte tesnejšiu konjunkciu si počkajme až do 1. 6.

Urán (5,9 mag) je v Rybách a od 27. 4. v Ba-

ranovi. Večer je len nízko nad západným obzorom asi 3,5° západne od Venuše. Začiatkom apríla zapadá sice ešte počas astronomického súmraku, no jeho večerná viditeľnosť sa rýchle zhoršuje. 18. 4. je v konjunkcii so Slnkom a potom sa presunie na rannú oblohu. V polovici mája vychádza hodinu pred Slnkom, no koncom mesiaca už pred začiatkom súmraku nautického, od Slnka bude uhlivo vzdialenosť 39°. V dalekohľade ho uvidíme ako malinký kotúčik s priemerom 3,4".

Neptún (8,0 – 7,9 mag) vo Vodnárovi má mierne zlepšujúce sa podmienky pozorovateľnosti. Na prelome mesiacov vychádza 2,5 hod po polnoci a koncom mája je už nad obzorom takmer celú druhú polovicu noci. V dalekohľade ho uvidíme ako malinký, pokojne svietiaci kotúčik s priemerom 2,2". Konjunkcie s Mesiacom nastávajú len vo vzdialosti 2,5° a to počas dňa alebo pod obzorom.

Mesiac bude 8. 4. v poslednej štvrti a súčasne v odzemí, jeho uhllový priemer bude len necelých 30'. 22. 4. bude zase Mesiac v prvej štvrti a keďže 20. 4. bol v prízemí, jeho uhllový priemer bude takmer 33'. Porovnaním získame pekný obrázok zmeny uhlového priemera Mesiaca o ktorej sa toľko hovorí hlavne pri „supersplnoch“.

Trpasličie planéty

(134340) Pluto (14,4 mag) je v Strelcovi a podmienky na jeho nájdenie sa zlepšujú, uhlivo sa od Slnka vzdáluje. Nad obzor sa dostáva 2 hodiny po polnoci, koncom mája už o 22. hodine. 23. 4. je v zastávke a začne sa na hviezdom pozadí pohybovať späťne, bude 11' južne od hviezdy SAO 188219 (6,0 mag).

(1) Ceres (7,9 až 8,7 mag) sa 17. 5. presunie z Raka do Leva a podmienky pozorovateľnosti sa mierne zhoršujú, uhlivo sa približuje k Slnku. Začiatkom apríla zapadne nadránom, koncom mája hodinu po polnoci. Keďže sa od nás vzdialí z 1,9916 na 2,7178 AU, jej jasnosť poklesne.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (22) Kalliope (3,4.; 10,9 mag), (21) Lutetia (9,4.; 10,8 mag), (187) Lambert (22,4.; 10,1 mag), (39) Laetitia (3,5.; 10,4 mag), (15) Eunomia (7,5.; 9,8 mag), (16) Psyche (9,5.; 10,4 mag), (13) Egeria (20,5.; 10,2 mag).

Fázy Mesiača

posledná štvrt'	8.4.; 8:18	8.5.; 3:09
nov	16.4.; 2:57	15.5.; 12:48
prvá štvrt'	22.4.; 22:46	22.5.; 4:49
spln	30.4.; 1:58	29.5.; 15:20



Najjasnejším asteroidom bude (4) Vesta, ktorá príjemne zjasňuje, blíži sa do svojej júnovej opozície a koncom mája bude mať už 5,6 mag. Priblíži sa k nám z 1,7226 na 1,1863 AU. Doštane sa teda na hranicu viditeľnosti aj bez dalekohľadu, no pohybuje sa na pozadí Mliečnej cesty čo stačí jej identifikáciu bez dalekohľadu. Keďže je v Strelcovi, priblíži sa k niektorým pekným objektom nočnej oblohy, ktoré sú aj v dosahu triédrov.

Podobne na peknom pozadí sa bude v elegantnom oblúku presúvať aj (9) Metis (11,3 – 10,1 mag) a (20) Massalia (10,7 mag) bude na pozadí fotogenickej hmloviny IC 443, zbytku po supernove, ktorá je známa pod menom Medúza.

Komety

Na oblohe je niekolko komét, no sú však slabšie ako 12 mag. Pod túto hodnotu sa tentokrát dostanú len dve komety, no aj na ich pozorovanie budeme potrebovať tmavú oblohu. Nádejnejšia je PANSTARRS (C/2016 M1), ktorá sa bude presúvať južne z Orla do Strelca, jej pohyb sa mierne zrýchľuje. Na oblohe ju nájdeme v druhej polovici noci, koncom mája kulminuje 2 hodiny po polnoci. Priblíži sa k nám z 2,7148 na 1,4775 AU. Jasnosť v tabuľke je však pomerne optimistická, je možné, že kométa bude takmer o magnitudu slabšia.

