



Číslo 5

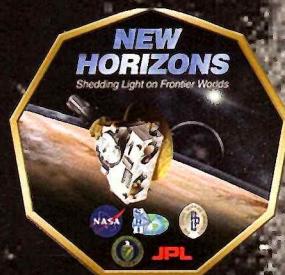
október – november 2015

Ročník 46

Cena 1,80 €

# KOSMOS

## Neznáme Pluto



Ako sa  
protón zmenšíl  
Teória relativity  
pod palbou

Nová etapa  
urýchľovača LHC

Kam by Ikaros  
nedoletel



Snímky sondy New Horizons odhalujú obrovské prekvapenie: trpasličia planéta Pluto je posiate množstvom mladých hôr, ktoré sa týcia až 3 500 metrov nad povrchom ľadového telesa. Hory sa pravdepodobne vytvorili ani nie pred viac ako 100 miliónmi rokov, čo je v porovnaní s vekom Slnkej sústavy (vznikla pred 4,56 miliardami rokov) až zaraďajúce. Pritom „horstvo Pluto môže byť stále v procese budovania,“ hovorí vedúci tímu geológie a geofyziky Jeff Moore z NASA Ames Research Center v Moffett Field v Kalifornii. To znamená, že táto oblasť, ktorá pokrýva menej ako jedno percento povrchu Pluto, môže byť stále geologicky aktívna.

## Fyzika

### Ako sa protón zmenšíl

Bild der Wissenschaft 2014/8 s. 14 – 17

### Nová etapa urychlovače LHC v cestě za fyzikou z počátku vesmíru (1)

Vladimír Wagner s. 19 – 22

## Aerológia

### Kam by Ikaros nedoletel

Prvý diel zo série článkov o aerológiu  
Miroslav Chmelík, Pavel Žárský s. 25 – 29

## Kozmológia

### Teória relativity pod palbou

Bild der Wissenschaft 2014/11 s. 34 – 36

## Jubileum

### Významné životné jubileá

Peter Poliák s. 47

## KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis

Odborní posudzovatelia tohto čísla: RNDr. Ivan Dorotovič CSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD.

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

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

## Slnecná sústava

### New Horizons/Pluto – ľadový trpaslík vydáva svoje tajomstvá

Ján Svoreň

s. 3 – 7

### 50 rokov výskumu Marsu

s. 31 – 33

## Biológia

Chemické záhrady, rodisko života? s. 30

## Stelárna astronómia...

Záhadna minisuprenovu s. 8

Galaxie umierajú zvnútra navonok s. 8

Silné magnetické pole pri supermasívnej  
čiernej diebre s. 9

Chandra objavila mimoriadne pažravé  
čierne diery s. 9

Zložité organické molekuly... s. 10

Objavili stratenú novu s. 10 – 11

Neznáma stránka hviezdomokop s. 11

Záhadný oblak krúži okolo čiernej  
diery... s. 11

HST: záhadu okolo UGC 8201 s. 12

Zvláštny magnetar pri jadre  
Mliečnej cesty s. 12

## Rozhovor

### Čo sú pentakvarky?

Rozhovor s profesorom fyziky  
na Fyzikálnom ústave  
Univerzity v Heidelbergu,  
Ulrichom Uwerom  
Podľa Die Zeit

s. 18

## Podujatia a Album pozorovateľa

Konjunktia Venuše s Jupiterom  
Ján Tóth

s. 37

Ebicykel 2015  
Katarína Žilinská-Cseré

s. 38

### Slovensko predbehlo všetky európske krajiny!

Medzinárodná olympiáda  
z astronómie a astrofyziky  
v Indonézii  
Ladislav Hric, Mária Hricová-Bartolomejová s. 39 – 41

LAP 2015

Zdeněk Komárek

s. 47

Expedícia Perzeidy 2015 opäť vo Vrchteplej  
Marián Mičúch

s. 47 a 48

## Sci-fi poviedka

### Ani o deň viac

Barbora Vinczeová

s. 46

## Astronomická ročenka 2016

Zostavil: RNDr. Eduard Pittich, DrSc.

Publikácia je najnovším titulom Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove. Obsahuje základné časové a polohové údaje nebeských objektov na oblohe od januára do decembra 2016. Sú v nej aktuálne informácie o pohyboch Slnka, Mesiaca a planét na oblohe, meteorických rojoch, kométoch, planétkach a trpasličích planétach, Galileiho mesiacikoch, zatmeniach Slnka a Mesiaca a pod. Obsahuje aj mnohé poučné články: Premenné hviezdy: Resonancie, Prechod Merkúra cez disk Slnka, Zákryty hviezdičiek a planét Mesiacom, Pozorovanie zemskej atmosféry pomocou meteorologickej družic NOAA, Astronomické a fyzikálne údaje a Časové signály. Je užitočnou pomôckou pre všetkých záujemcov o pozorovanie hviezdnej oblohy.

Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese:

Slovenská ústredná hvezdáreň,

Komářňanská 134,

947 01 Hurbanovo

(tel. 035/2451102, 035/2451108,

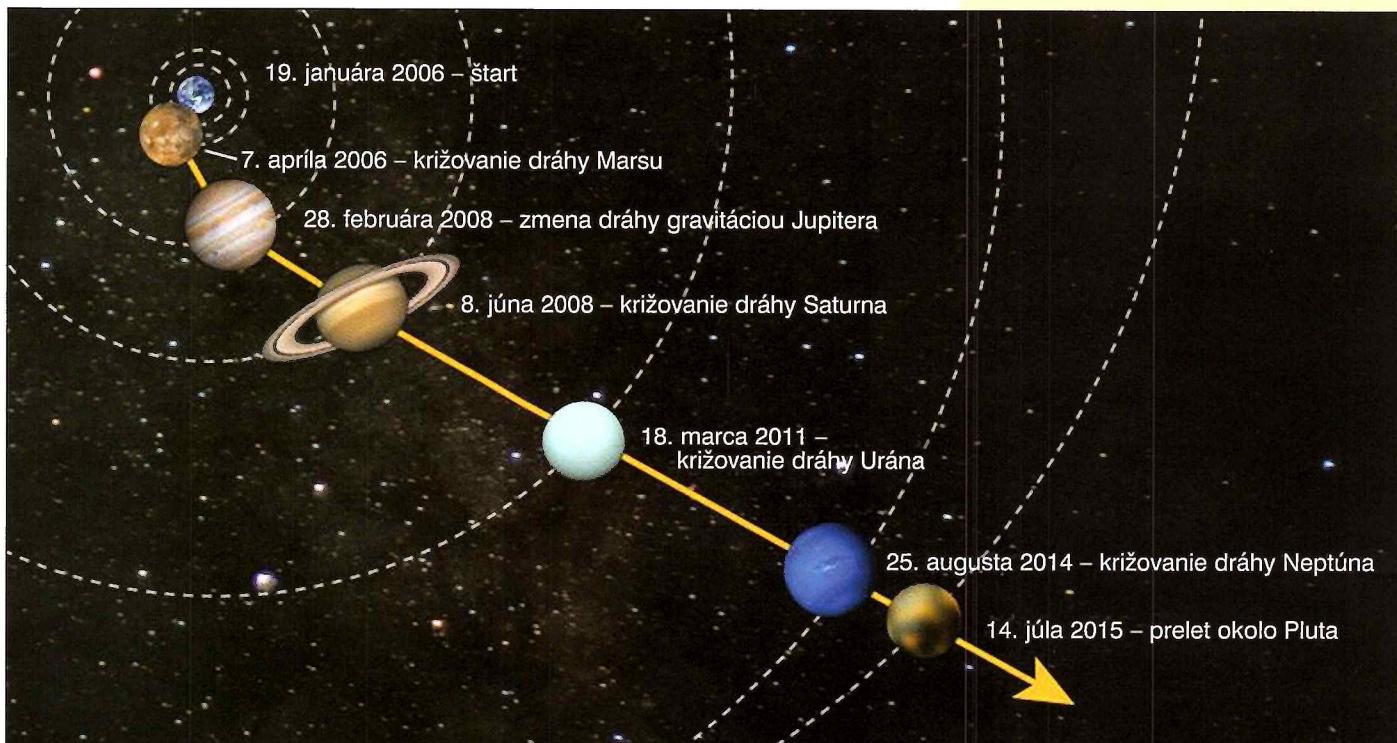
fax: 035/7602487,

e-mail: suhlib@suh.sk) alebo priamo zakúpiť

vo hvezdárňach a planetáriach na Slovensku.

# New Horizons/Pluto

## – ľadový trpaslík vydáva svoje tajomstvá



V predchádzajúcim čísle Kozmosu sme predstavili zobrazovacie zariadenie LORRI na sonda New Horizons. Dnes aj vďaka nemu vás môžeme oboznámiť so zbrusu novým pohľadom na Pluto – na záhadný malý svet na rozhraní planét a ľadových objektov Edgeworthovo-Kuiperovho pásu. Napriek obrovskej vzdialenosťi od Zeme, z ktorej svetlo a informácia letia takmer 4 a pol hodiny, po prelete okolo Pluto 14. júla 2015 vieme o ňom a jeho systéme oveľa viac, než kedykoľvek predtým.

### Prelet okolo Pluto

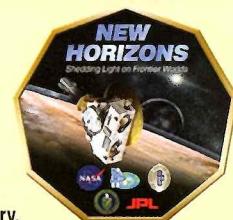
V čase písania článku máme na Zemi približne 14 % získaných údajov. V posledných dvoch týždňoch prenášala sonda predovšetkým technické údaje o stave jednotlivých systémov, potrebných na jej prípravu pre ďalšiu misiu k vybranému objektu Edgeworthovo-Kuiperovho pásu. Až neskôr budú prenášané merania zo spektroskopov a detektorov prachu, ako aj ďalšie snímky zo zariadenia LORRI. Čitateľ sa možno spýta, prečo tak vzácne údaje neprenášame hned. Dôvody na to sú dva. Prvý je geometrický, keďže inde smerujú zobrazovacie kamery a inde vysielacia anténa, a druhý energetický, lebo sonda nemala dosť energie na súčasné získavanie vedeckých pozorovaní a prenášanie dát na Zem. Zo zaslaných technických údajov vieme, že sonda je po blízkom prelete vo výbornej kondícii, pripravená na plnenie ďalších úloh. Výborné je tiež, že boli získané všetky plánované údaje. Od 15. júla sa začal prenos dát z blízkeho preleta, a pri maximálnej rýchlosťi sťahovania – 4 kilobity za sekundu – to bude trvať až do novembra 2016.

Sonda preletela okolo Pluto a cez sústavu jeho mesiacov 14. júla 2015 v minimálnej vzdialnosti 12 500 km rýchlosťou 49 600 km/hod. Sonda New Horizons po takmer 22 hodinách mŕčania, počas ktorého boli všetky prístroje plne sústredené na pozorovanie blízkeho Pluto, sa prihlásila riadiacemu stredisku. Na základe zaslaných telemetrických údajov bolo jasné, že prelet sa podaril, sonda je v poriadku a získala všetko, čo sme od nej očakávali.

### Rodisko Pluto

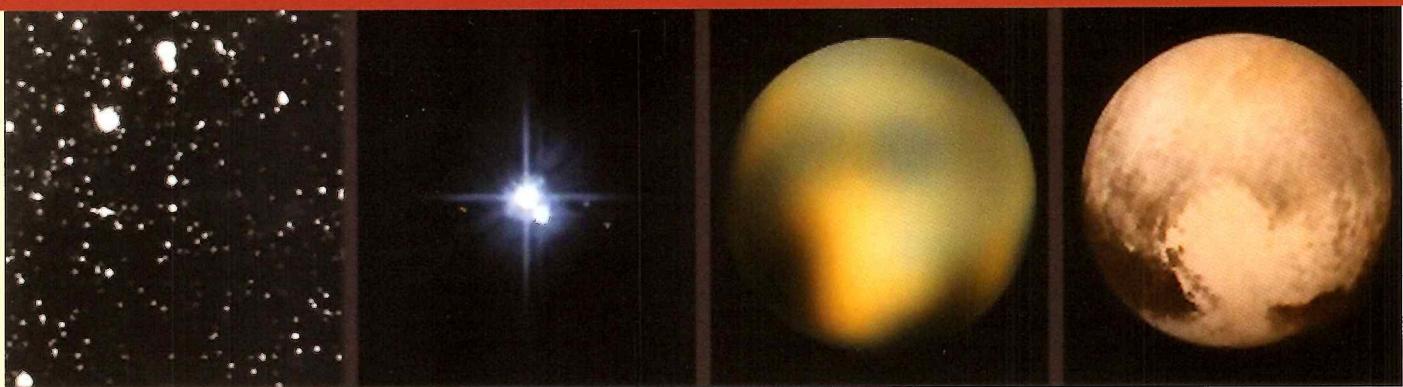
V meste Flagstaff v Arizone má príbeh Pluto nádherných horúčky. Ak sa zastavíte v centre mesta v miestnej kaviarni, môžete si objednať Pluto Mocha, kúsok odtiaľ Pluto Rolls. Butik za rohom predáva ručne vyrábané ozdoby s motívmi Pluto – nová séria je plánovaná po zverejnení snímok z New Horizons. Kdeko by sa chcel priežiť na úspechu technikov a astronómov, ale Flagstaff je miesto, ktoré má na to nárok. Tu sa vlastne začal príbeh Pluto. V blízkosti centra mesta, na kopci porastenom borovicami, sídli Lowell Observato-

Obr. 1. Cesta New Horizons Slnčnou sústavou.

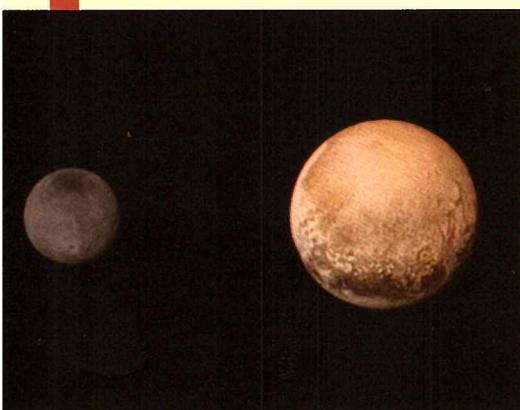


Obr. 2. Lowell Observatory.





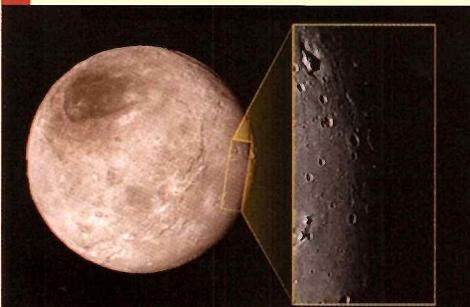
Obr. 3. Vývoj nášho pohľadu na Pluto v čase. Prvá je objavová fotografia z roku 1930, ďalší záber je z Hubbleho vesmírneho dalekohľadu (HST) pri prvom rozlišení Pluta a Cháronu. Na treťom obrázku je najlepší záber získaný HST a posledný obrázok je z 13. júla zo sondy New Horizons.



Obr. 4. Pluto a Cháron na neupravených obrázkoch z kamery LORRI z 13. júla 2015.



Obr. 5. Farebný obrázok mesiaca Nix a čiernobiele záber mesiaca Hydra zo 14. júla. Vzdialenosť od Nixu bola 165 000 km a rozlišenie 3 km na pixel. Hydra bola 231 000 km daleko a rozlišenie je 1,2 km na pixel.



Obr. 6. Cháron nasnímaný pomocou prístroja LORRI zo vzdialenosť 466 000 km, vpravo detail s väčšou stranou obdĺžnika je dlhý 390 km. Zaujímavá je vyvýšenina v prieľbine v ľavom hornom rohu.

ry, kde Clyde Tombaugh objavil Pluto v roku 1930. O sedem kilometrov ďalej sa nachádza Naval Observatory Flagstaff Station, kde v roku 1978 astronóm James Christy objavil Plutov najväčší mesiac Cháron. Pozrime sa teda ako sa vyvíjal náš pohľad na Pluto medzi rokmi 1930 a 2015.

### Nové rozmery – ved’ dnes už nič nie je také, ako bývalo

Pred príletom sondy New Horizons k Plutu sme o ňom veľa nevedeli. To, čo sme si mysleli, že vieme spoľahlivo, bol jeho priemer. Ako však hovorí Werich: „Nikdo, nikdy, nic nemá mít za definitívnu.“ A tak aj bolo – Pluto je väčšie ako sme si roky mysleli.

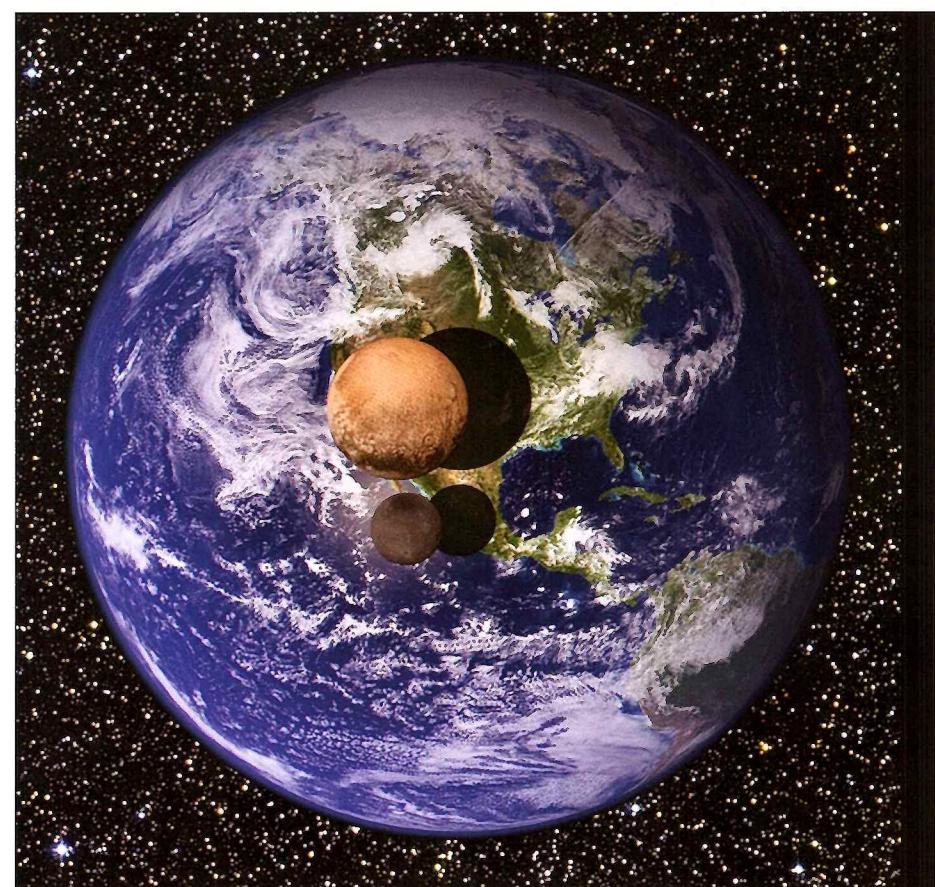
Najnovšie pozorovanie sondy New Horizons ukázalo, že jeho priemer je 2 370 km s neistotou 20 km, čo z neho robí najväčšie ľadové teleso v Edgeworthovom-Kuiperovom páse (doteraz teleso Eris s priemerom 2 326 km). Pre porovnanie, pred preletom sme hovorili o priemere Pluto 2 301 km. Zo zisteného väčšieho priemera vyplýva menšia hustota Pluto a tiež menšia hrúb-

ka jeho atmosféry. Zistené zväčšenie priemera nemá žiadny vplyv na klasifikáciu telies v Slniečnej sústave, je to však ďalší bezvýznamný bod pre chronických kritikov degradácie Pluta ako planéty.

Čo sa týka Cháronu, vďaka zákrytom s Plutom poznáme jeho polomer celkom presne –  $602,4 \pm 1,6$  km. Sonda okrem snímania Pluta získala aj bezkonkurenčne najlepšie zábery jeho satelitov.

### Atmosféra Pluta – trpaslík s chvostom

Sonda New Horizons zistila, že napriek obrovskej vzdialnosti od Slnka je atmosféra Pluta veľmi rozsiahla. Objavila oblasť studeného hustého ionizovaného plynu, ktorý sa rozpína vo vzdialosti 77 000 – 109 000 kilometrov za Plutom. Údaje odmeral prístroj SWAP a ionizované časticie odmeral prístroj PEPSSI. Takýto plazmový chvost ionizovaného plynu pripomína chvosty Venuše a Marsu. Samotná atmosféra siaha až 1600 kilometrov nad povrch trpasličej planéty.



Obr. 7. Porovnanie veľkosti Zeme, Pluta a Cháronu.

Hrubku atmosféry Pluta odmerali pomocou prechodu rádiových signálov v čase, keď pri pohľade zo Zeme sonda zachádzala za okraj Pluta alebo sa spoza neho vynárala. Tlak na povrchu Pluta je menší ako 10 mikrobarov. Pri meranach v roku 2013 na základe zákrytov hviezd Pluto tom bola získaná približne dvojnásobná hodnota. Môžeme to vysvetliť tým, že atmosféra Pluta postupne zamíra so vzdalovaním Pluta od Slnka, proces je však neočakávane rýchly.

Sonda New Horizons vyfotografovala Pluto aj z odvrátenej strany – smerom k Slnku. Atmosféru tvorí hlavne dusík, ale aj metán. Pôsobením UV žiarenia Slnka vzniká etylén a acetylén a v ďalekej fáze aj zložitejšie uhľovodíky, tzv. tholini, ktoré klesajú na povrch Pluto a zafarbijú ho na červeno.

## Čo dopĺňa dusík na Plute?

Už 5 dní pred najväčším priblížením sa podarilo detegovať ionizovaný dusík unikajúci z atmosféry Pluta. Môže to znamenať, že úniková rýchlosť častic atmosféry je oproti očakávaniu vyššia.

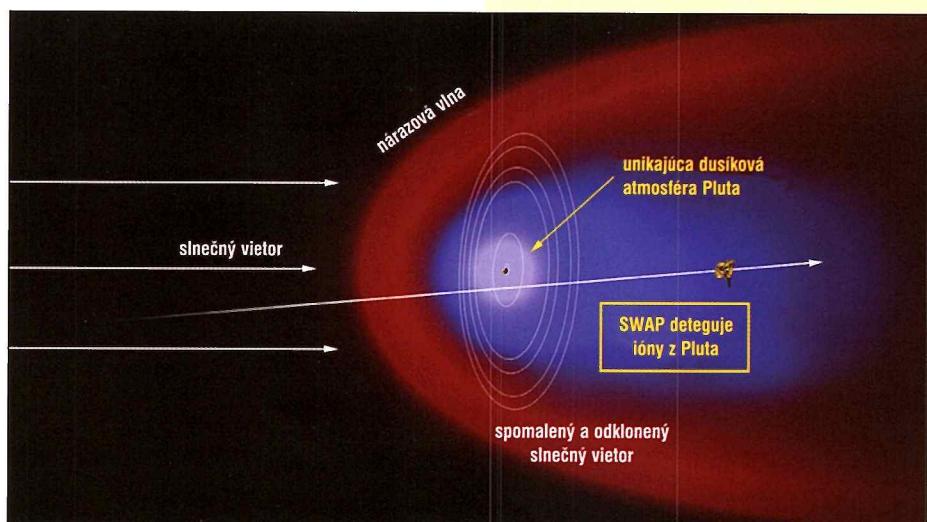
Na základe dát získaných sondou New Horizons vieme, že atmosféra Pluta je podobná zemskej v tom, že je zložená prevažne z dusíka. Rozdiel je však v obsahu. Dusík na Plute predstavuje až 98 % objemu atmosféry, zatiaľ čo v zemskej atmosfére je dusíka len 78 %. Atmosféra Pluta je tiež podstatne tenšia ako atmosféra Zeme, preto spôsobuje na povrchu Pluta 10 000-krát nižší tlak, než je pri morskej hladine na Zemi.

Dusík sa nachádza v atmosfére Pluta vo forme dvojatomovej molekuly  $N_2$  a uniká do kozmickej priestoru v množstve stoviek ton za hodinu. Inú formu dusíka vidno na obrázkoch sondy New Horizons s vysokým rozlíšením – vyzerá ako tečúci ľad na povrchu Pluto. Vieme, že vodný ľad, ktorý poznáme na Zemi, by bol celkom tuhý a pevný pri teplote povrchu Pluto, ale ľad vytvorený z  $N_2$  je schopný prúdiť ako ľadovec. Otázka znie: Odkiaľ pochádzajú všetky tieto formy dusíka?

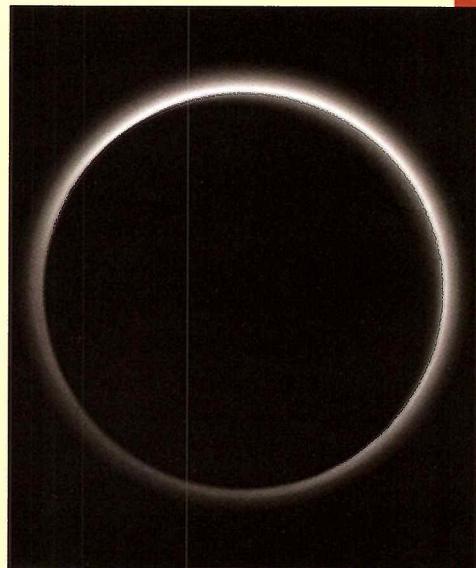
Jednou z možností je, že dopadajúce komety dodávajú potrebný materiál. Existujú v zásade dva spôsoby, ako môžu komety dodať dusík na povrch a do atmosféry Pluta a doplniť tak zásoby unikajúceho dusíka:

1. Komety by mohli priamo dodávať dostatok dusíka na povrch Pluto a do jeho atmosféry.
2. Alebo by mohli tieto komety vyhlbiť impaktné krátery a presunúť na povrch dosť  $N_2$  ľadu z podpovrchovej vrstvy. Rýchlo sa však dáypočítať, že žiadny z týchto procesov nie je dostatočne efektívny na dodanie potrebného množstva dusíka.

Oveľa pravdepodobnejšie je, že hľadaným procesom je teplo a geologická aktivita vo vnútri Pluto samotného. V súčasnej dobe máme k dispozícii len nepatrný zlomok údajov získaných počas preleta New Horizons, ale skutočnosť, že sme zaznamenali mlado vyzerajúce oblasti, hovorí o relatívne nedávnej geologickej aktivite. Môžeme odôvodnenie predpokladať, že viac dát poskytnutých sondou New Horizons v nadchádzajúcich mesiacoch spresní naše odhady atmosférického úniku dusíka a poskytne aj viac obrázkov povrchu Pluto, ktoré umožnia modelovať typ a načasovanie geologickej aktivity.

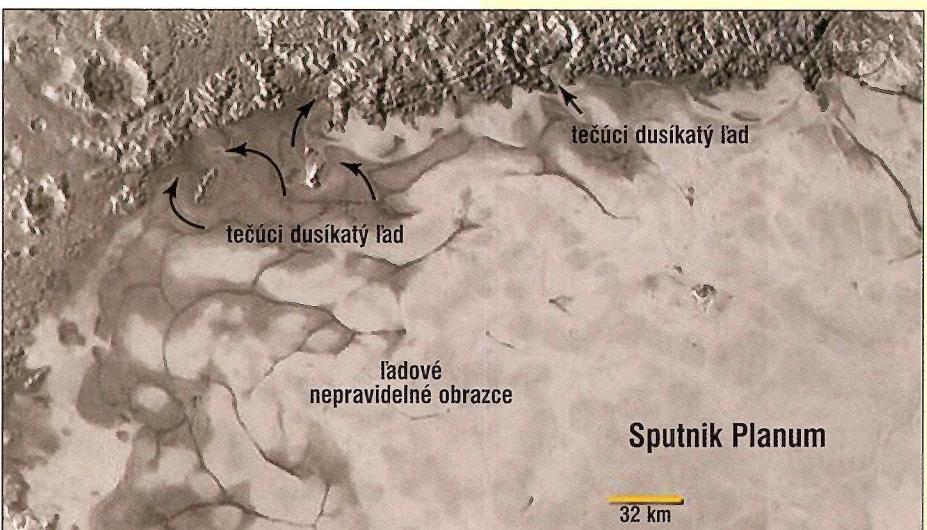


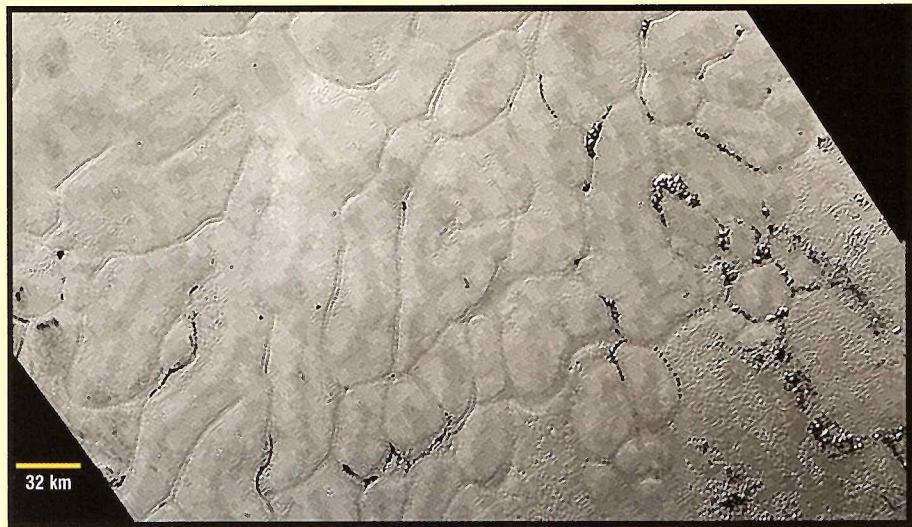
Obr. 8. Umelecká predstava slnečného vetra, ktorý odvievá atmosféru Pluta. Tá sa skladá najmä z dusíka.



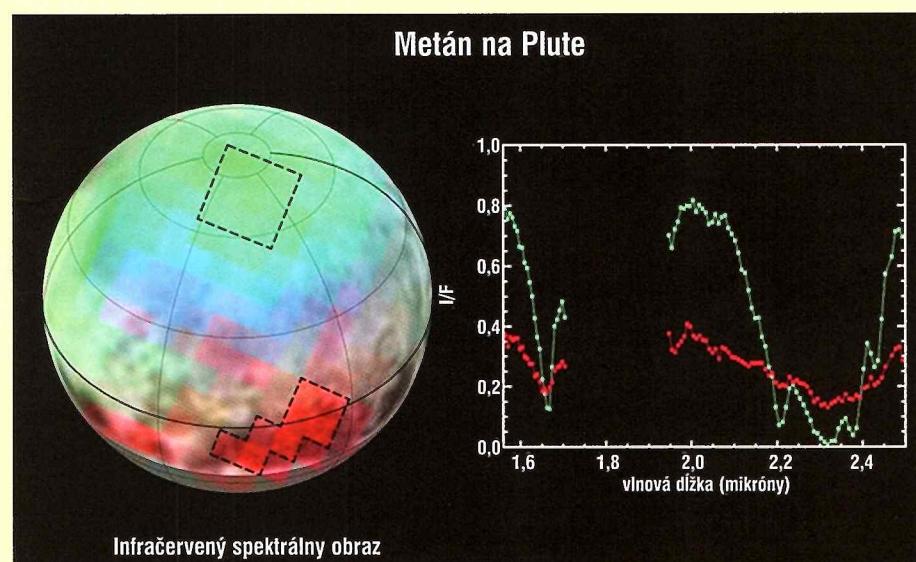
Obr. 9. Pluto na snímke sondy New Horizons po blízkom prelete. Fotené z odvrátenej strany smerom ku Slnku zo vzdialenosť 2 milióny km. Okolo disku Pluto vidime prežiarenu atmosféru Pluta.

Obr. 10. Tečúci ľad tvorený zamrznutým dusíkom na povrchu Pluto.

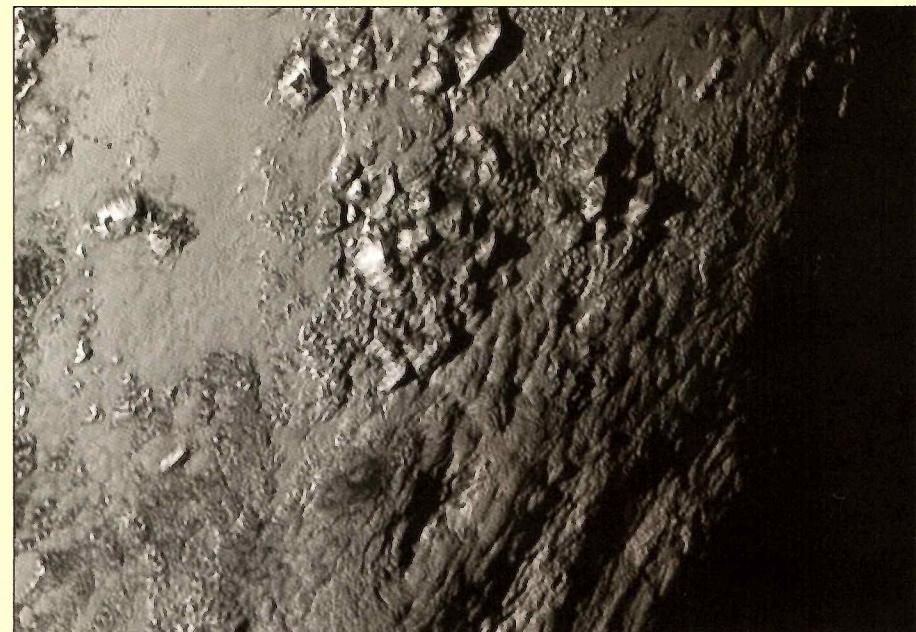




Obr. 11. Detail oblasti Sputnik planum s ľadovými, nepravidelné tvarovanými obrazcami. Pravdepodobne vznikajú konvekciou (pomalými stúpajúcimi a klesajúcimi prúdmi) ľadu dusíka. Rozdiel výšok medzi stredmi útvarov a tmavými ryhami je niekoľko desiatok metrov.



