



Číslo 1

február – marec 2018

Ročník 49

Cena 2,40 €

KOZMOS

- Pohľad do vnútra Slnka
- Multiverzá...?!
- Kamenné technológie

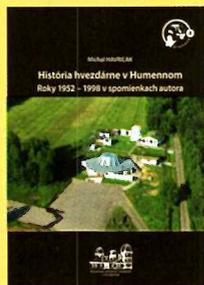


Na obálke vpredu:
Petr Horálek
Lepší než televize!
Už jste někdy snili o večereňí pod Mléčnou dráhou? Věřte, je to mnohem lepší než u televize! Když skupina cestovatelů během výletu pořádaným Safra-go.cz přijela na rozsáhlou farmu



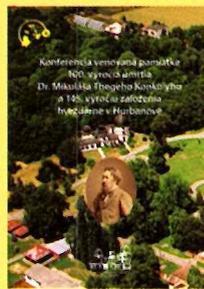
Dqae Qare pana Grega Lawse v Botswaně, ještě ani zdaleka netušila, že něco takového zažije. Díky Gregově úžasné vstřícnosti měli kamarádi možnost takového zážitku hned několikrát. Jak za soumraku posedávali u večere, postupně se nad jejich hlavami objevoval Štír v centru Mléčné dráhy...

Slovenská ústředná hvězdárň Hurbanovo vydala:
História hvězdárny v Humennom



Roky 1952 – 1998 v spomienkach autora – bývalého riaditeľa humenskej hvězdárny – Michala Havriľaka. Jej cena je 5,00 €.

Konferencia venovaná pamiatke 100. výročia úmrtia Dr. Mikuláša Thegeho Konkolyho a 145. výročiu založenia hvězdárny v Hurbanove



Zborník z vedeckej konferencie organizovanej SÚH v slovenskom jazyku. Jeho cena je 7,00 €.

Obe publikácie si môžete objednať na adrese: Slovenská ústředná hvězdárň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo, tel.: 035/24 51 102, 035 24 51 109

Hlavná aktualita

Gravitácia umožnila nahliadnúť do vnútra Slnka

Ivan Dorotovič s. 3-6

Misia ku kométe 67/P (Čurjumov-Gerasimenko)

ROSETTA – výroba kyslíka v priamom prenose

Ján Svoreň s. 9-11

Stelárna astronómia

Chvost blúdiacej čiernej diery s. 7

Vysvetlili záhadu rýchlych bursterov s. 8

Jagavá smrť hviezdy v hmlovine Skazené vajce s. 8

Dvojhviezda pred splynutím s. 24

Exoplanéty

Exoplanéta vyvoláva pulzy materskej hviezdy s. 21

Planéty okolo červených trpaslíkov... s. 22

Voda v atmosfére horúceho Jupitera s. 23

Slnčná sústava

Príbeh Curiosity (2)

Sky and Telescope, M. A. s. 25-27

'Oumuamua – príšelec z inej planetárnej sústavy

Ján Svoreň s. 32-33

Kozmológia

Multivesmír existuje. Naozaj?

Scientific American E. G. s. 12-15

Paleoantropológia

Technológie doby kamennej

Scientific American E. G. s. 16-20

Biológia

Riasy: alternatívne palivá budúcnosti?

Jozef Malinovský s. 28-30

Observatóriá vo svete

Morrison Observatória vo Fayette zblízka

Ivan Dorotovič s. 30-31

USAS-2017: Expedícia za zatmením

Veľké americké zatmenie

Ladislav Hric s. 34-35

Astronomická olympiáda

Zlato z Thajska sme potvrdili ďalším zlatom!

Ladislav Hric s. 36-37

Fotosúťaž

Svietme si na cestu...nie na hviezdy

Daniela Rapavá s. 38-41

Servis Kozmosu

Obloha v kalendári (február – marec 2018)

Pavol Rapavý s. 42-45

Slnčná aktivita (október – november 2017)

Ivan Dorotovič s. 33

Jednoduché astronomické výpočty

Peter Dolinský s. 47

História

Česká astronomická spoločnosť oslávila 100 rokov

Ladislav Hric s. 46

Deň hvězdárni a planetárií 2018

V nedeľu 18. marca 2018 prebehne i tento rok v astronomických zariadeniach na Slovensku séria najrozmanitejších podujatí určených pre návštevníkov všetkých vekových skupín. V prípade priaznivého počasia nebude pochopiteľne chýbať ani pozorovanie diania na oblohe pomocou astronomického techniky.

Organizátorom je tradične Slovenská ústředná hvězdárň v Hurbanove spolu so Slovenským zväzom astronómov a astronomickými zariadeniami zapojenými do DHP na Slovensku. Viac informácií o jednotlivých podujatiach sa dozviete na stránke <http://dhp2018.szaa.org>.

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

Na obálke vzadu:

Pavol Kostolný

Ticho nad svetlami

Fotografia z najmladšieho slovenského Parku tmavej oblohy vo Veľkej Fatre (2015). Obloha v nadhlavníku je skutočne tmavá, no smerom k obzoru ju začína pohlcovať parazitné svetlo neďalekých dolín. Cesta k horskému hotelu Kráľová Studňa je veľký zážitok, kedy absolvujete 14 km dlhú rozbitú lesnú cestu. Dokonca tam jazdí za dobrých podmienok autobus, aj keď si to moc neviem predstaviť.

Po polnočnom západe Mesiaca sa nad nami pomaly začal zjavovať hviezdny ostrov a obloha sa rozžiarila pár tisíckami svetiel. Okrem iného tam bolo fantastické ticho, úplné bezvetrie, nikto nikde, len zvuk cvakajúcich foťákov a z času na čas sa ozvali ručiacie jeleňe z kopca oproti.



KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia tohoto čísla: RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., RNDr. Pavol Rapavý

Vydáva: Slovenská ústředná hvězdárň v Hurbanove. Adresa vydavateľa: Slovenská ústředná hvězdárň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. • **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, RNDr. Ladislav Hric, CSc. – vedecký redaktor, Michal Ač – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Prikerlová – sekretár redakcie, RNDr. Michal Mojžiš – grafická úprava. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail kozmos@nextra.sk • **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., Mgr. Ladislav Druga, doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, RNDr. Ján Rybák, CSc. Predseda redakčnej rady: doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. • **Vychádza:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciam. • **Cena** jedného čísla 2,40 € (65,00 CZK). Pre abonentov ročne 13,20 € (357 CZK) vrátane poštovného. • **Objednávky na predplatňu** prijíma každá pošta. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk. • **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 840 306 090, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., p.p. 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: predplatne@predplatne.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. • Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeč Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. • EV 3166/09 • **Tlač:** Bittner print s.r.o. • Zadané do tlače 16. 1. 2018 • **ISSN 0323 – 049**

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

Gravitácia umožnila nahliadnuť do vnútra Slnka

Z helioseizmologických pozorovaní vyplynul prekvapivý poznatok o rýchlej rotácii slnečného jadra. Vo februári 2016 vedci oznámili jeden z najvýznamnejších úspechov modernej fyziky, keď priamo detegovali gravitačné vlny. Vyžiarila ich dvojica stredne hmotných čiernych dier pri vzájomnom špirálovitom pohybe, ktorý sa skončil ich splynutím. V auguste 2017 zaregistrovali zdokonalené gravitačné detektory LIGO a VIRGO gravitačný otláčok splynutia dvoch neutrónových hviezd. V tomto roku sme zaznamenali aj ďalší prelomový objav, ktorý súvisí s gravitačnými vlnami. Slnečným fyzikom sa nepriamou detekciou gravitačných oscilácií podarilo „nahliadnuť“ do najhlbších vrstiev našej najbližšej hviezdy, do jadra Slnka.

Dôvodov na skúmanie Slnka máme veľa. Je to jediná hviezda, ktorú môžeme pozorovať s veľkým priestorovým rozlíšením, čo prináša dôležité poznatky do nášho chápania stavby a vývoja hviezd. Slnko výrazne ovplyvňuje Zem a jej okolitý priestor najmä prostredníctvom žiarenia a častíc, takže jeho štúdium je dôležité pre pochopenie slnečno-zemských

vzťahov (kozmickeho počasia). Slnko vlastne poskytuje jedinečné laboratórium na štúdium niektorých základných fyzikálnych procesov v podmienkach, ktoré nemožno nastoliť na Zemi.

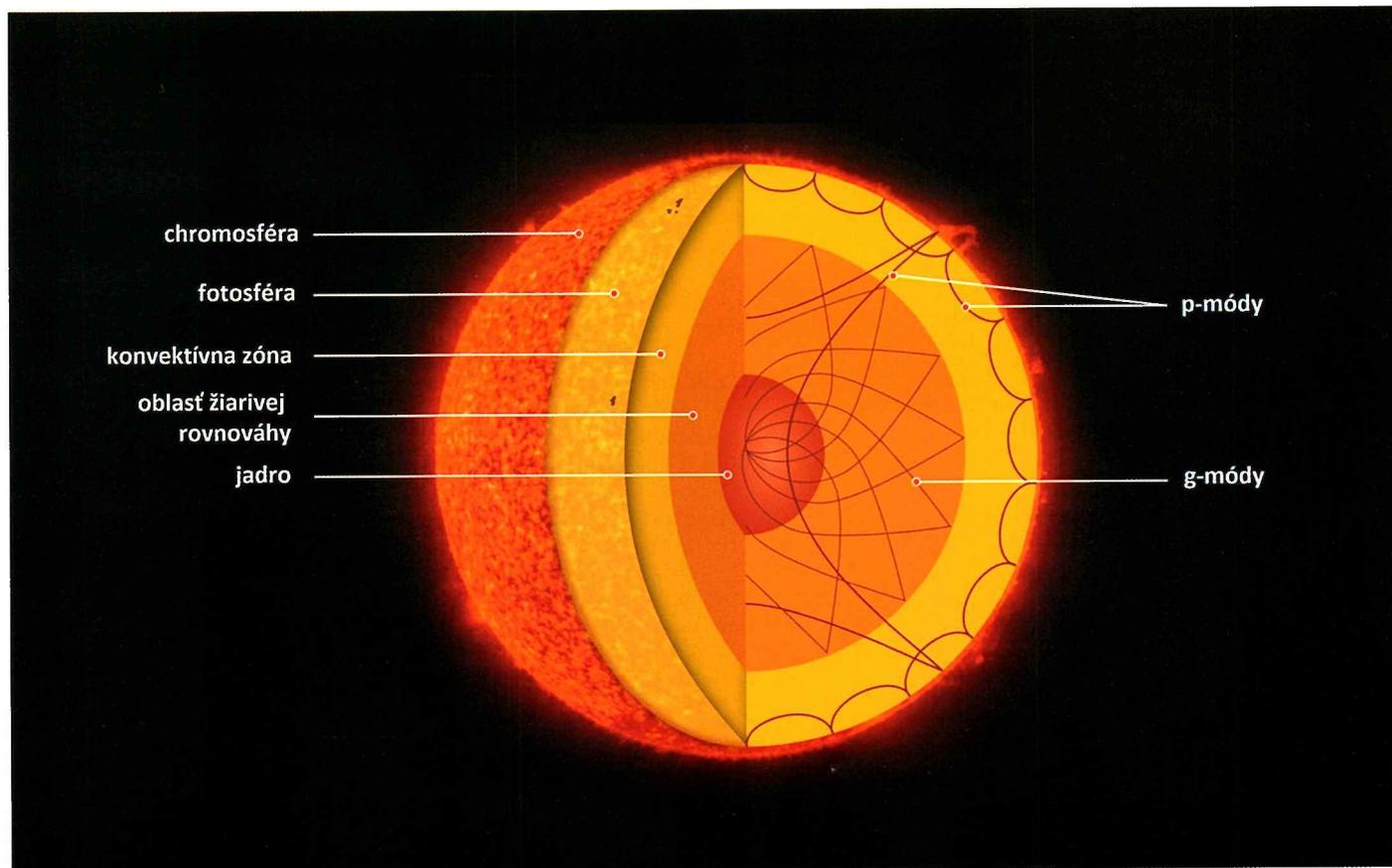
Pri pozorovaní Slnka vedeckými prístrojmi z povrchu Zeme alebo z umelých družíc vidíme len javy a štruktúry vyskytujúce sa v rôznych vrstvách atmosféry Slnka. Pod fotosférou nedokážeme nahliadnuť v žiadnej oblasti spektra elektromagnetického žiarenia, slnečné vnútro zostáva pre priame pozorovanie nedostupné.

A predsa doň vidíme...

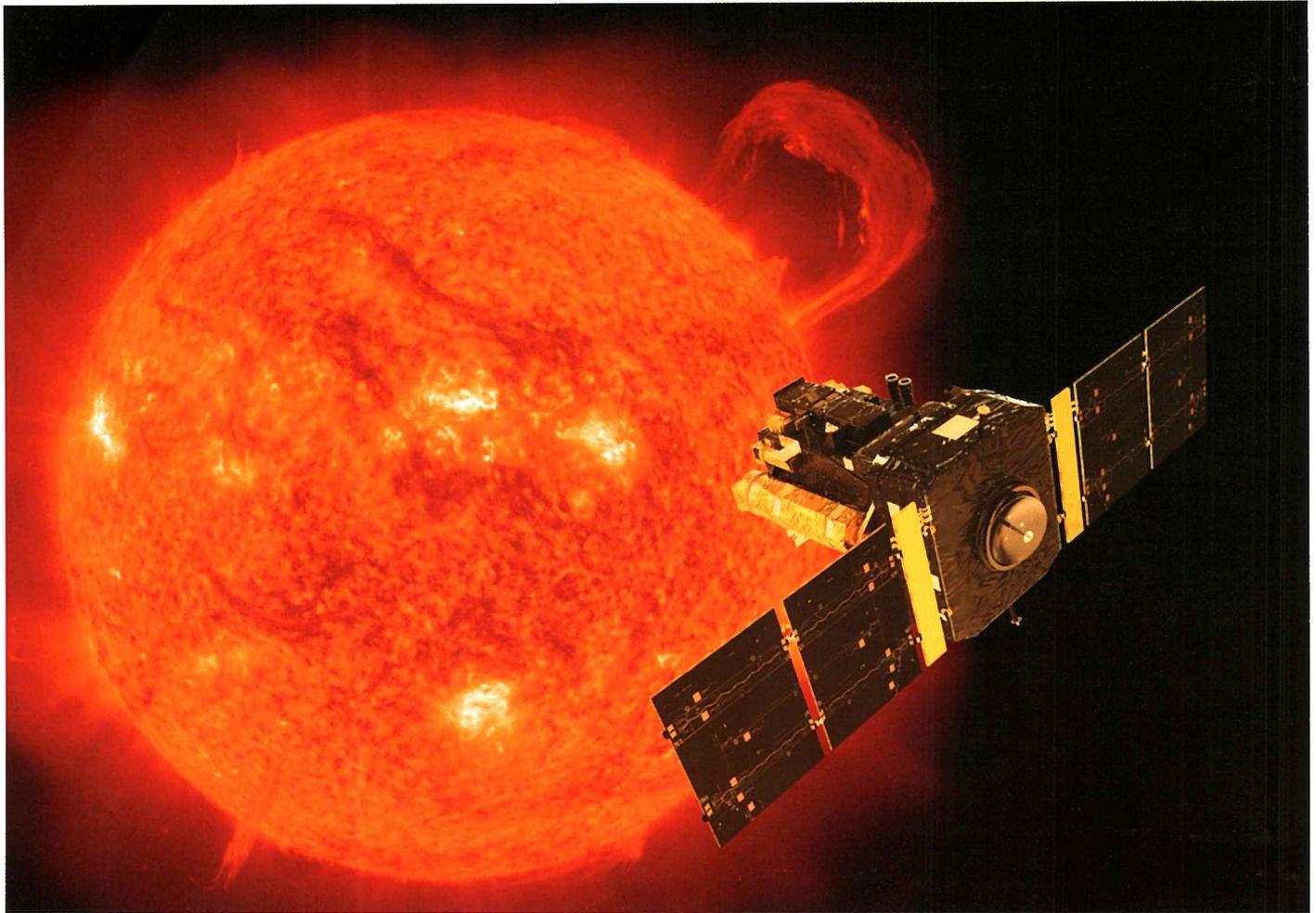
Dokážeme však skúmať vnútro Slnka aspoň nepriamo? Jednou z možností je detegovanie slnečných neutrín. Neutrína opúšťajú vnútro Slnka takmer okamžite po tom, čo vzniknú v jeho jadre pri protónovo-protónovom cykle či pri iných termonukleárnych reakciách. Vďaka takýmto pozorovaniam bolo možné v štandardnom modeli Slnka (ŠMS) upresniť výdatnosť slnečnej termonukleárnej fúzie, ako aj centrálny tlak, teplotu a hustotu. ŠMS možno testovať a upresňovať aj pomocou slnečných oscilácií.

Žiarenie, ktoré vzniká v jadre Slnka, sa prenáša v oblasti žiarivej rovnováhy najskôr žiarením, potom v konvektívnej zóne premiešavaním (vertikálnymi prúdmi) plynu a plazmy. Vlastnosti podpovrchových konvektívnych prúdov možno analyzovať pomocou *helioseizmológie*, ktorá skúma akustické a gravitačné vlny (tzv. rezonančné módy) putujúce vo vnútri Slnka. *Seizmológia* odhaľuje vnútornú štruktúru Zeme tak, že geofyzici skúmajú vlny generované zemetraseniami. Slneční fyzici zas používajú slnečnú seizmológiu (*helioseizmológiu*) na skúmanie slnečného vnútra štúdiom zvukových vln, ktoré sa ním šíria a odrážajú od povrchu. Rozdiel je azda iba v tom, že na Zemi nastáva zvyčajne jedna udalosť, ktorá je zodpovedná za generovanie seizmických vln v danom čase. V prípade Slnka však vytvára slnečné „seizmické“ vlny nie iba jeden zdroj, lebo celá konvektívna zóna neustále „duní“ turbulentnými pohybmi plazmy v obrovskej časti slnečného telesa. Prejavy zvukových a gravitačných vln vedci zaznamenali aj na povrchu niektorých blízkych hviezd. Vznikla tak *astroseizmológia*.

Vo vnútri Slnka prevažujú najmä akustické režimy (kmity), ovplyvňujú ich však aj ďalšie faktory: gravitácia, vnútorné rozvrstvenie Slnka, veľkoškálové pohyby a magnetické polia. Vnútri Slnka môžu teda prebiehať dva typy vlnových pohybov – akustické vlny a „gravitačné“ vlny, ktoré sa spoločne nazývajú globálne



Vnútro Slnka (ESA/NASA).



SOHO (ESA-ATG medialab/NASA).

rezonančné režimy (módy). Akustické vlny sa označujú ako p -vlny alebo p -módy (pressure – tlak). Sú to tlakové vlny a ich dynamika sa určuje na základe zmien rýchlosti zvuku vo

vnútri Slnka. Gravitačné vlny môžu byť f -vlny alebo f -módy (fundamental – základné), čo sú povrchové gravitačné vlny, či g -vlny alebo g -módy (gravity – gravitačné), čiže stojaté gravitačné vlny prenikajúce na povrch až z jadra Slnka. Frekvencie a iné pozorovateľné vlastnosti kmitov pritom možno použiť na vyvodenie záverov o fyzikálnych vlastnostiach slnečného vnútra. Gravitačné vlny detegované vo vnútri Slnka nie sú zhodné s gravitačnými poruchami časopriestoru v Einsteinovom poňímaní.

Na začiatku boli päťminútové oscilácie

Počiatky helioseizmológie siahajú do roku 1962. R. B. Leighton, R. W. Noyes a G. W. Simon vtedy objavili, že určité časti povrchu Slnka oscilujú s periódou približne päť minút. Merali dopplerovské posuny slnečných absorpčných spektrálnych čiar a preukázali koherentný oscilačný pohyb istej časti pozorovanej oblasti Slnka striedavo k pozorovateľovi a od neho s rýchlosťou niekoľko 100 m.s⁻¹.

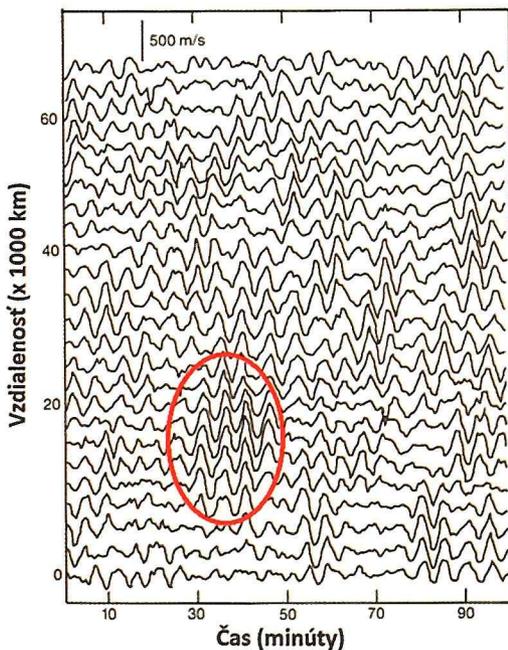
Ďalší vedci neskôr zistili aj oscilácie s periódami od 20 do 60 minút; spočiatku ich považovali za prejav lokálnych konvektívnych pohybov. Avšak v sedemdesiatych rokoch vedci na základe ďalších teoretických a pozorovacích prác pochopili, že oscilačné po-

hyby sú superpozíciou mnohých globálnych rezonančných akustických p -módov kmitania Slnka. Oscilácie vznikajú tak, že akustická vlna s istou frekvenciou sa zachytí v dočasnej dutine bez prítomnosti magnetického pola. Stojatá vlna sa potom niekoľkokrát odrazí od hranice dutiny a vzniká tak oscilácia p -módov.

V roku 1976 objavili 160-minútové globálne oscilácie. Táto perióda však bola v rozpore so ŠMS, z ktorého nevyplýval žiaden akustický mód s takouto periódou. Jedným z prvých prínosov helioseizmológie bolo koncom 70. rokov uplynulého storočia tiež zistenie, že konvektívna zóna siaha podstatne hlbšie ako to pripúšťali vtedajšie slnečné modely. Odtedy nastal v ďalších desaťročiach výskumu výrazný pokrok vďaka analýze slnečných globálnych módov oscilácií.

Keďže metódy helioseizmológie sa stali sofistikovanejšie, dokázali sme určiť niektoré charakteristiky konvektívneho toku a zistili sme, že je oveľa turbulentnejší, než sa pôvodne predpokladalo. Vzdialenosť dolnej hranice konvektívnej zóny od stredu Slnka sa helioseizmológickými meraniami upresňovala a od konca 90. rokov sa všeobecne prijíma hodnota 0,71 R_☉.

Detegované frekvencie oscilácií umožňovali skúmať vnútornú štruktúru Slnka spočiatku len s obmedzeným priestorovým rozlíšením. Pred dvomi desaťročiami boli tieto veľkoškálové štúdie o Slnku doplnené lokálnou helioseizmickou technikou (napr. tomografiou),



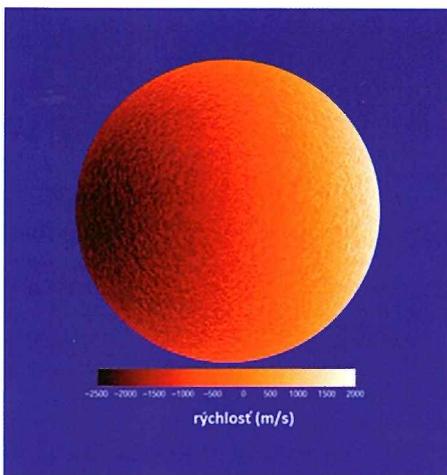
Päťminútové rýchlostné oscilácie vo fotosfére. Jednotlivé krivky reprezentujú priebeh rýchlosti s časom v bodoch vzdialených navzájom 2 500 km (Howard, Tanenbaum a Wilcox, 1968).

ktorá sa uplatnila pri štúdiu tokov tesne pod povrchom Slnka ako aj tokov a štruktúr pod slnečnými škvrnami. Vznikla tiež helioseizmická holografia na zviditeľnenie aktívnych oblastí odvrátenej strany Slnka.

Dlhodobé a neprerušované pozorovania

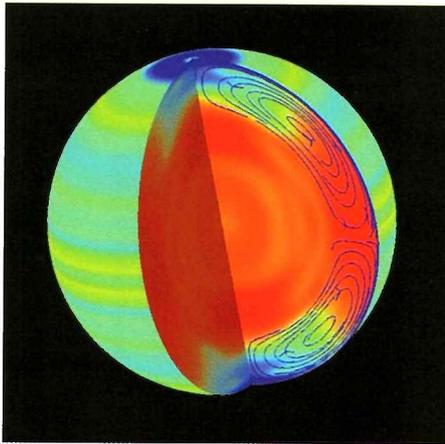
Pohyby vlny s najväčšou horizontálnou škálou sú detegovateľné pri pozorovaní Slnka ako hviezdy, pri ktorom sa zaznamenáva svetlo z celého viditeľného disku a analyzuje sa ako jeden časový rad. Pohyby na menších horizontálnych škálach vyžadujú merania s dostatočným priestorovým rozlíšením získané simultánnym pozorovaním rôznych častí disku Slnka. Pre veľmi presné meranie frekvencií kmitov sú žiaduce dlhé a neprerušované série pozorovania.

Pozorovania sa preto vykonávali v rámci pozemských sietí malých slnečných ďalekohľadov. Napríklad GONG (Global Oscillation Network Group) získava pozorovania s rozlíšením 1024×1024 pixelov, IRIS (International Research on the Interior of the Sun) meria dopplerovské rýchlosti bodov na povrchu Slnka, BiSON (Birmingham Solar Oscillation Network) vykonáva pozorovania Slnka ako hviezdy.



Dopplergram Slnka získaný prístrojom MDI na palube družice SOHO s rýchlosťami v rozsahu približne od -2 km/s (tmavé odtiene) do $+2$ km/s (svetlé odtiene). Dominantnou je rotácia Slnka (ľavá strana rotuje k nám a pravá smerom od nás). Malé plochy tmavších a svetlejších odtieňov vyznačujú oscilačné oblasti v rezonančnom režime (Stanford University/SOI/ESA/NASA).

Pohľad pod povrch Slnka z vesmíru umožnila družica SOHO, ktorú prevádzkuje Európska vesmírna agentúra (ESA) a americký Národný úrad pre letectvo a vesmír (NASA). SOHO má na palube tri helioseizmologické prístroje (v klesajúcom stupni rozlíšenia): MDI, VIRGO a GOLF. Michelson Doppler Imager (MDI) zaznamenáva každú minútu vertikálne pohyby v miliónoch rôznych bodov povrchu Slnka a získava sa tak tzv. dopplergram. Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations (VIRGO) meria slnečné intenzitné oscilácie a celkovú slnečnú žiarivosť, známu ako „slnečnú konštantu“, a taktiež kvantifikuje



Vedci objavili v roku 1997 pomocou prístroja SOHO/MDI obrovské „rieky“ plazmy v konvektívnej zóne (meridionálne prúdenie), smerujúce k pólom Slnka (Stanford University/SOI/ESA/NASA).

je jej premenlivosť počas trvania misie. Global Oscillations at Low Frequencies (GOLF) skúma vnútornú štruktúru Slnka meraním rýchlostných kmitov celého slnečného disku. Prístroje družice NASA Solar Dynamics Observatory (SDO) pozorujú Slnko od roku 2010. Na palube má prístroj Helioseismic and Magnetic Imager (HMI), ktorý získava obdobné dopplergramy ako SOHO/MDI. Má však štvornásobne priestorové rozlíšenie (4096×4096 pixelov), čo umožňuje vykonávať presnejšie helioseizmické merania.

Rotácia vnútorných vrstiev

Záujem o rotáciu hlbokých vrstiev slnečného vnútra vedci prejavovali aj pred érou systematických helioseizmických pozorovaní, vtedy sa však o rotácii vnútorných vrstiev Slnka vedelo len veľmi málo. Diagnostickým nástrojom rotácie vnútra Slnka sa v 60. rokoch ukázalo byť určenie sploštenia Slnka. Keďže Slnko nie je pevné teleso, gravitačné a rotačné efekty spôsobujú nepatrné sploštenie. Vtedy uvádzaná hodnota bola 5×10^{-5} (v súčasnosti 9×10^{-6}).

Takéto hodnoty sploštenia by si vyžadovali v modeloch rýchlo rotujúce jadro Slnka. Na základe rýchlej rotácie by sa dalo vysvetliť aj relativistické stáčanie perihélia vnútorných planét, ktoré predpovedala Einsteinova všeobecná teória relativity. Iné modely však predpokladali, že rotácia vnútorných vrstiev Slnka sa spomalila relatívne krátko po jeho vzniku na rovnakú úroveň v celom telese.

Ďalší vtedajší model Slnka napríklad predpokladal, že diferenciálny profil rotácie povrchu prebieha obdobne aj vo vnútri Slnka tak, že slnečné teleso by sme mohli rozdeliť rovnočne s rovníkom na rotujúce valce s klesajúcim momentom hybnosti smerom od rovníka k pólom. Vďaka helioseizmológii teraz vieme, že tomu tak nie je. Na povrchu sa Slnko otáča pomaly pri pólach a rýchlo na rovníku. Tento diferenciálny profil platí aj do vnútra (približne radiálnym smerom) až po dolnú hranicu konvektívnej zóny ($0,71 R_{\odot}$ od stredu Slnka), po tzv. tachoklínu. Tachoklína je veľmi tenká vrstva, kde sa rotácia náhle mení z diferenciálnej na rotáciu pevného telesa v oblasti

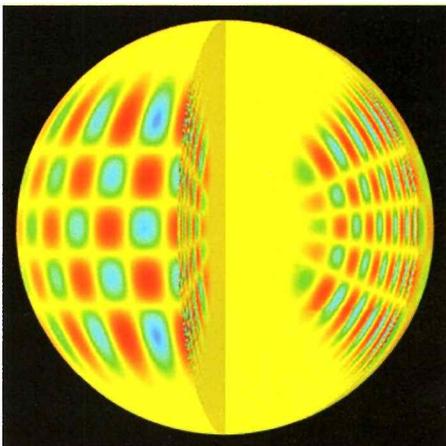
žiarivej rovnováhy. Hrúbka tejto vrstvy je len $0,04 R_{\odot}$ (približne $28\,000$ km). Tachoklína zohráva významnú úlohu v modeloch slnečného dynama, teda pri generovaní magnetického poľa.

Úspešné hľadanie g-módov

V posledných 40 rokoch bola helioseizmológia nesmierne úspešná pri štúdiu slnečného vnútra. Jedinou slabinou bol nedostatok presvedčivej detekcie slnečných g-módov, čo sú kmity poháňané gravitáciou, skryté v najhlbších častiach Slnka – v jadre, kde prebiehajú termonukleárne reakcie. Očakáva sa, že detekcia g-módov výrazne zlepši našu schopnosť modelovať toto jadro, ktorého rotačné charakteristiky zostávali doteraz neznáme. Vlny s vyššími frekvenciami, známe ako tlakové vlny (alebo p-vlny) sa ľahko detegujú ako povrchové oscilácie vďaka zvukovým vlnám, ktoré sa predierajú vrchnými vrstvami Slnka. Prechádzajú veľmi rýchlo cez hlbšie vrstvy a preto nie sú citlivé na rotáciu jadra. Naopak, vlny s nižšou frekvenciou (g-vlny), predstavujúce oscilácie hlbokých vrstiev vnútra Slnka, nemajú výraznú odozvu na povrchu a predstavujú teda obrovskú výzvu na priamu detekciu. Na rozdiel od p-vln, pre ktoré je udržiacou silou tlak, pôsobí vztlak (gravitácia) ako udržiacia sila gravitačných vln.

Vedci využívajúci slnečné observatórium SOHO našli dlho hľadané gravitačné módy seizmických vibrácií, ktoré naznačujú, že jadro Slnka sa otáča štyrikrát rýchlejšie ako jeho povrch. „Tieto nepolapiteľné g-vlny v našom Slnku sme hľadali vyše 40 rokov. Hoci predchádzajúce pokusy naznačili detekcie, žiadna sa presvedčivo nepotvrdila. Nakoniec sme zistili, ako jednoznačne získať ich odozvu,“ hovorí Eric Fosfat, vedúci autor článku „Asymptotic g modes: Evidence for a rapid rotation of the solar core“ popisujúceho výsledok výskumu zverejneného v *Astronomy and Astrophysics*.

Fosfatov tím použil údaje zozbierané prístrojom SOHO GOLF počas 16,5 roka. Hľa-



Počítačový obrázok znázorňujúci vzorku p-módu slnečnej akustickej oscilácie vo vnútri aj na povrchu Slnka. Slnko je vlastne obrovský harmonický rezonátor. Čím bližšie sú akustické vlny k jadrú Slnka, tým vyššia je rýchlosť zvuku, čomu zodpovedá zvýšenie ich vlnovej dĺžky (Stanford University/SOI).

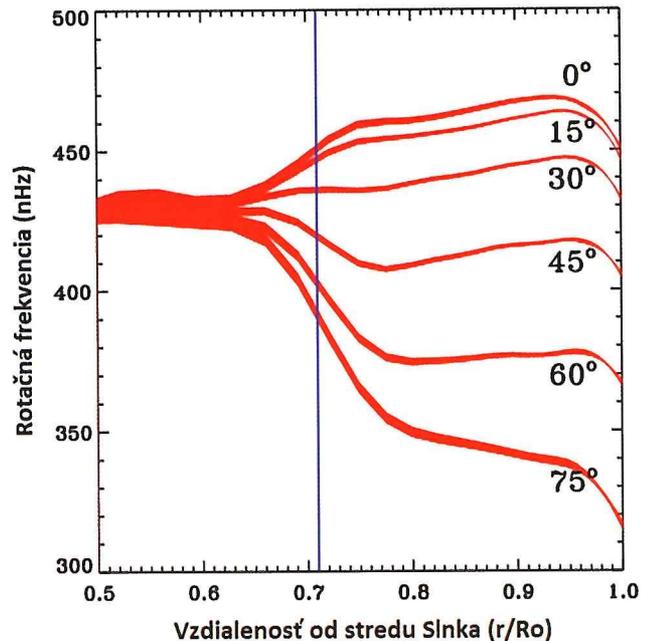
danie g-módov v meraniach tohto prístroja bolo extrémne ťažké pre slnečný a prístrojový šum. V údajoch hľadali možnú kolektívnu frekvenčnú moduláciu, ktorá vzniká hlboko vnútri Slnka. Pomocou rôznych analytických a štatistických techník nakoniec odhalili pravidelný otláčok g-módov na p-módoch. Skúmali najmä parameter p-módu, ktorý meria, ako dlho trvá akustickej vlne prejsť cez vnútro Slnka (vrátane jeho jadra) a opäť na jeho povrch. Zistili pritom, že vlne s dostatočne vysokou frekvenciou to trvá 4 hodiny 7 minút. V tomto parametri p-módu detegovali sériu modulácií, čo bolo interpretované ako modulácie spôsobené g-vlnami, ktoré vznikajú v jadre Slnka. Preto sú g-módy kľúčom k lepšiemu pochopeniu štruktúry a dynamiky slnečného jadra. Ich detekcia s presnými parametrami určite otvára novú éru výskumu v tejto oblasti.

Prevratné poznatky o jadre

Doteraz publikované práce uvádzali na základe detegovania p-módov pre rotačnú frekvenciu oblasti žiarivej rovnováhy hodnotu 433 nHz, čomu zodpovedá perióda rotácie takmer 27 dní. Fossat a kol. potvrdili novou metódou (pomocou detekcie modulácie p-módov gravitačnými osciláciami) rotačnú frekvenciu oblasti žiarivej rovnováhy a získali prvýkrát pre rotačnú frekvenciu jadra Slnka hodno-

tu 1644 nHz (~ 7 dní!). Odozva g-vln „vrytých“ do p-vln teda naznačuje, že jadro Slnka rotuje raz za týždeň, teda takmer štyrikrát rýchlejšie ako rotácia v oblasti žiarivej rovnováhy. Približne v takom istom pomere rotuje rýchlejšie aj voči konvekčívnej zóne i pozorovaným povrchovým vrstvám vo fotosfére, ktorých rotácia sa mení od 25 dní na rovníku až do 35 dní pri pólach.

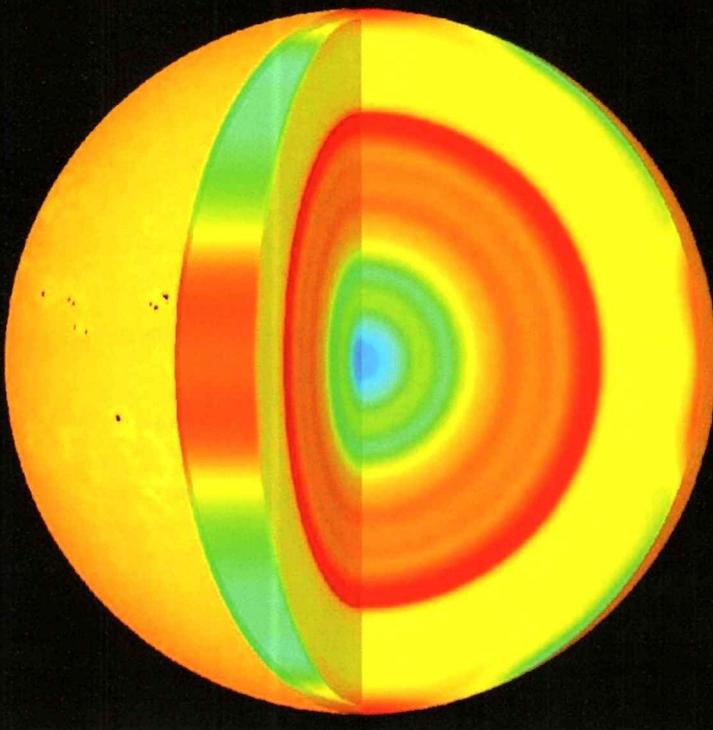
Jadro si teda zrejme zachovalo rýchlosť rotácie z obdobia mladého Slnka „krátke“ po jeho vzniku. Rotácia vyšších vrstiev vnútra a atmosféry sa však odvtedy spomalila kvôli otáčavému momentu slnečného vetra, ktorý pôsobí proti rotácii Slnka. Rýchla rotácia jadra má rôzne dôsledky, napríklad: existuje nejaký dôkaz o prechodovej zóne medzi rôzne rýchlo rotujúcimi



Priebeh rotácie vnútra Slnka so vzdialenosťou od jeho stredu, ktorý ukazuje diferenciálnu rotáciu vo vonkajšej konvekčívnej zóne (pre vybrané heliografické šírky) a takmer rovnomernú rotáciu v oblasti žiarivej rovnováhy. Prechodná vrstva medzi týmito oblasťami sa nazýva tachoklína (modrá čiara). Pomocou p-módov nemožno presne určiť rotáciu najhlbších vrstiev vnútra, na to bolo treba najskôr spoľahlivo detegovať g-módy, čo sa podarilo Fossatovi a kol. (NSO/NSF).

Modrá: chladnejšie vrstvy v porovnaní s modelmi

Červená: horúcejšie vrstvy v porovnaní s modelmi



Koncentrické vrstvy v prierezovom obrázku ukazujú zmeny rýchlosti zvuku v hlbokom vnútri Slnka na základe meraní prístrojov MDI a VIRGO (SOHO). V modrých vrstvách je rýchlosť zvuku nižšia, ako sa očakávalo podľa modelov Slnka, a teplota je tiež nižšia. Najdôležitejšie je jadro Slnka, kde môže byť teplota o 0,1 percenta nižšia než 15 miliónov °C. Znamená to, že termonukleárne reakcie v jadre môžu byť v súčasnosti menej výdatné. V červených vrstvách sa zvuk šíri rýchlejšie ako predpovedali teórie, čo naznačuje, že teplota je vyššia, ako sa očakávalo. Výrazne horúca je prechodová vrstva medzi oblasťou žiarivej rovnováhy a konvekčívnu zónou (Stanford University/SOI/ESA/NASA).

vrstvami? Čo nám periódy g-vln naznačujú o chemickom zložení jadra? Aké dôsledky to má na hviezdny vývoj a termonukleárne procesy v jadre?

„Hoci výsledok vyvoláva veľa nových otázok, hlavným cieľom prístroja GOLF bolo jednoznačne zistiť gravitačné vlny v slnečnom jadre. Je to určite najpozoruhodnejší výsledok SOHO v poslednom desaťročí a jeden z najvýznamnejších objavov SOHO za celé obdobie misie,“ hovorí Bernhard Fleck, vedecký pracovník ESA pre projekt SOHO.

„G-módy boli zaznamenané aj vnútri iných hviezd. Teraz sme vďaka SOHO konečne našli presvedčivý dôkaz o ich existencii aj v našej vlastnej hviezde,“ dodáva Fossat. „Naozaj je zvláštne ‚vidieť‘ do jadra Slnka na získanie prvého nepriameho merania rýchlosti jeho otáčania. Aj keď desaťročné hľadanie je ukončené, otvára sa týmto významným objavom nové okno slnečnej fyziky.“

Solar Orbiter, nadchádzajúca slnečná misia ESA, sa bude tiež „pozerať“ do slnečného vnútra. Hlavným cieľom misie však je poskytnúť detailné poznatky o polárnych oblastiach Slnka a slnečnej aktivite.

Ďalšia budúca misia ESA na lov exoplanét, PLATO, bude skúmať seizmickú aktivitu hviezd v exoplanetárnych systémoch, ktoré objaví, a doplní tak naše vedomosti o procesoch vo hviezdach podobajúcich sa Slnku.

RNDr. Ivan Dorotovič, CSc.,
SÚH Hurbanovo

Spracované podľa ESA Space Science News a časopisu Astronomy and Astrophysics, 604, A40 (2017).

Obrázky použité v článku sú prevzaté z materiálov ESA, NASA, Stanford University (USA) a časopisu Solar Physics.

Chvost blúdiacej čiernej diery

Čierne diery sa priamo pozorovať nedajú. Najmä preto, že sú čierne. Niektoré čierne diery však vyvolávajú efekty, ktoré pozorovať môžeme. Napríklad ak je čierna diera zložkou dvojhviezdy, nasáva z druhej zložky (hviezdy) hmotu, ktorá sa okolo diery formuje do disku. Gravitácia čiernej diery pohyb disku urýchľuje, čím sa disk postupne zahrieva a čoraz intenzívnejšie žiari. Osamelá čierna diera blúdiaca časopriestorom pozorovateľné emisie negeneruje.

Japonskí astronómovia pozorovali molekulárne oblaky okolo zvyšku po supernove W44 vo vzdialenosti 10 000 svetelných rokov. Ich hlavným cieľom bolo zmerať, koľko energie sa prenieslo zo supernovy do molekulového plynu v okolí. Čo sa však nestalo: na okraji W44 objavili príznaky ukrývajúcej sa čiernej diery. Počas prehliadky objavili kompaktný molekulový oblak s čudným pohybom. Tento oblak (nazvali ho Bullet/Gulka z pušky) sa pohybuje rýchlosťou viac ako 100 km/s, teda podstatne rýchlejšie ako zvuk. Navyše: oblak, dlhý viac ako 2 svetelné roky, sa pohybuje proti smeru rotácie Mliečnej cesty.

Záhadu oblaku Bullet skúmali optickým ďalekohľadom ASTE v Čile a 45 m rádioteleskopom v Nobeyama Radio Observatory v Japonsku. Z údajov vyplynulo, že Bullet sa vynoril z okraja zvyšku po supernove (W44) s obrovskou kinetickou energiou. Časti oblaku sa pohybujú rýchlosťou 50 km/s, ale jeho čelo až 120 km/s! Kinetická energia Bulletu je o niekoľko desiatkrát vyššia ako rýchlosť materiálu, vyvrhnutého supernovou. Existencia takého energetického oblaku je úplnou záhadou.

Vedci zvážili dve možnosti: v oboch prípadoch zohráva významnú úlohu tmavý, kompaktný zdroj gravitácie, najskôr čierna diera.



Plyn strhávaný gravitáciou čiernej diery sa formuje do úzkeho prúdu, do chvosta.

V prvom scenári sa zvažuje „model explózie“, v ktorom sa rozpínajúca obálka plynu (po výbuchu supernovy) pohybuje popri sta-

tickej čiernej diere. Čierna diera plyn sťahuje k sebe a ten, v bezprostrednej blízkosti nad povrchom, exploduje. Výbuch urýchli pohyb plynu smerom k nám. V takomto prípade by mala mať čierna diera 3,5-krát vyššiu hmotnosť ako Slnko.

Druhý scenár stojí na modeli irrupcie/nájazdu/vtrhnutia, podľa ktorého sa čierna diera vysokou rýchlosťou prediera hustým plynom. Gravitácia čiernej diery plyn strháva, takže sa okolo diery i za ňou vytvárajú prúdy plynu, postupne sa zaplietajúce do chvosta, či vrkoča. V takomto prípade by čierna diera mala mať hmotnosť 36 Slnk. Vedci predbežne nedokážu rozhodnúť, ktorý scenár platí.

Teoretické štúdie pripúšťajú, že v Mliečnej ceste sa nachádza 100 miliónov až 1 miliarda čiernych dier. Vedci zatiaľ potvrdili zhruba šesťdesiat. Japonci sú presvedčení, že prišli na nový spôsob objavovania čiernych dier. Definitívny dôkaz o existencii čiernej diery v oblaku Bullet prinesú až pozorovania pomocou rádiového interferometra. Najskôr to bude ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array).

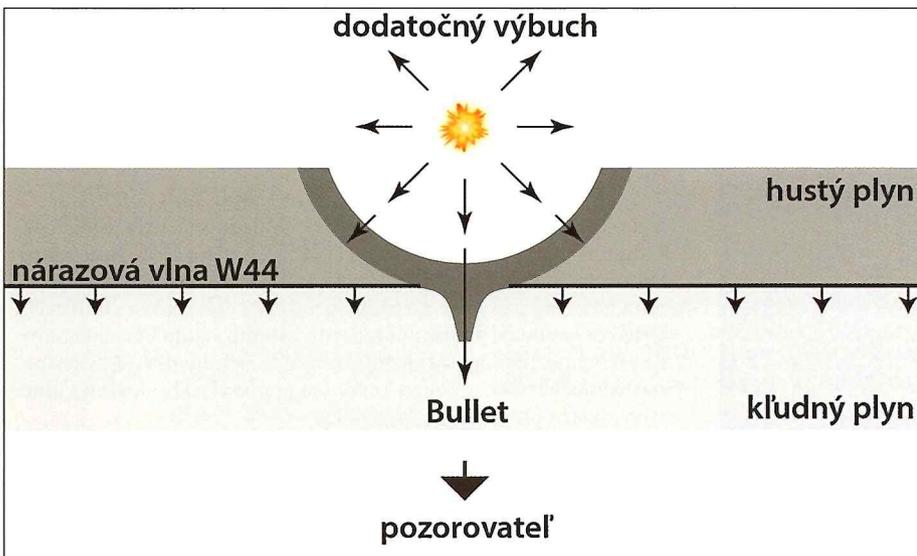


Diagram znázorňuje čelo nárazovej vlny, vyvolanej rozpínaním zvyšku po výbuchu supernovy W44. Nárazová vlna sa vnára do kludného plynu a zahusťuje ho. Bullet uprostred diagramu má oveľa vyššiu rýchlosť ako plyn v okolí.

Keio University Press Release
E. G.

Vysvetlili záhadu rýchlych bursterov

Vedci pozorovali „Rapid Burster“, čudnú neutrónovú hviezdu v dvojhviezdnom systéme. Zistili, že magnetické pole tejto hviezdy vytvára okolo nej medzeru, ktorá takmer úplne zabráňuje nabaľovaniu hmoty z druhej zložky dvojhviezdy. Nasávaný plyn sa okolo neutrónovej hviezdy za istých podmienok nahromadí a zahreje ju, čo sa prejaví intenzívnymi vzplanutiami röntgenového žiarenia.

Dvojhviezdu objavili v roku 1970. Spoločné ťažisko dvojhviezdy obieha veľmi hmotná hviezda a neutrónová hviezda (zvyšok po bývalej veľmi hmotnej hviezde.) V takejto zostave gravitácia menšej, hustejšej hviezdy odsáva z obálky väčšej hviezdy časť plynu. Strhávaný plyn sa formuje do akréčného disku a špiráluje k povrchu neutrónovej hviezdy.

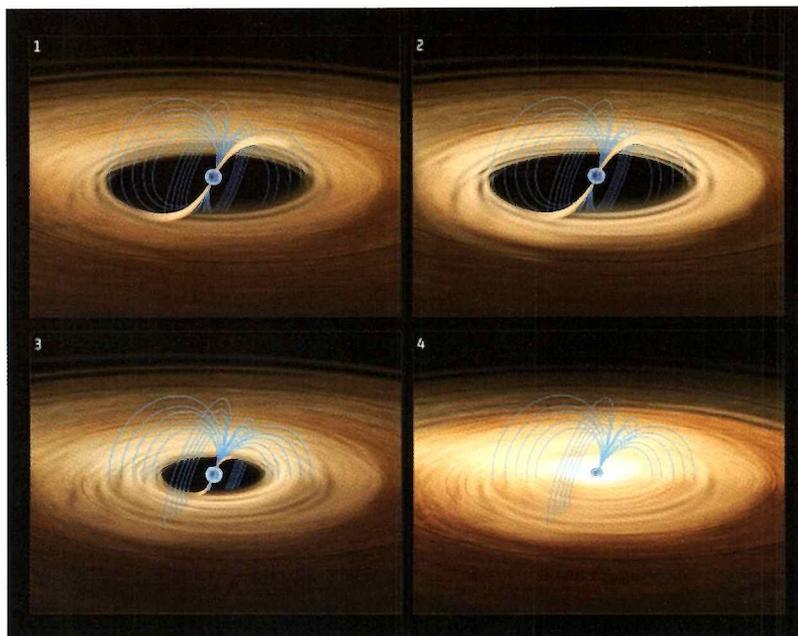
Väčšina dvojhviezd s neutrónovou hviezdou počas akrecie intenzívne žiari v röntgenovej oblasti. Tieto dvojhviezdy sa zároveň prejavujú aj dodatočnými vzplanutiami röntgenového žiarenia s periódou niekoľkých hodín až dní. Vedci predpokladajú, že takéto „vzplanutia typu I“ generujú jadrové reakcie, ktoré sa zapalujú v nabaľovanom plyne, najmä vo vodíku, keď sa hromadí na povrchu neutrónovej hviezdy.

Rapid Burster je premenný zdroj: keď je najjasnejší, vzplanutia typu I nevyžaruje. Počas období, keď vyžaruje iba slabé röntgenové emisie, prejavuje sa vzplanutiami typu II, ktoré sa objavujú náhle, búrlivo a intenzívne žiaria v röntgenovej oblasti.

Na rozdiel od vzplanutí typu I, kedy sa uvoľňuje iba o málo viac energie ako z neutrónovej hviezdy nabaľujúcej hmotu, počas vzplanutia typu II sa uvoľňuje obrovské množstvo energie. A to počas dlhých období, porovnateľných s obdobiami slabého žiarenia.

Rýchle burstery študujú vedci už bežne 50 rokov. Okrem zdroja Rapid Burster však objavili iba jediný ďalší zdroj vzplanutí typu II: v roku 1990 to bol Bursting Pulsar (vybuchujúci pulzar), ktorý tvoria málo hmotná hviezda a vysoko magnetizovaná, rýchlo rotujúca neutrónová hviezda. Teda pulzar, ktorý generuje iba vzplanutia typu II.

Vedci donedávna nechápali, aký fyzikálny mechanizmus takéto sprá-



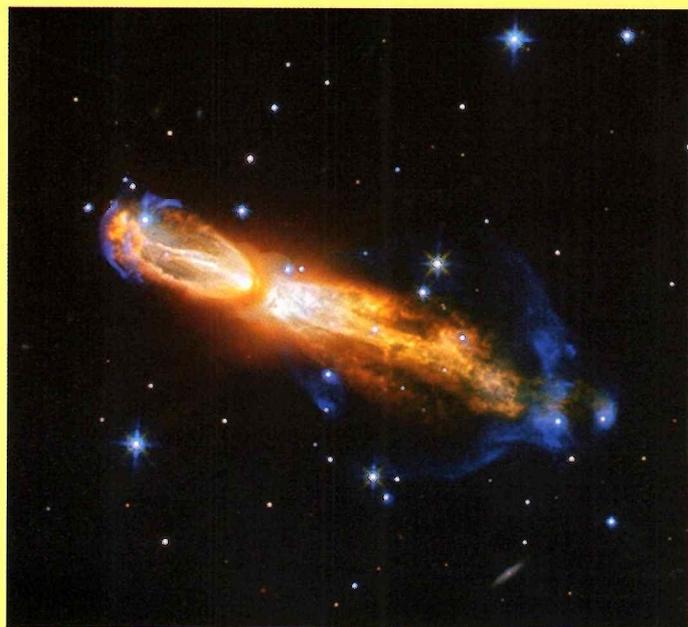
Ilustrácia správania neutrónovej hviezdy v sústave dvojhviezdy Rapid Burster.

vanie umožňuje. Podľa najnovších štúdií je Rapid Burster doslova archetypom pre všetkých, ktorí sa zameriavajú na vzplanutia typu II. V tejto dvojhviezde tento úkaz objavili prvý raz a navyše ide zatiaľ o jediný zdroj, ktorý sa prejavuje tak vzplanutiami typu I ako aj vzplanutiami typu II.

Búrlivé vzplanutia možno spôsobujú náhle zmeny konfigurácie magnetického poľa, ktoré významne brzdí prísun hmoty na neutrónovú hviezdu. Počas zmeny konfigurácie sa hmota nahromadená okolo „magnetickej medzery“ podľa všetkého náhle zrúti na povrch hviezdy. Túto hypotézu však ešte treba overiť.

ESA Press Release

E. G.



Snímka znázorňuje agóniu hviezdy podobnej Slnku. Hviezda – progenitor sa v tomto štádiu veľmi rýchle mení z červeného obra na planetárnu hmlovinu. Počas tohto štádia sa postupne „rozvíja“ vyvrhujúc do okolia prach a plyn.

Jagavá smrť hviezdy v hmlovine Skazené vajce

Hmlovina Rotten Egg (Skazené vajce), podľa tvaru nazývaná taktiež Calabash (Tekvica), s technickým označením OH 231,8+04,2, je spektakulárnym príkladom smrti hviezdy podobnej Slnku.

Snímka z Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu znázorňuje hviezdu v stave rýchlej premeny z červeného obra na planetárnu hmlovinu. Protismerne vyvrhovaný materiál sa šíri neuvěřiteľne rýchlo: plyn (žltá farba) sa pohybuje rýchlosťou milión kilometrov za hodinu. Zriedka sa podarí pristihnúť hviezdu v tomto štádiu vývoja, pretože prebehne, pravdaže v kozmickom čase, v mihu oka. V priebehu nasledujúcich tisíc rokov sa hmlovina premení na hmlovinu s plne rozvinutým okvetím.

Túto hmlovinu nazývajú Rotten Egg, pretože obsahuje veľa síry, ktorá v kombinácii s inými prvkami páchne ako skazené vajce (aj astronómovia majú zmysel pre humor). Našťastie hmlovina je od nás vzdialená 5 000 svetelných rokov.

HST Press Release

E. G.

ROSETTA – výroba kyslíka v priamom prenose



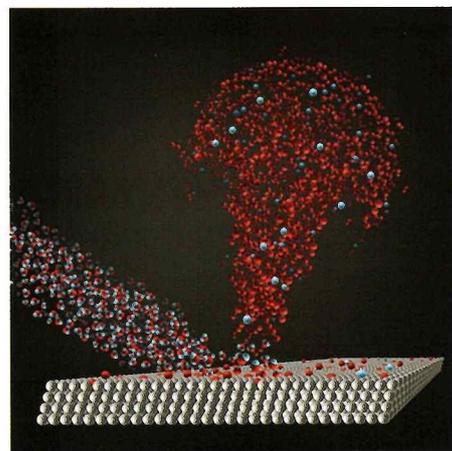
Po viac ako roku sa opäť vraciame k mimoriadne úspešnej kozmickej sonde Rosetta, ktorá podrobne preskúmala periodickú kométu 67P/Čurjumov-Gerasimenko. Predchádzajúci článok o Rosette vyšiel v Kozmose 6/2016.