Zákryty hviezd Mesiacom (apríl – máj 2018)

Dátum	UT	f	XZ	mag	CA	PA	a	b
	h m s				°	°	s/°	s/°
3. 4.	21 14 18	R	21469	4,0	+83N	286	30	61
4. 4.	2 49 0	R	21629	5,6	+80S	269	104	-37
7. 4.	0 33 38	R	24861	3,8	+64S	242	82	128
7. 4.	0 33 0	D	24916	5,4	-32N	30	149	276
7. 4.	1 0 7	R	24916	5,4	+10N	348	-24	-129
8. 4.	2 25 44	D	26495	3,0	-89S	84	87	73
20. 4.	20 18 38	D	8550	5,7	+55N	58	28	-35

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

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

Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 4.	17h57,8m	-17°30,2'	7,0	101,4
11. 4.	18h07,4m	-17°29,7'	6,9	108,9
21. 4.	18h14,5m	-17°30,4'	6,7	117,0
1. 5.	18h18,5m	-17°35,1'	6,5	125,7
11. 5.	18h19,4m	-17°46,0'	6,2	135,1
21. 5.	18h16,7m	-18°04,9'	6,0	145,3
31. 5.	18h10,9m	-18°32,5'	5,8	156,2

Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 4.	08h43,6m	+31°05,4'	7,9	113,5
11. 4.	08h48,2m	+30°18,6'	8,1	105,1
21. 4.	08h55,2m	+29°22,2'	8,3	97,3
1. 5.	09h04,3m	+28°17,8'	8,4	89,9
11. 5.	09h15,1m	+27°06,2'	8,5	83,0
21. 5.	09h26,9m	+25°48,0'	8,6	76,5
31. 5.	09h40,0m	+24°23,7'	8,7	70,3

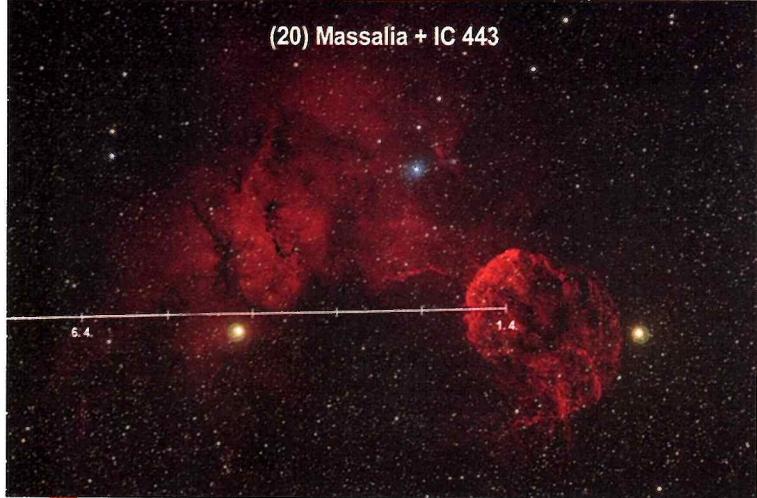
Efemerida kométy PANSTARRS (C/2016 M1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 4.	19h35,1m	-02°42,7'	11,4	76,6
6. 4.	19h37,5m	-03°31,6'	11,3	80,7
11. 4.	19h39,5m	-04°26,0'	11,1	85,1
16. 4.	19h41,0m	-05°27,0'	11,0	89,6
21. 4.	19h42,0m	-06°35,7'	10,8	94,2
26. 4.	19h42,3m	-07°53,8'	10,7	99,2
1. 5.	19h42,0m	-09°22,8'	10,5	04,3
6. 5.	19h40,9m	-11°04,4'	10,4	09,7
11. 5.	19h38,8m	-13°00,5'	10,2	15,4
16. 5.	19h35,6m	-15°13,1'	10,0	21,5
21. 5.	19h31,1m	-17°43,9'	9,9	27,9
26. 5.	19h25,2m	-20°34,0'	9,7	34,6
31. 5.	19h17,5m	-23°43,9'	9,6	41,5

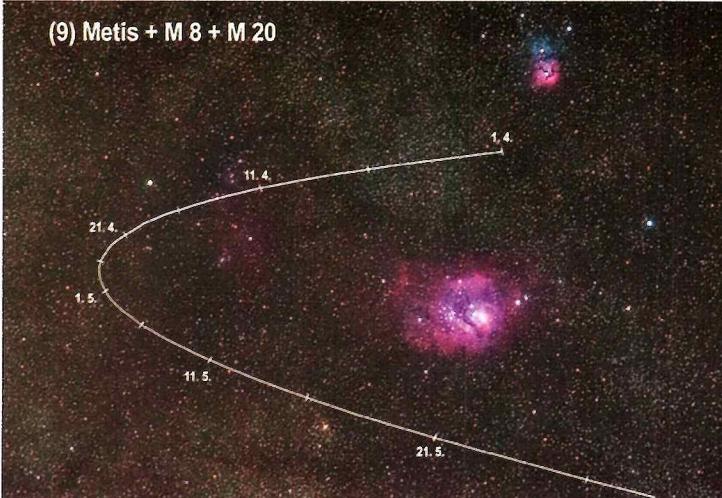
Efemerida kométy PANSTARRS (C/2016 R2)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 4.	04h29,3m	+37°21,9'	11,6	61,7
6. 4.	04h35,7m	+38°26,0'	11,6	58,5
11. 4.	04h42,6m	+39°28,8'	11,6	55,5
16. 4.	04h50,0m	+40°30,4'	11,6	52,6
21. 4.	04h57,9m	+41°30,6'	11,7	49,9
26. 4.	05h06,3m	+42°29,3'	11,7	47,4
1. 5.	05h15,3m	+43°26,5'	11,7	45,0
6. 5.	05h24,7m	+44°22,0'	11,7	42,8
11. 5.	05h34,7m	+45°15,6'	11,7	40,7
16. 5.	05h45,2m	+46°07,2'	11,8	38,8
21. 5.	05h56,2m	+46°56,6'	11,8	37,1
26. 5.	06h07,6m	+47°43,6'	11,8	35,7
31. 5.	06h19,6m	+48°28,0'	11,8	34,4