Obr. 12. Obrázok polárnej oblasti Pluta v infračervenom spektri.



Obr. 13. Na Plute sa nachádzajú viac ako 3 500 metrov vysoké hory.

## Pluto má vysoké pohorie – a nie jedno

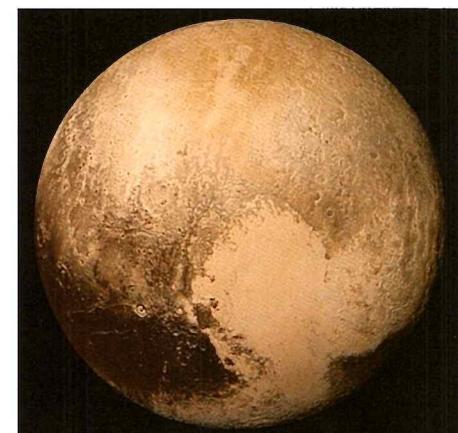
Po plnom uvedení do činnosti 4. júla 2015 New Horizons posielala vedcom rebusy v podobe kráterov, útesov a priepastí na zladovatenom trpasliku a jeho najväčšom mesiaci.

Skúmané hory sa začali tvoriť iba pred 100 miliónmi rokov, a môžu ešte stále rásť. Naznačuje to, že povrch Pluta je geologicky aktívny, čo by vysvetlovalo aj neprítomnosť kráterov v tejto oblasti. Hory pravdepodobne vznikli vrásnením podpovrchosých ľadov. Príčinou podobných procesov napr. na galileovských mesiacoch Jupitera je pôsobenie blízkej hmotnej planéty. Pluto však nič také nablízku nemá, a útvary musia mať iný pôvod. Navyše New Horizons vzápäť objavila ďalšie horské pásma, čo bude vyžadovať dobre postavenú hypotézu poukazujúcu na zákonitý vznik týchto povrchových útvarov.

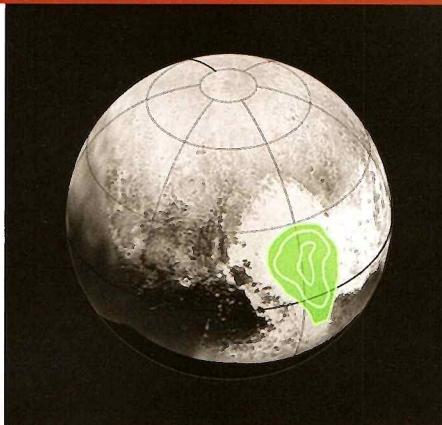
Ani na najväčšom mesiaci Pluta, Chárone, nevidno veľa kráterov. Na snímke z výšky 466-tisíc kilometrov (obr. 6), ktorá v sebe obsahuje aj farebné informácie zo zariadenia Ralph, sa však dajú pozorovať iné geologické prvky. Cháron má približne tisíckilometrovú zónu útesov a žlabov a približne 10 kilometrov hluboký kaňon. Aj jeho povrch je mladý a pravdepodobne stále geologicky aktívny. Podľa geológov zúčastnených na projekte ide o jeden z najmladších povrchov, aký sme kedy videli v Slniečnej sústave.



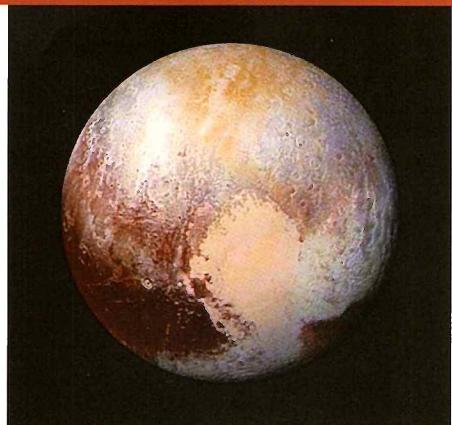
Obr. 14. Druhé horské pásma na povrchu Pluta.



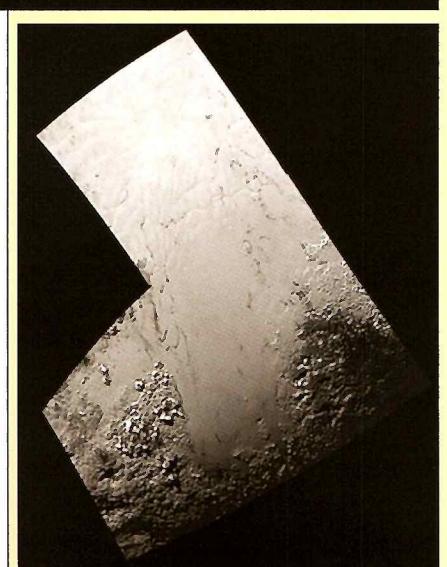
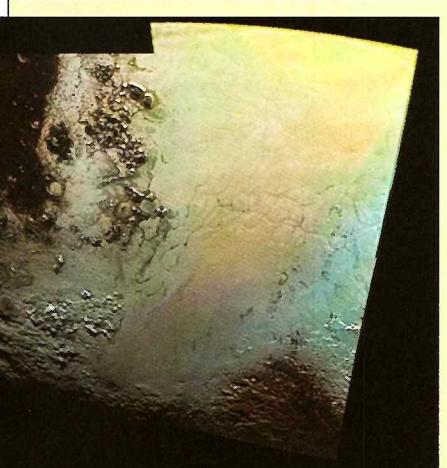
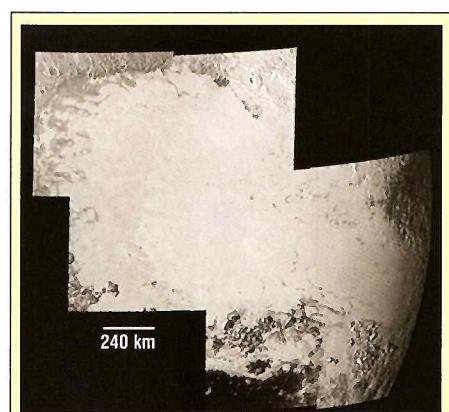
Obr. 15. Na povrchu Plute sa nachádza útvar pripomínajúci srdce. Odfotografované prístrojom LORRI. Na znak vďaka dostal tento útvar meno po objaviteľovi Pluta – oblasť Tombaugh (Tombaugh Regio).



Obr. 16. Zmrznutý oxid uholnatý v oblasti Tombaugh Regio.



Obr. 17. Pluto vo falošných farbách.



Obr. 18 a, b, c Detailné zábery oblasti Tombaugh Regio.

Sonda New Horizons objavila prítomnosť oxidu uhoľnatého v tuhom stave v regióne, ktorý vedci z NASA pomenovali Tombaugh. Údaje naznačujú, že koncentrácia CO rastie smerom dovnútra tejto oblasti.

Vedci použili vylepšené farebné obrázky na zistenie rozdielov v zložení a štruktúre povrchu Pluta. Štyri obrázky zo zariadenia LORRI (*podklady k obr. 17*) v kombinácii s dátami z prístroja Ralph, umožňujú globálny pohľad, pričom umelé farby zdôrazňujú odlišné chemické zloženie. Na snímkach zhotovených zo vzdialenosťi 450 000 kilometrov môžeme rozlíšiť útvary veľké 2,2 km. Pri pohľade na obrázok č. 17 je nápadné, že chemické zloženie povrchu je do značnej miery spojené s geologickými útvarmi.

Obrázok č. 17 tiež naznačuje podstatu vzniku oblasti Tombaugh. Najsvetlejšia časť vyzerá ako mohutný príkrov ľadu, ktorého sublimáciou a následnou kondenzáciou na povrchu vznikajú dva pozorované svetlé laloky.

Dalšie obrázky (18 a,b,c) ukazujú detaily na povrchu Pluta z dosiaľ dostupných snímkov, zložené do mozaiky. Stredný obrázok má výrazne zvýšenú farebnosť pre lepšie rozlíšenie rôznych štruktúr.

### Nový ciel sondy New Horizons – kde jeden (projekt) končí, druhý začína

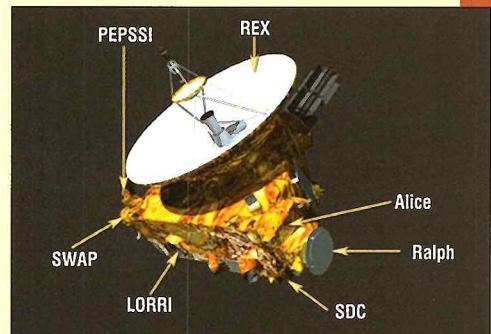
Misia sondy New Horizons sa preletom okolo Pluta, samozrejme, nekončí. Sonda pokračuje ďalej, smerom do Edgeworthovho-Kuiperovho pásu, kde bude v rokoch 2019 – 2020 skúmať objekt s názvom 2014 MU69. K cielu sa má priblížiť v januári 2019. Teleso 2014 MU69 bolo označené za potenciálny ciel, hoci je menšie a tmavšie ako niektorá z ďalších štyroch možností. Je však najjednoduchšie dostupné a vedci chceli vybrať objekt tak, aby New Horizons k nemu doletela ešte s dostatočnou zásobou energie.

Zmenu kurzu sonda urobí už počas jesene 2015 štyrmi cielenými manévrmi. Neskôr, keď budú všetky napozorované údaje z blízkeho preletu okolo Pluta odoslané na Zem, bude sonda opäť uspatá. Usporí sa nielen energia, ale aj ľudia na obsluhu misie. Pokial ide o zvyšné palivo potrebné na zmenu dráhy k novému cieľu, New Horizons má ešte 33 kg hydrazínu. Na zmenu rýchlosťi o 100 m/s potrebuje približne 20 až 25 kg. Paliva by teda malo byť na potrebný manéver dosť.

**Doc. RNDr. JÁN SVOREŇ, DrSc.**  
Astronomický ústav SAV

### Prístrojové vybavenie

Prístroje na sonda sú, samozrejme, zvoľnené tak, aby umožnili splnenie vedeckých cieľov misie. Najprv si NASA urobila zo znam otázok, ktoré chceli vedieť o Plute. Napr.: Aká je jeho atmosféra a aké procesy tam prebiehajú? Ako vyzerá povrch Pluta? Existujú veľké geologické štruktúry? Ako časticie vyvrhnuté zo Slnka (známe ako slnečný vietor) interagujú s atmosférou Pluta?



Umiestnenie prístrojov na sonda New Horizons.

Sonda New Horizons je vybavená prístrojmi, ktoré umožňujú nielen priamo meria vybrané charakteristiky, ale tiež poskytuju zálohu na ďalšie prístroje na kozmickej lodi v prípade ich zlyhania počas misie.

Užitočné zaťaženie sondy sa skladá zo 7 prístrojov:

**Ralph:** Spektrometer pre viditeľnú a infračervenú oblasť poskytuje údaje o farbe, zložení a teplote.

**Alice:** Ultrafialový spektrometer analyzuje zloženie a štruktúru atmosféry Pluta a hľadá atmosféry okolo Chárona a objektov Edgeworthovho-Kuiperovho pásu.

**REX:** Experiment v oblasti rádiových vln meria zloženie atmosféry a teplotu; slúži ako pasívny rádiometer.

**LORRI:** Teleskopická kamera, ktorú sme podrobne popísali v predchádzajúcim čísle časopisu Kozmos. Získava údaje na veľké vzdialenosť, mapuje povrch Pluta a poskytuje geologické údaje s vysokým rozlíšením.

**SWAP:** Spektrometer na meranie slnečného vetra a plazmy; meria únik častic z atmosféry a pozoruje interakciu Pluta so slnečným vetrom.

**PEPSSI:** Spektrometer na meranie energetických častic, meria zloženie a hustotu plazmy (iónov) unikajúcich z atmosféry Pluta.

**SDC:** Zariadenie vyvinuli a prevádzkujú ho študenti. Meria časticie prachu dopadajúce na New Horizons počas jej letu celou Slnečnou sústavou.

Obrázky prevzaté z materiálov NASA,  
Johns Hopkins University  
a Southwest Research Institute



Najnovšia snímka GK Persei integruje röntgenové údaje z vesmírneho dalekohľadu Chandra (modrá), optické údaje z HST (žltá) a rádiové údaje VLT (ružová). Modré údaje prezentujú horúci plyn, rádiové údaje zviditeľňujú emisie elektrónov urýchlených nárazovou vlnou na vysoké rýchlosť. Optické údaje vymedzujú materiál rozmetaný explóziou. Povaha bodového zdroja vľavo dole je neznáma.

## Záhadu minisupernovy

Gigantické explózie niektorých hviezd na sklonku ich života sú predmetom jednej z čoraz početnejších disciplín stelárnej astronómie. Nakolko nejde o každodenné úkazy, študujú vedci aj pozostatky po týchto viac alebo menej dávnych výbuchoch. V tomto prípade bol celom objekt GK Persei, rozpínajúci sa oblak hmoty, na mieste, kde sa v roku 1901 objavila na niekolko dní jedna z najjasnejších hviezd. Po niekolkých dňoch sa jej jasnosť začala postupne zoslabovať. Vedci považujú GK Persei za „klasickú novu“. Hviezdu, ktorej výbuch vygeneroval termojadrová explózia na povrchu bieleho trpaslika. (Biely trpaslík je hustý pozostatok po hviezde podobnej Slnku.)

Nova dozrie pre výbuch vtedy, keď silná gravitácia bieleho trpasliaka (zložky dvojhviezdy) nabali zo susednej hviezdy kritické množstvo hmoty, najmä plynného vodiaka. Vtedy sa na jeho povrchu spustia jadrové reakcie. Reakcie silnejšie spravidla až dovedy, kym nevyvrcholia výbuchom vodíkovej bomby. Pravdaže, bomby v kozmických rozmeroch. Výbuch rozmetá a do okolia rozptýli vonkajšie obálky bieleho trpasliaka. Na oblohe vzplnie nová, ktorá pohasí celé mesiace, až roky.

Klasické novy považujú podaktori vedci za miniatúrne verzie supernov. Supernovy signalizujú destrukciu hviezd. Istý čas môžu žiariť jasnejšie ako hostitelská galaxia. Supernovy sú klúčovým hýbatelom kozmickej ekológie, pretože pumpujú do medzhviezdneho plynu obrovské množstvá energie a rozptýlujú v ňom prvky ako železo, vápnik a kyslík. Bez tohto obohatenia by sa nesformovali hviezdy vyspelejších generácií s planetárnymi sústavami. A už vobec nikajé terestrické planéty.

Zvyšky po supernovách sú oveľa hmotnejšie a energetickejšie ako klasické novy. Základná fyzika oboch objektov je však do istej miery rovnaká. Obe vygenerujú nárazovú vlnu, ktorá putuje nadzvukovou rýchlosťou cez okolity plyn.

Slabšie energie a nižšie hmotnosti klasických nov spôsobujú, že zvyšky po nich sa vyvíjajú rýchlejšie. Táto skutočnosť plus ich častejší výskyt oproti supernovám ponúka novy ako vďačné objekty pre štúdium kozmických výbuchov.

Vesmírny röntgenový dalekohľad Chandra pozoroval po prvý raz GK Persei v roku 2000. Druhý raz o trinásť rokov neskôr. Pri takomto odstupe možno zaznamenať dôležité rozdiely v intenzite röntgenových emisií a ich vlastnosti.

Rýchlosť novou vyvrhnutého materiálu je 1,2 milióna kilometrov za hodinu. Od roku 2000 tak čelo vlny prekonalo vzdialenosť 145 miliárd kilometrov. V rovnakom čase poklesla jej jasnosť v röntgenovej oblasti o 40 %, zatiaľ čo teplota plynu sa nezmenila: plyn má zhruba milión stupňov Celsia. Síriaca sa nárazová vlna hmotu na ceste zahrievala, čím generuje röntgenové žiarenie. Pozorované zoslabenie tohto žiarenia a konštantná teplota znamená, že za posledných 13 rokov sa nárazová vlna dostala do redšího prostredia. Vďaka takémuž pozorovaniu spoznávame aj okolité prostredie hviezd.

**ESO Press Release**

<http://chandra.harvard.edu/photo/2015/gkper/>

## Galaxie umierajú zvnútra navonok

Presnejšie, tvorba hviezd v galaxiach vyhasína najskôr v ich strede, a napokon, zväčša po uplynutí niekolkých miliárd rokov, aj na ich periférii. Záverečný hviezdny ohňostroj na okrajoch starých, v podstate jalových galaxií analyzujú vedci na snímkach špecializovaných pozemských i vesmírnych dalekohľadov. Hodno pripomenúť, že ide o procesy, ktoré v týchto galaxiach prebiehali tri miliardy rokov po big bangu.

Ešte nedávno by nikto neuveril, že sa už v mladom vesmíre stihli sformovať, vyvinúť a zjalovieť také veľké galaxie.

Predmetom výskumu bolo zistiť, prečo masívne elliptické galaxie (také početné v dnešnom vesmíre) dokázali v minulosti sformovať to veľké množstvo hviezd. Vieme, že tieto galaxie (nazývané kvôli tvaru aj sféroidy), majú vo svojom strede 10-krát vyššiu hustotu hviezd ako



Aj táto elliptická galaxia IC 2006 sa sformovala počas prvých troch miliárd rokov po big bangu. Vtedy sa v nej rodilo 20-krát viac hviezd ako dnes v Mliečnej ceste. V IC 2006 vznikajú hviezdy už iba na jej periférii.

Mliečna cesta. Majú aj desaťkrát vyššiu hmotnosť.

Tieto zostarnuté galaxie sú na pohľad červené, pretože v nich dnes dominujú najmä staré červené hviezdy, ktoré sa formovali pred viac ako 10 miliardami rokov.

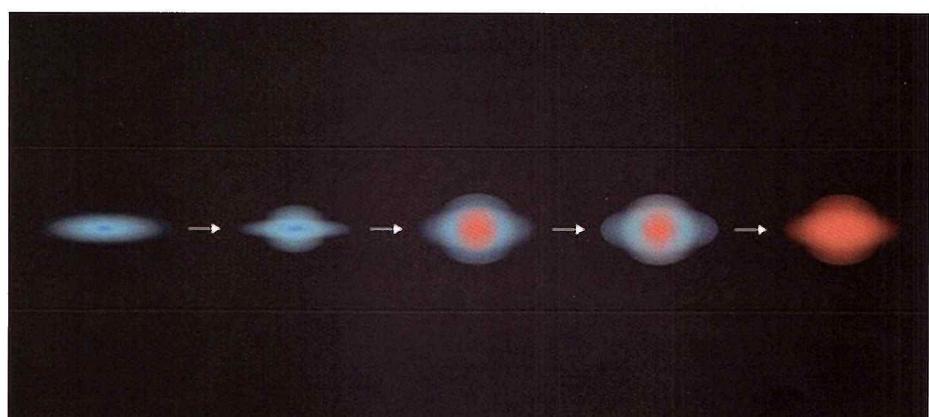
V tom čase formovanie hviezd vo vesmíre vyvrcholilo: vo väčšine galaxií sa rodilo 20-krát viac hviezd, ako sa rodí v dnešných hviezdnych ostrovoch. V týchto mŕtvyh kozmických rezoroch sa nachádza polovica všetkých hviezd, ktoré vznikali, zostali a menili sa počas existencie vesmíru.

Tím okolo ESO sa zameral na 22 galaxií s najrozličnejšími hmotnosťami, ktoré už 3 miliardy rokov po big bangu boli úplne sformované. Vďa-

ka prístroju SINFONI na VLT/ESO identifikovali v nich oblasti, kde sa ešte aj dnes formujú hviezdy. Nijaký iný prístroj nedokáže (vďaka unikátnej adaptívnej optike) do takej miery eliminovať vplyv turbulencie v atmosfére Zeme na kvalitu obrazu. Vďaka SINFONI sú snímky z VLT dokonca kvalitnejšie ako fotografie z HST!

Potvrdilo sa, že zatiaľ čo sa hviezdy na periférii vytvárajúce galaxie ešte formujú, v centrálnych výdutiach už tie aktivity utichli. Prečo je to tak?

Podľa jednej z teórií prúdia z jadra týchto galaxií (kde hniezdia supermasívne čierne diery) mohutné prúdy energie. Tieto prúdy sa tvoria v disku nad horizontom udalostí, kde sa jedna



Ilustrácia znázorňuje vývoj elliptickej galaxie. Galaxia celkom vľavo je ešte súčasťou mladého vesmíru. V modrých oblastiach tvorba hviezd ešte prebieha, v červených sú už nové hviezdy nerodia. Tam dominujú staré červené hviezdy. Výsledkom evolúcie sú obrie sféroidné galaxie v dnešnom vesmíre (vpravo).



Magnetické indukčné čiary nad čierou dierou v jadre galaxie PKS 1830-211 prehrádzajú prítomnosť mohutného magnetického pola. Z pôlov čiernej diery unikajú výtrysky plazmy pravdepodobne urychlene magnetickým polom.

## Silné magnetické pole pri supermasívnej čiernej diere

Objavili ho tesne nad horizontom udalostí, čo sa nikdy doteraz v jadre nijakej galaxie nezaznamenalo. Vieme, že supermasívne čierne diery v jadrach galaxií dokážu akreovať gigantické množstvo hmoty do špirálujúceho disku. Vieme, že časť hmoty z disku tesne nad horizontom udalostí unikne bezmála svetlou rýchlosťou do priestoru. Tieto výtrysky plazmy celkom nechápeme, ale nazdávame sa, že tým katapultom by mohlo byť silné magnetické pole tesne nad hori-

zantom udalostí. Bez neho by čierna diera celú hmotu bez zvyšku nasala.

Vedci doteraz objavili pri niekoľkých čiernych dierach (vo vzdialostiach niekoľkých svetelných rokov) magnetické polia, ale napospol veľmi slabé. Niekoľko takých objavili aj v Mliečnej ceste. V tomto prípade však namierili milimetrový/submilimetrový dalekohľad ALMA na vzdialenosť galaxiu PKS 1830-211 a objavili silné magnetické pole tesne nad horizontom udalostí nad čierou dierou. Z centra magnetického pola uniká mohutný výtrysk plazmy.

Silu magnetického pola vypočítali z toho, akým spôsobom sa polarizovalo svetlo/žiarenie, ktoré unikalo od čiernej diery. Z údajov vyčítali, že smer polarizácie žiarenia zo stredu PKS 1830-211 rotuje. Signály rotujúcej polarizácie sú najsilnejšie zo všetkých, aké vedci doteraz vo vesmíre detegovali. Vedci opäť raz o kúsok pood-

halili tajomstvo procesov prebiehajúcich v bezprostrednej blízkosti čiernej diery.

**Poznámka:** Polarizácia je dôležitou vlastnosťou svetla/žiarenia. V bežnom živote sa využíva pri slnečných a 3D okuliarnoch pre kiná. Polarizáciu využívajú vedci na meranie magnetických polí. Svetlo/žiarenie počas prechodu zmagnetizovaným médiom mení polarizáciu. V našom prípade infračervené žiarenie, ktoré detegovala ALMA, prechádzalo hmotou tesne nad čierou dierou, v priestore naplnenom vysoko zmagnetizovanou plazmou.

Magnetické polia generujú rotáciu roviny polarizácie elektromagnetického žiarenia prechádzajúceho cez médium, pričom polarizácia rotuje rozličným spôsobom pre rozličné vlnové dĺžky. Efekt sa nazýva Faradayova rotácia. Miera závislosti rotácie na vlnovej dĺžke prehrádzá veľkosť magnetického pola oblasti.

Pozorovania na ALMA sa uskutočnili na vlnovej dĺžke 0,3 milimetra (IR oblasť). Predtým sa tieto merania robili na podstatne dlhších vlnových dĺžkach v rádiovej oblasti, lenže iba milimetrové a submilimetrové žiarenie dokáže uniknúť z oblasti tesne nad čierou dierou. Žiarenie na dlhších vlnových dĺžkach sa v tomto prostredí absorbuje.

ESO Press Release

<http://www.eso.org/public/news/eso1515/>

## Chandra objavila mimoriadne pažravé čierne diery

Vesmírny röntgenový dalekohľad Chandra objavil zvláštnu populáciu čiernych dier, ktoré konzumujú mimoriadne množstvo hmoty. Objav sa uskutočnil počas skúmania 51 vybraných kvazarov.

Kvazary sú objekty, v ktorých hniezdia supermasívne čierne diery, ktoré intenzívne vyžarujú celý diapazón žiarenia. Spracovaním údajov optického a UV žiarenia dokážu vedci vypočítať, ako rýchlo sa tieto čierne diery mohli v mladom vesmíre zväčšovať.

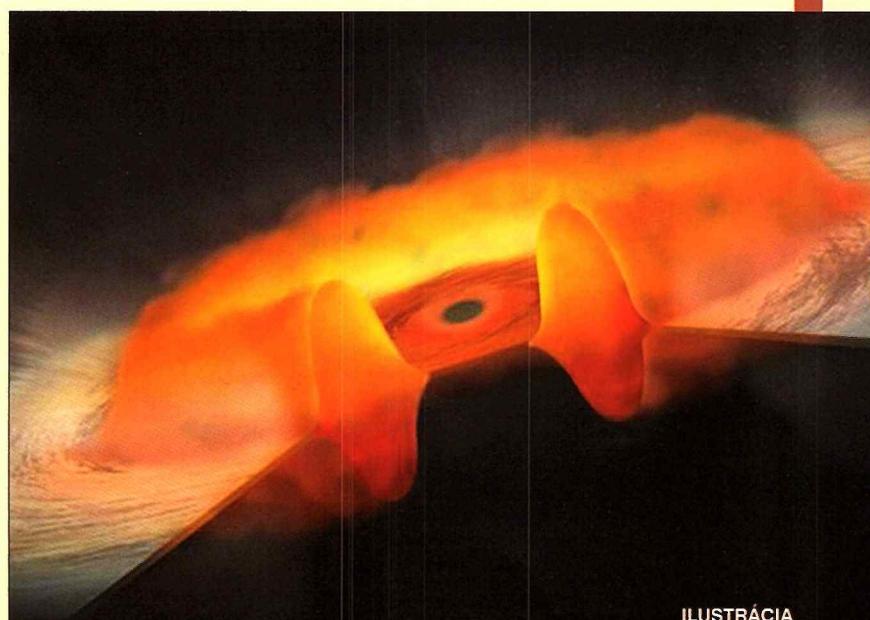
Kvazary z tejto štúdie sú vzdialené 5 až 11,5 miliardy svetelných rokov. Vybrali ich preto, že majú neobvykle slabé emisie niektorých atómov, najmä uhlíka na UV vlnových dĺžkach. Dve tretiny kvazarov z tejto štúdie žiařia v röntgenovej oblasti v priemere až 40-krát slabšie ako typické kvazary!

Z údajov o UV emisiách atómov a röntgenových tokov z týchto objektov možno odvodiť dôležité údaje o tom, ako čierne diery nabalujú hmotu. Počítačové simulácie naznačujú, že ak množstvo nabalovaného materiálu v disku prekročí kritickú hodnotu, časť disku dramaticky napuchne. Premení sa na torus, ktorý obsadi vnútorný disk.

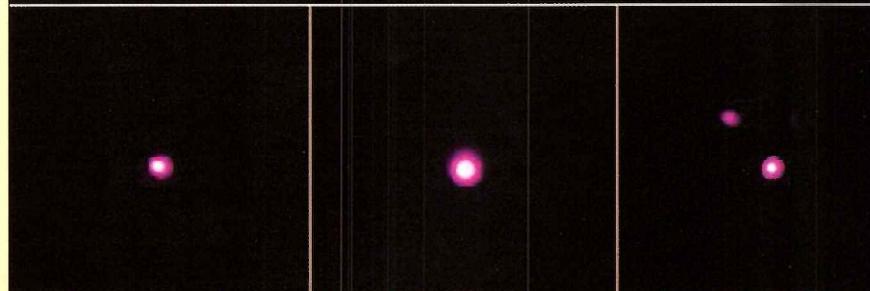
Torus vidíte na pripojenom obrázku. Röntgenové žiarenie, generované v bielej oblasti blízko čiernej diery, podstatne blokuje hrubá, lievanec pripomínajúca časť disku. Preto kvazar tak slabo žiaří v röntgenovej oblasti. Röntgenové žiarenie zatieňujú aj časticu, ktoré unikajú v podobe vetrá z vonkajších oblastí disku. To sa prejavuje aj slabšími UV emisiami ľahších prvkov, napríklad uhlíka.

Všetky spomenuté symptómy vyhodnotili vedci tak, že v týchto kvazaroch s „tučnými diskmi“ môžu hniezdiť čierne diery s mimoriadne rýchlo rotáciou! Isté údaje naznačujú, že v mladom vesmíre, iba miliardu rokov po big bangu, boli tieto kvazary oveľa početnejšie. Takýto neuveriteľne rýchly rast môže vysvetliť záhadu existencie gigantických čiernych dier už v mladom vesmíre.

Chandra Press Release  
<http://chandra.harvard.edu/photo/2015/3quasars/>



ILUSTRÁCIA

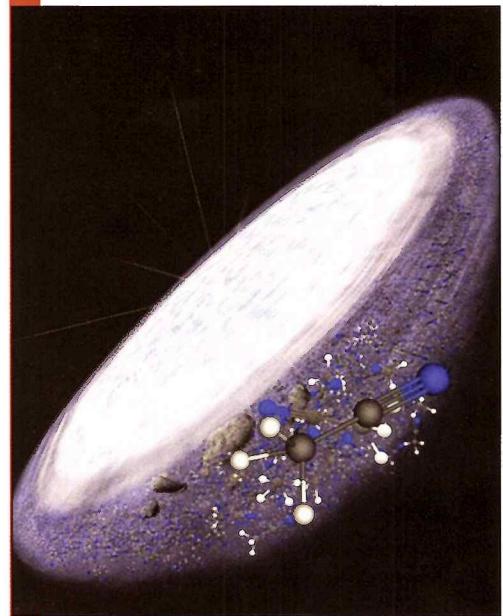


152156.48+520238.5

153714.26+271611.6

222256.11-094636.2

Vedci objavili v niektorých kvazaroch nový typ čiernych dier s mimoriadnym apetítom. V takýchto objektoch sa po obrovskom prisune materiálu vytvorí masívny torus, ktorý blokuje žiarenie. Takéto čierne diery extrémne rýchlo zvyšujú svoju veľkosť i hmotnosť. Na triptychu dole tri z 51 skúmaných galaxií, v ktorých objavili nový typ čiernych dier.



Ilustrácia kolážovým spôsobom znázorňuje objav zložitej molekuly metylkyanidu v protoplanetárnom disku hviezdy MWC 480, vzdialenej 455 svetelných rokov. Je to významný objav. V texte sa dozviete prečo.

## Zložité organické molekuly...

...objavili v rodiacej sa planetárnej sústave!!! Presnejšie: v protoplanetárnom disku, ktorý krúži okolo mladej hviezdy. Objav dokazuje, že podmienky v našej sústave nie sú vo vesmíre výnimočné.

V disku pri hviezde MWC 480 (má iba milión rokov!) objavili veľké množstvá metylkyanidov ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ), čo je mimoriadne komplexná molekula uhlíka. Tých molekúl je tam toľko, že by vyplnili všetky oceány na Zemi!

Túto molekulu a jej mladšieho súrodencu – kyanid vodíka ( $\text{HCN}$ ) – objavili vo vonkajších chladných oblastiach disku, ktorý je vraj obdobou nášho Kuiperovho pásu, kde sa tvoria ľadové planetezmály a komety.

Ako vieme, v kométach sa uchoval záZNAM prvotnej chémie Slnečnej sústavy v období formovania planét. A podľa ešte vždy platnej teórie boli to práve komety a asteroidy z vonkajšej

Slnečnej sústavy, ktoré dodávali na Zem nielen vodu, ale aj organické molekuly.

Po tomto objave majú vedci v rukách dôkaz, že rovnaká chémia existuje všade vo vesmíre: koncentrácia molekúl v disku okolo hviezdy MWC 480 je takmer rovnaká ako v kométach našej Slnečnej sústavy.

MWC 480, vzdialenosť 455 svetelných rokov, je dvakrát hmotnejšia ako Slnko. Protoplanetárny disk okolo nej sa iba formuje. Niekoľko ďalekohľadov, vrátane ALMA, však už v disku objavilo neklamné znaky formovania planét.

Astrochemici už dávno vedia, že chladné, tmavé oblysky sú mimoriadne výkonnými fabrikami komplexných organických molekúl, vrátane kyanidov. Kyanidy, najmä metylkyanid, sú dôležité, pretože obsahujú väzby uhlíka a dusíka, bez ktorých sa nemôžu sformovať aminokyseliny, základné kamene proteínov, základu života.

Donedávna nebolo jasné, či sa tieto komplexné molekuly formujú a prežívajú aj v priestoroch nabitých vysokou energiou (okolie mladých hviezd), kde nárazové vlny a žiarenie môžu poľahky zničiť chemické väzby. Vďaka rozlišovacej schopnosti ALMA vedci zistili, že aj v takomto prostredí sa zložité

## Objavili stratenú novu

V 17. storočí vzplanula na oblohe hviezda, ktorú astronómovia označili za novu – novú hviezdu. Neskôr týmto názvom začali označovať istý typ vybuchujúcich hviezd. Po 340 rokoch sa ukázalo, že to nebola nova, ale oveľa zriedkavejšia zrážka dvoch hviezd. Dávnu kolíziu sa podarilo vedcom objasniť až po analýze údajov zo submilimetrových ďalekohľadov, pretože stopy po nej za ten čas primerane zoslabli.