Sonda zakončila výskum kométy dopadom na kometárne jadro v septembri 2016, množstvo publikovaných výsledkov však stále neklesá. Časopis *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* venoval výsledkom skúmania kométy 67P celé číslo, k prezentácii získaných výsledkov sa uskutočnilo niekoľko medzinárodných konferencií. V septembri 2018 sa uskutočnil medzinárodný workshop na tému „Fyzika komét po misii Rosetta: nevyriešené problémy“ v Starej Lesnej na Slovensku.

Z množstva doteraz publikovaných výsledkov prinášame niekoľko najzaujímavejších.

Vznik molekulárneho kyslíka nárazmi molekúl vody na povrch jadra?

V roku 2015 vedci oznámili detekciu molekulárneho kyslíka v kométe 67P/Čurjumov-Gerasimenko. Bolo to jedno z najväčších prekvapení misie – objav, ktorý by mohol zmeniť náš pohľad na vznik Slnčnej sústavy. Kým molekulárny kyslík je bežný na Zemi, mimo



Vznik molekulárneho kyslíka nárazmi molekúl vody na povrch kometárneho jadra.

Slnčnej sústavy bol zaznamenaný len dvakrát a nikdy predtým na kométe.

Najskôr sa prítomnosť kyslíka v kome kométy vysvetlovala tak, že pôvodne bol uzavretý v inklúziách vo vnútri kométy od vzniku našej Slnčnej sústavy približne pred 4,6 až 4,7 miliardami rokov. Keď sa kométa priblížila do perihélia, ľady, ktoré kyslík obsahovali, sublimovali a kyslík sa mal uvoľniť do komy. Ukázalo sa však, že k tomuto vysvetleniu existuje alternatíva. Roky máme zaužívané, že najprv získa poznatky základný výskum

a až potom ich použije aplikovaný výskum. Udialo sa však nevidané. Chemický inžinier K. P. Giapis z California Institute of Technology, ktorý zvyčajne pracuje na vývoji mikroprocesorov (typický aplikovaný výskum) dal impulz základnému výskumu. Všimol si totiž, že chemické reakcie vyskytujúce sa na kométe 67P sa veľmi podobali na jeho experimenty s vysokorychlostnými nabitými atómami alebo iónmi, ktoré sa zrazia s povrchmi polovodičov.

V prestížnom časopise *Nature Communications* navrhol Giapis s kolegom hypotézu, že molekulárny kyslík v kométe 67P nepochádza z dávnych čias, ale vzniká práve teraz interakciami v kometárnej kome medzi molekulami vody unikajúcimi z kométy a časticami prichádzajúcimi zo Slnka.

Mechanizmus vzniku je nasledovný: molekuly vodných pár unikajú z kométy, pretože ich ohrieva Slnko. Molekuly vody ionizované ultrafialovým slnečným žiarením slnečný vietor „odfúkne“ späť ku kométe. Keď molekuly vody narazia na povrch kométy, ktorý obsahuje kyslík viazaný v materiáloch ako hrdza alebo piesok, vyrazia ďalšiu molekulu kyslíka z povrchu a O_2 sa môže vytvoriť.

Tento proces je založený na zriedkavo uvažovanej triede chemických reakcií Eley-Rideal.

Tie sa vyskytujú vtedy, keď rýchlo pohybujúce molekuly, v tomto prípade voda, sa zrazia s povrchmi, extrahujú tam umiestnené atómy a vytvárajú nové molekuly. Tento abiotický mechanizmus výroby kyslíka sa môže vyskytovať v širokom spektre situácií aj na iných telesách.

Pochopenie pôvodu molekulárneho kyslíka vo vesmíre je dôležité pre objasnenie vývoja vesmíru samotného, ale aj pôvodu života na Zemi.

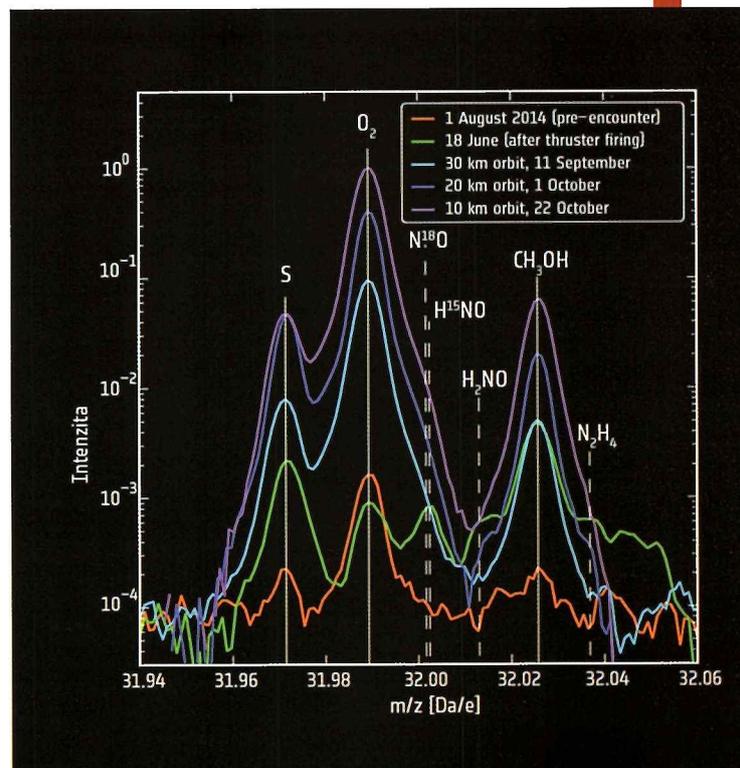
Objav vzácnych plynov

Ukazuje sa, že život na Zemi by nebol možný bez príspevku komét, ktoré mohli dodať ranej Zemi veľa životne dôležitých látok. Nová štúdia naznačuje, že asi 20 percent vzácneho plynu xenónu vyskytujúceho sa v atmosfére Zeme dodali kométy. B. Marty z University of Lorraine s 29 spolupracovníkmi publikovali v *Science* štúdiu merania sondy Rosetta. Konkrétne analy-

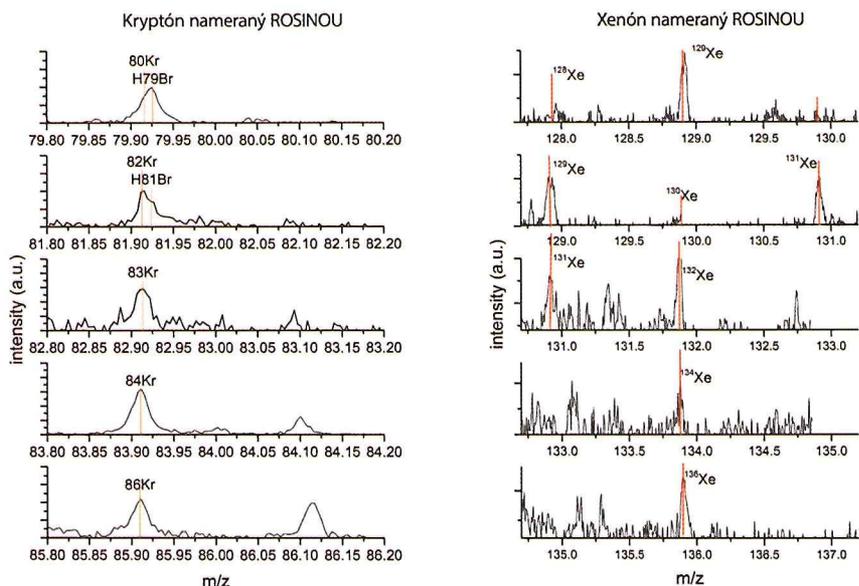
zovali merania izotopov xenónu a kryptónu, ktoré Rosetta zhromaždila počas série nízkych preletov nad jadrom kométy 67P medzi 14. a 31. májom 2016. Analýza ukázala, že 67P má nedostatok ťažkého xenónu. Ovela zaujímavejšie však bolo, že zastúpenie jednotlivých izotopov xenónu v kométe bolo takmer identické s tým, čo pozorujeme na Zemi. Pričom pôvod zastúpenia izotopov xenónu na Zemi bol nevyriešenou záhadou.

Ale nejde len o xenón. Počas nízkych preletov nad jadrom 67P (5 – 10 km) Rosetta tiež zistila prítomnosť ďalšieho vzácneho plynu, kryptónu. Detekcia týchto plynov nie je jednoduchá, lebo po úniku zvnútra jadra sublimujú a veľmi rýchlo uniknú do okolitého priestoru. Ich detekciu umožnili prelety na nízkych dráhach, keďže v blízkosti jadra majú unikajúce plyny väčšiu koncentráciu.

Z prirodzene sa vyskytujúcich vzácnych plynov na Zemi (hélium, neón, argón, kryptón, xenón a radón) Rosetta zaznamenala v októbri 2014 na kométe aj argón. Zastúpenie rôznych izotopov týchto plynov pomáha vedcom lepšie pochopiť fyzikálne a chemické vlastnosti prostredia, v ktorom kométy vznikali. Vzácne plyny zriedkavo chemicky reagujú s inými prvkami, lebo väčšinou zostávajú v stabilnom atómovom stave, preto dobre reprezentujú



Merania s vysokým rozlíšením umožňujú rozlíšiť molekulárny kyslík (O_2) od iných látok ako je síra (S) alebo metanol (CH_3OH). Možná kontaminácia zo spalín pri manévroch sondy bola vyhodnotená ako zanedbateľná.



5 izotopov kryptónu a 7 izotopov xenónu nameraných Rosettou v máji 2016.

prostredie okolo mladého Slnka, v ktorom sa rodili planéty, kométy a asteroidy. Hojnosť a izotopové zloženie vzácnych plynov je možné porovnať aj s hodnotami známymi pre Zem a Mars, ako aj pre slnečný vietor a meteority. Relatívny výskyt vzácnych plynov v atmosférach planét typu Zeme je do značnej miery kontrolovaný počiatčným vývojom planét, vrátane odplyňovania prostredníctvom geologických procesov, straty atmosféry

a/alebo dopadmi asteroidov a komét. Ich štúdiom môžeme tiež zistiť, či kométy tohto typu zohrali významnú úlohu pri vytváraní zásob ušľachtilých plynov terestrických planét. Tieto zistenia po prvýkrát vytvorili genetickú väzbu medzi kométami a atmosférou Zeme. Novo analyzované údaje Rosetty tiež naznačujú, že xenón z kométy 67P pochádza z obdobia pred sformovaním Slnčnej sústavy, teda kométa obsahuje vzorky medzihviezdnej

hmoty. To je veľmi významný výsledok zasahujúci do celého scenára vzniku kometárnych jadier. Hovorí tiež o tom, že v kométach je zakonzervovaná časť látky z medzihviezdného prostredia. Z toho taktiež vyplýva, že dovezenie vzorky kometárneho materiálu na Zem by malo byť najvyššou prioritou, pretože to umožní analyzovať exotický materiál s nebyvalou presnosťou. Možno vďaka tomu zistíme aj odpovede na otázky: ako dlho môže prežiť medzihviezdny materiál, ktorým hviezdy prispeli k tvarovaniu kolísky Slnčnej sústavy? Aký je pôvod veľkých izotopových variácií niektorých prvkov (napr. N, H, O)? Aká bola úloha ožarovania materiálu Slnčnej sústavy v raných štádiách jej vývoja?

Prachové lavíny ako zdroje náhlych zjasnení komét

Na základe detailných pozorovaní povrchu kométy 67P vedci odvodili priemernú hustotu celého jadra (tzv. bulk density) na $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, alebo polovicu hustoty zmrazenej vody. Ak sa predpokladá, že pomer prachu a ľadu meraný v kóme (medzi 6 : 1 a 2 : 1) je reprezentatívny pre celú kométu, priemerná pórovitosť je až 70 percent alebo viac. Potvrdilo to platnú teóriu, že kometárne jadro sa z veľkej časti skladá z dutín.

Podľa najnovších zistení na základe pozorovaní získaných sondou Rosetta výbuchy kométy pravdepodobne spôsobuje skôr zosuv pôdy ako erupcie, vznikajúce tlakom zvnútra ľadových telies. Napríklad pozorovania sondy ukazujú, že výbušné oblasti na 67P majú strmé svahy vhodné na spustenie prachových lavín a tiež, že výbuchy nie sú spojené so zvýšením produkcie plynu, ako by sa očakávalo, keby to bol dôsledok výronov zvnútra kometárneho jadra.

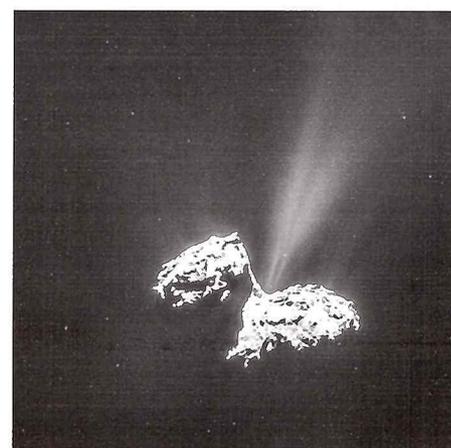
Zmeny na jadre kométy 67P zaznamenala Rosetta viackrát. Najnápadnejšie boli zábery veľkých plôch nedotknutého ľadu odkrytých po zosuvoch prachových lavín.

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

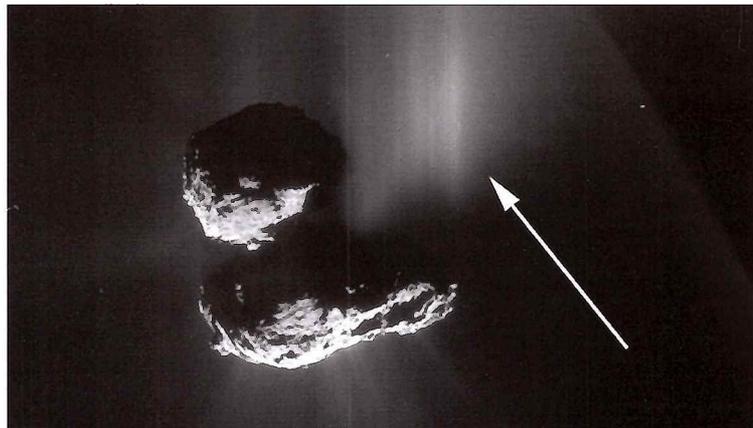
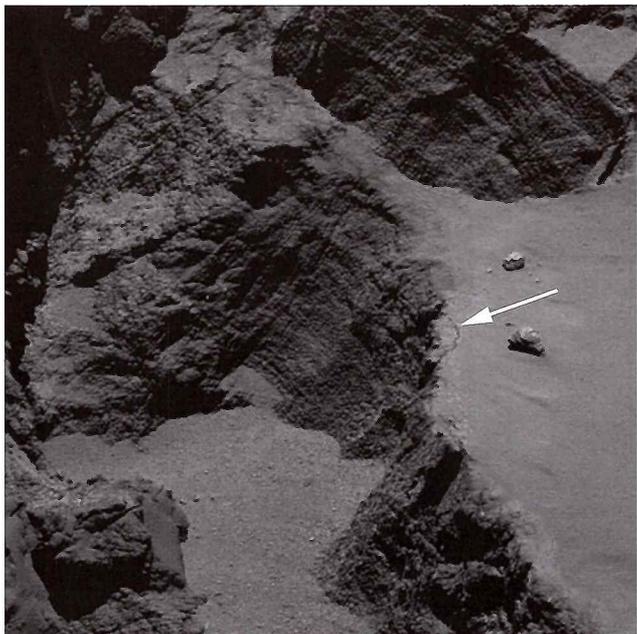
Hlavné zdroje: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Nature Communications, Science a materiály z webovej stránky www.nasa.gov/rosetta.



Kométa 67P/Čurjumov-Gerasimenko na snímke širokouhlej kamery Rosetty zo vzdialenosti 30 km.

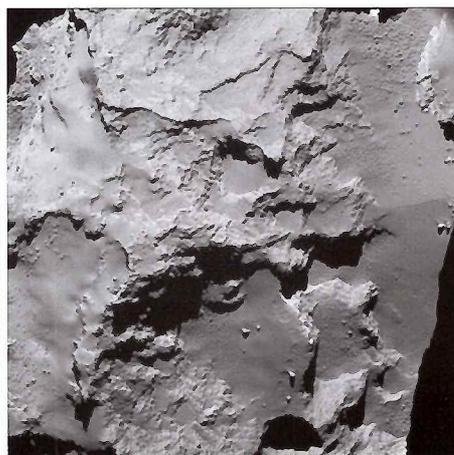
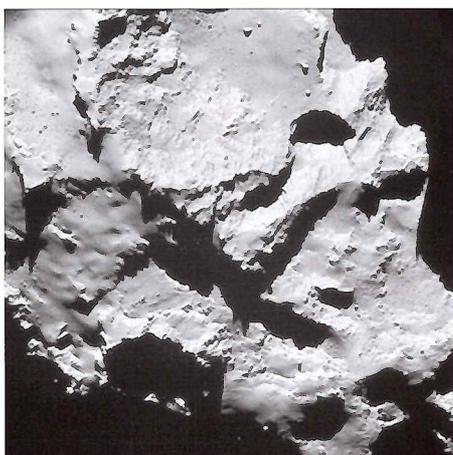
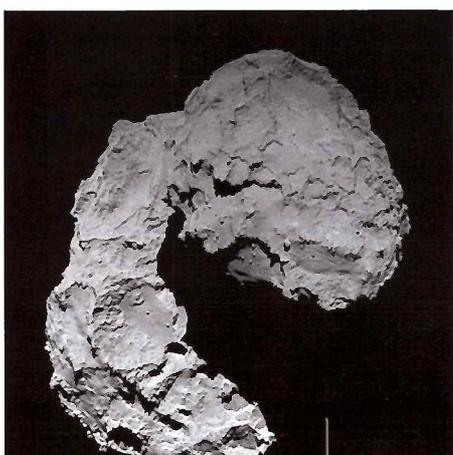


Výbuchy na kométe 67P/Čurjumov-Gerasimenko zaznamenané Rosettou 6. februára 2015.



Šípka vľavo ukazuje na 70 metrov dlhú a 1 meter širokú prasklinu na okraji Asuánskeho útesu na kométe 67P. Šípka vpravo ukazuje na oblak prachu uvoľnený po jeho zosuve.

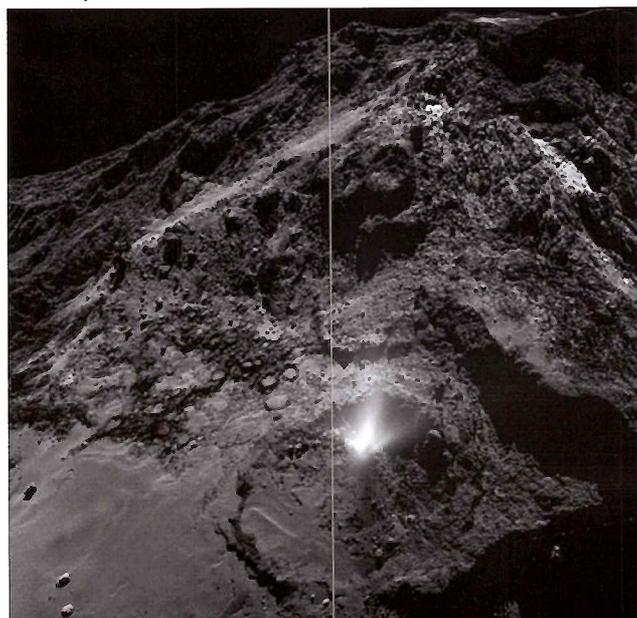
Posledné snímky Rosetty pred dopadom na povrch kométy



Posledný pohľad Rosetty na takmer celú kométu – 29. septembra 2016.

Snímky z výšky 19,4 km (vľavo) a 18 km (vpravo).

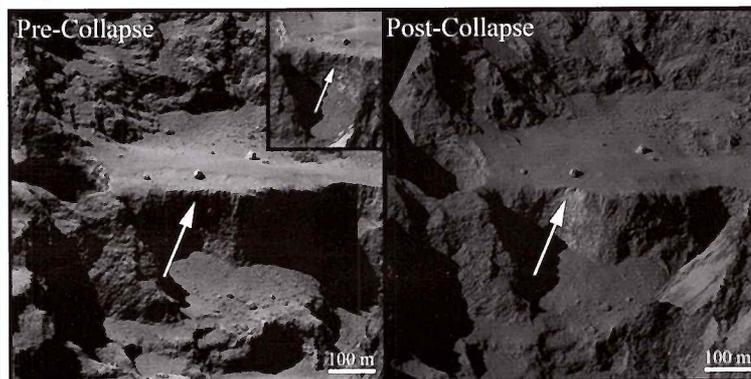
Aktívna kométa: Oblak prachu z oblasti Imhotep na jadre kométy 67P/Čurjumov-Gerasimenko zaznamenaný Rosettou 3. júla 2016.

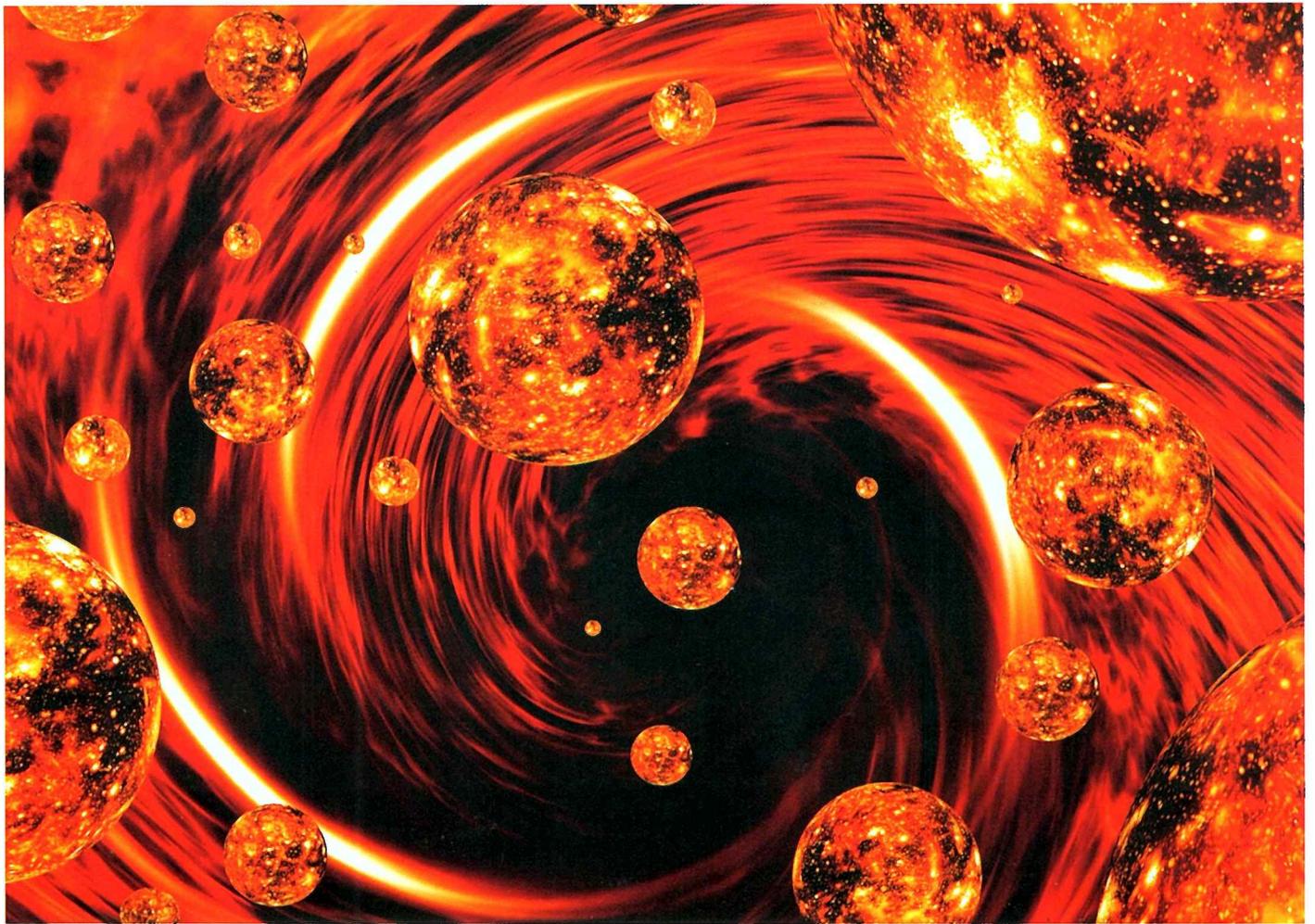


Poslednú snímku Rosetta vyslala z výšky 51 m od povrchu.



Dvojica záberov členitého jadra kométy 67P pred zosuvom a po ňom.





Paralelné vesmíry prenikli z literatúry sci-fi do vedeckých publikácií v 90. rokoch uplynulého storočia. Viacerí vedci vyrukovali vtedy s predstavou, že tieto svety, každý s vlastnými fyzikálnymi zákonmi, ležia za horizontom pozorovateľného vesmíru. Nikaké astronomické pozorovania ani teraz, ani v budúcnosti, to však nedokážu overiť. Argumenty v prospech multiverza sú prinajlepšom nepriame.

Multivesmír existuje. Naozaj?

Počas ostatného desaťročia vyrukovali kozmológovia s bláznivým nápadom: rozpínajúci sa vesmír okolo nás nie je jediný, lebo existujú miliardy iných vesmírov. Nežijeme teda v univerze, ale v multiverze.

Slovo multiverzum má odlišné významy. Astronómia dnes dokáže nahliadnuť do vzdialenosti 42 miliárd svetelných rokov, až po samú hranicu viditeľného vesmíru. Niet najmenšieho dôvodu predpokladať, že práve tam vesmír končí. Za týmto rozhraním sa môže nachádzať nekonečné množstvo iných vesmírov. Takých ako ten náš, alebo odlišných. V každom je hmota inak rozložená, ale mali by v nich platiť rovnaké fyzikálne zákony. Bezmála všetci kozmológovia (vrátane autora tohto článku) pripúšťajú existenciu takéhoto multiverza, ktorý Max Tegmark nazval „multiverse level 1“ (multivesmír úrovne 1). Podaktorí kozmológovia sú smelší: vymýšľajú úplne odlišné typy vesmírov, ktoré majú inú fyziku, inú históriu a možno aj iný počet priestorových rozmerov. Niektoré by mali byť sterilné, v iných by mal život prekvitať.

Hlavným obhajcom multivesmíru úrovne 2 je Alexander Vilenkin. Tento geniálny fyzik a matematik (pôvodom z Ukrajiny) nepochybuje o existencii bezpočtu vesmírov s bezpočtom galaxií, v ktorých žije bezpočet ľudí s rovnakým menom ako máte vy, ktorí teraz čítajú ten istý článok.

Odvážne špekulácie sú odnepamäti soľou vedy. V našom prípade však podaktorí ponúkajú multiverzum ako vedeckú teóriu, a z toho by malo vyplývať, že ju možno matematicky vyjadriť a experimentálne overiť. Autor tohto článku to odmieta. Neverí, že by existencia iných vesmírov mohla byť overiteľná.

Za horizontom

Ako by sa vesmíry mali prejavovať v multiverze a kde by sa všetky mali nachádzať? Vedci ponúkajú niekoľko možností. Vesmíry by mohli byť skryté v oblastiach priestoru, ďaleko za tou našou. Tak, ako to vyplýva z chaotického modelu inflácie Alana H. Gutha, Andreja Lindeho a ďalších fyzikov.

Tieto vesmíry by však mohli existovať aj v rozličných časových epochách, tak ako to

vyplýva z modelu cyklického univerza Paula Steinhardta a Neila Turoka.

Alebo že by tieto vesmíry existovali v rovnakom priestore ako my, ale v odlišnej vetve funkcie kvantovej vlny, tak ako tvrdia David Deutsch a Michael Lockwood?

Ba čo viac: tieto vesmíry by nemuseli mať nijakú polohu, pretože by sa nachádzali úplne mimo nášho časopriestoru, bránia svoju hypotézu Max Tegmark a Dennis Sciama.

Zo všetkých týchto možností sa kozmológovia prikláňajú najviac k chaotickej inflácii, vrátane autora tohto článku. Napriek tomu, že ne jeden z jeho návrhov možno aplikovať aj v iných hypotézach.

Myšlienka chaotickej inflácie sa zrodila z predstavy, že priestor je nekonečne sa rozširujúcou prázdnotou, v ktorej vďaka kvantovým efektom priebežne vznikajú nové vesmíry. Podobne ako mydlové bubliny. Koncepcia inflácie má už bezmála štyridsať rokov. Na inflácii rozvinuli fyzici jednu z najzložitejších teórií vôbec: teóriu strún.

Strunová teória pripúšťa, že bubliny sa jedna od druhej výrazne odlišujú. Každá z nich sa

zrodí nielen vďaka náhodnému rozloženiu hmoty, ale aj vďaka náhodným druhom hmoty. V našom vesmíre sa tvoria rozličné častice, elektróny i kvarky, ktoré navzájom interagujú pomocou rôznych síl, napríklad elektromagnetizmu. Iný vesmír môže mať odlišné častice i odlišné fyzikálne zákony. Úplný súbor dovolených lokálnych zákonov vytvára miestnu „krajinu“. Niektoré interpretácie strunovej teórie pripúšťajú, že je naozaj ozrutná a umožňuje neuveriteľnú rôznorodosť vesmírov. Vela fyzikov zaoberajúcich sa multiverzom uprednostňujú krajinu strún. O paralelné vesmíry sa príliš nezaujímajú. Všetky poznámky k multivesmíru ako konceptu nepovažujú za dôležité. Ich teória žijú a umierajú v závislosti od vnútornej konzistencie, prípadne po laboratórnych testoch. Pre týchto vedcov je multiverzum kontextom ich teórií bez ohľadu na to, ako vzniklo. Opatrnejších kozmológov to dráždi.

Pre každého kozmológa je základným problémom (bez ohľadu na tú-ktorú teóriu multiverza) viditeľný horizont vesmíru. Za tento horizont nazrieť nemôžeme, pretože signály putujúce k nám konštantnou rýchlosťou svetla nemali po big bangu čas na to, aby k nám z takej diaľky dospeli. Všetky paralelné vesmíry sa však nachádzajú mimo tohto horizontu a ostanú tam naveky neviditeľné, bez ohľadu na technológie, ktoré v budúcnosti vyvineme. Sú také vzdialené, že na náš vesmír nemôžu nijako vplyvať. To je hlavný dôvod, prečo najrozličnejšie koncepcie prívržencov multiverza nemôžeme priamo overiť.

Napriek tomu počujeme, že by sme sa postupne mohli dovtípiť, čo sa deje v tisíckrát väčšej vzdialenosti, ako sú hranice nášho pozorovateľného vesmíru. Ba čo viac: aj v 10^{100} či $10^{1000000}$ -krát väčšej vzdialenosti, než aké dokážeme získať vo vnútri nášho horizontu. Ide aj o mimoriadnu extrapoláciu: možno sa vesmír vo veľmi veľkej škále uzaviera a nekonečno neexistuje. Možno, že všetka hmota vesmíru sa niekde napokon končí/rozplynie a naostatok ostane iba prázdnota. Možno priestor a čas skončia napokon v singularite, ktorá drží pohromade vesmír. Nevieme a ani sa to nikdy nedozvieme.

Sedem otázných argumentov

Mnohí prívrženci multiverza sú renomovaní vedci, dôkladne oboznámení s problémom, nazdávajú sa však, že aj špekulácie o multiverze napomáhajú rozvoju vedy. Ich argumenty sa zaoberajú siedmimi obsiahlymi témami, pričom každá z nich má svoj háčik.

Priestor nemá koniec. Podaktorí sú presvedčení, že priestor sa rozpína aj za našim kozmickým horizontom, takže všeličo sa nachádza mimo toho, čo pozorujeme. Ak takýto typ multiverza existuje, možno by sme mohli z toho, čo vidíme, extrapolovať aj na to, čo by sme mali vidieť za horizontom. Pravdaže, s narastajúcou vzdialenosťou sa bude zvyšovať aj naša neistota. Dokážeme si ľahko predstaviť viacero možností vrátane alternatívnej fyziky, ktorá platí tam, kam nedohliadneme. Problémom je extrapolácia zo známeho na neznáme, pretože nemožno overiť, či nefantazirujeme.

Ako sa môžu vedci rozhodnúť, či ich predstava o nepozorovateľnej oblasti je prípustnou či neprípustnou extrapoláciou pozorovaného? Ak majú iné vesmíry od prvopočiatku odlišné rozloženie hmoty, mohli by mať aj odlišné hodnoty základných fyzikálnych konštánt? Napríklad tých, ktoré definujú silu jadrových síl?

Známa fyzika predpovedá iné domény. Navrhované zjednotené teórie predpovedajú napríklad skalárové polia, hypotetické príbuzenstvo iných polí pôsobiacich v inom priestore. Takých, ako je magnetické pole. Tie by mohli poháňať kozmickú infláciu a donekonečna vytvárať nové a nové vesmíry. Tieto teórie sú síce teoreticky dobre podložené, povahu hypotetických polí však nepoznáme. Experimentálni fyzici sa pokúšajú demonštrovať existenciu týchto polí a zmerať ich predpokladané vlastnosti. Zdá sa však, že zatiaľ netušia, či by dynamika týchto polí mohla vytvoriť odlišné zákony fyziky, pôsobiace v pestrej plejáde vesmírnych bublín.

Teória, ktorá predpovedá bezpočet vesmírov, zatiaľ nevyvinula kľúčový pozorovací test. Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CMB) prezrádza, ako vesmír vyzeral na sklonku krátkej horúcej éry rozpínania. Isté útvary v CMB naznačujú, že náš vesmír prekonal obdobie inflácie. Ibaže: zďaleka nie všetky formy inflácie môžu vytvoriť nekonečný počet bublinových vesmírov. Pozorovatelia predbežne nedokážu odlišiť požadovaný typ inflácie od iných možných. Podaktorí kozmológovia, napríklad Steinhardt, tvrdia, že večná inflácia by sa v CMB prejavila odlišnými vzormi. Linde a iní s ním nesúhlasia. Kto má pravdu? Všetko závisí od toho, aké možnosti má fyzika inflačného poľa.

Základné konštanty sú dizajnované tak, aby vyhovovali životu. Fakt, že všetky fyzikálne konštanty majú presne tie hodnoty, bez ktorých by sa komplexnejšie štruktúry vrátane živých organizmov nevytvorili, je sám osebe pozoruhodný. Steven Weinberg, Martin Rees, Leonard Susskind a ďalší zdôrazňujú, že tento exotický multivesmír ponúka pre túto zdanlivú súhru náhod logické, prijateľné vysvetlenie. Ak sa všetky základné hodnoty vyskytujú v dostatočne veľkom počte vesmírov, potom sa v jednom z nich musí nevyhnutne objaviť život. Toto tvrdenie sa používa aj pri vysvetľovaní hustoty tmavej energie, ktorá dnes urýchľuje rozpínanie vesmíru.

Multiverzum je jedným z možných vysvetlení hodnoty tejto hustoty; možno ide o najpriateľnejšiu alternatívu. Ale nebudeme ju môcť nikdy experimentálne overiť. Väčšina analýz tohto problému naznačuje, že základné rovnice fyziky sú a budú rovnaké kdekoľvek. Iba konštanty sa budú meniť. Ak by aj reálne multiverzum kdesi bolo, nebudeme ho vidieť.

Základné konštanty podporujú predpovede multivesmíru. Tento argument zjemňuje ten predošlý možnosťou, že vesmír nie je nevyhnutne dizajnovaný pre život tak, ako by mal byť. Prívrženci tohto argumentu zvažovali možnosti rozličných hodnôt hustoty tmavej energie. Čím vyššia hodnota, tým viac pravdepodobný, viac priaznivý pre život by ten ktorý vesmír mal byť. Hodnota, ktorú v na-

šom vesmíre pozorujeme, sa pohybuje presne na rozhraní neobývateľnosti. (Pozri graf na strane 15.)

Argument pravdepodobnosti nemôžeme použiť ani v prípade, že multiverzum neexistuje; štatistika jednoducho nefunguje, ak existuje iba jediný fyzikálny vesmír. Tento argument predpokladá želaný koniec ešte pred štartom. Pravdepodobnosť môže skúmať konzistenciu hypotézy multiverza, ale nemôže jej existenciu overiť.

Rôznorodosť vesmírov predpovedá teória strún. Súčasná teória strún pripúšťa takmer všetko. Tvrdí, že mnohé základné vlastnosti nášho vesmíru sú súhrou šťastných náhod. Ak existuje iba jediný vesmír, jeho vlastnosti sa zdajú byť nevysvetliteľné. Napríklad, ako pochopíme fakt, že fyzika má presne také, vysoko obmedzené (vynútené) vlastnosti, ktoré pripúšťajú život? Ak je vesmír iba jedným z mnohých, jeho vlastnosti dávajú zmysel. Nič o tom, že je jediný, nesvedčí; je to jednoducho vesmír, ktorý sa zrodil v našej oblasti priestoru. Keby sme žili v inom, pozorovali by sme iné vlastnosti, pravda, ak by sme v ňom existovali. (V mnohých vesmíroch sa život zrodil nemôže.)

Všetko, čo sa má stať, sa stane. Niektorí fyzici sú presvedčení, že príroda sa nikdy nebudie správať podľa rovnakých zákonov; všetky predstaviteľné zákony môže aplikovať kdekoľvek. Táto myšlienka je do istej miery inšpirovaná časťou kvantovej mechaniky, v ktorej (aspoň podľa Murraya Gell-Manna) všetko, čo nie je zabudnuté, je (bolo) zákonite vynútené. Častica použije všetky dráhy, ktoré môže; my však pozorujeme iba vyvážený priemer všetkých týchto možností. Možno to isté platí aj pre celé univerzum, vrátane multiverza.

Astronómia tento bezpočet možností nedokáže pozorovať. Dokonca netušia, aké tie možnosti sú. Tento návrh ponúka istý neoveriteľný organizačný princíp, ktorý rozhoduje o tom, čo je dovolené a čo nie. Podľa Tegmarka napríklad všetky možné matematické štruktúry musia byť realizované v nejakej fyzikálnej doméne. Ibaže my netušíme, aké druhy existencie tento princíp zahŕňa, bez ohľadu na fakt, že musí obsahovať aj svet, ktorý okolo seba vidíme. A nikdy nenájdeme spôsob overiť existenciu či podstatu akéhokoľvek organizačného princípu. Je to do istej miery príťažlivý návrh, ale jeho navrhované použitie v realite je iba špekuláciou.

Bez evidencie

Kozmológovia navrhli a navrhujú najrozličnejšie empirické testy paralelného vesmíru.

Prvý test: mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CMB) môže zviditeľniť niektoré príznaky existencie iných bublinových vesmírov. Napríklad: naša kozmická bublina sa kedysi zrazila s inou bublinou, a s tým počíta aj scenár chaotickej inflácie. V CMB sa teda mohli uchovať aj vzory/stopy po vesmíroch, ktoré existovali pred big bangom. Alebo stopy zrážky iného vesmíru s tým našim? Takto by sme možno naozaj mohli nájsť dôkaz existencie iného vesmíru.

Podaktorí kozmológovia už tieto znaky začali hľadať. Horúčkovo diskutujú o limitoch

Čo je za hranicou nášho vesmíru?

Astronómovia ani pomocou najvýkonnejších prístrojov nemôžu dohliadnuť za hranicu 42 miliárd svetelných rokov. Za kozmický horizont, ktorý vymedzuje vzdialenosť, ako dokázalo svetlo/žiarenie po big bangu prekonať a do akej miery sa vesmír odvtedy zväčšil. Za predpokladu, že vesmír sa ani po dosiahnutí tejto hranice neprestal rozpínať a je nekonečne veľký, kozmológovia rozmyšľajú nad tým, ako to vyzerať tam, kam nedohliadneme.

Multiverzum úrovne 1: prijateľné

Najodvážnejším predpokladom je, že náš objem vesmíru reprezentuje celok. Vzdialené bytosti pozorujú iné objemy, no v podstate sa všetky podobajú. Bez ohľadu na náhodné rozloženie hmoty. Dovedna tieto viditeľné či neviditeľné oblasti vytvárajú základný typ univerza.

Multiverzum úrovne 2: otázky

Viaceri kozmológovia špekulujú, že kdesi ďaleko vyzerajú veci inakšie ako to, čo vidíme my. Naše prostredie môže byť iba jednou z bublín, pohybujúcich sa v prázdnom priestore. Zákony fyziky sa môžu z bubliny na bublinu meniť, čo by viedlo k bezpočtu výstupov – jednotlivých vesmírov. Lenže iné bubliny než tú našu nedokážeme pozorovať. Preto ani autor tohto článku ich existenciu nepripúšťa.

pozorovania, ibaže mnohé z hypoteticky možných vesmírov takéto dôkazy neposkytnú. Týmto spôsobom dokážeme overovať iba niektoré špecifické modely multiverza.

Druhým testom by bolo hľadanie dôkazu, že hodnota niektorej zo základných konštánt sa mení. To by podoprelo predpoklad, že ani zákony fyziky nie sú až také nemenné. Niektorí astronómovia už takéto variácie objavili. Väčšinu kolegov však nepresvedčili.

Tretím testom by bolo zmerať pozorovateľný vesmír: je guľatý (kladne zakrivený), hyperbolický (záporne zakrivený) alebo plochý (nezakrivený)? Scenáre multiverza predpovedajú, že vesmír nie je guľatý, pretože guľa (sféra) sa uzaviera sama do seba a pripúšťa iba konečný objem. Žiaľ, tento test nie je čistý. Vesmír za našim horizontom môže mať iný tvar ako jeho pozorovateľná časť. Napriek tomu nie všetky teórie multiverza sférickú geometriu vylučujú.

Topológia vesmíru ponúka lepší test: nevyzerá vesmír ako pračik s dierou uprostred? Takýto vesmír by bol konečný a definitívne nezlučiteľný so scenárom chaotickej inflácie. Uzavretý tvar by na oblohe vytvoril okrúhle vzory, napríklad obrovské kruhy v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia. Pozorovatelia však zatiaľ nič také nenašli. Tento neúspech však (predbežne) vylučuje iba istý typ osamelého vesmíru. Nevypovedá o multiverze.

Fyzici dúfajú, že niektoré z teórií, ktoré predpovedajú multivesmír, môžu overiť alebo vyvrátiť, že môžu nájsť dôkaz, ktorý vyvráti verziu chaotickej inflácie. Najnovšie pozorovania (Planck space observatory) prevládajúcej nerovnomernosti CMB všetky spomínané modely spochybňujú. Jedného dňa môžeme objaviť matematickú i empirickú inkonzisten-

ciu týchto síl a teóriu strún opustíme. Takýto scenár by síce oslabil motiváciu tých, čo zamýšľajú hypotézu multiverza naďalej overovať, celkový koncept by však nevylúčil.

Nevelmi pevná stavba

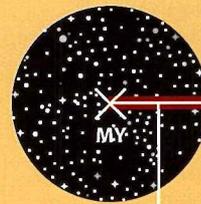
Predstava o multiverze je teda skôr konceptom, ako vedeckou, presvedčivo definovanou teóriou. Množstvo možností generuje hotový ohňostroj najrozličnejších nápadov, ale nič celostného. Základný mechanizmus večnej inflácie sám osebe nemôže pôsobiť na fyziku tak, aby bola v každej doméne univerza inakšia. Preto by ju bolo treba prepojiť s inou špekulatívnou teóriou.

Rozhodujúcim krokom k overeniu multiverza je extrapolácia od známeho k neznámemu, od toho, čo sa dá otestovať k tomu, čo sa overiť nedá. Výsledok závisí od toho, čo chceme extrapolovať. Nakoľko teórie o multiverze dokážu vysvetliť skoro všetko, niektorý z variantov multivesmíru si môže prispôbiť ktorékoľvek pozorovanie. Najrozličnejšie „skúšky správnosti“ od nás totiž požadujú prijať teoretické vysvetlenie namiesto toho, aby trvali na overení pozorovaním.

Viacnásobné a nezávislé overovania bývali donedávna základnou podmienkou každého vedeckého výskumu. Dnes sa ich v núdzi vzdávame. Ak sa prestaneme spoliehať na overené údaje, oslabíme základnú podmienku úspechov vedy v ostatných storočiach.

Ak zjednocujúce vysvetlenie všetkého nutne predpokladá aj existenciu nepozorovateľných entít, napríklad paralelných vesmírov, mali by sme tieto entity akceptovať. Kľúčom ku všetkému však je, koľko neoveriteľných entít potrebujeme.

V prípade multiverza možno vnucujeme



42 miliárd svetelných rokov

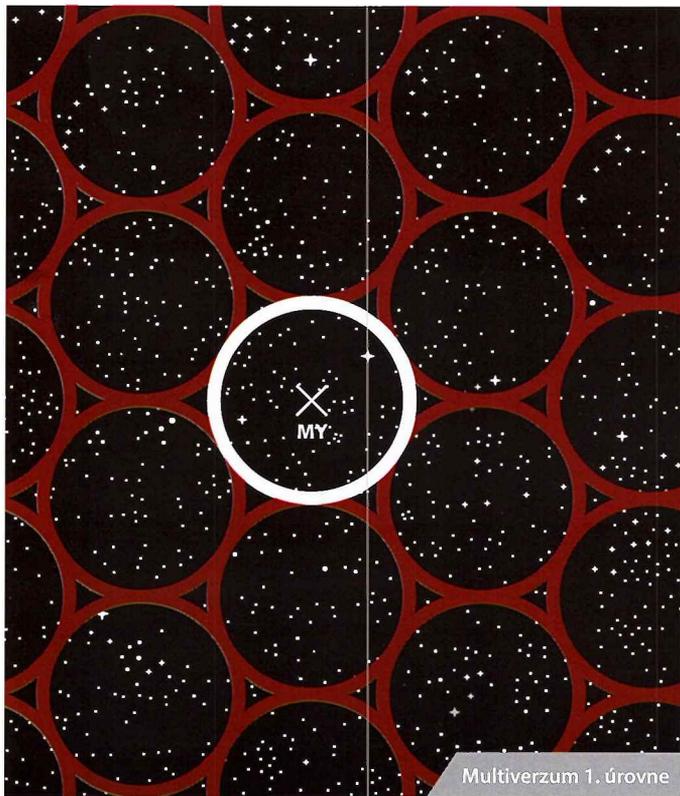
Pozorovateľný vesmír

existenciu obrovského počtu vesmírov iba preto, aby sme vysvetlili jediný, existujúci vesmír. Ten náš. Takéto snahy už v 14. storočí vystihol anglický filozof William of Ockham, ktorý napísal: „Entity by sme nemali rozmnožovať viac, ako je nutné.“

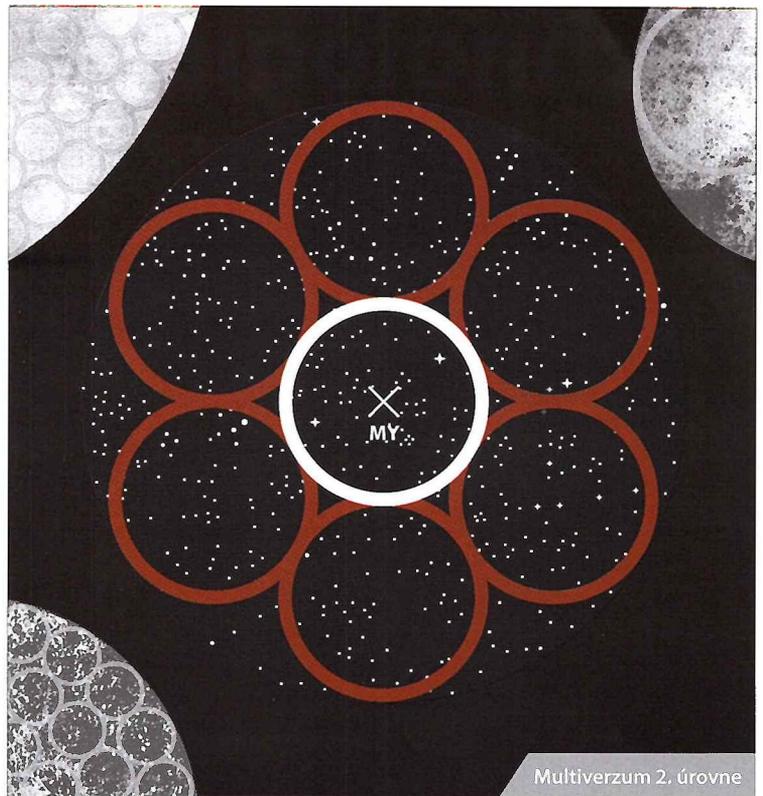
Sugestívnym argumentom prívržencov multiverza je: „Nemáme iné, lepšie alternatívy. Hocijako neoveriteľná je existencia paralelných svetov, ak by bola tým najlepším vysvetlením, mali by sme ju (dočasne?) akceptovať. A naopak: ak by sme sa chceli vzdať multiverza, potrebovali by sme prijateľnú alternatívu.“ Prieskum alternatív závisí od toho, aké vysvetlenie sme ochotní odobriť. Fyzici odnepamäti verili, že zákony prírody sa nemenia, že veci sú také ako sú, pretože inakšie byť nemôžu, ale nevedeli, či je to pravda. Existujú však aj iné možnosti. **Vesmír môže byť produktom súhry náhod. Iba náhodou sa takto zrodil a vyvíjal.** Rovnako môžu byť veci v istom zmysle tým, čím sú, bez zámeru, bez rozumného účelu. Ale to už sa pohybujeme na pôde metafyziky.

Fyzici navrhli multiverzum ako možnosť odhaliť hlboké problémy spojené s povahou existencie, ale samotný návrh ich necháva nerozluštené. Všetky problémy, ktoré sa vynárajú vo vzťahu k vesmíru, narastajú aj vo vzťahu k multiverzu. Ak multiverzum existuje, zrodilo sa nevyhnutne, náhodne, alebo zámerne? Aj toto je metafyzická otázka, ktorú fyzika nemôže zodpovedať.

Vráťme sa k istote. Jadrom vedy je empirické testovanie. Potrebujeme kauzálny kontakt so všetkými entitami, ktoré navrhujeme. Inak nás neobmedzuje nič. Spojenie môže byť do istej miery aj nepriame. Ak je nejaká entita nepozorovateľná, ale podstatná pre vlastnosti



Multiverzum 1. úrovne



Multiverzum 2. úrovne

iných, už overených entít, môžeme aj ju považovať za overenú. Až bremeno skúšky nám ukáže, že je v sieti vysvetľovania absolútne podstatná.

Výzva smerujúca k prívržencom multiverza znie: dokážete overiť, či je neviditeľný paralelný vesmír potrebný na vysvetlenie sveta, ktorý vidíme? A je toto spojenie podstatné a nevyhnutné?

Podľa skeptikov sú úvahy o multiverze skve-

lou príležitosťou reflektovať povahu vedy i zmysel existencie: „Prečo sme tu?“ Privedie nás to k zaujímavým názorom, ide o zaujímavý program výskumu. Aj voči tomuto problému sa musíme viac otvoriť, nie však príliš. Vstupujeme na delikátny chodník.

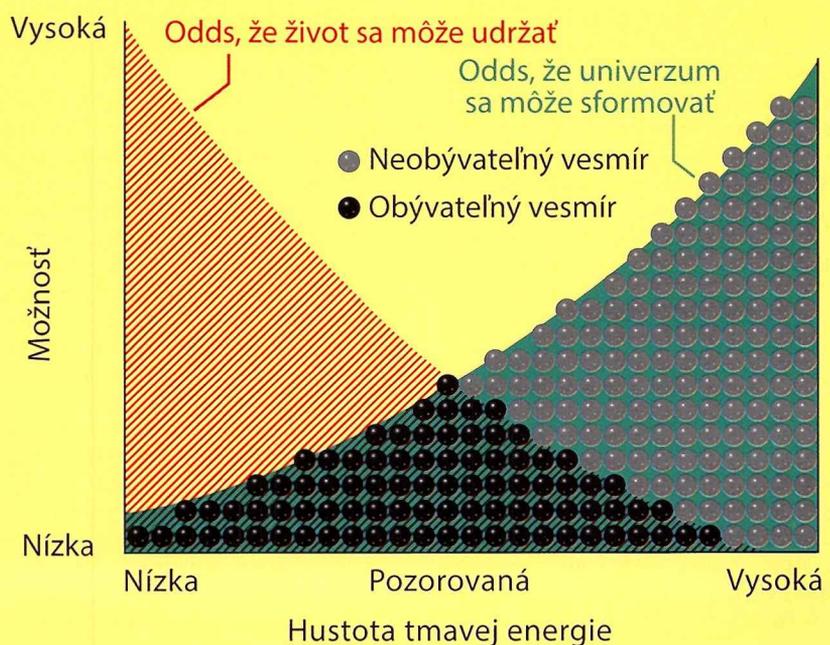
Paralelné vesmíry buď existujú, alebo aj nie; kauza je predbežne otvorená. S touto neistotou nám prichodí žiť. Filozofické špekulácie, ktoré sa vynárajú okolo predstavy multiverza,

nie sú škodlivé. Mali by sme ich však označiť pravým menom.

*George F. R. Ellis je kozmológ a profesor matematiky na University of Cape Town v Južnej Afrike. Považujú ho za jedného z najväčších znalcov Einsteinovej teórie relativity. V spoluautorstve so Stephenom Hawkingom napísal knihu *The Large Scale Structure of Space-Time*.*

Ktorá rukavica sa hodí?

Prívrženci existencie multiverza často spomínajú hustotu tmavej energie, ktorá dominuje v priestore. Proces večnej inflácie pridružuje každému vesmíru, z univerza na multiverzum, náhodnú hustotu energie. Pomerne málo vesmírov má nulovú alebo nízku hodnotu; väčšina má vyššie hodnoty (*modrá plocha*). Príliš veľa tmavej energie by však veľmi rýchlo porušilo komplexné štruktúry, bez ktorých sa život nezaobíde (*červená oblasť*). Preto by väčšina obývatelných vesmírov mala mať priemernú hustotu tmavej hmoty (*navzájom sa prekrývajúce oblasti*). Takú by mal mať aj náš vesmír. Skeptici namietajú, že táto „kruhová logika“ platí iba vtedy, ak predpokladáme, že multiverzum malo počiatok. Je to test konzistencie, nie skúška správnosti.



Odds je pojem používaný na určenie veľkosti pravdepodobnosti.

Technológie doby kamennej

Praveké kamenné nástroje z Kene podkopali klasické predstavy o tom, kedy a kde sa hominidi stali vynálezcami



Na severovýchode Kene v lokalite Lomekwi 3 vykopali archeológovia doteraz najstaršie kamenné nástroje

Vyprahnuté polopúšte na severozápade jazera Turkana (Keňa) neponúkajú domorodcom takmer nič. Pitná voda je vzácna, divé zvieratá sú tesne pred vyhynutím. Zmenšujúce sa stáda kôz, oviec a kráv, ale i osly a ťavy dohola spásajú beztak chudobnú vegetáciu. Pred niekoľkými miliónmi rokov však tunajší život priam kypel. Bol tu dostatok čerstvej vody, bohatá vegetácia, množstvo zveri. Naši predkovia tu žili ako v raji.

Sonia Harmandová prišla do tejto oblasti študovať stopy po ľuďoch, ktoré sa zachovali v kameni. Sonia je archeologička zo Stony Brook University v New Yorku. Sedí za stolom a obracia v prstoch kúsok hnedosivého kameňa, pre necvičné oko celom nezaujímavý. Presne takéto kamene sem prišla hľadať.

Pätnásť vedcov z Kene, Francúzska, USA a Anglicka pracuje na úpätí jedného z pahorkov. Kladivami búšia do horniny, aby oddelili vrstvy usadenín, v ktorých sa uchovali kamene so stopami ľudskej aktivity. Na vrchole pahorku stojí stará akácia, pripomínajúca vianočný strom. Na jej konároch visia rôznofarebné fľaše naplnené vodou. Slabý raňajší vánok fľaše kníše a ochladzuje. Popoludní dosiahne teplota vzduchu 46 °C. Vo výkope je horúco ako v peci. Veď ho aj tak pomenovali: The Oven.

V roku 2015 Harmandová a jej manžel Jason Lewis, paleontológ na Stony Brook, zverejni-

li, že na lokalite Lomekwi 3 objavili nástroje vyrobené ľuďmi pred 3,3 miliónmi rokov. Ide o doteraz najstaršie nástroje z doby kamennej. Sú také staré, že podkopali platnú teóriu o evolúcii človeka. Vedci chcú zistiť, kto a na aký účel nástroje vyrobil. Zároveň ich však kvária pochybnosti: sú tieto nástroje naozaj také staré, ako sa zdajú?