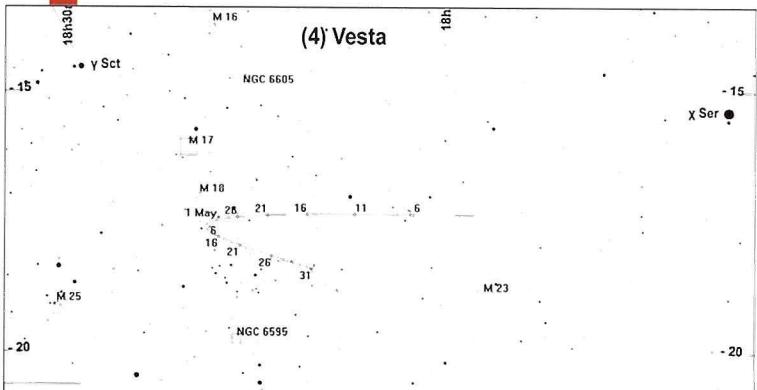
(20) Massalia + IC 443



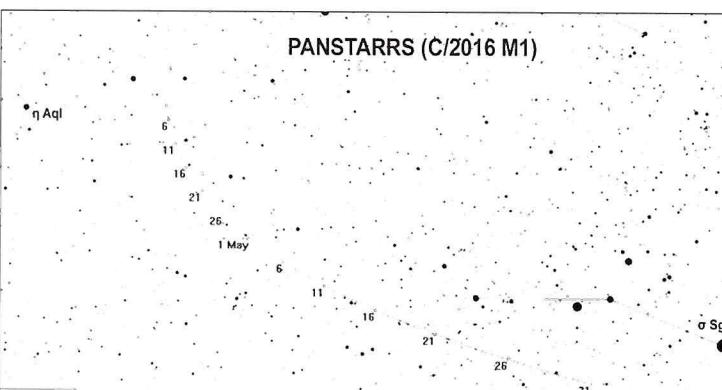
(9) Metis + M 8 + M 20



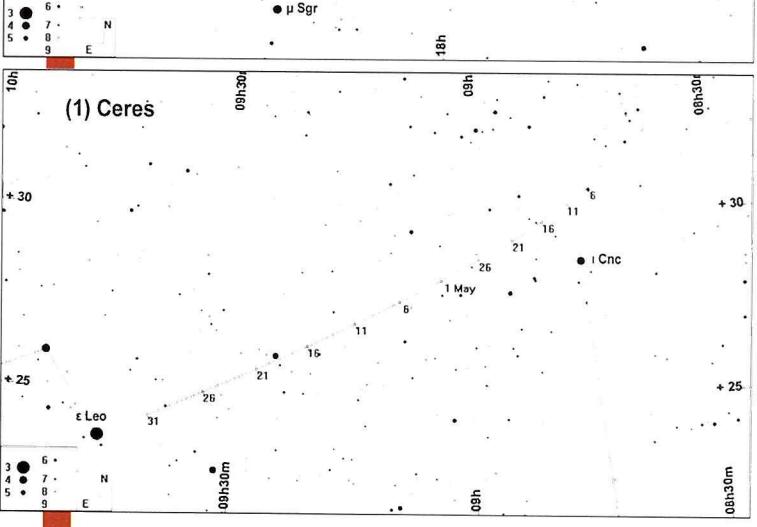
(4) Vesta



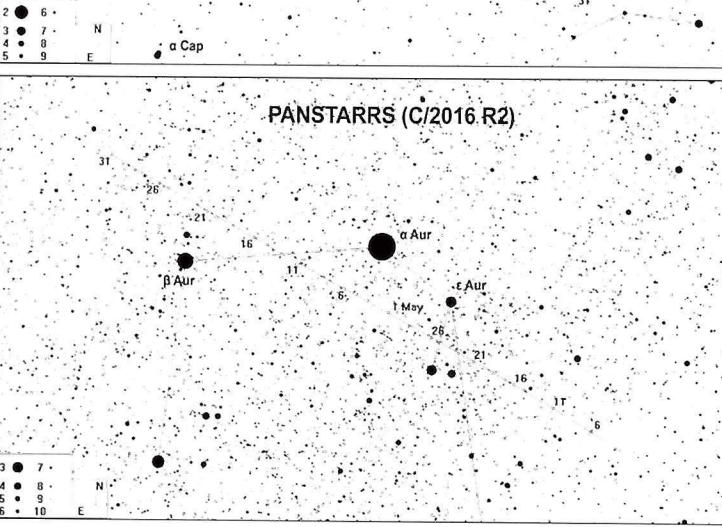
PANSTARRS (C/2016 M1)



(1) Ceres



PANSTARRS (C/2016 R2)



Meteorické roje (apríl - máj)

roj	aktivita	maximum	λ_{sol}	α	δ	v_{inf}	r	ZHR
antiheliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9.					30	3,0	4
Lyridy (LYR)	14. 4. – 30. 4.	22. 4.	32,32°	271°	+34°	49	2,1	18
η Akvaridy (ETA)	19. 4. – 28. 5.	6. 5.	45,5°	338°	-01°	66	2,4	50
η Lyridy (ELY)	3. 5. – 14. 5.	9. 5.	48°	287°	+44°	43	3,0	3

Takmer stabilnú jasnosť, tesne pod 12 mag, si udrží kométa PANSTARRS (C/2016 R2), ktorá má vysokú deklináciu, začiatkom apríla zapadne 2 hodiny po polnoci a v máji je už cirkumpolárna. Presunie sa z Perzea do Povožníka, 25. 4. bude medzi ϵ Aur (3,0 mag) a η Aur (3,1 mag) a 4. 5. 2° pod Capellou.

Meteory

Od januárových Kvadrantíd nebol v činnosti aktívnejší meteorický roj a tak aprílové Lyridy sú príjemným spestrením pozorovateľov meteorov. Sú v činnosti 10 dní od polovice apríla, maximum nie je ostré, vyskytuje sa niekoľko podružných. Priemerná predpovedaná prepočítaná frekvencia (ZHR) v maxime, ktoré nastane 22. 4., je 18 meteorov za hodinu (priemer z ostatných 13 rokov), no v roku

1982 bolo ZHR až 90. Mesiac je pred prvou štvrtou a tak najlepšie podmienky nastanú až v druhej polovici noci po jeho západe. Materským telesom Lyrid je dlhoperiodická kométa C/1861 G1 (Thatcher) s obežnou dobou 415 rokov, v periheliu bola 3. 6. 1861.

So známou kométou 1P/Halley súvisí roj η Akvaridy s maximom 6. 5. Podrobne štúdium dráhy komety poukazuje na istú možnosť vyššieho počtu slabých meteorov už 3. a 5. 5. Vlani frekvencia dosiahla 77 meteorov za hodinu. Radiant roja však u nás vychádzza len koncom astronomickej noci a navýše bude rušiť aj Mesiac pred poslednou štvrtou. Odmenou pozorovateľom sú však dlhé a rýchle meteory. S prúdom meteoroidov tejto komety sa stretávane aj v októbri počas činnosti Orioníd.