Novú hviezdu zaznamenali na oblohe aj dvaja najvýznamnejší hvezdári 17. storočia: Hevelius, otec lunárnej kartografie, a Cassini. Hevelius upresnil polohu novy slovami „sub cabite Cygni“ (pod hlavou Labute). V dnešných mapách je označená ako Nova Vulpeculae 1670 (Nova Vul 1670). Historické vzplanutia nov vedcov neobyčajne zaujímajú. Nova Vul 1670 mala donedávna dva primáty: bola najstaršou zaznamenanou novou a zároveň aj najstaršou pohasnutou novou až do nedávnej previerky, keď vysvetlilo, že zvyšok po výbuchu nevyzerá ani ako nova, ani ako pozostatok po inom výbuchu hviezd.

Ked' Nova Vul 1670 vzplanula, rozlíšili ju voľným okom. Jej jasnosť v priebehu dvoch rokov významne kolísala. Predtým, ako sa definitívne stratila, dvakrát zmizla a dvakrát znova vzplanula.

Počas 20. storočia sa astronómovia zhodli na tom, že väčšina nov vybuchuje najmä v záverečných fázach tesných dvojhviezd. V prípade Nova Vul to 1670 však tak nebolo.

Vedci zmiznutú novu hľadali vyše 300 rokov, až kým v roku 1980 neobjavili na predpokladanom mieste slabú hmlivinku. Identitu objektu

Zvyšky „novej hviezdy“, ktorá vzplanula na oblohe v roku 1670. Snímka je kombináciou optickej fotografie ďalekohľadu Gemini (modrá farba), submilimetrovej mapy prístroja SMA, znázorňujúcej rozptyl prachu (žltá farba) a mapy molekulových emisií (červená farba), ktorú získali pomocou prístroja APEX.

molekuly nielen rodia a vegetujú, ale priam sa im tam darí.

Vedcov prekvapilo, že molekuly v protodisku boli oveľa početnejšie ako v medzihviezdnych oblakoch. To dokazuje, že protoplanetárne disky sú mimoriadne vhodným prostredím pre formovanie organických molekúl, ktoré sa v nich rodia mimoriadne skoro.

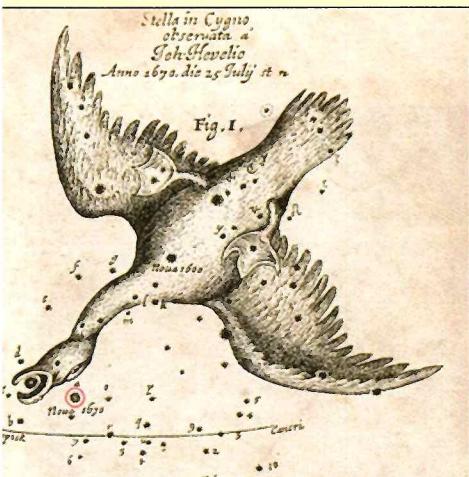
#### Poznámky:

1. ALMA dokáže detegovať žiarenie na milimetrových vlnách, ktoré vyžarujú molekuly vo vesmíre. Pri tomto výskume využili vedci iba časť z celkového počtu 66 antén. Po skompletizovaní prístroja je takmer isté, že objavia aj ďalšie zložité molekuly.

2. Rýchle formovanie mladej sústavy je dôležité preto, lebo iba takto sa môže eliminovať zhubné pôsobenie sôl, ktoré rozbiňajú molekuly. Molekuly, o ktorých píšeme, objavili v odľahlých, tmavých oblastiach disku, vo vzdialostiach 4,5 až 15 miliónov kilometrov od centrálnej hviezdy. V našej Slniečnej sústave by to bolo veľmi ďaleko. V sústave MWC 480 sa molekuly formujú práve tam, kde by sa mal nachádzať tamojší Kuiperov pás.

#### ESO Press Release

<http://www.eso.org/public/news/eso1513/>



Poloha novy Vul 1670, ktorá vybuchla pred 340 rokmi. Objavili ju pomocou prístrojov operujúcich v rádiovej a submilimetrovej oblasti. Nova je označená červeným krúžkom pod hlavou Labute.

však mohli potvrdiť až Submillimeter Array (SMA) a Effelsberg Radio Telescope. Vedci zistili aj to, že množstvo chladného materiálu v hmlovine bolo príliš vysoké, takže nemohlo byť produkтом výbuchu novy. Okrem toho oba prístroje zmonitovali nielen chemické zloženie hmloviny, ale aj podieľy izotopov v plyne. Ukázalo sa, že údaje v nijakom prípade nezodpovedajú nove. Odkiaľ sa tam ten materiál vzal?

Podľa vedcov je kolisia/zrážka dvoch hviezd jasnejšia ako nova, ale menej jasná ako supernova. Po zrážke vznikne produkt, ktorý vedci nazvali „červený prechodný objekt“. Zrážka dvoch hviezd je veľmi zriedkavou udalosťou. Po nasledujúcom výbuchu sa materiál z dvoch rozpadnutých hviezd rozptylí do okolia a iba niekedy ostane po ňom slabý zvyšok, obalený chladným materiálom. Ten je bohatý na molekuly a prach. Teoretickým parametrom novej triedy výbuchujúcich hviezd zodpovedá Nova Vul 1670 takmer stopercentne.

#### ESO Press Release

<http://www.eso.org/public/news/eso1511/>



Veľká eliptická galaxia Centaurus A, vzdialenosť 12 miliónov svetelných rokov, je najbližšou z obrích galaxií. Vedci v nej objavili „tmavé“ guľové hviezdomupy (označené červenou farbou). Normálne guľové hviezdomupy sú modré, pričom od trpasličích galaxií (označených zelenou) by sme ich iba ľahko rozlišili. Tmavé hviezdomupy sú odlišujú od normálnych najmä väčšou hmotnosťou.

## Neznáma stránka hviezdomop

V obrovskej galaxii Centaurus A objavili nový druh guľových hviezdomop. Na prvý pohľad sa od normálnych hviezdomop neodlišujú. Sú však podstatne hmotnejšie, pretože obsahujú (asi) oveľa viac tmavej hmoty. Astronómov to zaskočilo, nevelmi tomu rozumejú.

Guľové hviezdomopy sú veľké zoskupenia hviezd, ktoré krúžia okolo jadra galaxie. Sú najstaršími hviezdomymi systémami aj v Mliečnej ceste, prekonali s nou a v nej bezmála celý vývoj. V hviezdomopách, nielen guľových, hniezia najstaršie hviezdy, ktoré sú klúčom k pochopeniu formovania a evolúcie galaxií. Donedávna vedci predpokladali, že ide o rovnako staré hviezdy, s rovnakým chemickým zložením. Dnes vieme, že to nie je pravda.

Eliptická galaxia Centaurus A (známa aj ako NGC 5128) je najbližšia z obrích galaxií. Krúži v nej najmenej 2 000 guľových hviezdomop. Veľa z nich má oveľa väčšiu jasnosť a sú oveľa hmotnejšie ako 125 guľových hviezdomop v Mliečnej ceste.

Tím okolo ESO študoval 150 guľových hviezdomop v galaxii Centaurus A pomocou prístroja FLAMES na dalekohľade VLT (Paranal Observatory, Čile). Získali tak údaje o ich hmotnostiach a dali ich do súvisu s množstvom svetla, ktoré hviezdomopy produkujú.

Zistili, že viaceré z tých najjasnejších majú podstatne väčšiu hmotnosť, ako sa očakávalo. Ba čo viac, väčšina týchto hviezdomop sa zdala byť vytvorená z tmavého materiálu. Čosi v nich bolo tmavé, skryté a masívne. Ale čo?

Možno sú to čierne diery, alebo iné tmavé zvyky po bývalých hviezdoch. To by do istej miery vysvetlovalo časť skrytej hmoty. Alebo ide o tmavú hmotu? Podľa teórie by sa v hviezdomopách nemala nachádzať, ale nie je vylúčené, že do niektorých kôp ju neznáme procesy akumulovali.

Nie je vylúčené, že sa tiež superkopy pozlepali z niekoľkých guľových hviezdomop, pričom každá z nich má odlišnú história. Tak, či onak, tmavé hviezdomopy sú záhadné útvary, ktorých identitu potvrdia až ďalšie štúdie podobných útvarov v iných galaxiach.

#### ESO Press Release

<http://www.eso.org/public/news/eso1519/>

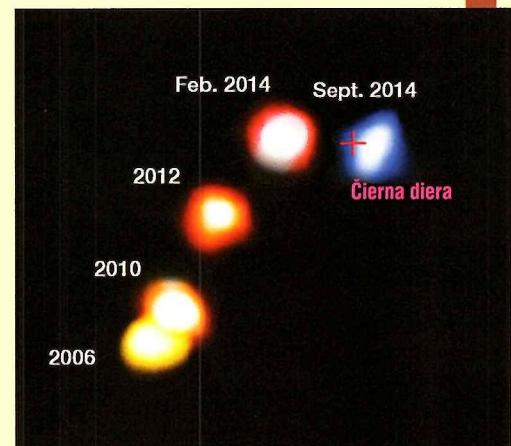
## Záhadný oblak krúži okolo čiernej diery...

... v jadre Mliečnej cesty. G2 je na pohľad biely, kompaktný, prachoplynový oblak. V máji lanškého roku sa k čiernej diere priblížil najviac. Vedcov zarazilo, že ani počas najväčšieho priblíženia ho slapové sily nenatiahli. Najskôr sa v ňom skrýva mladá hvieza, ktorá ešte nabaluje hmotu. Preto čierna diera nemá krmivo, preto neprevádzkuje nijakú aktivitu.

Naša centrálna čierna diera má hmotnosť 4 miliónov Slnk. Okolo nej obieha nevelká skupina jasných hviezd a oblak G2, ktorý by diera mala onedlho prehltnúť. Preto vlny v máji sledovalo blízke stretnutie niekoľko tímov. S cielom zaznamenať, ako silná gravitácia G2 „rozbalí“ a premení ho zo sférického na pozdĺžny objekt. Takéto úkazy sú pomerne zriedkavé.

Ani jeden z tímov (okolo VLT na ESO, či Keck na Havaji) však počas priblíženia očakávané divadlo nezaznamenal. Oblak G2 vyzeral byt na IR-snímkach aj po priblížení rovnako kompaktný ako pred ním. Prístroj SINFONI na VLT/ESO, ktorý rozkladá IR-svetlo, poskytuje údaje, ktoré dovolujú vypočítať rýchlosť pohybujúceho sa oblaku.

Vedci vypočítali, že po priblížení sa oblak G2 pohyboval smerom od Zeme rýchlosťou 10 mi-



Pohyb oblaku G2 okolo centrálnej čiernej diery v Mliečnej ceste počas ostatných deviatich rokov.

liónov kilometrov za hodinu. Po oblete okolo čiernej diery sa k Zemi približuje rýchlosťou 12 miliónov kilometrov za hodinu. Napriek zmenám rýchlosťi si oblak po celý čas zachoval svoj tvar.

Pomocou prístroja NACO uskutočnili dlhé merania polarizácie svetla z oblasti supermasívnej čiernej diery. Údaje potvrdili, že čierna diera nenabaluje hmotu z oblaku G2. Oblak je neobyčajne stabilný. Teda uprostred oblaku určite dozrieva mladá hvieza.

#### ESO Press Release

<http://www.eso.org/public/news/eso1512/>



Trpasličia galaxia UGC 8201.

## HST: záhady okolo UGC 8201

UGC 8201 je trpasličia, nepravidelná galaxia, vzdialená 15 miliónov svetelných rokov v súhvezdí Draka. Ako väčšina galaktických trpaslíkov je súčasťou archipelágu viacerých galaxií. Zoskupenie UGC 8201 je jedným z najbližších susedov Lokálnej skupiny galaxií, kam patrí aj Mliečna cesta.

UGC 8201 sa nachádza v dôležitej fáze vývoja. Práve v nej končí dlhé obdobie formovania hviezd, ktoré trvalo niekoľko sto miliónov rokov. Hviezdy, ktoré sa v tomto období sformovali, vidíte na obrázku.

Počas formovania hviezd sa významne zmenilo množstvo i distribúcia prachu a plynu medzi hviezdami. Takéto mohutné procesy neprebehnú bez veľkých zdrojov energie. V trpasličích galaxiach je však takých zdrojov energie menej, ako sa očakávalo. Navyše ani plynu v nich nie je toľko, aby sa v nich rodilo toľko mladých hviezd, ako vidíme. Vedci hľadajú odpoveď na otázku: „Ako je možné, že pomerne izolované systémy s malou hmotnosťou dokážu udržať formovanie hviezd po taký dlhý čas?“

Vzhľadom na to, že UGC 6201 je pomerne blízko, možno tú odpoved' nájdť už onedlho.

NASA Press Release

<http://phys.org/news/2015-03-hubble-explores-mysteries-ugc.html>

## Zvláštny magnetar pri jadre Mliečnej cesty

Magnetary sú husté skolabované hviezdy (odroda neutrónových hviezd), ktoré majú mohutné magnetické polia. Magnetar SGR 1745-2900 je vzdialený od supermasívnej čiernej diery v jadre Galaxie iba 0,3 svetelného roka. Bližšie k centrálnej čiernej diere neobjavili zatiaľ nijakú neutrónovú hviezdu.

Magnetar SGR 1745-2900 objavili pred dvoma rokmi. Po vzplanutí röntgenového žiarenia ho začali intenzívne monitorovať pomocou röntgenových vesmírnych dalekohľadov Chandra a XMM Newton.

Po dvoch rokoch monitorovania vedci zistili, že povrch magnetaru je horúcejší, ako sa očakávalo, a že žiarenie v röntgenovej oblasti slabne pomalšie ako pri iných magnetaroch. Jedno s druhým však akosi nejde dokopy.

Tím preveril, či toto správanie nespôsobuje náhodou hviezdotrasenie. Keď sa neutrónové hviezdy (vrátane magnetarov) formujú, na ich povrchu sa vytvorí pevná kôra. Zavše táto kôra pukne, čo vyvolá hviezdotrasenie. Tento úkaz



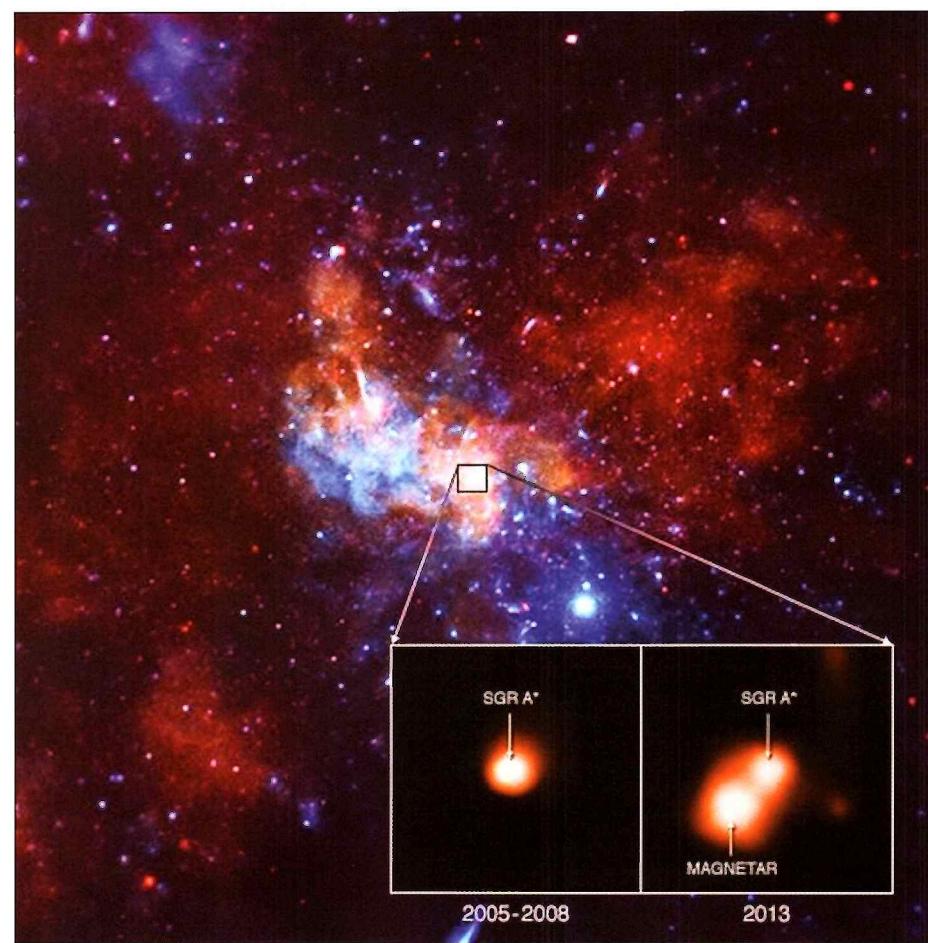
Ilustrácia znázorňuje extrémne rýchlo rotujúcu neutrónovú hviezdu, ktorá sa sfórmovala po kolapse veľmi masívnej hviezdy. Takéto objekty zvyknú vytvoriť neuveriteľne silné magnetické polia.

dokáže objasniť zmeny jasnosti a chladnutia pri mnohých magnetaroch. Pri SGR 1745-2900 však protierečenie medzi vysokou teplotou a pomalým ubúdaním jasnosti nevysvetľuje. Podľa modelu by mali jasnosť a teplota klesať oveľa rýchlejšie.

Jedno vysvetlenie sa už našlo: dodatočné ohriatie povrchu magnetaru a pomalý pokles intenzity röntgenového žiarenia môže spôsobovať bombardovanie povrchu nabitými časticami uväznenými medzi tancujúcimi čiarami lokálnych magnetických polí nad povrchom magnetaru! Magnetické polia sa vytvárajú počas formovania neutrónovej hviezdy. Možnosť, že by zvláštne správanie ovplyvňovala gravitácia blízkej čiernej diery, vedci vylúčili.

NASA Press Release

<http://chandra.harvard.edu/photo/2015/sgr1745/>



Na veľkej snímke vidíte oblasť okolo jadra Mliečnej cesty. (Červená, zelená a modrá farba zviditeľňujú slabé, stredne silné a silné zdroje röntgenového žiarenia.) Na zväčšenine polička uprostred (snímka Chandra) vidíme v detaile oblasť okolo čiernej diery: vľavo na snímke skombinovanej zo snímkov z rokov 2005 a 2008, kedy ešte o magnetare nikto nevedel, lebo práve neboli aktívny; vpravo na snímke z roku 2013 magnetar už jasne vidíme, pretože sa už prebral z diemot.

# Okolo väčšiny hviezd krúžia obývateľné planéty

Počas ostatných dvadsiatich rokov objavili astronómovia v Mliečnej ceste tisíce exoplanét. Dva tímy (Australian National University a Niels Bohr Institute v Kodani) tieto planetárne sústavy analyzovali s cieľom odhadnúť množstvo planét krúžiacich v zelených zónach. Výsledok: miliardy hviezd v našej galaxii majú v zelenej zóne jednu až tri planéty. Planéty, na ktorých sa voda vyskytuje v kvapalnom skupenstve a kde môže vykísťi udržať sa život. Výpočty robili na základe najnovnejšej verzie starej metódy nazývanej Titius-Bodeho zákona!



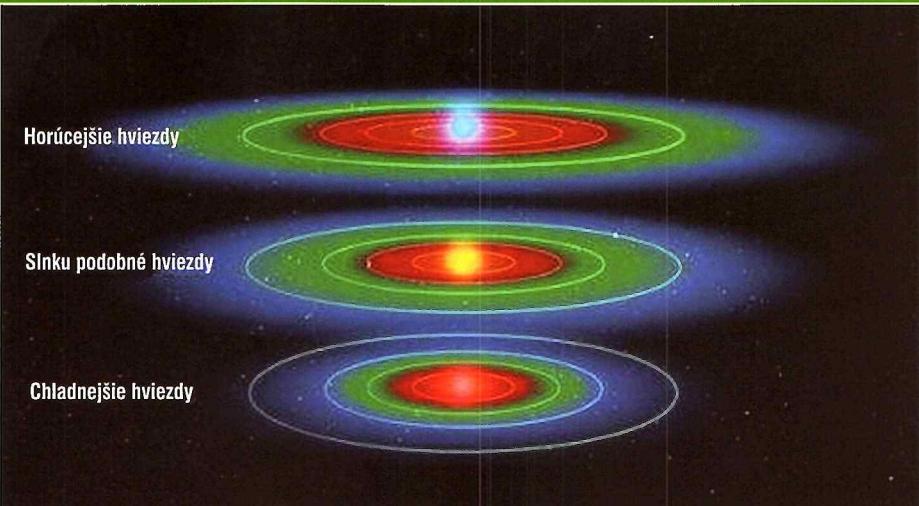
Planéty mimo našej Slnčnej sústavy nazívame exoplanétami. Vesmírny ďalekohľad Kepler ich objavuje meraním svetelnnej krvky materských hviezd. Keď sa planéta pohybuje križom cez kotúč hviezdy, jej jasnosť sa nepatrne zniží. Ak sa toto pohasiňanie jasnosti objavuje pravidelne, objav exoplanéty je na spadnutie.

Zákony sformulovali v roku 1770, ešte pred objavením Uránu. Zeleného obra, ako sa ukázalo, objavili presne tam, kde podľa tohto zákona mal byť. Titius-Bodeho zákon znie takto: medzi periódami obežných dráh planét existuje určitý vzťah. Pomer medzi períodou prvej a druhej planéty je rovnaký ako pomer medzi druhou a tretou planétou, a tak ďalej... Preto ak vieme, ako dlho trvá tej-ktorej planéte, kým dovrší obeh okolo Slnka/hviezdy, môžeme vypočítať aj parametre obežných dráh ostatných planét sústavy.

Vedci použili túto metódu na vypočítanie potenciálnych polôh planét v 151 sústavách, kde vesmírny ďalekohľad Kepler objavil tri až šesť obežníc. Ukázalo sa, že v 124 planetárnych sústavách krúžia planéty v zhode s Titius-Bodeho zákonom. V 27 planetárnych sústavách neboli pozorovateľné planéty presne tam, kde podľa zákona mali byť. Nakoniec vedci pripočítali „chýbajúce planéty“, teda obežnice, v tých poziciách, kde podľa zákona mali medzi objavenými byť, ale zatiaľ ich neobjavili. Takto predpovedali 228 planét v 151 sústavách.

V rámci ďalšej fázy výskumu vybrali v 40 sústavách 77 takých planét, pri ktorých sa predpokladali opakované zákryty. Tie Kepler spoľahlivo deteguje.

Vieme, že planéty, krúžiacie okolo svojich hviezd na blízkych obežných dráhach, sú suché a horúce. Planéty na príliš vzdialých obežných dráhach sú suché a zamrznuté. Na tých by sme stopy života hľadať nemali. Prednosť budú mať

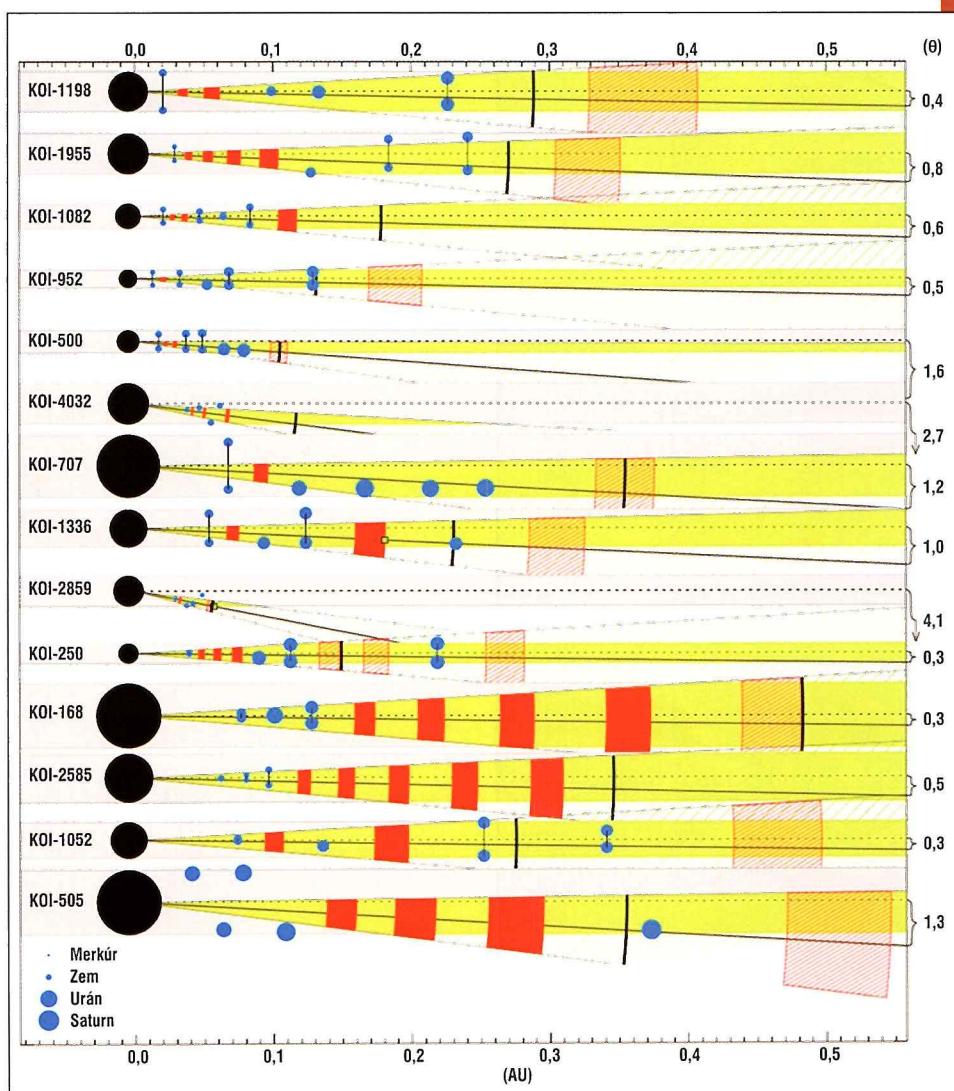


**Zelené zóny pri rozličných typoch hviezd.** Vzdialenosť zelenej zóny závisí od veľkosti a jasnosti hviezd. Zelený pás je zelená/obývateľná zóna, kde sa na povrchu planéty (asoň okolo rovníka) udrží voda v tekutom skupenstve. V červenom páse by sa voda z povrchu vyparila, v modrom páse by na povrchu zamrzla.

planéty v zelených zónach, ktorých šírka a vzdialenosť od hviezd závisí od parametrov hviezd: od jej veľkosti, jasnosti a fázy vývoja. Vedci zvýšili počet planét v zelenej zóne o tie chýbajúce podľa Titius-Bodeho zákona a pridali ich do 151 planetárnych sústav. Vyšlo im, že v zelenej zóne každej sústavy krúžia 1 až 3 obývateľné planéty!

Vedci oboch tímov monitorujú teraz v týchto 151 sústavách aj planéty, ktoré krúžia tesne za alebo tesne pred zelenou zónou. Podľa tejto astroplanetárnej štatistiky by mali mať miliardy hviezd planéty v zelených zónach.

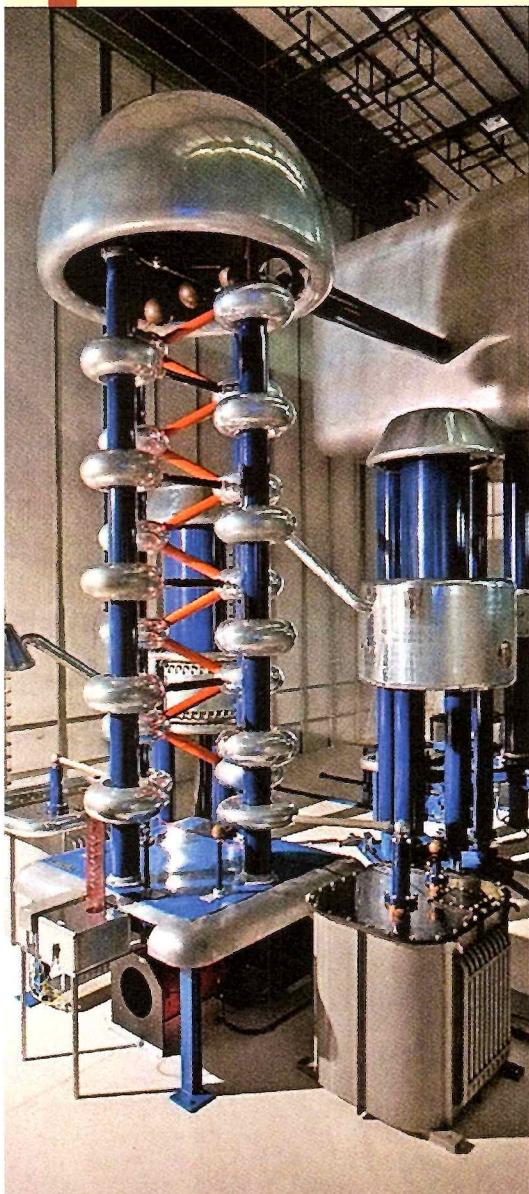
**Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**  
<http://phys.org/news/2015-03-planets-habitable-zone-stars.html>



**Exoplanetárne sústavy,** kde sú dávnejšie známe planéty označené modrou guľou. Červené krúžky označujú planéty predpovedané Titius-Bodeho zákonom v kompozíciiach jednotlivých sústav. 124 planetárnych sústav v tejto prehľadke pri údajoch zo satelitu Kepler sú s Titius-Bodeho zákonom v dobrej zhode!

# Ako sa protón zmenšíl

Protón obyčajnými meradlami nezmeriate. Umožňujú to iba čoraz rafinovanejšie meracie experimenty. So spresňovaním merania častic sa vynárajú aj neočakávané problémy. Po nedávnom meraní rozmerov protónu sa ukázalo, že nameraná hodnota sa výrazne odlišuje od štandardne používanej. Bud' v niečom podstatnom protón nechápeme, alebo sú vedci na stope novej fyziky.



Prvý segment urýchlovača protónov v Inštitúte Paula Scherera pri Zúrichu.



Z presných meraní vyplýnulo, že protón, kladne nabité častica, je o 4 % menšia, ako sa predpokladalo. Fyzikov to šokovalo, lebo pre nich je tento rozdiel taký veľký, že podkopáva starú fyziku.

Ked' Randolph Pohl z Heidelbergovej univerzity oznámil svetu, že protón je menší, ako udáva roky odobrená hodnota, skoro všetci si myšeli, že pri meraní sa stala chyba. Dokonca aj tí, čo experiment pripravili.

Ale po poriadku: viac ako desaťročie sa vedecí tím CREMA Collaboration (Charge Radius Experiment with Muonic Atoms) pokúšal spresniť nábojový priemer protónu. Táto hodnota je známa už oddávna, ale každé štyri roky sa spresňuje. Najaktuálnejšia hodnota sa zverejňuje v zborníku CODATA, kde sa publikujú fyzikálne konštanty. Samozrejme, až po schválení Výboru pre vedecké údaje a technológie.

Hodnota, ktorá sa v zborníku objaví, platí ako overený fakt. I keď takmer po každom presnejšom meraní sa presnosť, vyjadrená počtom čísel za desatinou čiarkou, obvykle posúva.

Autori projektu CREMA možnú chybu vylúčili. V lete 2010 uviedli v časopise Nature, že protón má nábojový priemer 0,84184 plus/mínus 0,00067 femtometrov. Tento údaj sa

podstatne líšil od štandardnej hodnoty CODATA (0,8775 plus/mínus 0,0051 femtometra. (1 femtometer zodpovedá  $10^{-15}$  metra.)

Nová hodnota je o 4 % menšia ako stará. Na pohľad to nie je veľa, ale vo svete čoraz presnejších fyzikálnych meraní objav zapôsobil ako bomba. Zvlášť vo svete toho, že nový spôsob merania bol desaťkrát presnejší. Napriek tomu museli autori nové údaje opäť overiť, presvedčivo doložiť, a najmä vysvetliť.

## Najjednoduchší atom

Keď pred sto rokmi objavil Ernest Rutherford protón, stala sa táto častica objektom intenzívneho výskumu. Najmä pre kvantových fyzikov, ktorí našli v atóme vodíka (kde okolo jediného protónu krúži jeden elektrón) ideálne laboratórium. Jednoduchý atóm mohli oveľa spoľahlivejšie analyzovať ako zložitejšie útvary. Zhruba platí, že elektrón krúži okolo protónu výlučne po zvolených dráhach s istými energiami. Ak medzi týmito úrovňami energíí preskočí elektrický

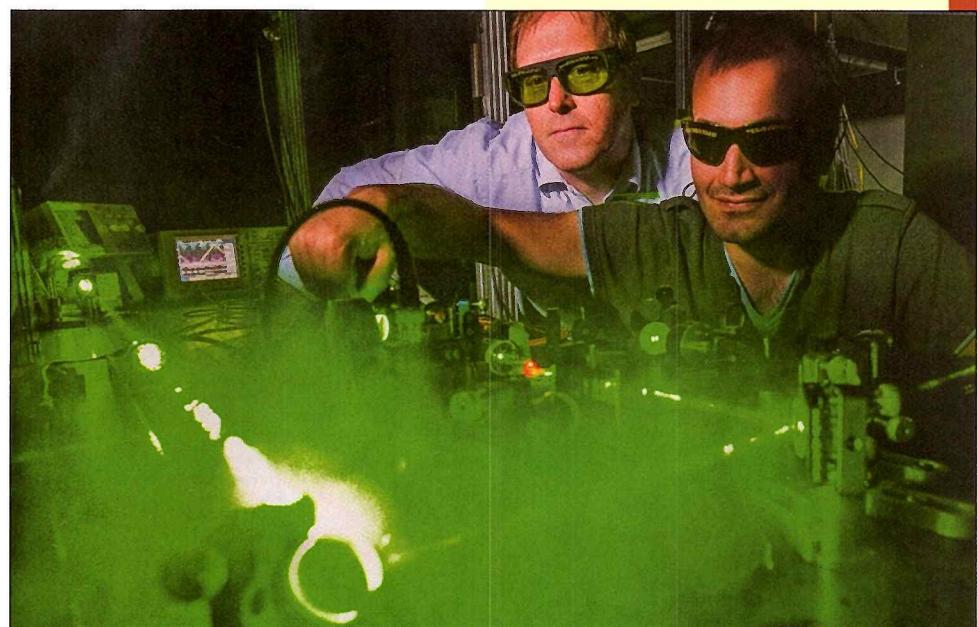
náboj (elektrón), začne vyžarovať na určitých frekvenciach; žiarenie vedci vnímajú ako spektrálne čiary.