Fragment v Harmandovej dlani je prvým objavom na tejto lokalite. Je to kúsok získaný štiepaním. Pomocou technológie štiepania udierali majstri doby kamennej jedným kameňom o druhý tak, aby sa rozpadol na štiepky (flakes) s ostrým okrajom. Fragment je malý, ľahučký, nepoznamenaný tečúcou vodou, hoci od posledného použitia nad ním prešli milióny rokov. Sedimenty v Lomekwi 3 sa ukládali pred 3,5 miliónmi rokov. Nástroje v nich uložené by mali byť rovnako staré. Alebo nie...?

Kopáči prehrabávajú vrstvu, v ktorej sa uchovalo najviac nástrojov a artefaktov. Paleoantropológovia odjakživa považujú výrobu kamenných nástrojov za významný prejav druhu Homo. Za kľúč k nášmu evolučnému úspechu. Nástroje používajú aj iné stvorenia (opice, vtáky, delfíny aj vydry), ale iba ľudia dokázali tvarovať tvrdé materiály so zámernom vyrobiť z nich rozličné nástroje. Iba ľudia dokázali tieto nástroje postupne inovovať, vylepšovať ich užitočnosť a viacúčelo-

vosť. Zrejme sme jediným druhom, ktorý sa vyvíjal technologicky.

Donedávna sa tradovalo, že naša technologická závislosť sa formovala počas globálnej klimatickej zmeny, ktorá prebiehala pred 3 až 2 miliónmi rokov. Vtedy sa africké pralesy premenili na savany.

Hominidi sa ocitli na križovatke. Staré zdroje potravy zanikli. Pochopili, že keď sa neprišpôsobia, vymrú. Jeden druh, robustní australopitekovia, vybavení čoraz mocnejšími čelustami a čoraz väčšími zubami (najmä stoličkami), dokázali pochrumáť do stráviteľnej podoby aj odolnejšie druhy rastlín. Iný druh, Homo, vybavený väčším mozgom, vyvinul kamenné nástroje, ktoré mu umožnili rozšíriť zdroje potravy, vrátane zvierat. A mäso, výdatný zdroj kalórií, urýchlilo zväčšovanie mozgu, takže Homo dokázali vyrábať čoraz dômyselnejšie nástroje. Pred miliónom rokov rubustný australopitek vyhynul. Strata konkurencie však proces ovládnutia planéty nespomalila.

Nástroje z Lomekwi 3 tento scenár rozmetali na márne kúsky. Nielenže sú oveľa staršie ako Homo, sú ešte staršie ako klimatická zmena, ktorá prinútila našich predkov tvoriť. Bez kostí so stopami spracovania, či iných znakov uvedomelého mäsiarstva v lokalite Lomekwi však nie je isté, či sa objavené nástroje používali aj na spracovanie živej koristi.

Okrem toho: medzi nástrojmi z Lomekwi a ďalšími, mladšími nástrojmi uplynulo toľko času, že sa vedci neodvažujú hovoriť o dedičstve, prenášanom z generácie na generáciu. **Zdá sa, že nástup kamenných nástrojov nemusel byť tým rozhodujúcim predelom evolúcie, tak ako to vedci predpokladali.**

Najnovšie objavy nútia vedcov presnejšie vymedziť dobu, kedy a ako naši predkovia nadobudli kognitívne a fyzické vlastnosti, ktoré im umožnili vymyslieť a stvárniť kamenné nástroje a odovzdávať ich ďalšej generácii. Ak sa ukáže, že kamenné nástroje vyvíjali priebežne aj ďalšie druhy hominidov, vedci by mali nanovo premyslieť väčšinu toho, čo o pôvode technológii vedia. A spresniť naše predstavy o tom, kde a ako vyrástla naša vetva na rodostrome ľudstva.

Australopitek, alebo homo habilis?

Vari dva kilometre od lokality Lomekwi 3, pri vyschnutom koryte rieky, stoja stany základne. Odtiaľto vyrážajú džípy archeológov k výkopom. V tábore dnes ostáva Helène Roche z French National Center for Scientific Research, vedúca výskumu a znalkyňa kamenných industrií. Táto emeritná profesorka viedla výskum okolo jazera Turkana celých 17 rokov, až kým ju v roku 2011 nevystriedali Harmandová s Lewisom. Pred tromi rokmi sa však do Lomekwi vracia.

Keď ako archeologička začínala, za najstaršie kamenné nástroje sa považovali nálezy z Olduvai staré 1,8 milióna rokov. V roku 1964 paleoantropológ Luis Leakey oznámil, že našiel fosílie pripomínajúce pozostatky druhu Homo. Kolegovia usúdili, že práve títo hominidi vytvorili najstaršie vtedy známe artefakty, kamenné náradie z rokle Olduvai v Tanzánii. Fosílie priradili k novému druhu Homo habilis (človek zručný). S dodatkom, že tieto nástroje sú dôkazom evolúcie druhu homo.

Čoskoro prišli pochybnosti. V roku 1970 objavila Roche v lokalite Gona (Etiópia) staršie nástroje typu Olduvai. Keď neskôr španielski kolegovia tieto nástroje analyzovali, **dospeli k názoru, že majú najmenej 2,6 milióna rokov.** Také staré fosílie hominidov však v tom čase ešte neboli objavené. Nikto netušil, kto tieto nástroje vyrobil.

Španieli navrhli, že výrobcami by mohli byť druhy australopitekov s malým mozgom, ktoré sa našli na niekoľkých, nie vzdialených lokalitách. Australopitheka garhi však väčšina kolegov neodobrila. Hlavným favoritom ostal Homo, hoci najstaršie ľudské fosílie mali v tom čase iba 2,4 milióna rokov. (Najnovší nález ľudských fosílií posunul historický záznam až na hranicu 2,8 milióna rokov.)

Bez ohľadu na vek boli artefakty z Gony napohľad také sofistikované, že nemohli byť produktom začiatočníkov. Neskôr sa začali objavovať ešte staršie nástroje, medzi inými i v západnej Turkane. V roku 1990 našla Roche v Olduvai kamenné nástroje staré 2,3 milióna rokov. Sotva desať kilometrov od Lomekwi. V lokalite Lokalalei 2c sa uchováli fragmenty, ktoré sa podarilo poskladať do trojrozmerného jadra. Ukázalo sa, že z pôvodného kamenného jadra postupne odštiepili 70 štiepkov.



Robotníci a vedci vykopanú zeminu starostlivo preosievajú, aby im neunikol kameň poznamenaný ľudskou aktivitou.

Takýto výkon mohol dosiahnuť iba človek, ktorý už vedel, aký kameň je pre štiepenie najvhodnejší (na jednej strane plochý, na druhej vypuklý). Pritom: pri výbere kameňa-jadra bol rozhodujúci najmä jeho tvar. Presnejšie: kameň sa vyberal s ohľadom na tvar a použitie budúceho nástroja.

Rekonštrukcia postupov kamennej industrie sa stala pre paleoarcheológov skutočným dobrodružstvom. Cítili, že sa zžívajú do myslenia prehistorických ľudí.

Bolo čoraz jasnejšie, že sofistikované nástroje z Gony, Lokalalie a iných lokalít sa nemohli objaviť len tak z ničoho nič. Museli nadväzovať na staršie technologické tradície.

V roku 2010 boli objavené ešte staršie nástroje. Zeresenay Alemseged z University of Chicago našiel v lokalite Dikika (Etiópia) dve zvieracie kosti so zárezmi, ktoré mohli spôsobiť kamenné nástroje. Ich vek odhadli na 3,4 milióny rokov. Tieto nástroje boli o 600 000 rokov staršie ako dovtedy najstaršie ľudské fosílie. Vedci najskôr priradili nástroje k druhu Australopithecus afarensis, kosti ktorého ešte niesli znaky prispôsobenia sa životu v korunách stromov. Mozog tohto druhu však nebol väčší od mozgu šimpanza. Oponenti namietli, že prvým mäsiarom (človekom, ktorý spracovával úlovok pomocou kamenného noža či škrabky) musel byť hominid s väčším mozgom, ktorý sa už životu na Zemi prispôbil. Skeptici z druhej strany vyrukovali s názorom, že zárezy na kostiach

mohli spôsobiť aj zuby zvierat. Pochopiteľne: okolo kostí z lokality Dikika sa nenašli nijaké kamenné nástroje.

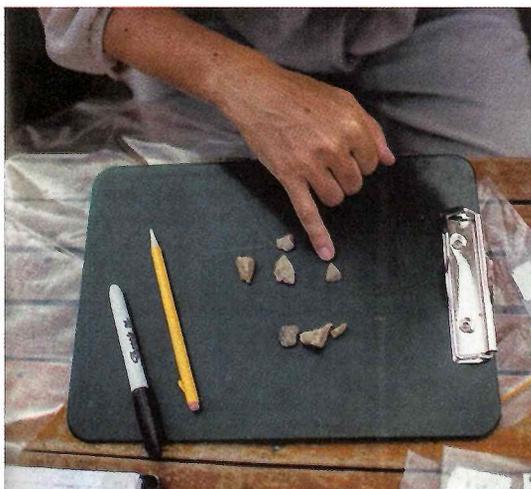
Žufana Sammy Lokorodiho

Keď spory okolo nálezu vrcholili, Harmandová a Lewis si zaumienili, že nájdu staršie nástroje, ako sú kosti z Dikika. Mali to byť nástroje z rovnakej doby ako tie z Gony či Lokalalei, ktoré sa im zdali byť príliš dokonalé na to, aby mohli byť prvými nástrojmi človeka. V lete 2011 začali kopat západne od jazera Turkana.

Bazén Turkana, tak ako väčšina Veľkej priekopovej prepadliny (Great Rift Valley), ktorej je súčasťou, je paleontologickým rajom. Okrem hojnosti fosílií a artefaktov sa tu zachovali aj horniny, pomocou ktorých sa dá veľmi presne odhadnúť vek nálezov. Dejiny oblasti poznamenala vulkanická aktivita i periodické záplavy tak, že sa naukladali do rozličných vrstiev. Vodná a veterná erózia ich neskôr v bazéne obnažila. Navyše tektonická aktivita spôsobila, že z pôvodného súvrstvia sa niekto-



Prvé fragmenty objavili až po niekoľkých týždňoch preosievania.



Každý z týchto fragmentov bol vytvorený cieľavedome, pomocou technológie štiepania.

ré segmenty vysunuli vyššie, iné sa prepadli nižšie.

Vedci, peši i na džípoch, v krajine bez akýchkoľvek ciest hľadali najmä okolo vyprahnutých korýt bývalých riek vhodné vrstvy usadenín.

Deviateho júla 2011 sa ocitli na mieste, kde pred 12 rokmi objavil iný tím lebku iného hominida. Pozostatky druhu Kenyantropus platyops našli blúdiac vo vyschnutom koryte prítoku Lomekwi. Aby sa zorientovali, vystúpili na neďaleký pahorok a zistili, že naokolo sa rozprestiera terén priam stvorený pre paleoantropológov. Pahorok lemovali sedimenty, v ktorých sa v týchto končinách najlepšie uchovávali fosílie i artefakty. Od geológov sa dozvedeli, že tieto usadeniny sa ukladali pred viac ako 2,7 miliónmi rokov.

Už po niekoľkých hodinách našiel Sammy Lokorody, rodák z Turkany a člen tímu niekoľko kameňov, ktoré pripomínali naberačku na polievku (žufanu). Okolo kameňov, poznamenaných škrabancami, sa povalovali ostré

štiepky. Boli to nástroje, ktoré hľadali? Našli ich totiž na povrchu, nie vo vrstve.

Mohol ich vyrobiť aj moderný človek, turkanský kočovník. Rozhodli sa preto preskúmať okolité, eróziou ešte nepoznamenané usadeniny. Ak by objavili rovnaké nástroje aj tu, mohli by oveľa presnejšie odhadnúť ich vek.

V roku 2015 vedci svoj objav zverejnili v časopise Nature. Na ploche 30 metrov štvorcových vykopali 19 kamenných nástrojov. Po porovnaní polohy usadenín s nástrojmi s vrstvami hornín, ktorých vek už geológovia presne určili, preskúmali vrstvu kompaktného, vulkanického popola Toronto Tuff (3,31 mil. rokov) i zmagnetizované horniny (3,33 mil. rokov) z obdobia, keď si magnetické póly Zeme vymenili miesto.

Potom objavili zdroj suroviny na výrobu kamenných nástrojov. Boli to sedimenty staré 3,33 mil. rokov, obsahujúce hrče vulkanického čadiča a fonolitu (znelca), ale aj fosílie rýb a krokodílov, svedčiacie o tom, že hladina jazera Turkana bola v tom čase oveľa vyššie.

Ukázalo sa, že nástroje z tejto lokality sú o 700 000 rokov staršie ako nástroje z Gony a o pol milióna rokov staršie ako dovtedy najstaršie fosílie človeka!

Tieto artefakty nevelmi pripomínali nástroje z Olduvai. Tie boli oveľa väčšie. Niektoré štiepky boli veľké ako ľudská dľaň. Experimenty dokázali, že štiepky naštiepali rozličnými technikami. Štiepači kameňa z Olduvai uprednostňovali štýl voľnej ruky, búšiac kameňom v jednej ruke proti jadrú, ktorý druhou rukou pridržali.

Oproti tomu štiepači z Lomekwi držali jadro v oboch rukách a udierali ním o kamennú nákovu, trčiacu z pôdy. Alebo položili jadro na kamennú nákovu a udierali naň kameňom-kladivom.

Odlíšne metódy a produkty dokazujú, že majstri z pravku ovládali mechaniku štiepania kameňov, hoci neboli takí zruční ako výrobcovia nástrojov z Gony a Lokalalei. **Vedci však objavili svoju vysnenú pred-olduviansku tradíciu kamenných nástrojov. Pomenovali ju Lomekwian.**

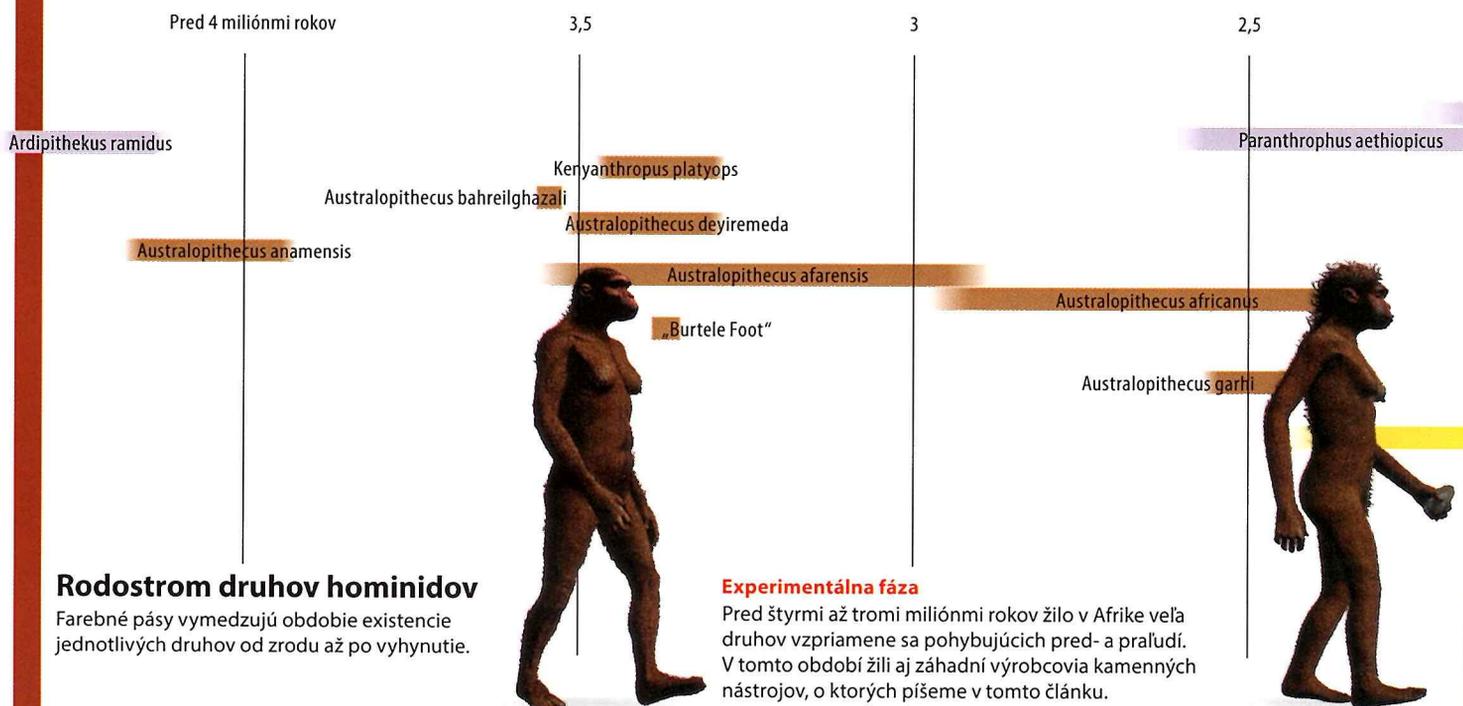
Kto vyrobil prvé nástroje?

Nie všetci paleoarcheológovia sú presvedčení, že nástroje z Lomekwi vznikli pred 3,3 miliónmi rokov, tak ako to tvrdia objavitelia. Spochybňujú najmä vek usadenín, v ktorých nástroje našli. Až nástroje objavené počas ostatnej sezóny dajú na tieto otázky definitívnu odpoveď. Horšie je, že ani kolegovia, ktorí síce odobrujú vek usadenín, či kolegovia, podľa ktorých ide o produkty ľudských rúk, zatiaľ nevedia, čo vlastne tento objav znamená.

Po prvé: kto tieto nástroje vyrobil? Predbežne sa okolo tejto lokality nenašli nijaké ľudské fosílie, okrem jediného, záhadného zuba. Vek a geografická poloha nástrojov naznačujú, že to boli hominidi. Buď druhu **Kenyantropus platyops**, ktorí v tom čase obývali oblasti západnej Turkany, alebo druhu **Australopithecus afarensis**, ktorý vedci vyčlenili v súvislosti s nálezmi kostí zvierat v oblasti Dikika, alebo druhu **Australopithecus deyiremda**, ktorý pomenovali po nedávnom náleze sánky v Etiópii.

V prípade prvých dvoch druhov by to bolo prekvapenie. Ich mozog je približne taký veľký ako mozog šimpanzov. Teda nie zväčšený, aký by mal mať výrobca kamenných nástrojov. (Parametre mozgu Australopithecus deyiremda nepoznáme.)

Štiepači kameňa by podľa vedcov nemali mať malý mozog. **Predpokladajú, že potreba nástrojov sa objavila vtedy, keď sa naši predkovia vzdali života na stromoch a stali sa chodiacimi dvojnožcami.** Iba tak sa mohli ich ruky oslobodiť od lozenia v korunách stromov a nadobudnúť tvar rúk, schopných vyrábať kamenné nástroje. Anatómia dru-



hu *A. afarensis* (jedného z troch druhov, ku ktorému by mohla patriť hlava) naznačuje, že hoci sa pohyboval „na zadných“, ešte dlho si uchoval aj schopnosť liezť po stromoch. Najmä v ohrození predátormi.

Do akej miery bol významný presun zo stromov na povrch Zeme pre vývoj industriie kamenných nástrojov?

Aj nástroje z lokality Lomekwi 3 prinútili vedcov premýšľať, prečo začali hominidi vyvíjať kamenné nástroje. Rekonštrukcia paleoprostredia okolo Lomekwi 3 pred 3,3 miliardami rokov naznačuje, že tam dominovali lesy. Teda nie savana, ktorá si podľa niektorých expertov vynútila výrobu kamenných nástrojov. Vedci si však kladú niekoľko ďalších otázok: **Prečo sú nástroje z Lomekwi 3 v čase také izolované? Ak manufaktúra na výrobu kamenných nástrojov ponúkla našim predkom vzácne nástroje, prečo sa v jej okolí neobjavili aj ďalší výrobcovia?** Odpovede na tieto otázky dlho nenašli.

Aj šimpanzy používajú nástroje

Najnovšie štúdie do istej miery načrtli, ako mohol tvor, oveľa primitívnejší ako *Homo*, vyrábať kamenné nástroje. Vysvitlo, že niektoré odlišnosti kognitívnych schopností medzi hominidmi a inými primátmi neboli asi také veľké ako sa predpokladalo.

Z pozorovaní správania nám najbližších primátov v divočine vyplynulo, že hoci kamenné nástroje nevyrábajú, majú viacero kognitívnych schopností na to, aby ich vyrábať mohli. David Braun z George Washington University a Susana Carvalho z Oxfordu zistili, že divoké šimpanzy z Bossou (Guinea) používajú kameň na roztlákanie orechov.

Ba čo viac: tieto šimpanzy pochopili odlišné vlastnosti hornín. Dokážu si vybrať ten najvhodnejší, najtvrdší kameň. Vedci priviezli do Bossou pestrú paletu kameňov z Kene a roztrúsili ich v pralese okolo stromov, ktorých plody šimpanzy roztlkajú. Napriek tomu, že s podhodnými horninami

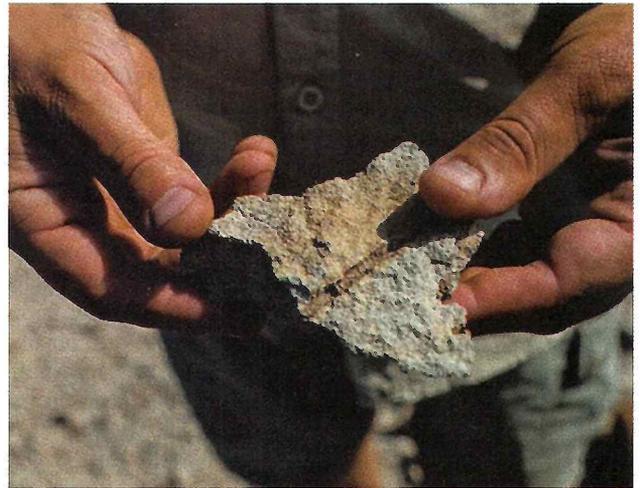
mi nemali nijakú skúsenosť, všetky šimpanzy si neomylné vybrali tie najvhodnejšie kamene.

Nicholas Toth zo Stone Age Institute v Bloomingtone (Indiana) predviedol, že šimpanzy bonobo sa môžu naučiť vyrábať tenké, ostré štiepky a rozrezať nimi povraz.

Vývoj kamenných nástrojov si nevyžadoval génia. Tomos Proffitt z Oxfordu nedávno zverejnil svoje pozorovania opíc-kapucínov v Serra de Capivara National Park (Brazília). Tieto opice dokážu naštiepať ostré, kamenné britvy, na nerozoznanie od tých z Olduvai. Kamene z kremencov, hojne sa vyskytujúcich v okolí, využívajú opice ako kladivo, búšiacie na kremennú nákovu, trčiacu zo Zeme. A „vyrábajú“ tak celú paletu najrozličnejších nástrojov, vrátane tých v tvare nabe-račky na polievku. Všetky sú produktom tzv. lastúrovitého, konvexného štiepania (conchoidal fracturing).

Opice si však tieto štiepky nevšímajú. Produktom ich úsilia je kremičitý prach, ktorý zlizujú z nákovy v prestávkach medzi búšením. **Nesprávali sa rovnako aj prví hominidi? Nie sú kamenné štiepky iba produktom náhodnej činnosti? Alebo nevyužívali iba prírodné britvy, ktoré vznikli prirodzeným rozpádom hornín? A až oveľa neskoršie ich začali uvedomelo používať ako nástroje?**

Možnosť, že výrobcovia nástrojov z Lomekwi mali ruky, ktoré sa hodili tak na lozenie po stromoch ako aj na výrobu kamenných nástrojov, nie je až taká nepravdepodobná. Ide skôr o to, čo tie ruky dokázali vyrobiť. Ruka moderného človeka s krátkymi, rovnými prstami a dlhým palcom výčnievajúcim

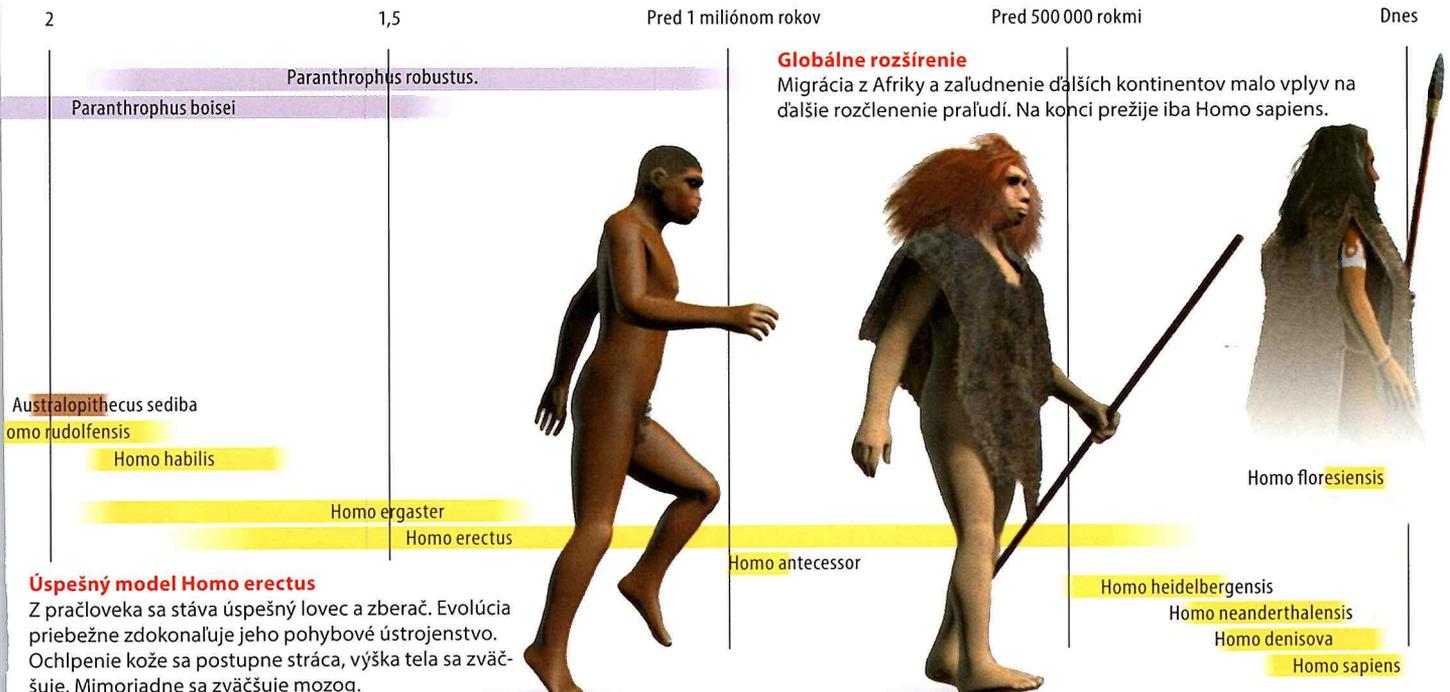


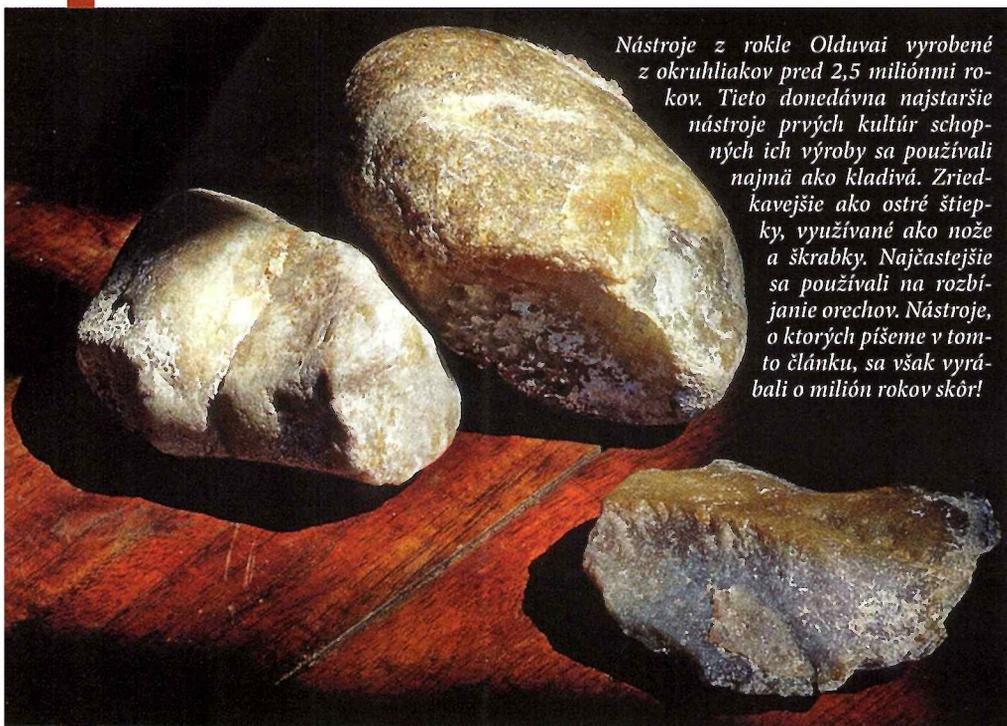
Stuhnutý vulkanický popol, takzvaný Toronto Tuff, pomohol vedcom upresniť vek lokality.

do strany je orgán vyvinutý pre silu, presnosť a obratnosť. Je to nástroj, ktorý využijeme, keď vezmeme do ruky kladivo, otáčame kľúčom v zámke, alebo ťukáme prstami po klávesnici. Rovnako obratné sú však aj ruky šimpanzov, bonobov či kapucínov, primátov, ktorí majú ruky prispôbené pohybu na stromoch a oberaniu plodov. Obratné boli podistým aj ruky prvých hominidov.

A naozaj: najnovšie štúdie fosilizovaných článkov prstov troch druhov hominidov s malým mozgom (*Australopithecus africanus*, *Australopithecus sediba* a *Homo naledi*) potvrdzujú kombináciu všetkých týchto aktivít. Všetky tri druhy mali zakrivené prsty, dôsledok prispôbenia životu na stromoch. Na druhej strane: vyzerajú presne tak ako prsty výrobcov kamenných nástrojov.

Tracy Kiveliová a Matt Skinner z University of Kent (Anglicko) preskúmali vnútorné štruktúry kostí šimpanzov. Zistili, že schopnosti loziť po stromoch a vyrábať nástroje sa nevyklučujú. Ruky výrobcov nástrojov sa však časom menili a zmenili.





Nástroje z rokle Olduvai vyrobené z okruhliakov pred 2,5 miliónmi rokov. Tieto donedávna najstaršie nástroje prvých kultúr schopných ich výroby sa používali najmä ako kladivá. Zriedkavejšie ako ostré štiepky, využívané ako nože a škrabky. Najčastejšie sa používali na rozbiť orechov. Nástroje, o ktorých píšeme v tomto článku, sa však vyrábali o milión rokov skôr!

Nástroje pravekých mäsiarov

Jedného dňa sa paleoantropológovia z tímu Lomekwi rozhodli pripraviť jedlo z kozy. Od miestnych pastierov kúpili kozu a domorodého kuchára Alfreda Kole Kokiho požiadali, aby kozu spracoval a upiekol pomocou replík kamenných nástrojov. Koki, skúsený mäsiar, sa spočiatku zdráhal. Napokon však dokázal ostrým kamennej britvy stiahnuť kožu z celého zvieratá a rozkrájať ho (cez kľby) na kusy.

Nick Taylor zo Stony Brook, Angličan so zmyslom pre humor, zaznamenával, ako si Koki inštinktívne vyberá jednotlivé britvy a ako dlho mu trvá, kým si po otupení jednej vyberie ďalšiu.

Taylor opotrebované britvy uschoval, aby ich neskôr mohol porovnať s pravekými nástrojmi. Zároveň začal zbierať aj praveké kosti s cieľom preštudovať prípadné stopy, škraban-

ce a zárezy, spôsobené kamennými nástrojmi. V budúcnosti chce pomocou týchto nástrojov rezať rastlinné materiály vrátane dreva a hlúz. Navyše, chcel by v Lomekwi dôkladne preskúmať všetky typy nástrojov a zistiť, akým spôsobom sa mohli použiť.

Nech už bol dôvod, pre ktorý hominidy z Lomekwi vyrábali nástroje hocijaký, ich počítanie dlho nik nenapodobnil. Kamenné nástroje z pomerne nedávnej Gany vyrobili o 700 000 rokov neskoršie.

Je možné, že aj v tomto období sa kamenné industrie rozvíjali, ale archeológovia ich zatiaľ nenašli? Alebo táto technológia postupne vyhynula? Bez nasledovníkov, bez vzťahu k technológiám z Olduvai. Prečo...?

Nástroje z Olduvai sú variabilné a niekoľkokrát prebrúsené. Vedci rozpoznali v rozličných obdobiach a na rozličných miestach celú paletu štýlov olduvianskej technológie. **Kontinuitu medzi nimi však nezaznamenali. Zdá sa, že nešlo iba o jedno, ale o niekoľko hniezd Olduvanov.**

Tak, alebo onak: je takmer isté, že niekoľko vetví hominidov, ale i primátov experimentovalo, nezávisle od seba, s výrobou kamenných nástrojov. **Vyvrátilo to predpoklad, že keď sa raz technológia zrodila, nezadržateľne sa šírila do okolia.**

V prakticky ľudoprázdnom svete, keď jednotlivé skupiny hominidov boli roztratené v rozľahlých priestoroch divočiny, sa technológia nešírila ľahko. Alebo: zanikli preto, že potomkovia vynálezcov ich nedokázali používať, prípadne sa bez nástrojov zaobíšli.

Zhruba pred 2 miliónmi rokov sa však čosi zmenilo. Nástroje z tohto obdobia, hoci z rozličných lokalít, vyzerajú tak, akoby ich vyrobili podľa rovnakého know-how. Pred 1,7 miliónmi rokov sa objavila ešte dokonalejšia technológia: Acheulénská. Prslávila sa ručnou sekerou, ktorá sa

z Afriky rozšírila do ostatných častí pravekého sveta.

Zdá sa, že tento posun súvisí z vylepšením spôsobu šírenia a osvojovania si informácií. Správanie šimpanzov prezrádza, že ich prenos informácií nie je veľmi presný. Spočíva na učení prostredníctvom pozorovania. Pri riešení jednoduchých problémov to funguje celkom dobre: na konci 6 týždňov trvajúceho experimentu so šimpanzmi v Bossou Angličania zistili, že celá pospolitost šimpanzov využíva kamene rovnakým spôsobom.

Aktivita sa rozširovala pomocou recyklačného správania (napodobovania). Mladý šimpanz občasne pozorne sledoval počínanie dospelého jedinca. Zapamätal si, ako rozbiť škrupiny orechov, a potom sa o to pokúsil sám. Väčšinou s rovnakým efektom.

Moderní ľudia sa neučia iba napodobovať, ale aktívne si osvojiť umenie vytvárať komplexné veci (ako napiecť koláče, ako riadiť auto či lietadlo), čo je mimoriadne presný, verný prenos informácií.

Braun: „Variabilita nástrojov z Lomekwi svedčí o menej vernom prenose informácií. Štandardizácia neskorších nástrojov z Olduvai a ešte dokonalejších z Acheulénskeho obdobia signalizujú vývoj čoraz efektívnejších spôsobov uchovávaní a odovzdávania vedomostí. Iba tak sa ľuďom podarilo dosiahnuť úroveň technologickej komplexnosti, celistvosti.

Do praveku ľudstva sme iba nazreli

Paleoarcheológovia sú presvedčení, že v lokalite Lomekwi 3 nájdu ešte staršie nástroje. Jedného dňa sa Lewis, Lokordi a Xavier Boes (z French National Institute for Preventive Archeological Research) vybrali do oblasti, kde boli ešte staršie usadeniny ako pri Lomekwi. Prenasledovaní krútnavami prachu skúmali brehy pozdĺž vyschnutých koryt volakedajších riek. Napokon sa dostali do toho koryta, ktoré minuli, keď pred piatimi rokmi zablúdili.

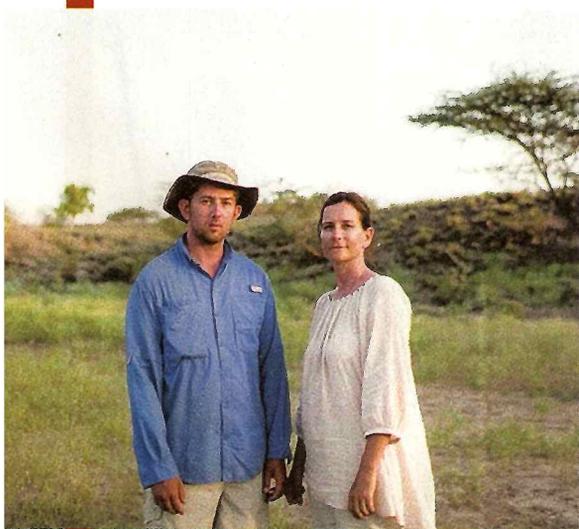
Všetci traja už dokázali v červenkastej, zaprášenej drvine pod nohami rozlíšiť produkty kamennej industrie. Lokordi dokonca našiel kameň so znakmi lastúrovitého štiepenia. **Odhadli, že by mohol mať 3,5 milióna rokov!** Chceli však mať istotu, preto preskúmali aj usadeniny v brehoch, z ktorých sa kameň mohol, ale nemusel uvoľniť.

Lewis kameň odfotografoval a zaznamenal jeho polohu. V budúcnosti vedci túto lokalitu, iba 5 kilometrov vzdialenú od Lomekwi 3, starostlivo preskúmajú.

Iba po ujasnení toho, **aká technológia sa zrodila pred Lomekwi 3 a po nej,** získajú vedci jasnejší obraz o tom, do akej miery zmeny prírodného prostredia vplývali na premeny stravovania, nástrojov a predkov druhu Homo. Zdá sa, že toto všetko sa odohralo oveľa skôr, ako sme si mysleli. Kúsky pravekej kultúry sa roztrhali, ale to neznamená, že nedajú opäť poskladať.

Rocheová na margo objavov v Turkane poznamenala: „Vieme už veľa, ale to nestačí. Ved' my vlastne iba začíname.“

Scientific American
E. G.



Sonia Harmandová a jej manžel Jason Lewis, vedúci expedície West Turkana Archaeological Project, objavili lokalitu Lomekwi 3.

Exoplanéta vyvoláva pulzy materskej hviezdy

Okolo hviezdy HAT-P-2, vzdalenej 499 svetelných rokov, krúži plynový obor s hmotnosťou 8 MJ. Ide o jednu z najhmotnejších známych exoplanét. Obieha okolo materskej hviezdy po výstrednej eliptickej dráhe, počas ktorej sa k hviezde pravidelne extrémne približuje.

Vedci z MIT (Massachusetts Institute of Technology) pozorovali hviezdu HAT-P-2 vesmírnym ďalekohľadom Spitzer. Zo získaných údajov vyplynulo, že hviezda začne oscilovať po uplynutí každých 90 minút! Inými slovami: hviezda pulzuje, periodicky mení svoju

ideálnym objektom. Pohybuje sa po takej výstrednej dráhe, že jej atmosféra sa striedavo extrémne zohrieva, aby vzápätí rýchlo vychladla. Hviezda do atmosféry planéty pravidelne (po každom priblížení) napumpuje množstvo energie. Vedci chceli zistiť, ako sa táto energia v atmosfére prerozdeľuje.

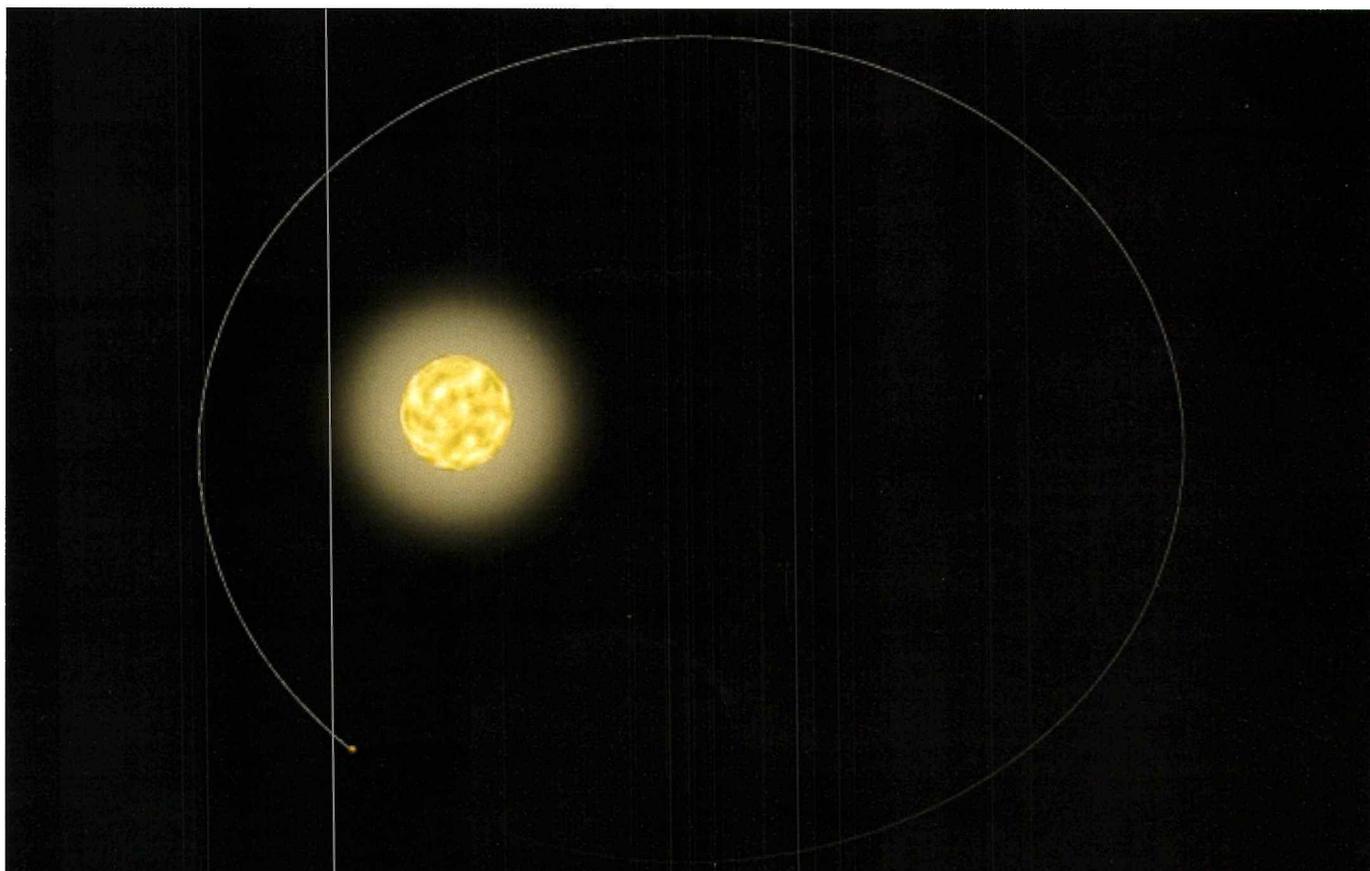
Na Spitzeri prideliť de Witovu tímu 350 hodín, rozložených do rokov 2011 až 2015. Toľko času nedostal zatiaľ na tomto vesmírnom infračervenom ďalekohľadu nijaký iný tím. Vďaka tomu vedci zachytili neuveriteľne slabé signály, bez ktorých by mapu rozloženia teploty v atmosfére plynového obra nedokázali

svetla hviezdy) s periódou 90 minút. Ukázalo sa, že sa to deje v súlade s pohybom planéty okolo hviezdy.

De Wit: „Boli to naozaj slabučké signály.“

Spřška teórií, veľká záhada

Pulzovanie/oscilácia hviezd sa prejavuje tak, že ich povrch sa v dôsledku zatiaľ neobjasnených vnútorných procesov pravidelne vzdúva a klesá. Nepatrné pulzovanie hviezdy HAT-P-2, objavené tímom de Wita, však dozaista súvisí s pohybom planéty po obežnej dráhe. Čosi také astronómovia zatiaľ nezaznamenali. Vylúčili možné efekty (napríklad vibrácie prístrojov sondy), ktoré by ich mohli mýliť, a usúdili, že oscilácie musí vyvolávať planéta. V minulosti pozorovali správanie najrozličnejších objektov, aj veľmi hmotných, rotujúcich hviezd v sústave dvojhviezd. Neraz zistili, že príťažlivosť hmotnejšej hviezdy vyvoláva na druhej, menšej hviezde vibrácie. Fakt, že podobne môže na hviezdu pôsobiť aj planéta,



Okolo hviezdy HAT-P-2 krúži po výstrednej obežnej dráhe exoplanéta HAT-P-2b. Vo fáze najväčšieho priblíženia vyvoláva na materskej hviezde drobné oscilácie/pulzy. Takýto vplyv planéty na hviezdu vedci doteraz nezaznamenali.

veľkosť presne v rytme obbehov exoplanéty. Julien de Wit, vedúci tímu: „Nazdávali sme sa, že taká planéta nemôže existovať.“

Náhodná detekcia

Záhadne pulzy objavili vedci náhodou. Pôvodne chceli vytvoriť presnú mapu rozloženia teploty v atmosfére exoplanéty počas celého jej obehu okolo hviezdy. Taká mapa by umožnila pochopiť, ako energia v atmosfére cirkuluje. S cieľom vytvoriť vzorce týchto vetrov a určiť ich zloženie.

Planéta HAT-P-2b je vzhľadom na tento cieľ

vyhotoviť. Analyzovali najmä údaje namerané vo fáze, keď sa vychladnutá planéta vynorila spoza hviezdy a smerovala k najbližšiemu bodu obežnej dráhy; a vo fáze, počas ktorej sa od najbližšieho bodu, maximálne prehriata, vzdalovala. Počas tejto periódy merali jasnosť hviezdy, aby odvodili množstvo energie vo forme tepla, ktorú jej atmosféra pohltila.

Zakaždým, keď sa planéta ocitla za hviezdou, zaznamenali vedci čosi neobvyklé: namiesto plochej krivky, zviditeľňujúcej aktuálny pokles teploty planéty prekrytej hviezdou, sa zároveň objavovali nepatrné hrbolce (oscilácie

hocijako masívna, ich však prekvapil. Ukazuje sa, že na fyzikálne vlastnosti materských hviezd môžu významne vplyvať aj exoplanéty. Inými slovami: hviezda „vníma“ svoju planétu a reaguje na ňu.

Tím vytvoril niekoľko teórií, ktoré by záhadu pulzov mohli vysvetliť. Napríklad: vyvoláva snáď relatívne slabá gravitácia planéty počas najväčšieho priblíženia k hviezde pulzy rovnako, ako keď vysypeme príslovečnú štipku soli do hrnca s vodou, aby rýchlejšie zovrela? Tím overuje aj ďalšie teórie.

Astrophysical Journal Letters; E. G.

Planéty okolo červených trpaslíkov...

...nemusia mať dostatok kyslíka v obývatel'ných zónach. Vedci z NASA sa nazdávajú, že v niektorých obývatel'ných zónach vznik a vývoj života znemožňujú časté erupcie materských hviezd. Počas erupcií sa z týchto hviezd uvoľňuje veľké množstvo stelárnej hmoty a žiarenia.

Planetológovia táto prognóza zarmútila. Keď sa ukázalo, že červené trpaslíky sú dominantnou hviezdou populáciou v Mliečnej ceste (dnes vieme, že aj tieto trpasličie hviezdy majú planetárne sústavy), vedci sa zhodli, že exoplanéty v „zelenom páse“ treba hľadať práve okolo nich. *Poznámka: Každá hviezda má vzhľadom na svoje fyzikálne vlastnosti zelenú/obývatel'nú zónu v inej vzdialenosti. Za zelenú sme donedávna označovali zónu, v ktorej sa na povrchu prípadnej planéty alebo planét udrží voda, aspoň na rovníku, v kvapalnom skupenstve. Bola objavená aj hviezda s tromi planétami v zelenej zóne. Planetológovia zároveň navrhli, aby sa namiesto označenia „zelená“ (zóna či planéta) používalo prídavné meno „obývatel'ná“. Jeden z argumentov: zelená nemusí byť na všetkých exoplanétach prevládajúcou farbou života. Takže aj v tomto článku budeme používať prídavné meno obývatel'ná.)*

Vedci z NASA sa po globálnej analýze údajov z najrozličnejších hviezd rozhodli spresniť definíciu obývatel'ných zón. Najmä s prihliadnutím na aktivitu materských hviezd. Búrliavá, či už pravidelná alebo sporadická aktivita, môže atmosféru exoplanét pripraviť o kyslík. Vedci sa preto snažia definovať najspolahlivejšie materské hviezdy.

Vieme, že od množstva tepla a žiarenia tejto hviezdy závisí aj vzdialenosť a šírka

obývatel'nej zóny. Masívnejšie hviezdy generujú viac tepla a žiarenia, takže obývatel'né zóny okolo nich sú vzdialenejšie. Naopak, menšie a chladnejšie hviezdy majú blízke obývatel'ne zóny.

Hviezdy však okrem viditeľného svetla a tepla emitujú aj röntgenové a UV žiarenie. Navy-

najchladnejšie a najmenšie, ale súčasne najpočetnejšie hviezdy v Mliečnej ceste. Všetky tieto vlastnosti uľahčujú detekciu prípadných exoplanét. Ibaže: červené trpaslíky generujú častejšie a silnejšie erupcie ako naše Slnko! Vedci predbežne nechápu, ako sa tieto protirečivé efekty navzájom ovplyvňujú.



Ilustrácia znázorňuje vulkanickú činnosť na planéte krúžiacej okolo červeného trpaslíka.

še produkujú aj stelárne erupcie, vzplanutia a výrony hmoty z koróny. Tieto úkazy majú vplyv na „počasie“ v okolitom priestore. Žiarenie hviezd spôsobuje eróziu atmosféry exoplanét. Častice s vysokou energiou vytesňujú molekuly vodíka a kyslíka tvoriace H_2O z atmosféry do okolitého priestoru.

Červené trpaslíky

Už sme spomenuli, že červené trpaslíky sú

Významným faktorom obývatel'nosti exoplanét je aj vek materskej hviezdy. Údaje zo sondy Kepler to jednoznačne potvrdzujú. Mladé hviezdy produkujú každý deň supervzplanutia a erupcie, prinajmenšom 10-krát silnejšie ako tie na Slnku. Na hviezdach v strednom veku, rovesníkoch Slnka, pozorujeme supervzplanutia zhruba raz za 100 rokov.

Vladimír Airapetian z Goddard Space Flight Center (Greenbelt, Maryland): „Mladé hviezdy v našej Galaxii majú oveľa nižšiu jasnosť ako dnešné Slnko. Podľa klasickej definície by mala byť obývatel'ná zóna okolo červených trpaslíkov 10 až 20-krát bližšie, ako takáto zóna okolo Slnka. Tieto červené trpaslíky však generujú extrémne UV a röntgenové žiarenie, pričom silnejšie vzplanutia a hviezdne búrky prenikajú aj do obývatel'nej zóny.“

Erózia atmosféry

Extrémne výrony UV a röntgenového žiarenia štiepia molekuly na atómy a ionizujú atmosférické plyny. Počas ionizácie útočí žiarenie na atómy a vyráža z nich elektróny. Elektróny sú oveľa ľahšie ako sformované ióny, takže poľahky unikajú zo zajatia gravitácie.

Oponenti namietajú: ak sa generuje čoraz viac záporne nabitých elektrónov, vytvára sa čoraz silnejšia separácia nábojov, ktorá napokon kladne nabitú iónov z atmosféry vymetie. Tento proces nazývame „ion escape“ (únik iónov).

Alex Gloer z NASA: „Zo Zeme uniká oveľa menej iónov, pretože Slnko generuje v po-

ASTROOBCHOD.sk

Pohlédněte do hlubin vesmíru
vlastním dalekohledem!



ASTROOBCHOD.cz

rovnaní s mladými hviezdami iba zlomok ich aktivity. Tieto procesy modelujeme preto, aby sme pochopili, do akej miery sa tento efekt zosilňuje, ak pridáme toľko energie, ako produkujú mladé hviezdy.“

Model napodobňuje únik kyslíka z planét okolo červených trpaslíkov. S predpokladom, že tam neprebíha vulkanická aktivita a planétu nebombardujú kométy. Z viacerých erózných modelov planetárnych atmosfér vyplýva, že vodík z atmosféry uniká najľahšie. V dôsledku úniku vodíka do okolitého priestoru sa v atmosfére zvyšujú podiely kyslíka a dusíka. Najsilnejšie supervzplanutia však dokážu vyčesať z atmosfér mladých červených trpaslíkov aj kyslík a dusík, základné prvky molekúl, nevyhnutných na vznik života.

Čím intenzívnejšie je röntgenové a extrémne UV žiarenie, tým viac elektrónov vznikne a tým silnejší je únik iónov. S fatálnymi dôsledkami pre atmosféru planéty. Napríklad: planéta na blízkej obežnej dráhe sa môže kvôli úniku kyslíka stať neobývateľnou už po uplynutí niekoľkých desiatok až stoviek miliónov rokov. Postupnou stratou atmosférického kyslíka a vodíka povysychajú aj zásoby vody na planéte. Ešte pred vznikom života! Preto sa štúdie vedcov z NASA zameriavajú najmä na chémiu atmosfér červených trpaslíkov.

Modelovanie straty kyslíka prispeje k presnejšej definícii obývateľnosti v zónach, na ktoré dlhšie pôsobí lokálne „počasie“ vesmíru. Ak planéty krúžia okolo staršej hviezdy s miernejším „počasím“, klasická definícia platí. Ak však materská hviezda emituje röntgenové a intenzívne UV žiarenie (7 až 10-krát silnejšie ako Slnko), platí nová definícia.

Tím v budúcnosti namodeluje aj únik dusíka. Predpokladá sa, že údaje budú porovnateľné s údajom kyslíka, nakoľko dusík je iba nepatrne ľahší ako kyslík.

Proxima b je neobývateľná

Nový model obývateľnosti možno použiť aj pre nedávno objavenú planétu krúžiacu okolo červeného trpaslíka Proxima Centauri. Táto hviezda je najbližším susedom Slnka. Tím aplikoval svoj model na planétu Proxima b, zhruba s parametrami Zeme, ktorá krúži okolo svojej hviezdy v 20-násobne menšej vzdialenosti ako Zem.

Vzhľadom na vek hviezdy a blízkej obežnej dráhe planéty vedci predpokladajú, že Proximu b zaplavujú prúdy röntgenového a intenzívneho UV žiarenia. Zdrojom zničujúceho žiarenia sú supervzplanutia, ktoré sa objavujú každé 2 hodiny.

Vedci vypočítali, že o 10 miliónov rokov sa stratí všetok kyslík z atmosféry Proximy b. Navyše, intenzívna magnetická aktivita a hviezdny vietor, ktorý neprestajne vymetá nabité častice od hviezdy, okolité, beztak drsné „počasie“ ešte viac zhoršuje. Zdá sa, že Proxima b je už dnes neobývateľná.

Sklamanie z väčšiny červených trpaslíkov ešte viac upevnilo presvedčenie, že široko-ďaleko niet pre život vhodnejšej hviezdy ako naše Slnko.

Astrophysical Journal Letters
E. G.



Ilustrácia znázorňuje exoplanétu 51 Pegasi b.

Voda v atmosfére horúceho Jupitera

Molekuly vody v atmosfére exoplanéty 51 Pegasi b (51 Peg b) vedcov prekvapila. Táto exoplanéta je totiž horúci Jupiter, plynový obor, krúžiaci okolo materskej hviezdy po extrémne blízkej dráhe.

51 Peg b, vzdialená 50 svetelných rokov, je prvou objavenou exoplanétou, ktorá obieha okolo hviezdy hlavnej postupnosti. Je zároveň aj prvým horúcim Jupiterom. Do tejto triedy exoplanét zaraďujú dnes vedci telesá, ktorých perióda je kratšia ako 4,23 dňa, ale ich fyzikálne vlastnosti sú podobné vlastnostiam plynových obrov (s hmotnosťou 0,46 MJ) v našej Slnčnej sústave. Tieto planéty majú horúci povrch a okolo svojich hviezd obiehajú vo vzdialenostiach zhruba 0,05 AU.