Kalendár úkazov a výročí (apríl - máj 2018)

dátum	SEČ
1.4.	18,8 Merkúr v dolnej konjunkcii
2.4.	14,4 Mars v konjunkcii s Saturnom (Mars 1,3° S)
2.4.	400. výročie (1618) narodenia F. Grimaldiho
3.4.	16,2 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,0° S)
3.4.	asteroid (22) Kalliope v opozícii (10,9 mag)
4.4.	100. výročie (1918) narodenia J. Ashbrooka
4.4.	330. výročie (1688) narodenia J. Delislea
5.4.	55. výročie (1963) štartu Pioneeru 11
7.4.	14,1 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 1,5° S)
7.4.	50. výročie (1968) štartu Luny 14
7.4.	19,0 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 2,7° S)
8.4.	6,5 Mesiac v odzemí (404 147 km)
8.4.	8,3 Mesiac v poslednej štvrti
9.4.	asteroid (21) Lutetia v opozícii (10,8 mag)
12.4.	Svetový deň leteckej a kozmonautiky
14.4.	4,8 Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať priamo
14.4.	70. výročie (1948) narodenia J. Krištofoviča
15.4.	185. výročie (1833) narodenia M. Loewyho
16.4.	3,0 Mesiac v nove
17.4.	420. výročie (1598) narodenia G. Riccioliho
17.4.	23,3 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuše 6° S)
18.4.	2,7 Saturn v zastávke, začína sa pohybovať späťne
18.4.	15,0 Urán v konjunkcii so Slnkom (Urán 0,5° S)
19.4.	8,3 Urán najďalej od Zeme (20,8953 AU)
20.4.	15,7 Mesiac v prizemí (368 713 km)
20.4.	90. výročie (1928) narodenia G. S. Hawkinso
22.4.	asteroid (187) Lamberta v opozícii (10,1 mag)
22.4.	Deň Zeme
22.4.	19,0 maximum meteorického roja Lyridy (ZHR 18)
22.4.	22,8 Mesiac v prvej štvrti
23.4.	3,4 Pluto v zastávke, začína sa pohybovať späťne
23.4.	160. výročie (1858) narodenia M. Plancka
26.4.	7,2 Pluto v konjunkcii s Marsom (Pluto 1,4° N)
26.4.	130. výročie (1888) narodenia A. A. Michajlova
28.4.	90. výročie (1928) narodenia E. Shoemakera
28.4.	230. výročie (1788) narodenia D. M. Perevoščikova
29.4.	19,4 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (27,0°)
30.4.	2,0 Mesiac v splne
30.4.	19,4 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,2° S)
1.5.	105. výročie (1913) narodenia K. Berényiho
1.5.	110. výročie (1908) narodenia V. V. Fedynského