Jednoduchý, merateľný, vypočítateľný: najjednoduchší zo všetkých atómov zohral vo vývoji modernej fyziky ústrednú rolu. V roku 1947 objavili Američania Willis Lamb a Robert Rutherford nezrovnalosti medzi dvomi úrovňami/hladinami energie vodíka, ktoré nazvali 2S a 2P. Podľa kvantovej teórie by však mali mať obe rovnakú energiu. Vedci však počas experimentu zaznamenali istý rozdiel.

Tak bol objavený Lambov posun, ktorý vyústil do novej fyzikálnej teórie – kvantovej elektrodynamiky (QED). Pomocou QED možno tento efekt vysvetliť v rámci vzájomných interakcií elektrónu s vákuom. Zároveň si vedci všimli, že protón nemá guľatý, či presnejšie bodový tvar.

Dnes vieme, že protón má zložitý vnútorný život. Navonok vyzerá jednoducho: rozmazená guľa s kladným nábojom, okolo ktorého v pomerne veľkej vzdialnosti krúži nepatrny elektrón. Tento model potvrdili experimenty merajúce uhly rozptylu, počas ktorých vedci ostreľujú protóny elektrónmi. Podobné hodnoty vyplynuli aj z meraní Lambovho posunu. Zdalo sa, že fyzika jednoduchých atómov je celkom v poriadku.

Vedcov sice do istej miery prekvapilo, že Lambov posun ovplyvňuje krajné rozšírenie protónu. Podľa kvantových fyzikov preto, že porovnanie atómu s planetárnu sústavou nie je vždy priliehavé. Kým elektrón krúži po najjednoduchších „obežných dráhach“, na takzvaných



S úrovniach, jeho prítomnosť je roztrúsená kdeši v objeme okrúhleho obláčika, ktorý protón obaluje. (Elektrón je v podstate všade a nikde.)

Pravdaže, s istou pravdepodobnosťou, elektrón z času na čas preniká aj protónom. To by nijaký planetárny systém nevydržal. Slnkom nijaká obežnica neprenikne.

Počas prieniku pocítuje elementárna častica atómového jadra iba redukovaný elektrický

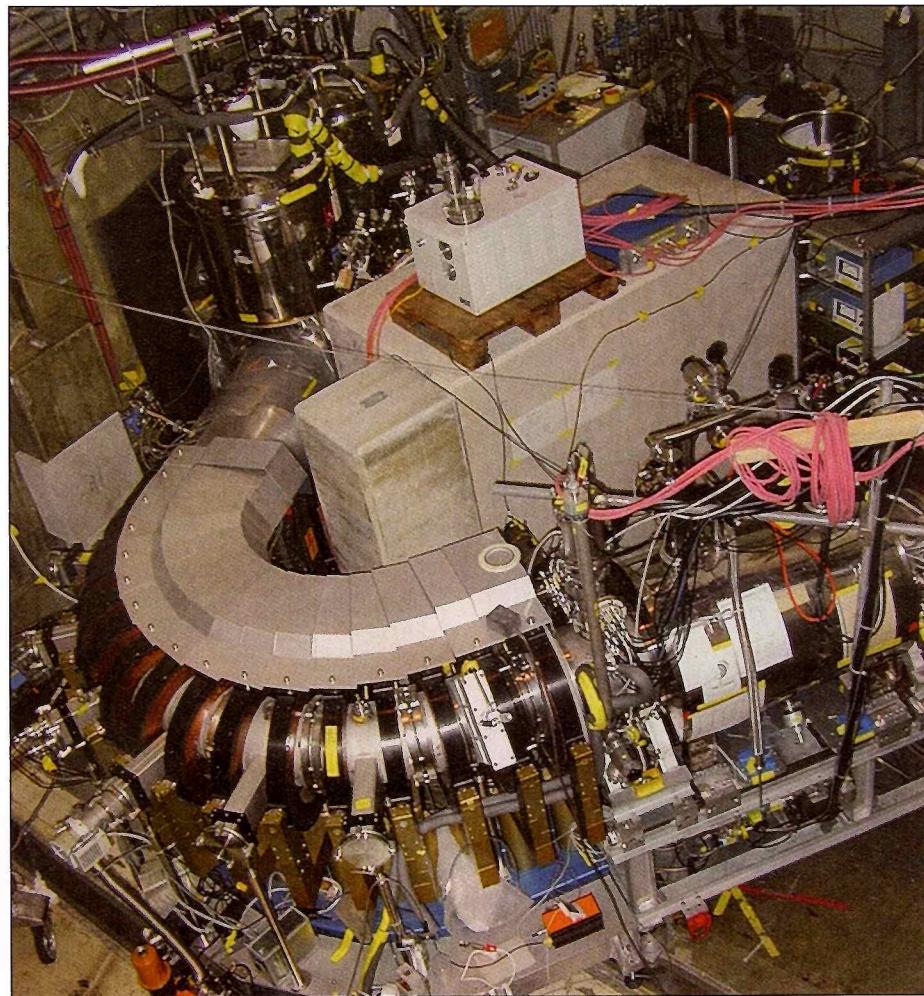
Zelená pre meranie: Randolph Pohl a Marc Diepold využili pomocou titan-zafírového laseru optický prístroj, pomocou ktorého možno merať veľkosť elektricky kladného protónu. Táto laserová spektroskopia pripravila vedcom obrovské prekvapenie.

## Protón

Ked Ernest Rutherford pred sto rokmi objavil kladne nabité časticu, pomenoval ju gréckym pojmom – protón (prvý). Spolu s jedným elektrónom tvorí protón najjednoduchší atóm vodíka.

Pri meraní polomeru náboja vnímajú vedci vonkajší vzhľad protónu, ktorý sa javí ako rozmazená nábojová guľa. Presnejšie: elektrón krúži okolo protónu vždy na jednej z bezpočtu možných obežných dráh. Zakaždým je všade a nikde. Fyzici tieto dráhy označujú zvnútra navonok číslami  $n = 1, 2, 3, \dots$ . V miónovom vodíku, kde nahradia elektrón miónom, merajú vedci obežnú dráhu s číslom  $n = 2$ . Podľa kvantovej elektrodynamiky sa obežná dráha rozpadá pod vplyvom Lambovho posunu na niekoľko subhlaďín, ktoré sa označujú písmennami 2S a 2P. Rozdiel energie  $\Delta E = 20,9779 - 5,2262 (\text{polomer protónu})^2 + 0,0347 (\text{polomer protónu})^3$ . (udáva sa v milielektrónvoltoch). Zo zmeraného rozdielu energie má teda protón má teda polomer  $10^{-15}$  metra. Druhý a tretí údaj vyjadrujú vplyv konečnej veľkosti častice v jadre. Každý o mínus 2 %. Aj v normálnom vodíku, ktorý sa skladá z elektrónu a protónu, je príslušný vplyv ešte merateľný, ale zanedbatelný.

Fakt, že sa polomer protónu po oboch meraniach odlišuje o 4 %, je pre atómových fyzikov už celé roky veľkou záhadou. Niektorí sa nazdávajú, že sú na stope úplne novej fyziky.

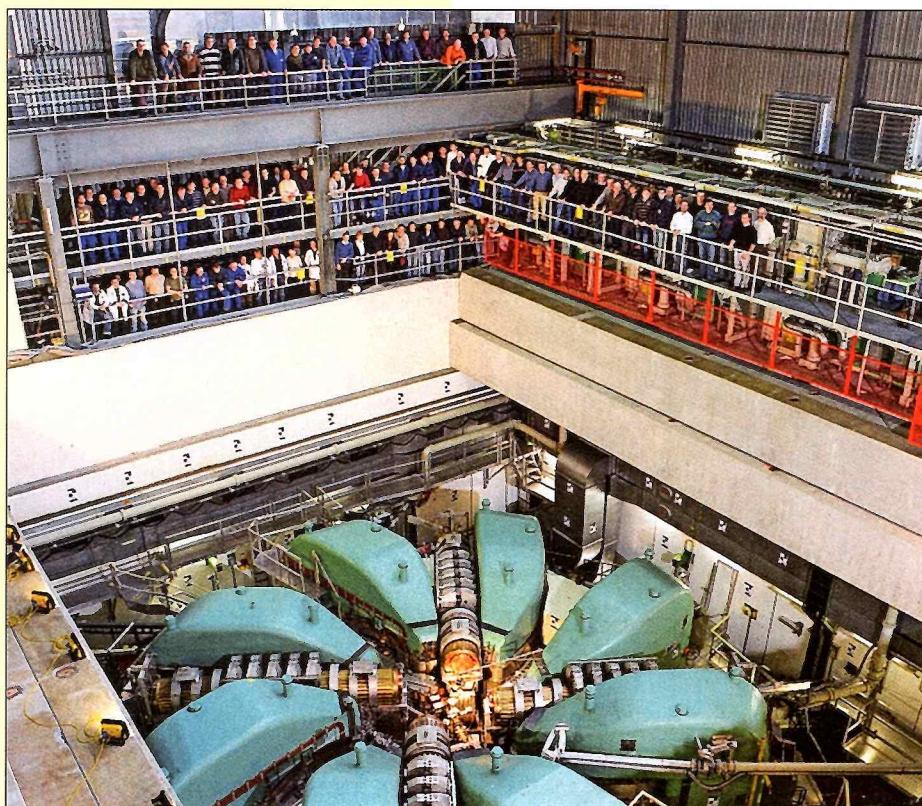


V miónovom vodíku nahradili elektróny miónnimi.



Laserová spektroskopia miónového vodíka je do teraz najpresnejšou metódou merania veľkosti protónu. Aldo Antognini, ktorý našiel cestu zo slepej uličky, pri kontrole jedného z prístrojov v laboratóriach ETH Zürich.

Veľký protónový urýchľovač v Inštitúte Paula Schere- ra produkuje najvýkonnejší protónový lúč na svete.



náboj, čo väzby medzi protónom a elektrónom zoslabuje. Čím dlhšie elektrón v protóne pobudne, tým slabšie sú obežné dráhy S k protónu pripútané. Čím väčší je polomer náboja, tým silnejší efekt. V klasickej fyzike je však čosi také nemysliteľné.

### Trik s miónmi

Merania pomocou rozptylu elektrónov zúžili sice hodnotu polomeru na 0,90 plus/mínus 0,2 femtometra. Taktúto chybu však testy QED

nepripustiajú. Vtedy švajčiarski fyzici vymysleli experiment, ktorý spočíval na prostom triku: obyčajný vodík nahradili „miónizovaný vodíkom“. Presnejšie: krúžiaci elektrón v atóme nahradili miónom.

Mióny sú „hmotnejší súrodenci“ elektrónov: majú rovnaký guľatý tvar, rovnaký náboj, ale 200-krát vyšiu hmotnosť.

Tento fakt má mimoriadny vplyv na Lambov posun. Mión sice krúži okolo protónu podobne ako elektrón, ale v priemere v 200-násobne menšej vzdialenosťi. Aj vo vnútre protónu sa zdrží dlhšie: s pravdepodobnosťou, ktorá je 200<sup>3</sup>-krát väčšia, ako pri normálnom vodíku. Takže: miónový vodík je pre meranie polomeru podstatne citlivejšou sondou. Hodnota Lambovho posunu je pri mióne presnejšia o 2 %, pri vodíku iba o 1/10 000 %.

Experiment sa mal koná v Inštitúte Paula Scherera (PSI) vo Švajčiarsku, kde majú špičkový zdroj miónov. Ukázalo sa však, že zdanlivo jednoduchý experiment sa natiahol na desať rokov.

### Dômyselný vodíkový experiment

Spočiatku išlo všetko podľa plánu. Urýchľovač vyrábal pióny, ktoré sa vzápäť rozpadali na mióny. Tieto časticie však „žijú“ v priemere iba 2,2 mikrosekundy. Po ich uplynutí sa hned tretina z nich rozpade. Niekoľko stoviek miónov však počas sekundy prenikla do komory s priemerom 20 centimetrov. Komora je naplnená plynným vodíkom pri tlaku 1 milibaru. Medzičasom uplynula 1 sekunda. Času je čoraz menej.

Počas zrážok v komore sa jednému z každej stovky miónov podarilo vytiesniť z obežnej dráhy elektrón, usadiť sa na jeho obežnej dráhe a krúžiť okolo protónu na metastabilnej energetickej úrovni 2S. Zároveň prenikali do komory laserové pulzy s frekvenciou 40 za sekundu. Laserové lúče sú odrážané zrkadlami, takže opakovane



Najlepší znalci protónov na svete okolo nobelistu Teodora W. Hänscha (uprostred), s „otcom“ experimentu Franzom Kottmannom (vľavo od neho) a Rudolfom Pohlom v žltom tričku.

križujú komoru až dovedy, kym nezasiahnu všetky mióny a nepremiestnia ich na obežné dráhy s vyššími hladinami energie 2P. To sa však podarí iba vtedy, keď laser zasahuje mióny v rozmedzí presnej frekvencie nepatrného rozdielu energií medzi hladinami 2S a 2P.

Dôsledok: mióny sa prepadnú na najnižšiu hladinu energie 1S.

V tej chvíli prístroje zachytia signál úspechu: pri prechode z hladiny 2S na hladinu 1S vznikajú röntgenové fotóny, pravdaže, iba vtedy, keď predchádzajúce procesy prebehli presne. Vedci zaznamenajú „rezonanciu“. Z vyselkovaných signálov vypočítajú potom polomer protónu.

## Istoty a pochybnosti

Tieto rezonancie hľadali vedci už v roku 2003, ale bez úspechu. Vzápäťi preverili aj o niečo väčšie hodnoty polomerov. Sklamanie bolo veľké. Za zdroj chyby považovali laser. O niekoľko rokov však pre nich Inštitút pre prístroje žiarenia v Stuttgartre vyvinul laser, ktorý – ako sa neskôr ukázalo – pracuje so 100-percentnou spoľahlivosťou. Za sekundu dokáže vytvoriť až 500 pulzov.

Vedci vymenili aj zrkadlá, pretože tie pôvodné odrážali časticu alfa a poškodzovali tak senzory. Podstatne vylepšili aj softvéry analýzy a odstránili ďalšie možné zdroje chýb.

Po prezbrojení vysielal urýchľovač do vodíkovej komory až 600 muónov. Dve tretiny muónov detegovali senzory. Laser pracoval rýchlosťou 230 pulzov za sekundu. A prístroje zaznamenali, že muóny z najdlhšou životnosťou svoje vodíkové ciele spoľahlivo zasahovali. Počet zásahov sa pätnásobne zvýšil.

Vedcov napriek tomu kvátrili pochybnosti. Nečudo: niekoľko experimentov vyznelo na prázdro. Roky sa miňali. Vedenie ústavu im v roku 2009 povolilo posledný pokus. Keď ani tento experiment neuspel, rozhodli sa vedci zopakovať ho pri väčšom priemere protónov. Ale na uskutočnenie mali iba ostatný deň. Vtedy, pod tlakom, člen tímu, Aldo Antognini počas bezsennej noci vypočítal, že by nemali merať pri väčšom, ale menšom priemere protónov. Do vypnutia urýchľovača chýbal desať hodín.

Po porade im vedenie inštitútu umožnilo štvordenný odklad.

4. júla 2009 sa predpokladanú rezonanciu podarilo detegovať. Desať rokov trvajúce dobrodružstvo sa skončilo: vedci objavili jasný signál na neočakávanom mieste. Našli odpoved na otázku „aký veľký je protón?“, ale objav predstrel fyzikom viac problémov, ako vyriešil. Je protón naozaj o toľko menší, ako sme predpokladali? Prečo? Kde sa stala chyba? Počas experimentu? Alebo sa pomýlili teoretici, ktorí možno prehliadli nejaké dôležité efekty?

## Experimenty s deutériom

Pokusy však mohli pokračovať. Tentoraz miónový ťažkým vodíkom, s deutériom. V jadre, okrem protónu a neutrónu, umiestnili izotop deutéria s cieľom zmerať jeho nábojový polomer. Revolučné výsledky zverejnili ako prvý týždeník Nature. O tri roky neskoršie publikovali výsledky opakovaneho experimentu aj časopis Science: hodnota protónového polomeru je 0,84087 plus/mínus 0,00039 femtometra. Hodnota je 10-krát presnejšia ako bola v prípade, keď experimentovali s obyčajným vodíkom.

Vo svete časticovej fyziky nastalo horúčkovité overovanie. Vedci testovali QED výpočty. A tu sú výsledky a ich vysvetlenia.

- Najpravdepodobnejšia ponuka: oficiálna hodnota v banke údajov CODATA je nesprávna. Experiment sa vydaril.
- Rozdelenie nábojov: je možné, že čiastočný elektrický náboj v protóne je iba nepatrne inakšie rozdelený. Možno je obmedzený na menšie jadro, ale obalený rozsiahlym halom, čímsi podobným obálke. (To jedna z hypotéz predpokladala.)
- Rozdielne polomy: nie je vylúčené, že experimenty rozptylu merajú iný polomer protónov ako spektroskopia s Lambovým posunom. Vedci však takú možnosť vylúčili.
- Polarizatelnosť: keď muón prechádza stredom protónu, mohol by ho stimulovať silnejšie, ako sa predpokladalo, a tým jeho elektrické čiastočné náboje významne pozmeniť. Túto možnosť vedci ešte zvažujú, ale v prípade, že by fungovala, hodnota veľkosti protónu by bola iba o 19/20 menšia, ako by mala

byť, aby sa „scvrknutie“ protónu dalo vôbec vysvetliť.

- Objavili sme fyziku mimo štandardného modelu časticovej fyziky. Možno existujú neznáme sily s novými interagujúcimi časticami, ktoré by mohli väzby medzi protónom a miónom pozmeniť. Takéto časticu sa však zatiaľ nenašli. To platí aj pre dodatočné priestorové dimenzie, ktoré predpovedá strnová teória. Ak by boli niektoré dostatočne veľké, mohli by tiež polomer protónov zmeniť.

## Nové experimenty na obzore

Koncom roku 2013 sa pokúsil Pohlov tím zmerať Lambov posun miónového hélia. Tentorakt na to nepotrebovali desať rokov. Zmerali ho na prvý pokus. Z údajov sa dá určiť nábojový polomer atómového jadra miónového  $^4\text{He}$ , teda časticie alfa s 10-násobne vyššou presnosťou ako platná hodnota, ktorú vypočítali z rozptylu elektrónov. Vedci veria, že sa im podarí uskutočniť miónové experimenty pri všetkých ľahkých atómových jadrach: po protóne, deuteróne a  $^4\text{He}$  aj pri tríciu a  $^3\text{He}$ .

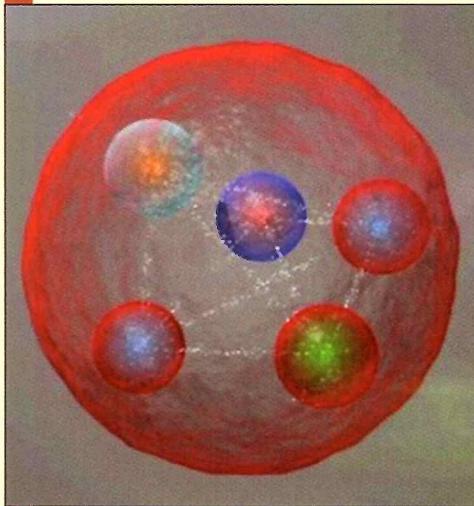
Najväčšie nádeje vkladajú fyzici do „múzy“. Nejde o grécku bohyňu, ale o MUSE (Muon Proton Scattering Experiment), prístroj, ktorý skúma rozptyl miónov na protónoch. V medzinárodnom tíme pracuje dvanásť vedcov. Experiment spustia v PSI v roku 2016. V tomto prípade bude urýchľovač generovať celú paletu časticových lúčov, ktoré budú atómy vodíka simultánne bombardovať. Výhodou je, že vodík bude ostrelovaný nie len elektrónmi a pozitronmi, ale aj miónni a antimiónni, takže výsledky sa budú priebežne porovnávať. Experiment všetky možné chyby podstatne redukuje, pretože systematické chyby sa väčšinou navzájom eliminujú.

Ak aj tento experiment redukované hodnoty veľkosti protónu potvrdí, otvorí sa trhlina medzi fyzikou elektrónov a fyzikou ľahších miónov. Rozdiely medzi experimentmi by podopreli existenciu fyziky mimo štandardného modelu. Vedci by museli nanovo premyslieť kvantovú elektrodynamiku, teda základy najpresnejšie preverenej fyzikálnej teórie.

S elementárnymi časticami je to zväčša tak: už krátko po objave sa stanú svetoznámymi, hoci spôsobu im nikto nerozumie. Rovnako je to s pentakvarkom, ktorý nedávno objavili v CERNe. Hoci bol dávnejšie predpovedaný (matematika takéto symetrie kvarkov pripúšťa), nikto mu ani po objave zatiaľ nerozumie. Nikto nevie, akú má táto častica funkciu v štruktúre hmoty. Zatiaľ ani profesor fyziky Ulrich Uwer, člen nemeckej skupiny pracujúcej v CERNe.



Ulrich Uwer



Model pentakvarku.

Vzorec zlučovania kvarkov do protónov a neutrónov (nielen pentakvarkov, ale možno aj tetrakvarkov, skladajúcich sa zo štyroch kvarkov) sice predpovedali už pred polstoročím, ale v praxi ho nikto nepozoroval. Väčšia časť kolegov považuje objav pentakvarku za porovnatelný s dokázaním Higgsovho bozónu.



Ulrich Uwer je profesor na Fizikálnom ústavе Univerzity v Heidelbergu.

# Čo sú pentakvarky?

Vo Wikipédii sa krátko po objave objavilo heslo „pentakvark“. S týmto vysvetlením: exotický hadrón s baryonovým číslom +1, ktorý sa skladá z piatich kvarkov...

*Ulrich Uwer:* Elementárne častice, zjednodušene, sú častice, z ktorých sa skladá hmota. Protóny a neutróny tvoria jadra atómov. Atómy majú jadro a obálku. V obálke „sa pohybujú“ záporne nabité elektróny, jadro sa skladá z kladne nabitéch protónov a neutrónov, častic bez elektrického náboja. Čo do veľkosti je jadro oproti atómu veľké ako pomaranč oproti kolínskemu domu.

**Pentakvark ste objavili vďaka tomu, že po dvojročnej rekonštrukcii veľkého hadrónového urýchľovača LHC v CERNe ste dokázali zrázať protóny pri bezmála dvojnásobnej energii – 13 biliónov elektrónvoltov. Mimochodom: čo sú to hadróny?**

*Uwer:* Skôr ako si vysvetlíme hadróny, pripomeňme si, že protóny a neutróny nie sú vlastne elementárnymi časticami. Môžeme ich totiž štiepiť na ešte menšie štruktúry, na kvarky. Kvarky objavili ešte v 60. rokoch minulého storočia, keď protóny a neutróny ostrelovali v urýchľovači elektrónmi s vysokou energiou.

**Sú teda kvarky akýmisi črepmi rozbitých protónov a neutrónov?**

*Uwer:* V podstate áno... Nie sú však iba oveľa menšie ako protóny a neutróny, ale majú aj celkom inakšie vlastnosti. A na rozdiel od črepov, keď sa rozbitie pohára, alebo tanier, neexistujú volne.

**Prečo?**

*Uwer:* Kvarky sa iba zriedkavo vyskytujú osamote. Ich správanie riadi príťažlivá sila, ktorá je oveľa silnejšia ako elektromagnetizmus, riadiaci správanie protónov a elektrónov. Túto silu nazývame „silná jadrová interakcia“. Drží kvarky tak silne pospolu, že iba pomocou veľkej energie ich dokážeme od seba oddeliť. A ak sa aj separácia podarí, kvarky sa behom zlomku sekundy opäť usporiadajú do zoskupenia. Takéto zoskupenie kvarkov nazývame hadrón. Teda hadrón je, zjednodušene, pojmom pre všetky skupinky vytvárané kvarkami. Aj pentakvarky sú hadrónmi.

**Podľa Wikipédie sú hadróny „exotické časťice“...**

*Uwer:* Za exotické ich považujme preto, lebo sa skladajú z piatich kvarkov. Vedci doteraz poznali iba kvarky v skupinkách po troch (**baryóny**), alebo po dvoch (**mezóny**). Napríklad protóny i neutróny sa skladajú z troch kvarkov. Objav skupinky zloženej z piatich kvarkov vnímali sme aj v CERNe ako istú senzáciu. (Poznámka: kritérium delenia na baryóny a mezóny navrhlo v 60. rokoch americký fyzik Murray Gell-Mann, ktorý za objavy okolo kvarkov dostal v roku 1969 Nobelovu cenu za fyziku. Mimochodom, Gell-Mann navrhol a presadil na označenie týchto exotických elementárnych častic aj pojem kvark, ktorý objavil v slávnom románe Jamesa Joycea Ulysses.)

**Ako došlo k objavu pentakvarku?**

*Uwer:* V podstate náhodou... Pred tromi rokmi, ešte pred rekonštrukciou urýchľovača LHC,

sme si všimli isté, opakujúce sa nezrovnalosti, či presnejšie výkyvy v údajoch. Po zrážkach zväzkov protónov pri tzv. lambda b rozpade na tri ďalšie časticu. Ukázalo sa, že práve takto sa prejavovali dva rôzne pentakvarky, dovtedy iba virtuálne hypotetické časticie.

**Elektróny a protóny držia pospolu, pretože majú opačné náboje, ktoré sa navzájom neutralizujú: plus a minus. Sú aj kvarky elektricky nabité?**

*Uwer:* Sú, ale nedrží ich pohromadé elektromagnetická sila, ale sila silnej jadrovej interakcie, ktorá pôsobí istou formou náboja iba na veľmi krátke vzdialenosť.

**Ako si môžeme takýto náboj predstaviť?**

*Uwer:* S tým si nie sú ani fyzici načistom... Radšej hovoríme o „farebnom náboji“...

**Kvarky sú pestré?**

*Uwer:* Neberte to doslova. Ide o metaforu, ktorá sa skladá z dodatočne namiešanej zmesi farieb. Predstavte si červené, zelené či modré reflektory, ktorých lúče sa prekrývajú na bielej ploche. Tá plocha bude biela, teda farebne neutrálna. Rovnako je to s kvarkami: keď sa tri rozlične sfarbené kvarky ocitnú vedľa seba, sú aj navonok „neutrálne“. A teraz si môžeme vysvetliť tie hadróny: definujeme ich ako „farebne neutrálne, previazané kvarkové stavy“. V takomto farebne neutrálnom stave sa nachádza aj pentakvark. Preto je hadrónom.

**Ako môže byť pentakvark farebne neutrálny, keď sa skladá z piatich kvarkov? Nemalo by ich byť šest? Dva červené, dva zelené dva modré?**

*Uwer:* Nie, pretože existuje aj antifarba. Antizelená eliminuje zelenú. Antimodrá neutralizuje modrú. Atakdalej... Pentakvark sa teoreticky môže skladá z jedného zeleného, jedného modrého a jedného červeného kvarku plus jedného zeleného a jedného antizeleného kvarku (zeleného antikvarku). Môžne sú aj iné kombinácie.

**Znie to absurdne...**

*Uwer:* Farebný náboj je iba pomocný pojem. Označuje iba jednu z vlastností kvarku. Tú, že sa tieto časticie navzájom príťažujú a držia pospolu. Pri pentakvarkoch je však tento stav iba dočasný. Rýchle sa rozpadajú na ľahšie hadróny. Takéto zoskupenia trvajú iba  $10^{-23}$  sekúnd.

**Aký význam má objav pentakvarku pre fyziku mikrosvetla?**

*Uwer:* To sa ešte len ukáže... Ak sa objav potvrdí, otvorí sa možno úplne nový pohľad na fyziku. Vzorec takéhoto zlučovania kvarkov do protónov a neutrónov (nielen pentakvarkov, ale možno aj tetrakvarkov, skladajúcich sa zo štyroch kvarkov) sice predpovedali už pred polstoročím, ale v praxi ho nikto nepozoroval. Väčšia časť kolegov považuje objav pentakvarku za porovnatelný s dokázaním Higgsovho bozónu. Teda za jeden z dvoch najvýznamnejších objavov na prístrojoch v CERNe. Menšia časť vedeckej obce sa nazdáva, že objav fundamentalnú zmenu v chápaniu prírody neprinesie.

**Podľa Die Zeit**

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

# Nová etapa urychlovače LHC v cestě za fyzikou z počátku vesmíru

Po více než dvouleté přestávce začal v evropské laboratoři CERN nedaleko Ženevy znovu ožívat největší současný urychlovač na světě LHC. Dne 21. května 2015 se na něm uskutečnily první srážky při nové rekordní energii. Urychljené protony mají nyní energii 6,5 TeV (6500 GeV). Připomeňme, že klidová energie protonu, která souvisí s jeho hmotností v klidu, je pouhých 0,94 GeV. To znamená, že hmotnost takto

urychljeného protonu vzroste oproti klidové hodnotě téměř sedm tisíckrát. Kvantová fyzika umožňuje získanou kinetickou energii přeměňovat při srážkách na hmotu nových částic. Pro jejich produkci je tak k dispozici 13 TeV energie. V principu proto můžeme získávat nové neznámé částice více než tisíckrát těžší než proton. Podívejme se na to, co už urychlovač dokázal a co se od něj čeká v příštích letech.

## Co může urychlovač zjistit o raném vesmíru?

Pro kosmologii jsou dvě důležité oblasti, ve kterých urychlovač LHC testuje ty nejranější fáze vývoje vesmíru. Experimenty s jeho pomocí umožňují studovat fyziku extrémně raných stádií jeho vývoje. A dokonce umožňují přímo připravit a zkoumat hmotu, a to jen z o něco pozdějších období.

První zmíněná oblast tak umožňuje podívat se na fyziku panující v situaci, kdy v horké hmotě vesmíru dochází ke srážkám částic s energií, která odpovídá energiím neseným jednotlivými komponentami (partony), z nichž se skládají protony srážející se na LHC. Proton má sice rozdíl pouze jeden femtometr ( $10^{-15}$  m), přesto však má velice komplikovanou strukturu. Tvoří jej tři kvarky, které se označují jako konstituentní. Mezi nimi působí silná interakce, která je drží v protonu pohromadě. Tato interakce je zprostředkována gluonym. Je extrémně intenzivní a vytváří v protonu velice komplikované a energií nabité kvantové vakuum. Pokud tak proton urychlíme, nesou jen zhruba třetinu energie v něm konstituentní kvarky. Zhruba dvě třetiny energie jsou však ve virtuálních gluonech a virtuálních párech kvark a antikvark, které jsou součástí zmíněného komplikovaného vakua. Kvarky a gluony v protonu označujeme jako již zmíněné partony a jsou z pohledu srážek při energiích na urychlovači LHC bodovými objekty. Nesrážejí se tak protony jako celky, ale dochází ke srážkám těchto partonů. Z nich každý však má zhruba jen desetinu celkové energie urychljeného protonu.



Řídící místnost urychlovače LHC při začátku srážení v druhém experimentálním období. Zdroj: CERN

Víme, že teplota hmoty je dána chaotickým pohybem částic, které ji tvoří. Její hodnota je dána kinetickou energií těchto chaoticky se pohybujících částic. Pokud by hmota byla složená z kvarků, které by měly energii danou jejich chaotickým tepelným pohybem o velikosti kinetické energie spojené s kvarky v protonu urychlém na LHC, byla by její teplota okolo  $8 \cdot 10^{15}$  K. Experimenty na urychlovači LHC tak testují fyziku fungující za této teploty, ale neprodukuje se hmota s touto teplotou.

Druhou možností je reálné získání hmoty s extrémní teplotou. K tomu slouží srážky těžkých jader, v případě urychlovače LHC jader olova. Po prvních srážkách jednotlivých partonů (kvarků a gluonů) dochází k dalším srážkám a původní kinetická energie uspořádaného pohybu proti sobě urychljených jader olova se přemění na klidovou energii velkého počtu nových částic a také kinetickou energii chaotického pohybu těchto

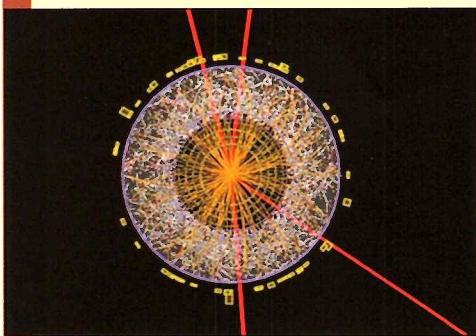
částic. A právě chaotický pohyb částic určuje teplotu daného prostředí. K tomu, aby vznikla hmota s dobře definovanými termodynamickými veličinami (hustotou, teplotou a tlakem), musí nastat stav termodynamické rovnováhy, tedy vyrovnaní těchto veličin (například právě teploty) v daném objemu. Velice důležité je zjistit, zda a kdy se tato termodynamická rovnováha stihne nastolit během srážky jader na LHC. V tomto případě opravdu dostaneme kapku hmoty, která má vlastnosti podobné vlastnostem hmoty z počátku vesmíru. Velmi vysokou míru chaotického pohybu částic, které ji tvoří, a tedy i vysokou teplotu. Ovšem tato teplota je přece jen nižší, než ke které jsme se dostali v předchozím případě.

Srážky na urychlovači LHC nám umožňují zkoumat fyziku, která panuje za teploty okolo  $8 \cdot 10^{15}$  K. Tedy stav vesmíru v době v rádu zlomků pikosekundy po začátku jeho rozprávání. Ovšem hmota, kterou na něm můžeme opravdu vytvořit a přímo zkoumat, má nejvyšší teplotu zhruba  $2 \cdot 10^{12}$  K, tedy více než o tři rády nižší. Takové teploty byly ve vesmíru v čase v rádu jednotek mikrosekundy po začátku jeho rozprávání.