Astronómia počas pozorovania využila unikátny spektrograf CRILES (CRyogenic high-resolution InfraRed Echelle Spectrograph) prepojený s ďalekohľadom VLT v Čile. Získali tak 42 spektier, pomocou ktorých dokázali určiť posun radiálnej rýchlosti čiar vody na dennej (k hviezde privrátenej) strane atmosféry planéty.

V atmosfére horúceho Jupitera našli molekuly vody. Očakávali, že okrem vody sa v spektre prejaví aj výrazné čiary plynov s vysokým obsahom uhlíka a kyslíka, najmä metánu a oxidu uhličitého. Ukázalo sa, že oproti modelu boli podiely týchto látok zanedbateľné.

Vedci nevyhlúčili nepresnosti merania. Podarilo sa im však vypočítať horný limit rýchlosti rotácie exoplanéty 51 Pegasi b: mala by byť nižšia ako 5,8 km/s. Iba presnejšie merania umožnia zistiť, či medzi planétou a jej materskou hviezdou existuje viazaná rotácia (čiže menšie teleso je k väčšiemu otočené stále tou istou pologulou, rovnako ako to funguje medzi Zemou a Mesiacom).

Presnejšie optické pozorovania exoplanéty 51 Peg b umožnia nezávisle vyhodnotiť odrazené svetlo. Ak infračervené údaje budú vykazovať vyššie hodnoty ako optické, záhadu by mohla vysvetliť iba prítomnosť nejakej „horúcej škrvny“.

ESO Press Release
E. G.

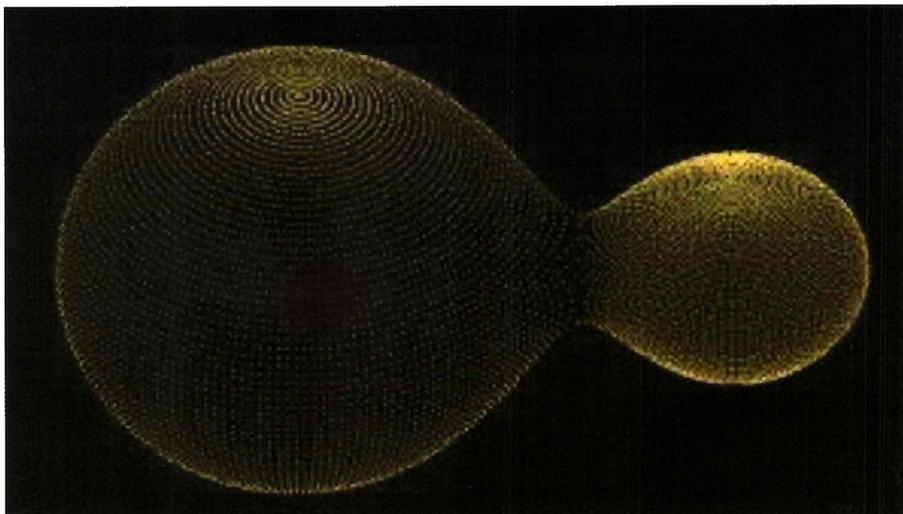
Dvojhviezda pred splynutím

Keď obe zložky dvojhviezdy KIC 983227 splynú, po následnom výbuchu sa sformuje nová, väčšia hviezda. Erupcia sa na oblohe prejaví ako červená nova a bude ju vidno voľným okom.

Najviac dvojhviezd sa nachádza v guľových hviezdokopách. V týchto prastarých zoskupeniach hviezd bolo od ich vzniku „husto“, takže gravitačné hviezdne manželstvá sa tam uzatvárali (a uzatvárajú) pomerne často. Častejšie ako v kolabujúcich oblakoch prachu a plynu, kde sa dvojhviezdy formujú už počas zrodu. Splynutím dvoch hviezd vznikne väčšia hviezda. Niekedy aj superhviezda, napríklad superobor Betelgeuze.

V roku 2008 zaznamenali poľskí vedci z Nicolaus Copernicus Astronomical Center vzplanutie hviezdy V 1309 Scorpii. Objekt pozorovali pomocou OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment). Po vyše 2 000 hodinách pozorovania sa vďaka technológii mikrošoškovkovaania dozvedeli, že V 1309 Sco je kontaktná dvojhviezda! Znamená to, že počas obehu spoločného ťažiska sa k sebe približili natoľko, že sa „bozkávajú“.

Bozk dvoch zložiek dvojhviezdy zvestuje, že čo nevidieť splynú. Poliáci ich zastihli vo fáze, keď už majú spoločnú atmosféru a pripomí-



Kontaktná dvojhviezda KIC 983227. Väčšia hviezda má o polovicu väčší priemer ako Slnko, druhá má priemer o 20 % menší. Dvojhviezda je vzdialená 18 000 svetelných rokov.

najú dva oriešky v škrupine.

Pozn. red.: *Termín kiss (bozk) sa v ostatných rokoch bežne používa aj v odbornej literatúre.*

Obe zložky „poľskej“ dvojhviezdy obiehali v roku 2008 ešte pred bozkom spoločného ťažiska za 1,4 dňa. Táto perióda sa dramaticky skracovala, lebo ich pohyb brzdila spoločná atmosféra. Od chvíle, keď sa obe atmosféry spojili a premiešali, začal sa objekt zjasňovať, až kým dve hviezdne jadrá nesplynuli, pričom sa uvoľnila ozrutná energia: výsledná hviezda bola 10 000-krát jasnejšia ako pôvodná dvojhviezda.

Rovnaký osud ako V 1309 Scorpii čaká aj dvojhviezdu KIC 983227. Zložky KIC obehnú dnes okolo spoločného ťažiska za 11 hodín. Objekt (11. mag) sa nachádza v súhvezdí Labute.

Vedci z Lawrence College zistili, že perióda dvojhviezdy sa počas ostatných rokov významne skrátila. Obe hviezdy krúžia okolo seba tak rýchlo, ako V 1309 Scorpii tesne pred splynutím. Zmenu rýchlosti však mohol spôsobiť aj ďalší, vzdialený hviezdny spolupútnik dvojhviezdy.

Američania, ktorí dvojhviezdu KIC študujú už 17 rokov, predpovedajú objekt našli. Z jeho parametrov vyplýva, že spôsobuje skracovanie periód, a teda aj približovanie oboch zložiek dvojhviezdy. Vedci vypočítali, že dvojhviezda KIC 983227 splynie v roku 2022! (Plus/mínus jeden rok.)

Bez ohľadu na dátum splynutia vyvstáva okolo tejto dvojhviezdy ešte niekoľko problémov. Vedci netušia, kedy dôjde k výbuchu. Dvojhviezda V 1309 Sco sa začala zjasňovať dva roky pred veľkým zábleskom. V prípade KIC 983227 sa objekt začne zjasňovať zhruba mesiac pred vzplanutím.

Smelú predpoveď Američanov posudzujú špecialisti na dvojhviezdy skepticky. Nazdávajú sa, že astronómia zatiaľ zaznamenala príliš málo takýchto prípadov, aby sa z nich dalo, hoci štatisticky, čokoľvek odvodiť s takou presnosťou.

Poloha KIC 983227 na severnej oblohe i jej jasnosť robia z nej skvelý terč aj pre amatérov. Nečudo, že Američania ich do monitorovania objektu zapojili. Pozor však: táto dvojhviezda sa vyskytuje v odlišných katalógoch pod odlišnými názvami.

Čo sa týka dvojhviezdy V 1309 Scorpii, ktorá slúži vedcom ako etalón pri štúdiu dvojhviezd tesne pred splynutím, tá patrí do kategórie červených nov.

Prekrásnym príkladom dôsledkov výbuchu červenej novy je V 838 Monocerotis, ktorý v roku 2002 zaznamenal Hubblov vesmírny ďalekohľad. Rozpínajúce sa okvetie po výbuchu novy patrí medzi najkrajšie snímky v archíve HST. Astronómovia si však nie sú celkom načistom, či všetky červené novy možno vysvetliť gravitačným splynutím zložiek dvojhviezdy.

Calvin College Press Release
E. G.

<http://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/stars-en-route-to-merger/>



Svetlo po erupcii V 838 Monocerotis v roku 2002 na snímke HST z roku 2006.

Žeň objevů 2015 - A

Věnováno památce Mgr. Holovské - Kellnerové (*1946) z Planetária hl. m. Prahy a z redakce Kosmických rozhledů České astronomické společnosti.

Předmluva

Během půlstoletí výročních přehledů o rozvoji astronomie se rozsah a výsledky astronomického bádání zmnohonásobily. Zatímco první Žně objevů z r. 1966 publikované v časopise Říše hvězd měly 8 normalizovaných stran, tj. asi 14,5 tis. znaků, tak 49. přehled za rok 2014 psaný pro časopis *Kozmos* to dotáhl na 572 tis. znaků, tj. cca 317 normalizovaných stran, což je rozsah běžné knihy. Nabobtnal tedy na téměř 22násobek proti počátku...

Nastal tedy nutně čas pro reformu, kterou po delší přípravě chceme předložit čtenářům počínaje jubilejním 50. ročníkem Žní. Reforma spočívá v tom, že se o přípravu tištěných Žní budeme dělit ve trojici společně s Mgr. Martinem Gembecem a Mgr. Davidem Ondříchem. Zatímco sám se soustředím na sbírání podkladů pro výsledný text z odborných vědeckých časopisů, Martin a David budou z těchto podkladů připravovat texty pro *Kozmos*.

Od reformy si hlavně slibujeme kratší prodlevu mezi koncem daného roku a tištěnou verzí Žní. Prosíme čtenáře *Kozmosu*, aby nám drželi palce, abychom ty každoroční Žně zvládali co nejrychleji.

Praha 1. 1. 2018

Jiří Grygar

1. Sluneční soustava

1.1. Planety Sluneční soustavy

1.1.1. Merkur

30. dubna 2015 v 19:26 UT skončila mise sondy **MESSENGER** nárazem do planety (rychlostí 3,91 km/s v souřadnicích 54,5N, 210,1E). Mise s celým názvem *MErcury Surface, Space ENvironment, GEOchemistry, and Ranging* začala startem 3. 8. 2004. Na cestě k Merkuru sonda provedla gravitační manévry kolem *Země* (2. 8. 2005) a *Venuše* (24. 10. 2006 a 5. 6. 2007). Poté následovaly tři průlety kolem *Merkuru* (14. 1. 2008, 6. 10. 2008 a 29. 9. 2009). Nakonec se sonda dostala na protáhlou eliptickou dráhu kolem planety (18. 3. 2011, 15 tis. km × 200 km), kde pracovala čtyři roky (oběhla planetu celkem 4 105×). V březnu 2014 bylo pericentrum dráhy sníženo pod 50 km. Sonda pracovala o 3 roky déle, než se původně plánovalo, a skončila až kvůli vyčerpání zásob pohonných látek ke korekcím dráhy.

M. Bruck Syalová aj. využili data z neutronového spektrometru i z pozemních laboratorních měření k vysvětlení, proč je *Merkur na povrchu tmavý* (dokonce o 7% více, než Měsíc). Zatímco více než polovinu objemu planety tvoří železo (sahá až k 85% poloměru), na povrchu není skoro žádné. Tmavý materiál, tvořící asi 3–6% povrchu, je tvořen *uhlíkem*. Ten sem podle studie přinesly mikrometeority z kometárního materiálu bohatého na uhlík. Mikrometeoritů u Merkuru je podle modelů asi 50× více, než u Měsíce, což dává dobrou shodu s pozorovaným tmavším albedem Merkuru.

A. Stark aj. analyzovali data z tří roků měření laserovým výškoměrem a určili tak přesněji **rotační parametry Merkuru**. Planeta podle nových měření rotuje o 9 sekund rychleji (doba otočky 58,6460768 dne ± 0,78 s). Mohou za to gravitační efekty jiných těles (především *Jupiteru*). Tým tak potvrdil, že vnější jádro Merkuru je tekuté a rotuje jinou rychlostí než vnitřní tuhé vrstvy.

C. Johnsonová aj. prokázali, že Merkur je kromě *Země* jedinou planetou, u níž existovalo **magnetické dynamo** generované vnitřními procesy. Z měření při nízkých průletech

pod 150 km vyplývá, že horniny, které krystalizovaly v kůře Merkuru před 3,7 až 3,9 miliardami let, v sobě uvěznilly *remanentní magnetické pole*.

1.1.2. Venuše

Skončila mise **Venus Express**. Tato evropská sonda pracovala u Venuše od 11. 4. 2006 na protáhlé polární dráze 66 000 × 250 km. Během roku 2014 bylo pericentrum její dráhy sníženo pod 200 km až na rekordních 129,3 km (proměnné brzdění sondy v atmosféře prokázalo, že hustota atmosféry kolísá v čase). Oběžná dráha se zkrátila z 24 hodin na 22 h 20 min. Když došlo palivo, sonda se 28. 11. 2014 odmlčela a mise byla 16. 12. 2014 oficiálně ukončena. Předpokládá se, že sonda zanikla v atmosféře přibližně v polovině ledna 2015. Sonda pozorovala infračerveným spektrometrem rychlé změny povrchové teploty v tektonických riftových zónách a v návaznosti na tato pozorování stouplo i množství oxidu siřičitého ve vrchních vrstvách atmosféry v letech 2006–2007 s následným poklesem do roku 2012. Horké skvrny se nachází v místech, kde jsou lávové proudy staré maximálně 2,5 miliónu let. Pozorování přispělo k potvrzení hypotézy, že na Venuši probíhá vulkanická aktivita.

Po pěti letech se v prosinci 2015 vrátila k Venuši japonská sonda **Akatsuki** („Úsvit“). Té se předčasně vypnul v prosinci 2010 brzdící motor, který by ji navedl na oběžnou dráhu. Japonští inženýři však vymysleli záložní plán a brzdění zopakovali s pomocí čtyř orientačních trysek zapálených na 20 minut. Od 7. 12. 2015 je tedy sonda na protáhlé dráze kolem planety 440 000 × 400 km a oběžnou dobou 13 dní a 14 hodin. Jakmile bude dráha během roku 2016 snížena (oběh přibližně jednou za 9 dní), započne vědecký výzkum. Hlavním bodem zájmu bude atmosféra planety, kde tak naváže na výzkum *Venus Express*. Mise má trvat dva roky.

B. Grocholski uvádí, že podobně jako má *Jupiter* svoji Velkou červenou skvrnu, *Venuše* má také svůj **trvalý atmosférický útvar ve tvaru velkého Y**. Tento útvar patrný jen na snímcích v ultrafialovém oboru se pokusil vysvětlit J. Peralta aj. pomocí aktualizovaného atmosférického modelu. Větrům deformovaná rovníková vlna v něm reprodukovala

svým tvarem, tmavostí a časovým vývojem pozorovaný jev tvaru Y. Model by mohl být použitelný i pro jiná pomalu rotující tělesa nejen v naší planetární soustavě.

R. Todd Clancy aj. prezentovali výsledky **mapování větru** v nižší termosféře Venuše (100–120 km) poblíž terminátoru planety. Použili k tomu radioteleskop *Jamese Clerka Maxwellla* při přechodu Venuše přes Slunce 2012. Před přechodem a po něm měřili rychlosti větru na noční straně Venuše, kde panují dost chaotické poměry, co se větru týče. Během přechodu Venuše zjistili, že na večerním terminátoru vanou **nadzvukové větry** rychlostí 200–300 m/s, což je o 50–150 m/s více než na ranním terminátoru. Vysvětlení navíc komplikuje fakt, že během časové škály pozorování 1–2 hodiny kolísala rychlost větru až o 50 %.

1.1.3. Země – Měsíc

1.1.3.1. Atmosféra, povrch a nitro Země

D. Peppe & D. Royerová a také C. Poulsen aj. uvádějí, že změny v **koncentraci kyslíku** měly v minulosti vliv na změny teploty na Zemi. Simulace podnebí do dávné minulosti se totiž často nedaří napasovat na pozorovaná data, pokud není zahrnuta nerealisticky vysoká hodnota zastoupení oxidu uhličitého. Řešení přichází z nečekané strany. *Množství kyslíku v atmosféře ovlivňuje skleníkový efekt*. Během posledních 500 mil. let kolísala koncentrace kyslíku v atmosféře mezi 10 a 35 %. Simulace ukázaly, že v dobách nízké koncentrace kyslíku a tím nižší hustoty atmosféry je rozptýl krátkovlnného záření na molekulách vzduchu a oblačnosti menší. Důsledkem zvýšeného působení krátkovlnného záření na povrch oceánů je větší výpar a zvýšení průměrného množství srážek, což má za následek zvýšení globální povrchové teploty.

A. DeAngelis aj. uvádějí, že když se na Zemi zvýší průměrná teplota, množství srážek se nezvýší tak, jak mnohé modely předpokládají, protože vodní pára v atmosféře začne silněji pohlcovat složku blízkého infračerveného záření. Na **koloběhu vody** se podílí množství pohlceného záření při povrchu. Jestliže však stoupne množství vodní páry v atmosféře, tento cyklus je narušen a výpar se zmenší. Problém dosavadních klimatických modelů spočívá ve velkých nárocích na výpočetní čas. Pokud tedy do nich zahrneme nejtýpější vlnové délky slunečního záření, které se podílejí na ohřevu povrchu a atmosféry, a naopak ostatní vlnové délky zanedbáme, nebo zjednodušíme model tím, že je sloučíme dohromady, může docházet k odchylkám od reality. Teorie sice popisuje celosvětový pohled na množství srážek, nedokáže však objasnit vliv globálního oteplování na množství lokálních srážek. Je zřejmé, že náš *pohled na mechanismus pohlcování tepelného záření v atmosféře není ještě dostatečně přesný*.

Podle údajů amerického *Národního úřadu pro oceány a atmosféru* (NOAA) dosáhlo od začátku měření v roce 1960 zastoupení **oxidu uhličitého** v atmosféře v roce 2015 nového rekordu. Celosvětová měsíční hodnota CO₂ překročila v březnu 400 částic na milion (ppm). Denní hodnoty CO₂ v oblasti Arktidy překročily koncentraci 400 ppm už v roce 2012.

Mezinárodní meteorologická organizace uvádí, že **ozónová díra** nad Antarktidou byla v roce 2015 třetí největší v historii, po rekordních letech 2000 a 2006. V září a říjnu zabírala plochu 26,9 mil. km². Důvodem by měly být nižší teploty v polární stratosféře, než je obvyklé. To vedlo k tvorbě oblačnosti, na jejímž povrchu se chlor mohl snáze měnit na látku ničící ozón. Z dlouhodobého hlediska se stále očekává, že dojde k obnovení ozónové vrstvy, neboť je všeobecně dodržován Montrealský protokol o nevypouštění plynů ničících ozón.

J. Mitrovica aj. potvrzují, že růst výšky hladiny oceánů v důsledku tání pevninských ledovců má vliv na **zpomalování**

vání rotace Země. Zpřesnili tak výpočty z roku 2002 a přepočítali, jak se měnila poloha geografických pólů za posledních 3 000 let.

Podle J. Rosenové stoupá **hladina oceánů** více, než se očekávalo. Zatímco během devadesátých let byl růst pomalejší, nyní se zrychluje a činí 2,6 až 2,9 milimetru za rok.

Mezinárodní meteorologická organizace zmínila, že ve východní rovníkové části Tichého oceánu stoupala povrchová teplota s tím, jak zesiloval jev **El Niño**. Teplota o dva stupně vyšší, než normál řadí El Niño roku 2015 mezi nejsilnější spolu s roky 1972–73, 1982–83 a 1997–98. Modely předpokládají pokračování jevu až do roku 2016.

Jaké jsou naše představy o **původu vody** na Zemi, upřesnila studie na základě měření sondy *Rosetta*. H. Schliting aj. uvádí, že *původní voda se odpařila v důsledku těžkého bombardování* (období vzniku Měsíce a zásahy planetkami). Objem vody na Zemi je asi 1,4 mld. km³. To by dokázaly přinést komety v počtu několika tisíc, pokud by velikost jádra byla průměrně 50 km. K. Altweggová aj. však z měření sondy *Rosetta* u komety **67P/Čurjumov-Gerasimenková** prokázaly, že podíl deuteria a běžného vodíku je zde 3,5× vyšší než v pozemských oceánech. W. Panerová a J. Pigott uvážují, že by voda mohla pocházet z hlubin Země, z minerálu **ringwoodit**, ve vrstvě v hloubce 500 až 800 km. Jenže se ukazuje, že desková tektonika začíná až zhruba miliardu let po vzniku Země, takže voda se na Zemi musela dostat spíše z kosmu a potom se do hry vrací představa, že ji sem donesly planetky pokryté ledem.

Tým L. Hallisové zkoumal poměr **deuteria a běžného vodíku** v lávách na *Baffinově ostrově* a *Islandu*, přičemž zjistili, že hluboko v zemském plášti, kde by měly být horniny kompletně izolovány od povrchu, je méně deuteria. Vědci se domnívají, že výskyt této „odlišné vody“ naznačuje, že Země ji získala ještě z prachu obaleného ledem vznikající *prasluneční mlhoviny*.

M. Romano a R. Cifelli připomněli, že před 100 lety přišel *Alfred Wegener* s myšlenkou **kontinentálního driftu**. Tento německý geofyzik a meteorolog a badatel, který přispěl k prvním výzkumům v oblasti Grónska, přišel již 6. ledna 1912 s první tezí o pohybu kontinentů, ovšem klíčové dílo vydal až v roce 1915.

S. Bowlerová uvádí, že je pro nás dosud hádankou vývoj vnitřních částí Země. Otázka, zda zemské magnetické pole je závislé na tuhém vnitřním jádru, zůstává nevyřešena. Od roku 2013 se zdá, že **vnitřní jádro** vzniklo teprve před 500 mil. let. Pak ale vzniká otázka, jak mohl fungovat stabilní efekt dynamika již před 3,9 miliardami let?

Podle studie J. Tarduna a kolegů z University of Rochester měla mladá Země magnetické pole měnící svoji indukci od 12 % do 100 % současných hodnot. Měřili slabé stopy magnetismu v železitých minerálech uvězněných uvnitř zirkonových krystalů starých až 4 miliardy let, které se nacházejí v západní Austrálii. Dosud se nepředpokládalo, že Země byla schopna vytvořit magnetické pole tak brzy. Už v té době představovalo dobrý, nebo dokonce téměř dokonalý štít proti slunečnímu větru. To činilo z mladé Země dobré místo pro život už 500 mil. let po jejím vzniku. Zároveň to ukazuje na existenci **deskové tektoniky** na geologicky mladé planetě ještě před pozdním těžkým bombardováním.

C. Maas a U. Hansen vytvořili trojrozměrný model vznikající Země, kde zjišťovali, jak se formovaly **silikátové krystaly** v roztaveném magmatickém oceánu. V blízkosti pólů klesaly krystaly hlouběji než v rovníkových oblastech, protože Země rotovala velmi rychle, jen v řádu několika hodin. To mělo vliv na pozdější tvorbu pevné kůry.

Tým E. Handa prozkoumal šíření vln z 273 velkých zemětřesení, aby tak definitivně vyřešil, jak vypadají **bulbliny**

horkého magmatu v zemském pláští, které stoupají od zemského jádra k povrchu. Bylo objeveno celkem 28 takových vzestupných proudů, mnohé pod známými horkými skvrnami na zemském povrchu. Jejich šířka je větší, než se očekávalo, takže v důsledku přenáší více tepla ze zemského nitra, čímž hrají důležitou roli v ochlazení Země.

M. Rudolph aj. uvádí, že rozdílná viskozita uvnitř zemského pláště hraje klíčovou roli v řízení *deskové tektoniky*. Zjistili, že viskozita náhle stoupá v hloubkách 800 až 1200 km. Zde dochází k pozastavení subdukce zemských desek a vzestupných horkých proudů od zemského jádra. Ačkoli to pomáhá vysvětlit některé nově pozorované jevy, důvod, proč zde dochází k tak skokovému zvýšení viskozity, zůstává záhadou.

R. Hazen aj. uvádějí, že z odhadovaného počtu téměř 7 tisíc minerálů jich dnes více než 1 563 neznáme. Nejvíce neznámých minerálů připadá na sloučeniny sodíku - až 35 % dosud neobjevených minerálů, kolem čtvrtiny jsou to sloučeniny hliníku nebo uhlíku a pětinu neznámých minerálů tvoří sloučeniny obsahující například měď, hořčík nebo síru. Nalezení těchto minerálů může mít přirozeně velký ekonomický dopad s ohledem na to, které významné prvky budou obsahovat.

NASA vypustila čtyři družice *MMS (Magnetosphere Multiscale Mission)*, které tvoří oktagony velké 3,5 m s 11 vědeckými přístroji. Některé jsou na tyčích, z nichž nejdelší má přes 6 metrů. Družice létají ve formaci čtyřstěnu 10 km od sebe a svoji polohu musí udržet s přesností na 100 metrů. Životnost je odhadována na dva roky. Jejich úkolem je prostorové sledování **magnetických rekonexí**. Při rekonexi se uvolňuje energie miliard až biliónů tun TNT. Důsledkem rekonexí je, že částice slunečního větru jsou nasměrovány do zemské atmosféry, což vede k polárním zářím.

Tým Nikolaje Østgaardra vyhodnotil data z družice *Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager* z let 2006 až 2012 a zjistil, že vysokofrekvenční **záblesky gama** jsou v zemské atmosféře mnohem běžnější, než se předpokládalo. Když byly tyto záblesky v roce 1994 objeveny v souvislosti s blesky v bouřích, mělo se za to, že jsou poměrně vzácné. Nyní vědci odhalili na 200 takových záblesků.

B. Dormiey připomíná význam dočasných měsíců Země. Jde o tzv. *Temporarily Captured Objects (TCO)*, tedy většinou planety o rozměru několik metrů, které jsou dočasně zachyceny v okolí naší planety. Příkladem z minulosti je planeta o rozměru asi 7 metrů označená **2006 RH120**, která v letech 2006–2007 dočasně obíhala kolem Země. Je jasné, že taková planeta by byla výborně dostupná ke studiu, nebo by bylo vhodné ji navést do atmosféry a poté zkoumat její složení v podobě meteoritů (jako například u tělesa **2008 TC3**, které jsme jako planetku našli krátce před vstupem do atmosféry a poté byly v Súdánu sbírány meteority).

1.1.3.2. Kosmické katastrofy na Zemi

B. Schoene aj. uskutečnili geochronologickou analýzu hornin **Deccanské plošiny**, aby přesněji posoudili její vliv na globální vymírání na konci křídy. Uvádí se, že dopad planety v oblasti dnešního Yucatánského poloostrova společně s intenzivní sopečnou činností v oblasti dnešní Indie stojí za velkým vymíráním organismů na konci druhohor. Dataci hornin provedli s pomocí uranovo-olověné metody minerálu zirkonu. Dospěli k tomu, že hlavní fáze sopečné činnosti v oblasti Deccanské plošiny začala 250 000 let před hranicí třetihor a že nejméně 1,1 mil. km³ lávy bylo vyvrženo během asi 750 000 roků. Tato zjištění podpořila výše zmíněnou domněnku, že za změnou klimatu stála také sopečná činnost v dnešní centrální Indii.

P. Renne aj. uvádí, že dopad planety v oblasti kráteru **Chicxulub** (Yucatán, Mexiko) a sopečné erupce v Indii mo-

hou mít přímou souvislost. Pomocí velmi přesné metody ⁴⁰Ar/³⁹Ar ukázali, že nejmasivnější výlevy v oblasti Deccanské plošiny proběhly v období 50 000 let kolem dopadu planety. Poté, co sopečná činnost postupně klesala, mohly se ekosystémy opět obnovit, to však mohlo nastat až v období asi 500 000 let po impaktu.

M. Rampino & K. Caldeira zkoumali **periodicitu výskytu velkých impaktů a vymírání organismů** během posledních 260 miliónů let. Zkoumáním 37 kráterů 15 až 254 mil. let starých došli k periodicitě výskytu 25,8 ± 0,6 mil. roků. Periodicita osmi největších vymírání je pak použitím stejné metody 27,0 ± 0,7 mil. let. Z 11 výrazných impaktů jich pět přímo koreluje s vymíráním, ale stále je možné, že to není dostatečně prokazatelné.

L. Sallan a A. Galimberti ve svém výzkumu **vývoje života** po velkém devonském vymírání před 359 mil. lety uvádějí, že došlo k významnému zmenšení těl obratlovců, a to nejméně po dobu následujících 36 mil. roků. Většina rychle se rozvíjejících obratlovců, jako byly ryby, žraloci a čtyřnožci (tetrapodi), dosahovala délky menší než jeden metr. Oproti tomu diverzita větších obratlovců byla velmi malá, což je v ostrém kontrastu s dobou před vymíráním, kdy obratlovci dominovali.

W. Napier, D. Asher, M. Bailey a D. Steel publikovali článek, v němž poukazují na nebezpečnost objektů ze vzdálenějších míst Sluneční soustavy pro Zemi. Jde především o tzv. **Kentaury**, tedy objekty mezi drahami Jupiteru a Neptunu a tělesa z **Edgeworthova-Kuiperova pásu** za dráhou Neptunu. Představa je taková, že jestliže se nějaké takové těleso dostane působením gravitace Jupiteru do vnitřních částí Sluneční soustavy, dochází zde k jeho fragmentaci na mnoho menších těles, která pak přináší nebezpečí střetu se Zemí. Příkladem takového tělesa může být **kometa Encke** a celý komplex těles s ní spojených. Předpokládá se, že vznikl rozpadem jedné obří komety před mnoha tisíci lety. Dnes se v tomto komplexu předpokládá existence mnoha velkých těles, a to nejen metrových rozměrů, ale zřejmě i několika set metrových, tedy včetně několika planetek, které již nejeví kometární aktivitu.

D. Grinspoon uvádí, že jestliže v současnosti zažíváme **vymírání organismů** ve velkém měřítku, není to ještě nic ve srovnání s událostmi v minulosti. Například když se *kyanobaktérie naučily využívat fotosyntézu* asi před 2,5 miliardami let, zamořily atmosféru *jedovatým kyslíkem*. Došlo k rozvrácení methanového cyklu, zeslabení skleníkového jevu a Země upadla do hlubokého celoplanetárního mrazu. Poté však došlo k další **explozi života** vrcholící v kambriu před 530 milióny let. Dnes lidstvo zažívá podobné změny klimatu, avšak ty nejsou ničím oproti tomu, s čím se budeme muset vyrovnat, pokud naše civilizace vydrží tisíce let. Například další doba ledová by pro nás byla velkou zkouškou. Podobně nám hrozí kosmické katastrofy, jako je náraz komety nebo srážka s planetkou. Nejdřív se ale musíme domluvit, jak nakládat s naší planetou a přežít alespoň následujících sto let.

1.1.3.3. Bolidy a meteority

Na našem území se našel 23. meteorit s rodokmenem. **Bolid Vysočina** zazářil 9. 12. 2014 a 20. 12. se podařilo panu Tomáši Holendovi nalézt úlomek meteoritu. Jeho hmotnost i pozice nálezu perfektně odpovídala výpočtům astronomů z Ondřejova (P. Spurný, J. Borovička). Světelná dráha bolidu byla dlouhá 170 km od Opavy k Bohdalovu u Žďáru nad Sázavou a trvala 9 sekund. Pohasl 25 km nad zemí při rychlosti 5 km/s. Z původních 200 kg meteoroidu zbyl necelý 1 kg meteoritů. Původní těleso obíhalo mezi pásem planetek a dráhou Venuše.

Tým J. Tótha vydal zprávu shrnující pád **meteoritů Košice** 28. 2. 2010. Tehdy šlo teprve o 15. meteorit s rodokmenem, a přestože existovala řada očitých svědectví, k výpočtu šlo použít jen tři záznamy z bezpečnostních kamer v Maďarsku. Na jejich základě však byla vypočítána dráha ve Sluneční soustavě a také dopadová oblast meteoritů. V oblasti o rozměrech 5 × 3 km bylo sesbíráno na 218 fragmentů o úhrnné hmotnosti 11,3 kg. Konečná analýza určila, že šlo o *obyčejný chondrit typu H5*. Tým D. Ozdina se podíval na petrochemické složení meteoritu Košice. Chondrule mají typický rozměr kolem 1,2 mm v průměru, krusta byla tlustá asi 0,6 mm. Vnitřní složení odpovídá brekciím, které prošly relativně rychlým ochlazením. Zajímavostí je, že meteorit Košice je složením podobný *meteoritu Morávka* z denního bolidu 6. 4. 2000.

J. Bryson aj. prozkoumali meteority **Imilac** (1822) a **Esquel** (1951) z Jihoafrické republiky pomocí nanomagnetické metody. Výsledkem zkoumání je, že tyto tzv. pallasity (vzácné meteority hrubozrnné struktury s kamenoželezitým složením) pocházející z rozhraní jádra a pláště bývalých planetesimál v sobě uchovávají informaci (zamrzlé magnetické pole) o krátkém období magnetismu těchto těles. Ten by měl být způsoben konvekci uvnitř těchto těles.

B. Grocholski uvádí, že **složení zemského jádra** nám může napovědět, jak a odkud se vzaly prvky, které jej tvoří. Hlavními složkami jsou železo a nikl, ale také příměs dalších prvků, mezi nimiž nechybí křemík. N. Dauphas aj. zjistili, že poměr izotopů křemíku ve speciální skupině meteoritů zvaných **angrity** odpovídá složení zemského pláště. Tento objev pak napovídá, že v zemském jádru je méně křemíku, než se očekávalo a že jeho původ je přímo v prasluneční mlhovině.

Ačkoli k pádu velkého **bolidu nad Čeljabinskem** došlo již 15. února 2013 (největší superbolid od Tunguzské události v roce 1908), ještě více než dva roky poté není zcela jasné, kde přesně se pohyboval původní meteoroid, resp. malá planetka. Tým C. & R. de la Fuente Marcose se na problém podíval pomocí simulace mnoha těles (N-body) a dostal přesné dráhové parametry původního tělesa, které se hodí na událost nad Čeljabinskou oblastí. Jejich výpočet dává časovou nepřesnost 0,2 s a prostorovou 6 km. Mimo jiné naznačuje, že v dráze původního tělesa mohou být i další planetky, např. se ukázala přímá souvislost dráhy impaktoru s dráhou planetky **2011 EO40**. V další studii se tým stejného autora ještě dotýká problému, zda největší bolidy nastávají zcela náhodně, nebo zda se kumulují do určitých období během roku. Ukázalo se, že události nenastávají zcela náhodně a že *vlivem gravitace planet, především Jupiteru, vznikají rezonanční skupiny* blízkozemních planetek a mladých proudů meteoroidů, což pak zvyšuje pravděpodobnost události, jako byla ta v Čeljabinsku, jen do určité části roku.

Tým K. Rightera se zaměřil na mineralogické složení a historii **materského tělesa bolidu nad Čeljabinskem**. Těleso bylo tvořeno třemi druhy hornin. První je světlý materiál chondritu typu LL5 až S4, který prošel přeměnou vlivem teploty a tlaku při srážce. Dále je to tmavší chondrit typu LL5, kde ztmavení bylo způsobeno roztavením. Třetí část tvoří brekcie přetavená za vysoké teploty (asi 1600 °C), která se pak následně rychle ochladila a uvolnila množství plynu. Chronologická analýza ukázala na nejméně osm srážek s jinými tělesy, většinou před více než miliardou let. Poslední tři srážky proběhly před přibližně 852, 312 a 27 milióny let. Měření vzácných plynů však naznačilo, že *materské těleso Čeljabinského úkazu vzniklo poměrně nedávným rozpadem blízkozemní planetky před asi miliónem let.*

17. ledna 2009 prolétl jasný bolid nad Baltským mořem a po několika týdnech byl u dánského městečka **Maribo** nalezen meteorit. Tento bolid je zajímavý tím, že jeho pád byl

zaznamenán nejen opticky a fotoelektricky, jak je obvyklé, ale také pomocí radaru na frekvenci 32,5 MHz. C. Shult aj. uvádí na základě analýzy radarových dat, že vstupní rychlost meteoroidu byla 28,5 km/s a odhadovaná hmotnost 250 kg. Složení meteoritu i vstupní rychlost je blízká *meteoroidům Taurid*, takže studium tohoto úkazu může pomoci odpovědět na otázku, zda mohou tělesa podobná Tauridám přežít pád až na povrch Země.

Tým A. Olecha prostudoval pád **bolidu Ciechanów**, který spadl 13. října 2010 ve 2:52:32 UT. Týž den, ale o 11,4 hodiny později, totiž prolétla relativně blízko Země planetka **2010 TB54** ve vzdálenosti 6,1 LD (LD = lunar distance, tedy vzdálenost Země-Měsíc). Díky záznamům polské bolidové sítě se podařilo vypočítat, že dráha bolidu je blízká dráze uvedené planetky. Nadto o dva dny dříve proletěla kolem Země další planetka **2010 SX11** a ukázalo se, že i jeho dráha je stejná. Původně tak šlo zřejmě o jediné těleso a na jejich dráze je možná ještě více menších meteoroidů.

Tým P. Hardsena prozkoumal **osm planetek typu Vp** v blízkém infračerveném oboru pomocí dalekohledu na *Mauna Kea* na Havaji. Záměrem bylo podívat se, zda všechna vybraná tělesa ve vnitřních oblastech pásu planetek patří do rodiny planetky č. 4 *Vesta*. Pozorování to jednoznačně potvrdilo. Tým astronomů tak chtěl ověřit, jaký vliv má na populace planetek v této oblasti *Jarkovského efekt* a vzájemné srážky.

J. Rembold a jeho tým se soustředili na **nárazy meteoroidů do Měsíce**. Ukazuje se totiž, že máme celkem dobrou představu o blízkozemních asteroidech větších než 50 metrů, ale hodně málo je známo o populacích menších těles, která také mohou způsobit událost podobnou té nad Čeljabinskem. Pozorování záblesků na Měsíci je pak dobrou metodou průzkumu výskytu těchto těles v okolí dráhy Země. V letech 2010 až 2013 věnovali více než 80 hodin pozorování části měsíčního povrchu. Analýza pozorovaných záblesků ukázala, že *průměrně naráží do Měsíce každých 30 minut jeden impaktor větší než 30 milimetrů*. Dále byla zjištěna závislost mezi velikostí rozměrů malých a velkých těles a modely jejich výskytu během vývoje Sluneční soustavy.

1.1.3.4. Měsíc

S. Bradenová a její tým identifikovali na snímcích *Lunar Reconnaissance Orbiteru (LRO)* 70 malých sopečných útvarů rozestých různě po měsíčních vulkanických pláních, známých jako **měsíční moře**. V jinak hrubém terénu se tyto nepravidelné skvrny jeví velmi hladké, což napovídá jejich nízkému stáří (do rozlišení 0,5 m zde nejsou žádné krátery). Z toho vědci usuzují na stáří i méně než 50 miliónů let. Skvrny jsou velmi malé, maximálně 500 m. Jedna z nich, *Ina*, byla fotografována již Apollem 15 v 70. letech 20. století. Do celkového kontextu ji ale mohli začlenit až poté, co další vyfotografovala sonda *LRO*. Ukazuje se tak, že zatímco měsíční moře vznikla v období před 3,5 až 1 miliardou let, *sopečná aktivita na Měsíci pokračovala* ještě do nedávné doby. To přirozeně změní i náš pohled na stavbu a vývoj měsíčního nitra a na skvrny bude zaměřen budoucí průzkum.

M. Horányi aj. popisují výsledky měření sondy *LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer)*, podle nichž je Měsíc obklopen oblakem prachu, ten však není symetrický a všude ve stejných výškách. To, že nad povrchem Měsíce se vznáší prach, víme už od dob Surveyoru (1968). Nepravidelný oblak prachu nad měsíčním terminátorem (rozhraním dne a noci) nakreslil i E Cernan v roce 1972, když bylo jejich *Apollo 17* ještě nad noční stranou Měsíce. Vysvětlení, proč se prach vznáší, a to ještě nejvíce nad terminátorem, nabízí **elektrostatická levitace**. Měsíc nemá atmosféru a jeho povrch je bombardován slunečním větrem,

tvoreným převážně záporně nabitými elektrony, což nabíjí prach na noční straně záporně. Stejně náboje se odpuzují a prach levituje. Když pak vysvitne Slunce, fotony zbaví prach přebytečných elektronů a prach se nabije kladně. Mezi denní kladně nabitou a noční zápornou částí pak prach chaoticky poletuje, jak je střídavě přitahován. Množství prachu se navíc mění. Například v prosinci, kolem *maxima meteorického roje Geminid*, je prachu více a jev je nápadnější, což spadá i do doby, kdy kolem obíhalo Apollo 17.

Jak známo, Země při svém vzniku prošla i několika srážkami s tělesy o velikosti menších planet, přičemž při poslední takové srážce s tělesem o velikosti Marsu vznikl Měsíc. Jak uvádí R. Canupová v časopise *Nature*, **Země a Měsíc** mají podobné chemické složení. Z toho plyne, že i původní impaktor musel být složením podobný dnešní Zemi a Měsíci. To se původně neočekávalo. Vzhledem k rozdílu mezi dnešní Zemí a Marsem se soudilo, že i složení původního tělesa, které se se vzniklou Zemí srazilo, bylo odlišné. Jiné izotopové složení je dobře patrné u kyslíku. Jiný poměr zastoupení izotopů je u planetky Vesta, jiný u Marsu, ale *stejný u Země a Měsíce*. Dříve se myslelo, že pravděpodobnost stejného složení impaktoru a vznikající Země je hodně nízká (na úrovni procent). A. Mastrobuenová-Battistiová aj. však provedli hrubé simulace vzniku planet (s řádově tisíci protoplanetami) a zjistili, že poslední impaktor je až z 20 % svým složením podobný následně vzniklé planetě. Když simulaci zjemnili na srážky ještě menších těles, zjistili, že rozdíly mezi vzniklými protoplanetami na podobných drahách klesají.

J. Wang aj. prezentovali **katalog 106 016 kráterů na povrchu Měsíce** o velikosti větší než 500 metrů. Jde o výsledek snímkování sondou *Chang'e 1* a tvorby následného digitálního modelu Měsíce. Mozaika snímků Měsíce má rozlišení 120 metrů na pixel a digitální model Měsíce má přesnost tvaru povrchu na 445 metrů a výškovou přesnost 60 metrů. Nový katalog může pomoci v lepším porovnávání stárí jednotlivých oblastí na Měsíci a dalšímu studiu ve spolupráci s detailnějšími prohlídkami Měsíce.

Long Xiao aj. prezentovali geologii místa přistání čínské sondy *Chang'e 3* v severní části oblasti *Mare Imbrium* 14. 12. 2013. Místo přistání na okraji mladého, 450 metrů velkého kráteru bylo odlišné od těch, která byla do té doby zkoumána při misích Luna nebo Apollo. Sonda vypustila na povrch malé vozítko **Yutu**, které zkoumalo kameny vyvržené při vzniku kráteru, a sama sonda propátrala podpovrchové vrstvy radarem. Objevem více než devíti vrstev prokázala, že oblast prošla složitými geologickými procesy opakovaných lávových výlevů.

Skupina vědců vedená M. Siegelerem poukázala na fakt, že nynější **osa rotace Měsíce** je o 5,5° vychýlená z pozice, ve které byla před miliardami let. Měření sondy *Lunar Prospector*, která obíhala Měsíc v letech 1998 a 1999 ukázala, že nejvíce vodního ledu těsně pod povrchem se nenachází na měsíčních pólech, jak by se dalo očekávat, nýbrž v oblastech se středem 5,5° od severního a podobně 5,5° od jižního pólu. Měření probíhala tak, že byly zachycovány pomalé neutrony, které dokáží pronikat do řádově metrových hloubek a pomáhají tak detekovat vodík vázaný v molekulách ledu. Jak tedy mohlo dojít k vychýlení rotační osy? Vysvětlením může být *existence horké skvrny v měsíčním plášti*, která byla zahřívána vyšší koncentrací radioaktivních prvků. V důsledku dlouhodobé existence horké skvrny došlo k trvalejšímu výlevu lávy. Předpokládá se, že právě ta se shromáždila v místě, které nyní nazýváme *Oceanus Procellarum*. To ovlivnilo změnu směru rotační osy Měsíce. Pokud tomu tak opravdu bylo, potom voda v polárních oblastech je zde v podobě ledu uložena už téměř z dob vzniku Měsíce.

W. Bottke aj. uveřejnili v časopise *Science* zajímavou studii datování **stárí vzniku Měsíce** podle studia kamenných meteoritů. Podle jejich představ při srážce vznikající Země s protoplanetou vznikl z vyvrženého materiálu po srážce nejen Měsíc, ale také některá tělesa, která byla přirozeně vyvržena i daleko od Země. Předpokládají, že mnoho řádově kilometrových těles letělo také do oblasti pásu planetek, kde došlo k jejich srážkám s nimi. Ty se odehrály ve vyšších rychlostech, přesahujících 10 km/s, což je mnohem více, než je běžná rychlost srážek uvnitř pásu planetek, která je kolem 5 km/s. Materiál planetek se při srážkách mnohem více zahřál a meteority, které tímto zahřátím prošly, by mohly tedy být podobně staré jako Měsíc. Datování meteoritů, které jeví takové dávné stopy prudkého zahřátí, dává dobu jejich vzniku před **4,47 miliardami let**. To je v dobré shodě s jinými teoriemi.

V časopisu *Icarus* prezentoval tým M. S. Robinsona výsledky průzkumu čerstvého kráteru nasnímaného kamerou sondy *Lunar Reconnaissance Orbiter*. Tento 18,8 metru široký a 2 – 3 metry hluboký kráter vznikl 17. března 2013. Šlo o vůbec nejsilnější pozorovaný záblesk (z více než 300), jaký zaznamenal projekt *Marshallova střediska vesmírných letů*, které sleduje záblesky na Měsíci už od roku 2006. Pozorování z kosmické sondy odhalila, že regolit (měsíční půda) sahá do hloubek desítek centimetrů a směs půdy s kameny pak hlouběji než metr. Bylo též pozorováno, že výtrysky hmoty z dopadu jsou patrné i více než kilometr od místa dopadu, a dále že až do vzdálenosti 30 km je patrný velký počet sekundárních kráterů. Podobná pozorování pomáhají získat lepší představu o chování vyvrženého materiálu při dopadech těles na Měsíc, což může být důležité pro budoucí průzkumníky, kteří se vydají na Měsíc. Těleso, které kráter vytvořilo, mělo v průměru mezi 0,3 a 1,1 metru a hmotnost mezi 33 a 700 kg podle modelu. Pro srovnání když 17. 12. 2012 narazila dvojice sond **GRAIL** do Měsíce, vytvořily krátery o průměru 5 metrů, hlubokých asi 0,5 metru. Hmotnost prázdné sondy činila 130 kg. Vše vždy však závisí na hustotě tělesa, rychlosti a úhlu dopadu.

Do pozorování **záblesků na Měsíci** se pouštějí i amatéři. Skupina vedená M. Moulayem Larbim pozoruje z *marocké observatoře v pohoří Atlas*. V únoru a dubnu 2013 zaznamenali dva záblesky o jasnosti 9,4 a 7,7 mag, a ačkoli nebyly současně zaznamenány jinými pozorovateli, věří, že šlo o reálné dopady těles na povrch Měsíce. Pokud ano, potom meteoroidy, které to způsobily, měly hmotnost asi 0,3 a 1,8 kg a průměr kolem 8 a 15 cm, pokud uvažíme hustotu 1500 kg/m³. Vzniklé krátery by pak mohly mít průměr 2,5 a 4,5 metru. Díky tomu, že k úkazům došlo na noční straně osvětlené Zemí, je možné také určit polohu záblesků a při dalším průzkumu pomocí sond, jako je *LRO*, by bylo možné krátery najít. Studie marockých pozorovatelů ukazuje, že i amatéři vybavení středně velkými dalekohledy mohou vědecky přispět k průzkumu toho, kolik částic se pohybuje v okolí Země a jaké představují riziko pro případné výpravy na Měsíc.

G. Nyambuya a jeho kolegové prezentovali v revue *Astrophysics and Space Science* využití modelu **ASTG (Azimuthally Symmetric Theory of Gravitation)** pro výpočet rychlosti vzdalování Země s Měsícem od Slunce i vzdalování Měsíce od Země. ASTG popisuje změnu momentu hybnosti v gravitačním poli rotujícího tělesa. G. Krasinsky & V. Brumberg (2004) a E. Standish & D. Kurtz (2005) určili dříve rychlost **vzdalování soustavy Země–Měsíc od Slunce** o 70 ÷ 150 mm za rok. Ke stejným hodnotám dospěli využitím ASTG modelu také G. Nyambuya aj. Podobně *Měsíc se podle tohoto modelu vzdaluje od Země o +(38,05±0.04) mm za rok*. To je v perfektní shodě s pozorovaným vzdalováním Měsíce.

1.1.4. Mars

19. května 2013 vyvrtal rover **Curiosity** (vlastním jménem *Mars Science Laboratory*, MSL) vzorek horniny z kamene pojmenovaného *Cumberland*, který se na první pohled nikterak neliší od ostatních v okolí. Překvapení přišlo v podobě objevu vysoké koncentrace **chlorbenzenu** (C_6H_5Cl), která nejméně čtyřnásobně překročila dříve zjištěné hodnoty. V listopadu téhož roku se potvrdila přítomnost **methanu** (CH_4) v atmosféře Marsu, dříve zpochybňovaná kvůli vysoké chybě měření prakticky stejného řádu jako měřená hodnota, tj. 10^{-9} . Nově změřená koncentrace chybu měření přesáhla více než pětkrát a byla následována prudkými změnami, které v jednom výkyvu dosáhly téměř 9×10^{-9} , jak sdělili C. Webster aj. Tyto změny prakticky o řád již nelze považovat za chybu měření – je zřejmé, že koncentrace methanu v atmosféře Marsu je proměnlivá, ačkoliv to samo o sobě nevypovídá nic o příčině těchto změn.

Poměr „těžkého“ vodíku, deuteria (D), a obyčejného vodíku (H) je jedním z dobrých indikátorů podmínek, jaké panovaly na tělesech, ze kterých zkoumáme vzorky. Lehčí jednatoprotonový vodík z atmosféry snáze vytéká do meziplanetárního prostoru než hmotnější deuterium; proto vyšší **poměr D/H** v povrchových horninách ukazuje na ztrátu atmosférického vodíku. Vrty vozítka *Curiosity* v jilech z balvanů *John Klein* a *Cumberland* z r. 2013 ukázaly poměr D/H asi $3 \times$ vyšší, než je v současnosti v pozemských oceánech. Současné zastoupení v atmosféře Marsu vykazuje poměr D/H v hodnotě asi 6násobku pozemské hodnoty, zatímco hodnota stanovená z hornin marsovského meteoritu **Yamato 980459** (shergotit, hmotnost 82,5 g, nalezen r. 1998 v Antarktidě japonskou výpravou NIPR) je současné pozemské hodnotě velice blízká. Pravděpodobně vysvětlení podle P. Mahaffyho aj. je následující: *povrchové podmínky na Marsu v úvodních stovkách milionů let připomínaly pozemské, ale pak začala planeta ztrácet atmosféru a v důsledku toho postupně vymrzala*, což urychlilo další odnos lehčích vodíkových molekul – odhad ztráty vody z povrchu a atmosféry představuje $100 \div 150\%$ současného množství. Podstatné je, že nejde o rychlý proces z poslední doby, ale ztráta vody trvá již dlouho. Důležitá budou data ze sondy *MAVEN*, která sleduje současné procesy v atmosféře Marsu, aby se ukázalo, nakolik jsou poznatky získané z hornin v souladu s aktuálním úbytkem atmosféry.

Poměr deuteria a vodíku je možné sledovat také v **molekulách vody**. Zatímco na Zemi je v současných podmínkách poměr „polotěžké“ HDO (jeden atom vodíku je nahrazen atomem deuteria) a obyčejné H₂O vody asi 1:3 200, na Marsu panují podmínky zcela jiné. G. Villanueva aj. mapovali povrch Marsu pomocí dalekohledů *VLT* a *IRTF* (Very Large Telescope, Infra-Red Telescope Facility) po dobu šesti let, tedy zhruba 3 marsovských roků a zjistili, že v polárních čepičkách je **poměr HDO:H₂O** až osminásobně vyšší než současný pozemský. S výškou atmosféry poměr výrazně kolísá, nicméně konzervativní odhad ukazuje, že *rané marsovské oceány obsahovaly asi $6,5 \times$ více vody než současné polární čepičky, severní oceán musel pokrývat min. 19 % rozlohy planety při lokální hloubce přes 1,8 km*. Při pokrytí celé planety by měl oceán průměrnou hloubku větší než 137 m.

Sonda *MAVEN* (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution*) pracuje na oběžné dráze Marsu naplno od listopadu 2014; první předběžné výsledky ukázaly několik překvapení. J. McFadden se svým týmem objevil *hustotní vlny* v horních vrstvách atmosféry, které jsou patrně způsobeny mohutnými překážkami na povrchu planety, např. sopkami. Díky nízké hustotě atmosféry tyto vlny ohřívají i ionty v ionosféře, které nad polární oblastí unikají do meziplanetárního prostoru. D. Brain aj. ukázali, že malá část, zhruba 10% těchto unik-

nuvších iontů, může být ještě přitažena zpět k planetě. B. Jakosky, hlavní vedoucí výzkumného týmu sondy, oznámil objev *pronikání částic slunečního větru až do výšky pouhých 160 ÷ 210 km nad povrchem Marsu*. V takto nízkých výškách by se vůbec neměly vyskytovat, dostávají se tam však díky „*chameleonství*“ – v nejsvrchnější atmosféře si malá část (asi 1/500) nabitých částic slunečního větru odchytlí volné elektrony, čímž se stane elektricky neutrálními. V tomto převleku projdou ionosférou, aby v mezivrstvě 380–250 km nad povrchem o elektrony přišly a staly se z nich opět nabitě částice.

Další z objevů sondy *MAVEN* se týká marsovských **polárních září**. Ty nejsou něčím zcela neznámým; v ultrafialovém (UV) oboru spektra je nad jižním pólem již od r. 2005 sleduje evropská sonda *Mars Express*. V *UV oboru trvají jednotky sekund* a vyskytují se ve výškách kolem 120 ÷ 130 km nad povrchem. Jejich tvar je dán zbytkovým magnetickým polem Marsu a vznikají přímou interakcí atmosféry s částicemi slunečního větru na rozhraní uzavřených a otevřených siločar magnetického pole. *MAVEN* na severní polokouli pozorovala pětidenní polární září, která zasahovala do mnohem nižších výšek, pouhých 50 km nad povrchem. Polární záře na severní polokouli jsou patrně velmi rozsáhlé, velmi pravděpodobně globální. *MAVEN* byla podle B. Jakoskyho aj. také schopna detekovat přítomnost prachových částic v nejsvrchnějších vrstvách atmosféry. Způsob detekce je jednoduchý: sonda při letu nad planetou naráží do prachových zrněk, která se odpaří a předají sondě malý elektrický impulz, který *MAVEN* pomocí Langmuirovy sondy na svém povrchu zaznamená. Zrnka prachu se vyskytují ve výškách 150 ÷ 500 km, výjimečně až 1 000 km nad povrchem, a z *dosud neznámého důvodu jsou koncentrovaná nad místy momentálního soumraku a svítání*, zatímco nad noční atmosférou chybí. Není také zřejmé, jakým mechanismem se udržují ve vysokých výškách – možná vysvětlení zahrnují kometární původ, působení marsovských měsíců nebo interakce prachových bouří se slunečním větrem.

Zatímco nepřímých důkazů existence **tekuté vody** na povrchu Marsu neustále přibývá, hledání tekuté vody v současnosti tamtéž se nedaří, zejména pokud jde o případně vhodné podmínky pro život. Do první skupiny přidali J. Grotzinger aj. další potvrzení, že červená planeta musela mít v minulosti povrchové podmínky natolik příznivé, že v **kráteru Gale** (místo přistání vozítka *Curiosity*) po dobu nejméně stovek let až desítek tisíc let existovala *jezera s přirozeným systémem delt přitékajících řek, ukládání sedimentů na dně s mocností desítek metrů a typickou vodní erozí břehů*. Tato jezera s velkou pravděpodobností vznikala opakovaně, resp. je možné, že šlo o proměnlivý systém postupně spojovaných a znovu izolovaných menších jezer. Sedimentární záznam ukazuje, že *na přibližně devítikilometrové trase vozítka docházelo k ukládání usazenin po dobu sta tisíc až desítek milionů let*. **Větrná eroze** naopak zapracovala na současném odkrytí dřívějších usazenin, centrální pahorek kráteru *Gale*, hora *Aeolis Mons* předzdivaná Mt. Sharp, je toho hmatatelným důkazem.