3.5.	asteroid (39) Laetitia v opozícii (10,4 mag)
3.5.	85. výročie (1933) narodenia A. Hajduka
4.5.	300. výročie (1718) narodenia J. Cheseauxa
4.5.	20,3 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 1,1° S)
4.5.	90. výročie (1928) narodenia M. Kopeckého
6.5.	1,6 Mesiac v odzemí (404 460 km)
6.5.	8,5 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 2,1° S)
6.5.	maximum meteorického roja η Akvaridy (ZHR 50)
6.5.	120. výročie (1898) narodenia E. Rybku
7.5.	asteroid (15) Eunomia v opozícii (9,8 mag)
8.5.	3,2 Mesiac v poslednej štvrti
9.5.	1,4 Jupiter v opozícii
9.5.	15. výročie (2003) štartu sondy Hayabusa
9.5.	maximum meteorického roja η Lyridy (ZHR 3)
9.5.	asteroid (16) Psyche v opozícii (10,4 mag)
10.5.	13,6 Jupiter najbližšie k Zemi (4,3998 AU)
10.5.	230. výročie (1788) narodenia A. Fresnela
11.5.	100. výročie (1918) narodenia R. Feynmanna
14.5.	45. výročie (1973) štartu Skylabu
15.5.	12,8 Mesiac v nove
17.5.	20,2 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuše 5,5° S)
17.5.	22,1 Mesiac v prízemí (363 773 km)
18.5.	970. výročie (1048) narodenia O. Khayyama
18.5.	110. výročie (1908) narodenia R. Touseya
20.5.	asteroid (13) Egeria v opozícii (10,2 mag)
20.5.	30. výročie (1978) štartu sondy Pioneer Venus
20.5.	110. výročie (1908) narodenia Š. Butkoviča
22.5.	4,8 Mesiac v prvej štvrti
22.5.	110. výročie (1808) pádu meteoritu Stonařov jesenná rovnodennosť na Marse
22.5.	110. výročie (1908) narodenia A. Čvacha
25.5.	10. výročie (2008) pristátia sondy Phoenix na Marse
27.5.	20,9 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,1° S)
28.5.	95. výročie (1923) narodenia B. Malečka
29.5.	15,3 Mesiac v splne
30.5.	110. výročie (1908) narodenia H. Alfvéna
1.6.	2,5 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 0,8° S)
2.6.	17,6 Mesiac v odzemí (405 317 km)
3.6.	12,8 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 2,7° S)
6.6.	3,2 Merkúr v hornej konjunkcii
6.6.	19,5 Mesiac v poslednej štvrti

Slnko

súmrak					
občiansky		nautický		astronomický	
vých.	záp.	záč.	kon.	záč.	kon.
1. 4.	5:19	18:10	4:47	18:42	3:09
6. 4.	5:08	18:17	4:36	18:50	3:58
11. 4.	4:58	18:25	4:26	18:57	3:47
16. 4.	4:48	18:32	4:15	19:05	3:35
21. 4.	4:39	18:39	4:05	19:13	3:24
26. 4.	4:30	18:47	3:56	19:21	3:13
1. 5.	4:21	18:54	3:46	19:29	3:02
6. 5.	4:13	19:01	3:38	19:37	2:52
11. 5.	4:06	19:08	3:29	19:45	2:41
16. 5.	3:59	19:15	3:22	19:52	2:32
21. 5.	3:53	19:21	3:15	20:00	2:23
26. 5.	3:48	19:27	3:09	20:06	2:15
31. 5.	3:44	19:32	3:04	20:12	2:09

Mesiac

východ západ

1. 4.	19:17	6:06
6. 4.		8:45
11. 4.	3:12	13:14
16. 4.	5:26	18:57
21. 4.	8:48	
26. 4.	14:38	3:16
1. 5.	20:21	5:30
6. 5.		9:01
11. 5.	2:35	14:13
16. 5.	5:01	20:20
21. 5.	10:02	0:13
26. 5.	15:58	2:38
31. 5.	21:07	5:16