## Standardní model hmoty a interakcí

Než se budeme věnovat dosaženým výsledkům experimentů využívajících LHC, zopakujme základní vlastnosti současné teorie popisující





Pozorování higgse, který se rozpadl na dva páry mionu a antimionu, experimentem ATLAS.

Zdroj: CERN

strukturu hmoty. Tou je Standardní model hmoty a interakcí. Jeho základem jsou dva soubory elementárních častic.

Prvním souborem jsou **částice hmoty**. Těmi je šestice kvarků, které interagují silnou interakcí, a šestice leptonů, na které silná interakce nepůsobí. Zatímco kvarky **u, d, s, c, b a t** mají všechny elektrický náboj (buď dvě, nebo jednu třetinu elektrického náboje elektronu), leptony se dělí na dvě skupiny. V první jsou elektron, mion a tauon, ty mají elektrický náboj velikosti náboje elektronu. V druhé pak elektronové, mionové a tauonové neutrino. Ta jsou, jak napovídá i jejich název, neutrální. Jak k šestici kvarků, tak k šestici leptonů existují příslušné antičástice.

V Standardním modelu tak máme i šestice antikvarků a šestice antileptonů.

K tomu, aby vznikl svět, ve kterém žijeme, však potřebujeme interakce, které dokáží částice hmoty spojit do, někdy i velice komplikovaných, systémů. Standardní model popisuje tři interakce, které jsou zprostředkovány **částicemi interakcí**. Ty tvoří druhý soubor častic Standardního modelu. **Silná interakce** dokáže svázat kvarky a antikvarky do častic, které se označují jako **hadrony**. Je zprostředkována výměnou gluonů, kterých je celkově osm. Má tři druhy nábojů, které se označují jako červený, zelený a modrý. **Elektromagnetická interakce** je zprostředkována výměnou fotonů a má jen dva druhy náboje, kladný a záporný. **Slabá interakce** je zprostředkována trojicí velice těžkých bosonů  $W^+$ ,  $W^-$  a  $Z^0$ .

Hadrony musí být z pohledu náboje silné interakce neutrální. To lze zajistit, když dáme k sobě tři kvarky s rozdílnými barvami. Takové hadrony se označují jako **baryony**. Další možností je spojení kvarku (barva) a antikvarku (odpovídající antibarva). Takové hadrony se označují jako **mezony**. Mezi baryony složené z kvarků s nejnižší hmotností  $u$  a  $d$  patří i **proton** a **neutron**, ze kterých lze složit jednotlivá **atomová jádra**. Protony a neutrony drží v jádře silná jaderná vazba založená na silné interakci. Pokud přidáme k jádru takový **počet elektronů**, aby odpovídal počtu protonů v něm, dostaneme **neutrální atom**. Elektrony drží v atomu elektromagnetická interakce. A pokud spojíme molekulární vazbu založenou na elektromagnetické interakci atomy do jednoduchých i složitějších **molekul**, dostaneme celou komplexnost a pestrost našeho světa.

Slabá interakce je slabá nejen podle názvu, a to extrémně. Nedokáže tak žádný systém spojit dohromady. Umožňuje však řadu procesů, které jiné interakce realizovat nedokáží. Třeba přeměnu jednoho kvarku na jiný. Například právě v neutronu, který se tak přemění na proton s vyzářením elektronu a elektronového antineutrino. Nebo další případy rozpadu beta i jiných reakcí. Popsat slabou interakci pomocí Standardního modelu nelze bez zahrnutí popisu elektromagnetické interakce. Společná teorie elektroslabé interakce musí vysvětlit to, že má foton nulovou klidovou hmotnost a tři bosony slabé interakce jsou osmdesátkrát až devadesátkrát těžší než proton. Součástí vysvětlení této skutečnosti byla interakce mezi těmito bosony popisovaná Higgsovým mechanismem. I když byla teorie elektroslabé interakce vypracována až v sedmdesátých letech, samotný Higgsov mechanismus byl popsán fyziky Peterem Higsem, Francoisem Englertem a Robertem Broutem. Došlo tak k předpovědi existence nové částice ve Standardním modelu, které se začalo říkat **Higgsov boson**, nebo krátce **higgs**.

Standardní model bohužel nedokáže předpovědět hmotnost higgse. Proto se každý nový urychlovač postavený od počátku osmdesátých let snažil higgse ulovit. Urychlovač LHC byl však z tohoto hlediska ve specifické situaci. Standardní model sice neříkal, jaká bude hmotnost higgse, ale ukazoval, že jeho hmotnost by neměla překročit určitou hranici. Na LHC se tak musel objevit, jinak by bylo se Standardním modelem něco hodně v nepořádku.



Peter Higgs na návštěvě v laboratoři CERN.

Zdroj: CERN

Příprava vnitřních dráhových detektorů experimentu CMS.

Zdroj: CERN





Řídící místnost experimentu ALICE v okamžiku začátku druhého období experimentování.

Zdroj: CERN

## Co urychlovač zatím řekl k fyzice v extrémních podmínkách

Podívejme se teď, co nám urychlovač LHC řekl v oblasti zkoumání fyziky popisující extrémní stavy hmoty a v oblasti přímého zkoumání velmi horké hmoty. Jako první se podíváme právě na studium fyziky, která popisuje hmotu v nejextrémnějších podmínkách. Jeho hlavním úkolem v této oblasti, a jak bylo ukázáno přímo povinností, bylo objevit Higgsův boson. Poslední částice chybějící ve struktuře Standardního modelu hmoty a interakcí. Na prokázání jeho existence tak byly zaměřeny dva ze čtyř velkých experimentů – ATLAS a CMS.

Higgs, jako řada čistic, žije jen velice krátkou dobu. Informaci o jeho vzniku tak můžeme dostat až pomocí sekundárních častic, na které se rozpadne a které doletí až do detektorů umístěných okolo místa srážky. Pokud sekundární částice identifikujeme a určíme jejich energie a hybnost, umožňuje nám Einsteinova speciální teorie relativity určit klidovou hmotnost původní částice. Částice, na které se higgs rozpadá, mohou vznikat i v jiných procesech. Pokud z častic, které nevznikly rozpadem higgse, spočteme klidovou hmotnost, dostaneme různé hodnoty, které vytváří pozadí. Velikost tohoto pozadí však dokážeme pomocí Standardního modelu určit. Oba zmíněné experimenty tak intenzivně zkoumaly, zda nevidí nějaký přebytek, píš navíc, na pozadí předpokládaném Standardním modelem u daného rozpadu. Již v prosinci 2011 tak byly ohlášeny první náznaky existence nové částice s hmotností 125 GeV (zhruba 133 hmotností protonu) v rozpadech na dva fotony a na dvě dvojice elektron-pozitron nebo mion a antimion.

Standardní model sice nedokáže určit hmotnost higgse, ale předpovídá přesně jeho další vlastnosti. Pokud je jeho hmotnost známa, velice přesně předpovídá pravděpodobnost jeho vzniku za různých podmínek a také jeho rozpady. Vysoká statistika srážek a studium řady typů rozpadů nově objevené částice umožnily prokázat, že se jedná přesně o higgse předpovídánoho Standardním modelem. Nejdůležitější bylo, že pravděpodobnost společné produkce higgse s nějakou časticí nebo rozpadem higgse, který ji obsahuje, závisí na hmotnosti částice. Právě to, že produkce či rozpad higgse je nejvíce spojen s nejtěžšími česticemi, dokazuje jeho původ

v Higgsově mechanismu. Proto se mohli Peter Higgs a Francois Englert v roce 2013 vypravit do Stockholmu pro Nobelovu cenu. Robert Brout se bohužel této události nedožil.

Pomocí LHC se podařilo také prokázat existenci řady dalších hadronů obsahujících druhý a třetí nejtěžší kvark *b* a *c*. Zároveň se podařilo studovat celou řadu velice vzácných procesů, které by mohly být citlivé k nové fyzice za Standardním modelem. Všechna měření však zatím plně potvrzují předpovědi Standardního modelu. Ukazuje to tak, že i fyziku hmoty vesmíru s teplotou  $10^{16}$  K, která byla v době, kdy jeho rozpínání neprobíhalo déle než zlomky pikosekundy, lze velice dobře popsat čistě Standardním modelem. Vliv nové fyziky je u ní zanedbatelný.

## Co víme o kvark-gluonovém plazmatu za extrémních teplot

Podívejme se, jak vypadá horká a hustá hmota, která se při srážkách těžkých jader na LHC vyprodukuje. Už srážky těžkých jader urychlených na zařízení SPS, které dnes slouží jako předurychlovač pro LHC, s pevným terčem ukažovaly náznaky vzniku úplně nové formy jaderné hmoty. Její existenci předpověděli teoretici již v sedmdesátých letech a název kvark-gluonové plazma ji dal V. Shuryak. Využil analogie s klasickým plazmatem, čtvrtou fází normální hmoty. Zatímco v normálním plazmatu dochází k uvolnění elektronů a vzniká směs volných iontů a elektronů v kvark-gluonovém plazmatu, který je čtvrtou fází jaderné hmoty, se uvolní kvarky z hadronů a navíc vznikne velké množství gluonů. Dostaneme tak systém volných kvarků a gluonů.

Teoretici předpokládali, že se bude jednat o systém, kde kvarky a gluony budou mezi sebou interagovat velice slabě. Kvark-gluonové plazma tak bude připomínat plyn. Když se tak na urychlovači RHIC v Brookhavenu podařilo poprvé nesporně prokázat existenci této fáze jaderné hmoty a studovat její vlastnosti, přišlo obrovské překvapení. Při těch teplotách, kterých se podařilo dosáhnout, se plazma chovalo jako ideální kapalina. Tedy kapalina s extrémně nízkou viskozitou, která velice snadno teče. Označuje se za silně interagující kvark-gluonové plazma. Zákonitě tím vznikla i otázka, jestli není rozdíl v chování kvark-gluonového plazmatu dán

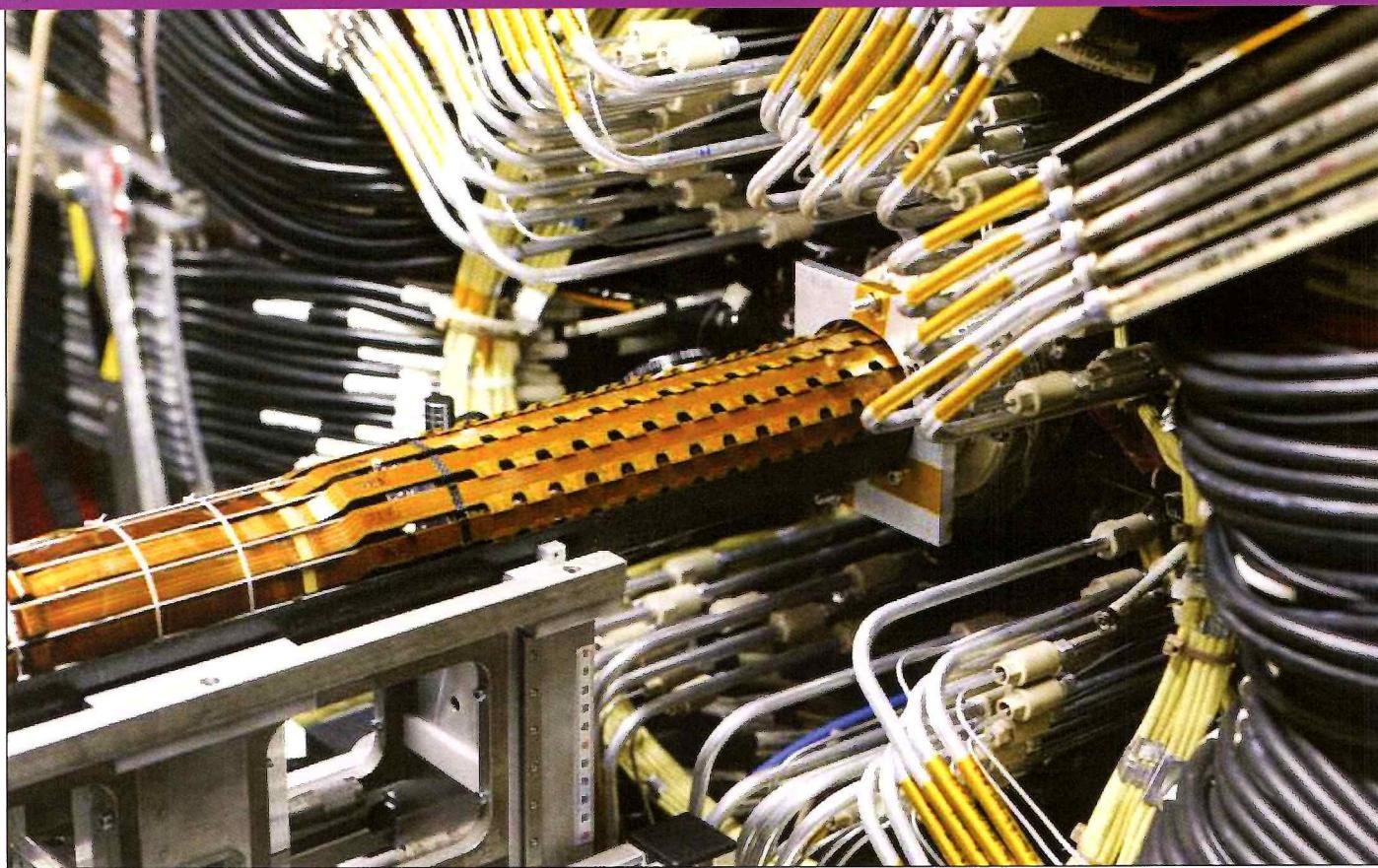
pouze tím, že jsou dosažené teploty zatím příliš nízké a příliš blízko přechodu z fáze kvark-gluonového plazmatu do hadronového plynu. A slabě interagující kvark-gluonové plazma předpovídáne třeba V. Shuryakem se objeví až při teplotách mnohem vyšších.

Vyšší teploty, které umožňuje LHC dosáhnout, poskytly možnost se od místa fázového přechodu vzdálit. Druhým velmi důležitým pokrokem je i daleko větší objem kvark-gluonového plazmatu, který při srážkách na LHC vzniká. To zlepšuje možnosti jeho studia. Plazma musíme zkoumat pouze nepřímo, trvání jeho existence je velmi krátké a je ho i na LHC jen extrémně malá kapka. Informace o vlastnostech a chování horké a husté hmoty nesou částice, které vyzáří, a ty jsou pak zachyceny detektory. Energetické spektrum častic například umožňuje zjistit teplotu, kterou měla hmota v době jejich vyzáření. Je to podobné tomu, když se ze spektra viditelného světla z hvězdy (její barvy) dá určit její teplotu. Při srážce na LHC už vznikne takový objem kvark-gluonového plazmatu, že počet vyzářených častic stačí pro získání spektra i z jedné srážky. Dají se tak studovat i rozdíly v chování hmoty v jednotlivých srážkách. Kromě obecných vlastností tak lze studovat fluktuace vlastností mezi jednotlivými srážkami.

Velice důležité je zkoumání úhlového rozdělení častic vůči rovině (geometrii) srážky. Ukazuje kolektivní pohyby častic vznikající při srážce, které umožňují zjistit viskozitu kvark-gluonového plazmatu, případně z ní vzniklého hadronového plynu. Tedy určit, jak snadno tyto různé fáze jaderné hmoty tečou. Lze také zjistit, kdy tyto kolektivní toky vznikly. Mělo by to být právě v době, kdy se vyrovnala hustota a teplota a ustanovila se termodynamická rovnováha. I pozorování experimentů využívajících urychlovač LHC potvrzuji, že termodynamická rovnováha vzniká už v kvark-gluonovém plazmatu, tedy předtím, než se proměnilo na hadrony.

Důležitým zdrojem informací o kvark-gluonovém plazmatu je studium pohlcování výtrysků, které vznikají při hluboce nepružného rozptýlu partonů (kvarků nebo gluonů), který nastane v první fázi srážky dvou jader. Při nich se značná část kinetické energie, kterou partony získaly urychlením, přemění na nově vzniklé kvarky a antikvarky. Vzniknou tak dva výtrysky velkého počtu kvarků, které se pohybují v opačných směrech. Postupně se pospojují do hadronů a v detektorech pozorujeme dva výtrysky velkého počtu hadronů v opačných směrech od místa srážky. Pokud se tyto kvarky před hadronizací prodrají normální hadronovou hmotou, potkávají z pohledu silné interakce neutrální hadrony. Jejich ztráta energie při prodírání hmotou je malá. Výtrysky tak nejsou zeslabené. Pokud se prodírají kvark-gluonovým plazmatem, setkávají se s kvarky a gluony, které nesou barevný náboj silné interakce. Při interakci s nimi tak kvarky ztrácejí energii a výtrysk se zeslabuje. Pokud je dostatečně blízko hranice zóny s kvark-gluonovým plazmatem, tak se přes něj dostane a je možné výtrysk pozorovat. Pokud naopak musí procházet tlustou vrstvou plazmatu, je silně zeslaben, nebo dokonce úplně pohlcen. Právě silné pohlcení výtrysků bylo hlavním přímým důkazem existence kvark-gluonového plazmatu.





Nová vrstva křemíkových dráhových detektorů u experimentu ATLAS.

Zdroj: CERN

Poprvé se pozorovalo na urychlovači RHIC v Brookhavenu.

V současnosti je míra pohlcení a tvar výtrysků, který se mění s tloušťkou překonávaného kvark-gluonového plazmatu, hlavním zdrojem informací o procesech, které v této fázi jaderné hmoty probíhají. Jedním z nich je například emise gluonového brzdného záření. To vzniká, když jsou rychle se pohybující kvarky s barevným nábojem intenzivně zpomalovány v poli jiného barevného náboje. Vyzářují tak záření složené z částic přenášejících silnou interakci, tedy gluonů s vysokou energií. Je to podobné tomu, když se rychlá elektricky nabité částice zpomaluje ve velmi intenzivním elektrickém poli jádra. V tom případě emituje brzdné záření fotonů s vysokou energií – záření gama. Důležitá je identifikace různých procesů a určení jejich vlivu na ztrátu energie vysokoenergetických kvarků ve výtrysku. Zároveň je také pozorování průběhu ztráty energie ve výtrysku a změny jeho tvaru důležitým zdrojem informací o vlastnostech hmoty, kterou se prodírá.

Znalost vlastností kvark-gluonového plazmatu při různých teplotách a hustotách jsou důležitou podmínkou popisu přesného průběhu rozpínání našeho vesmíru v době, kdy byla jeho hmota v této fázi. A srážky těžkých jader urychlených na velmi vysoké energie nám umožňují tuto hmotu a její proměny studovat. Jak už bylo zmíněno, ukázaly se být vlastnosti kvark-gluonového plazmatu v blízkosti jeho fázového přechodu na hadronový plyn velmi odlišné od původních teoretických předpovědí.

Zajímavou informací je také, že právě pro fázový přechod v podmírkách raného vesmíru i srážek na LHC se uskutečnil prostým přechodem. Nedochází k fázovému přechodu prvního ani druhého druhu, takže se nepozoruje změna v chování termodynamických parametrů a už

vůbec se nepozorují jevy srovnatelné třeba s koexistencí ledu a vody nebo vody a páry.

Je třeba připomenout, že právě u srážek jader na LHC probíhá fázový přechod mezi kvark-gluonovým plazmatem a hadronovým plynem v podobné oblasti fázového diagramu, tedy podobným způsobem, jako u fázového přechodu u raného vesmíru. Hodně rozdílný je jen časový průběh. Zatímco průběh rozpínání kvark-gluonového plazmatu při srážce relativistických těžkých jader trvá v řádu  $10^{-22}$  s, rozpínání vesmíru, než se dostal do fáze hadronového plynu, trvalo 10 mikrosekund ( $10^{-5}$  s). Je to způsobeno tím, že rozpínání vesmíru bylo zpomalováno gravitační silou. To vede k podstatnému rozdílu ve složení rozpínajícího se kvark-gluonového plazmatu a hadronového plynu, který z kvark-gluonového plazmatu vznikne, v těchto dvou případech. Je způsoben tím, že v raném vesmíru se velký počet krátce žijících částic rozpadne dříve, než dojde k poklesu na danou teplotu, a to jak v kvark-gluonovém plazmatu, tak v hadronovém plynu.

Za velmi vysokých teplot mohou v kvark-gluonovém plazmatu při nepružných srážkách kvarků a gluonů vznikat kvarky a antikvarky všech typů až po nejtěžší  $t$ . Zároveň vznikají všechny leptony a antileptony, i ten nejtěžší tau lepton. A také bosony  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  i nedávno potvrzené higgsy. Ty v kvark-gluonovém plazmatu raného vesmíru s velmi vysokou teplotou neustále vznikají a zanikají, takže jde o velmi silně klopotající kvark-gluonovou polévkou. Po poklesu teploty postupně přestanou vznikat ty nejtěžší částice, jako  $t$  kvarky, bosony slabé interakce a higgsy, pak i lehké kvarky  $b$  a  $c$ . Postupně se tak snižuje pestrost složení tohoto plazmatu v raném vesmíru.

V případě hadronového plynu v raném vesmíru se nerozpadnou za doby existence hmoty

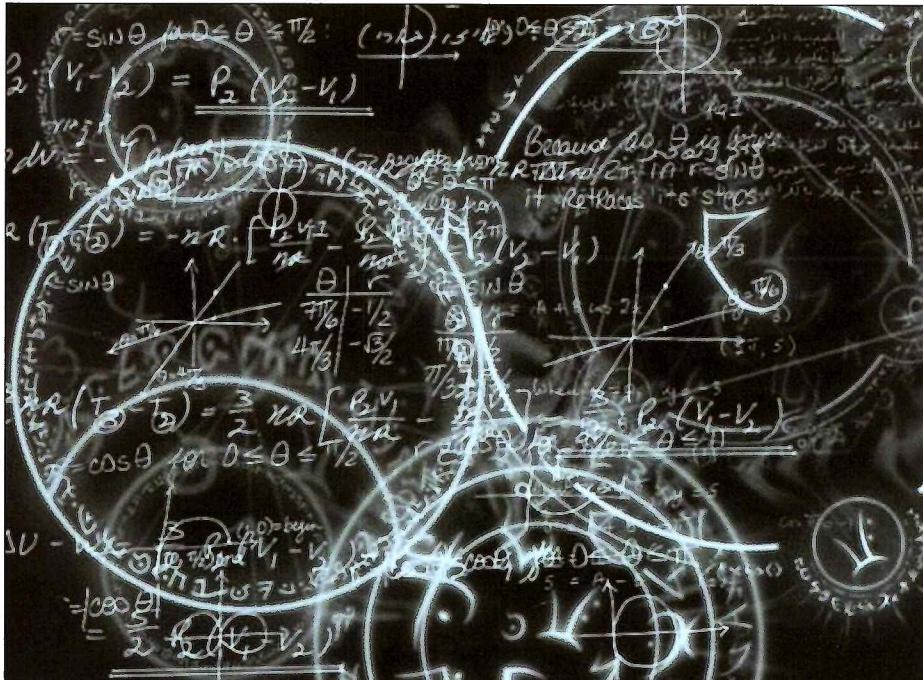
jen rezonance s dobou života v řádu  $10^{-23}$  s, jako je tomu u srážek na LHC, ale i neutrální mezony  $\pi$  s dobou života v řádu desetin femtosekundy. A dokonce i nabité  $\pi$  mezony, které mají dobu života v řádu desítek nanosekund. Pokud je teplota dostatečně vysoká, aby při nepružných srážkách s kinetickou energií, kterou mají částice z chaotického tepelného pohybu, vznikaly dané částice, tak se nejen rozpadají, ale i vznikají. Pokud však teplota klesne na nižší hodnoty, nové částice s danou hmotností už nevznikají, jen se rozpadají. Postupně tak dochází k chemickému vymrznutí různých hadronů, přestávají vznikat. Pokud je čas rozpínání kratší, než časy rozpadu hadronů, nemění se po chemickém vymrznutí hadronové složení horké jaderné hmoty. Pokud je čas rozpínání delší než doba života jednotlivých hadronů, ty postupně z horké jaderné hmoty mizí. Hadronový plyn má tak při dané teplotě jiné složení (obsahuje méně typů různých hadronů) v raném vesmíru než v rozpínající se hadronové hmotě při srážce na LHC.

Dalším důležitým rozdílem je i velice malý objem a ohrazenost kapky horké a husté hmoty vzniklé při srážce těžkých jader. Řada částic, které neinteragují silně, tak mohou z objemu vyletět bez interakce. V případě experimentů na LHC je to dokonce výhodné, využije se toho, že tyto částice nejsou po svém vzniku ovlivněny a nesou přímou informaci z jejich mateřské hmoty. I přes tyto rozdíly je však studium srážek těžkých jader na urychlovači LHC velmi důležitým zdrojem informací o chování silně interagující hmoty složené z volných kvarků a gluonů a z ní vzniklého hadronového plynu, které se vyskytovaly v rané fázi vývoje našeho vesmíru.

**VLADIMÍR WAGNER**

Pokračovanie článku v nasledujúcom čísle

# Matematika - jazyk nášho dialógu s vesmírom



Ak začneme uvažovať o skutočnej podstate vesmíru, po určitom počte krokov si uvedomíme, že vo veľmi širokej palete objektov a dejov existuje zjednocujúci mechanizmus a tým je *matematika*. V článku sa autor snaží dokázať, že bez nej by bol vesmír ešte stále zahalený rúškom tajomstva. Ukažuje, že matematika nie je súhrn ľubovoľných, spoločnosťou vymyslených pravidiel, ale *jazyk*, ktorým dokážeme „komunikovať“ s hviezdami.

V súčasnej dobe sme ešte stále viazaní iba na Slnečnú sústavu. Hoci v porovnaní s rozsahom vesmíru to neznie dosť vznešene, ale je to pokrok oproti dobe, keď sme boli viazaní iba na našu planétu, prípadne na okolie nášho pobytu. Za prelomové môžeme označiť momenty, keď Galileo namieril svoj (vreckový) dalekohľad na oblohu, alebo keď Kepler zistil, že planéty sa pohybujú po eliptických dráhach okolo Slňka, alebo ešte keď Newton objavil gravitačný zákon.

Pri všetkých týchto udalostach bola mate-

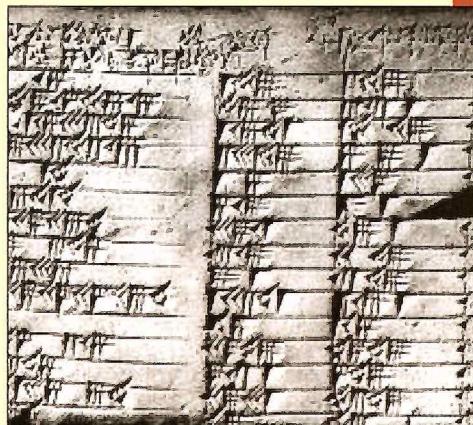
matika. Umožnila rozšíriť nás pohľad do kozmu. Pozrime sa teda na jej vývoj od začiatku. Ako postupne prenikala do našej existencie.

Matematika takmer určite vznikla už v samotných počiatkoch ľudskej civilizácie. Určite pred obdobím mezopotámskej kultúry (2. – 3. tisícročie pred našim letopočtom), od ktorej máme prvé organizované matematické záznamy. Zanechala nám na hlinených tabulkách záznamy napríklad o mesačných a slnečných zatmeniach a nahromadené poznatky o mnohých prírodných, historických a spoločenských skutočnostiach.

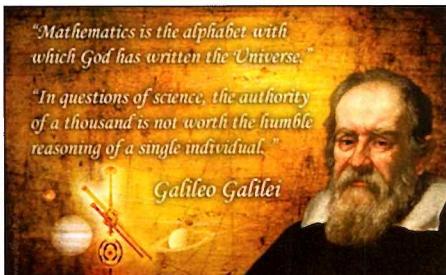
Matematiku môžeme považovať jednak za systém odpozorovaný v prírode a jednak vytvorený ľuďmi. Zo začiatku ide o možnosť aritmeticky vyjadriť prírodné kvantity a neskôr to prerastá do oveľa zložitejších konštrukcií, ktoré sa už v prírode nevyskytujú, ale umožňujú nám s ňou komunikovať na vyššej úrovni.

Vývoj matematiky prebieha paralelne s vývojom spoločnosti a v každej kultúre prebieha samostatne, pričom je podivuhodné, že hoci jednotlivé kultúry nemali žiadny kontakt, vyvinuli porovnatelné matematické konštrukcie. Je možné, že spájajúcim článkom bolo štúdium javov na oblohe, ktorá je spoločná pre všetky kultúry. Pokroky v astronomických predstavách vyžadovali stále zložitejšie matematické konštrukcie a táto spätná väzba bola zjednocujúcim prvkom

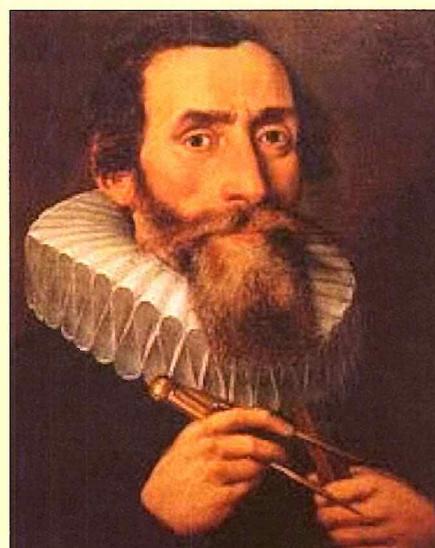
Na stránke „UNIVERSE TODAY“ sa 6. júna t. r. objavil rozsiahly článok (s rovnakým titulom, aký má toto pokračovanie seriálu Astronomického sprievodcu) od J. Carrola. Vzápäť sa na internete objavilo množstvo komentárov, súhlasných aj nesúhlasných. Myslím, že ide o zaujímavú tému a pokúšam sa ju sprostredkovať pre našich čitateľov. Vzhľadom na obmedzený priestor som namiesto prekladu volil formu komentovaného skráteného výťahu z pôvodného článku a aj z najzaujímavejších komentárov.



Prvé záznamy o matematických poznatkoch sa našli v Babylone.



Galileo Galilei (1564 – 1642).



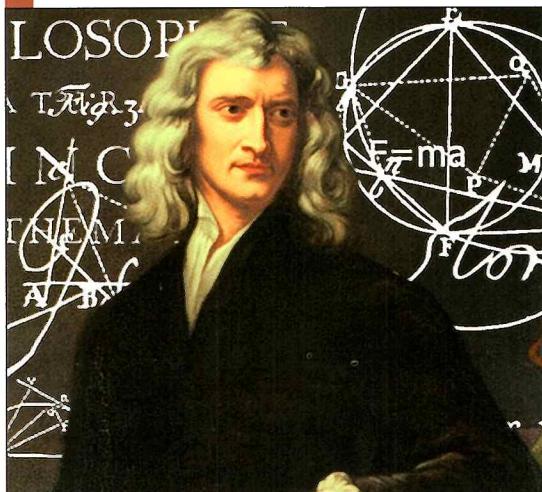
Johannes Kepler (1571 – 1630).

pre rozvoj matematických metód v rôznych kultúrach.

Galileovi vďačíme za prvé modernejšie predstavy o dynamike. Okrem iného zistil, že rýchlosť voľného pádu nezávisí od hmotnosti padajúceho telesa. Kepler využil svoje, na vtedajšiu dobu rozsiahle znalosti matematiky, na opis pohybu planét, ktoré dnes poznáme ako Keplerove zákony. Tieto umožňovali oveľa presnejšie predpovede polohy planét ako pri použití Koperníkovej teórie o kruhových dráhach planét, alebo pri použití Ptolemaiových epicyklov.

Je zaujímavé, že Ptolemaiova sústava epicyklov bola v tej dobe natoľko prepracovaná, že pri predpovediach polohy planét dávala lepšie výsledky ako Koperníkova teória, hoci táto postavila Slnko a Zem do správnej polohy.

Newton nielenže formuloval gravitačný zákon o príťažlivosti hmotných telies vo vesmíre, ale pomocou ním objaveného infinitezimálneho počtu dokázal vyriešiť tzv. problém dvoch telies,



Isaac Newton (1643 – 1727).

výsledkom ktorého bolo aj spresnenie tretieho Keplerovho zákona o vzťahu medzi veľkosťou planéty (a) a obežnou dobou (T).

Kepler empiricky zistil, že:  $T^2/a^3 = C$  (konštanta) pre danú sústavu s centrálnym telesom (Slnko s planétami, alebo planéta so satelitmi).

Newton zistil, že veľkosť konštanty závisí od hmotnosti zúčastnenej dvojice telies:

$$C = 4\pi^2/(M + m),$$

kde K je gravitačná konštantá a M hmotnosť centrálneho telesa. Tento vzťah je dodnes jediným, ktorý umožňuje určiť hmotnosť vzdialených hviezd (podľa znalosti parametrov dvojhviezd).

Hádam niet lepšej ilustrácie o výkonnosti matematiky v astronómii, ako je objav planéty Neptún v septembri 1846. Rozvoj matematických metód v dynamike telies Slnečnej sústavy viedol v 18. storočí k vypracovaniu tzv. teórie porúch. Tá dokázala zohľadniť pri opise polohy planét aj ich vzájomnú príťažlivosť, ktorá spôsobovala deformáciu eliptických dráh.

V roku 1821 Alexis Bouvard zostavil zoznam vypočítaných poloh Urána (efemeridy). Pri porovnaní s pozorovaniami sa zistilo, že odchýlky polohy tejto planéty (v tom čase bol Urán poslednou planétou Slnečnej sústavy, lebo Neptún ešte objavený neboli) sa nedajú vysvetliť pôsobením ostatných planét. Francúzsky matematik Le Verrier a nezávisle na ňom anglický astronom

Adams pripísali tieto odchýlky pôsobeniu neznámej planéty na dráhu Urána. Pomocou aparátu teórie porúch dokonca vypočítali polohu a vlastnosti predpokladanej planéty. Le Verrier poslal svoje výpočty nemeckému astronómovi Gallemu a ten na observatóriu v Berlíne s pomocou študenta d'Arresta našiel planétu Neptún v noci z 23. na 24. septembra 1846 iba 1 stupeň od predpovedanej polohy. Bolo isté, že ide o planétu, keďže hviezda menila svoju polohu medzi inými hviezdami.