Naopak **stružky na svazích kráterů a hor**, které naznačovaly potenciální přítomnost tekuté vody v historicky nedávné minulosti, mají patrně zcela jiné vysvětlení. C. Pilorget a F. Forget ukázali, že ke vzniku stružek mohou vést *sezónní změny v ukládání CO₂* v podobě „suchého ledu“. Při vymrzání CO₂ z atmosféry se plyn dostane do pórů horniny i několik centimetrů pod povrchem, odkud pak při rozmrzání uniká nepravidelně a může způsobit místní nestability na prudších svazích. Odvalené kamínky horniny pak snadno vytvoří pozorované stružky. Tuto domněnku potvrzuje také celková analýza detekovaných stružek na snímcích sondy *Mars Reconnaissance Orbiter* (**MRO**), kterou uveřejnili T. Harrisonová aj. Vyplývá z ní, že stružky se přednostně vyskytují

v horninách s nízkým albedem, vyšší tepelnou setrvačností a zrnitou strukturou. Jejich převážující orientace se mění s areografickou šířkou a výraznější jsou ty *na svazích obrátcených k pólům*. Jižní polokoule Marsu je na jejich výskyt bohatší a J. Dickson aj. naproti tomu ukázali, že pouze sezónní vymrzání a sublimace CO₂ ledu jako vysvětlení všech stružek nepostačí, neboť na některých místech je možné pozorovat jejich předchůdce zachované hlouběji v promrzlé hornině, tvořené mj. vodním ledem. Je ovšem možné, že i v případě vodního ledu se na vzniku stružek podílí sublimace a není třeba tekuté vody.

B. A. Black a T. Mittal zkoumali *vývoj dráhy měsíčku Marsu* v budoucích letech. **Phobos**, větší z nich, postupně spiráluje k planetě a v průběhu nějakých 20 ÷ 40 milionů let na ni buď spadne, nebo se mnohem pravděpodobněji vlivem slapových sil rozpadne a vytvoří kolem Marsu prstenec. Tento prstenec bude mít podobnou hustotu jako současné Saturnovy prstence a měl by být stabilní milion až sto milionů let. Složení obou měsíčku je předmětem dalšího zkoumání. Dlouho předpokládaná hypotéza, že jde ve skutečnosti o zachycené planetky, dostává v poslední době vážnou konkurenci v podobě představy těles zformovaných přímo na oběžné dráze Marsu. R. Citron, H. Genda a S. Ida předložili numerický důkaz, že impakt podobného rozměru, jaký vytvořil polární pánev *Vastitas Borealis*, vyrobí v okolí planety disk vyvržených hornin o hmotnosti 1 ÷ 4 % impaktoru, který má dostatečnou hmotnost i hustotu, aby se z něj zformovaly oba měsíčky.

Na snímku kamery *HiRISE* sondy *MRO* byl M. Croonem objeven nešťastný přistávací modul **Beagle 2**, který se o Vánocích 2003 navždy odléčel po patrně neúspěšném přistávacím manévru. Sonda přistávala v impaktní pánvi *Isidis Planitia* nedaleko rovníku, a zatímco první fáze přistání patrně proběhla v pořádku, následně se nevyložily všechny sluneční panely, které měly kolem paluby vytvořit útvar podobný květu jahodníku. Jde o důležité prověření rozlišovací schopnosti kamery a softwaru pro zpracování obrazu.

24. března 2015 ujelo vozítko **Opportunity** na povrchu Marsu vzdálenost olympijského maratonského běhu a prodloužilo tak svůj necelý rok starý rekord ujeté vzdálenosti na povrchu jiného tělesa než Země (druhý v pořadí je **Lunochod 2** na Měsíci s bezmála 39 km a ručně řízený rover amerického *Apolla 17* s téměř 36 km). **Curiosity** strávil na povrchu Marsu již tisíc solů, ujel více než 10 km a pokud mu bude do r. 2026 podle předpokladů sloužit plutoniový zdroj energie, má naději *Opportunity* překonat.

1.1.5. Jupiter

Modelování drah je v nebeské mechanice oblíbená disciplína a má tu výhodu, že ho lze provádět oběma směry v čase. Jupiter a Saturn vznikly velice pravděpodobně jinde, než jsou nyní, a Sluneční soustavou poměrně razantně cestovaly. Tomuto scénáři se říká **velký obrat** (podle obrátů a přehazování plachet, jakými se plachetnice pohybují proti větru) a podle něj vznikl **Jupiter** ve vzdálenosti více než 3,5 au od Slunce, pak se přiblížil až na vzdálenost 1,5 au a opět migroval do vzdálenosti zhruba 5 au. Není jasné, zda při tomto křížování již měl své Galileovy měsíce. R. Heller, G.-D. Marleau a R. Pudritz modelovali možné formování *Ganymedu* a *Callisto* a ukázali, že oba měsíce pravděpodobně vznikly ještě před přiblížením ke Slunci, na rozdíl od *Europy* a *Io*. Vzdálenější měsíce se zformovaly z *chladnějších částí cirkumplanetárního disku* a při pobytu v blízkosti Slunce přišly v důsledku intenzivního slunečního záření a větru o svoje atmosféry, zatímco *Europa* a *Io* pravděpodobně vznikly až po Jupiterově odplutí do větších vzdáleností. Podobný model se mohl uplatnit i pro *Saturnův měsíc Titan*, který také vznikl až v době,

kdy již **Saturn** pobýval ve vzdálenosti kolem 7 au. Velký obrat, přesněji řečeno jeho závěrečná fáze, tedy migrace velkých planet do větších vzdáleností od Slunce, může snad vysvětlit současný sklon rotačních os, jak ukázali D. Vokrouhlický a D. Nesvorný na základě studia spin-orbitálních rezonancí. *Jak dostatečně naklonit Saturn a přitom příliš nenaklonit Jupiter je nicméně problém*, který zatím neumíme spolehlivě rozřešit. R. Brasser a M. Lee publikovali výsledky opačného přístupu, kdy se snaží modelovat vývoj různých planetárních soustav v počátečním stádiu migrace a hledají výsledný stav podobný současné Sluneční soustavě. Nejlepší výsledky zatím poskytuje *model s kompaktním uspořádáním pěti obřích planet v rezonanci* – ten má pochopitelně velký problém s vysvětlením, kam tři obří planety zmizely.

Největší měsíc Sluneční soustavy **Ganymedes** má potvrzen *podpovrchový oceán*. Prokázal to tým J. Saura aj. na základě pozorování Hubbleova kosmického dalekohledu (*HST*) v UV oboru. Měření pásů polárních září se podařilo prokázat, že **slaný podpovrchový oceán** funguje jako dynamo a generuje magnetické pole, které brzdí působení magnetického pole Jupiteru. *Hlubka oceánu* se patrně pohybuje mezi 150 ÷ 250 km pod povrchem, ne však více než 330 km. *Ganymedes* se tak stal čtvrtým tělesem se známým podpovrchovým oceánem. Další z těles této skupiny, *Europa*, je přitažlivým potenciálním cílem pro sondu zkoumající možnost výskytu života. *HST* v r. 2012 pozoroval fluorescenci na vodních molekulách domnělého výtrysku vodní páry nad povrch měsíce, od té doby se ale žádný další výron nepodařilo prokázat. I tak je ovšem *Europa* zajímavým cílem a sonda *Clipper* se připravuje na předpokládaný start mezi lety 2022–2025. Jedním z cílů sondy bude zjistit *tloušťku ledové slupky* na povrchu a *hloubku oceánu* pod ní. L. Quicková & B. Marsh modelovali vlastnosti slupky i oceánu a zjistili, že bez ohřevu měsíce slapovými silami by oceán hluboký 100 km zcela promrzl za zhruba 64 milionů let, zatímco předpokládaný *ohřev o výkonu 1 TW udržuje ledovou slupku o průměrné tloušťce 28 km*. Protože lze předpokládat, že slupka není homogenní, vznikají v ní teplejší místa, která dají vzniknout strukturám a jakési lední tektonice, což je ve velice dobrém souladu s pozorováním povrchu skutečného měsíce.

Velká červená skvrna, která v posledních desetiletích poněkud bledne a oranžoví, je dost možná pouze *desetiletá slupka čpavkových a acetylenových mračen* ve víru gigantické bouře. Zčervenán podle K. Baines a jeho kolegů způsobuje UV záření Slunce a vidíme ho hlavně díky velkému vertikálnímu rozměru víru, kdy pozorujeme povrch vnitřku trychtýře, který vypadá mnohem červenější, než kdybychom se dívali na stejná mračna v jiné části atmosféry.

1.1.6. Saturn

Určení **rotační doby** Saturnu je stále nerozlousknutý oříšek. Sonda *Voyager 2* v letech 1980–1981 změřila pomocí odrazu radiových vln periodu 10 h 39 min 22,4 s, zatímco *Cassini* stejnou metodou určila r. 2005 střední hodnotu 10 h 47 min 6 s, navíc s velkými rozdíly mezi měřeními jednotlivých otoček. R. Helled, E. Galanti a Y. Kaspiova představili měření rotační periody na základě rekonstrukce gravitačního pole, kterou nezávisle ověřili na dostupných datech pro Jupiter. Pro Saturn jim vychází hodnota (10 h 32 min 45 s ± 46 s); očekává se, že sonda *Cassini* díky závěrečnému velkému finále umožní hodnotu stanovit ještě přesněji. Např. pro výše zmiňované modelování migrace velkých planet je neznalost přesné rotační doby Saturnu problematická – jak je pro nelineární modely typické, i malá změna jednoho z parametrů vede ke zcela odlišným scénářům v dlouhodobém měřítku.

Na rozdíl od Evropy jsou vodní gejzíry na **Enceladu** velice dobře prozkoumané, a to zejména díky průletu sondy *Cassini* skrz jeden z nich na konci října 2015. Průlet se uskutečnil ve výšce jen 49 km nad povrchem měsíce a soubor výsledků je obsáhlý. *Cassini* ve výtrysku kromě očekávaných krystalků ledu a jednotlivých molekul vody detekoval *nanočástice křemičitanů*. To potvrdilo dřívější teorii H.-W. Hsua aj. a umožnilo pospojovat několik dílků skládačky. **Saturnův prstenec E** totiž obsahuje krystalky ledu plné křemičitých částic, jejichž původ ve víceméně ledovém království Saturnu zůstával nevysvětlenou záhadou. Tyto částice, velké jen několik nanometrů, musejí vznikat při teplotách alespoň 90 °C na rozhraní silikátových hornin a zásadité slané vody. Detekce částic ve výtrysku nad měsícem navíc ukazuje, že jejich *transport z místa vzniku do místa výtrysku musí proběhnout velmi rychle*, maximálně během jednotek roků. Předpokládaná hloubka podpovrchového oceánu *Enceladu* se pohybuje kolem 40 km, což mj. znamená, že *ohřev slapovými silami je buď mimořádně účinný, nebo se na dně oceánu uplatňují nějaké exotermické reakce*. Hloubka oceánu je nicméně pouze odhadovaná, ačkoliv nezávislý odhad z měření librace měsíce podle P. C. Thomase aj. dává rámcově stejnou hodnotu kolem 50 km; podstatné je, že *oceán musí být globální*. Tloušťka ledové slupky je patrně nad póly měsíce menší, což vysvětluje, proč jsou výtrysky směrem k pólům četnější. Výzkum J. Spitaleho aj. také ukázal, že výtrysky nepocházejí jen z jednoduchých prasklin a nemají jednoduchý tvar gejízu, ale mohou tvořit složité prostorové útvary v závislosti na tvaru a uspořádání prasklin v ledové slupce, kudy výtrysky unikají.

Duny na Titanu vykazují vlastnosti, které jsme zatím na Venuši, Zemi ani Marsu neviděli. D. Burr aj. pomocí modelování ve větrných tunelech hledali vhodnou kombinaci velikosti zrn písku, tlaku atmosféry a rychlosti větru, aby dokázali vytvořit podobné struktury. Zcela se to nedaří, neboť hustá atmosféra, nízká gravitace a malá hustota zrn na Titanu je mimo dosah podmínek pozemských laboratoří. To znamená, že *na Titanu musí foukat ještě silnější větry, než se dosud zdálo*. To potvrzuje nezávislé pozorování A. Coatese aj., svědčící o úniku uhlovodíkových molekul z polárních oblastí atmosféry do meziplanetárního prostoru. Sluneční záření volné molekuly ionizuje a uvolněné elektrony mají charakteristické spektrum. Měření sondy *Cassini* ukazují, že *tok takto uvolněných elektronů je srovnatelný s hodnotou typickou pro Zemi*, což je pro měsíc o průměru zhruba dvou pětín průměru Země nečekaně vysoká hodnota.

Nejvyšší vrstva **Titanovy atmosféry** má průměrnou teplotu jen 150 K, což F. Capalbo aj. ověřili nezávislým měřením při osmi slunečních zákrytech v oboru UV. Plynný methan (CH_4) a dusík N_2 tvoří hlavní složky vrchní atmosféry a jejich zastoupení podléhá sezónním změnám; naopak se nepodařilo pozorovat žádné prostorové variace – podle všeho ani rozdíly mezi polárními a rovníkovými oblastmi nejsou velké. L. Maltagliati aj. analyzovali data ze slunečních zákrytů z nižších vrstev atmosféry a vizuálního oboru spektra, ze kterých vytvořili *výškové profily CH_4 a CO*. Spektra odhalila absorpční čáry plynného **ethanu** (C_2H_6) a dalších aromatických i alifatických uhlovodíků, které jsou patrně zodpovědné za viditelný opar v atmosféře Titanu ve výškách kolem 310 km nad povrchem. Podmínky na povrchu jsou naopak natolik zvláštní, že *tekuté uhlovodíky vykazují velice podivné chování*, včetně např. nárůstu hustoty s klesajícím atmosférickým tlakem či vztlínání směrem k teplejším místům na povrchu, jak ukázali S. P. Tan aj. při modelování globálního alkanologického režimu (analogie pozemského hydrologického režimu). Model vyžaduje vyšší zastoupení methanu v tekutých složkách na povrchu než předchozí odhady, naproti tomu

dobře vysvětluje *přenos energie v atmosféře mezi rovníkovými a polárními oblastmi*.

1.1.7. Uran a Neptun

Ačkoliv **Uran** lze v současnosti pozorovat pouze ze Země, popř. z *HST*, díky adaptivní optice u *Keckova 10m dalekohledu* a také díky velké pozornosti, kterou Uranu věnují astronomové-amatéri s příslušným vybavením, se v r. 2014 podařilo pozorovat v atmosféře planety **rozsáhlé bouřky**, které nikdo nečekal. První snímky bouřek získali už 3. srpna ve vizuálním oboru francouzští astronomové amatéri, což přispělo k odhalení celkem osmi bouřek pozorovaných I. de Paterem aj. 5. a 6. srpna pomocí *Keckova 10m dalekohledu* v infračervených pásmech 1,6 a 2,2 μm . Australský astronom amatér A. Wesley pozoroval 19. září v blízké infračervené oblasti hluboko pod cirry methanu bouřky v převážně vodíkové a heliové atmosféře Uranu. Následně K. Sayanagi aj. získali pozorovací čas u *HST* a na snímku Uranu ze 14. října 2014 zaznamenali mnoho bouřkových jader na ploše o průměru 9 tis. km a v různých hloubkách troposféry. Odborníci očekávali takové bouřky již v r. 2007, kdy Slunce osvětlovalo téměř kolmo rovníkové partie Uranu, ale tehdy L. Sromovský aj. pozorovali pomocí *HST* od konce srpna 2006 na severní polokouli, kde tehdy končila více než 20 let dlouhá zima, pouze **oválnou tmavou skvrnu** s rozměry 3,0 x 1,9 tis. km^2 . Bylo to vůbec poprvé, co se na severní polokouli Uranu tmavá skvrna vyskytla a byla pak viditelná až do konce října 2006. Tato pozorování ukázala, že dynamice planetárních atmosfér při extrémně slabém ozáření Sluncem dosud příliš nerozumíme.

E. Karkoshka aj. znovu zpracovali soudobou digitální analýzou obrazů **1,6 tis. snímků atmosféry Uranu** pořízených v osmi spektrálních oborech během pěti týdnů v r. 1986 při průletu sondy *Voyager 2* v blízkosti planety. Našli desítky malých útvarů v atmosféře na jih od 45° jižní šířky. Odtud pak získali rotační profily atmosféry, jež se velmi liší od podobných profilů na severní polokouli pozorovaných L. Sromovským aj. v r. 2012. *Skvrna poblíž jižního pólu* rotuje v periodě 12,2 h, což se o více než 2 h liší od period ostatních útvarů v atmosféře planety. Atmosféra v jižních šířkách 59° - 68° rotuje jako tuhé těleso. L. Sromovský aj. zpracovali pozorování *atmosféry Uranu v letech 2012-2014* pořízená pomocí *Keckova 10m dalekohledu* a *8m dalekohledu Gemini* na *Mauna Kea*. Oba dalekohledy jsou vybaveny vynikajícími kamerami *NIRC2*, resp. *NIRI* pro blízkou infračervenou oblast, takže s pomocí adaptivní optiky překonávají v úhlovém rozlišení i *HST*, protože se zde uplatňuje převaha ve velikostech primárních zrcadel. Autoři potvrdili **rotaci atmosféry** jako tuhé těleso také pro severní šířky v intervalu 62° - 83°. *Pasátový vítr* dosahuje úhlové rychlosti $(4,1 \pm 0,02^\circ)/\text{h}$ a směřuje k západu vůči směru rotace planety (její tempo dosahuje 20,9°/h).

A. Izidoro aj. simulovali na počítačích scénáře **vzniku Uranu a Neptunu**. Vyšli z faktu, že obě planety mají velmi podobné hmotnosti, a že vysoké sklony jejich rotačních os k ekliptice (*Uran* 82° a *Neptun* 28°) způsobily mocné srážky jejich „stavebních kamenů“ v podobě až tuctu *planetárních embryí* o původních hmotnostech $3 \div 6 M_\oplus$. Zmíněná embrya vznikla dále od *Slunce*, než jsou dnes oba ledoví obři, ale vinou *Saturnu* migrovala směrem k němu. Přitom vzrůstala pravděpodobnost, že se embrya budou srážet, což vysvětluje, proč obě planety mají tak vysoké sklony rotačních os. D. Nesvorný aj. ukázali na základě údajů o sklonech drah těles *Edgeworthova-Kuiperova pásu* (**pás EK**), že *Neptun* musel pomalu migrovat směrem k pásu během prvních 100 milionů let trvání Sluneční soustavy a zůstával přitom na relativně kruhové dráze s maximální výstředností 0,1.

1.2. Meziplanetární látka

1.2.1. Trpasličí planety a transneptunská tělesa (TNO)

Oproti všem předpokladům, že při vzdalování *Pluta od Slunce* jeho relativně rozsáhlá atmosféra postupně vymrzne, prokázali C. Olkin aj. během přechodu *Pluta* (4. 5. 2013) přes kotouček vzdálené hvězdy, že oproti době přísluní její atmosférický tlak výrazně stoupl. Proto tvrdí, že dostatečná tepelná setrvačnost *Pluta* a okolnost, že jeho severní pól se pokryje čepičkou ledu molekulového dusíku, dovolí existenci měřitelně tloušťky a tlaku atmosféry trvale během celého oběhu kolem *Slunce*. Týž zákryt a ještě další (9. 9. 2012) pozorovali také A. Bosh aj. a dospěli ke stejnému výsledku, že atmosféra *Pluta* spíše bobtná a houstne, jak se *Pluto* od *Slunce* plynule vzdaluje. Může to souviset s okolností, že po 120leté pauze začalo na severní pól *Pluta* svítit *Slunce*. V polovině června 2015 objevili E. Lellouch aj. pomocí mikrovlnné aparatury *ALMA* v atmosféře *Pluta* čáry CO (60 mJy; 345,8 GHz; přechod 3-2) a HCN (95 mJy; 354,5 GHz; přechod 4-3). Během dvou nocí nepozorovali žádné změny jejich intenzit. Poprvé tak byl v atmosféře *Pluta* identifikován kyanovodík.

Ještě půl roku před přiletem sondy *New Horizons* k *Plutu* uveřejnila A. Rhodenová aj. pozoruhodnou studii o historii synchronismu dráhy a rotace *Pluta* s *Charonem*. Současný stav totálního synchronismu je totiž konečným stádiem dlouhého procesu, v němž hlavní roli hrály významné slapové síly, jež ohřívaly vnitřní vrstvy obou těles. Protože méně hmotný *Charon* postihly silnější slapy, mělo by se to projevit vyšším vlivem tektoniky na utváření jeho povrchu. Naproti tomu nevíme, jak velké byly případné změny výstřednosti jeho dráhy, která je dnes téměř dokonale kruhová. Autoři však zjistili, že pokud byl *Charon* dříve o něco blíže k *Plutu* než dnes, a jeho dráhová výstřednost dosáhla hodnoty $e = 0,1$, mělo by se to na *Charonu* projevit podpovrchovým vodním oceánem a trhlinami zejména ve východozápadním směru. Tyto trhliny a zlomy by pak poskytly vodítko k odhadu tloušťky a viskozity podpovrchové ledové slupky.

Podobnému tématu se věnovali také M. Neveu aj., když studovali možné mechanismy kryovulkanismu na tělesech pásu EK na základě zkušeností s podpovrchovými oceány na *Enceladu*, *Europě* a patrně i na *Tritonu*. Autoři nejprve studovali podmínky, v nichž se podpovrchové oceány nacházejí, a dále jak vznikají vertikální trhliny, které vedou k povrchu a jimiž pak může nahoru proudit tekutina. Jak vyplynulo z modelování, hlavním tahounem tekutin k povrchu je plyný CO, zatímco CO₂ hraje jen vedlejší roli. Naproti tomu mnohem výbušnější kryovulkanismus je řízen spíše plyným molekulovým dusíkem nebo methanem. Ochlazené kapaliny mohou namrznat na stěnách trhlín a tyto zátky pak explozivní vulkanismus prorazí.

A. Barrova a G. Collins vyšli ze všeobecně přijímané domněnky, že *Charon* vznikl buď přímo při setkání s *Plutem*, anebo po nárazu *Pracharonu* do *Pluta* v dávné minulosti Sluneční soustavy. Došli pak k závěru, že mezi *Plutem* a *Charonem* muselo docházet k přenosu momentu hybnosti z rotace *Pluta* na rozměry dráhy *Charonu*. Navíc propočítali tři varianty vývoje, tj. *Pluto* složený buď z nediferencované směsi hornin a ledu, nebo z jednoduché diference: vespod hornina a nahoře led, či dokonce z trojitě diference: vespod hornina, uprostřed oceán a nahoře led. Po srovnání váhy jednotlivých předpovědí došli k závěru, že *Pluto* musí mít podpovrchový oceán, který pak ovlivňuje tektoniku a geologické změny na jeho povrchu.

Vlastní průlet kosmické sondy *New Horizons* (NASA) o ceně 720 mil. dolarů kolem trpasličí planety *Pluto* a jeho

pěti družic se ovšem stal nejsledovanější astronomickou událostí roku 2015. První podrobné výsledky však NASA zveřejnila až po delší době, protože především bylo potřebné přenést veškerá data z palubního počítače pomalým tempem 1 ÷ 2 kbit/s na Zemi, přičemž přenos jednoho snímku zabral 50 min. Celkem se v počítači sondy uložilo a na Zemi přeneslo přes 50 Gbit údajů. Brzy však bylo zřejmé, že sonda pracovala přesně podle připraveného plánu a všechna data získaná sondou během pouhých 22 h těsného průletu se na Zemi dostanou v dobré kvalitě.

Sonda se nejvíce přiblížila k *Plutu* na vzdálenost 13,7 tis. km od jeho středu (12,5 tis. km od jeho povrchu) dne 14. 7. 2015 v 11:50 h UT rychlostí 13,8 km/s. Mohla tedy pozorovat severní polokouli *Pluta*. Celou operaci řídila Laboratoř aplikované fyziky na Univerzitě Johnse Hopkinse v Laurelu ve státě Maryland pod vedením hlavního řešitele projektu Alana Sterna (*1957), jenž před vyvrcholením téměř deseti-leté mise prohlásil, že by byl velmi překvapen, kdyby výsledky měření nebyly překvapením. Po průletu pak dodal, že je překvapen ještě více, než očekával, a měl naprostou pravdu. Význam studia *Pluta* bez ohledu na jeho klasifikaci (planeta do r. 2006/trpasličí planeta od té doby) významně posílil díky objevům mnoha dalších těles v pásu EK počínaje rokem 1992, kdy D. Jewitt a J. Luuová našli po pěti letech pátrání planetku 1992 QB1 (*cubewano*). Snad nikdo však nepředvídal, že v tak chladné pustině na periférii planetární soustavy se *Pluto* s *Charonem* představí jako tělesa s geologicky mladým (~100 mil. let) aktivním povrchem; *Pluto* se dokonce honosí rozsáhlou a zvrstvenou atmosférou. Stern si nakonec liboval, že výsledky přicházejí tak pomalým tempem, aby je odborníci dokázali průběžně studovat a nebyli zahlceni přemírou dat.

A. Stern a jeho tým zveřejnili první souhrnnou zprávu o základních výsledcích získaných sondou *New Horizons* během průletu již v polovině října 2015 v americkém vědeckém týdeníku *Science* 350 č. 6258, str. 292. Na palubě sondy sbíralo data sedm vědeckých aparatur, tj. vícebarevné mapovací kamery s různým úhlovým rozlišením (nejlepší lineární rozlišení na povrchu *Pluta* dosáhlo 400 m), spektrometry, detektory slunečního větru i vysoce energetických elektricky nabitých částic a částic prachu i rádiové přijímače. Autoři byli překvapeni pestrostí útvarů na povrchu *Pluta* i *Charonu* a růzností jejich stáří od 4,5 mld. do pouhé stovky miliónů let. Relativní převýšení hor z tvrdého vodního ledu starých nanejvýš 100 mil. let dosahuje až 3,5 km. Podobně členové rozsáhlého Sternova týmu odhalili velké rozdíly v barevnosti, albedu a mineralogickém složení částí jejich povrchů. Za načervenalé odstíny povrchu mohou zřejmě tholiny (organické látky ozařované pronikavým kosmickým zářením a bombardované nabitými částicemi). Nalezli také důkazy o povrchové kůře vodního ledu, konvektivních pohybech tekoucího ledu, žlebech dlouhých až 1 tis. km, o tektonických změnách vycházejících na povrch, dunách a přenosech tuhých materiálů větrem.

Pluto je obklopen překvapivě rozsáhlou atmosférou, ale její tlak u povrchu dosahuje jen ~1 Pa. Dusíková atmosféra však sahá do výšky až 1,7 tis. km a dusík představuje 98 % objemu veškeré atmosféry. Horní mez methanové složky dosahuje 960 km, uhlovodíkové (acetylen a ethylen) 420 km, a vrstvy zákalu 150 km od povrchu trpasličí planety. Pozorovatel na povrchu *Pluta* by viděl nad sebou modrou oblohu díky Rayleighovu rozptylu slunečních paprsků na molekulách dusíku. Zatímco průměrná povrchová teplota *Pluta* dosahuje 38 K, teplota atmosféry s výškou nad terénem stoupá díky skleníkovému efektu methanu. Střední poloměr *Pluta* činí 1187 km s chybou 0,3 %. Je tedy jen nepatrně větší než trpasličí planeta *Eris* (1168 km). Zploštění *Pluta* nepřesahuje

1 % rovníkového průměru. Jeho hmotnost $1,3 \cdot 10^{22}$ kg je nyní známa s chybou 0,5 %.

Následně sonda proletěla kolem **Charonu** v minimální vzdálenosti 28,8 tis. km. Také povrch *Charonu* prodělal ve shodě s předpovědí tektonické pochody a přetváření povrchu. Jeho střední poloměr činí 606 km (trpasličí planeta *Ceres* má poloměr 473 km) s chybou 0,5 %, a jeho hmotnost

je retrográdně. Jedině **Charon** obíhá v ekvatoreální rovině Pluta a oba hlavní hráči vykazují *synchronní rotaci* shodnou s oběžnou dobou kolem barycentra, zatímco *ostatní satelity obíhají Pluto retrográdně* a s vysokým sklonem vůči rovníku Pluta, jak ukazuje následující tabulka:

Satelity Pluta

Název	Vzdálenost barycentra (tis. km)	Oběžná doba (dny)	Rotační perioda (dny)	Poloměr, resp. hlavní osy (km)	Sklon k rovníku Pluta
Charon	17,5	6,4 synchr.	6,4	606	0°
Styx	42,7	20	3,2	16 x 9 x 8	121°
Nix	48,7	25	1,8	50 x 35 x 33	108°
Kerberos	57,8	32	5,3	19 x 10 x 9	95°
Hydra	64,8	38	0,4	65 x 45 x 25	94°

dosahuje $1,59 \cdot 10^{22}$ kg. Okolí severního pólu *Charonu* je nečekaně tmavé a napříč jeho rovníkem se táhne **kaňon** hluboký až 9 km a dlouhý minimálně 1,6 tis. km, který pravděpodobně zčásti pokračuje i na opačné *Charonově* polokouli. *Charon spolu s Plutem tvoří fakticky trpasličí dvojplanetu*. Barycentrum soustavy se totiž nachází vně Pluta, ve vzdálenosti 840 km od jeho povrchu, a ve vzdálenosti 17,5 tis. km od centra *Charonu*. Střední hustota Pluta - 1,86násobek hustoty vody - se jen mírně liší od střední hustoty *Charonu* (1,70x voda). Celá soustava Pluta má dohromady hmotnost $\sim 1,5 \cdot 10^{22}$ kg, což představuje pouhou 1/5 hmotnosti našeho Měsíce!

Ostatní průvodci Pluta se zobrazili jako velmi nepravidelné útvary jen přibližně charakterizované jako trojose elipsoidy. Všichni malí průvodci byli objeveni pomocí *HST*; sonda již žádné další satelity o průměru $> 1,5$ km neodhalila. Na rozdíl od **Charonu**, jenž obíhá v rovině rovníku *Pluta* prográdně, obíhají všichni další průvodci *Pluta* retrográdně téměř kolmo k rovině rovníku *Pluta*. Ještě před přiletem sondy k *Plutu* zjistili M. Showalter a D. Hamilton, že tři drobné satelity *Pluta* (**Styx**, **Nix** a **Hydra**) s vysokým albedem povrchu mají oběžné dráhy v *trojitě rezonanci*, což zaručuje, že mohou koexistovat miliardy let, aniž by se srazily mezi sebou, spadly na *Pluta* či odletěly únikovou rychlostí do ne návratna.

Výjimku však představuje o řád tmavší **Kerberos**, který do této trvanlivé konstelace dráhově nezapadá. Něco podobného vidíme také u *Jupiteru*, kolem něhož obíhají v rezonanci družice *Io*, *Europa* a *Ganymed*. S. Kenyon si přitom povšiml, že podobné trvanlivé konstelace vykazují i dvě exoplanetární soustavy pozorované družicí *Kepler* (**K-730** a **K-2169**). Jednotlivé exoplanety těchto soustav jsou obklopeny *gravitačními sférami*, jež znemožňují, aby do nich bez úrazu vstoupila jiná exoplaneta. U *Pluta* to vypadá tak, že synodické oběžné doby dvojice *Styx* a *Hydra* představují 1,5násobek synodické oběžné doby *Nixe* a *Hydry*.

Díky měřením sondy *New Horizons* se podstatně zlepšily základní údaje o parametrech **všech satelitů Pluta**. Jak známo, rotační osa *Pluta* směřuje pod úhlem 123° vůči rovině své oběžné dráhy kolem Slunce, takže vlastně rotu-

V závěru svého obsáhlého sdělení poukazují autoři na skutečnost, že nejspíš dosti podobně budou vypadat **další trpasličí planety v pásu EK** (*Eris*, *Makemake* a *Haumea*) díky impaktům menších objektů, ztrátám hmoty, glaciálním geologickým pochodům, kryovulkanismu a tektonickým změnám. Našli také podobnosti ve vzhledu *Pluta* a *Charonu* s útvary na povrchu Marsu a některých větších družic planet Sluneční soustavy.

Následně O. White aj. oznámili v listopadu 2015, že na snímcích *Pluta* odhalili na spodním okraji černobílého „srdce“ zvaného *Sputnik Planitia* dva **kryovulkány** v podobě štítových sopek *Wright Mons* a *Picard Mons* s centrálními kalderami. I když tato interpretace snímků není definitivní, jistě je, že *Picard* *převyšuje okolní terén o 5,5 km!*

Bezchybný výkon sondy *New Horizons* při průletu kolem *Pluta* se stal podnětem pro další pozorování v hlubinách Sluneční soustavy. Již před přiletem k *Plutu* hledal *HST* vhodné objekty, které by mohla sonda v blízké budoucnosti navštívit po menších korekcích setrvačné dráhy. Odborníci nakonec vybrali planetku **2014 MU69** o průměru 45 km, k níž sonda doletí 1. ledna 2019 a bude ji snímkovat z minimální vzdálenosti ~ 20 tis. km. Je docela možné, že po cestě se ještě přiblíží k několika menším objektům. První úpravy dráhy *New Horizons* proběhly již v září a říjnu r. 2015, kdy měla sonda záso- bu 33 kg hydrazinu pro ovládání raketových trysek. Technici odhadují, že na všechny manévry bud stačit jen 25 kg.

L. Jílková aj. se zabývali otázkou, odkud se vzaly objekty typu **Sedna** (= 2012 VP113) mezi *pásem EK* a *Oortovým oblakem*. *Sednity* se vyznačují přísluním > 30 au a délkou velké poloosy dráhy > 150 au. Dosud je znám asi deset objektů s takto podobnými dráhovými charakteristikami. Podle modelování se však zdá, že by mohlo jít o objekty, které původně patřily do *gravitační sféry jiné hvězdy o hmotnosti $1,8 M_{\odot}$* , jež se kdysi přiblížila ke Slunci na minimální vzdálenost 340 au po dráze, jež svírala s ekliptikou ostrý úhel $17^{\circ} \div 34^{\circ}$ a s počáteční relativní rychlostí 4,3 km/s. Ze simulací pak vychází, že Slunce by během sblížení mohlo zachytit něco přes 900 *Sednit* a dalších více než 400 planetesimál by uvízlo v *Oortově oblaku*.

Oortův oblak obsahuje podle A. Shannona aj. asi 500 mld. kometárních jader, ale aspoň 4 % jeho hmotnosti představují kamenné planetky, jež vznikly ve vzdálenosti *hlavního pásu mezi Marsem a Jupiterem*, takže do *Oortova oblaku* migrovaly. To ovšem znamená, že v *Oortově oblaku je více planetek než v tzv. hlavním pásu mezi Marsem a Jupiterem!* Kdyby některá z těchto ledem pokrytých kamenných či kovových planetek následkem poruch zamířila zpět do lůna Sluneční soustavy, představovala by vážné nebezpečí v případě **srážky se Zemí** rychlostí až 70 km/s. Autoři však vzápětí spočítali, že taková srážka může nastat jen jednou za miliardu let...

E. Mamajek aj. ukázali, že před 70 tis. lety proletěl červený trpaslík **WISE J0720-0846** se svým průvodcem hnědým trpaslíkem *vnější část Oortova oblaku* v minimální vzdálenosti 14 tis. au od Slunce. Průměrný interval takových těsných přiblížení hvězd ke Slunci (vzdálenost v minimu <50 kau) se odhaduje na 10 mil. let. Vyvržení planetek z *Oortova oblaku* však může nastat až při těsném přiblížení cizí hvězdy do *vnitřní části Oortova oblaku*, tj. na vzdálenost <20 kau od Slunce. Interval mezi takovými případy (11 mld. let) se však blíží hodnotě stáří vesmíru; Sluneční soustava zatím existuje pouze 4,5 mld. let.

1.2.2. Kentauři

V r. 1977 objevil C. Kowal pozoruhodný objekt 1977 UB, jenž byl po zjištění parametrů dráhy (nejstarší předobjevový snímek pochází z r. 1895!) nazván (2060) **Chiron** a stal se tak prototypem nové složky Sluneční soustavy. *Chiron* totiž nepatří ani do *hlavního pásu planetek*, ale ani do *pásu EK*. Obíhá Slunce po eliptické dráze se sklonem 7° k ekliptice a délkou velké poloosy 13,6 au, výstředností 0,38 a oběžnou periodou 50 let. To znamená, že v přísluní se dostává ke Slunci o něco blíže než *Saturn*, naopak v odsluní téměř ke dráze *Uranu*. Z periodických změn jasnosti se podařilo odvodit i jeho periodu rotace 5,9 h. Když se *Chiron* v r. 1988 blížil do přísluní, zjasnil se o 1 mag, a v dubnu r. 1989 se kolem tělesa objevila koma, takže dostal druhé označení jako kometa **95P/Chiron**. Tato „kometa“ se však nápadně odlišuje od všech ostatních známých komet svou velikostí. *Chiron* má totiž úctyhodný rozměr přes 200 km. Snad proto byl tento hybrid nazván **Kentaurem**, protože v mezidobí se v prostoru mezi Jupiterem a Neptunem podařilo objevit další obdobné objekty. Nyní J. Ortiz aj. snesli na základě pozorování několika zakrytů hvězd *Chironem* důkazy, že tento Kentaurec se honosí ještě *rovňovým prstencem* o poloměru (324 ± 10) km. Proměnný náklon prstence vůči pozemnímu pozorovateli tak přispívá ke dlouhodobým změnám jasnosti *Chironu*.

J. Ruprechtová aj. pozorovali koncem listopadu 2011 ze dvou observatoří na Havajských ostrovech *zakrytí anonyminí hvězdy 15 mag Chironem*. Před a po zakrytí hvězdy *Chironem* v trvání 16 s zaznamenali souměrně dva další dvojité krátké poklesy v lineární vzdálenosti asi 300 km od *Chironu*. Z toho odvodili, že *Chiron má dokonce dva prstence o šířkách 3 a 7 km*, mezi nimiž je mezera široká 12 km. Jelikož takové prstény byly pozorovány i u dalších Kentaurů, ale u jiných určitě nejsou, prohlubuje to záhadu, odkud se zřejmě opakovaně Kentauři berou. Lze totiž ukázat, že jejich dráhy nejsou příliš stabilní kvůli občasným silným poruchám od obřích planet, takže mohou ve zmíněném prostoru přežívat jen několik milionů let. Podobně rozplzlé je i kritérium příslušnosti ke Kentaurům. Současný počet objevených **Kentaurů** už přesáhl 400, ale odborníci odhadují, že je jich ve skutečnosti o dva řády více.

Příkladem aktivního Kentaura je podle měření J. C. Shi a Y. H. Ma kometa **166P/2001 T4 (NEAT)**. Kometa prošla koncem května přísluním ve vzdálenosti 8,6 au a v odsluní se vzdálí na 19 au. Obíhá ve sklonu 15° vůči ekliptice a v pe-

riodě 51 let. V březnu 2009 ji autoři pozorovali ve vzdálenosti téměř 12 au od Slunce pomocí *10m Keckova dalekohledu* na *Mauna Kea* a stále ještě jevila kometární aktivitu. Odtud mohli stanovit horní mez průměru jádra na 29 km a tempo produkce prachu 250 kg/s.

A. Pál aj. určovali fyzikální parametry extrémního Kentaura **2013 AZ60** pomocí fotometrie a infračervených měření družicí *Herschel*. Objekt má rotační periodu 9,4 h a z dalších fyzikálních měření vyplývá i jeho lineární průměr 62 km a velmi tmavý povrch s albedem jen 3 %. Jde o rekordně nízkou odrazivost mezi všemi Kentaury. Nevykazuje však žádnou kometární aktivitu. Jeho oběžná dráha je ovšem neuvěřitelná: v přísluní se nachází jen 7,9 au od Slunce, ale zato v odsluní se vzdálí na 1 450 au, tj. do vnitřní části *Oortova oblaku* komet, po dráze se sklonem 17°. Celý oblet kolem Slunce zabere tomuto extra-Kentaurovi téměř 20 tisíc let! Jde zřejmě o **panenskou kometu**, která se vydala do nitra Sluneční soustavy poprvé a její dráhová budoucnost není nikterak růžová. Podle výpočtu autorů opustí extra-Kentaurec s 50 % pravděpodobností Sluneční soustavu během příštích 700 tis. let.

1.2.3. Obecné studie o planetkách

V prosinci 2009 vypustila NASA na polární dráhu družici **WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer)** s primárním zrcadlem o průměru 0,4 m, která vykonala během 10 měsíců přehlídku celé oblohy ve čtyřech infračervených pásmech (3,4 ÷ 22 μm). Byla chlazená tuhým vodíkem, který se během té doby odpařil. Poté NASA misi prodloužila o 4 měsíce v projektu **NEOWISE**, neboť se ukázalo, že družice dokázala v chladném režimu objevit tisíce nových planetek, zejména těch, které křížují dráhu Země. V „teplém“ režimu (74 K) pracovala v pásmech 3,4 a 4,6 μm a hledala úspěšně další křížiče (**NEO = Near Earth Objects**). Počátkem února 2011 však byla zaimovávána. Obrazně řečeno ji v únoru 2013 probudil *superbolid a meteorit Čeljabinsk*, takže NASA družici znovu aktivovala v srpnu 2013, aby mohla s ročním rozpočtem 5 mil. dolarů pokračovat v hledání křížičů po dobu tří let.

C. Nugent aj. nyní shrnuli výsledky činnosti družice v prvním roce projektu **NEOWISE**, tj. od prosince 2013 do prosince 2014. Družice za tu dobu poskytla údaje o rozměrech a albedu 7 958 planetek, z toho je 7 755 planetek hlavního pásu, případně křížičů Marsu, a dále o 201 **NEO**. Průměry planetek mají střední chybu do 20 %. Albeda lze učitovat s chybou do 40 %.

F. Spoto aj. využili rychle rostoucího počtu očíslovaných planetek k přesnějšímu určení **stáří jejich rodin** vzniklých kolizemi velkých planetek. Na základě rozboru drah 384 tisíc planetek se jim podařilo identifikovat celkem 45 rodin, z nichž každá má aspoň 250 dobře definovaných členů. Pro 37 z nich se jim podařilo zpřesnit, kdy vznikly. V několika málo případech šlo však o postupnou kaskádu rozpadů, což se nepodařilo přesně datovat. Nejstarší rodinu má planetka (375) *Ursula* (3,5 mld. let), kdežto nejmladší je rodina (1547) *Nele* (<5 mil. let). Největší **rozptyl stáří** vykazují jednorázové rodiny (34 ÷ 1 035 mil. let); následují sériově rozpadající se rodiny (29 ÷ 958 mil. let), rodin s vysokým pokrytím impaktními krátery (35 ÷ 659 mil. let), a nakonec mladé rodiny (5 ÷ 37 mil. let).

T. Henych a P. Pravec studovali **kumulativní změny tvaru planetek** s původními rozměry od stovek metrů do 18 km, které jsou výsledkem opakovaných nárazů drobných interplanetárních projektilů. Jako terč nárazů zvolili planetky ve tvaru trojosých elipsoidů. Tyto elipsoidy pak v počítači ostřelovali z náhodných směrů a zjistili, že dlouhodobé bombardování vede k **zeštíhlení tvaru podél hlavní osy elipsoidu**. Rychlost tohoto procesu je však natolik pomalá, že většinou

dojde dříve ke katastrofické srážce s jinou srovnatelně velkou a hmotnou planetkou, takže drobná tělesa nestihnou tvar planetky do té doby významněji ovlivnit.

Také L. Denneau a jeho tým se snažili na základě prvních výsledků z přehlídky **Pan-STARRS 1** (*Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System*; průměr zrcadla 1,8 m; mezní hvězdná velikost 24 mag) na sopce *Haleakala* (*Maui, Havajské ostrovy*) odvodit četnost katastrofických srážek malých planetek v hlavním pásu, při nichž se malá planetka rozpadne na mnoho úlomků. Systém je nejcitlivější na srážky 100 m planetek s menšími projektily. (Nejjasnější planetky hlavního pásu o průměru 100 m mohou mít absolutní hvězdnou velikost 18,5 mag. Absolutní hvězdná velikost se u planetek definuje jako jejich vizuální jasnost pro vzdálenost 1 au od Slunce a 1 au od pozorovatele při plném osvětlení celé polokoule planetky). Autoři měli k dispozici data za 453 dnů souvislé činnosti teleskopu (*průměr jasných nocí na sopce dosahuje více než 350 dnů za rok!*). Pokud by systém pozoroval dočasně zjasnění planetky a následující významný pokles, měl by to být důkaz katastrofické srážky.

K překvapení autorů však k takovým srážkám nedochází tak často, jak očekávali. Na vině je **konkurenční nekolizní mechanismus rozpadu** těchto planetek, které většinou představují hromady sutě, které se vlivem slunečního záření roztácejí na rychlosti, při nichž se samy rozpadnou odstředivou silou. Takové úkazy byly už vícekrát pozorovány a autoři odhadují, že aparatura *PanSTARRS* může objevit ročně až 10 takových případů, provázených zjasněním nad 18,5 absolutní hvězdnou velikost. *Rotační rozpady se zřejmě až dosud maskovaly jako srážky s menšími projektily*, ale tuto kamufláž astronomové prokoukli. Ke katastrofickým rozpadům velmi malých planetek dochází tedy jen velmi vzácně.

C. K. Chang aj. určovali **rotační periody planetek** pomocí dat ze střední přehlídky *Palomar Transit Factory* (**iPTF**), jež proběhla ve dnech 6. – 9. 1. a 20. – 23. 2. 2014 a pokryla na obloze plochu 174 čtv. stupňů. Autoři spolehlivě změřili rotační periody pro 1,75 tis. planetek a prokázali, že malé planetky tvořené hromadami sutě nemohou mít kratší rotační periodu než 2 h; při vyšší rychlosti rotace se planetky o průměrech >150 m odstředivou silou rozpadají. V databázi je ostatně patrné, jak s rotační dobou kratší než 4,8 h souběžně klesá i četnost rychle rotujících planetek v daném souboru. Planetky s rotační periodou <2 h jsou vzácné. Nejkratší periodu 0,5 h objevili P. Pravec aj. v r. 2002 u planetky **2001 OE84**. Zmínění autoři nalezli během přehlídky další rychle rotující planetku (335433) **2005 UW163** s rotační periodou 1,3 h. Autoři také potvrdili, že planetky třídy C jsou proti odstředivé síle rotace odolnější než planetky třídy S, což souhlasí se skutečností, že střední hustota planetek C je nižší než u planetek S.

V roce 1983 ve švédské *Uppsale* proběhla první mezinárodní konference o **planetkách, kometách a meteorech**. Tak byla založena tradice, která pokračuje ve dvou- až čtyřletých intervalech na různých kontinentech až do současnosti. Na přelomu června a července 2014 se ve Finsku uskutečnila již **12. mezinárodní konference**, která soustředila na pět dní do *Helsinek* přední světové odborníky pracující ve zmíněných oborech. O planetkách a trpasličích planetách se hovořilo na plenárních zasedáních věnovaných kosmickým projektům *Dawn*, *Gaia*, *New Horizons* a *Hayabusa 1 a 2*. K mezioborovým tématům se pak vyjádřila řada autorů (J. Fernández a A. Sosa; R. Rudawska a J. Vaubaillon; M. Hajduková a D. Tomko). Diskutovali otázky spojené s výskytem **komet Jupiterovy rodiny** a planetek hlavního pásu, kde se někdy těžko klasifikuje, co je ještě planetka, a co už kometa, protože

kometární aktivita se vyskytuje převážně v přísluní a jinak se těleso chová jako planetka. Na druhé straně existují planetky, které kolem sebe víří prach, anebo mají prachové vlečky. Životnost těchto nejednoznačně zařazovaných objektů na stabilní dráze bývá omezena, což ovšem nejvíce postihuje právě Kentaury. Planetka (**3200 Phaethon**) je – jak známo – mateřským tělesem jednoho z nejbohatších stabilních meteorických rojů na pozemské obloze – prosincových *Geminid*. T. Galushina aj. zjistili, že na budoucí dráhu *Phaethonu* má zanedbatelný vliv jak *Jarkovského efekt*, tak *ztráta hmoty* v přísluní. Díky **meteoroidům**, jež mají rovněž rozličný původ, *přibývá denně na Zemi přes 100 t většinou rozprášené interplanetární hmoty*.

A. Cellino aj., K. Muinonen aj. a X. Wang aj. referovali o nových *inverzních metodách analýzy světelných křivek planetek*, jež mohou lépe postihnout *rotaci, tvar a směr rotační osy* sledovaných planetek. Tyto metody jsou velmi důležité zejména pro zpracování velmi přesných světelných křivek planetek, které dodává astrometrická družice *Gaia*. K. Muinonen aj. zavedli do inverzních metod *Markovovy řetězce*, jež mohou pomoci při řešení komplikovaných světelných křivek s řadou neznámých parametrů. Odlišný přístup k inverzním metodám představil O. Wilkman aj. i další autoři, když sestrojil *numerický model zahrnující rozptyl světla* zejména na regolitu tmavých planetek. Předností modelu je také zrychlení celého výpočtu. A. Marciniak aj. ukázali, že u pomalu rotujících planetek dochází k omylům v určení jejich rotační periody, která je ve skutečnosti delší, než jak to vyplývá ze světelné křivky. G. Fedorets a M. Granvik tak opravili délku periody jedné z planetek rodiny *Hungaria*. Autoři soudí, že i další členové této rodiny mají rotační periody delší, než se dosud uvádí. F. Vilas aj. porovnávali *optická spektra* (pásmo 360 ÷ 440 nm) pro **planetky tříd Q a O** se spektry těchto objektů ve vizuální a blízké infračervené části spektra. V optickém spektru lze totiž odhalit *kosmické zvětrání regolitů* planetek, které se ve vizuálním a infračerveném spektru nepozná.

Podle A. Virkkiho a K. Muinonena lze rozlišovat povrchy *křížičů Země a planetek hlavního pásu* také **planetárnými radary**. Radary dokáží určit rádiové albedo povrchu a dokonce i kruhovou polarizaci odraženého signálu pro planetky, jejichž rozměry jsou větší než délka vlny radaru. V těchto případech dostaneme také informaci o *stavu podpovrchových vrstev planetky*. V. Jemeljaněnko studoval pravděpodobný orbitální vývoj dráhy **meteoritu Čeljabinsk** v posledním milionu let před srážkou se Zemí. Pokud je na této dráze více těles, mají 75 % pravděpodobnost, že v dohledné budoucnosti spadnou do Slunce. Na druhé straně asi čtvrtina z nich se může přiblížit k Zemi ze slunečního směru, podobně jako to dokázal meteorit Čeljabinsk v r. 2013. D. Sears shrnul výsledky výzkumu *dvanácti planetek, jež byly až dosud zkoumány zblízka*, popřípadě in situ, osmi kosmickými sondami. I když zkoumané planetky jsou potlučené krátery a mají na povrchu regolit, představují přesto velmi *různorodou populaci*. Některé se nacházejí na stabilních drahách v hlavním pásu planetek, ale jiné jsou dokonce potenciálně nebezpečnými křížiči. Jedna ze zkoumaných planetek (**243 Ida**) má dokonce vlastní měsíc *Dactyl*. Na povrchu planetek a trpasličích planet (**1 Ceres**) nalézáme *basaltické horniny*, ale také různé typy *chondritů*. Podrobné studie jejich povrchových útvarů, rozházených balvanů a jiných terénních útvarů nám může pomoci získat nové poznatky o jejich geologické a astronomické historii a odtud pak odvodit důležité závěry zejména o tom, jak celá Sluneční soustava vznikla.

Príbeh Curiosity (2)

Tvárou v tvár hore Mount Sharp

Blízko Buckskinu sa rover Curiosity prvý raz dostal do kontaktu s ďalšou formáciou nazvanou Stimson. Po podrobnejšom prieskume sa ukázalo, že Stimson je tvorený hrubozrnným pieskovcom, ktorý sem podľa všetkého nafúkal vietor.

Stimson je veľmi zaujímavý. Tiahne sa naprieč formáciou Murray v útvare, ktorý má odborný geologický názov *uhlová diskordancia*: usadeniny formácie Murray, ktoré sem naplavila voda a zasypal piesok, sa zmenili v pevnú horninu, potom sa dostali na povrch a neskôr erodovali v nejakom druhu suchého prostredia; potom ich znova prikryli piesky naviate vetrom. Sedimentológovia si všimli, že menšie časti formácie Murray sú včlenené do základne Stimsonu.

Najmladšia hornina v hľadáči rovera

Medzi sformovaním týchto dvoch útvarov zrejme uplynulo veľa času. Keď vedci z tímu Curiosity pripravovali prieskum Stimsonu, bolo im jasné, že môže byť tou vôbec najmladšou horninou, ktorú si rover pozrie zblízka. Dúfali, že keď sa im pomocou výsledkov získaných roverom podarí pochopiť takéto druh stratigrafických vzťahov, azda im to umožní objasniť kompletnú históriu vývoja klímy tak, ako prebiehala v kráteri Gale. Túto prácu možno vykonať iba vďaka terénnej geológii, a to dokáže len rover alebo astronaut.

Po Buckskine teda rover vyrazil na pieskovcový hrebeň Stimsonu. Zlomy prekrývajúce túto formáciu na rozdiel od predchádzajúcich zlomov, ktoré Curiosity spozoroval, obklopovalo jasné halo. Rover zavrátil do horniny zvnútra i zvonku takéhoto hala, na útvaroch nazvaných Big Sky a Greenhorn.

V hale Greenhornu sa opäť výborne uplatnilo jedno zo supermoderných zariadení, ktorými je Curiosity priam nabitý – CheMin (čiže chemické a mineralogické laboratórium, ktoré využíva röntgenovú difrakciu a fluorescenciu).

S pomocou CheMinu

CheMin v hale Greenhornu identifikoval ílovitú horninu bohatú na kremík. Ďalšie analýzy ukázali, že ostatné chemické zložky boli vylúhované, čo sa niekedy stáva aj na Zemi v prostredí s agresívnymi, vysoko kyslými podzemnými vodami. Z mnohých dôvodov nemohla byť voda, ktorá vyplavila Stimsonský pieskovec, rovnaká ako tá, ktorá vytvorila sulfátové žily v ílových usadeninách formácie Murray.

Samozrejme, geológov by zaujímalo, koľkokrát boli tieto skaly pochované a zvlhčené,

prípadne koľko času oddeľovalo jednotlivé epizódy zvlhčovania. Na tieto otázky však nedokáže odpovedať ani prístroje Curiosity. Na Mars sa ešte nedostal nijaký prístroj s tak dokonalými nástrojmi, ktoré by umožnili preskúmať a určiť vek hornín. Tie by sa najlepšie skúmali v pozemských podmienkach.

Analýza marsovských hornín na Zemi?

Pripravovaný rover misie NASA Mars 2020 (jeho koncepcia v podstate vychádza z rovera Curiosity) preto zhromaždí vzorky, ktoré

by sa mohli prípadne vrátiť a umožniť spresňujúce geochronologické experimenty v pozemských laboratóriách. Keďže čas na túto misiu sa kráti, v októbri uplynulého roka NASA úspešne vyskúšala 50-kilogramový padák pre nový marsovský rover: zo základne Wallops vo Virgínii vypustila dvojstupňovú suborbitálnu raketu, ktorá vyniesla potrebný náklad do výšky 50 km, kde je hustota vzduchu porovnateľná s podmienkami na Marse. Keď raketa náklad vypustila, padák sa bleskovo otvoril.

Vráťme sa však k prebiehajúcej misii Curiosity. Počas 1369. marsovského solu (v júni 2016) sa rover vydal do medzery v piesočných dunách. Konečne sa teda mohol pozrieť priamo do tváre Mount Sharp, hory, ktorá je cieľom jeho cesty.