Jupiter

východ západ

1. 4.	21:38	7:06
6. 4.	21:16	6:45
11. 4.	20:54	6:24
16. 4.	20:32	6:03
21. 4.	20:09	5:42
26. 4.	19:47	5:21
1. 5.	19:24	5:00
6. 5.	19:00	4:38
11. 5.	18:37	4:17
16. 5.	18:14	3:56
21. 5.	17:51	3:35
26. 5.	17:29	3:13
31. 5.	17:06	2:52

Venuša

východ západ

1. 4.	6:03	19:57
6. 4.	5:55	20:12
11. 4.	5:49	20:27
16. 4.	5:43	20:42
21. 4.	5:38	20:57
26. 4.	5:35	21:11
1. 5.	5:33	21:25
6. 5.	5:32	21:37
11. 5.	5:34	21:49
16. 5.	5:37	21:58
21. 5.	5:42	22:06
26. 5.	5:50	22:11
31. 5.	5:58	22:15

Mars

východ západ

1. 4.	1:31	9:44
6. 4.	1:23	9:37
11. 4.	1:14	9:30
16. 4.	1:05	9:22
21. 4.	0:55	9:14
26. 4.	0:45	9:06
1. 5.	0:35	8:58
6. 5.	0:23	8:49
11. 5.	0:12	8:40
16. 5.	0:00	8:30
21. 5.	23:46	8:19
26. 5.	23:33	8:08
31. 5.	23:19	7:56

Neptún

východ západ

1. 4.	4:35	15:39
6. 4.	4:16	15:21
11. 4.	3:57	15:02
16. 4.	3:38	14:43
21. 4.	3:18	14:24
26. 4.	2:59	14:05
1. 5.	2:39	13:46
6. 5.	2:20	13:27
11. 5.	2:00	13:08
16. 5.	1:41	12:49
21. 5.	1:22	12:29
26. 5.	1:02	12:10
31. 5.	0:42	11:51

Medved', tučniak a popularizácia astronómie

Ak chcete deťom priblížiť astronómiu, nechajte to na medveda a tučniaka. Môžu sa o tom presvedčiť diváci celokupolového (fulldome) filmu „Polaris, vesmírna ponorka a tajomstvo polárnej noci“ z produkcie Saint-Etienne Planetarium. Jeho oficiálna slovenská premiéra bola súčasťou programu slávostného otvorenia planetária Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove po ukončení jeho digitalizácie. Tá sa odohrala v troch fázach.

Prvá fáza prebehla v roku 2015. Vtedy na miesto optomechanického projektora planetária ZKP-1 nainštalovali digitálny projektor so šošovkou typu „rybie oko“, ktorý premietá obraz z počítača, kde ho vytvára softvér Sky Explorer 3 od R.S.A. Cosmos. Moderný spôsob projekcie priniesol potrebu

dalších zmien. Sedenie v sále bolo upravené do polkruhu a zmizli drevené lavice; nahradili ich pohodlnejšie čalúnené. Kedže ani pôvodná kupola neposkytovala kvalitnú projekciu, v záverečnej fáze nasledovala inštalácia novej. Tá je poskladaná zo 16 dielov a osadená na kovovom prstenci, ukotvenom do steny. Planetárium SÚH slávostne otvorili 21. 11. 2017 minister kultúry SR Marek Maďarič spolu s primátorkou Hurbanova Ildikó Baštternákovou prestrihnutím pásky. Planetárium však nie je súčasťou všetkých hvezdárn na Slovensku, rovnako ako ani jediným spôsobom, ako záujemcom o astronómiu priblížiť vesmír a jeho fungovanie. V dňoch 22. – 23. 11. 2017 sa preto uskutočnil seminár „Prezentačné techniky pri popularizácii astronómie“. Pre pracovníkov slovenských hvezdárn a planetárií to bola príležitosť

vymeníť si skúsenosti a naučiť sa niečo nové. Prezentácie predstavili prácu a aktivitu hvezdární, či už vo vlastných priestoroch alebo mimo nich. Ukázali, že za prezentačnými technikami sa môže skrývať výroba vlastných filmov a programov do planetária, ale aj hádzanie loptičiek do mýky alebo odpalovanie petárd v kope piesku posypanej sadzami. Záverečným bodom programu seminára bola projekcia 3D filmu s astronomickou tematikou z dielne maďarského producenta Jozefa Gránera.

V priebehu troch dní v priestoroch Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove účastníci seminára predstavili vela cest vedúcich k jednému cielu: priblížiť vesmír a jeho záhadu návštěvníkom hvezdárni.

Pavol Ďuriš



Minister kultúry Marek Maďarič, generálny riaditeľ SÚH Marián Vidovenec, primátorka Hurbanova Ildikó Baštternáková.

Foto: Peter Dolinský



Účastníci seminára.