Bol to triumf matematiky a nesporne potvrdenie Newtonovho gravitačného zákona.

Tento spôsob matematického overovania bol použitý ešte mnogokrát, vlastne sa používa dodnes. Začiatkom 20. storočia sa objavili dve nové teórie: kvantová teória a teória relativity. Obe boli okamžite využité na spresnenie nášho pohľadu na vesmír. Ukázalo sa, že Newtonova dynamika je nepoužiteľná pre objekty s rozmermi atómov a molekúl. Javy na tejto úrovni objasňujú

je kvantová teória. Einsteinova špeciálna a všeobecná teória relativity spresňujú výsledky výpočtov pri dynamike telies. Jedným z dôležitých výsledkov všeobecnej teórie relativity, t.j. teórie gravitácie, je objasnenie nepatrného posunu dĺžky perihélia Merkúra. Toto nepatrné stáčanie perihélia bolo z pozorovania známe od 60-tych rokov 19. storočia a nedalo sa vysvetliť klasickou nebeskou mechanikou.

Fyzika v súčasnosti (už viac ako 100 rokov) stojí pred úlohou zjednotiť tieto smery (ktoré autor pokladá za dialekty matematického jazyka) do „teórie všetkého“.

Veľká povesť o vesmíre je písaná v matematickom jazyku. Preklad do všetkým zrozumiteľného jazyka nie je jednoduchý, ale je to najkratšia cesta, ktorá nás priviedie ku hviezdam.

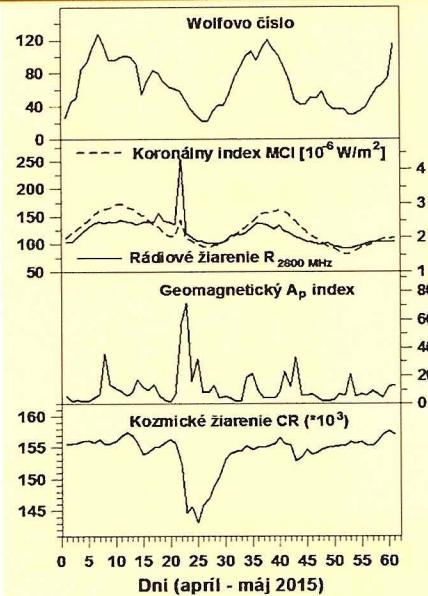
Z komentárov, ktoré boli uverejnené na web stránke „universe today“ vyberám:

1. ....matematika sa dnes používa viac na vytvorenie reality, než na jej opis. Najlepším príkladom je tmavá hmota a čierne diery.“

Dá sa s tým súhlasit. Ale...

- Planck najprv empiricky upravil rovniciu pre rozdelenie energie v spektre žiariaceho telesa, až potom si všimol, že priložený člen sa dá interpretovať ako súčet nekonečnej geometrickej postupnosti kvánt energie.
  - Dirac iba pre úplnosť riešenia rovnice pre elektrón využil aj člen so zápornou energiou a predpovedal existenciu pozitívnu.
  - Aj Newtonove, Maxwellove a Schrödingerove rovnice boli najprv napísané, až potom dokazované pozorovaním.
2. Veľký počet komentárov sa zaobera návrhmi pre astronómov na využívanie elektromagnetických sôl pre objasňovanie procesov vo vesmíre.
  3. Jeden z komentárov používa aj Galileovu venu: „La mathematica è l' alfabeto nel quale DIO ha scritto l' universo.“ Matematika je abeceda, v ktorej Boh opisuje vesmír. Abeceda, nie jazyk.
  4. Je tam aj priliehavý komentár: „Zdá sa, že problém nie je v matematike, ale v jej používateľoch.“

Podľa „UNIVERSE TODAY“ spracoval  
Milan Rybanský



## Slnečná aktivita

Jún - júl 2015

V priebehu slnečnej aktivity nastal mierny nárasť v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 22 – 127. V júni sa vyskytlo mnoho slnečných erupcií typu C a 10 erupcií typu M. V júli bolo podstatne menej erupcií typu C a len dve erupcie typu M, v druhej polovici mesiaca nastal útlm erupčnej aktivity. Po erupcii M6.5 22. júna 2015 nasledovalo prudké vzýšenie úrovne rádiového žiarenia Slnka i koronálneho indexu a vyskytol sa výron koronálnej hmoty (halo CME) nasmerovaný k Zemi. V geomagnetickej aktívite sme zaznamenali niekolokrát vzýšenie hodnoty planetárneho  $A_p$  indexu, najväčšie bolo 23. júna, keď dosiahol tento index hodnotu 72. O dva dni neskôr nastal Forbushov pokles kozmickej žiarenia (7%).

Koncom apríla 2015 sa po vyčerpaní paliva ukončila nárazom do povrchu Merkúra existencia veľmi úspešnej medziplanetárnej sondy MESSENGER, prístroje ktoré skúmali najblížšiu planétu u Slnku od marca 2011. Merania magnetického poľa v okolí Merkúra pomocou magnetometra sondy MESSENGER však poskytli cenné údaje aj pre vedcov z Univerzity v New Hampshire, ktorí skúmajú šírenie medziplanetárnych výronov koronálnej hmoty (ICMEs) od Slnka k Zemi. To umožní zlepšiť predpovedanie kozmického počasia a upresniť plánovanie misií NASA do vnútornej Slnečnej sústavy v najbližších piatich rokoch, ako napr. Solar Probe Plus a Solar Orbiter.

Ivan Dorotovič



Posledný obrázok povrchu Merkúra, ktorý sonda MESSENGER odoslaла k Zemi pred nárazom do povrchu planéty.  
(NASA/JHUAPL/CARNEGIE)

Jiří Grygar:

# Žeň objevů 2013 (XLVIII.)

Věnováno památce knihovníka Astron. ústavu ČSAV PhDr. Gustava Krejčího (\*1920), RNDr. Júliuse Sýkory, DrSc. (\*1940) a RNDr. Jozefa Žižňovského (\*1946) z Astronomického ústavu SAV v Tatranské Lomnici, Prof. RNDr. Zdeňka Švestky, DrSc. (\*1925) z holandského Ústavu pro kosmický výzkum (SRON) v Utrechtu a RNDr. Ivana Šolce, CSc. (\*1927) z někdejších Optické dílny Astronomického ústavu ČSAV v Turnově.

„Milý Bože, kdyby mi zbývala už jen jedna jediná hodina života,  
dej, at' ji mohu strávit na přednášce z teorie míry a integrálu.  
Pak mi tato hodina bude připadat jako věčnost.“

Neznámý student matematiky

## Úvodem

V roce 2013 se odehrálo tolik významných astronomických událostí, že čtení přehledu o nich bude čtenářům nejspíš připadat stejně dlouhé jako ona hodina přednášky Neznámému studentu z motta. Kolem Země ve vzdálenosti menší než je poloměr drah geostacionárních družic přesně podle vypočtené dráhy proletěla **miniplanetka 2012 DA14** o velikosti srovnatelné s mateřským tělesem proslulého Tunguského meteорitu a prakticky současně naprostě neočekávaně zazářil nad Sibiří **superbolid Čeljabinsk**, jenž se stal dalším a neméně mimořádným meteoritem s rodokmenem. Měsíční sonda *LRO* dokončila podrobné **snímkování Měsíce** s dosud nejvyšším rozlišením  $\pm 1$  m. Přitom odhalila pozůstatky po přistáních všech amerických lunárních modulů programu Apollo (1969 – 1972) a pořídila i snímky zaparkovaných sovětských robotických vozítek Lunochod 1 a 2, jejichž polohy byly předtím známy jen přibližně.

Podobně úspěšně pokračovalo zkoumání **Marsu** jak z oběžné dráhy kosmických sond MRO, MO a ME jakož i pomocí vozítek Opportunity a Curiosity. Neméně znamenitě si vedla i kosmická sonda Cassini, jež kromě vlastního sledování planety **Saturn** získala další cenné údaje i jezerech na Titanu, gejzírech na Enceladu a také o Saturnových prstencích. Na periférii Sluneční soustavy daleko za Edgeworthovým-Kuiperovým pásem transneptunských objektů přináší jedinečné informace vytrvalé kosmické sondy **Voyager 1 a 2**.

Přival naprostě fascinujících pozorování stovek a možná tisíců exoplanet veleúspěšnou družicí **Kepler** zahrnuje nejenom odborníky, kteří nestačí zpracovávat všechna data a zorganizovat dodatečná soustavná pozorování objevených exoplanet ze Země, ale také autora přehledu, protože nestačí sledovat ani ty mimořádně zajímavé případy, neřkuli o nich ještě psát. Podivný **plynoprachový oblak G2** proletěl podle předpovědi pericentrem své eliptické dráhy kolem černé veledíry v jádře Galaxie, ale v rozporu s předpovědí se slapově neroztrhal a víceméně nedotčen pokračuje po dráze do apocentra, kterým proletí na počátku 23. století...

Evropská kosmická sonda **Planck** dokončila v říjnu 2013 zatím nejpodrobnější mapování fluktuací a polarizace reliktního záření. Postupně tak dostáváme velmi kvalitní údaje o raných fázích vývoje vesmíru i o podílu zářící (baryonové) a skryté látky vesmíru jakož i jeho skryté energii.

Nelze ani vynechat další epochální událost týkající se březnového zahájení provozu zatím nejdražšího pozemského přístroje pro studium vesmíru – mezinárodní radioastronomické observatoře **ALMA** v poušti Atacama v sev. Chile. Observatoř pracuje v pásmu milimetrových i submilimetrových vln s rekordním úhlovým rozlišením a zaznamenala už v prvopočátcích své činnosti takové výsledky, že to zcela určitě povede k průlomům v řadě astronomických oborů, od výzkumu Sluneční soustavy až po kosmologii.

# 1. Sluneční soustava

## 1.1. Planety sluneční soustavy

### 1.1.1. Merkur

P. Lucey aj., D. Lawrence aj. a G. Neumann aj. potvrdili, že na Merkuru se nacházejí rozsáhlé oblasti pod povrchového **vodního ledu**, jak poprvé ukázali M. Slade aj. na základě radarových odrazů od povrchu planety již v letech 1991 – 1992. Využili k tomu aparaturu na oběžné kosmické sondě *MESSENGER*, která jednak změřila teploty trvale zastíněných svahů a částí dna některých impaktních kráterů ( $\approx 50$  K), a jednak objevila vodní páru v řidounké atmosféře Merkuru. Druhý z výzkumných týmů odhalil v zastíněných oblastech u severního pólu planety pokles toku rychlých neutronů vznikajících nárazy energetického kosmického záření na povrch planety. Čistý vodní led o hmotnosti 10 Gt až 1 Tt je tam ovšem překryt povrchovou krustou o tloušťce 0,1 – 0,3 m. Množství vody na Merkuru tak zhruba odpovídá hmotnosti vody v jezeře *Tahoe* na rozhraní Nevady a Kalifornie. Třetí tím ukázal, že krusta obsahuje zmrzlé **organické látky**, které vznikly dlouhodobým ozařováním vodního ledu ultrafialovým zářením ze Slunce, ale že místa krusty chybí a obnažený led se prozradil jednoduše vysokou odrazivostí odhalenou laserovými impulsy. Podle autorů jsou zdrojem ledu jednak komety, a dále též ojíněné planetky, které se v dávné minulosti s Merkurem často srážely.

S. Marchi aj. kalibrovali údaje o **impaktních kráterech** na Merkuru pomocí známého stáří impaktních kráterů na Měsíci. Odtud odvodili, že *nejtežší bombardování velkými kosmickými projektily Merkur prodělal před 4,1 – 4,0 mld. roků*. Stejně staré jsou i velké impaktní pánve, které vznikly dopadem největších těles a přeměnily tak téměř úplně povrch planety indukováným vulkanismem. Dnes pozorované hladké planiny jsou vulkanismem přetvořené, a tedy o něco mladší. Bombardování Merkuru trvalo však jen 300 – 400 mil. let; pak prakticky skončilo. Merkur má totiž v porovnání s Měsícem deficit kráterů menších než 100 km.

Počátkem března 2013 byla zveřejněna tříbarevná mapa celého povrchu planety pořízená sondou *MESSENGER* s vynikajícím lineárním rozlišením 250m/pixel. Mladší krátery jsou obklopeny paprsky, podobně jako některé krátery na Měsíci a **obří pánev Caloris** s průměrem 1,55 tis. km a výškou obvodového prstence 2 km je evidentně zalitá lávou. Její stáří se odhaduje na 3,8 – 3,9 mld. let.

### 1.1.2. Venuše

K. Hamano aj. se pokusili vysvětlit, proč se Venuše při téměř stejných rozměrech a hmotnosti tak pronikavě liší svou geologií od Země. Za předpokladu, že obě planety v době svého vzniku měly vodu, rozhodlo o osudu vody, *jak rychle se roztažená planeta dokázala ochladit a utuhnout*. Venuše vznikla tak blízko Slunce, že nad koulí rozžhaveného magmatu se prostíral rozsáhlý oblak atmosféry nasycené vodní páry. Tato vodní pokrývka bránila chladnutí magmatu, takže zářivý výkon z jednotkového povrchu činil jen 300 W/m<sup>2</sup>. Proto trvalo **ochlazování Venuše** dlouho, dokud se se veškerá voda neodpařila, což autoři odhadli na 100 milionů let. Naproti tomu byla Země tak daleko, že stihla utuhnout za několik málo milionů let, takže se její zásoba vody nestačila odpařit. Autoři tvrdí, že Venuše měla docela smůlu, protože hranice mezi oběma scénáři probíhá podle modelových výpočtů jen několik milionů kilometrů za drahou Venuše. Jak uvedl B. Dorminey, dalším důvodem pro ztrátu veškeré vody na Venuši je její **velmi pomalá rotace** (243 d). Z toho důvodu nemá Venuše dynamo, tedy ani globální magnetosféru. Sluneční vítr proto snadno proniká do atmosféry planety a vytěsnil tak už dávno veškeré zbytky vodní páry.

M. Sornig aj. využili **věžového slunečního teleskopu** na Kitt Peaku v Arizoně k pozorování **atmosférického proudění** Venuše v blízkém okolí její spodní konjunkce se Zemí koncem března a počátkem dubna 2009. Pomocí infračerveného heterodynitého spektrografu pracujícího na vlnové délce 10,5 μm zjistili, že pro kartografické šířky  $<\pm 50^\circ$  vanou ve výškách  $\approx 110$  km nad povrchem planety větry stálou rychlostí 140 m/s, ale nad těmito šířkami se rychlosť prudce snižuje na 40 m/s. Zmíněná vysoká rychlosť však krátkodobě kolísá až o 60 m/s během několika dnů. **Rychlosť větru** měřila také evropská kosmická sonda *Venus Express* pomocí sledování pohybu mračen ve vysoké atmosféře. Podle I. Khatuntseva aj. sonda naměřila rychlosť 83 – 111 m/s.

M. Ivanov a J. Head oznámili, že je hotova **geologická mapa** Venuše, tj. známe relativní stáří jednotlivých útváru, prostorové rozložení a topografii sopek a planin. Tloušťka planin není nijak veliká, nanejvýš 0,5 km. Autoři však svůj komentář uzavírají tvrzením, že *většina geologických útváru na Venuši nemá na Zemi odpovídající protějšky*. Právě tyto neznámé útvary však hrají klíčovou roli v geologii Venuše.

Kuriózní metodu, jak pozorovat **tranzit Venuše** přes Slunce dne 6. června 2012, zvolili P. Molari a. Na observatoři ESO na La Silla v Chile byla v té době noc a Měsíc ve fázi 0,93, tedy poblíž úplňku. Proti pozorování ze Země probíhal celý úkaz o 2 h později a trval o více než hodinu déle, protože Venuše díky příznivějšímu sklonu měsíční dráhy se promítala na Slunce blíže k jeho rovníku. Světlo odražené od Slunce v centru měsíčního disku monitorovali ultrapřesným spektrografem *HARPS* u 3,6m reflektoru a získali tak dobré údaje o tzv. *Rossiterově-McLaughlinovu efektu* během výstupu Venuše ze slunečního disku během druhé poloviny tranzitu.

Jelikož Slunce rotuje, a Venuše obíhá ve směru sluneční rotace (prográdně), zakrývala během tranzitu nejprve malý výsek poloviny slunečního kotouče, která směřuje díky rotaci Slunci k nám. Zeslabuje tak modré křídlo rozmytého profilu spektrálních čar. Jakmile však planeta projde poledníkem, začne zakrývat výsek té části slunečního kotouče, která se od nás vzdaluje, takže oslabí profil červeného křídla spektrálních čar. Efekt je nejvýraznější, když planeta vstupuje na, nebo zase opouští, kotouč Slunce. HARPS naměřil při výstupu amplitudu změny radiální rychlosti Slunce 1 m/s. Úspěšné pozorování dává naději, že budoucí ultrapřesné spektrografy u obřích dalekohledů třídy 30 m změří pomocí tohoto efektu geometrické a rotační vlastnosti mateřských hvězd slunečního typu i jejich exoplanet typu Země.

## 1.1.3. Země – Měsíc

### 1.1.3.1. Atmosféra, povrch a nitro Země

G. Feulner shromáždil měření **slunečního ozáření** na vrcholu sopky *Mauna Loa* na Havajských ostrovech, která započala již v r. 1958, a pokračují od té doby až dosud. Když se odečtou sezónní vlivy a znečištění atmosféry sopečným prachem, tak za posledních 52 let se ozáření oblohy během slunečních cyklů mění s amplitudou  $(0,2 \pm 0,1) \%$ , což prakticky znamená, že *proměnná sluneční činnost příkon sluneční energie do nízké atmosféry Země vůbec neovlivňuje*.

A. Abe-Ouchi aj. uvedli, že **čtvrtohory** trvají již 2,6 mil. let. Probíhají v nich klimatické změny v souladu s *Milankovičovými cykly* změn astronomických parametrů Země, tj. proměnné výstřednosti eliptické dráhy Země, kolísání sklonu rotační osy k ekliptice a stáčení jejího směru v prostoru (precesi). Tyto v podstatě geometrické přičiny oslunění různých partií Země, které vykazují základní periodicitu  $\approx 100$  tis. let, jsou ovšem ovlivňovány zpětnými vazbami mezi klímatem, ledovou pokrývkou v polárních oblastech a interakcí mezi litosférou a astenosférou, která se nachází pod litosférou v hloubkách  $\approx 100 - 200$  km. *I malé zvýšení oslunění totiž způsobí rychlé tání ledové pokrývky* během tisíců let. Cyklus glaciálů-interglaciálů je tím zásadně ovlivněn; změny obsahu  $\text{CO}_2$  v atmosféře mají jen podružný vliv.

Letecké studium vzorků ovzduší vykonané pomocí výzkumného letadla MASA (typ DC-8) v srpnu a září 2010 přineslo podle N. DeLeonové-Rodriguezové aj. pozoruhodné údaje o **mikrobiomu** ve střední a vysoké troposféře ve výškách 8 – 15 km. Při celkem devíti průletech nad pevninou i oceánem jak při klidné atmosféře, tak i těsně po hurikánech *Earl* a *Karl*, autoři zjistili rozbořem vzorků v laboratoři, že *troposféra obsahuje velmi významnou složku živých baktérií*, které v těchto výškách představují až pětinu všech zachycených částeček aerosolů o rozměrech  $0,25 - 1 \mu\text{m}$ . Baktérie je přitom o řád víc než mikroskopických hub. To znamená, že baktérie se na obsahu aerosolů podílejí docela významně. Nad pevninou se většinou pozorují půdní baktérie, kdežto nad oceánem mořské baktérie. Jsou do těchto výšek přinášeny vzestupnými vzdutými proudy zejména pak během bouří a hurikánů, i když hurikány větší část baktérií nakonec zahubí. *Atmosférický mikrobiom tak představuje dosud neznámou a velmi dynamickou součást vysoké troposféry*, což má významný vliv na hydrologický cyklus, zejména tvorbu oblaků a tedy i na stav a změny klímatu.

M. Reichstein aj. uvedli, že klíčovou složkou **uhlíkového cyklu** na Zemi je biosféra, ale zastoupení uhlíku je současně silně ovlivňováno klímatem. Klimatické extrémy jako sucha a zvýšení bouřkové činnosti vedou ke snížení zásob uhlíku a tím také k potlačení růstu  $\text{CO}_2$  v atmosféře. *Během posledního půlstoletí pohltily ekosystémy 25 – 30 % antropogenních emisí*. Dokáží to nejvíce lesy, ale i biomasa a dokonce samotná půda. Vlivem oteplování se na severní polokouli prodlužuje vegetační období, což je vlastně významná **záporná zpětná vazba pro produkci  $\text{CO}_2$** .

Koncem srpna 2012 vypustila NASA dvojici identických *Van Allenových sond* pro výzkum **radiačních pásů** kolem Země, které v r. 1958 objevil James Van Allen na základě údajů z americké družice Explorer 1. Pásy obsahují relativistické ( $\approx 0,99c$ ) volné elektrony a další elektricky nabité relativistické částice, které představují vážnou hrozbu pro funkci družic i průlet kosmických sond, protože ohrožují citlivou elektroniku těchto zařízení. Urychlování částic obstarává sluneční vítr, popřípadě koronální výtrysky (CME). Pro lepší pochopení, co se v pásech vlastně děje, musely být proto zmíněné sondy směřující do pásů konstruovány tak, aby zvýšenou radiaci samy přežily a ještě ji mohly spolehlivě měřit při rychlostech průletu  $3 - 200 \text{ km/h}$ . *Vnitřní pás obsahuje ponejvíce urychlené protony* s energiemi  $> 100 \text{ MeV}$  a elektrony s energiemi  $\approx 100 \text{ keV}$  a prostírá se v rozsahu 1 – 6 tis. km od Země. Je poměrně stabilní. *Vnější pás obsahující hlavně energetické elektrony (< 10 MeV) a urychlené ionty* (ponejvíce protony) se nachází ve vzdálenostech 13 – 60 tis. km od Země.

Sondy měly plánovanou životnost dva roky, ale již počátkem září 2012 získali D. Baker aj. nečekané údaje o přechodném „volně plápolajícím“ **třetím pásu** relativistických elektronů s energiemi  $> 2 \text{ MeV}$ , jenž se nacházel uvnitř vnějšího pásu ve vzdálenostech 19 – 22 tis. km od Země. Byl pozorovatelný až do začátku října 2012, kdy jej doslova zničila meziplanetární rázová vlna. Po několika měsících provozu získaly sondy mnoho nových údajů zejména během magnetických bouří. Sondy též potvrdily, že *chování obou hlavních pásů je ovlivňováno slunečním větrem*, a to i v období nízké sluneční činnosti.

N. Ostgaard aj. oznámili, že šťastnou shodou okolností mohli pozorovat záblesk záření gama pozemského původu **TGF (Terrestrial Gamma-ray Flash)** během silné bouřky, která se odehrávala nad jezerem Maracaibo v severní Venezuele. V té době přelétávaly nad Venezuelou téměř současně dvě družice (*RHESSI a TRMM*) vybavené čidly pro záření gama. Od jezera byly vzdáleny  $< 300 \text{ km}$ . Díky tomu nezávisle pozorovaly v bouřkovém mraku *TGF* trvající jen  $70 \mu\text{s}$ . Jev proběhl během kratičké **iniciační fáze blesku**, odehrál se uvnitř bouřkového mračna, a byl doprovázen silným zábleskem rádiového záření. Teprve pak proběhl klasický vůdčí výboj z centra mračna vzhůru a následně zpětný výboj, které byly standardně viditelné opticky a doprovázeny opět silným rádiovým zářením.

Tak se podařilo ukázat, že občas pozorované jevy *TGF* souvisejí s extrémně silným elektrickým polem v bouřkovém mraku, takže *urychlené elektrony se pohybují téměř rychlosí světla*. Srážky relativistických elektronů s molekulami ovzduší způsobí nejprve jev *TGF*, a teprve pak proběhne standardní bleskový výboj v kanálu vysoce ionizovaného a zahrátého vzduchu. Jak uvedli A. Gurevich a A. Karashtin, **elektrická pole naměřená uvnitř bouřkového mraku jsou však minimálně o řád nižší než potřebné průrazné napětí pro vznik blesku**. Proto se čím dál více prosazuje domněnka, že *ke vzniku blesků jsou potřebné spršky vysokoenergetického kosmického záření*, které v mraku začnou srážkami s molekulami ovzduší vytvářet elektrony s energiemi  $> 100 \text{ keV}$ . Tím se zvýší ionizace prostředí v mraku, a současně poklesne průrazné napětí.

A. Saal aj. zjistili, že *voda na Zemi i led na Měsíci mají týž poměr D/H*, shodný s poměrem pro meteority – uhlíkaté chondrity. Z toho lze jednoznačně usoudit, že Země i Měsíc byly od počátku existence vlnké. K podobnému závěru dospěli také A. Izidoro aj., kteří uvádějí, že původně se jako **zdroj pozemské vody** uvažovaly srážky s komety, ale jejich chemické složení i poměr D/H svědčí proti této možnosti. Voda v podobě jinovatky či ledu adsorbovala na drobných zrníčkách meziplanetární mlhoviny, takže také planetesimály všech generací i planetární embrya měla vodu dostatek. Všechny tyto vodní zdroje se podle počítačových simulací podílí na dnešní zásobě vody na Zemi.

Y. Bétrémeix a L. Kaltenegger modelovali **transmisní spektrum Země** v intervalu vlnových délek 113 – 1 000  $\mu\text{m}$ . Jak uvedli, v takovém spektru se neprojeví rušivé mraky, jelikož sahají jen do výšky 12,75 km. Poloměr Země je díky molekulám  $\text{O}_2$  ve

vysoké atmosféře o 180 km větší než poloměr pevné Země; v červené oblasti spektra činí tento přebytek 27 km a v blízké infračervené oblasti spektra už jen 14 km. **Albedo** Země ve viditelném světle se pohybuje podle rozsahu oblačné pokryvky v rozmezí 20 – 30 %. Tyto údaje umožní kalibrovat transmisi spektra exoplanet, která lze pozorovat tehdy, když pro pozorovatele na Zemi nebo na družicích prochází světlo cizí hvězdy atmosférou exoplanety. Jde o velmi vhodnou metodu pro objevy kamenných planet zemského typu, jež se nacházejí v ekosféře.

NASA provozuje od r. 1972 umělé družice **Landsat** pro dálkový průzkum Země. V únoru 2013 byla vypuštěna nejmodernější z nich, *Landsat 8*, která přišla americké poplatníky na 855 mil. dolarů. Od června 2013 pořizuje družice 400 snímků zemského povrchu denně v několika optických a infračervených pásmech. Celá planeta je tak opakováně zobrazena každých 16 dnů. Lineární rozlišení snímků v různých spektrálních pásmech se pohybuje v rozmezí 15 – 100 m. Snímky jsou veřejně přístupné na internetu (*ldcm.usgs.gov*) a představují úžasné bohatství informací. Posloužily mimo jiné při sledování následků přírodních katastrof (zemětřesení, sopečné výbuchy, záplavy, lesní požáry). Na rychlém využívání snímků se podílejí i mnozí dobrovolníci.

R. Cabralová aj. ukázali, že **Cookovy ostrovy** v Polynézii vznikly vulkanickou činností před 20 mil. let. Přitom však tamější krytaly olivínu mají stejně složení, jaké mívaly před 2,45 mld. let, což znamená, že tehdejší kůra rozlámaná na litosférické desky se ponořila subdukcí do velké hloubky, aby se po řádově 2 mld. let vynořila díky vulkanismu na místě zcela vzdáleném od subdukční zóny. S. Shirley aj. totiž objevili velké rozdíly v chemickém a izotopovém složení zemské kůry místo od místa.

R. Glud aj. a M. Lever aj. studovali dno **Mariánského příkopu** v Pacifiku a zjistili, že tam něco spotřebovává kyslík. To je podle autorů nepřímý důkaz, že pod oceánským dnem se nacházejí mocné kolonie mikrobů, jejichž zdrojem energie jsou geochemické reakce mezi sloučeninami železa a mořskou vodou. Odborníci odhadují, že celkový počet živých buněk pode dny oceánu dosahuje číslo  $3 \cdot 10^{29}$  (úhrnná hmotnost kolem 500 Gt!). Jsou tam zastoupeny všechny tři domény života, tj. archaea, bacteria i eukaryota.

Jak uvedl vědecký týdeník *Science* ve svém čísle 6135 z 24. 5. 2013, již 24 států využívá **geotermální energie** pro výrobu elektřiny a plných 78 států jí využívá přímo jako zdroje tepla. Zatím však se tato energie podílí na necelém 1 % bilance celkové energetické spotřeby lidstva. První geotermální elektrárnu s instalovaným výkonem 534 MW vybudovala Itálie již v r. 1913, a parní elektrárnu s dosud nejvyšším instalovaným výkonem 850 MW provozuje Kalifornie od r. 1960. Velkou budoucnost mají **tepelná čerpadla** i pro poměrně nízké gradienty teploty <20 °C. Tak by se dalo využít teplo uskladněné v hloubkách 3 – 10 km pod zemí.

B. Dorminey upozornil na **geologické paradigma**, které považuje *deskovou tektoniku za nutnou podmítku pro život na Zemi*. Kontinentální desky se vůči sobě pohybují rychlostmi 20 – 150 mm/rok a díky tomu se přebytečný CO<sub>2</sub> dostává z atmosféry do kůry a nakonec pláště Země. Kůra pod oceány je tvořena hustými basaltickými horninami, kdežto kůru pod pevninami tvoří většinou žula. *Voda v zemské kůře usnadňuje klouzání desek po sobě a tlakem se z basaltu stává kašovitý mastek*. Nutnou podmínkou pro deskovou tektoniku je tedy **kapalná voda a vnitřní zdroj tepla**, což obojí je na Zemi dobře splněno.

Jak uvedli M. Harrison aj., *desková tektonika začala fungovat již 100 mil. let po vzniku Země*. Desková tektonika je obecně omezena na planety s hmotnostmi <10 M<sub>Z</sub>. Proto například Uran nic takového mít nemůže. Ani na Zemi však není vyhráno. *Nejpozději za půl miliardy let od současnosti skončí na Zemi fotosyntéza, fotodisociace silnějšího slunečního záření zničí atmosféru a nitro Země se ochladí natolik, že desková tektonika skončí*. Bude to poslední příležitost pro lidstvo, aby si našlo ve vesmíru útulnější domov.

Díky mnoha podrobným seismickým i tepelným měřením se postupně vynořuje složitý obraz **tepelného motoru zemského nitra**. Chladné pláty rozlámané kůry se subdukcí ponořují do teplejšího pláště Země. Čím je plát chladnější, tím rychleji se v něm pohybují seismické vlny a naopak. Plášť se podle těchto měření skládá z půltuctu vrstev, jež se navzájem liší právě rychlosí řízení seismických vln. Pro pláty je nejtěžší *prorazit bariéru v hloubce 660 km pod povrchem Země*, kde až do hloubky 900 km se vyskytují velmi horké horniny. Další významnou složkou koloběhu hmoty uvnitř Země jsou teprve nedávno prokázané **svislé komíny**, na jejichž okrajích se pozorují **horké chocholy** (*plumes*) rozličných velikostí. Chocholy mají základnu v hloubce 2,9 tis. km pod povrchem a přenášejí teplo z nejhlubších vrstev pláště až na povrch – typickým důkazem je *Yellowstonský národní park*, v jehož okolí je rozmístěno na 400 přenosných seismometrů na ploše o průměru 800 km. Další komíny se nacházejí pod Afrikou a jižním Pacifikem. Obrovské *zdroje lávy Havajského souostroví začaly svůj výstup přímo ze zemského jádra!*

J. Siebert aj. uskutečnili pomocí diamantové kovadliny, která dokáže vybrané vzorky ozařované laserem podrobit tlakům 35 – 74 GPa při teplotách 3,1 – 4,4 kK, pokusná měření pro sloučeniny chromu a vanadu s křemíkem a železem. Potvrdili tak, že *Země se utvářela akrecí meteoritů běžných typů* za silně oxidujících podmínek. **Kyslík** se však postupně přesouval ze zemského pláště do jádra, takže v současné době obsahuje relativně málo oxidů. Stejně kovadliny využili také S. Ansellini aj. ke studiu chování **železa**, které je na rozhraní mezi vnějším a vnitřním jádrem ohřáto na teplotu blízkou tavení (6,2 kK při tlaku 330 GPa). Jejich kovadlina vyvinula tlak až 200 GPa. Z měření vyplývá, že *železo se patrně taví i na spodní hranici zemského pláště*.

Zřejmě se přiblížila doba, kdy bude možné zkoumat strukturu zemského nitra pomocí **geoneutrín**. Ta vznikají při radioaktivním rozpadu atomů U a Th, ale jejich pozorovaný počet v japonské aparatuře *KamLAND* a mezinárodní aparatuře *Borexino* pod horou Gran Sasso v Itálii je normálně překryt neutriny z blízkých jaderných reaktorů. Po ničivém japonském zemětřesení v březnu 2011 byly však japonské reaktory vypnuty a tak se obnažil *čistý signál geoneutrín*. Od března 2002 do listopadu 2012 zaznamenala aparatura *Kamland* již 116 geoneutrín, kdežto *Borexino* od prosince 2007 do srpna 2012 jen 12 geoneutrín. V r. 2014 se má přidat kanadská observatoř *SNO* a v r. 2019 chce Čína uvést do chodu gigantický detektor o hmotnosti 19 kt. V plánech se uvažuje o vybudování celosvětové sítě takových stanic, které by mohly registrovat geoneutrina z radioaktivního rozpadu hornin v nitru Země, jenž dává tepelný výkon na zemském povrchu 11 – 18 TW (celkový *tepelný výkon Země činí ovšem 47 TW!*). Pokud by se tento ambiciózní projekt podařil, mohli by vědci zkoumat nitro Země počítáčovou tomografií podobně jako se tomu už dávno děje v medicíně, která tak získává statické i dynamické údaje o nitru lidského těla.