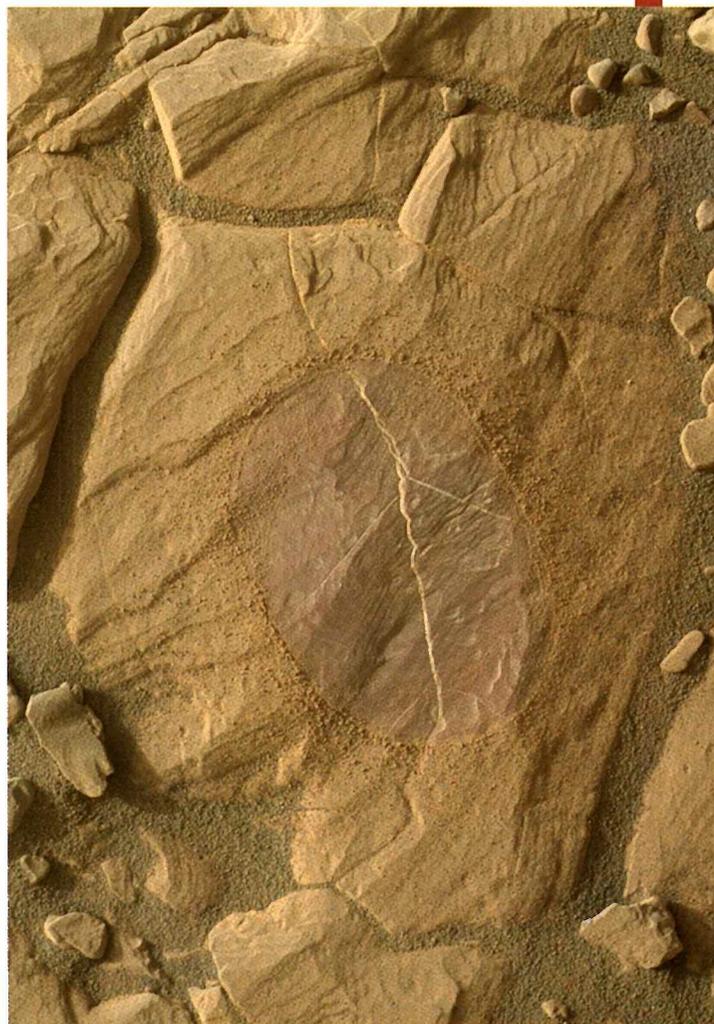
V lete 2016 prechádzal veľkolepými krajinami Murray Buttes a cez guľičky Murrayho ílovca zakrytými pieskovcom Stimsonu. Martánsky vietor šlahajúci medzi medzerami rovinných kopcov ich vyzametal a zbavil dunových pieskov, čím vytvoril dostatočný priestor na bezpečný prechod statočného rovera.

Curiosity v núdzi

2. júla však postup Curiosity medzi piesočnými dunami zastavili technické

problémy; rover stál a nemohol robiť nijaké vedecké výskumy. Riadiaci systém ho totiž prepel do bezpečnostného režimu, ktorý vylučuje akúkoľvek aktivitu; v tomto prípade sa čaká, čo s tým urobia špecialisti na Zemi.

Bezpečnostný režim sa aktivuje vždy, keď sonda zistí, že niektorý z jej systémov nepracuje tak, ako by mal. Keďže riadiaci systém nemôže byť naprogramovaný na samostatné riešenie problému, musí poskytnúť dostatok času riadiacemu stredisku misie na to, aby situáciu správne vyhodnotilo a navrhlo rieše-



Ukážka priam umeleckých schopností Curiosity je z novembra uplynulého roku. Rover v tomto prípade použil prístroj DRT (Dust Removal Tool), ktorý je spolu s kamerou MAHLI umiestnený na konci robotickej ruky. DRT umožnil odstrániť prach z približne šesťcentimetrovej plochy na skale nazwanej Vianočná zátoka, ktorá je súčasťou hrebeňa Very Rubinovej na úpätí hory Mt. Sharp.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/MSSS



Rover Opportunity našiel na Marse dovedna päť kovových meteoritov. V máji 2014 objavil svoj prvý kovový meteorit aj Curiosity. Dostal názov Libanon. Je dlhý približne dva metre, a keby sa našiel na Zemi, lesklý a hladký povrch by svedčil o jeho relatívne nedávnom dopade. Na Marse to však neplatí, lebo na povrchu Červenej planéty bol meteorit vystavený odlišným podmienkam. Obrázok je kombináciou kruhových obrázkov s vysokým rozlíšením Remote Micro-Imager a kamery Mastcam..

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/LANL/CNES/IRAP/LPG-NANTES/CNRS/IAS/MSSS

nie. Iná cesta by mohla priviesť k nenávratnému poškodeniu alebo kritickému zlyhávaniu systémov.

Treba povedať, že Curiosity sa neocitol v núdzi prvý raz. Do „safe mode“ sa prepol už trikrát, pričom vždy počas roku 2013; našťastie, vždy boli na príčine „iba“ rôzne technické problémy, spôsobené bez zásahu zvonka. Oveľa horšie by bolo, ak by do citlivého počítačového systému prenikla napríklad nabitá častica pochádzajúca z niektorej zo supernov, ktoré takéto zrýchlené subatómové častice produkujú. Aj keď inžinieri sa snažili ochrániť počítačové systémy Curiosity pred vniknutím miniatúrnych votrelcov čo najlepšie, zásah zvonka nie je vylúčený najmä vzhľadom

na to, že Mars má veľmi slabé magnetické pole. Napokon to isté nebezpečenstvo bude hroziť aj prístrojom, ktoré privezú prví kolonizátori Červenej planéty.

Tentoraz sa ukázalo, že technický problém sa vyskytol so softvérom jednej z kamier; tá si nerozumela s programom, ktorý v riadiacom počítači zodpovedá za spracovanie dát. Nebolo preto až takým problémom po niekoľkých dňoch obnoviť činnosť systému a pravidelnú komunikáciu antény siete DSN (Deep Space Network) s roverom.

Predĺženie misie

V tom čase si NASA pripravila pre Curiosity ďalšiu dobrú správu. Americká vesmírna

agentúra totiž odsúhlasila dvojročné predĺženie celej misie, ktoré začalo platiť v októbri 2016. Ak sa neudeje nijaká závažná porucha, mohol by povrch Marsu skúmať dovedna šesť rokov, teda až do jesene 2018.

Pri rozhodovaní o predĺžení misie je vždy potrebné zobrať do úvahy technický stav stroja s prihliadnutím k možnostiam ďalších rokov prevádzky, pričom dôležitým kritériom sú aj financie. NASA najmä v poslednom čase nemá peňazí nazvyš (aj preto sa oneskorilo napríklad vypustenie Vesmírneho ďalekohľadu Jamesa Webba, ktorý nahradí Hubblov ďalekohľad), tentoraz sa však nevyhnutné prostriedky na predĺženie výskumnú činnosť Curiosity našli.

Agentúra tak naplnila očakávania pracovníkov misie, ktorí venovali veľa času neplánovaným zastávkam, akým bola napríklad mimoriadne atraktívna odbočka k Yellowknife Bay. Ak by už od počiatku neverili, že misia bude predĺžená, musel by rover postupovať k cieľu svojej cesty – Mount Sharp – oveľa rýchlejšie.

Na hrebeni Very Rubinovej

Koncom roka 2017 sa Curiosity nachádzal v spodnej časti Mount Sharp, v lokalite hrebeňa, pomenovaného krátko predtým Vera Rubin Ridge podľa americkej kozmologičky Very Rubin (1928 – 2016), ktorej meno je spojené s objavom tmavej hmoty. Výšku hrebeňa možno prirovnať k 20-poschodovému domu. Rover tu študoval rozloženie hematitu, tvoreného železom a kyslíkom; ako sme už spomínali, táto hornina je odolná voči erózii.

Ak Curiosity dostane približne o rok ďalšiu možnosť, a misia bude opäť predĺžená, bude môcť pokračovať v podrobnejšom štúdiu týchto hornín, prípadne zamieriť ešte vyššie (aj keď až na vrchol hory sa nedostane).

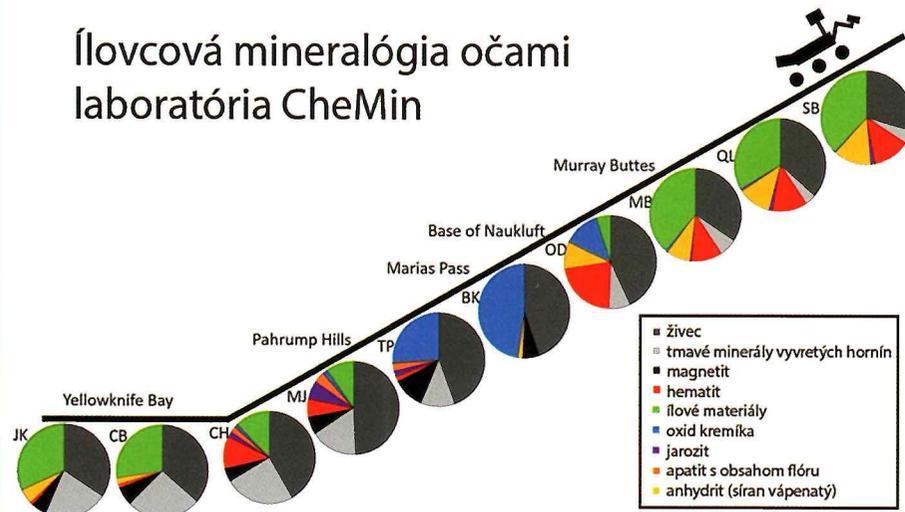
Ďalšou veľmi zaujímavou oblasťou, ktorú by rover mohol preskúmať je miesto, kde si kedysi prerazil cez Mount Sharp cestu kanál a vyprázdnil svoj obsah do niekdajšieho jazera, čím vznikol útvar, ktorý vyzerá ako vejárovito sa rozširujúca delta. Sedimenty uložené v tejto delte a v kanále, ktorý ju „krmil“, sa postupom času zmenili na horniny, odolnejšie voči erózii než zvyšok hory Sharp, takže po dlhom období vzetrávania sa nakoniec kanál dostal nad okolité skaly.

Kľúč k minulosti

Curiosity by mohol využiť tento kanál ako rampu, vedúcu z obdobia vzniku ílových minerálov z chemicky neutrálnych vôd až do obdobia, kedy sa prítomnosť vody stala zriedkavejšou a horniny sa obohacovali o sírany. Bude sa však musieť vyrovnáť s veľmi nepríjemným terénom.

Tento scenár sa však nemusí uskutočniť. Životnosť rovera okrem financií limituje niekoľko ďalších prvkov. Už sme písali o deravých kolesách, to je však azda ten najmenší problém: napriek poškodeniu môžu pri citlivom zaobchádzaní vydržať tak dlho, ako to budú inžinieri misie potrebovať. Známky opotrebovania však vykazujú aj niektoré dôležité prístroje. Začiatkom roka 2017 „odišiel“ mechanizmus vrtania, čo bolo obzvlášť nemilé, lebo práve vrták je najobľúbenejším ná-

Ílovcová mineralógia očami laboratória CheMin



Zloženie ílovcových hornín na desiatich miestach, kde Curiosity postupne vrtal, sa podstatne líši. (Na ďalších piatich miestach počas roka 2016 Curiosity vrtal do pieskovcov). Každý z kruhových diagramov ukazuje zloženie minerálov na určitom mieste, od Yellowknife Bay až po Sebinu. Uhlopriečka zobrazuje celkovú zmenu nadmorskej výšky – približne 200 metrov. Nie je to však priama stratigrafia: iba posledné štyri vzorky (Oudam, Marimba, Quela a Sebinina) boli rozmiestnené metodicky a každú z nich oddelovalo 25 metrov nadmorskej výšky. Mineralogické variácie v týchto ílových materiáloch mohli nastať vďaka niektorému z nasledujúcich faktorov, alebo aj vďaka všetkým naraz: rozdiely v zdrojových materiáloch uložených vo vode, ktorá prenikla do jazera, v procesoch sedimentácie a formovania hornín, ako aj v dôsledku toho, ako sa horniny neskôr zmenili.

ILUSTRÁCIA: S&T GREGG DINDERMAN, NASA/JPL-CALTECH

strojom Curiosity. Riadiaci tím najskôr zistil, že chyba sa nedá napraviť, takže potom jeho členovia museli veľmi dlho hľadať spôsob, ako poruchu „obísť“. Našťastie sa im podarilo v pozemskom laboratóriu vyvinúť novú metódu vráťania.

Neúprosne sa však vyčerpáva rádioizotopový zdroj Curiosity. Vedci uvádzajú, že konečnou stanicou pre rover môže byť asi 14 rokov od naloženia palivových článkov, alebo približne 4 700 solov. S týmto osudom sa bude musieť už onedlho vyrovnáť iný marsovský rover Opportunity, ktorý sa nachádza v oblasti Meridiani Planum a už mnohonásobne prekonal pôvodne plánovanú dĺžku misie 90 solov. Jeho dvojča Spirit, ktorý sa taktiež dostal na Mars začiatkom roka 2004, sa odmlčal v marci 2010.

Keď palivový zdroj prestane poskytovať dostatok energie nielen na to, aby udržal rover v pracovnom nasadení, ale už nebude stačiť ani na obyčajný spánok, misia skončí. Curiosity by však niečo také stretlo až v roku 2026.

Naplnené očakávania

Zainteresovaní vedci sa zhodujú, že už teraz, po vyše piatich rokoch, ktoré strávil Curiosity na Červenej planéte, vrchovato naplnil obrovské očakávania. Potvrdil, že v kráteri Gale bolo kedysi naozaj obrovské jazero s veľkou zásobou sladkej vody, ktoré periodicky vysychalo, no potom sa opäť znova zaplňovalo. Tým, že skúma vrstvy rôznych hornín, ktoré sa po dlhom „spánku“ znovu dostávajú na povrch, pomáha mapovať bohatú geologickú históriu planéty, popretkávanú zmenami klímy. Čo je však najdôležitejšie: rozboru zozbieraného materiálu urobené priamo na palube rovera ukázali, že dávnoveký Mars poskytoval podmienky vhodné na život. Mohli pretrvať počas desiatok až stoviek miliónov rokov najmä vďaka podzemným vodám, bohatým na minerály.

Čo ak pod vrstvami hornín doteraz pretrvávajú prejavy nejakej formy života? Napríklad odolné druhy baktérií, ktoré vedia prežívať bez prístupu slnečného žiarenia a bez kyslíka aj na Zemi? Na tieto vzrušujúce otázky môže dať odpoveď až budúca výskumná misia.

Hlavný zdroj: Sky & Telescope; M. A.



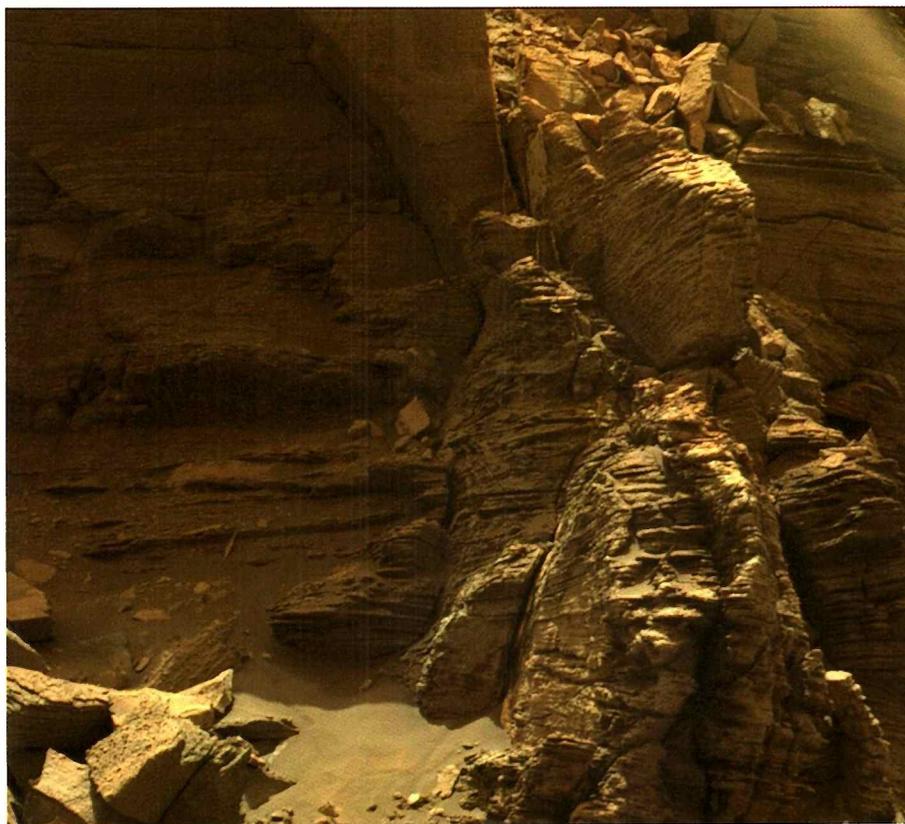
Ešte raz formácia Murray, kde Curiosity objavil túto pozoruhodnú sieť minerálnych žíl, vyčnievajúcich 6 cm nad okolitým terénom. Vznikla tak, že voda pretekala roztrúšenými skalami a ukladala tam minerály; keď okolité horniny erodovali, dostali sa tieto zaujímavé útvary na povrch.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/MSSS



V januári 2017 našiel Curiosity tento zvláštny kameň, ktorý do okolitého terénu zjavne nezapadá. Ak sa potvrdí, že to je taktiež kovový meteorit, čo je veľmi pravdepodobné, bude mať Curiosity na svojom konte už tri.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/MSSS



Hrubozrnný pieskovec zaujímavého útvaru nazvaného Stimson nachádzajúci sa vo formácii Murray Buttes na úpätí hory Mt. Sharp. Podobný útvar vzniká aj na Zemi v prípade, že pieskovec sú naviate vetrom alebo ich prinesie voda. Záber je z kamery Mastcam z leta 2016.

FOTO: NASA/JPL-CALTECH/MSSS

Riasy: alternatívne palivá budúcnosti?

Rozvoj všetkých druhov dopravy si bude vyžadovať čoraz väčšie dodávky pohonných hmôt. Palivá, používané v spaľovacích motoroch, sa vyrábajú takmer výlučne z ropy. A keďže ropné zdroje sú vyčerpatelné, bude potrebné hľadať nové, alternatívne palivá. Jednou z perspektívnych možností je použitie biopalív z rias.

Biopalivá sú dlho diskutovanou (aj skúmanou) otázkou. Keďže pochádzajú z obnoviteľných surovín, môžu priniesť zníženie množstva oxidu uhličitého unikajúceho do atmosféry najmä pri spaľovaní ropy. Môžeme predpokladať, že množstvo CO₂ vzniknuté spálením biopaliva bude rovnaké ako množstvo CO₂

výhodou je potreba obrovských rozlôh ornej pôdy na produkciu dostatočného množstva oleja. Problémom, ktorý môže nastať v dôsledku nedostatku ornej pôdy, je odlesňovanie, kľčovanie a vypalovanie, čo v konečnom dôsledku môže viesť k zhoršeniu globálnej zmeny klímy. Hroziť tiež konkurencia medzi pestovaním plodín na výrobu potravín a plodín na produkciu biopalív.

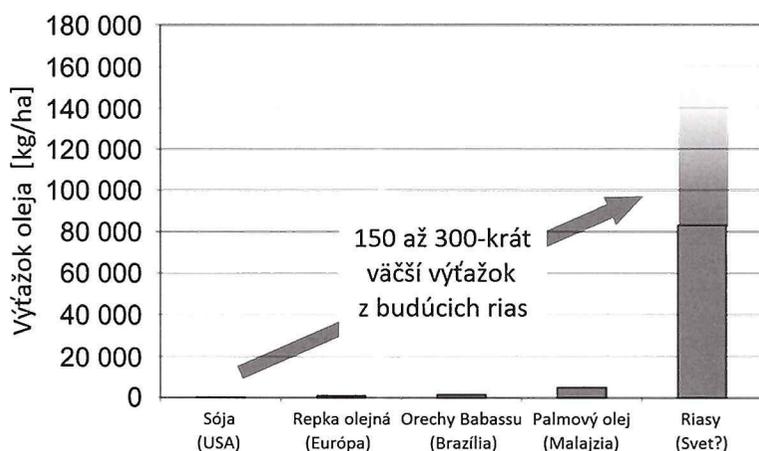
Veľkú pozornosť preto treba venovať dlhodobej udržateľnosti pestovania plodín. Súčasné poľnohospodárske plodiny majú príliš malý výťažok oleja z jedného hektára, a preto ich pestovanie v masovej miere vo vyspelých krajinách nie je možné. Najperspektívnejšou

oleja na jednotku plochy v porovnaní so suchozemskými olejnatými plodinami.

Riasy sú tvorené uhľohydrátmi, proteínmi a lipidmi (prírodnými olejmi). Riasy možno použiť na výrobu energie viacerými spôsobmi. Jedným z najúčinnějších je využitie oleja z rias. Pretože väčšina oleja produkovaného mikroriasami má vhodné vlastnosti na ďalšie spracovanie, mikroriasy sú jedinečnou a veľmi perspektívnou biosurovinou na výrobu biopalív. Niektoré druhy rias, pestované v špeciálnych podmienkach, môžu dokonca

Tab. 1 Výnos oleja z jednotlivých druhov mikrorias

Druh mikrorias	Obsah oleja [% zo suchej hmotnosti]
Botryococcus braunii	25 – 75
Chlorella sp.	28 – 32
Cryptocodinium cohnii	20
Cylindrotheca sp.	16 – 37
Dunaliella primolecta	23
Isochrysis sp.	25 – 33
Nannochloris sp.	20 – 35
Nannochloropsis sp.	31 – 68
Neochloris oleoabundans	35 – 54
Nitzschia sp.	45 – 47
Phaeodactylum tricornutum	20 – 30
Schizochytrium sp.	50 – 77
Tetraselmis suecica	15 – 23



Obr. 1 Výťažok oleja z rôznych plodín

pohltené rastlinami pri ich raste. Problémom môžu byť poľnohospodárske zásahy a samotná výroba biopalív, ktoré môžu zvyšovať produkciu CO₂ a tým ohroziť ich ekologickú neutrálnosť.

V súčasnosti sa skúmajú možnosti použitia tradičných poľnohospodárskych plodín na produkciu biopalív: v Európe je to repka olejná, v USA sója, v Malajzii palmový olej, v Brazílii orechy palmy Babassu a pod. Ich ne-

biosurovinou budúcnosti sú riasy, ktoré môžu produkovať 150 až 300-krát viac oleja v porovnaní s konvenčnými plodinami (obr. 1).

Riasy sú živé organizmy rastúce vo vodnom prostredí, ktoré na svoj rast využívajú svetlo a oxid uhličitý. Môžeme rozlišovať dva základné druhy, makroriasy a mikroriasy. Makroriasy sú veľké mnohobunkové riasy merateľné v centimetroch. Tieto riasy môžu rásť rôznymi spôsobmi, pričom medzi naj-

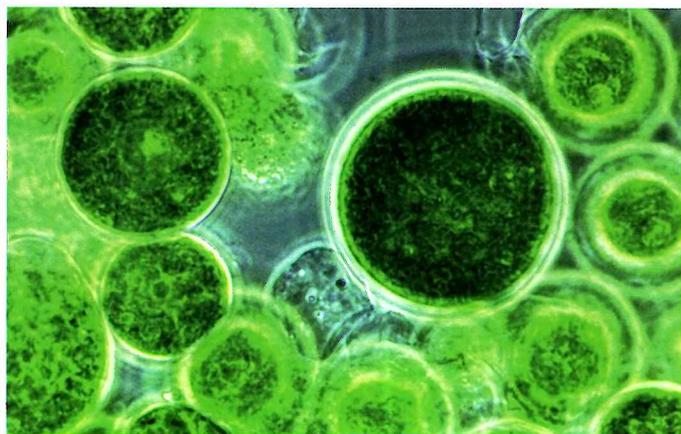
väčšie druhy patria morské riasy. Mikroriasy (obr. 2) sú nepatrné jednobunkové riasy merateľné v mikrometroch. Sú najprimitívnejšou formou rastlín a pre svoju jednoduchú bunkovú štruktúru sú lepšími konvertermi slnečnej energie. Pretože bunky rastú vo vodnej suspenzii, majú lepší prístup k vode, CO₂ a ostatným živinám. To je hlavný dôvod ich vyššej produkcie

produkovať vodík. Biomasu z rias možno tiež spaľovať, podobne ako drevo, na produkciu tepla a elektrickej energie.

Rast mikrorias je v porovnaní so suchozemskými rastlinami veľmi rýchly. Obvykle zdvojnásobujú svoju veľkosť za 24 hodín, počas vrcholnej fázy rastu sa niektoré druhy dokážu zdvojnásobiť za 3,5 hodiny. Zároveň je žiaduce pestovať druhy mikrorias s čo najväčším obsahom oleja. Ten sa zvyčajne pohybuje medzi 20 – 50 %, u niektorých druhov dokonca až 80 % (tab. 1).

Prevažná väčšina mikrorias je striktné fotosyntetická. Existujú však aj druhy schopné rásť v tme, pričom využívajú organicky viazaný uhlík, napríklad vo forme glukózy. Vysoké náklady pri pestovaní týchto druhov mikrorias však znemožňujú použitie ich na výrobu biopalív. Z hľadiska minimalizácie nákladov pri výrobe sa treba spoliehať na fotosyntetizujúce mikroriasy a slnečné žiarenie, ktoré znižuje produktivitu v dôsledku denných a sezónnych výkyvov dostupného svetla.

Fotosyntetizujúce mikroriasy pre svoj rast vyžadujú niekoľko vecí. Pretože využívajú fotosyntézu, potrebujú svetelný zdroj, ďalej vodu, oxid uhličitý a anorganické soli, pričom optimálna teplota vody sa pohybuje medzi 15 – 30 °C. Pri produkcii mikrorias vo veľkom

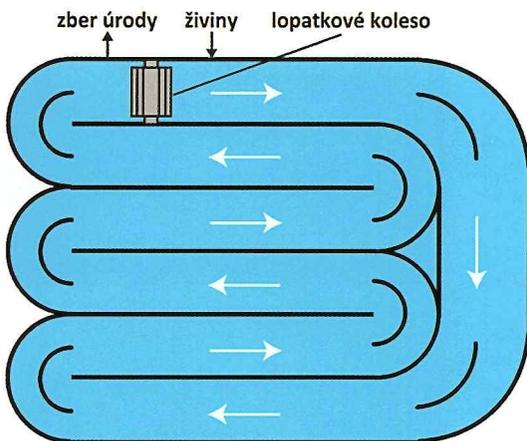


Obr. 2 Mikroriasy

rozsahu je potrebné ich nepretržité miešanie, aby sa zabránilo usadzovaniu a aby dochádzalo k premiešavaniu živín. Platí, že počas noci, kedy mikroriasy dýchajú kyslík, môže ubudnúť až štvrtina biomasy získanej počas dňa. V súčasnosti existujú viaceré systémy kultivácie mikrorias. Základným spôsobom je ich pestovanie v otvorených nádržiach, druhým, sofistikovanejším spôsobom je pestovanie v uzavretých fotobioreaktoroch v skleníku alebo vonku.

Otvorené nádrže (obr. 3) patria medzi najstaršie a najjednoduchšie systémy pre masovú kultiváciu mikrorias. Nádrže sú hlboké približne 50 cm a mikroriasy sa v nich pestujú takmer v prirodzených podmienkach. Kanály, vytvorené liatym betónom alebo vykopané do zeme, sú obložené plastovou výplňou, čo zabraňuje unikaniu kvapaliny do zeme. Existujú rozličné tvary kanálov, pričom neustálu cirkuláciu, premiešavanie mikrorias a živín zabezpečuje lopatkové koleso (obr. 4).

Tieto systémy sa najčastejšie prevádzkujú v nepretržitom režime. Čerstvé živiny (anorganické soli) sa privádzajú za lopatkové koleso, úroda mikrorias sa zbiera pred lopatkovým kolesom. Zdrojom živín môžu byť odpadové vody, pri niektorých druhoch mikrorias aj



Obr. 3 Otvorená nádrž na kultiváciu mikrorias

morská voda. Výhodou otvorených nádrží sú nižšie náklady na výstavbu a prevádzku. Keďže však ide o otvorený systém, dochádza k veľkej strate vody odparovaním. Otvorené nádrže taktiež neumožňujú mikroriasam efektívne využívať CO_2 , prípadne môže nastať kontaminácia nežiaducimi druhmi rias alebo organizmami živiáciami sa mikroriasami. To všetko spôsobuje obmedzenú produkciu biomasy z mikrorias pri pestovaní v otvorených nádržiach.

Problémy s odparovaním a kontamináciou umožňuje riešiť použitie uzavretých fotobioreaktorov z priehľadných materiálov (obr. 5), ktoré majú veľký pomer plochy k objemu, čím umožňujú maximalizovať prenikanie slnečného žiarenia. Najčastejšie sa používa konštrukcia vo forme priehľadných trubíc do priemeru 10 cm. Kultúru mikrorias tlačí čerpadlo do sústavy trubíc vystavených svetlu, čím umožňuje ich kontinuálnu produkciu. Po prechode fotobioreaktormi sa kultúra vra-



Obr. 4 Detailný pohľad na lopatkové kolesá zabezpečujúce pohyb kultúry mikrorias

cia do zásobníka, kde sa časť biomasy zbiera. Fotosyntéza vytvára kyslík, ktorého koncentrácia vo fotobioreaktore môže dosiahnuť hranicu jedovatú pre mikroriasy. Preto kultúra musí pravidelne prechádzať odplyňovacou kolónou, kde prebublávajúci vzduch odstraňuje nadbytok kyslíka (obr. 6).

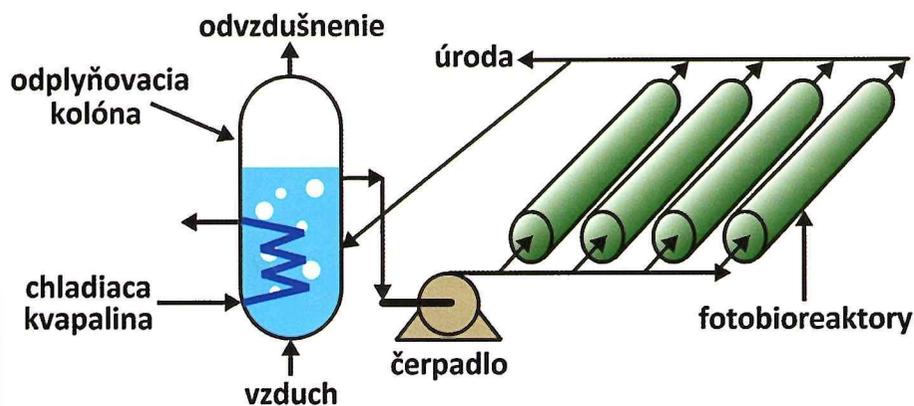
Mikroriasy potrebujú aj dostatok oxidu uhličitého, v opačnom prípade hrozí ich vyhľadovanie. Preto musia byť napájané CO_2 , čím sa dosiahne ich úspešná kultivácia v obrovskom meradle. Fotobioreaktory si vyžadujú chladenie počas dňa a rovnako je potrebná regulácia teploty kultúry aj v noci. Táto regulácia sa uskutočňuje pomocou výmenníkov tepla v rúrach alebo v odplyňovacej kolóne. Výhodou uzavretých fotobioreaktorov v porovnaní s otvorenými nádržami je 13-krát vyššia produkcia biomasy. Zber biomasy z fotobioreaktorov je taktiež efektívnejší, pretože biomasa z mikrorias je pri tomto spôsobe kultivácie až 30-krát koncentrovanejšia. Na druhej strane existujú problémy so stupňovaním fotobioreaktorov a v zabezpečení dostatku svetla.

Po zozbieraní biomasy z mikrorias je potrebná jej ďalšia koncentrácia, ktorá prebieha gravitačným usadzovaním alebo použitím centrifúgy. Potom je potrebná extrakcia oleja z biomasy, pričom olej nemôže byť extrahovaný bežnými metódami ako u olejnatých semien. Lipidy obsiahnuté v mikroriasach sú umiestnené vo vnútri bunky ako kvapôčky. Extrakcia týchto olejov vyžaduje narušenie bunkovej steny a bunkovej membrány. Olej z mikrorias je možné extrahovať viacerými spôsobmi, pričom až budúcnosť ukáže, ktorý bude najvhodnejší. Jednou z možností extrakcie je použitie rozpúšťadiel, napríklad hexánu. Tento spôsob je najúčinnnejší pri použití vysušených surovín, pričom náklady na sušenie suroviny tvoria významný podiel výrobných nákladov. Sušenie mokrej biomasy z mikrorias pre následnú extrakciu formou organických rozpúšťadiel nemusí byť ekonomicky uskutočniteľné. Na druhej strane ide o známu a osvedčenú technológiu, praktizovanú vo veľkom rozsahu.

Ďalším vhodným spôsobom je použitie superkritického CO_2 , ktorý má vlastnosti kvapaliny a plynu. Tieto vlastnosti mu umožňujú preniknúť do biomasy a pôsobiť ako organické rozpúšťadlo, pričom jeho oddelenie z konečného produktu je bezproblémové. Táto



Obr. 5 Kultivácia mikrorias pomocou fotobioreaktorov



Obr. 6 Zjednodušená schéma výroby biomasy z mikrorias pri použití fotobioreaktorov

technológia sa úspešne použila na extrakciu lipidov z mikrorias v malom rozsahu. Ďalší technologický vývoj môže priviesť k zníženiu nákladov a k použitiu tejto metódy pri výrobe biopalív.

Biologické spôsoby extrakcie lipidov predstavujú perspektívne riešenia s nízkymi nákladmi. Experimenty so žiabronôžkami (artemia) kŕmenými mikroriasami, s následným zberom, drvením a homogenizáciou väčších žiabronôžiek na získanie oleja boli úspešné. Aj používanie kôrovcov na zachytenie a koncentráciu mikrorias sa javí ako veľmi slubné riešenie získavania oleja z rias.

Olej z mikrorias sa spracúva na biopalivo dvomi základnými procesmi. Prvým je transesterifikácia oleja na metylestery mastných kyselín. Tento spôsob sa praktizuje už vo veľkom rozsahu. Výsledný produkt sa podobá na mo-

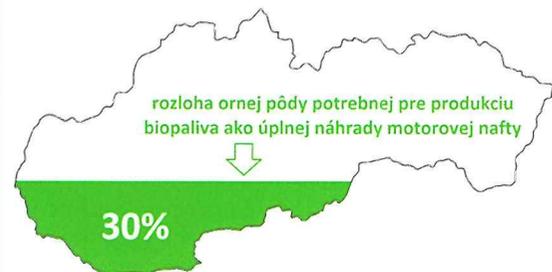
užíva na výrobu biopalív repka olejná, čím vzniká MERO, metylester repkového oleja. Jeho vlastnosti sú porovnateľné s motorovou naftou. Pri zohľadnení priemerného výťažku repkového oleja z jedného hektára a ročnej spotreby motorovej nafty na Slovensku sa dostaneme k rozlohe ornej pôdy potrebnej na pestovanie repky olejnej: činila by 30% z celkového územia Slovenska (obr. 7), čo je viac ako rozloha dostupnej ornej pôdy.

Táto analýza ukazuje, že absolútna sebestačnosť spočívajúca v náhrade motorovej nafty biopalivom MERO nie je možná, pričom rozdiel medzi rozlohou ornej pôdy potrebnou na produkciu biopalív a dostupnou rozlohou ornej pôdy sa každoročne zväčšuje spolu s vzrastajúcim dopytom po palivách. Ornú pôdu však nie je možné používať len na výrobu biopalív. Pri snahe používať biopalivo MERO aj v iných druhoch dopravy by potreba poľnohospodárskej pôdy ešte výraznejšie stúpila.

Použitie tradičných poľnohospodárskych plodín na výrobu biopalív v masovej miere nie je a ani nebude možné. Najpriateľnejšie vyzerá použitie vo forme prídavku k motorovej naftu, čím bude možné po určitý čas stabilizovať ceny pohonných hmôt a plniť európske nariadenia o nevyhnutnosti podielu biopaliva v pohonných hmotách.

V doprave už experimentálne použitie biopaliva z mikrorias prebehlo. Dosiahnuté čiastkové úspechy otvárajú cestu pre ďalší výskum. Mikroriasy predstavujú veľmi perspektívne riešenie problémov súvisiacich s vyčerpatelnosťou ropných zdrojov, zvyšujúcim sa dopytom po palivách a globálnou zmenou klímy. Naďalej je potrebné uskutočňovať ďalšie výskumy s cieľom zvýšiť výťažok oleja z mikrorias a hľadať nové efektívnejšie metódy výroby biopalív. Podstatnú úlohu tu môže zohrať genetická modifikácia rias. Aktuálne sú biopalivá z mikrorias príliš nákladné pre ich komerčné využitie.

Ing. Jozef Malinovský,
Katedra leteckého inžinierstva,
Letecká fakulta,
Technická univerzita v Košiciach



Obr. 7 Potrebная rozloha ornej pôdy na Slovensku na produkciu biopaliva ako úplnej náhrady motorovej nafty

torovú naftu vyrobenú z ropy, vedľajším produktom je glycerín. Alternatívnym spôsobom výroby kvapalných palív z oleja z biomasy je spracovanie s pomocou vodíka, ktorý prebieha pri reakcii oleja s vodíkom za prítomnosti katalyzátora. Výsledkom je zmes alkánov, voda, oxid uhličitý a oxid uhoľnatý. Zmes alkánov možno ďalej destilovať pre produkciu syntetických palív ako náhrady rozličných typov klasických palív.

Výhodnosť kultivácie mikrorias na produkciu biopalív je daná oveľa väčším výťažkom oleja v porovnaní s výťažkom z tradičných poľnohospodárskych plodín, čo ukáže nasledovná analýza. V Európe sa v súčasnosti

Začiatkom tohoto roka sme pripravovali expedíciu SÚH v Hurbanove na pozorovanie úplného zatmenia Slnka z Columbie v štáte Missouri v USA. Autor článku vtedy našiel na internete odkaz na malú hviezdárňu v neďalekom mestečku Fayette. História tejto hviezdárne siaha do konca 19. storočia, obdobne ako história Hviezdárne v Hurbanove.

V roku 1874 prisľúbila mecenáška Berenice Morrison 100 000 amerických dolárov Carrovi W. Pritchettovi, predsedovi správnej rady Pritchett Institute (neskorší názov Pritchett College) v Glasgove (Missouri, USA) na výstavbu hviezdárne, zakúpenie ďalekohľadov a dlhoročnú prevádzku. Budovu postavili po-

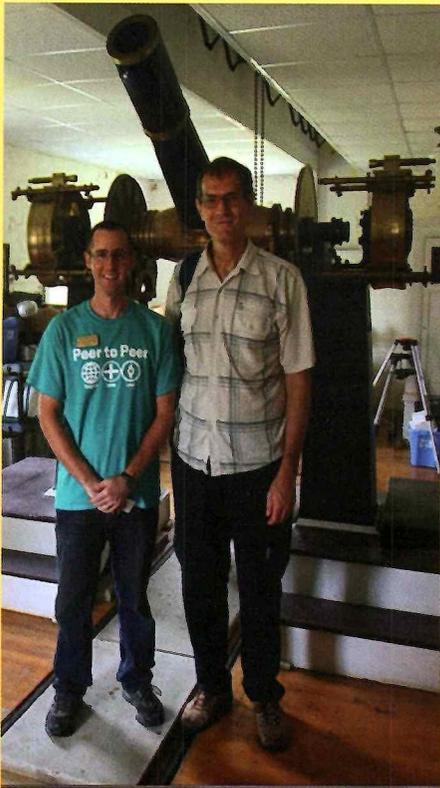


Pamätná tabuľa pripomínajúca históriu Morrison Observatory.

čas roku 1875 a o niekoľko mesiacov už v kupole inštalovali aj 12 palcový (30,5 cm) refraktor Clarkovho typu s ohniskovou vzdialenosťou 5 metrov. O rok neskôr pribudol aj 6 palcový (15 cm) pasážnik skonštruovaný v londýnskej firme Troughton and Simms, ktorý slúžil na určovanie presného času pomocou chronometra v miestnosti vedľa ďalekohľadu.



Morrison Observatory vo Fayette zblízka

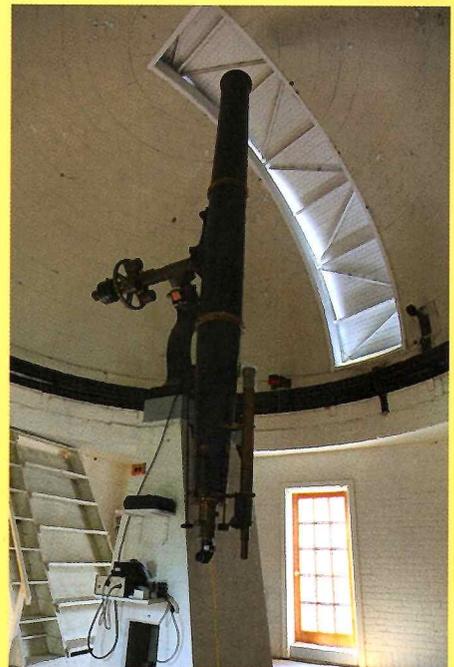


K. W. Clark (vľavo) a I. Dorotovič pred pasážnikom Troughton and Simms.

Central Missouri Astronomical Association, sa našťastie snažia uchovať historickú hvezdáreň v tomto farmárskom regióne. Študenti tu vykonávajú astronomickú prax a hvezdáreň je pravidelne prístupná aj verejnosti. Je symbolické, že pri návšteve hvezdárne v auguste 2017 nás privítal Kendal W. Clark, menovec konštruktéra ďalekohľadu Alvana Clarka, ktorý sa nachádza v jej kupole. Prevádzku hvezdárne má momentálne na starosti práve K. W. Clark, fyzik z CMU, ktorý nás pútavo previedol zariadeniami budovy.

Bolo zvláštne prechádzať sa v priestoroch hvezdárne, ktorú vybudovali približne v rovnakom čase ako tú hurbanovskú. Kolega L. Pastorek sa dokonca posadil do kresla pasážnika a pripomenul, že aj zakladateľ našej hvezdárne Dr. Mikuláš Thege Konkoly obdobne pozoroval prechody telies na oblohe miestnym poludníkom pomocou pasážnika v pasážnikovej miestnosti historickej budovy SÚH. Mali sme možnosť pripojiť sa počas jedného večera ku skupinke členov astronomického združenia, ktorí občas využívajú Clarkov refraktor na večerné pozorovania. Bolo vzrušujúce pozrieť si planétu Jupiter vyše 140-ročným ďalekohľadom. Z mestečka Fayette sme odchádzali s pocitom príjemne strávených hodín v historickej hvezdární.

Obyvatelia Fayette mali šťastie, že pás totality úplného zatmenia Slnka dňa 21. augusta 2017 prechádzal ich mestečkom a teda aj areálom hvezdárne. Pôvodne sme preto plánovali tento nádherný prírodný úkaz pozorovať práve odtiaľ. Nepriaznivé podmienky v deň zatmenia nás prinútili zvoliť si narýchlo iné pozorovacie miesto. Pracovníkom CMU sa však podarilo zaznamenať priebeh relatívnej zmeny jasu oblohy a teploty vzduchu počas čiastočnej i úplnej fázy zatmenia a láskavo nám poskytli tieto údaje na ďalšie spracovanie. Samozrejme, údaje sú ovplyvnené premenlivou oblačnosťou počas úkazu,



Clarkov refraktor v kupole hvezdárne.

ale poskytujú nám dostatočné informácie o miere zmeny týchto parametrov.

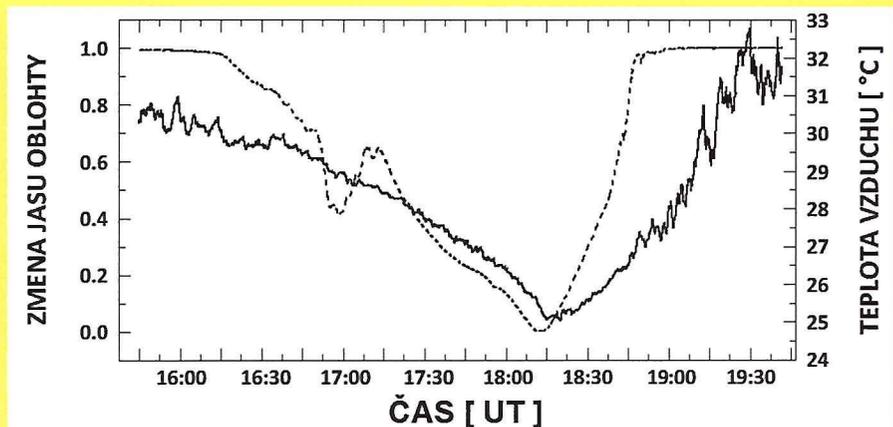
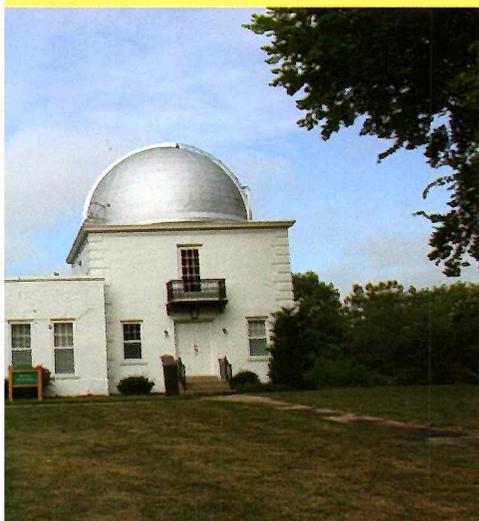
Ivan Dorotovič

C. W. Pritchett bol riaditeľom hvezdárne až do roku 1905. Spolu so synmi sa venoval rôznym významným výskumným a pozorovateľským aktivitám, pozoroval napríklad Veľkú červenú škvrnu na Jupiteri. Na sklonku jeho života, v roku 1907, činnosť hvezdárne upadla. V roku 1922 zanikol aj Prichett College. Správu observatória prevzala v roku 1926 Central Methodist University (CMU) v neďalekom Fayette, astronómii sa tu však už žiaľ nevenovali. Hoci tieto dve mestečka delí niečo vyše 20 km, CMU sa v roku 1936 rozhodla presťahovať hvezdáreň z Glasgowa do Fayette.

Aj dnes patrí hvezdáreň k CMU. Pracovníci i študenti fakulty fyziky, rovnako ako členovia



L. Pastorek napodobňoval pozorovanie Mikuláša Thegeho Konkolyho pomocou pasážnika.



Priebeh relatívnej zmeny jasu oblohy (prerušovaná čiara, škála naľavo) a teploty vzduchu (plná čiara, škála napravo) počas úplného zatmenia Slnka 21. augusta 2017, maximálna fáza ktorého nastala vo Fayette o 18:12:43 UT.

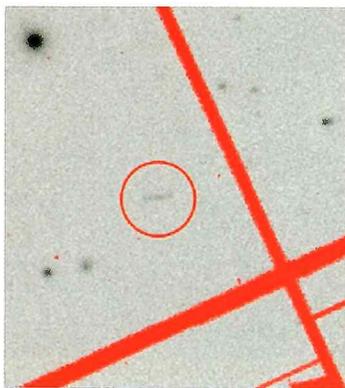
'Oumuamua – prišelec z inej planetárnej sústavy



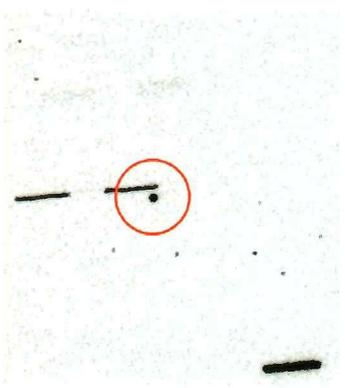
Umelecká predstava medzihviezdného asteroidu 'Oumuamua. Najdlhšia os má asi 800 metrov.

O žiadnom z približne 750 000 známych asteroidov a komét sa nepredpokladá, že vznikli mimo Slnčnej sústavy. Modely vývoja Slnčnej sústavy však naznačujú, že orbitálna migrácia Jupitera a Saturna mohla vyhnúť veľkú časť pôvodných planetezimál do medzihviezdného priestoru. Rovnaké procesy prebiehali aj v planetárnych sústavách iných hviezd v Galaxii.

Predpovedaná hustota medzihviezdných ľadových objektov $2,4 \times 10^{-4}$ v kocke o hrane 1 AU naznačuje, že pri našich prehliadkach



Objavová snímka z 19. 10. 2017.



Snímka získaná 22. októbra pomocou CFHT ukazuje veľmi ostro definovaný objekt bez akýchkoľvek známkov kometárnej aktivity.

sme už mali nejaké objekty pozorovať, ale doteraz sme nijaký nezaznamenali. Dlhoročné určovanie charakteristík asteroidov a komét viedlo k modelom, ktoré vysvetľujú rozloženie hmoty, chemické zloženie a rozloženie telies v Slnčnej sústave, ale doteraz sme nemali možnosť zistiť, či vlastnosti Slnčnej sústavy sú typické aj pre iné planetárne sústavy.

Karen J. Meech a Robert Weryk so 16 spolupracovníkmi publikovali v novembrovom čísle prestížneho časopisu *Nature* objav kósalného významu. Dňa 19. októbra 2017 Robert Weryk pomocou systému Pan-STARRS1 objavil objekt pohybujúci sa rýchlosťou 6,2 stupňa za deň.

Vyhľadávanie obrázkov z predošlých nocí ukázalo, že objekt bol pozorovaný už 14. a 18. októbra. Pozorovania z obdobia od 14. do 30. októbra umožnili vypočítať predbežnú dráhu s excentricitou $1,1956 \pm 0,0006$. Hodnota je dostatočne presná na to, aby sme mohli bez pochyb vyhlásiť, že tento asteroid prichádza z prostredia mimo našej Slnčnej sústavy. Ide teda o prvý detegovaný medzihviezdný objekt.

Aby sme boli presní – nie je to prvý objekt na hyperbolickej dráhe voči Slnku. Občas sa excentricita vyššia ako 1 nameria aj pri dlhoperiodických kométach (predchádzajúcim rekordérom bola kométa C/1980 E1 s excentricitou 1,057). Na rozdiel od 11/2017 U1 však vždy išlo o telesá Slnčnej sústavy, ktoré získali únikovú rýchlosť vďaka gravitačným poruchám Jupitera alebo Saturna.

Vzhľadom na veľmi pretiahnutú dráhu objekt pôvodne označili ako kométu C/2017 U1 (PANSTARRS), neskôr ako asteroid A/2017 U1, a až po zistení odkiaľ prichádza ako 11/2017 U1, teda prvý objekt z triedy I – medzihviezdných objektov. Asteroid dostal meno 'Oumuamua, čo na Havajských ostrovoch (kde ho objavili) znamená posla prichádzajúceho z dávnej minulosti. Nie je známe, ako dlho sa pred návštevou Slnčnej sústavy pohyboval v Galaxii medzi hviezdami.

Podstata objektu je asteroidálna, bez náznavu kometárnej aktivity, napriek priblíženiu na vzdialenosť len 0,26 AU k Slnku. Spektro-

skopické merania ukazujú, že povrch objektu je podobný povrchom komét alebo organickým povrchom asteroidov v Slnčnej sústave. Možno očakávať, že súčasné vylepšenia pozorovacích techník a spracovania údajov prinesú ďalšie podobné objavy. Teoretické prepočty hovoria o možnosti v priemere jedného objavu interstelárneho objektu ročne.

Relatívna rýchlosť 11/2017 U1 voči Slnku

vzdialenosť	rýchlosť
2 300 AU	26,3 km/s
1 AU	49,7 km/s
0,26 AU – perihélium	87,7 km/s

'Oumuamua rotuje s periódou 8,1 hod. Amplitúda zmien jasnosti dosahuje 1,5 až 2,1 magnitúdy. Zo zmien jasnosti vidíme, že ide o extrémne pretiahnutý objekt s pomerom osí 1 : 4,1 až 1 : 6,9. Doteraz zaznamenaný najpretiahnutejší tvar má asteroid Geographos s pomerom osí 1 : 6. 'Oumuamua má cigarový tvar, tmavočervenú farbu, albedo sa však nepodarilo určiť s dostatočnou presnosťou. Rozmery sa preto určili pre 2 krajné hodnoty, pre jasny objekt s odrazivosťou 20 percent sú polomery telesa $180 \times 25 \times 25$ m, pre tmavý objekt s odrazivosťou 4 percentá vychádzajú hodnoty $400 \times 60 \times 60$ m.

Napriek tomu, že ide jednoznačne o medzihviezdný objekt, odrazivosť jeho povrchu je veľmi podobná hojne sa vyskytujúcim asteroidom taxonomickej triedy D. Asteroidy typu D majú veľmi nízke albedo a spektrum v infračervenej oblasti oblasti bez významných nepravidelností. Predpokladá sa pokrytie povrchu organickými látkami, uhlíkom a kremičitanmi. Nachádzajú sa vo vonkajšom páse asteroidov a medzi Trójanmi. Podľa modelu vývoja Slnčnej sústavy označovaného ako „Model Nice“ asteroidy typu D majú pôvod v Edgeworthovom-Kuiperovom páse. Patrí tam napr. aj asteroid (944) Hidalgo nachádzajúci sa na typicky kometárnej dráhe.

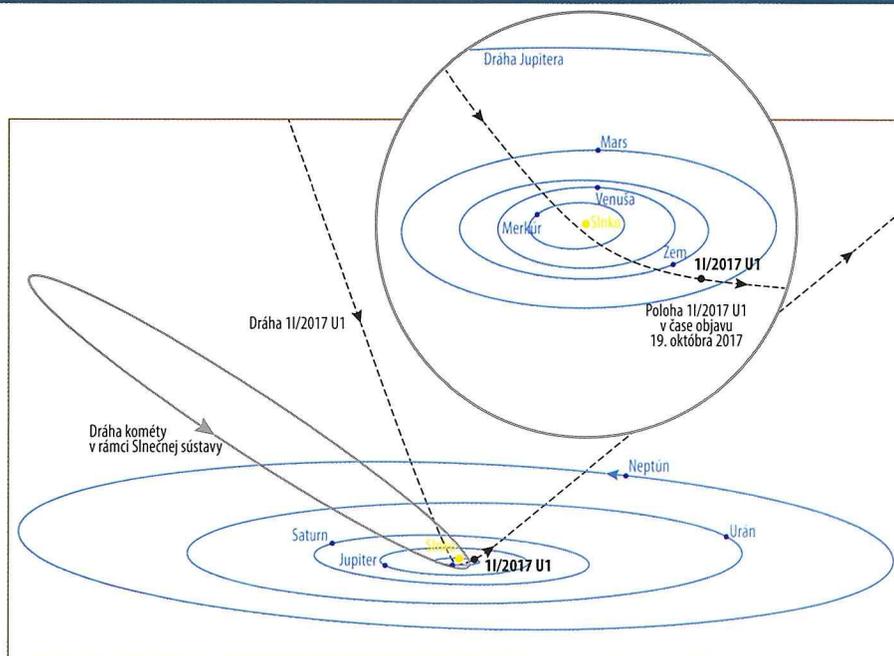
'Oumuamua bol objavený v heliocentrickej vzdialenosti 1,22 AU, iba 43 dní po prechode perihéliom vo vzdialenosti 0,26 AU od Slnka.

Po objave sa pozorovania sústredili aj na prípadné vyhľadanie sprievodcov (úlomkov) v jeho blízkosti s podobným pohybom, ale nič ďalšie sa už nenašlo. O dôležitosti objavu svedčí, že do pozorovaní sa zapojili najväčšie ďalekohľady sveta ako 3,6-m Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT), 8,1-m Gemini South Telescope, 8,2-m Very Large Telescope (VLT), 3,8-m United Kingdom Infrared Telescope (UKIRT), i 10-m Keck 2. Napriek pozorovaniu v relatívne malej vzdialenosti od Slnka neboli zaznamenané žiadne známky kometárnej aktivity.

Okrem hľadania väčších úlomkov astronómovia nezanedbali ani možnosť, že z jeho povrchu



Snímka z 28. októbra získaná ďalekohľadom William Herschel Telescope. 'Oumuamua je bodka v strede, hviezdy okolo sú čiarky, keďže ďalekohľad bol vedený za asteroidom.



Dráha cez Slnecnú sústavu.

sa uvoľnili drobné čiastočky, ktoré by sme zachytili vo forme zvýšenej aktivity meteorov. Radiant možných meteorov bol v súhvezdí Sextant s maximom očakávaným 18. 10. 2017. Veľmi citlivý radarový systém CMOR (Cana-

dian Meteor Orbit Radar) však nijaký takýto meteor nezachytil.