Foto: Kitti Kovácsová



Slovenský zväz astronómov pozýva aj tento rok amatérskych pozorovateľov a každého, komu je blízke pozorovanie nočnej oblohy, na víkendové stretnutie spojené s výmenou skúseností, prezentáciou astronomických výskumných programov vhodných pre amatérov, s predstavením noviniak v pozorovateľskej technike a mnohého iného pre zatraktívnenie vášho pozorovania oblohy.

Stretnutie pod názvom SLOVENSKÁ AMATÉRSKA OBLOHA 2018 sa uskutoční v dňoch 4. až 6. mája 2018 v astronomicky prajnom prostredí podhoria Poľany v blízkosti obce Látky. Možnosť prihlásiť sa a viac informácií o podujatiu nájdete na stránke <http://sao.szaa.org>. Tešíme sa na stretnutie.

ASTROOBCHOD.sk

Pohlédnite do hlubín vesmíru vlastním dalekohledem!



ASTROOBCHOD.cz

Jednoduché astronomické výpočty

2. diel

V minulom diele sme sa oboznámili s rovnicami, ktoré sú základom na používanie vzťahov vo fyzike a astronómii. Každý fyzikálny vzťah je v konečnom dôsledku zapísaný ako rovnica, s ktorou môžeme a musíme narábať. Keplerove zákony sformuloval začiatkom XVII. storočia Johannes Kepler na základe svojich a Braheho pozorovaní pohybov planét po oblohe.

Prvý Keplerov zákon

Planéty sa pohybujú okolo Slnka po eliptických dráhach, ktoré sú mälo odlišné od kružník, a v ktorých spoločnom ohnisku sa nachádza Slnko.

Druhý Keplerov zákon

Plochy opísané sprievodičom planéty za rovnakú časovú jednotku sú rovnaké.

Tretí Keplerov zákon

Pomery druhých mocnín obežných dôb planét sa rovnajú pomerom tretích mocnín ich veľkých polosí. Vzorcom

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

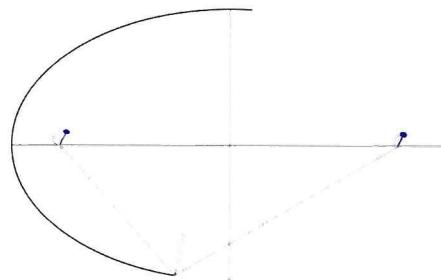
kde P_1 je obežná doba planéty 1 a a_1 je veľká polos dráhy planéty 1 obdobne P_2 a a_2 sú obežná doba a veľká polos dráhy planéty 2.

V prvom rade si musíme vysvetliť základné pojmy. Elipsa je krivka podobná spoločenej kružnici. Kružnica má len stred a polomer, ale elipsa má svoj stred, dve ohniská, veľkú (hlavnú) polos a malú (vedľajšiu) polos. Kružnica je množina bodov v rovine, ktoré majú od jej stredu rovnakú vzdialenosť. Tá sa nazýva polomer. Kružnicu najjednoduchšie narysuje tak, že na dosku položíte papier, zapichnete špendlík a na ten zavesíte špagátik. Prstom prichytíte špagátik o ceruzku, napnete špagátik a môžete narysovať kružnicu.

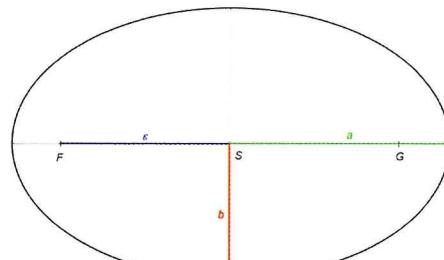
Elipsa sa rysuje trochu zložitejšie ako kružnica, ale pomôže nám špendlík so špagátikom. Teraz stačí pripichnúť aj druhý koniec špagátika druhým špendlíkom tak, aby špagátik neboli napnutý. Ten napneme hrotom ceruzky a kreslíme elipsu (obr. 1). Miesta, kde sú zapichnuté špendlíky nazývame ohniská elipsy F a G. Sami môžete zbadať, že keď kružnica bola množina bodov rovnako vzdialených od jedného bodu, tak pre elipsu platí, že súčet vzdialenosťí od ohniska F k ľubovoľnému bodu na elipse plus vzdialenosť tohto bodu k ohnisku G je rovnaký pre všetky body elipsy. To je preto, že špagátik svoju dĺžku počas kresenia elipsy nemenil, bol stále napnutý a rovnako dlhý. Bod v strede medzi ohniskami sa nazýva stred elipsy. Vzdialenosť najvzdialenejšieho bodu elipsy od jej stredu sa nazýva veľká polos a označuje sa písmenom a. Dĺžka špagátika je dvojnásobkom veľkej polosi (čo si môžete overiť na nakreslenej elipse meraním pomocou pravítka).