### 1.1.3.2. Kosmické katastrofy na Zemi

N. Jonesová shrnula dnešní znalosti o mimořádně velkých **přírodních katastrofách** na Zemi. Řada takových katastrof má ovšem jen pozemské příčiny. Na prvním místě to jsou *výbuchy supervulkánů*. Geologové dnes mají dobré doklady o megaexplozích za

posledních 13,5 mil. let, kdy vybuchlo minimálně 19 supervulkánů s objemem vyvrženého materiálu >1 tis. km<sup>3</sup>. Geologicky nejlépe doloženým je výbuchu **supervulkánu Toba** v Indonézii před 74 tis. lety, což byla nejsilnější vulkanická erupce v posledních 2 mil. let. Navzdory tomu nezpůsobil výbuch měřitelné globální biologické škody. Naproti tomu však podle T. Blackburna aj. biosféru silně zdecimoval **vulkanismus v centrálním Atlantiku** před 201 mil. lety na rozhraní triasu a jury. Projevil se v průběhu 600 tis. lety čtyřmi velkými epizodami, které podle zpřesněné geochronologie zřetelně souvisely s masovým vymíráním organismů, jež však následně otevřelo cestu k dominanci veleještěrů. K vůbec největšímu **vymírání organismů** (asi 80 % všech druhů!) došlo na *rozhraní permu a triasu*. Velmi pravděpodobně bylo vyvoláno gigantickým vulkanismem na Sibiři (mezi dnešními městy Jakutsk, Norilsk a Irkutsk na ploše témař 2 mil. čtv. km) před 252,28 mil. lety. Hlavními příčinami vymírání byly *kyselé dešti a požáry podzemních zásob uhlí* při nedostatku kyslíku, takže vznikalo velké množství sazí a jedovatých plynů. **Velké vymírání** započalo před 251,941 mil. let a skončilo před 251,880 mil. lety v době, kdy došlo ke globálnímu oteplení Země o 8 – 10 °C! V současnosti geologové vědí o čtyřech vulkanických časovaných bombách (Indonézie, Itálie, Yellowstone v USA a Tamoto na Novém Zélandu).

I. Houghtonová aj. zjistili na základě pozorování mohutných **bleskových výbojů během vulkanické erupce** islandské sopky **Grímsvötn** (květen 2011) a vlastních laboratorních experimentů, že hlavní příčinou bleskových výbojů je v těchto případech *tribo-elektrina* vznikající v sopečných mrazech díky tření mezi prachovými částicemi. Velikost akumulovaných nábojů silně závisí na průměrné velikosti prachových částic, takže k výbojům může docházet i stovky kilometrů od místa erupce. Přirozeně lze očekávat, že k ještě mohutnějším bleskovým výbojům může docházet při vulkanických erupcích na některých exoplanetách.

Další již z dřívějška zdokumentované velké katastrofy, které se mohou opakovat, mají **biologické příčiny**: přemnožení hub ohrožujících obojživelníky, netopýry a včely; přemnožení řas způsobujících masový úhyn ryb; hladomor, který v Irsku z r. 1840 vyvolaly houby, jež zničily úrodu brambor. Nebezpečné jsou i **meteorologické a geologické pohromy**, tj. hurikány, povodně a sesuvy velkého množství bláta do vody, nebo vysoké vlny cunami s výškou až 40 m spojené se zemětřeseními. V r. 2013 se přes Filipíny přehnal *tajfun Haiyan*, jenž podle J. Masterse dosáhl v provincii Albay na ostrově Samar rekordní rychlosti větru 313 km/h nad pevninou. (Předtím to byl *hurikán Camille*, jenž v r. 1969 dosáhl ve státě Mississippi v USA rychlosti 305 km/h.)

K tomu se ovšem mohou přidat (naštěstí daleko vzácnější) **kosmické katastrofy** přicházející z blízkého i docela vzdáleného kosmického okolí Země a Sluneční soustavy. *V průměru jednou za 2 mil. let se Země srazí s planetou o rozloze >2 km a jednou za stovky milionů let i s planetou o rozloze >10 km.* V r. 774 n.l. došlo možná ke smrtící **sluneční megaerupci**, jejíž koronální výron zasáhl Zemi s paleontologicky doložitelnými následky. Jak uvedli A. Pavlov aj., v letokruzích stromů z následujícího roku se nachází vysoké zastoupení radioaktivního nuklidu <sup>14</sup>C (poločas rozpadu 5,7 tis. let). Podobně ve vzorcích grónského i antarktického ledu z té doby se vyskytuje množství radioaktivního nuklidu <sup>36</sup>Cl (poločas rozpadu 300 tis. let). Autoři se však domnívají, že toto zvýšení nezpůsobila sluneční megaerupce, ale blízký (galaktický) záblesk záření gama (GRB). V každém případě šlo o kritickou událost pro pozemskou biosféru.

Podle W. Domainka aj. by takový blízký (<1 kpc!) záblesk GRB *během desítek sekund vymazal ozónovou vrstvu chránící Zemi před tvrdou složkou ultrafialového záření*. Autoři dále odhadli, že takové úkazy mohou Zemi potkat v průměru jednou za 100 mil. let, protože zdrojem GRB mohou být především kulové hvězdokupy s vysokou koncentrací hvězd. Právě v nich dochází ke splynutí degenerovaných složek těsných dvojhvězd nejčastěji, což vede k intenzivním krátkým vzplanutím GRB. Protože galaktické dráhy kulových hvězdokup mají vysoké výstřednosti, mohou se čas od času dostat do blízkosti Sluneční soustavy. Pokud právě v té době tam některá degenerovaná dvojice splyne, ohrozí to výrazně Zemi.

Autoři tak míní vysvětlit některá velká vymírání v geologické minulosti Země, zejména *před 440 mil. let v ordoviku*, a jednak objasnit tzv. **Fermiho paradox**, že Zemi dosud nenavštívili mimozemšťané. Autoři se domnívají, že *život ve většině galaxií se nemůže vyvinout do technologické fáze*, protože podle pozemské zkušenosti to zabere miliardy let, takže záblesky GRB vracejí biologický vývoj zpět na začátek řádově desetkrát častěji. Pro Zemi tak údajně představuje největší nebezpečí druhá nejasnější **kulová hvězdokupa 47 Tucanae** na jižním nebi, která je od nás sice nyní vzdálena bezpečných 5 kpc, ale byla daleko blíže k Zemi před 70, 180 a 340 mil. let. Obsahuje několik milionů hvězd a tedy i vysoké procento těsných degenerovaných dvojhvězd.

Nebezpečná byla též první pozorovaná **gigantická sluneční erupce** z 1. září 1859 viditelná i v bílém světle. Následný koronální výron způsobil na Zemi extrémně silné polární záře pozorovatelné i poblíž rovníku, kde se dokonce *severní a jižní polární záře prolínaly*. Telegrafní přístroje v Evropě i Severní Americe fungovaly i bez napájení elektrickým proudem a nebezpečně jiskřily. Elektrické výboje dokonce v několika případech zasáhly obsluhu. Kdyby se něco podobného odehrálo nyní v technicky daleko pokročilejší současnosti, dosáhly by škody způsobené takovou megaerupcí řádu miliard dolarů.

R. Wordsworth a R. Pierrehumbert se zabývali chronickým problémem **nízkého zářivého výkonu mladého Slunce**, což mělo dokonce způsobit trvalé zalednění oceánů na Zemi (domněnka o Zemi jako sněhové kouli s vysokým albedem, která už nikdy nerozmrzne). Zemská atmosféra obsahovala ovšem v dávné minulosti nejenom vodní páru, methan a CO<sub>2</sub>, což jsou typické skleníkové plyny, ale také molekuly vodíku a dusíku, které sice nejsou skleníkové, ale mohou se navzájem srážet a tím ohřívat atmosféru. Podle výpočtů obou autorů mělo Slunce před 2,8 mld. let jen 80 % současného zářivého výkonu, ale methan ohříval atmosféru skleníkovým efektem o 12 °C a CO<sub>2</sub> a vodní pára o dalších 4 – 5 °C.

H. Pálka shrnul současný stav výzkumu týkající se posledního velkého vymírání organismů na Zemi na **rozhraní křídy a paleogenu** před 66 mil. lety. Tam spolu stále soupeří domněnky, že příčinou masového vymírání byly buď velké erupce Deccanského vulkanismu, anebo impakt 10km planetky Chicxulub. Důležitý argument ve prospěch impaktu přineslo přesnější datování paleontologických důkazů o vymírání na jedné straně, a času impaktu zmíněné planetky do oblasti dnešního Mexického zálivu v Atlantiku na straně druhé. Podle P. Renneho aj. dává **radiochronologie** (rozpady U/Pb a K/Ar) čas vymírání –(66,043 ± 0,043) Mr, a čas **impaktu planetky** vychází na –(66,038 ± 0,049) Mr, což se v mezích ustanovených chyb dobré shoduje. Naproti tomu vulkanické výlevy **Deccanské trapy** (schodiště) v západní části centrální Indie, pokrývající plochu 0,5 mil km<sup>2</sup> do výšky přes 2 km, vznikly již před 66,25 mil. lety. Jak autor poznámenává, tak **Milankovičovův cyklus** výstřednosti zemské dráhy má periodu 405 tis. let a dosáhl minima v čase –66,08 mil. let. Rozvrat životního prostředí zřejmě načal indický vulkanismus a impakt planetky byla pak doslova rána z milosti. Uh-

líkový cyklus v atmosféře Země se vzpamatoval za 5 tis. let po impaktu a savci se začali opět rozširovat po povrchu planety asi 20 tis. let po impaktu.

Podle proslulého britského astronoma M. Reese hrozí nyní největší **rozvrat životního prostředí následkem antropogenních vlivů**. Proto se rozhodl na své mateřské univerzitě v Cambridge založit výzkumné pracoviště pro výzkum a případné odvrácení akutní lidské hrozby.

### 1.1.3.3. Bolidy a meteority

Událostí století v tomto obooru se stal **superbolid a meteorit Čeljabinsk**, který začal svítit 15. února 2013 v 9:20 h místního času (brzy po východu Slunce) nad Mongolskem ve výšce 92 km a vyvolal silné rázové vlny při fragmentaci kamenného tělesa ve výškách 32 km a 21 km nad Sibiří, které dorazily k zemskému povrchu přibližně s 2min. zpožděním a způsobily mělká zemětřesení o magnitudu až 4,2.

Podrobné údaje o **škodách** vyvolaných meteoritem Čeljabinsk zveřejnili O. Popovová aj. Rázové vlny způsobily v oblasti sibiřského velkoměsta (1,2 mil. obyvatel) zranění asi 1,6 tis. osob, zejména od létajících skleněných střepů, další byli ožehnuti anebo dočasně ohluchli. Poškozeno bylo přes 7 tis. budov. Naštěstí nedošlo k žádnému těžkému zranění nebo úmrtí. Průlet bolidu naznamenala řada očitých svědků na mobilní telefony a také bezpečnostní kamery i kamery na automobilech. Výbuchy při fragmentacích miniplanetky vyvolaly i dosud nejsilnější **infražvuky** zaznamenané na stanicích od Grónska až po Antarktidu. Očití svědci slyšeli souběžně s optickým úkazem zřetelný **sonický svist** vyvolaný elektromagnetickou indukcí na předmětech v jejich okolí.

V maximu výbuchu se těleso jevilo na denní obloze o 1,3 magnitudy jasnejší než Slunce! **Celková energie** uvolněná výbuchy a zářením dosáhla ekvivalentu 0,5 Mt TNT ( $\approx 2 \text{ PJ}$ ); byla tedy zhruba o řád nižší než energie uvolněná při impaktu *Tunguského meteoritu* z r. 1908. Srovnání zatím nepříliš početných statistických údajů tak naznačuje, že s tělesy o vstupních hmotnostech a rozdílech meteoritu Čeljabinsk se Země střetne *jednou za století*, zatímco s tělesy typu Tunguský meteorit *jednou za 300 let*. Území Česká patří – pokud jde o meteority – k nejlépe pročesaným oblastem na Zemi. Na relativně malém území bylo totiž nalezeno už 23 meteoritů, z toho 15 velmi brzo po pádu.

Díky kalibrovaným videozáznámům na internetu se českým astronomům J. Borovičkovi, P. Spurnému a L. Shrbenému podařilo již 23. února spočítat **atmosférickou trajektorii miniplanetky** o vstupním průměru 19 m a hmotnosti 11 kt, ale též jeho dráhu ve Sluneční soustavě. Svítící dráha v atmosféře dlouhá 254 km znamená, že objekt přiletěl po téměř tečné dráze k zemskému povrchu se sklonem jen  $17^\circ$  k obzoru, což zmenšilo jeho ničivý potenciál. Úhlová odchylka trajektorie při vstupu do atmosféry činila jen  $20^\circ$  od Slunce, což prakticky vyloučilo rozpoznání nebezpečí několik dnů před výbuchem. Ještě 6 týdnů před výbuchem se miniplanetka nacházela v přísluní své dráhy zhruba ve vzdálenosti Venuše od Slunce, takže patřila k nejnebezpečnějším křížicům **typu Apollo**.

Z poměrně vysoké vstupní rychlosti 18,6 km/s (55 machů) se dokázala ubrzdit až na 180 m/s. Nejhmotnější úlomek spadl víceméně volným pádem do jezera **Čerbakul** (80 km západně od Čeljabinského), kde prorazil v ledovém krunýři díru o průměru 8 m. V souladu s výpočtem byl v říjnu 2013 nalezen na dně jezera a posléze vyzdvížen. Hmotnost úlomku dosáhla 0,6 t. Šlo o kamenný meteorit, tj. obyčejný chondrit typu LL5, jenž byl částečně roztavený, ale pak znova rekristalizovaný v rané fázi vývoje Sluneční soustavy.

P. Brown aj. ukázali, že i tato relativně malá tělesa jsou pro pozemštány nebezpečná právě pro **silné rázové vlny** které mohou ohrozit jak lidi, tak zvířata a různé stavby. Na rozdíl od výbuchů atomových či vodních pum, jež jsou stacionární, je *hrozba od supersonicky letících miniplanetek* větší protože zkáza rázovými, popř. tepelnými vlnami, zasáhne daleko větší území. **Přepočet zkázonosné energie na ekvivalent TNT není proto příliš vhodný**, protože podceňuje výsledné ničivé účinky. Dosud se podařilo identifikovat pouze 500 křížících **miniplanetek** o rozdílu mezi 10 – 20 m, ačkoliv jejich skutečný počet dosahuje možná až 20 milionů.

S. Narojenkov aj. ukázali, jaké jsou současné hranice možností takové impakty předvídat. Nebezpečných objektů s průměrem  $>50$  m ( $\approx$  *Tunguský meteorit*) je ve Sluneční soustavě několik set tisíc a s průměrem  $>100$  m desítky tisíc. Pro určení dostatečně přesné trajektorie jsou nutná *pozemní pozorování po dobu alespoň 4 dnů*, protože chyby v určování polohy přesahují  $\pm 0,5^\circ$ . Pokud by se pozorovalo přístroji na umělých družicích nebo kosmických sondách, zlepšila by se přesnost v určení polohy křížiče na  $\pm 0,1^\circ$  a tak by se *přesná trajektorie* dala získat už během 2 dnů monitorování jeho letu. K jednoznačnému vyloučení rizika impaktu z pozorování na Zemi je však potřebí sledovat křížič alespoň 12 dnů; z kosmu by na to měl stačit týden.

V. Celebonovic využil znalostí z fyziky tuhých těles k odhadům **rozměrů impaktních kráterů** na základě tří parametrů meteoroide, tj. jeho střední hustoty  $H$ , středního poloměru  $R$  a rychlosti  $V$  při vstupu do zemské atmosféry. Rozměry a hloubka kráteru jsou pak úměrné součinu  $H \cdot R^3 \cdot V^2$ . Svůj výpočet ověřoval na arizonském *Barringerově kráteru* s kruhovým průměrem 1,19 km a hloubkou 0,17 km. Podle jeho vzorce šlo o železo-niklový meteorit s  $H = 8\,500 \text{ kg/m}^3$ ;  $R = 65 \text{ m}$  a  $V = 15 \text{ km/s}$ , což dobře souhlasí s nezávislými odhady pomocí různých nepřímých metod. Meteoroid se při průletu zemskou atmosférou ohřál na 550 K, což je hluboko pod bodem tání 2 170 K, takže fyziku tuhých těles lze bez problémů použít.

J. Borovička aj. uveřejnili výsledky komplexního výzkumu 17. **meteoritu s rodokmenem Košice** (28. únor 2010; 22:25 UT). Jako podklad jim posloužily snímky ze tří bezpečnostních kamer v Maďarsku, radiometrické záznamy ozáření mraků na 7 stanicích evropské bolidové sítě *EFN*, dále pak záznamy ze 6 seismických stanic a 4 stanic pro měření infrazvuků. Před nejbližším východem Slunce byl dokonce pozorován prachový oblak v zemské atmosféře. Vstupní hmotnost meteoroidu činila 3,5 t, střední průměr 1,25 m a vstupní rychlosť 15 km/s. Trajektorie průletu atmosférou svírala s obzorem úhel  $60^\circ$ . Meteoroid se začal štěpit při tlaku 0,1 MPa a fragmentoval při tlaku 1 MPa ve výšce 36 km nad Zemí, kdy jeho jasnost dosáhla -18 mag. Výbuchy a fragmentace uvolnily energii 400 GJ ( $\approx 0,1 \text{ kt TNT}$ ). Největší úlomek rozpadu přestal svítit ve výšce 17 km. Dráhové elementy podléhaly před zánikem silným změnám vinou rezonance 8:3 oběžné dráhy meteoroidu s oběžnou periodou Jupiteru. Meteoroid měl před srážkou dráhové elementy:  $a = 2,7 \text{ au}$ ;  $e = 0,65$ ;  $q = 0,957 \text{ au}$ ;  $Q = 4,5 \text{ au}$ ;  $i = 2^\circ$ .

N. Konovalovová aj. zpracovali **pozorování superbolidu**, jenž proletěl 23. července 2008 ve večerních hodinách místního času (půl hodiny po západu Slunce) nad *Tadžikistánem*. Průlet zaznamenala jedna umělá družice Země, dále dvě infrazvukové stanice a pět

seismických stanic. Opticky byl zachycen ve výšce 38 km nad Zemí. Maxima jasnosti -20 mag dosáhl ve výšce 35 km a svítící dráhy skončila ve výšce 20 km nad Zemí. Odtud se podařilo odvodit, že šlo o typickou dráhu nebezpečných křížců typu *Apollo*. Autoři se nevzdali úsilí najít úlomky pravděpodobného meteoritu na Zemi, ale hledání je kvůli nejisté poloze dopadového pole obtížné.

V. Kvasnytsya aj. nalezli ve vzorcích rašelin z oblasti pádu **Tunguského meteoritu** pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu a transmisní spektroskopie *mikrodiamantu*, což dále potvrzuje, že příčinou proslulého jevu koncem června 1908 byl jednoznačně *kamenný meteorit*.

O. Pravdítsevová aj. určili z rozpadové řady I/Xe stáří kovových meteoritických úlomků v dopadovém poli **Campo del Cielo**, jež bylo zkoumáno již od konce XVIII. století, v Argentině, asi 1 tis. km severozápadně od Buenos Aires. K hromadnému pádu došlo mezi pátým až třetím tisíciletím př. n. l. Obdrželi tak jejich *stáří* ( $4556,4 \pm 0,4$ ) mil. let a horní mez teploty, při nichž úlomky meteoriitu v rané Sluneční soustavě vznikaly, 1 250 °C. Úhrnná hmotnost nalezených meteoritů přesahuje 100 t.

P. Haenecour aj. objevili zrníčka  $\text{SiO}_2$  v uhlíkatých chondritech **LaPaz 03111** a **Grove Mountains 021710**. Zatímco předchozí nálezy jiných uhlíkatých chondritů dokazovaly, že jde o zrnka pocházející z hvězdného větru asymptotické větve červených obrů, vyšší zastoupení nuklidu  $^{18}\text{O}$  v nových vzorcích svědčí o tom, že jde o materiál, vyvržený ze supernovy třídy II (kolapsar), jak již ostatně naznačil infračervený teleskop SST při pozorování takových supernov. Je tedy zřejmé, že *mnohé meteority jsou ve skutečnosti starší než samotná Sluneční soustava*.

Podobně M. Jadhav aj. objevili **grafit starší než Sluneční soustava** ve známých meteoritech *Murchison* (Austrálie, pád 1969) a *Orgeuil* (jižní Francie, pád 1864). Zrnka grafitu s nízkou hustotou jsou produkty kolapsarů, zatím zrnka s vysokou hustotou pocházejí z hvězdného větru asymptotické větve červených obrů s hmotnostmi  $0,8 - 8 \text{ M}_\odot$ . Nejvíce uhlíkového prachu o hmotnosti řádu  $10^{-4} \text{ M}_\odot$  přitom vzniká během héliového záblesku, kdy obří odvrhují mnoho materiálu na své vývojové dráze směrem k bílým trpaslíkům.

N. Gounelle aj. zjišťovali zastoupení radionuklidů v unikátním 16 kg uhlíkatém chondritu **Išejovo**, jenž byl nalezen poblíž Ufy v Rusku v r. 2003. Našli v něm četné inkluze Ca-Al, což je důkazem *§ silného ozařování v rané epoše vzniku Sluneční soustavy*. Radionuklid  $^{26}\text{Al}$  totiž nevzniká ve hvězdách; je produktem bombardování chondritů kosmickým zářením a rozpadá se s poločasem 700 tis. let na stabilní nuklid  $^{26}\text{Mg}$ . Podobně je v chondru extrémně silně zastoupen radionuklid  $^{10}\text{Be}$  vůči stabilnímu radionuklidu  $^9\text{Be}$ . Nové objevy tak nezávisle potvrzují, že *mladé hvězdy slunečního typu vykazují daleko silnější magnetickou aktivitu než současné Slunce*.

S. Pizzarellová aj. hledali **organické sloučeniny** v úlomcích meteoritu *Sutter's Mill*, jež dopadl v Kalifornii 22. dubna 2012 a stal se tak již *20. meteoritem s rodokmenem*. Rozpouštěli vzorky v prostředí podobném hydrotermálním vývěrům na dnech pozemských oceánů. Zjistili, že meteorit obsahuje také organické molekuly, které dosud nebyly v žádném zkoumaném meteoritu objeveny. To posiluje názor, že *život na Zemi mohl vzniknout z „prebiotické polévkou“*, kterou na Zemi postupně dopravovaly planetesimály, planety a další drobná tělesa vzniklá v rané epoše Sluneční soustavy. A. Burton aj. objevili **aminokyseliny mimozemského původu** v šesti vzorcích uhlíkatých chondritů z pěti oblastí jejich výskytu v Antarktidě.

M. Beech se zabýval otázkou, jak je možné, že proslulý kovový **meteorit Hoba** nalezený v Namibii v r. 1920 proletěl zemskou atmosférou vcelku. Má hmotnost 60 t, střední hustotu  $7,8 \text{ g/cm}^3$  a rozměry  $3 \times 2,8 \times 0,9 \text{ m}$  a dopadl na Zemi nejpozději před 80 tis. lety. Leží v kráteru o průměru 20 m a hloubce 5 m. Autor ukázal, že šlo skutečně o velmi příznivou shodu okolností, neboť meteorit je mimořádně homogenní a se Zemí se srazil nepatrno vstupní rychlostí pod téměř tečným úhlem, takže na Zemi dopadl rychlosťí jen asi 200 m/s. Jeho vstupní hmotnost činila 500 t a teplota před vstupem do atmosféry 280 K. Odpor atmosféry při průletu ho vystavil maximálnímu tlaku 700 MPa, těsně pod kritickou hodnotou pro fragmentaci kovového meteoroidu. Před srážkou se pohyboval po výstředné dráze s velkou poloosou 2,7 au, takže v odsunu se ochlazoval na 165 K. Vznikl před 4,3 mld. let, tj. v období, kdy probíhalo **těžké bombardování** planet a měsíců Sluneční soustavy. Není divu, že meteorit Hoba byl v r. 1955 prohlášen národní kulturní památkou a zůstává v místě dopadu. Jeho budoucnost je však nejasná, protože docela výrazně trouchniví. V r. 1920 měl hmotnost 66 tun, takže od té doby ztratil již 10 % své původní hmotnosti, protože je vystaven povětrnostním vlivům.

C. Agee aj. prozkoumali mineralogické složení meteoritu **NWA 7034**, nalezeného na Sahaře v r. 2011, jenž nepochybňuje pocházení z Marsu. Určili jeho stáří 2,1 mld. let, což odpovídá tzv. *Amazonské geologické periodě Marsu*. Meteorit je tedy starší než většina marsovských meteoritů skupiny SNC, ale naopak mladší než proslulý meteorit *ALH 84001* nalezený v Antarktidě. Obsahuje plných 0,6 % vody vázané v krystalech, což je o řadu více než u meteoritů skupiny SNC a rovněž více stabilního izotopu kyslíku  $^{17}\text{O}$ . Podobné chemické složení mají basalty analyzované přístroji na vozítkách *Spirit* a *Opportunity*, takže je zřejmé, že ještě v té době byl Mars vlnčí a měl na svém povrchu větší zásoby kyslíku než dnes.

M. Humayun aj. uveřejnili výsledky zkoumání dalšího meteoritu z Marsu **NWA 7533**, jenž pochází z kráterovaného terénu jižních výsočin Marsu z raného období existence planety, neboť stáří meteoritu dosahuje ( $4,43 \pm 0,02$ ) mld. let. Jde o brekcii, jež byla z Marsu vymrštěna do kosmického prostoru před 1,7 mld. let (!). Podobně jako předešlý meteorit *NWA 7034* obsahuje i tento nový vzorek siderofilní prvky Ni a Ir a svědčí o tak o vlastnostech rané kůry Marsu tlusté asi 50 km.

D. Moser aj. se pokusili vyřešit rozpory v datování dalšího shergottitu z Marsu **NWA 5298**, nalezeného v poušti v Maroku. Pochází totiž z kůry Marsu vyvřelé před 4 mld. let, ale krystalizoval z ní mnohem později před pouhými 187 mil. let, což znamená, že ještě tak nedávno pokryvalo roztavené magma aspoň část povrchu planety! Nalezený úlomek opustil Mars při impaktu kosmického projektu teprve před 22 mil. lety.

J. Lorca aj. ohlásili objev **100. meteoritu z Marsu** nalezeného na Zemi. Jmenuje se *Ksar Ghilane 002* podle místa nálezu v Tunisu. Má hmotnost 0,5 kg a patří k shergottitům, takže vznikl během výlevů magmatu na povrch planety. Z Marsu byl vymrštěn před 3 mil. let a jeho střední průměr v kosmickém prostoru dosahoval asi 1 m.

S nečekanou zprávou o meteoritu **NWA 7325** vystoupili na 44. konferenci o planetách a Měsíci (Woodlands, Texas, březen 2013) A. Irving aj. Autoři získali celkem 35 úlomků meteoritu o úhrnné hmotnosti 0,354 kg od překupníka S. Ralewa již v dubnu 2012. Meteorit dopadl jen o několik měsíců dříve do marocké pouště. Autoři zveřejnili na konferenci výsledky zevrubného geochemického rozboru nápadně zeleného kamenného meteoritu, který téměř neobsahoval železo, ale zato z větší části hořčík v minerálu olivínu. To je důkazem zrodu v materiálu z pláště kamenné planety. Dále obsahuje vápník i krystalky chromu, jež daly meteoritu syst zelený

povlak. Poměrně vysoko je zastoupeno europium, jež je dokladem toho, že matečnou horninou meteoritu byl *magnatický oceán*, v němž krystalizuje živec, který pak vyplave na hladinu roztaveného magmatu. Také zastoupení hlavních nuklidů kyslíku dokazuje, že *meteorit nepochází ani z Měsíce, ani z Marsu nebo z pásma planetek*. Autoři se proto přiklonili k názoru, že daleko nejvíce odpovídá geochemie meteoritu kůže **planety Merkur**, kterou nedávno podrobně prozkoumala dálkovým průzkumem z oběžné dráhy kosmická sonda *MESSENGER*. Na druhé straně pro horninu vyvrženou při impaktu planetky na Merkur je zhruba 23krát obtížnější spadnout posléze na Zemi, než pro horninu vyvrženou z Marsu. Dalším problémem je pak velké stáří meteoritu *NWA 7325 srovnatelné se stářím Sluneční soustavy*, tedy z doby, kdy ještě Merkur neexistoval.

Neméně překvapující sdělení zveřejnili J. Kramers aj., kteří využili Ramanovy spektroskopie, rastrovací rentgenové spektroskopie (EDS), transmisní elektronové mikroskopie a dalších jemných moderních rozborů k určení *povahy tvrdého černého oblázku* s četnými prasklinami, nalezeného v poušti v jihozápadním Egyptě a nazvaného **Hypatia** na počest alexandrijské matematické astronomky a filosofky narozené v r. 350 AD a ubité křesťanskými fanatiky v r. 415 AD. Oblázek obsahuje převážně uhlík s příměsemi kyslíku a dusíku, zatímco silikáty jsou zastoupeny méně než 5 % jeho hmotnosti. Fyzikální a chemické vlastnosti oblázku vyloučily jeho pozemský původ.

Autoři po zevrubném rozboru naměřených údajů usoudili, že oblázek Hypatia vznikl před 28,5 mil. lety během **srážky Země s jádrem anonymní komety**. Kometární materiál je obecně tak křehký, že při průletu atmosférou se vinou vysokých tlaků a teplot ( $\approx 2\,000^{\circ}\text{C}$ ) rozpadá a obohacuje o složky zemské atmosféry. Oblázek skutečně obsahuje mikroskopické diamanty vzniklé z uhlíku působením vysokých tlaků a teplot při fragmentaci kometárního jádra v zemské atmosféře. Jinými slovy *Hypatia je prvním vzorkem kometárního materiálu, který byl nalezen přímo na Zemi*. Je tedy daleko větší a hmotnější, než všechny vzorky kometárního materiálu, které byly zkoumány kosmickými sondami, popřípadě dopraveny na Zemi v projektu *Stardust* ( $\approx 1\text{ mg}$ ).

Velmi vzácně se dají ze Země pozorovat **procesí meteoroidů**, vstupující do zemské atmosféry téměř přesně pod tečným úhlem k atmosféře. Jejich vstupní rychlosť je stále dostatečně vysoká k tomu, aby se meteoroid začal v atmosféře rozpadat, ale rozpad probíhá poměrně pomalu, takže bolidy lze pozorovat na velmi dlouhé dráze jako fragmenty letící ve formaci. První zaznamenané procesí bylo pozorováno již 18. srpna 1783, další 20. července 1860 a 21. prosince 1876. Nejlépe zdokumentované procesí se odehrálo 9. února 1913 kolem 21 h místního času v prostoru mezi Torontem a pobřežím Brazílie na svítící dráze dlouhé 11 tis. km. Bolidy letely ve formaci, která byla viditelná z Kanady, USA, Bermud, ale též z mnoha lodí v Atlantiku. Po průletu následovaly sonické třesky a není vyloučeno, že bolidy pokračovaly dále a možná dokončily téměř celý oběh kolem Země, než zanikly. Velmi pravděpodobně šlo o krátkodobě zachycenou miniplanetu, jež se stala nestabilní družicí Země a vinou nestabilní dráhy nakonec zanikla v atmosféře.

Neméně zajímavý byl **denní bolid z 10. srpna 1972**, jenž proletěl zemskou atmosférou přesně tečně v minimální výši 57 km. Vstoupil do zemské atmosféry nad Utahem ve 14:30 h místního času a letěl severně nad kanadskou provincii Alberta. Svítil po dobu 100 s. I tento průlet byl doprovázen sonickými třesky, ale podle Z. Ceplechy meteoroid třídy Apollo sice ztratil ztratil 2/3 původní hmotnosti, ale zbytek přežil a s kosmickou rychlostí nižší o 0,8 km/s se dostal na novou dráhu ve Sluneční soustavě se zmenšeným sklonem k ekliptice.

G. Brian a. j. simulovali na počítačích chování **mikrometeoroidů** o průměrech 0,025 – 1,0 mm po vstupu do zemské atmosféry. Zrnka těchto rozměrů totiž představují hlavní část populace tělisek obíhajících ve vzdálenosti  $\approx 1\text{ AU}$  kolem Slunce. Tělíska vstupují do zemské atmosféry téměř tečně a relativně malými rychlostmi, takže často přežijí pád na Zemi po spirálové dráze, aniž by se zcela roztavily. *Sběry meteoritického prachu v Antarktidě ukazují, že zhruba třetina vzorků neprošla roztavením*. V Grónsku se vyhne roztavení 30 % zrnek s rozměrem  $>0,1\text{ mm}$ , ale již 50 % s rozměry 0,05 – 0,10 mm a dokonce 78 % s rozměry 0,025 – 0,050 mm. Díky tomu *Země přibývá na hmotnosti tempem 40 kt/rok*.