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

Hlavný zdroj: Nature 20. novembra 2017

Podporte astronómiu na Slovensku

Slovenský zväz astronómov (SZA) už takmer 50 rokov združuje nielen astronómov, zaoberajúcich sa odbornými pozorovaniami ale zároveň popularizujúcich astronómiu najrozmanitejšími prostriedkami. Vystriedali sa v ňom už generácie nadšencov a aj na ostatnom Valnom zhromaždení na jeseň sa mnoho spomínalo. Od čias, keď bol zväz podporovaný štátom, pretekalo už mnoho vody a zväz napriek tomu neprestal približovať krásy a tajomstvá oblohy širokej verejnosti.

K najvýznamnejším podujatiam, organizovaným na Slovensku, patria každoročné Dni hviezdárni a planetárií, fotosúťaž Svieťme si na cestu...nie na hviezdy, pozorovania oblohy a meteorických rojov pre verejnosť vo hviezdárňach a ďalšie. Pre verejnosť členovia zväzu pripravujú pravidelne aj informácie k aktuálnym úkazom na oblohe formou tlačových správ či televíznych vstupov.

Ako je to vôbec možné v dnešnej dobe? Len vďaka projektom, spolupráci s hviezdárňami a so SAS a predovšetkým vám a vašej podpore z 2%. K tomu ešte tá povestná obetavosť a omnoho viac než kvapka nadšenia a tak sa mu darí naďalej pripravovať pre mládež súťaže i prednášky, výstavy aj exkurzie a tiež pozorovateľské expedície. Na zážitky pod hviezdou oblohou sa totiž najviac spomína. Preto SZA zameriava veľa svojho úsilia na záchranu tmavej nočnej oblohy, aby sme pri pohľade na ňu naozaj mohli vidieť vesmír. Svetelné znečistenie oblohy nad obývanými usernameami našej Zeme je vážnym fenoménom dnešnej doby. Je to práve SZA, ktoré sa týmto problémom na Slovensku zaoberá a zaznamenáva úspechy. Najvýznamnejším v tejto oblasti je založenie už troch parkov tmavej oblohy na Slovensku a stúpajúce povedomie o nich.

Bohužiaľ, astronómia na Slovensku rozhodne nepatrí medzi preferované oblasti z pohľadu finančnej podpory z rozpočtu štátu, alebo VÚC. Činnosti a podujatia, ktoré SZA organizuje, nesú na pleciach väčšinou neprofesionálni astronómovia a nadšenci, ktorí do slovenskej astronómie a jej popularizácie investujú svoj voľný čas a mnohokrát aj peniaze. Lebo všetko niečo stojí.

Našťastie, každý z nás, zamestnanec, živnostník, alebo právnická osoba, má možnosť presne určiť, kam pôjde aspoň malá, 2%-ná časť dane a určit účel, na ktorý sa naše peniaze použijú.

Chceli by ste podporiť činnosti SZA aj v roku 2018? Ak áno, potom tak urobte. Nejde o nič zložité – stačí požiadať mzdovú učtáreň o príslušné formuláre, alebo vašu účtovníčku o vyplnenie údajov na poukázanie 2% dane nášmu zväzu. Tu sú potrebné údaje:

Meno: Slovenský zväz astronómov

IČO: 00470503

Právna forma: občianske združenie

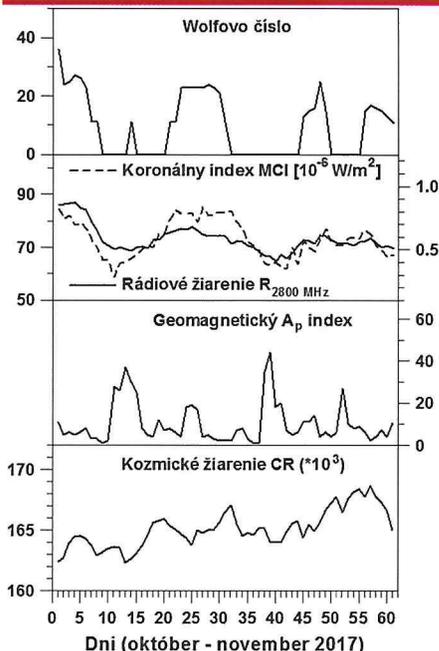
Sídlo: Tomášovská 63, 979 01 Rimavská Sobota

Číslo účtu: 5716075/5200, IBAN SK16 5200 0000 0000 0571 6075



Ďakujeme za vašu podporu a veríme, že vám prinesie zážitky z prednášok a pozorovaní úžasného, bizarného sveta nad našimi hlavami. Viac informácií a podrobností o aktivitách SZA nájdete na našich stránkach www.szaa.org.

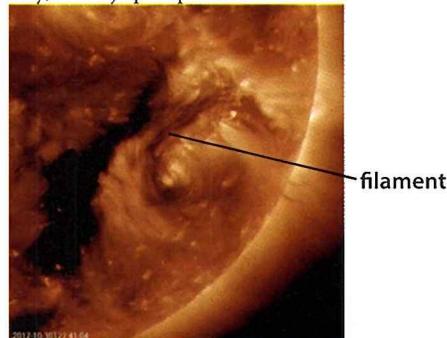
Rada SZA



Slnecná aktivita

V priebehu slnecnej aktivity (SA) nastal výrazný pokles v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím. Wolfovo číslo slnecných škvrn sa pohybovalo v rozmedzí 0 – 36, pričom sme zaznamenali až 30 dní bez prítomnosti škvŕny na disku Slnka. SA bola nízka počas obidvoch mesiacov, nastala iba jedna erupcia typu M1.1, a to dňa 20. 10. 2017. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali výraznejšie zvýšené hodnoty (>25) planetárneho A_p indexu iba trikrát (13. 10., 8. 11. a 21. 11.), v celom období však bola hodnota tohoto indexu až počas 41 dní nižšia ako 10.

Prístroje družice NASA Solar Dynamics Observatory (SDO) zaznamenali v októbri 2017 na prvý pohľad zvláštnu štruktúru v koróne Slnka, ktorú možno pozorovať zrejme zriedkavo: tmavé vlákno obopínajúce aktívnu oblasť (29. – 31. 10. 2017). Bol to filament, útvar nabitých častíc, ktorý sa vznáša v atmosfére Slnka vďaka interakcii s magnetickým poľom. Zvyčajne sú to dlhé kľukaté vlákna. Tmavá oblasť naľavo od jasnejšej aktívnej oblasti je koronálna diera, oblasť s otvorenými magnetickými siločiarami. Hoci pozorovanie takéhoto filamentu nemá významnú vedeckú hodnotu, pozoruhodné je vzhľadom na vzácnu existenciu takejto konfigurácie. Prítomnosť rozsiahlejšej koronálnej diery naľavo od filamentu naznačuje blížiacu sa minimum slnecnej aktivity, ktoré je predpovedané na rok 2019.



Koróna Slnka zaznamenaná prístrojom SDO/AIA cez EUV filter 19,3 nm (NASA/GSFC/SDO).

Ivan Dorotovič

Veľké americké zatmenie

Slovenská astronomická spoločnosť (SAS) pri SAV už tradične organizuje expedície za mimoriadnymi astronomickými úkazmi po celom svete, najmä za úplnými zatmeniami Slnka.

Tentokrát sme sa vydali za hlavným pásom totality do Spojených štátov.

Trocha histórie

Historicky prvou takouto expedíciou bol SASTUR 2006 za úplným zatmením Slnka do Turecka. Tam sme pozorovali zatmenie v nadmorskej výške 1 120 m, a keďže počasie bolo vynikajúce, získali sme jedny z najkvalitnejších fotografií tohto zatmenia spomedzi všetkých expedícií. Na expedícii mal svoju aparatúru aj prof. Miloslav Druckmüller, dnes už svetoznámy pozorovateľ, ktorého za snímky zatmenia Slnka z toho roku ocenila Česká astronomická spoločnosť ako Astrofotografa roka 2006.

V roku 2009 sme zorganizovali expedíciu SASCIN 2009 do Číny s rekordnými 112 účastníkmi. Počasie, žiaľ, už nebolo také vynikajúce, podobne ako aj na expedícii AUSAS 2012 do Austrálie. V roku 2012 sme zorganizovali ešte expedíciu NORSAS 2012 za pozorovaním prechodu Venuše pred slnečným kotúčom, ktorá vynahradiť posádkam troch áut ďalekú cestu za severný polárny kruh výbornými pozorovacími podmienkami.

Na základe týchto skutočností sme preto netrepeľivo čakali na „Veľké americké zatmenie“, ktorého pás totality prechádzal územím USA, pričom pravdepodobnosť pomerne dobrego počasia bola vysoká.

Stretnutie v Los Angeles

Expedíciu USAS 2017 sme neorganizovali s pomocou cestovných kancelárií, nakoľko ich ceny a podmienky boli pre nás nezaujímavé. Na stránke SAS pri SAV sme preto publikovali iba odporúčaný termín s trasou po národných parkoch USA, ktorá odrážala naše predchádzajúce skúsenosti, informácie z viacerých zdrojov a aj požiadavky a návrhy jednotlivých účastníkov.

Východiskom expedície bolo medzinárodné letisko v Los Angeles (LA), kde sa nás 16. augusta stretlo 11 pozorovateľov a cestovateľov, hlavne členov SAS pri SAV a účastníkov už aj predchádzajúcich štyroch expedícií; osem zo Slovenska, traja z Česka. Pre zaujímavosť – všetci účastníci spoza rieky Moravy leteli

do LA z Budapešti a naopak – piati Slováci leteli do LA z Prahy.

Zastúpená bola Slovenská ústredná hviezdárň v Hurbanove, Astronomický ústav SAV v Tatranskej Lomnici (Dr. Daniel Novocký, CSc.), Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach (študent Jaroslav Merc), členovia SAS pri SAV z Českej republiky (Ladislav Socha s manželkou Jankou, ktorí sa ako jediní, okrem nás, zúčastnili všetkých expedícií organizovaných SAS pri SAV) a aj záujemcovia o astronómiu z Banskej Bystrice. Na letisku v požičovni áut sme si prevzali dopredu zaplatené 2 väčšie vozidlá a mohli sme vyraziť po 14-prúdovej výpadovke z LA.

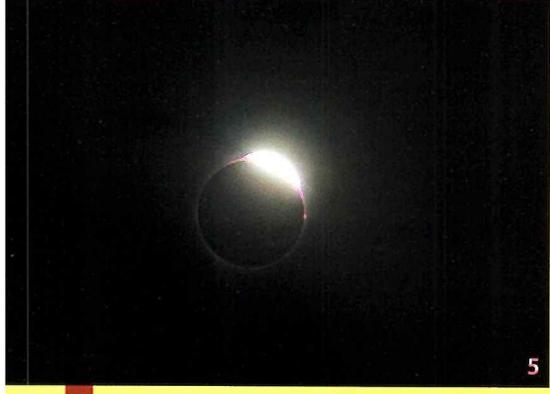
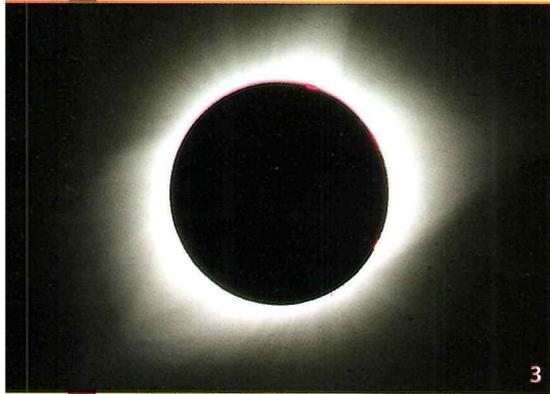
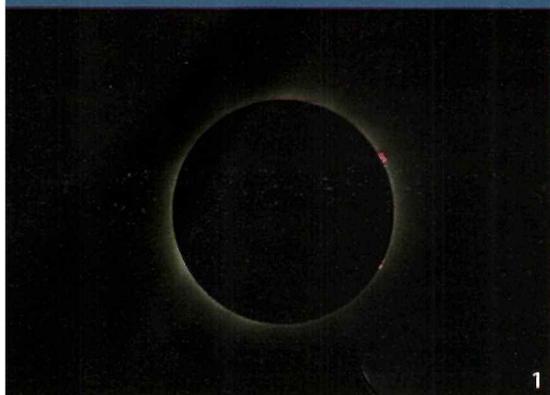
Prvý cieľ: Las Vegas

Trasa expedície nás z LA zaviedla do najznámejšieho mesta zábavy, do Las Vegas, kde sme ďalší deň strávili asi 4 hodiny. Las Vegas, ako ho poznáme z filmov, je vlastne jedna hlavná ulica (Las Vegas Strip), kde sa nachádza väčšina kasín a hotelov. Nakoľko do pásu totality sme mali pred sebou ešte asi 1 500 km, hneď po pešej prehliadke hlavných atrakcií mesta v 40 stupňovej horúčave sme pokračovali do Národného parku Bryce Canyon. Tento park patrí azda k najkrajším národným parkom USA, preto sme si neodpustili pešiu túru po serpentínach, ktorými je park popretkávaný v celkovej dĺžke 242 km. Treba pripomenúť, že väčšina národných parkov USA predstavuje obrovské územia, ktoré je možné navštíviť jedine automobilom. Snažili sme sa dodržať naplánovaný itinerár nielen v mieste, ale aj v čase, nakoľko sme vedeli, že zatmenie nepočká.

Ďalší deň sme navštívili Národný park Capitol Reef, ktorý nás doslova ohúrilo mohutnosťou kolmých stien pieskovcových útesov a monolitov. Deň pred zatmením sme ešte stihli navštíviť Salt Lake – soľné jazero, ktoré je domovom miliónov vtákov. Potom sme až do neskorej noci smerovali do pásu totality, pričom sme sledovali predpoveď počasia, aby sme dosiahli optimálnu lokalitu na pozorovanie úplného zatmenia. Cesty boli zatiaľ prázdne a tak sa nenaplnili predpovede niektorých astronómov, že polovica Američanov sa bude presúvať do pásu totality. Hľadanie vhodného pozorovacieho miesta sme ukončili na malom opustenom parkovisku a až s východom slnka sa ukázalo, že sme pri zaujímavej prírodnej lokalite Hell's Half Acre asi 60 km západne od mesta Casper v štáte Wyoming a iba 8 240 m od centrálnej línie úplného zatmenia.

Deň D

Počasia bolo vynikajúce, od západu sa však približovali menšie mráčiky, ktoré nás začali znepokojovať. Mohli sme sa ešte presunúť na východ po ceste, ktorá kopírovala pás totality, no pribúdalo aj záujemcov o tento mimoriadny astronomický úkaz a naše parkovisko sa v tej dobe už úplne zaplnilo, autá zastavova-



1. Počas úplného zatmenia bolo možné na okraji slnečného disku pozorovať niekoľko výrazných skupín protuberancií.

2. Vďaka výbornému počasiu bola koróna dobre pozorovateľná.

3. Dlhšia expozícia odhalila jemnú štruktúru koróny.

4. Zvýraznená koróna počas úplnej fázy zatmenia Slnka.

5. Akékoľvek zatmenie trvá príliš krátko na to, aby sa človek nasýtil daného momentu. Na fotografii Slnko tesne po úplnej fáze zatmenia.

Foto: 1., 2., 3., Ladislav Socha;

4., 5., Jaroslav Merc



Ladislav Socha so svojou aparátúrou.
Foto: Ladislav Hric.

li aj na okolitej lúke. Zostali sme teda na mieste, čo sme neskôr vôbec nelutovali.

Americkí pozorovatelia inštalovali po okolí najrôznejšiu prístrojovú techniku, aby čo najkvalitnejšie zachytili neopakovateľné okamžiky počas úplnej fázy zatmenia. V našej 11-člennej skupinke mal už tradične najlepšie prístrojové vybavenie Ladislav Socha z Litomyšle, ktorému počas zatmenia asistovala manželka Janka. Na pozorovanie používal montáž Sky-Watcher EQ2, ktorú si sám upravil na malý paralaktický stôl. Fotil s fotoaparátom Pentax K-30 na ISO 400. Mimo totalitu používal fóliový filter od ATC Přeřov (denzita cca 5, Slnko zobrazuje žlté) v spojení s refraktorom Celestron (D = 70 mm, f = 400 mm). Počas totality sa používal Meniskový ďalekohľad 3M – 5A (F = 8, f = 500 mm) vyrobený v bývalom ZSSR. Najlepšie zábery koróny boli získané s expozičnými časmi 1/80, 1/160 a 1/250 sekundy.

Mráčiky od západu nestihli pokaziť najdôležitejšie fázy zatmenia a kvalita pozorovacieho materiálu nás veľmi uspokojila. Počas zatmenia však obloha nebola taká tmavá, ako sme očakávali, a ako sme to pozorovali počas predchádzajúcich zatmení. Spôsobil to najmä zúžený pás totality, ktorý mal iba 105 km, takže svetlo z jeho okraja preniklo aj do stredu pásu. Neprispôsobeným zrakom sme takmer nevideli hviezdy a ani v prírode nenastali také zmeny, aké sme pozorovali napríklad v roku 2009 v Číne počas najdlhšieho úplného zatmenia v tomto storočí.

V najstaršom národnom parku na svete

Hneď po zatmení sme vyrazili podľa plánu do najstaršieho národného parku na svete, založeného 1. marca 1872, do slávneho Yellowstoneu. Má rozlohu takmer 9 000 km² a zasahuje do troch štátov USA – Wyoming, Montana a Idaho. Po zatmení sa však na cestu vydali všetci pozorovatelia, následkom čoho boli kolóny áut dlhé aj desiatky km. Napriek neplánovanému zdržaniu sme krátko po zotmení dorazili do kempingu tesne pred Yellowstoneom. Noc bola jasná, no najchladnejšia zo všetkých nocí počas celej expedície. Spali sme totiž v nadmorskej výške 2 400 m, čo je aj priemerná nadmorská výška Yellowstoneského národného parku. Našťastie deň predtým sme si už stihli kúpiť neuveriteľne komfortné spacáky za 8 dolárov. Kto si ich nekúpil, horko

lutoval, takže pri ďalšej návšteve Walmartu, najväčšej nadnárodnej korporácie na svete, sme už hromadne „nabehli“ do oddelenia športu.

Paradoxne Yellowstone je supervulkán s obrovskou geotermálnou, seizmickou a vulkanickou aktivitou, s horúcimi jazierkami a fumarolmi. Vedci jeho aktivitu nepretržite monitorujú a informujú verejnosť o situácii. Na prehliadku parku sme si vyčlenili dva dni a, samozrejme, aj tak sme stihli navštíviť len tie najväčšie vychytávky.

Yellowstone bol v dôsledku zatmenia Slnka preplnený návštevníkmi, lebo veľa pozorovateľov si po zatmení odskočilo na jeho návštevu. Dôkazom je milé prekvapenie, keď na jednom parkovisku v Mammoth Hot Springs, čo je osobitná časť parku, sme stretli Dr. Jana Kožuška, PhD., ktorý vedie astronomickú olympiádu v Česku a každý rok sa s ním stretávame v rôznych krajinách sveta na medzinárodných olympiádach. Tu sme ho však nečakali. Amerika je predsa len tiež malá, ha ha!

Úžasná príroda juhu a stredozápadu

Ďalšie putovanie už nebolo také uponáhlané. Najprv sme sa na žiadosť Ládu zastavili v Little Bighorn, v štáte Montana, kde sa v roku 1876 odohrala krvavá bitka medzi armádou USA a Indiánmi z kmeňov Lakotov, Šajenov a Arapahov. Vojakom známej 7. kavalérie velil podplukovník Custer a bitku prežil iba jediný kôň, ktorý sa neskôr stal čestným členom a symbolom novej 7. kavalérie.

Potom sme prešli mestom Buffalo okolo Dewils Tower, kde sme okolo tohto mimoriadneho útvaru sopečného pôvodu, ktorý sa vypína 386 m nad okolitou rovinou, podnikli malú túru. Tento príklad stĺpcovitej odlučnosti vznikol pred 50 miliónmi rokov a pre miestnych Indiánov má dodnes posvätný význam. Najsevernejším cieľom našej expedície boli svetoznáme sochy vytesané priamo do skalnatých stien. Crazy Horse je socha Indiána cválajúceho na koni. Po dokončení by to mala byť najväčšia socha tohto druhu na svete, no zatiaľ je hotová len hlava tohto známeho indiánskeho náčelníka, ktorá má výšku asi 27 m. Neďaleko je najznámejšie americké súššie, 18-metrové hlavy štyroch bývalých prezidentov

USA. Na 3 milióny návštevníkov, ktorí sem zavítajú každý rok, sa pozerajú George Washington, Thomas Jefferson, Abraham Lincoln a Theodore Roosevelt. Naozaj monumentálny zážitok.

Tu sa naša trasa otočila a pomaly sme zamierili späť do LA. Cestou sme však ešte navštívili Národný park Badlands, Rocky Mountains, Medvedie jazero, Black Canyon a Colorado National Monument, čo je vlastne neobyčajná formácia červených skalných útvarov pozdĺž asi 50-kilometrovej trasy. Jedna z množstva skalných veží Independence Rock (127 m) sa stala aj štátnym symbolom Colorada.

Napriek tomu, že sme videli množstvo nádherných prírodných útvarov, najkrajšie zážitky nás ešte len čakali. Bola to návšteva Národného parku Arches vo východnom Utahu, kde sa na ploche 310 km² nachádza vyše 2 000 pieskovcových oblúkov. Túru sme podnikli k svetoznámemu oblúku Delicate Arch, symbolu tohto štátu.

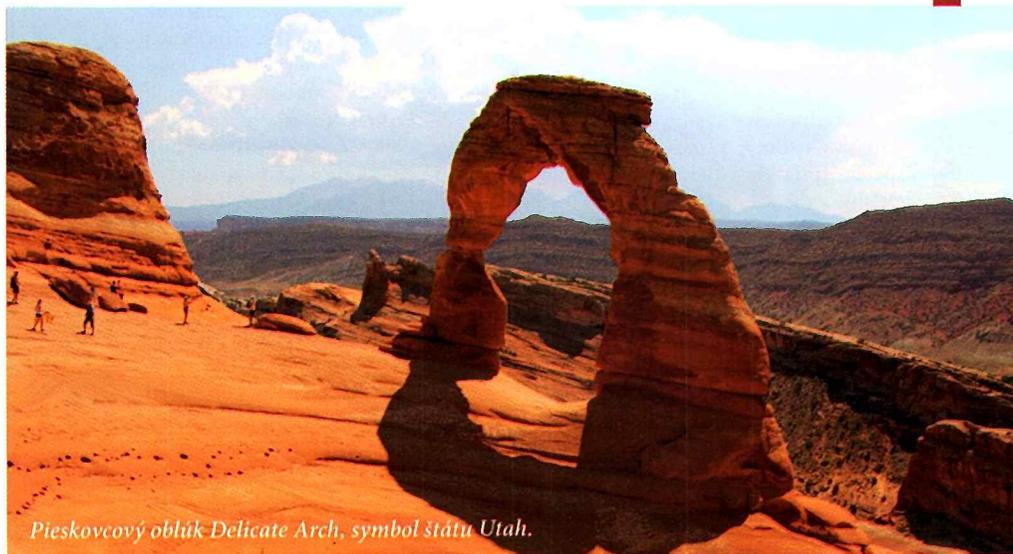
Ďalší deň sme prešli cez údolie Monument Valley do Canyon de Chelly National Monument, kde sme v úžase obdivovali pieskovcovú skalnatú ihlu Spider Rock, ktorá sa týči do výšky 229 m. Ďalší deň sme si ešte neodpustili návštevu Národného parku Petrified Forest s množstvom skamenelých stromov.

Samozrejme navštívili sme aj Barringerov meteorický kráter (písali sme o ňom v Kozmose 2010/1, str. 26), Sunset kráter, a azda najznámejší prírodný útvar na svete Grand Canyon, dlhý neuveriteľných 446 km; nakoniec sme prešli možno najočarujúcejším národným parkom Zion.

Tým sme sa rozlúčili s prírodou amerického juhozápadu a okolo Hooverovej priehrady sme sa vrátili do LA. Tu sme okrem „povinnej jazdy“ ulicami Hollywoodu a Beverly Hills strávili takmer celú noc na historickom a zároveň zmodernizovanom Griffith Observato-ry, ktoré bolo dokončené už v roku 1935.

Po úžasných vyše 8 tisíc km oficiálna časť našej expedície skončila.

RNDr. Ladislav Hric, CSc., predseda SAS pri SAV, SÚH Hurbanovo,
RNDr. Mária Hricová Bartolomejová, SAS pri SAV



Pieskovcový oblúk Delicate Arch, symbol štátu Utah.

Zlato z Thajska sme potvrdili ďalším zlatom!

Na Medzinárodnej olympiáde z astronómie a astrofyziky skončili naši študenti medzi najlepšími.

Takmer presne pred 10 rokmi sme odchádzali na 1. medzinárodnú olympiádu z astronómie a astrofyziky (IOAA) do Thajska. Ani v kútku duše sme nedúfali, že hneď na prvý raz budeme iba s dvoma študentmi takí úspešní. Naš študent Róbert Barsa vtedy získal pre Slovensko zlatú medailu.

Pre porovnanie treba spomenúť, že na prvom ročníku IOAA sa v roku 2007 zúčastnilo 86 študentov z 21 krajín Európy, Ázie a Ameriky. Vtedy sme ešte netušili, ako sa pripravujú tímy z jednotlivých štátov a čo je dôležité zvládnuť pre úspech na medzinárodnej úrovni. Veď naši študenti sa stretnú s absolútnou svetovou špičkou v oblasti astronómie, fyziky a matematiky, ktorých znalosť je nevyhnutnou súčasťou modernej astrofyziky.



Počas otváracieho ceremoniálu sa výprava z každej krajiny poklonila Jej kráľovskej výsosti Princeznej Maha Chakri Sirindhorn.

Thajsko po druhýkrát

Tohto roku sme opäť odlietali do Thajska už na 11. IOAA plní skúseností z predchádzajúcich ročníkov a už tradične v plnom počte, čiže 5 študentov a dvaja vedúci. Už druhý rok pôsobí v tíme Slovenska aj nežné pohlavie – študentka Janka zo Senice, ktorá bola veľmi úspešná pri svojej prvej účasti na IOAA vlni v Indii. Navyše sme si uvedomovali, že v Thajsku sa bude od nás očakávať obhajoba úspechu spred desiatich rokov. Najväčšie nádeje sme vkladali do Jožka Liptáka, čerstvého absolventa Gymnázia v Banskej Bystrici, ktorý bol v Indii tretí najlepší na svete.

Navyše študentov na olympiáde už v rámci možnosti aj pripravujeme: tesne pred odchodom do Thajska sa všetci zúčastnili prípravného seminára v Krajskej hviezdárni a planetáriu Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom. Venoval sa im už tradične Mgr. Tomáš Dobrovodský, v súčasnosti nový riaditeľ spomínanej hviezdárne. Možnosť navštíviť si v planetáriu ľubovoľnú oblohu veľmi pomáha pri reálnych pozorovaniach hlavne v krajinách, ktorých obloha sa značne odlišuje od našej.

Thajsko k takýmto exotickým krajinám patrí. Aj študentka Janka nám potvrdila, že príprava v planetáriu jej veľmi pomohla pri riešení praktických úloh.

Okrem tréningu v planetáriu sa naši študenti zúčastnili aj na medzinárodnom týždňovom workshopu v Prahe (Kozmos 4/2017, str. 37), kde tiež nazbierali cenné vedomosti.

Najmladším členom výpravy bol náš jediný nováčik Samuel Buranský z Gymnázia vo Vrábľoch, od ktorého sme ešte nemohli očakávať výrazný úspech. Tešilo nás však, že už v mladom veku sa zúčastní na takejto súťaži a získa skúsenosti, ktoré bude môcť zúročiť v budúcnosti.

Prestávka, prestup a výlet v Dubaji

Odlietali sme z Budapešti 9. 11. v poobedňajších hodinách. Na želanie študentov cesta viedla cez Dubaj a potom ďalej na svetoznámy ostrov Phuket, ktorý bol miestom 11. ročníka IOAA. Jednak to bol najlacnejší variant letenky do Thajska, a takmer 24 hodinová prestávka v Dubaji nám umožňovala objednať nocľah a zorganizovať celodennú prehliadku mesta. Navyše veľkú batožinu sme odbavili v Budapešti tak, aby nám ju doručili až na Phuket, takže sme sa mohli voľne pohybovať po Dubaji. Naši študenti do jedného si veľmi želali vidieť Burj Khalifa, najvyšší mrakodrap sveta, takže náš ďalší program sme podriadili tomuto cieľu.

Do Dubaja sme prileteli pred polnocou. Stihli sme posledné metro, ktoré nás zaviezlo do starého mesta, kde sme mali rezervovaný (aj zaplatený) lacnejší hotel. Veľmi nás preto prekvapilo, že v našich izbách už spali iní hostia a hotel bol úplne obsadený. Majiteľa náš príchod očividne zaskočil a trvalo vyše hodiny, kým nás nechal previezť taxíkmi do iného hotela a kým sme si vymohli, že za taxi musí zaplatiť on.

Ani náhradný hotel nebol bez chyby. Bolo jasné, že Dubaj ani zďaleka neposkytuje také služby, aké sľubujú fotografie a prospekty cestovných a leteckých spoločností. Snaha o prílev obrovského množstva turistov, ktorí sem naozaj prichádzajú, sprevádza neschopnosť poskytnúť patričné služby. Okrem toho všade sa stavia a už aj mnohé hotové stavby sa prerábajú. Azda sa situácia zlepši v roku 2020. Budú tu mať svetovú výstavu EXPO, ktorá je hlavným dôvodom na takúto rozsiahlu prestavbu.

Na druhý deň sme si kúpili celodenný lístok na hromadnú dopravu v Dubaji a navštívili sme hlavne okolie mrakodra-

pu Burj Khalifa, ale aj Palm Jumeirah, umelý ostrov v tvare palmy. Po zotmení sme už museli ísť metrom na letisko, aby sme pokračovali k hlavnému cieľu našej cesty, na Phuket. Na letisku sme stretli aj výpravu olympionikov z Brazílie, ktorí leteli spolu s nami.

Svetoznámy Phuket

Phuket sa volá aj hlavné mesto ostrova. Na medzinárodné letisko v severnej časti ostrova sme prileteli ráno. Organizátori IOAA nás už čakali v priletovej hale, ovenčili nás náhrdelníkom zo živých kvetov a previezli nás luxusným mikrobusedom do mesta Patong. Tam sme strávili ešte jeden deň a noc na vlastné náklady, aby sme sa zblížili s tropickým prostredím a miestnou klímou.

Predpokladali sme, že už bude suchá sezóna, no ešte doznieval monzún, čo nám v kombinácii so silne klimatizovanými miestnosťami začalo robiť zdravotné problémy. Druhým nebezpečenstvom je thajská kuchyňa. Ako prvý jej nástrahám podľahol Andrej, a po lákavej večeri na jedlo pár dní už ani nepomysel.

Ďalší deň pred obedom po nás prišli organizátori olympiády, a už sme sa museli podrobiť pravidlám, prijatým pre IOAA. Našich študentov odviezli na koniec Patongu do nádherného prostredia (Duangjitt Resort and Spa) v tropickej záhrade s bazénmi, jazierkami, prístreškami, sochami a budovami. Počas ďalších 10 dní tam prebiehali takmer všetky aktivity spojené s olympiádou a samotnou súťažou. Nás vedúcich odviezli 6 km za mesto do hotela Marriott na pobreží Andamanského mora, aby sme sa ako obvyčajne nemohli so študentmi kontaktovať.

Jej kráľovská výsosť a astronómia

Na druhý deň skoro ráno sme sa opäť všetci stretli v rezorte študentov, kde nás čakala najslávnejšia chvíľa celého pobytu v Thajsku. Organizátorov a thajských profesorov a profesorky sme zrazu videli v nádherných bielych uniformách. V obrovskej sále, vyzdobenej kvetinami a zástavami 44 krajín, mala každá výprava určené miesto označené tabuľkou



Naša výprava počas otváracieho ceremoniálu. Zľava Samuel Buranský, Andrej Kancko, Dr. M. Hricová Bartolomejová, Jozef Lipták, Martin Okánik, Janka Švrčková a Dr. L. Hric, CSc., vedúci výpravy.

s názvom krajiny. Pri vchode do sály sme prešli monitorovacími zariadeniami a absolvovali sme aj bezpečnostnú kontrolu; mobily sme museli vypnúť a nesmeli sa ani fotografovať. Potom prišla Jej kráľovská výsosť Princezná Maha Chakri Sirindhorn a slávnostne olympiádu otvorila. Účastníkom sa prihovorila perfektnou angličtinou, zdôraznila význam vzdelávania mládeže a podobných medzinárodných podujatí, ktoré sú okrem iného aj príležitosťou na nadviazanie priateľských vzťahov pre budúcu vedecko-technickú spoluprácu. Jej slová zneli veľmi majestátne a zainteresovane, veď iba vďaka jej známej láske k astronómii a finančnej podpore sa mohla uskutočniť táto veľkolepá, v poradí už 11. IOAA. Ešte sme sa spoločne so študentmi princeznej poklonili a potom už prišla na rad tvrdá práca.

Riešenie úloh ako každý rok

Rozoberali sme navrhované úlohy, upravovali texty a prekladali ich do národných jazykov. Lenže tu sa na nás začali valiť choroby. Ja som mal z klimatizácie 39-stupňovú horúčku a hrdlo začalo bolieť aj manželku. Najhoršie však bolo, že Jožka Liptáka museli previezť do nemocnice na podrobnejšie vyšetrenie. Zatiaľ sa na riešení úloh zúčastnil, nevedeli sme však, čo bude ďalej. Martin sa tiež necítil úplne zdravý, takže kombinácia vlhkých horúčav a veľmi chladných miestností značne sťažila prácu takmer celej našej výpravy. Dozvedeli sme, že všetci naši študenti sa napriek všetkému zúčastňujú riešenia úloh. Neskôr sme však zistili, že hodne bodov stratili pri praktických úlohách, v ktorých sú inak dobrí; isto za to mohol najmä ich zdravotný stav.

Keď sme riešenia moderovali s miestnymi hodnotiteľmi, bolo jasné, že úlohy boli veľmi ťažké a žiadny študent sa nedokázal ani len priblížiť k plnému počtu bodov. To bola nádej pre našich, nakoľko celkový počet bodov sa normuje na priemer troch najlepších študentov. Z počtu bodov našich študentov sme boli na pochybách, či dokážeme obhájiť úspechy z minulosti, no normovanie mohlo ešte posunúť každého na oveľa lepšiu úroveň. Naša Janka neskôr konštatovala, že vedomosti, ktoré jej vlni stačili na bronz, by jej tohto roku neprinesli ani diplom úspešného riešiteľa.

Okamih pravdy

Konečne sa priblížil záver. Stretli sme sa v tej istej miestnosti, kde sme si pred 8 dňami v pohode a plní očakávaní užívali otvárací ceremoniál. Teraz sme boli dosť nervózni. Rodičia našich študentov, ako sme sa dozvedeli pri stretnutí s nimi pri návrate, sledovali prenos z odovzdávania ocenení na internetovej stránke olympiády, no pre časový posun si museli trochu privstať. Na pódium konečne vystúpili predstavitelia miestnej univerzity a ďalších inštitúcií zainteresovaných na organizovaní olympiády. Okamih pravdy sa priblížil. Postupne zaznievali mená súťažiacich, pričom sa začínalo úspešnými riešiteľmi, ale nie podľa poradia, ako tomu bývalo v minulosti, ale podľa krajín.

A už to prišlo. Na pódium pozvali Andreja Kancka, absolventa Gymnázia B. S. Timravy v Lučenci, ktorý získal diplom úspešného rie-

šiteľa olympiády. V ďalšom kole vyšla na pódium Jana Švrčková z Gymnázia L. Novomeského v Senici, aby si prevzala bronzovú medailu. Úspech Slovenska pokračoval. Martin Okánik z Gymnázia J. G. Tajovského v Banskej Bystrici si s hrdosťou prevzal striebornú medailu. Nakoniec prišlo aj obhájenie našej povesti z minulosti. Jozef Lipták, absolvent Gymnázia J. G. Tajovského v Banskej Bystrici, si išiel po svoju ďalšiu zlatú medailu, pričom v celkovom poradí skončil na 5. mieste vo svete. Tým sme sa zaradili opäť medzi najúspešnejšie krajiny, pričom konkurencia je neúprosná. Tohto roku sa na 11. IOAA v Thajsku zúčastnilo 44 krajín zo 6 kontinentov a celkovo 210 súťažiacich.

Porovnanie fyzikálnej a astronomickej olympiády

Dvaja skúsenejší reprezentanti, Jozef Lipták a Martin Okánik, sa v lete zúčastnili aj na Medzinárodnej fyzikálnej olympiáde (IPhO) v Indonézii a získali zlatú a bronzovú medailu. Poprosil som nášho Maťa, aby obe súťaže porovnal: „IOAA je vlastne mladším súrodencom IPhO”, povedal. „Tento ročník IOAA sa od IPhO líši najmä lepšou organizáciou. Tu prebehlo všetko viac-menej hladko, kým na IPhO sa musela o deň presunúť experimentálna časť, niektoré tímy nedostali preklady zadaní do národných jazykov a pre krátkosť času sa takmer úplne zrušili moderácie študentských riešení. Významný rozdiel medzi oboma súťažami bol aj v spôsobe hodnotenia. Kým IOAA sa drží starého systému pridelovania medailí na základe percentuálneho počtu bodov, kde 100% znamená priemer troch najlepších riešiteľov, na IPhO sa ocenenia odvíjajú od percentilu. V praxi sa ukazuje byť zložitejšie získať medailu práve na IOAA. Napríklad tento rok na IPhO udelili asi 16% zlatých medailí (obvykle je to 8%), kým na IOAA len asi 4,5% (10 študentov). Podobne to bolo aj s ostatnými oceneniami. Tohtoročná IOAA bola značne náročná a veľká väčšina študentov nedokázala získať dostatočný počet bodov v porovnaní s niekoľkými najlepšími. Napriek tejto okolnosti neboli prijaté žiadne úľavy pre percentuálne intervaly a počet udelených medailí bol teda ešte o čosi nižší ako po minulé roky.”

Nuž Martin to vystihol. A to ešte nevedel, že pôvodne malo byť udelených len 8 zlatých medailí. Na zasadaní medzinárodného výboru sme však odhlasovali (v rámci stanov), že hranicu posunieme o dve zlaté navyše.

RNDr. Ladislav Hric, CSC., Slovenská ústredná hviezdáreň, Hurbanovo
RNDr. Mária Hricová Bartolomejová, Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV



Naša Janka je šťastná, vybojovala bronzovú medailu.



Maťo práve prevzal strieborný kov z rúk prezidenta IOAA Dr. Gregorza Stachowskeho.



10 zlatých medailistov z celého sveta, slovenskú zástavu drží v rukách Jožko Lipták.



Naša výprava tesne po rozdelení medailí. Niektoré štáty nám aj závideli alebo pozerali s obdivom.

Fotosúťaž

Svietme si na cestu...nie na hviezdy 2017



„Svietme si na cestu...nie na hviezdy“, 7. ročník medzinárodnej fotografickej súťaže o probléme svetelného znečistenia, už má spomedzi 30 autorov a 112 súťažných prác svojich víťazov. V podobnom množstve autorov i prác ako v predchádzajúcich ročníkoch sa objavili aj noví, pre ktorých tí veľmi skúsení a známi boli silnou konkurenciou.

Základná dilema, ktorú opäť zvädzala porota, bola v protiklade myšlienky a poslania súťaže s bežnými estetickými kritériami.

Najmä v prvej kategórii „Ako rozhodne nesvietiť“ fotografie, ktoré často hýrili farbami, svetelnými lúčmi a efektmi, s dobrou kompozíciou, veci na prvý pohľad ľúbivé, ale škodiace prírode, by sa mali aj takto vnímať. Preto sa v porote diskutovalo, či tie, na pohľad bežnému človeku krásne fotky, splnia poslanie o nevhodnosti.

Jednoduchšie to bolo v kategóriách „Správne svetlo“ a „Variácie na tému svetlo a tma“, ktoré boli občas aj námetmi dosť podobné. Mnohé

by sa uplatnili aj v súťaži Astrofoto, a aj krásne fotografie nočnej oblohy, ak tam nebola nejaká súvislosť s osvetlením, museli dať prednosť tým, kde bola téma súťaže v námete viac obsiahnutá.

Niektorým fotografiám by značne pomohla vhodnejšia kompozícia, prípadne orez. U *Variácií na tému svetlo a tma* je široká možnosť invencie a netradičných prístupov, ktoré s vhodným popisom môžu zaujať a emotívne zapôsobiť. Podmienky fotosúťaže umožňujú v tejto kategórii aj fotomontáž, čo autori využili len minimálne.

Uvedomujeme si, že téma fotosúťaže je náročná, značne odlišná od iných a aj preto si účasť súťažiach veľmi vážime. Jej osvetové poslanie nadobúda väčší význam práve v časoch, keď obce i mestá rekonštruujú verejné osvetlenie, osvetľujú budovy a pamiatky. Obce totiž často zabúdajú, že jediným cieľom by nemala byť len úspora elektrickej energie, ale aj vhodná farebnosť svetla. Správnym osvetlením sa

stanú obce lepším miestom pre život.

Porota ďakuje všetkým zúčastneným autorom i organizátorom za šírenie povedomia o správnom osvetľovaní. Aj vďaka tomu sa čoraz viac ľudí zamýšľa nad mnohými, na prvý pohľad krásnymi scénami ako aj fotografiami, plnými rôznych svetiel, či to tak naozaj chceme. Škodí to rastlinám, živočíchom i človeku, prichádzame o tmavú oblohu plnú hviezd, o dotyk s nekonečnom, čím strácame ďalší rozmer bytia. Mizne pokora voči prírode a vesmíru, zabúdame na svoje miesto v ňom. Oceneným blahoželáme, všetkým zúčastneným ďakujeme za ich fotografie a veríme, že nám ostanú verní aj v budúcnosti. Do konca januára si široká verejnosť môže vybrať tú svoju „naj“ fotografiu v hlasovaní o Cenu divákov.

Daniela Rapavá

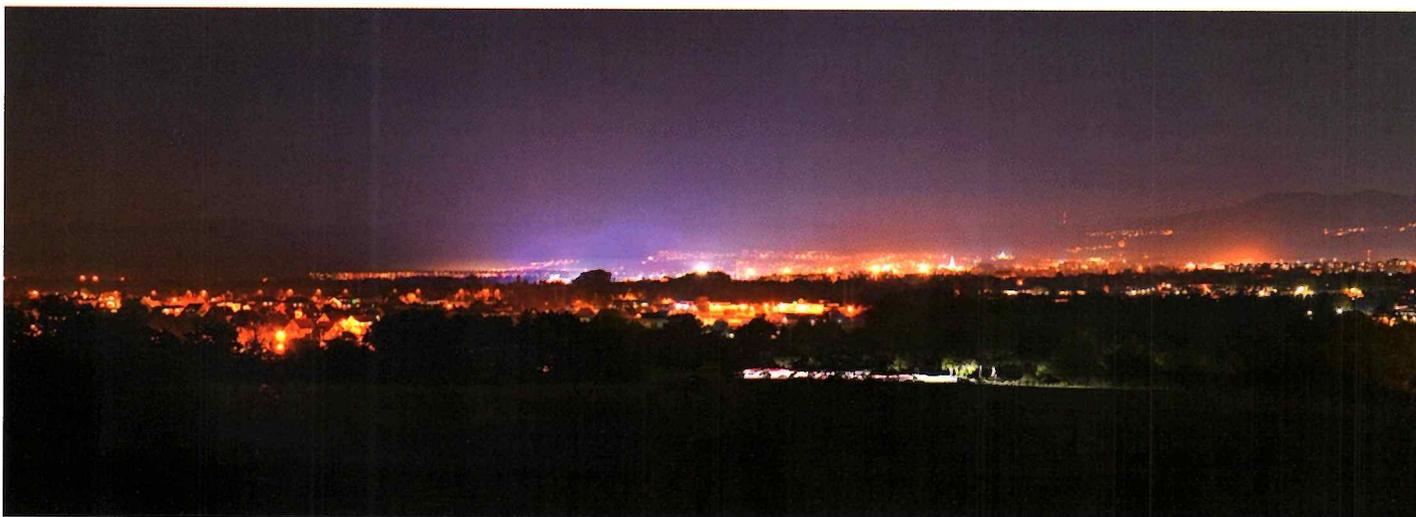
Podrobnejšie vyhodnotenie je na webe SZAA <http://szaa.org>



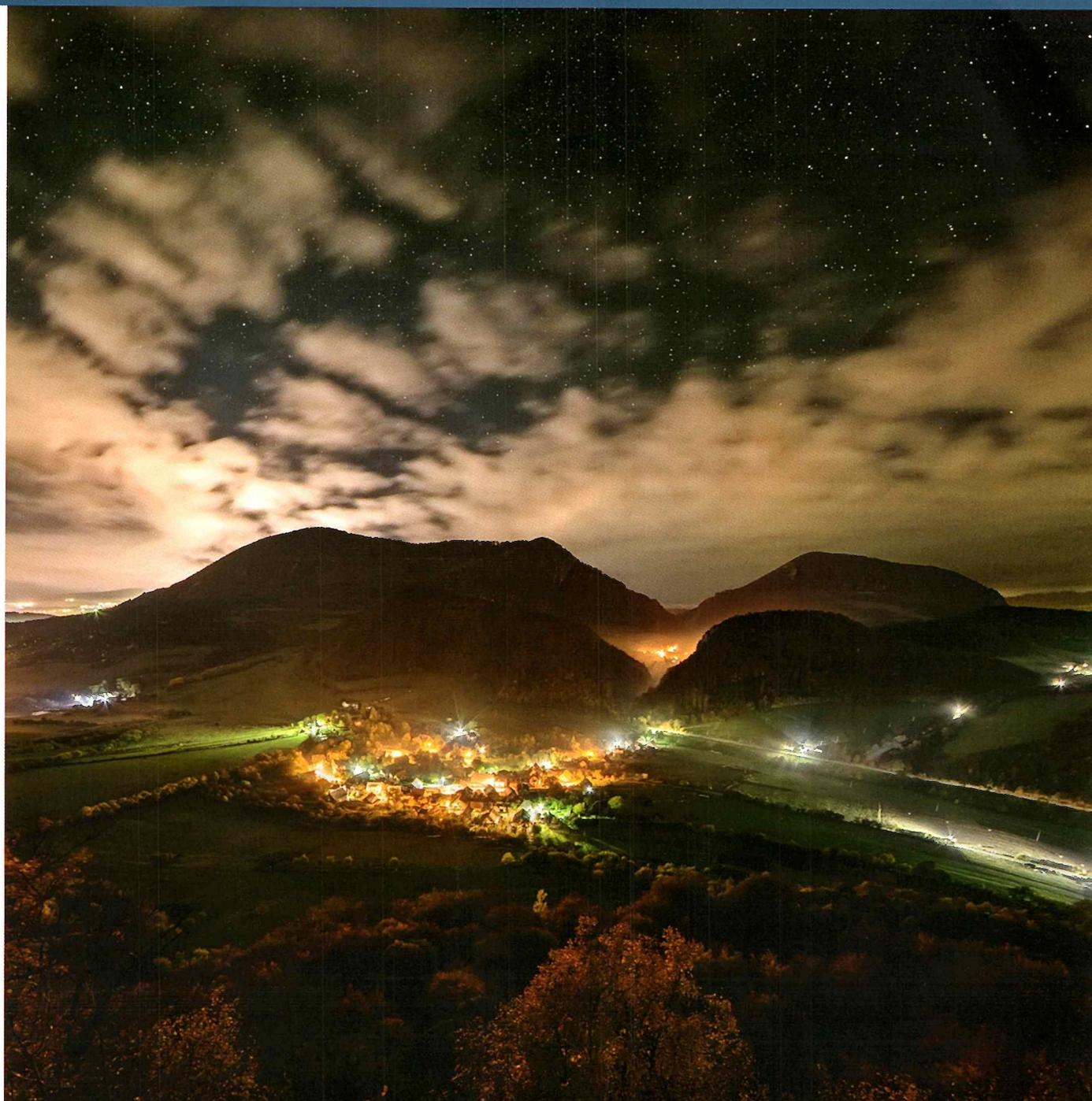
Jakub Kolář: Sníh odhalil světelný smog



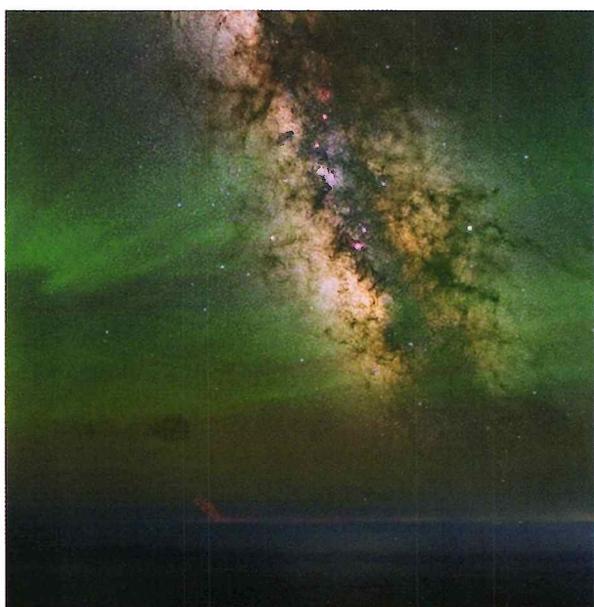
Robert Barsa: Astro party pod lampami



Rudolf Láslop: Svetelné znečistenie na Hornej Niti



Václav Hýža: Jak nsvítit



Pavol Kostolný: Ostrov hviezd

Výsledky fotosúťaže 2017

1. kategória – Ako rozhodne nsvietit

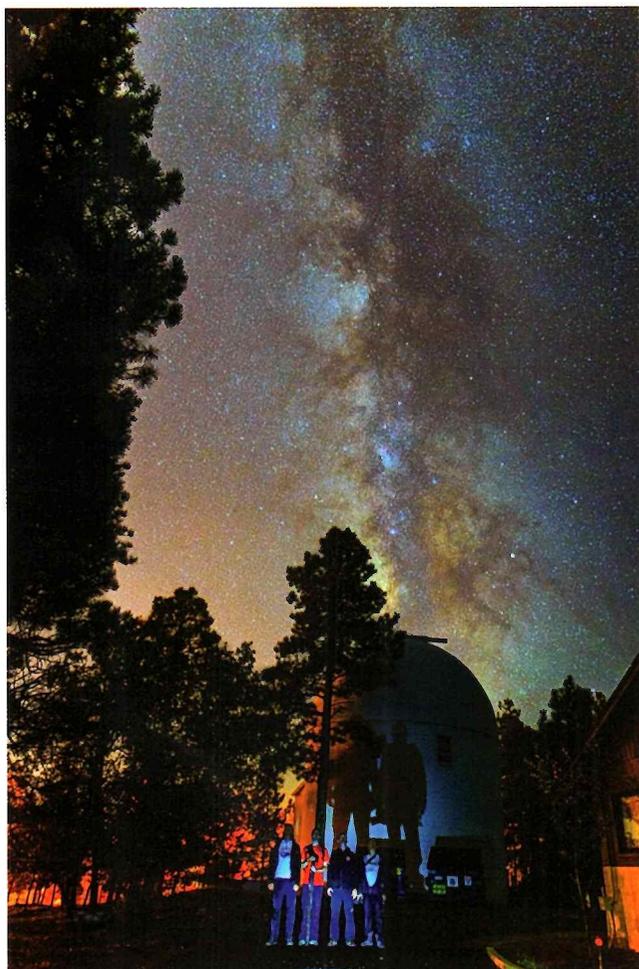
1. miesto – Jak nsvítit (Václav Hýža, Branka u Opavy)
2. miesto – Pouličné osvetlenie pri cestách (Boris Blahovec, Bzince pod Javorinou)
3. miesto – Osvetlené stromy (Christopher Nagy, Rimavská Sobota)

2. kategória – Správne svetlo

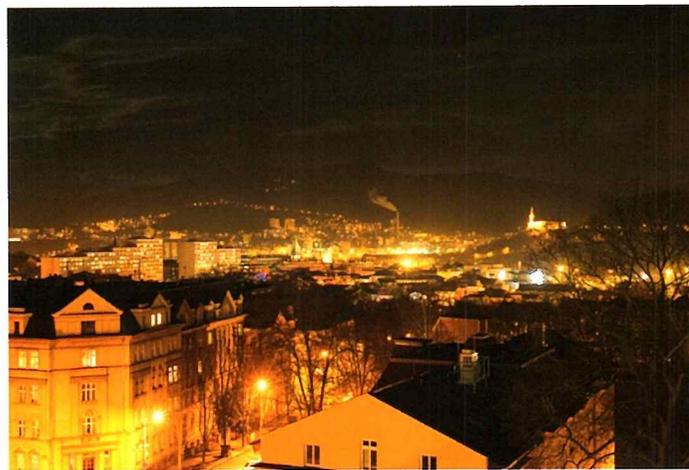
1. miesto – Star in my home (Kamil Sarnecký, Stará Lubovňa)
2. miesto – Na farmě Hoba (Petr Horálek, Pardubice)
3. miesto – Svetlo s rozumom (Eleonóra Žůrková, Trenčín)
3. miesto – Svietime si na chodník (Rudolf Láslop, Diviacka Nová Ves)

3. kategória – Variácie na tému svetlo a tma

1. miesto – Za zimního slunovratu (Petr Horálek, Pardubice)
2. miesto – V bubline (Lubomír Leňko, Košice)
3. miesto – Hviezdny ostrov – La Palma (Ondrej Králik, Považská Bystrica)
3. miesto – Světla nad a pod Beskydami (Jiří Hlisenkovský, Palkovice)



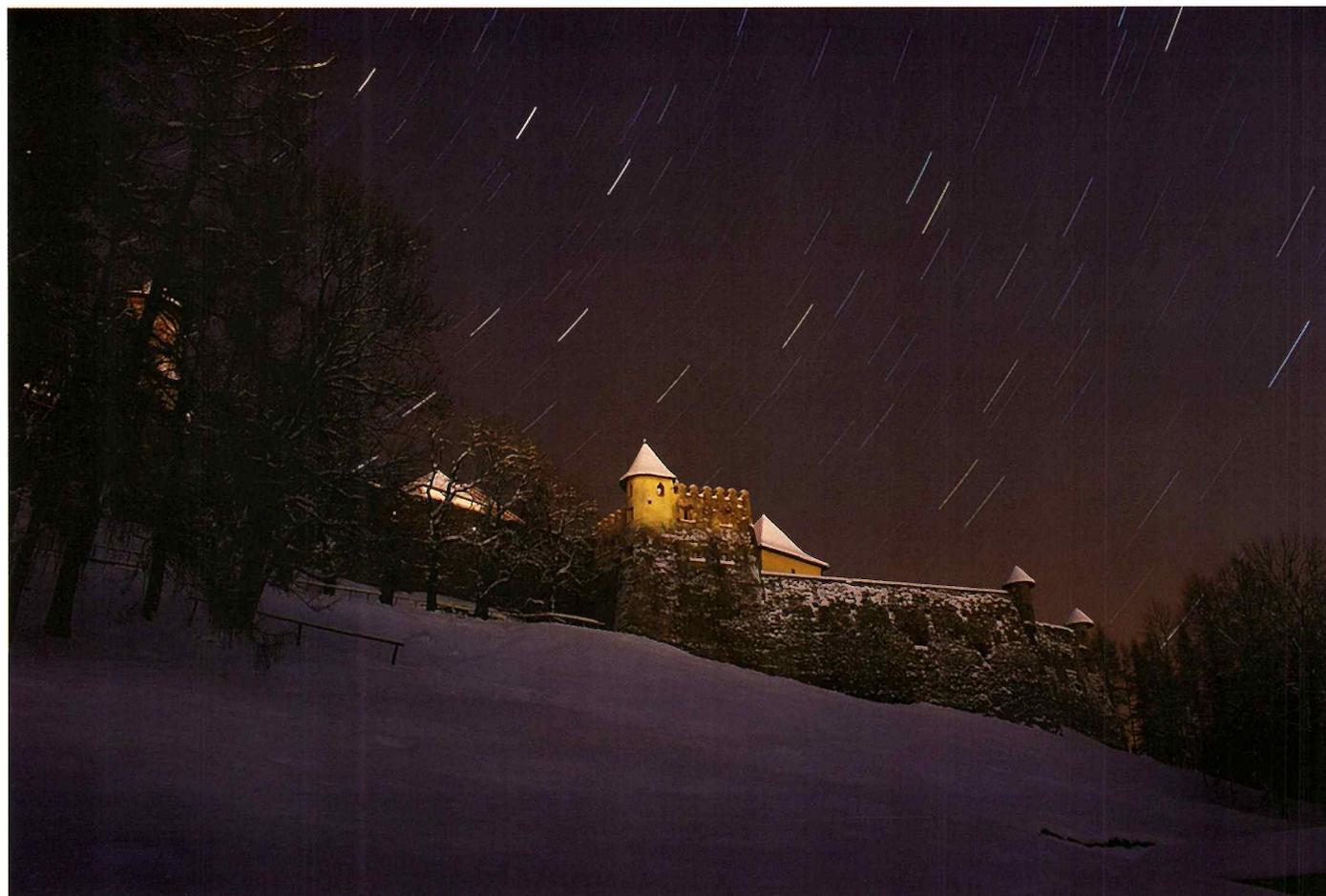
Robert Barsa: Nočná návšteva u Pluta



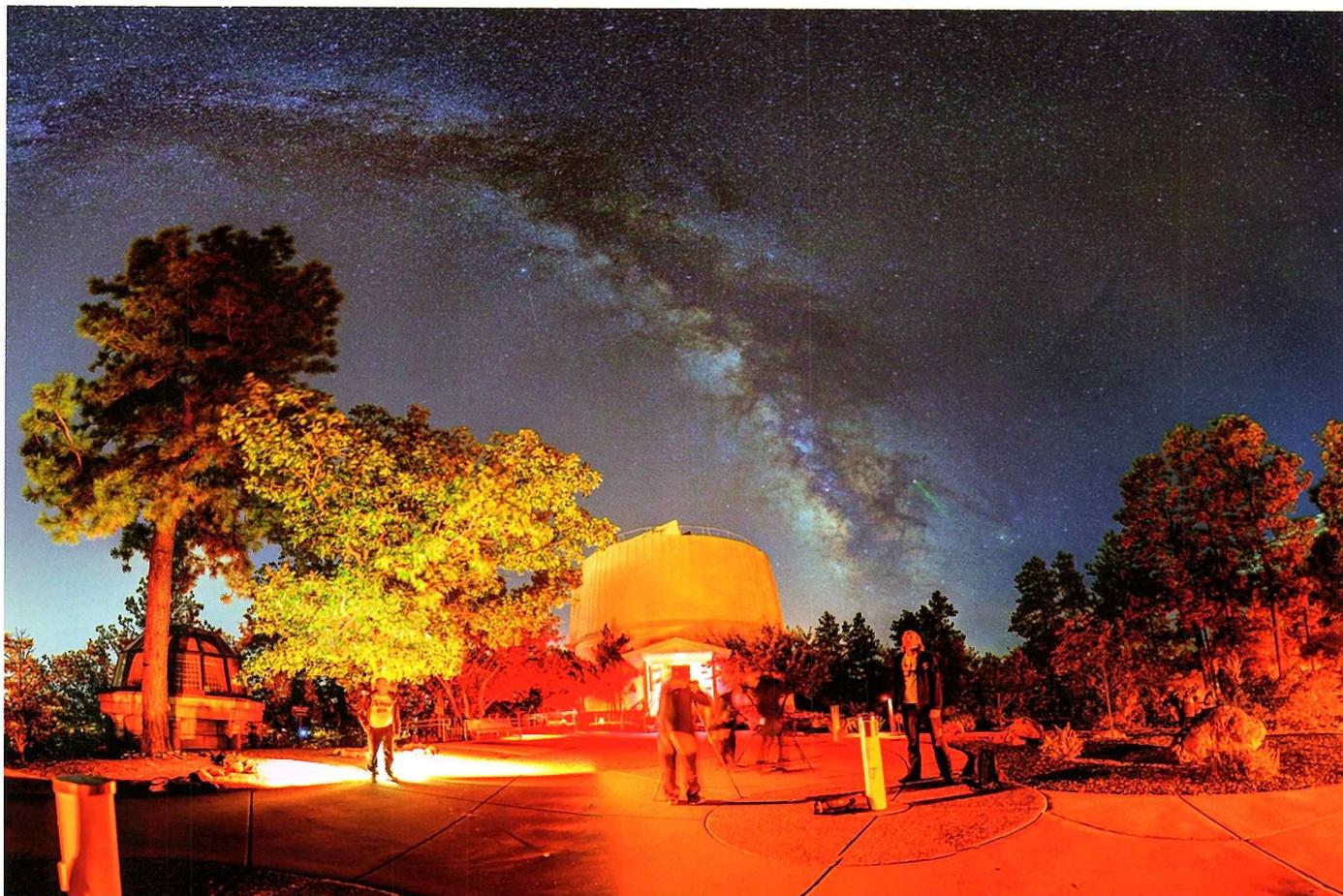
Pavel Matoušek: Město



Christopher Nagy: Osvetlené stromy



Kamil Sarnecký: Star in my home



Robert Barsa: Nočná návšteva u Pluta 2



Adam Okruhlica: Večerné prechádzky



Tadeáš Valent: Neonka môj nepriateľ

Podmienky fotosúťaže Svetíme si na cestu...nie na hviezdy 2018

Slovenská ústredná hviezdáreň v spolupráci so Slovenským zväzom astronómov a Slovenskou astronomickou spoločnosťou pri SAV **vyhlasuje 8. ročník** medzinárodnej fotosúťaže zameranej na problematiku svetelného znečistenia. Súťažné kategórie:

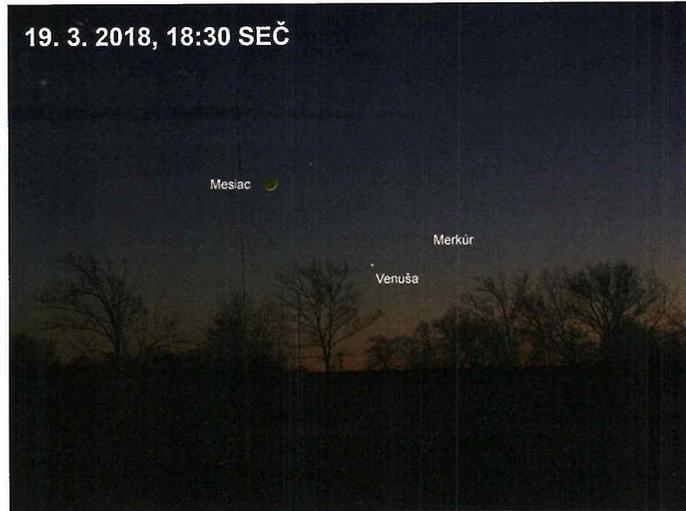
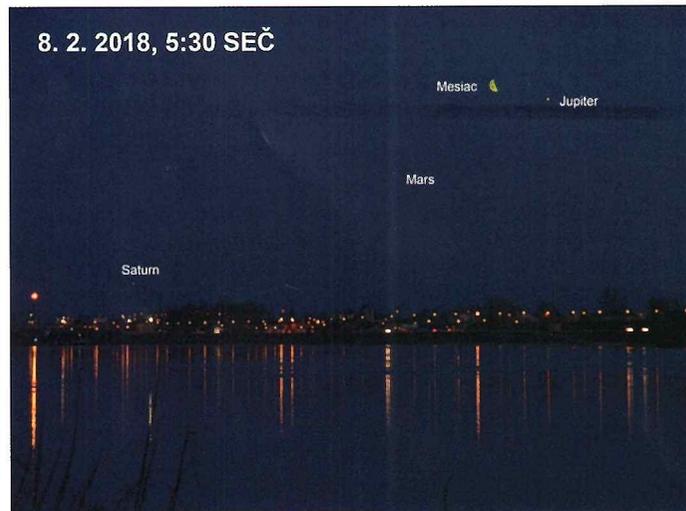
1. Ako rozhodne nesvietiť
2. Správne svetlo
3. Variácie na tému svetlo a tma

Uzávierka fotosúťaže je 31. 10. 2018, v každej kategórii budú finančne ocenené prvé tri miesta o ktorých rozhodne porota do konca novembra, výsledky budú uverejnené v Kozmose 1/2019. Podrobné podmienky fotosúťaže sú uverejnené na stránkach organizátorov (suh.sk, szaa.org, sas.astro.sk).