Vzdialenosť ohniska od stredu – e (čítaj *epsilon*) – vydelená veľkosťou veľkej polosi a je numerická excentricita alebo výstrednosť dráhy (obr. 2). V astronómii ju nazývame excentricitu

a označujeme ju e (teda $e = \epsilon/a$). Excentricita je jedným zo šiestich elementov dráhy.

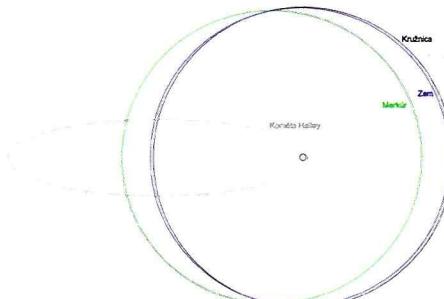


Obr. 1



Obr. 2

V rámci cvičenia si narysuje viacero elips s rovnakou veľkou polosou (s rovnakou dĺžkou špagátika) tak, že jeden špendlík necháte stále zapichnutý na tom istom mieste a druhý postupne zapichnete do rôznych vzdialenosťí. Lahko zbadáte, že keď budú špendlíky tesne pri sebe (malá excentricita), elipsa sa bude veľmi podobať na kružnicu.



Obr. 3. Porovnanie numerickej excentricity (e) kružnice (0), Zeme (0,1671), Merkúra (0,2056) a kométy Halley (0,9671). V spoločnom ohnisku sústavy je Slnko (☉). Všetky elipsy majú rovnakú veľkú polos.

Prvý Keplerov zákon hovorí, že planéty sa pohybujú po eliptických dráhach, pričom jedno ohnisko (špendlík) dráhy každej planéty je stále v Slnku.

Dráhy planét majú rôznu excentricitu (poloha druhého ohniska) a inú aj veľkú polos a (teda aj dĺžku špagátika je iná pre každú planétu). Druhý Keplerov zákon hovorí, že plochy opísané sprievodičom planéty za rovnakú časovú jednotku sú rovnaké.

Vysvetlenie druhého KeplEROVHO zákona si necháme na neskôršiu dobu, keď sa to bude viac hodíť k výkladu.

Tabuľka veľkých polosí a excentricít dráh

vesmírne teleso	veľká polos v AU	excentricita
Merkúr	0,387	0,205
Venuša	0,723	0,007
Zem	1,000	0,017
Mars	1,523	0,094
Jupiter	5,205	0,049
Saturn	9,582	0,057
Urán	19,201	0,046
Neptún	30,047	0,011
Pluto	39,481	0,244
Mesiac	0,00257	0,055
Kométa Halley	17,94	0,967

*v ohnisku dráhy je Zem

zdroje: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/> <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/cometfact.html>

Tretí Keplerov zákon nám umožňuje napríklad vypočítať vzdialenosť veľkej polosi, ak poznáme periódu obehu. Napríklad, aká je veľká polos dráhy Jupitera, ak je jeho períoda obehu 11,86 rokov?

Jupiter budeme označovať „1“. Potrebujeme ešte informácie o nejakej planéte, ktorú označíme „2“. Na to sa najlepšie hodí Zem, lebo sme zvyknutí merať čas v rokoch (čo je obežná doba Zeme okolo Slnka) a vzdialenosť v takzvaných astronomických jednotkách (AU), čo je takmer presne veľká polos dráhy Zeme okolo Slnka (rozdiel je na 7. desatinnom mieste). Aby sme vypočítali veľkú polos dráhy Jupitera dosadíme to do 3. KeplEROVHO zákona.

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (1^2 = 1 \text{ a } 1^3 = 1 \text{ lebo } 1^2 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ a } 1^3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1)$$

Z rovnice dostaneme $P_1^2 = a_1^3$, kde P_1 je períoda obehu Jupitera v rokoch a a_1 je veľká polos jeho dráhy v astronomických jednotkách. Za P_1 dosadíme 11,861 roka

$$11,861^2 = a_1^3 \\ 140,6833 = a_1^3$$

Teraz potrebujeme zistiť aké číslo na tretiu sa rovná 140,6833, teda tretiu odmocninu čísla 140,6833. Je to

$$a_1 = \sqrt[3]{140,6833} = 5,2009 \text{ au}, \\ \text{lebo } 5,2009 \cdot 5,2009 \cdot 5,2009 = 5,2009^3 = 140,6833.$$

Vypočítali sme, že veľká polos dráhy Jupitera je 5,2009 astronomických jednotiek. Pre úplnosť uvedieme, že presná tabuľková hodnota je 5,205 astronomických jednotiek. Táto malá nepresnosť je spôsobená pôvodnou formuláciou 3. KeplEROVHO zákona, ktorá nezahrňa hmotnosť planét. Takto formulovaný zákon sa dá použiť na sústavu hviezda-obežnica, ak je hmotnosť obežnice oproti hmotnosti hviezdy zanedbateľná.

Rovnako môžete použiť 3. KeplEROVHO zákon aj na výpočet dráh alebo obežných period asteroidov a komét.

Peter Dolinský, SÚH Hurbanovo