Február – marec 2018

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári



Pred nami je koniec zimy a pre mnohých dlhoočakávaná jar, noci sa nám skracujú. Merkúr má najlepšie ranné pozorovacie podmienky v tomto roku, Venuša bude znova dominovať večernej oblohe. V dobrej polohe nájdeme aj Mars, Jupiter a Saturn. Za čiastočným zatmením do Antarktídy iste nepocestujeme, no čaká nás zákryt Aldebarana a začiatkom februára aj kométa v dosahu menších ďalekohľadov. Nevhodné obdobie je len pre meteorárov, ktorí si na vyššiu aktivitu budú musieť počkať až do aprílových Lyríd. A keď sa už budeme kochať krásami nočnej oblohy, pozrime sa aj na Krabiú hmlovinu, v ktorej bol práve pred 50. rokmi objavený prvý pulzar.

Planéty

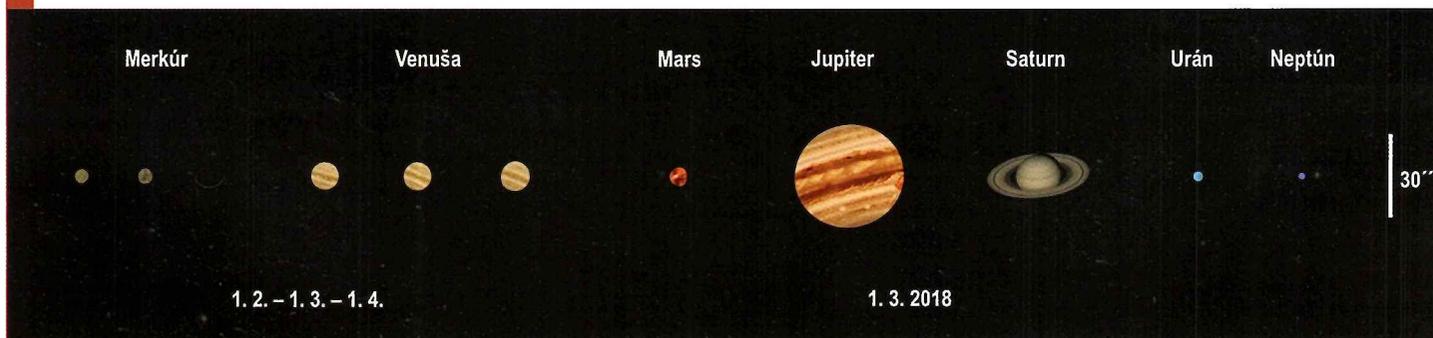
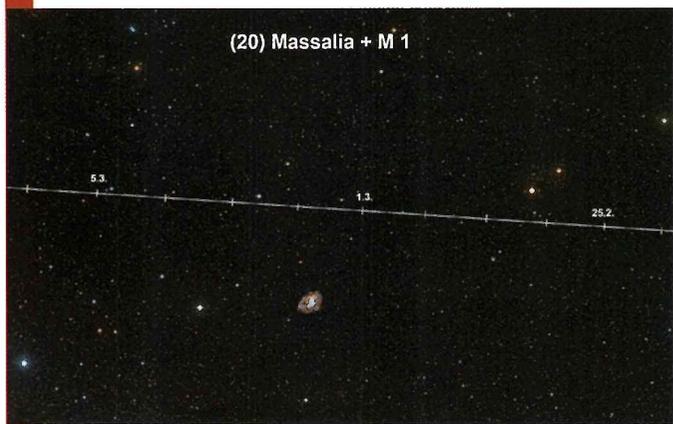
Merkúr je začiatkom februára nepozorovateľný, vychádza len krátko pred Slnkom a 17. 2. je v hornej konjunkcii. Po nej sa presunie na večernú oblohu a podmienky na jeho pozorovanie sa zlepšujú. Na prelome mesiacov zapadne takmer hodinu po Slnku, bude mať -1,3 mag a jeho nájdanie nám uľahčí Venuša, od ktorej bude 2° západnejšie. Najbližšie k sebe budú tieto planéty 4. 3. a zvlášť pekný pohľad bude na ne triédrom alebo ďalekohľadom s veľkým zorným poľom. Najlepšie podmienky na pozorovanie nastanú v polovici marca, keď je Merkúr v najväčšej východnej elongácii a zapadne až koncom astronomického súmraku. Bude mať jasnosť -0,3 mag a spoločnosť mu bude robiť Venuša. Sú to najlepšie ranné pozorovacie podmienky Merkúra v tomto roku. V ďalekohľade ho uvidíme vo fáze 0,4 s priemerom kotúčika 7". 18. a 19. 3. sa k nim pridruží aj kosáčik Mesiaca. Po elongácii sa viditeľnosť už rýchlejšie zhoršuje nakoľko 1. 4. je v dolnej konjunkcii. Tesná konjunkcia (0,4°) s Neptúnom pozorovateľná nebude, obe telesá budú len 7° od Slnka. **Venuša** (-3,9 mag) zapadne len krátko po Slnku, no jej

viditeľnosť sa pomaly zlepšuje, koncom marca zapadne až počas pokročilého astronomického súmraku. Vzhľadom na jej jasnosť ju však uvidíme už pred polovicou februára nízko nad juhozápadným obzorom. 16. 2. je v pomerne tesnej (1°) konjunkcii s Mesiacom, no len nízko nad obzorom. Lepšie podmienky budú až 18. 3., aj keď ich vzájomná vzdialenosť už bude väčšia. Pekné rande s Merkúrom si dá 4. 3. a stretnutie si zopakujú 19. 3., aj keď už v úctivejšej vzdialenosti.

V ďalekohľade si môžeme pozrieť vzájomné priblíženie Venuše s Neptúnom 21. 2. a s Uránom 29. 3.

Mars (1,2 až 0,3 mag) je na ranej oblohe ako načervenkastý, pokojne svietiaci objekt, podmienky jeho pozorovateľnosti sa zlepšujú. Vychádza necelé dve hodiny po polnoci. Presunie sa zo Škorpióna cez Hadonosa až do Strelca, na tmavej oblohe bude na pozadí Mliečnej cesty. Začiatkom mesiaca je pod modrobielou hviezdou β Sco (2,6 mag) a tak pekne vynikne ich farebný kontrast.

Uhlovo sa od Slnka vzdaluje a jeho jasnosť príjemne rastie, vzdialenosť od Zeme sa zmenší z 1,6711 na 1,0991 AU a jeho zdanlivý uhlový priemer dosiahne 8,5". Za dobrých pozorovacích podmienok už budú pozorovateľné aj jeho albedové útvary a uvidíme ho v miernej fáze 0,9. Koncom druhej marcovej dekády sa bude presúvať medzi hmlovinami Trifid a Lagúna.



Zákryty hviezd Mesiacom (február – marec 2018)

Dátum	UT			f	XZ	mag	CA	PA	a	b
	h	m	s							
8.2.	3	29	39	D	21469	4,0	-63S	131	67	-12
8.2.	4	48	3	R	21469	4,0	+79S	273	112	4
19.2.	17	43	25	D	1439	6,2	+76N	59	38	-27
21.2.	17	31	41	D	3667	4,4	+46N	31	62	81
21.2.	18	27	50	R	3667	4,4	-55N	290	68	-132
23.2.	17	14	50	D	5912	0,8	+43S	128	125	-133
23.2.	18	2	57	R	5912	0,8	-34S	205	76	163
28.2.	17	58	35	D	14690	5,6	+79N	99	45	62
5.3.	3	33	33	R	19518	5,8	+44N	332	52	-129
22.3.	20	32	7	D	5767	5,3	+66S	108	5	-112
28.3.	0	57	4	D	14512	6,2	+50N	69	30	-61

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

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

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 9. 2. a 10. 3. a v oboch prípadoch bude na oblohe aj Jupiter a Saturn. K Saturnu sa bude postupne približovať a začiatkom apríla budú v konjunkcii. **Jupiter** (-2,0 až -2,4 mag) vo Váhach vychádza po polnoci, koncom marca už pred 21. hodinou a bude teda skvelou ozdobou rannej oblohy. Priblíži sa k nám z 5,4967 na 4,6251 AU, jeho zdanlivý rovníkový priemer dosiahne 42,6". Vlastný pohyb medzi hviezdami sa spomaľuje, 9. 3. je v zastávke a začne sa pohybovať späť (západne). Na oblohe teda počas týchto dvoch mesiacov urobí malú slučku. Triédrom uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace a v ďalekohľade mierne sploštený kotúčik s výraznými tmavšími rovníkovými pásmi, prípadne aj Veľkú červenú škvrnu.

Konjunkcie s Mesiacom si pozrime 8. 2. a 7. 3.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

1.2.; 7:27	18.2.; 6:32	5.3.; 23:48	20.3.; 21:12
2.2.; 3:19	20.2.; 8:10	7.3.; 5:35	21.3.; 7:07
4.2.; 4:57	21.2.; 4:01	8.3.; 1:26	22.3.; 2:58
5.2.; 0:49	21.2.; 23:53	9.3.; 7:13	22.3.; 22:50
6.2.; 6:36	23.2.; 5:40	10.3.; 3:04	24.3.; 4:37
7.2.; 2:27	24.2.; 1:31	10.3.; 22:56	25.3.; 0:28
8.2.; 8:14	25.2.; 7:18	12.3.; 4:43	26.3.; 6:15
9.2.; 4:06	26.2.; 3:10	13.3.; 0:34	27.3.; 2:06
11.2.; 5:44	26.2.; 23:01	14.3.; 6:21	27.3.; 21:57
12.2.; 1:36	28.2.; 4:48	15.3.; 2:12	29.3.; 3:44
13.2.; 7:23	1.3.; 0:40	15.3.; 22:04	29.3.; 23:36
14.2.; 3:14	2.3.; 6:27	17.3.; 3:51	31.3.; 5:23
14.2.; 23:06	3.3.; 2:18	17.3.; 23:42	
16.2.; 4:53	3.3.; 22:09	19.3.; 5:29	
17.2.; 0:44	5.3.; 3:56	20.3.; 1:20	

a aj keď ich vzájomná vzdialenosť bude vyššie 3° určite zaujmú.

Saturn (0,6 – 0,5 mag) je v Strelcovi na pozadí najhustejších častí Mliečnej cesty. Vychádza ráno koncom astronomickú nocí, no jeho viditeľnosť sa zlepšuje a koncom marca je už nad obzorom takmer v celej druhej polovici noci. Zaujme pokojným žltkastým svitom a v ďalekohľade uvidíme aj jeho širokoroztvorené prstence, ktoré pozorujeme zo severnej strany. Za dobrých podmienok si pozrime tmavé Cassiniho delenie prstenca a oblačné pásy v atmosfére. V blízkosti Saturna nájdeme aj jeho mesiac Titan (8,9 – 8,7 mag) a do 11 mag aj ďalšie tri (Dione, Rhea, Tethys). Jeho jasnosť rastie, priblíži sa k nám z 10,8319 na 9,9757 AU a teda sa zväčší aj jeho rovníkový uhlový priemer na 16,7". Prstence budú mať šírku $38''$.

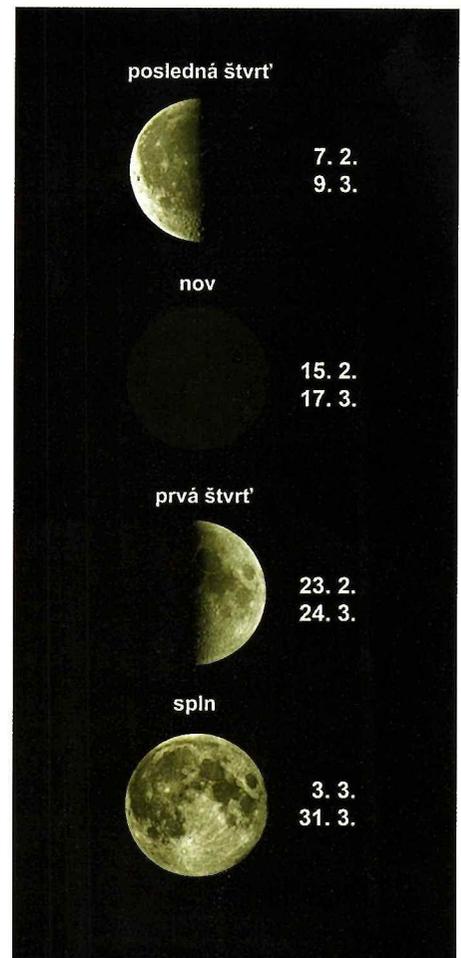
Konjunkcie s Mesiacom nastanú 11. 2. a 11. 3., budú pekným spštením rannej oblohy.

Urán (5,8 – 5,9 mag) je na večernej oblohe vo východnej časti Rýb, zapadne hodinu pred polnocou. Podmienky sa do konca marca mierne zhoršia a zapadne už krátko po nautickom súmraku. V ďalekohľade ho uvidíme ako malinký, pokojne svietiaci kotúčik s priemerom $3,5''$. Zaujímavá bude jeho tesná konjunkcia s Venušou 29. 3. Najbližšie k sebe budú obe planéty síce pod obzorom, no ráno pred východom Slnka ich bude deliť len $14''$ a tak sa zmesia spolu do zorného poľa ďalekohľadu.

Neptún (8,0 mag) vo Vodnárovi bude pozorovateľný začiatkom februára na večernej oblohe a postupne sa začne strácať na svetlej oblohe, nakoľko je 4. 3. v konjunkcii so Slnkom. Deň po konjunkcii je od nás najďalej (30,9349 AU). Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu, no geometrické podmienky nie sú výhodné

Fázy Mesiaca

posledná štvrt'	7.2.; 16:54	9.3.; 12:20
nov	15.2.; 22:05	17.3.; 14:01
prvá štvrt'	23.2.; 9:00	24.3.; 16:35
spln	2.3.; 1:51	31.3.; 13:37



a tak aj koncom marca vychádza len koncom nautického súmraku.

21. 2. je v konjunkcii s Venušou, no len v uhlovej vzdialenosti 10° od Slnka a teda na svetlej večernej oblohe.

Čiastočné zatmenie Slnka 15. 2. s fázou 0,6 od nás pozorovateľné nebude. Zatmenie bude viditeľné len z časti južnej Ameriky a väčšiny Antarktídy.

Jarná rovnodennosť nastane 20. 3. o 17:16, Slnko bude presne na nebeskom rovníkom v jarnom bode, jeho ekliptikálna dĺžka dosiahne 0° . Až do letného slnovratu sa najvyššia výška pri kulminácii bude zväčšovať. V deň slnovratu vychádza na východe (vo východnom bode) a zapadá na západe (v západnom bode), dni a noci sú však rovnako dlhé už o niekoľko dní skôr v dôsledku astronomickej refrakcie. Po rovnodennosti sa budú noci skracať a dni predlžovať. V nedeľu 25. 3. sa v občianskom živote začne používať letný stredo európsky čas.

1. 2. po východe Mesiaca si pozrime jeho **tesné priblíženie** k Regulusovi, najjasnejšej hviezde zo súhvezdia Lev. Regulus uvidíme len $7''$ od južného okraja Mesiaca, ktorý bude deň po splne.

23. 3. večer sa však určite nezabudnime po-

Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	09h11,6m	+30°13,0'	6,9	166,6
6. 2.	09h06,8m	+30°45,0'	6,9	164,8
11. 2.	09h02,1m	+31°12,3'	7,0	161,2
16. 2.	08h57,5m	+31°34,2'	7,1	156,6
21. 2.	08h53,4m	+31°50,4'	7,2	151,5
26. 2.	08h49,7m	+32°00,8'	7,3	146,4
3. 3.	08h46,7m	+32°05,8'	7,4	141,2
8. 3.	08h44,3m	+32°05,6'	7,5	136,1
13. 3.	08h42,7m	+32°00,6'	7,6	131,1
18. 3.	08h41,9m	+31°51,2'	7,7	126,2
23. 3.	08h41,8m	+31°37,9'	7,8	121,5
28. 3.	08h42,5m	+31°21,1'	7,9	117,0
2. 4.	08h43,9m	+31°01,2'	8,0	112,6

Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	16h26,8m	-16°01,9'	7,7	64,4
6. 2.	16h36,0m	-16°19,9'	7,7	67,2
11. 2.	16h45,0m	-16°35,5'	7,6	70,1
16. 2.	16h53,8m	-16°48,9'	7,6	73,0
21. 2.	17h02,3m	-17°00,0'	7,5	76,0
26. 2.	17h10,6m	-17°09,1'	7,5	79,0
3. 3.	17h18,7m	-17°16,3'	7,4	82,1
8. 3.	17h26,4m	-17°21,7'	7,4	85,2
13. 3.	17h33,7m	-17°25,6'	7,3	88,4
18. 3.	17h40,7m	-17°28,1'	7,2	91,7
23. 3.	17h47,3m	-17°29,5'	7,2	95,1
28. 3.	17h53,3m	-17°30,1'	7,1	98,6
2. 4.	17h58,9m	-17°30,1'	7,0	102,2

Efemerida kométy Heinze (C/2017 T1)

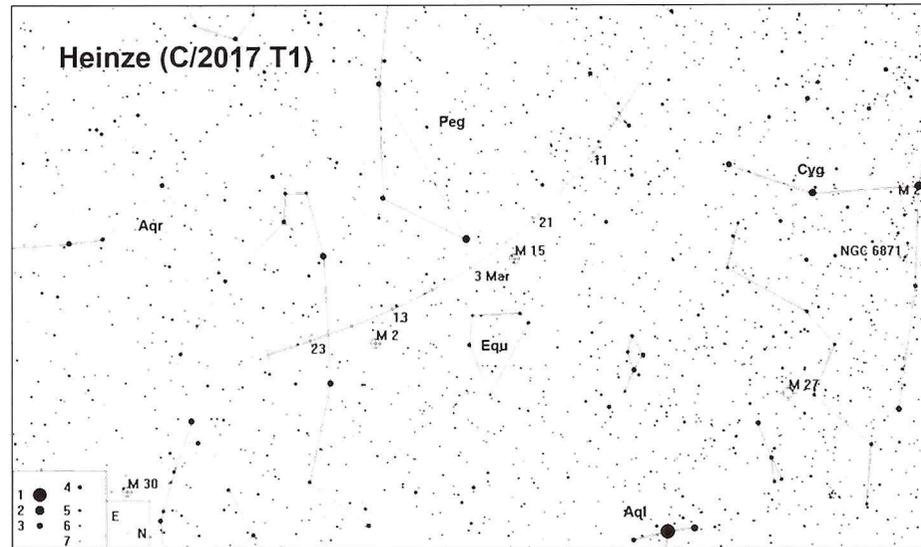
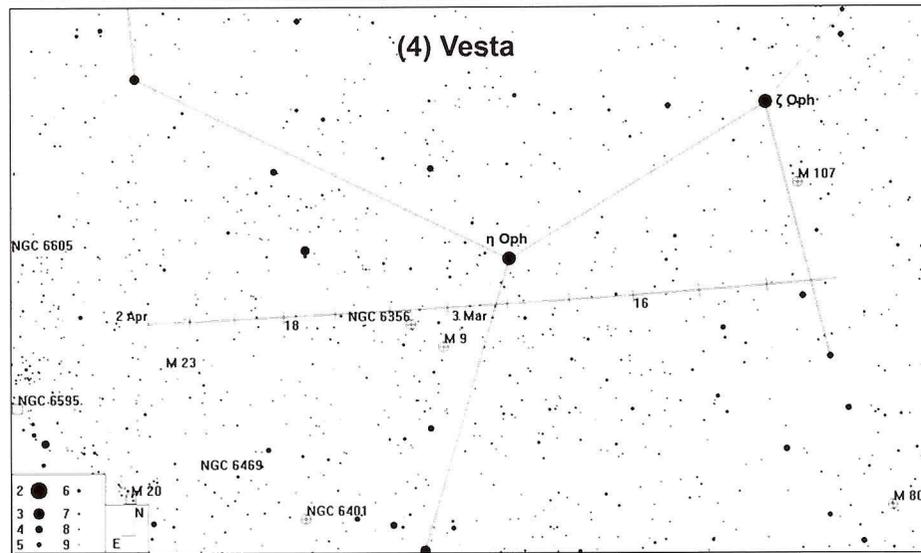
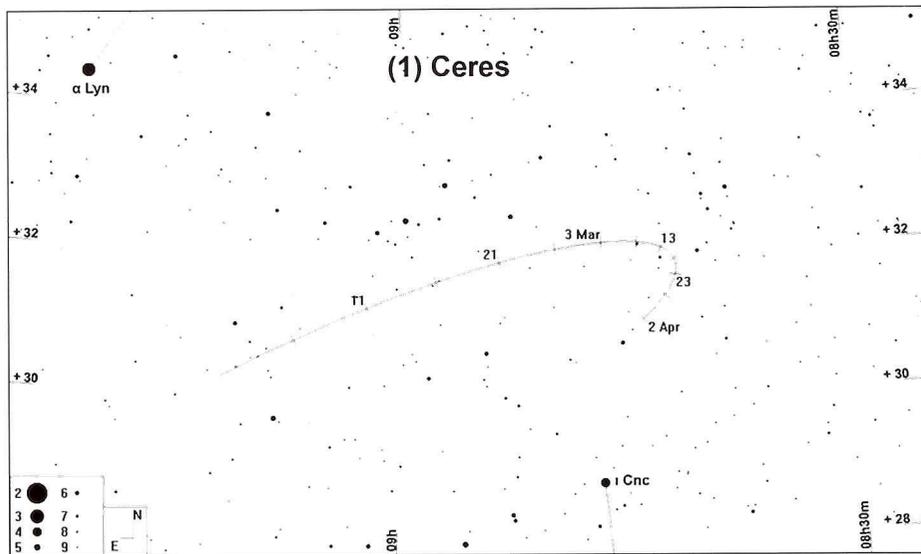
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	21h54,8m	+28°16,8'	9,7	47,6
6. 2.	21h48,8m	+25°08,6'	9,6	41,6
11. 2.	21h43,9m	+22°08,0'	9,5	36,4
16. 2.	21h40,0m	+19°02,4'	9,5	31,8
21. 2.	21h37,3m	+15°46,6'	9,6	28,2
26. 2.	21h35,9m	+12°21,1'	9,8	25,9
3. 3.	21h35,8m	+08°50,1'	10,1	25,1
8. 3.	21h37,0m	+05°18,6'	10,4	26,0
13. 3.	21h39,3m	+01°50,0'	10,8	28,4
18. 3.	21h42,4m	-01°35,0'	11,3	31,7
23. 3.	21h46,2m	-04°56,8'	11,6	35,8
28. 3.	21h50,3m	-08°17,3'	12,0	40,3

zrieť na **zákryt Aldebarana** Mesiacom. Mesiac bude po prvej štvrti a tak zvlášť vstup hviezdy na jeho tmavý okraj bude zážitkom. Podrobnosti sú v tabuľke zákrytov.

Trpasličie planéty

(1) **Ceres** (6,9 až 8,0 mag) je v Rakovi a podmienky na jej pozorovanie sú veľmi dobré, je krátko po opozícii a teda pozorovateľná takmer počas celej noci. Na oblohe medzi hviezdami opíše v severnej časti Raka slučku, nakoľko je 20. 3. v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere.

(134340) **Pluto** (14,5 mag) je v Strelcovi a má zlepšujúce sa podmienky na jeho vyhľadanie, uhlovo sa od Slnka vzdaluje, koncom marca vychádza 2 hodiny po poľnoci. Aj vtedy však vo začiatkom astronomického súmraku vo výške len necelých 10°. Vhodnejšie podmienky budú až počas júlovej pozície, no na jeho



vizuálne pozorovanie však potrebujeme ďalekohľad v priemerom aspoň 30 cm.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag len 4 asteroidy: (19) Fotuna (2.2.; 10,1 mag), (51) Nemausa (25. 2.; 9,9 mag), (45) Eugenia (18.3.; 10,8 mag), (18) Melpomene (21.3.; 10,2 mag).

Najjasnejším asteroidom bude (4) Vesta, ktorá

zjasňuje a koncom marca bude mať 7,0 mag. Pohybuje sa v južnej časti Hadonosy a od 19. 3. je v Strelcovi. Začiatkom marca sa bude presúvať 1,2° severne od guľovej hviezdokopy M 9 (7,8 mag).

(20) Massalia (10,2 mag) bude 1. 3. 0,4° severne od Krabej hmloviny (M 1; 8,4 mag).

Kométy

Na oblohe je vždy niekoľko komét, no tie sú

slabé, slabšie ako 11 – 12 mag a teda vhodné pre CCD pozorovania.

Najjasnejšou kométou tohto obdobia bude kométa Heinze (C/2017 T1), ktorá bola objavená 2. 10. 2017 ako objekt 18,2 mag. Na CCD snímkach, exponovaných 0,5 m Schmidtovým ďalekohľadom, ju našiel Aren Heinze na observatóriu ATLAS (Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System) na Mauna Loa. Nový objekt mal malú komu s priemerom 7" a bol dodatočne nájdený aj na snímkach z 28. 9. Najbližšie pri Zemi, len 0,22 au, bola 4.

1., perihéliom prejde 21. 2., no maximum jasnosti už má za sebou. Vo februári ju už nájdeme na ranej oblohe, no podmienky sa budú zhoršovať. 26. 2. prejde 1,5° od jasnej guľovej hviezdokopy M 15 (6,3 mag).

Meteory

Dva mesiace v roku, v ktorých nie je v činnosti žiadny aktívnejší meteorický roj. Toto obdobie je nazývané aj „veľká jarná diera“, ktoré začína Kvadrantidami a končí až aprílovými Lyridami.

Kalendár úkazov a výročí (február – marec 2018)

dátum	SEČ	
1.2	18,8	konjunkcia Mesiaca s Regulusom (Regulus 23' S)
1.2		15. výročie (2003) havárie raketoplánu Columbia
2.2		asteroid (19) Fortuna v opozícii (10,1 mag)
3.2		130. výročie (1888) objavu hmloviny Kónská hlava (W. Fleming)
7.2	21,9	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,7° S)
7.2	16,9	Mesiac v poslednej štvrti
8.2		190. výročie (1828) narodenia J. Verna
9.2	8,4	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,4° S)
11.2	16,4	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 1,9° S)
11.2	15,3	Mesiac v odzemi (405 698 km)
14.2		120. výročie (1898) narodenia F. Zwickyho
14.2		170. výročie (1848) narodenia B. Baillauda
15.2	22,1	Mesiac v nove
15.2	21,9	častočné zatmenie Slnka (od nás nepozorovateľné)
15.2		160. výročie (1858) narodenia W. H. Pickeringa
16.2		320. výročie (1698) narodenia P. Bouguera
16.2		Čínsky nový rok
16.2	19,2	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 1,0° N)
16.2		110. výročie (1908) narodenia J. Závodského
17.2	13,7	Merkúr v hornej konjunkcii
18.2		180. výročie (1838) narodenia E. Macha
19.2		545. výročie (1473) narodenia M. Kopernika
21.2	19,8	Venuša v konjunkcii s Neptúnom (Neptún 0,5° N)
23.2	9,1	Mesiac v prvej štvrti
23.2	18,2	zákrty Aldebarana Mesiacom
24.2		50. výročie (1968) objavu 1. pulzaru (Bellová, Hewish)
25.2		asteroid (51) Nemusa v opozícii (9,8 mag)
25.2		65. výročie (1953) narodenia A. Rózovej
27.2	15,8	Mesiac v prízemí (363 936 km)
2.3	1,8	Mesiac v splne
3.3		180. výročie (1838) narodenia G. W. Hilla
4.3	6,7	Merkúr v konjunkcii s Venušou (Merkúr 1,1° N)
4.3	14,9	Neptún v konjunkcii so Slnkom (Neptún 0,9° S)
5.3		50. výročie (1968) štartu družice Solrad 9
5.3	15,3	Neptún najďalej od Zeme (30,9349 au)

dátum	SEČ	
7.3	10,3	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,2° S)
9.3	10,7	Jupiter v zastávke, začína sa pohybovať späť
9.3	12,3	Mesiac v poslednej štvrti
9.3		95. výročie (1923) narodenia M. Neuba- uera
10.3	2,0	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,1° S)
11.3	2,7	konjunkcia Mesiaca so Saturnom (Saturn 1,5° S)
14.3		90. výročie (1928) narodenia F. Bormana
15.3	16,0	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (18,4°)
17.3		60. výročie (1958) štartu družice Vanguard 1
17.3	14,2	Mesiac v nove
18.3		asteroid (45) Eugenia v opozícii (10,8 mag)
18.3	23,0	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,1° N)
19.3	8,9	konjunkcia Venuše s Merkúrom (Merkúr 3,8° N)
20.3	17,3	jarná rovnodennosť
21.3		asteroid (18) Melpomene v opozícii (10,2 mag)
21.3		25. výročie (1993) úmrtia J. Štohra
22.3	18,1	Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať späť
22.3		95. výročie (1923) narodenia J. Kleczeka
22.3		150. výročie (1868) narodenia A. R. Fowlera
22.3		150. výročie (1868) narodenia R. Millikana
23.3		90. výročie (1928) narodenia J. B. Okea
24.3	16,6	Mesiac v prvej štvrti
25.3	2,0	začiatok letného času
25.3		480. výročie (1538) narodenia Ch. Claviusa
25.3		90. výročie (1928) narodenia J. Lovella
26.3	18,3	Mesiac v prízemí (369 115 km)
27.3		50. výročie (1968) úmrtia J. A. Gagarina
29.3	1,8	konjunkcia Venuše s Uránom (Urán 4° N)
31.3	13,6	Mesiac v splne
1.4	18,8	Merkúr v dolnej konjunkcii
2.4	14,1	konjunkcia Saturna s Marsom (Mars 1,3° S)
3.4		asteroid (22) Kalliope v opozícii (10,9 mag)
3.4	16,2	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 3,3° S)
5.4	5,6	Merkúr najbližšie k Zemi (0,5877 AU)

Slnko

		súmrak									
		občiansky				nautický				astronomický	
	vých.	záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.	
1.2.	7:09	16:39	6:35	17:12	5:58	17:50	5:22	18:26			
6.2.	7:02	16:47	6:29	17:20	5:52	17:57	5:16	18:33			
11.2.	6:54	16:55	6:21	17:28	5:45	18:04	5:09	18:41			
16.2.	6:46	17:03	6:13	17:36	5:37	18:12	5:01	18:48			
21.2.	6:37	17:11	6:05	17:43	5:29	18:19	4:53	18:55			
26.2.	6:27	17:19	5:56	17:51	5:20	18:27	4:44	19:03			
3.3.	6:18	17:27	5:47	17:58	5:11	18:34	4:34	19:11			
8.3.	6:08	17:35	5:37	18:06	5:01	18:42	4:24	19:19			
13.3.	5:58	17:42	5:27	18:13	4:50	18:49	4:13	19:27			
18.3.	5:48	17:50	5:17	18:20	4:40	18:57	4:02	19:35			
23.3.	5:37	17:57	5:06	18:28	4:29	19:05	3:51	19:44			
28.3.	5:27	18:04	4:55	18:36	4:18	19:14	3:39	19:53			

Mesiac

	východ	západ
1.2.	17:58	7:42
6.2.	23:55	10:08
11.2.	3:53	12:57
16.2.	7:10	17:42
21.2.	9:22	23:22
26.2.	13:05	3:53
3.3.	19:16	7:14
8.3.	9:35	
13.3.	4:04	13:26
18.3.	6:31	18:51
23.3.	9:10	
28.3.	14:25	4:09

Jupiter

	východ	západ
1.2.	1:29	10:54
6.2.	1:12	10:35
11.2.	0:54	10:17
16.2.	0:36	9:58
21.2.	0:18	9:40
26.2.	23:56	9:21
3.3.	23:37	9:01
8.3.	23:17	8:42
13.3.	22:57	8:22
18.3.	22:37	8:02
23.3.	22:16	7:42
28.3.	21:55	7:22

Merkúr

	východ	západ
1.2.	6:51	15:29
6.2.	6:55	15:54
11.2.	6:58	16:21
16.2.	6:57	16:51
21.2.	6:55	17:24
26.2.	6:51	17:57
3.3.	6:45	18:31
8.3.	6:36	19:02
13.3.	6:24	19:24
18.3.	6:07	19:32
23.3.	5:47	19:20
28.3.	5:24	18:50

Saturn

	východ	západ
1.2.	5:03	13:28
6.2.	4:45	13:10
11.2.	4:27	12:53
16.2.	4:09	12:35
21.2.	3:52	12:17
26.2.	3:34	12:00
3.3.	3:15	11:42
8.3.	2:57	11:24
13.3.	2:38	11:05
18.3.	2:19	10:47
23.3.	2:01	10:28
28.3.	1:42	10:09

Venuša

	východ	západ
1.2.	7:33	17:03
6.2.	7:28	17:18
11.2.	7:22	17:33
16.2.	7:15	17:48
21.2.	7:08	18:03
26.2.	7:00	18:17
3.3.	6:51	18:32
8.3.	6:43	18:47
13.3.	6:34	19:01
18.3.	6:25	19:16
23.3.	6:17	19:31
28.3.	6:09	19:45

Urán

	východ	západ
1.2.	9:42	23:10
6.2.	9:23	22:51
11.2.	9:03	22:32
16.2.	8:44	22:14
21.2.	8:24	21:55
26.2.	8:05	21:37
3.3.	7:46	21:19
8.3.	7:27	21:00
13.3.	7:08	20:41
18.3.	6:48	20:23
23.3.	6:29	20:05
28.3.	6:10	19:47

Mars

	východ	západ
1.2.	2:35	11:27
6.2.	2:31	11:16
11.2.	2:27	11:06
16.2.	2:23	10:57
21.2.	2:19	10:47
26.2.	2:14	10:38
3.3.	2:09	10:30
8.3.	2:04	10:21
13.3.	1:58	10:13
18.3.	1:52	10:05
23.3.	1:45	9:58
28.3.	1:37	9:50

Neptún

	východ	západ
1.2.	8:23	19:20
6.2.	8:04	19:01
11.2.	7:45	18:42
16.2.	7:25	18:23
21.2.	7:06	18:05
26.2.	6:46	17:46
3.3.	6:27	17:28
8.3.	6:08	17:09
13.3.	5:49	16:50
18.3.	5:30	16:31
23.3.	5:10	16:13
28.3.	4:51	15:54

Česká astronomická společnost oslávila 100 rokov

Česká astronomická společnost (ČAS) si množstvom akcií počas uplynulého roka pripomínala 100. výročie od svojho založenia. Tento český spolok nadšencov založili 8. 12. 1917 v dnešnej prednáškovj sále prof. Františka Nušla na ČVUT v Prahe. Jedným z jeho cieľov bolo vybudovať ľudovú hviezdáreň v Prahe.

O rok neskôr - po vzniku Československa - sa tento cieľ stal reálnejším, nakoľko jeden zo zakladateľov štátu, generál Milan Rastislav Štefánik, rodák zo slovenských Košarísk, vyštudoval astronómiu. Veľký cieľ členov ČAS sa stal realitou v roku 1928, keď v Prahe na Petříně slávnostne otvorili Štefánikovu hviezdáreň.

Oslavy 100. výročia ČAS preto vyvrcholili v piatok 8. decembra 2017 o 14:00 hod, teda presne 100 rokov od zakladajúcej schôdze tejto spoločnosti. V priestoroch Karolína v Prahe sa od 13:00 začal slávnostný program prednáškou o histórii vzniku ČAS v modrej

posluchárni. O hodinu neskôr zohrali herci v dobovom oblečení udalosti, ktoré sa odohrali pred 100 rokmi počas zakladajúcej schôdze.

Potom sme sa presunuli do majestátnej auly Karolína, kde pokračovali veľkolepé oslavy s bohatým programom; ich súčasťou bolo aj udelenie Nušlovej ceny za rok 2017.

Touto najprestížnejšou českou astronomickou cenou oceňujú osobnosti, ktoré sa svojou celoživotnou vedeckou, odbornou, pedagogickou, popularizačnou alebo organizačnou prácou zaslúžili o rozvoj astronómie a príbuzných vied. Tentoraz si cenu prevzal svetoznámy teoretický fyzik prof. Jiří Bičák z Karlovej Univerzity za vedecký prínos v oblasti kozmológie, teórie relativity a gravitačných vln.

Po oslavách v aule pozval prítomných predseda ČAS prof. Petr Heinzel na slávnostný raut, kde bolo

množstvo významných českých astronómov; využili sme túto príležitosť na neformálne rozhovory a spomienky na časy minulé. Zo Slovenska sa na oslavách na pozvanie ČAS zúčastnili Mgr. Marián Vidovec, generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove, RNDr. Ivan Dorotovič, CSC., vedecký pracovník z oblasti slnečnej fyziky, ktorý v spolupráci s českými kolegami organizuje slnečné semináre, a autor tohto článku. Účasť na týchto oslavách sa stala veľkou inšpiráciou, ale aj výzvou do budúcnosti.

Ladislav Hric



Organizátori osláv 100. výročia založenia ČAS nás vítali aj v dobovom oblečení zo začiatku 20. storočia.



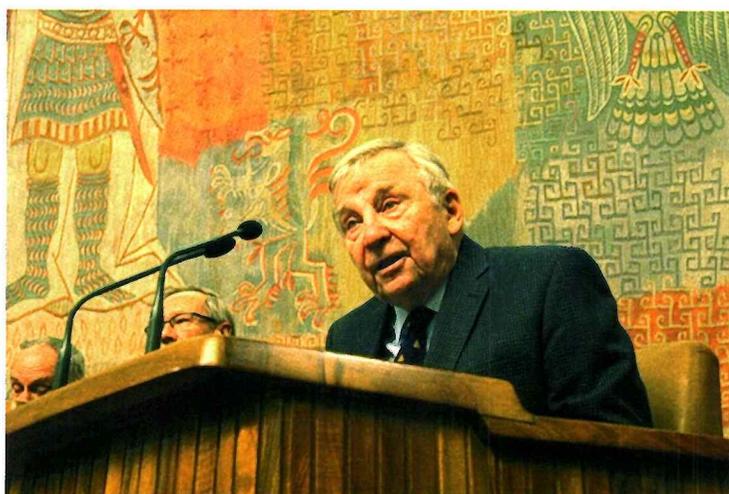
M. Vidovec (vpravo) a I. Dorotovič (uprostred) počas neformálneho rozhovoru s Dr. M. Sobotkom, DSc., vedúcim Slnečného oddelenia Astronomického ústavu AV ČR (vľavo).



Za predsedníckym stolom sa ocitli iba bývalí predsedovia ČAS. Zľava J. Grygar, ktorý je zároveň čestným predsedom, J. Borovička, Š. Kovář, E. Marková, J. Vondrák a súčasný predseda P. Heinzel. Za rečníckym pultom ožil prof. F. Nušl, zakladateľ a dlhoročný predseda ČAS.



Prof. Jiří Bičák si prevzal Nušlovu cenu.



Prof. Jiří Bičák pojal laureátsku prednášku prekvapivo svojsky.

Jednoduché astronomické výpočty

1. diel

Táto séria článkov je určená najmä mladým záujemcom o astronómiu, vedúcim krúžkov, či rodičom, ktorí podporujú mládež vo vzdelávaní v oblasti astronómie. Encyklopedické informácie o astronómii sú ľahko prístupné v knihách a na internete. Astronómia je však prírodná veda a tak jej skutočná podstata tkvie v pozorovaní a vo fyzikálnych výpočtoch. Ako dlhoročný člen poroty a zostavovateľ príkladov na vedomostnú súťaž Čo vieš o hviezdach si uvedomujem, ako je čím ďalej tým náročnejšie pripraviť príklady, lebo učivo z matematiky je na školách stále viac a viac redukované. V čase keď som pred 30 rokmi končil základnú školu, ukončili sme učivo goniometrickými funkciami. Tieto sa teraz preberajú až na gymnáziách. Toto učivo však nie je pre priemerného žiaka ZŠ nevládnutelné. Tento seriál nemožno chápať ako prípravu na súťaže, ale jeho prvoradým cieľom je vysvetliť základné princípy matematiky, fyziky a astronómie a ukázať, že aj s jednoduchým matematickým aparátom si môže záujemca objasniť a vypočítať mnohé, zdanlivo náročné úlohy. Stačí sa zbaviť predstavy, že matematika je nevládnutelná a zbytočná súčasť školy. Práve naopak, je to jeden z najlepších spôsobov ako rozvíjať svoj intelekt!

Prvá vec, ktorú budeme pri výpočtoch používať sú rovnice. Nie je to nič zložité, ak si vždy predstavíte obyčajné miskové váhy.

Ako rovnica vyzerá? Presne ako váhy. Má pravú a ľavú stranu (misku) medzi ktorými je znamienko „=" (rovná sa). Napríklad:

$$4 \cdot (x + 2) - 3 = 9$$

Toto je rovnica, kde x je také číslo (neznáma, alebo číslo ktoré hľadáme), ktoré keď dosadíme namiesto neznámej x bude platiť rovnosť. Teda hodnota na ľavej strane bude rovnaká ako na strane pravej. Vidíme, že v našej rovnici je aj výraz v zátvorke. Niekedy si so zátvorkou vieme jednoducho poradiť, napr. výraz $(3 + 2)$, len nahradíme číslom 5. Ale v našom prípade máme v zátvorke neznámu. Preto musíme zátvorku odstrániť tak, že vynásobíme 4-kou všetko, čo je v zátvorke:

$$4 \cdot x + 4 \cdot 2 - 3 = 29$$

Nesmieme zabudnúť, že násobenie (súčin) a delenie (podiel) majú prednosť pred operáciami sčítanie (súčet) a odčítanie (rozdiel).



Obrázok 1. Na ľavej strane váh máme 4 rovnaké papierové balíčky s jablkami (hmotnosť papiera v tomto prípade zanedbáme) a 5 voľne položených jablák a tie sa hmotnosťou rovnajú 29 jablákam na pravej strane. Počet jablák v balíčku predstavuje našu neznámu x .

Po úprave dostávame:

$$4 \cdot x + 5 = 29$$

tak ako je znázornené na obrázku 1.

Pri písaní neznámej sa znak násobenia často vynecháva teda $4 \cdot x$ píšeme ako $4x$. Matematicky platí $4 \cdot x = 4x$.

Samozrejme by sme mohli skusmo dosadzovať čísla za x , tak ako nám napadnú a riešenie uhádnuť, ale mohlo by nám to trvať veľmi dlho, alebo by sa nám to nemuselo podariť nikdy.

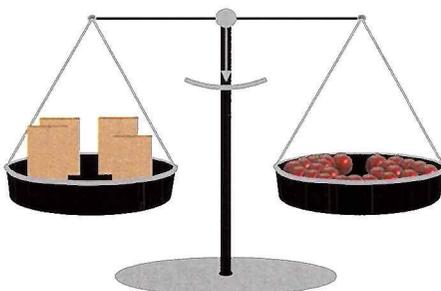
Musíme preto vymyslieť nejaký iný postup. Opäť pomôže predstava s váhami. Ak máte vyvážené váhy, teda na ľavej miske váh je rovnaká hmotnosť ako na pravej, rovnováha sa nijako nezmení ak na obidve misky priložíme, alebo uberieme rovnaké množstvo. Napríklad ak je naľavo 10 kg jablák aj napravo 10 kg jablák rovnováha sa neporuší ak pridáme, alebo uberieme aj napravo aj naľavo po jednom kilogramu jablák. To isté urobíme aj s našou rovnicou. Pôvodná rovnica je

$$4 \cdot x + 5 = 29$$

Zoberieme (odčítame) z obidvoch strán 5 a dostaneme

$$4x + 5 - 5 = 29 - 5,$$

kde po výpočte dostaneme $4x = 24$ (lebo $4x + 5 - 5 = 4x + 0$ a $29 - 5 = 24$).



Obrázok 2. Opäť si to môžeme predstaviť tak, že na ľavej strane váh nám ostali 4 balíčky a na pravej strane presne 24 jablák.

Vidno, že rovnica sa nám už trochu zjednodušila, ale ešte stále nevieme akú hodnotu má číslo x , aby rovnosť platila. Opäť nám pomôže predstava váh. Predstavte si, že na našich váhach máme 10 kg jablák na jednej miske a 10 kg na druhej. Rovnováha sa nezmení, ak na obidvoch miskách znásobíme, alebo vydělíme ich hmotnosť. Napríklad, keď na pravú misku dáme dvojnásobok, teda 20 kg jablák a na ľavú tiež dvojnásobok, teda 20 kg, rovnováha ostane zachovaná (tak ako $10 = 10$ aj $2 \cdot 10 = 2 \cdot 10$ alebo $\frac{10}{2} = \frac{10}{2}$). V matematike sa používajú dva rovnocenné zápisy delenia a to znakom $a : b$ alebo $\frac{a}{b}$, ktoré sa navzájom rovnajú teda

$$a : b = \frac{a}{b}$$

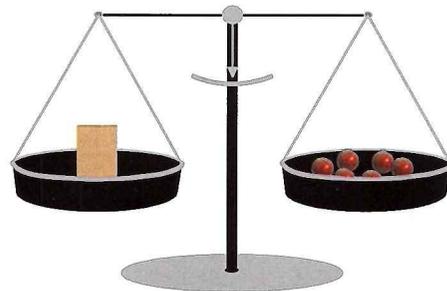
Rovnako sa označuje aj pomer dvoch čísel. Výrazy $a : b$ alebo $\frac{a}{b}$ môžeme preto prečítať aj ako pomer a a b alebo a ku b .

Ak rovnicu $4x = 24$ vydělíme číslom 4 na obidvoch stranách, rovnováha sa nezmení. Teda

$$\frac{4x}{4} = \frac{24}{4}$$

Keď vypočítame obidve strany dostaneme

$\frac{4x}{4} = x$ (lebo $\frac{4}{4} = 1$) a $\frac{24}{4} = 6$ dostaneme $x = 6$. Naše hľadané číslo, riešenie rovnice, je 6.



Obrázok 3. Na našich váhach sme nechali 1 balíček na ľavej strane a 6 jablák na strane pravej.

Skúšku správnosti urobíme tak, že do pôvodnej rovnice dosadíme namiesto x číslo 6.

Ľavá strana rovnice:

$$4 \cdot (6 + 2) - 3 = 32 - 3 = 29$$

Pravá strana rovnice je 29. Ľavá strana sa rovná pravej, lebo $29 = 29$ a to znamená, že hľadané číslo x je naozaj 6. Úpravy ktoré sme vykonávali nazývame ekvivalentné, lebo neporušujú rovnováhu medzi pravou a ľavou stranou rovnice.

V matematike a fyzike často potrebujeme napísať niekoľkonásobný súčin toho istého čísla napríklad $3 \cdot 3$, $10 \cdot 10 \cdot 10$, alebo $x \cdot x \cdot x$.

Aby sme nemuseli takéto výrazy stále zložito písať, zaviedlo sa označenie a^b (číta sa a na b), kde a , b sú buď čísla alebo neznáme. Takýto zápis nazývame mocniny. Číslo a nazývame základ, b exponent, alebo mocniteľ.

Napríklad

$$3^2 = 3 \cdot 3 = 9$$

alebo

$$10^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$$

Exponent udáva koľkokrát musíme základ napísať do násobenia. Hovoríme umocniť ho. Napríklad 10^3 čítame desať na tretiu, tretia mocnina čísla desať, alebo desať umocnené na tretiu. Tak ako opakom násobenia je delenie, tak opakom umocňovania je odmocňovanie. Znak odmocniny je $\sqrt{\quad}$. Presne povedané znak odmocniny je $\sqrt[n]{\quad}$. Čítame to ako n -ta odmocnina z čísla a . Napríklad $\sqrt[3]{9} = 3$ (druhá odmocnina z deväť), alebo $\sqrt[3]{1000} = 10$.

$3 \cdot 3 = 9$ (druhá mocnina troch je deväť) a odmocnina je opak umocňovania, teda druhá odmocnina z 9 je 3. Zvyčajne sa pri druhej odmocniny číslo 2 vynecháva a píše sa len symbol $\sqrt{\quad}$, teda $\sqrt{9}$, číta sa to ale druhá odmocnina z 9 = 3.

$\sqrt[3]{1000}$ sa číta tretia odmocnina z 1000 sa rovná 10, lebo tretia mocnina 10 je 1000.

Týmto máme zadanú veľkú časť toho čo budeme v ďalšom výklade potrebovať.

V budúcom čísle sa budeme zaoberať Keplerovými zákonmi. Sú to astronomické zákony, ktoré sformuloval začiatkom XVII. storočia Johannes Kepler na základe svojich a Braheho pozorovaní pohybov planét po oblohe.

Peter Dolinský, SÚH Hurbanovo