M. Price a. j. zkoumali **odolnost spor kvasinek** při hypersonickém průletu vodou. Vstřelovali vzorky do vody plynovým dělem a začali s rychlosťí 1 km/s. V tom případě přežívala právě polovina spor. Se zvyšující vstupní rychlostí podíl přeživých spor klesal, takže při rekordní technicky možné rychlosti 7,4 km/s (tj. tlaku 43 GPa) *přežívala již jen 3 % kvasinek*. Zdá se, že mezní tlak pro přežití těchto mikroorganismů se nachází v rozmezí 2 – 10 GPa. Podobnou odolnost vykazovaly také *polární mechy*. B. Lexow a. j. a M. Poelchau a. j. vykonali podobné experimenty s **kovovými projektily** (ocel, železo, hliník) o hmotnostech až 0,1 kg a rozměrech 2,5 – 12 mm, které vstřelovali plynovým dělem do terčů jako jsou suchý a mokrý pískovec a také tvrdší horniny. Docílili tak rychlostí 2,5 – 7,8 km/s a vzniklé impaktní minikrátery měly průměry 0,04 – 0,4 m. Pokud je terč porézní, tak se objem kráteru snižuje. Pokud se však v písčetech horniny vyskytuje voda, kráter se naopak zvětší, ale zmenší se jeho hloubka. T. Kenkmann a. j. pak shrnuli výsledky všech experimentů uskutečněných v posledních čtyřech letech v rámci projektu MEMIN, jenž umožňuje vstřelování projektilů i do tvrdých hornin.

### 1.1.3.4. Měsíc

Nejcennější výsledky o **kůře Měsíce** poskytly výsledky pozorování dvojice kosmických sond (Ebb a Flow) *GRAIL* (Gravity Recovery And Interior Laboratory), jež podle W. Klipsteina a. j. obíhaly za sebou v tandemu ve vzájemné vzdálenosti 50 – 225 km na kruhové polární dráze kolem Měsíce od ledna do prosince 2012. Během první fáze měření trvající 88 dnů obíhaly sondy v průměrné výšce 55 km nad povrchem Měsíce, a během druhé fáze trvající 93 dnů obíhaly ve výšce pouhých 30 – 23 km. Vzájemnou vzdálenost obou sond se podařilo měřit s přesností na 0,2  $\mu\text{m}$  (!), oběžnou rychlosť na  $\pm 0,05\text{ }\mu\text{m/s}$  (!) a čas s přesností lepší než 100 ns, což pak umožnilo s přesností o čtyři rády lepší než předtím zmapovat gravitační pole Měsíce. Sondy byly 17. prosince 2012 po splnění obou fází mise navedeny ke srážce s Měsícem rychlosťí 1,7 km/s. Narazily na úbočí hory o výšce 2,4 km nad okolním terénem poblíž kráteru *Goldschmidt* u severního pólu Měsíce. Umělé krátery vzniklé na místě dopadu nesou jméno první americké astronautky Sally Rideové (1951 – 2012).

Díky projektu **GRAIL** se podařilo zjistit, že v oblasti Mare Moscoviensis a Mare Orientale je měsíční kúra velmi tenká, či dokonce zcela chybí. Podle M. Wieczorka a. j. má kúra Měsíce průměrnou tloušťku 34 – 43 km, zatímco dříve se předpokládalo, že je tlustší než 50 km. Její hustota v nejvyšším patře těsně pod povrchem Měsíce je nižší, než se čekalo, neboť *porozita materiálu dosahuje podle*

*M. Zuberové aj. až 20 %. Horniny v této vrstvě byly zřejmě mnohokrát drceny v epoše těžkého bombardování, které bylo ještě intenzivnější, než se dosud uvádělo, a zhomogenizovalo tak svrchní část kůry Měsíce. Průměrná hustota Měsíce dosahuje jen 2,55násobku hustoty vody v normálních podmírkách.*

Autoři dále ukázali, že variace gravitačního pole souvisejí s povrchovými tektonickými strukturami, vulkanickými terény, pánevními prsteny i centrálními pahorky impaktních kráterů. V impaktních kráterech se dochovaly zbytky hornin z planetek a jader komet, které se zřejmě v nejranější minulosti s Měsícem srazily. Podle M. Vaughana aj. vznikla impaktní pánev **Mare Orientale** dopadem obřího projektu, takže lávové moře o vertikální tloušťce 15 km obsahuje  $1,5 \cdot 10^6 \text{ km}^3$  taveniny. Tím lze také vysvětlit anomální litologii impaktní pánve **Jižní pól-Aitken**.

Podle J. Andrewse-Hanny aj. se **poloměr Měsíce** v nejranější fázi (zhruba 700 mil. let od svého vzniku) zvětšil místy až o 5 km. B. Johnson aj. a H. Melosh aj. objasnili na základě měření sond **GRAIL**, proč se pozoruje nejvyšší gravitace (**mascony**) uprostřed obřích impaktních pánví: právě tam utuhly roztažené horniny hustšího pláště Měsíce. Směrem k okrajům pánví pak gravitace klesá, protože tam se nacházejí horniny rozmetané explozí při impaktu. Gravitace pak znova stoupá pod okrajovými valy obřích kráterů či pánví. V té době dosahoval **geotermální spád** až  $30 \text{ K/km}$  směrem od centra Měsíce k povrchu.

Jak uvedli K. Miljkovicová aj., za nápadnou **nesouměrnost četnosti impaktních pánví** na přivrácené a odvrácené straně Měsíce může *ohřev přivrácené strany Měsíce od Země rozžhavené impaktem s Praměsicem*. To prodloužilo na přivrácené straně vulkanismus, takže při stejných parametrech těles dopadajících na Měsíc v období těžkého bombardování pozorujeme pánve na přivrácené straně dvakrát větší, než na protilehlé odvrácené straně Měsíce.

E. Speyerer a M. Robinson využili podrobného **mapování Měsíce** orbitální sondou **LRO** (Lunar Reconnaissance Orbiter) širokoúhlou a úzkoúhlou kamerou (WAC má lineární rozlišení 100 m a NAC 2,0 – 0,5 m) k identifikaci oblastí, kde na Měsíci *téměř stále svítí Slunce*, a naopak kde *Slunce nesvítí nikdy*. Našli tak plošinky o průměru desítek metrů, kde Slunce svítí nepřetržitě. Mnohem rozsáhlejší jsou oblasti, kam sluneční světlo dopadá po více než 94 % roku, takže tma tam trvá nanejvýš 43 h. Takové oblasti jsou přirozeně příznivé pro eventuální zřízení trvale obydlené stanice na Měsíci. Naopak ve věčné tmě a mrazu se nachází větší část (233 km<sup>2</sup>) dna 21 km impaktního **kráteru Shackleton** poblíž jižního pólu. Kráter vznikl impaktem před 3,6 mld. let.

A. Saal aj. našli ve **vzorcích měsíčních hornin a skel** z míst přistání *Apolla 15* a *17* stejný podíl D/H jako ve vodě na Zemi, popřípadě v uhlíkatých chondritech. Z toho lze usoudit, že *voda na Zemi i na Měsíci má společný původ*. V době obří srážky Praměsice se Zemí byla už Země dostatečně vlhká, popřípadě i mokrá, takže voda na Měsíci (v měsíčním olivínu představuje vodu 0,12 % jeho hmotnosti) pochází nejspíš ze Země, a Měsíc je geochemicky spíše dítětem než manželem Země.

V. Fernandes aj. využili 15 milimetrových úlomků hornin přivezených posádkami *Apolla 16* a *17* k určení **starší rozličných útvarů** na Měsíci pomocí poměru radionuklidu  $^{39}\text{Ar}$  (poločas rozpadu 269 let) ke stabilnímu nuklidu  $^{40}\text{Ar}$ . Starší nejstarší brekcie určili na **(4 547 ± 27) mil. let**. Horniny v impaktním **kráteru Plato** mají starost  $(4 290 ± 40)$  mil. let, což je zároveň spodní mez pro starší obřího impaktního kráteru **Jižní pól/Aitken**. Povrch v okolí místa přistání modulu *Apolla 17* je starý 4,2 mld. let. Nejmladší zkoumané vzorky vykázaly starost 3,3 mld. let, zatímco nejstarší pocházejí z období před 4,3 mld. let.

M. Robinson aj., Y. Shuratov aj., V. Dolgopolov aj. a I. Karachevtsevová aj. identifikovali pomocí snímků orbitální sondy **LRO** přesná **místa přistání sovětských automatických sond** *Luna 16, 20, 23 a 24*. Tak se podařilo zjistit, že kvůli technickým problémům přistála *Luna 23* jinde, než se předpokládalo. Rovněž se podařilo najít přesná místa zaparkovaných vozítek *Lunochod 1* (Luna 17) a *Lunochod 2* (Luna 21), takže jejich **koutové odražeče** na výšku vozítka se od té doby dají použít pro měření vzdáleností Měsíce pomocí krátkých laserových impulsů vysílaných ze Země. Mimochodem, robotické vozítko **Lunochod 2** ujelo na povrchu Měsíce neuvěřitelných 39 km (!) během necelých 5 měsíců provozu.

P. Strycker aj. oznámili, že oblak prachu, jenž vznikl při dopadu rakety **Centaur**, která se při závěrečném manévre před dopadem na Měsíc oddělila od sondy **LCROSS** (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite), byl nezávisle pozorován ze Země 3,5 m reflektorem na observatoři *Apache Point* na hoře *Sunspot* v Novém Mexiku. Dopad se odehrál poblíž jižního pólu v zastíněné parti Měsíce a byl s malým zpožděním pozorován zmíněnou sondou, která pak rovněž dopadla na Měsíc. Oblak vzniklý nárazem rakety na Měsíc byl sondou nejlépe zobrazen asi 20 s po impaktu, dosáhl výšky 100 km na povrch Měsíce a byl pozorovatelný celé 4 minuty do okamžiku dopadu samotné sondy. Raketa **Centaur** vytvořila v měsíčním kráteru **Cabeus** impaktní kráter o průměru 27 m a hloubce 5 m, zatímco sonda **LCROSS** o něco menší kráter o průměru 18 m a hloubce 3 m. Pokusy pozorovat prachový oblak velkými dalekohledy (včetně *HST*) ze Země až na výše zmíněnou výjimku selhaly. Pozorování 3,5 m reflektorem prokázalo, že ve dvou složkách prachového oblaku byla zastoupena **vodní pára**, což umožnilo odhadnout podíl ledu v trvale zastíněné části dna kráteru **Cabeus** na  $(6,3 \pm 1,6)\%$ .

V. Makarov se zabýval otázkou, proč je Měsíc uzamčen v **synchronní rotaci 1:1**? Kdyby byl totiž původně rotoval rychleji a programně, byl by skončil nejspíš v rezonanci 3:2, takže autor z toho odvozuje, že prvotní Měsíc byl chladný, obíhal po kruhové dráze, ale *rotoval retrográdně*!

Když v r. 1975 přišli W. Hartmann a D. Davis s domněnkou o **vzniku Měsíce** srážkou Země s poměrně hmotným Praměsicem, narazili na problém, že *geochemie Země a Měsíce je nápadně podobná*. Problém se dále prohloubil po simulaci srážky na superpočítací v Los Alamos v r. 1986, jež ukázala, že po srážce nemohlo dojít k promíchání pozemského a praměsického materiálu, což je v evidentním rozporu s výsledky odběru vzorků z Měsíce v programu Apollo i sběru lunárních meteoritů na Zemi. Proto v r. 2012 přišli M. Čuk a S. Stewartová s variantou původní domněnky, že **Praměsíc** měl jen asi 1/200 hmotnosti Země a narazil na velmi rychle rotující Zemi, takže pak by mohl být dnešní Měsíc snadno vytvořen materiélem vyvrženým z rané Země. Ani tato varianta však není bez problému, protože nedokáže vysvětlit, kde se ztratila polovina tehdejšího momentu hybnosti celé soustavy.

#### 1.1.4. Mars

Vozítka **Curiosity**, jež přistálo bezchybně na Marsu počátkem srpna 2012, dodalo v březnu 2013 na Zemi první údaje o **geologii a geochemii Marsu** v okolí místa přistání. Především objevilo jíly zastoupené v horninách zhruba z jedné čtvrtiny. To znamená, že

na povrchu Marsu se v dávné minulosti vyskytovala **tekutá voda**. V mladších vrstvách převažují však sulfáty, vulkanické horniny a skla. V kráteru *Gale* byly nalezeny i perchloráty. P. Meslin aj. ukázali, že se tam nejvíce vyskytují molekuly v pořadí  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}_T$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  a  $\text{K}_2\text{O}$ . R. Williams aj. objevili v kráteru *Gale* **oblázky** o průměrech 2 – 40 mm, jež jsou důkazem, že v kráteru teklo potok o hloubce 0,003 – 0,9 m a rychlosť proudění vody se pohybovala v rozmezí 0,2 – 0,75 m/s. Nejvyšší zastoupení chemických prvků vykazují *uhlík, vodík, kyslík, fosfor, dusík a síra*. V dubnu 2013 vozítka uskutečnilo první vrty do půdy o průměru 15 mm a hloubce 64 mm. Minerály ve virtu obsahují O, H, S, P a C.

Podle L. Levinové aj. vozítka odebralo 4 vzorky půdy na místě pojmenovaném *Rockfest* v intervalu 93 – 117 solů (sol = 1 den na Marsu) po přistání, které byly v aparatuře **SAM** (Sample Analysis at Mars) ohřány na teplotu 835 °C. Uvolněné plyny byly identifikovány jako molekuly *vody,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_2$  a  $\text{O}_2$* . Zastoupení vody podle hmotnosti dosahovalo v průměru 2 % hmotnosti vzorků, což nasvědčuje tomu, že *voda je vázána v amorfni složce půdy*. Jemný prach karbonátů obsahujících Fe nebo Mg uvolnil při ohřevu  $\text{CO}_2$ . Molekuly kyslíku byly vázány ve chlorátech a perchlorátech. *Zastoupení izotopů se shodovalo se zastoupením izotopů ve vzorcích Marsových atmosféry*, což svědčí o silném vzájemném působení půdy a atmosféry na planetě. D. Bish aj. objevili ve vzorcích *Rockfest* minerály *plagioklas, olivín, augit, magnetit, křemen, anhydrit, hematit, limenit a amorfni materiály* podobné těm, které se vyskytují na havajské sopce *Mauna Kea*.

V **atmosféře Marsu** se podle P. Mahaffyho a C. Webstera aj. vyskytuje vodní pára, která má přetížit vyšší poměr D/H, než vodní pára v atmosféře Země. To odpovídá skutečnosti, že molekuly vodní páry jsou na Marsu snadno disociovány ultrafialovým zářením Slunce a lehčí atomy vodíku odtud snáze unikají než atomy deuteria. Z měření poměru lze tak stanovit, kolik vody již Mars takto ztratil. *Dávná atmosféra Marsu byla o 95 % hustší než dnes*. V atmosféře Marsu se dále vyskytuje  $\text{CO}_2$ , Ar,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  a CO. To přesně souhlasí s chemickým složením vzduchových kapes v **meteoritech z Marsu** nalézajících na Zemi i s poměrem nuklidů  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ .

Vozítko se zatím pohybuje ke svému cíli – vrcholu hory *Aeolis Mons* (v žargonu NASA *Mt. Sharp*) – doslova hlemýždím temtem. Za prvních 7 měsíců provozu totiž urazilo pouhých 738 m a do konce r. 2013 jen 4 km (tempo 10 m/d), takže před sebou má stále asi 8 km jízdy. Kromě toho selhal hlavní počítač, takže vozítko je řízeno záložním počítačem. To snad přiměje operátory k rychlejšímu pohybu; technicky je možné urazit až 100 m/d.

C. Zeitlin aj. zveřejnili výsledky měření intenzity **radiace uvnitř sondy MSL** během 8,5 měsíců letu ze Země k Marsu a dostali tak hodnotu celkové dávky radiace 0,47 Sv. To znamená, že během cesty astronautů k Marsu a návratu na Zemi by astronauti obdrželi za rok dávku 0,7 Sv. Povolená celoživotní dávka pro astronauty je přitom jen 1 Sv. K tomu je nutné ještě připočítat druhotné rozpady izotopů ve stěnách kabiny a dokonce i v lidském těle. *Veškerá radiace s energiemi >100 MeV je pro lidské tkáně nebezpečná*. D. Matthiä aj. a A. Mrigashi aj. ukázali, že hlavním zdrojem kosmické radiace v interplanetárním prostoru je *kosmické záření z naší Galaxie*, jehož intenzita je modulována sluneční činností. Proto během dlouhého minima sluneční činnosti na rozhraní 23. a 24. cyklu byla z tohoto úhlu pohledu léta 2008-2010 nejhorší za celou dobu měření.

Radar **SHARAD** (SHAallow subsurface RADar) pracující na frekvencích 15 – 25 MHz (vlnové délky 12 – 20 m) na oběžné kosmické sondě **MRO** (Mars Reconnaissance Orbiter, NASA) odhalil podle G. Morgana aj. největší **podpovrchový systém vodních kanálů** v údolí *Marte Vallis* v nížině *Elysium Planitia*. Díky radarovým měřením do hloubky až 1 km pod povrchem se podařilo rekonstruovat **trojrozměrnou mapu kanálů** o délce až 1 tis. km a šířce 100 km. Radar ukázal, že kanály jsou dvakrát hlubší, než se dosud soudilo. Byly vyloubeny během dvou časově oddělených velepotop v proláklině *Cerberus Fossae*, jež se odehrály během posledních 500 mil. let před současností a které následně vyvolaly významné změny klimatu na Marsu.

Kamera *HiRISE* na sondě *MRO* pořídila podle A. McEwena snímky přistávacího modulu **sovětské orbitální sondy Mars 3**, jenž byla vypuštěna v květnu 1971 a na rozdíl od sondy *Mars 2* měkké přistála na Marsu 2. prosince 1971. Po 15 s rádiového spojení z povrchu se však modul z neznámých příčin odmlčel. Není ani známo, zda problém vznikl na modulu, anebo na oběžné části sondy, s níž měl udržovat rádiové spojení. Snímky z r. 2008 prohlíželi ruští dobrovolníci a v dubnu r. 2011 se jim podařilo identifikovat na povrchu Marsu jak vlastní modul, tak jeho padák, tepelný štít a poslední retroraketu. NASA identifikaci potvrdila v dubnu 2013.

E. Lakdawallaová se věnovala evergreenu: opakováně ohlašovaným zaručeným objevům **vody na Marsu**, což obvykle s velkou pompou ohlašuje americká agentura NASA už po čtvrt století. Pokaždé se ovšem ukáže, že přístroje oběžných sond nebo in situ aparatury přistávacích modulů a vozítka objeví led, sníh, popřípadě minerály vzniklé za přítomnosti tekuté vody v minulosti, zatímco široká zejména americká veřejnost by chtěla jasný důkaz o nějaké tekoucí řece či aspoň potoku na povrchu, v nejhorším případě na dně nějakého kaňonu. Protože kde je tekutá voda, tam přece musí být i život...

Ve skutečnosti je však z dosavadního intenzivního pátrání zřejmé, že v současné době představuje povrch Marsu zcela **suchou a poměrně studenou poušť**. Jiná situace může být jedině hluboko pod povrchem, protože jakákoli tekutá voda, která se nějak dostane na povrch, vypadne ještě dříve, než by stihla zmrznout. Neutronový spektrometr oběžné sondy *Mars Odyssey* však objevil tekutou vodu místo dokonce jen 1 m pod povrchem planety a dále v kapsách kolem rovníku, zatímco kamery **MRO** nalezly na dnech některých impaktních kráterů **čistý modrobílý led**, jenž se však během několika měsíců buď vypařil, anebo ho pokryl prach. Na úbočích sopek a ledovců příkrytých prachem se pozorují rýhy vzniklé tekoucí vodou během marsovského léta, ale voda tam dočasně tekoucí je asi příliš slaná pro život.

Podle autorky máme však dnes už naprostě *důvěryhodné údaje o tekuté vodě na povrchu Marsu v jeho dávné minulosti*. Připomíná, že dráhové parametry Marsu vedou k daleko výraznějším *Milankovičovým klimatickým cyklům*, než je tomu na Zemi. Na rozdíl od Země výkyvy sklonu rotační osy Marsu k oběžné rovině kolem Slunce jsou daleko větší a to silně ovlivňuje oslnění polokoulí červené planety. Mars byl vlhký na povrchu brzy po konci éry těžkého bombardování, tj. asi před 3,6 mld. let. Tehdy se **povrchová teplota Marsu** zvýšila patrně něčím jiným, než energií impaktů.

Nejvíce za to mohl intenzivní **vulkanismus** zejména v oblasti *Tharsis*, kde dodnes vidíme gigantické štítové sopky. (J. Michalski a J. Bleacher našli supervulkány v oblasti *Arabia Terra*, jež se vyznačují vývrelými krátery nepravidelných tvarů. Takové útvary neznáme na Zemi, ale na Marsu zajisté silně ohřívají povrch planety.) Severní polokouli Marsu tehdy patrně pokrýval rozsáhlý **mělký vodní oceán**, a po povrchu planety tekly **řeky**, jejichž vyschlá koryta a deltotitá ústí do oceánu jsou dosud zčásti patrná. Lze proto předpokládat, že na Marsu tehdy dokonce přesela voda z oblaků, anebo sněžilo. Svou roli sehrávaly také **přívalové řeky** či povodně

v oblastech zvýšené vulkanické činnosti. Jelikož má Mars jen 1/10 hmotnosti Země, tak *chladnutí horkého jádra probíhalo rychleji*, následně skončila epocha *magnetického dynama* a tím i ochrany povrchu před kosmickým zářením a koronálními výtrysky ze Slunce. Celý **koloběh vody** na Marsu se začal zpomalovat, až se nakonec úplně zastavil.

Evropská kosmická agentura *ESA* zveřejnila při příležitosti 10. výročí vypuštění kosmické sondy *Mars Express mineralogický atlas* povrchu Marsu na základě přehlídky pomocí vizuálního a infračerveného spektrometru *OMEGA* (Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité) pracujícího v pásmu 0,5 – 5,2 μm. Atlas zhotovily velké týmy odborníků pod vedením A. Ody a J. Cartera. Mapy pokrývají prakticky celý povrch Marsu s rozlišením 4,1 km/pix, a přes polovinu povrchu s rozlišením lepším než 0,5 km/pix. Jedna z map zobrazuje výskyt minerálů, které vznikaly za přítomnosti **tekuté vody** (fylosilikáty a hydratované soli). Tyto minerály jsou výrazně zastoupeny v nejstarších silně kráterovaných oblastech planety, což znamená, že v *prvních stovkách milionů let po vzniku Marsu se na jeho povrchu i v podloží vyskytovala tekutá voda*. Další dvě mapy zobrazují rozložení **olivínu a pyroxenu**, jež vznikají vulkanickou činností a podávají tak také svědectví o teplotách a tlacích uvnitř planety. V okolí nejstarších velkých impaktních kráterů se nacházejí olivíny s vysokým obsahem hořčíku, které představují minerály vymrštěné z pláště planety podúnikovou rychlostí a uložené na povrchu po zpětném dopadu.

Ty části povrchu, které obsahují vysoký podíl olivínu, jsou dokladem **gigantické vulkanické činnosti** v době před 3,7 mld. let. Tekuté magma tehdy pronikalo puklinami ve dnech kráterů a rozlévalo se po okolním povrchu planety, kde posléze utuhlo jako láva, podobně jako tomu bylo u měsíčních „moří“. Značná část povrchu Marsu však prodělala ještě další geologické proměny, jak dokazuje rozložení **pyroxenu** v oblastech kráterovaných vysočin, jež představují nejstarší část kůry planety. Další mapy dokazují, že povrch Marsu je pokryt jemným prachem s vysokým podílem **oxidů železa**. Oxidy zvětrávají vinou interakce s atmosférou Marsu, takže rezaví a tím dodávají celé planetě proslulou načervenalou barvu „boha války“. Současný vzhled povrchu Marsu je silně poznamenán dalšími **impakty**, tvarováním pomalu tekoucích **ledovců** a zvětráváním **prachovými bouřemi**, větrnými víry (tančící derviši) a větrem i sezónními **cykly tání a tuhnutí** vody a CO<sub>2</sub>. Výsledkem eroze je neustálé rozemílání a drcení prachových zrnek na čím dál tím jemnější prach. Zmíněné mapování Marsu tak *přineslo klíčové poznatky pro pochopení vzniku a geologického vývoje donedávna tak záhadného kosmického tělesa*.

J. Daubar využil soustavného snímkování povrchu Marsu několika generacemi oběžných kosmických sond, a zejména pak vysokého rozlišení úzkoúhlé kamery *HiRISE* (až 0,3 m/pix) oběžné sondy MRO, k objevování **nových impaktních kráterů** na Marsu. Sonda MRO pracuje na oběžné dráze ve výšce 250 – 316 km od listopadu 2006 a za tu dobu objevila do začátku r. 2013 **44 nových impaktních kráterů s průměry >1 m**. Celkem však se od r. 1976 podařilo nalézt na Marsu již **248 nových impaktních kráterů** a díky tomu se autorovi podařilo zpřesnit předešlé odhady o současném bombardování Marsu většími projektily. Dosud největší impaktní kráter za sledované období má průměr 34 m. Na ploše **1 km<sup>2</sup>** tak vzniká impaktní kráter o průměru >4 m jednou za 620 tis. let, což je o něco méně, než se dosud uvádělo.

## 1.1.5. Jupiter

A. Christou aj. uveřejnili výsledky obsáhlé mezinárodní kampaně **zákrytu** jasné hvězdy **45 Cap** (HIP 107302; 6,0 mag) Jupiterem počátkem srpna 2009. Úkaz byl dobře pozorovatelný na stanicích v Evropě, Africe a Jižní Americe teleskopy o průměrech zrcadel 0,4 – 2,2 m v blízké infračervené oblasti spektra. Odtud se podařilo změřit **škálovou výšku** Jupiterovy atmosféry 24 km a její **teplotu** 165 K. T. Cavalie aj. objevili díky infračervené družici *Herschel* v atmosféře Jupiteru **přebytek vody** nad jižní polokoulí planety, který je z 95 % důsledkem srážky slapoře rozdrobených jader komety *Shoemaker-Levy 9*, jež se odehrála v červenci 1994 právě nad touto polokoulí.

H. Hueso aj. shromáždili pozorování optických **záblesků** v atmosféře Jupiteru ohlášených astronomy amatéry v červnu a srpnu r. 2010 a v září 2012. Z pozorovaných údajů usoudili, že záblesky pocházejí od těles s rozměry 5 – 20 m, jež vstupují do atmosféry Jupitera rychlostmi kolem 50 km/s, takže nakonec vybuchnou při supersonickém průletu. Energie výbuchů je srovnatelná s energií výbuchu superbolidu *Čeljabinsk*. Autoři odhadli, že *na Jupiter dopadá za rok 12 – 60 těles zmíněných rozměrů*. Projektily o rozměrech stovek metrů se srážejí s planetou v průměru jednou za tři roky. Jednou za deset let vznikají při průletu větších těles atmosférou dlouhodobé tmavé skvrny pozorovatelné i v menších dalekohledech. Zmíněná statistika naznačuje, že většinu projektilů představují **kometární jádra**. Autoři apelují na *astronomy-amatéry*, aby se soustavnému sledování atmosféry Jupiteru věnovali a nabízejí software, který pro pozorovatele napsali.

S. Wahi aj. konstatovali, že jádra obřích plynných planet se nacházejí v **termodynamické nerovnováze**, neboť při teplotách >2kK a tlaku >0,4 TPa v jejich nitrech se v *kovovém vodíku* *rozpuštějí voda i oxidy MgO a SiO<sub>2</sub>*. Rozdíly v rozpustnosti Fe ve stlačených žhavých horninách pak silně ovlivňují celý vývoj vnitřního prostředí v planetách s hmotnostmi podobnými Jupiteru a Saturnu.

M. Yoneda aj. zjistili, že **sodíková mlhovina** obklopující Jupiter vykázala zesílení v květnu a červnu 2007, tj. v době, kdy byla pozorována zvýšená vulkanická aktivita na povrchu Jupiterova měsíce **Io**. Brzy potom naopak zeslábl výskyt polárních září v okolí magnetických pólů planety. Odtud plyne, že *ionosféra Jupiteru je ovlivňována zmíněným vulkanismem* a větší dodávka plazmatu do Jupiterových radiačních pásů naopak zeslabuje uspořádané elektrické proudy, které jsou přičinou polární září a rádiového záření planety.

D. Allen aj. zveřejnili infračervená pozorování sopek na měsíci **Io** uskutečněných při třídenním průletu sondy *Cassini* kolem Jupiteru na rozhraní let 2000/2001 kvůli jejímu gravitačnímu postrčení směrem k Saturnu. Z pozorování vyplynulo, že ve všech sopečných výronech docházelo k vylévání **basaltického magmatu**, jehož barevná teplota dosahuje v klidu hodnot 0,78 – 1,1 kK, ale během silných vulkanických erupcí stoupá až na 1,4 kK. Během průletu vykazovala sopka *Pillan* stabilní tepelný výkon, zatímco výkon sopky *Wayland* plynule klesal, kdežto u sopky *Loki* kolísal.

M. Brown a K. Hand pozorovali v září 2011 povrch měsíce **Europa** pomocí Keckova 10m teleskopu vybaveného adaptivní optikou. Získali tak pomocí spektrografovi *OSIRIS* 40krát lepší spektrální rozlišení, než měla svého času orbitální sonda *Galileo* (!). Přitom úhlový průměr Evropy dosahoval během měření jen 1''. Zjistili tak, že vedoucí polokoule měsíce méně ozářená Sluncem

vykazuje pouze absorpční pásy vodního ledu, zatímco na zadní polokouli se vyskytují pásy sulfátu hořčíku ( $MgSO_4$ ) a dalších solí ( $MgCl_2$ ,  $NaCl$ ,  $KCl$ ). Podařilo se jim též potvrdit existenci rozsáhlého pod povrchového vodního oceánu, jenž je ponořen v hloubce 100 km pod povrchem Evropy a obsahuje přibližně dvojnásobek vody než oceány pozemské.

### 1.1.6. Saturn

A. Konovalenko aj. objevili rádiové záblesky z **bouřek** na Saturnu pomocí dekametrové aparatury *UTR-2* ukrajinské observatoře v Hrakovu. Na přelomu ledna a února 2006 zaznamenali celkem 70 blesků s rádiovou jasností 4 – 40 Jy. Úspěšné pozorování dává naději, že touto aparaturou bude možné zaznamenávat i na jiných planetách Sluneční soustavy (Jupiter, Venuše). K. Sayanagi aj. popsal vznik a chování bouřek v atmosféře Saturnu v letech 2010-2011, jak je sledovaly aparatury *ISS* (Imaging Science Subsystem) a *RPWS* (Radio and Plasma Wave Science). V atmosféře planety se totiž vytvářejí **největší konvektivní kumuly** celé Sluneční soustavy. Obří bouřky však probíhají nepravidelně a ta poslední se objevila v prosinci 2010, kdy její hlava driftovala k západu rychlostí 27 m/s a v polovině ledna 2011 dosáhla šířkového rozměru přes 9 tis. km a délkového rozměru 34 tis. km. Kromě toho se v troposféře rozvíjel **anticyklonální vír**, jenž v téže době dosáhl rozměru  $11 \times 12$  tis. km. Byl to největší troposférický vír kdy na Saturnu pozorovatelný. V červnu 2011 se hlava trefila do víru a tím veškerá bouřková aktivita začala slábnout a zcela vymizela v srpnu 2011.

Podle U. Dyudinové aj. byly **velké anticyklony** pozorovány v atmosféře Saturnu již v r. 2009, když driftovaly na vodorovnou vzdálenost až 10 tis. km. **Mocné blesky** vznikající v hloubce až 250 km pod vrcholky mračen je dokázaly osvětlit až na vodorovnou vzdálenost 200 km. Rádiové záblesky doprovázející optické blesky se dařilo pozorovat ve frekvenčním pásmu 1 – 16 MHz (19 – 300 m), ale někdy až do 10 GHz (30 mm). Odtud se dala také spočítat energie jednoho záblesku až na 8 GJ. Četnost blesků v bouře dosahovala až 5 blesků/s. Během bouřek na Saturnu vznikají v periodě 30 let **bílé skvrny** pozorovatelné dalekohledy ze Země. Poprvé je astronomové spatřili již v r. 1876 a nejnověji sonda Cassini v r. 2010. Skvrny mají lineární rozměry až 10 tis. km a vznikají v úzkém pásu  $31,5 - 32,4^\circ$  s.š., tj. právě ve zmíněné oblasti velkých bouřek. Vítr ve skvrnách vane rychlosť až 575 km/h.

Infračervená kamera sondy *Cassini* pozorovala koncem dubna 2013 proslulý **polární vír** kolem severního pólu planety, jenž má tvar mírně zaobleného šestiúhelníku, a byl poprvé pozorován kosmickou sondou *Voyager 2* v r. 1981. Jde fakticky o velmi stálý hurikán s průměrem 30 tis. km a obvodovou rychlosťí 320 km/h, jehož centrální oko má průměr 2 tis. km. Jeho stálost je obdivuhodná a patrně získává energii z nitra planety, protože *Saturn* vydává 2,5krát více tepla, než kolik ho dostává od Slunce. (U Jupiteru jde o přebytek 70 % a u Neptunu dokonce 160 %; pouze Uran žádný přídavný zdroj tepla nemá.)

D. Robertson aj. zjistili, že na měsíci **Titan** může pršet *methan* v podobě velmi malých kapiček, takže jejich pád na povrch měsíce trvá velmi dlouho. Plynný methan tvoří 5 % hmotnosti husté Titanovy atmosféry. V horních vrstvách atmosféry probíhají fotochemické procesy ovlivněné UV zářením Slunce a slunečním větrem. Nejvíce jsou zde zastoupeny molekuly dusíku a methanu. Ve výškách kolem 200 km nad povrchem se k nim přidávají **tholini**, které dávají Titanu známý oranžově-žlutý nádech. Ještě níže vznikají **organické aerosoly** a teplota spodní atmosféry dosahuje 100 K.

J. Hofgartner a J. Lunine ukázali, že **ledové kry methanu i ethanu** mohou plavat na hladině jezer, protože kry obsahují vzduchové bublinky. Teplota na povrchu Titanu (94 K) je velmi blízká trojnámu bodu methanu (90,7 K). Sklon rotační osy Titanu dosahuje  $27^\circ$ , takže tam vznikají roční doby podobně jako na Zemi; jsou pouze teplotně posunuty do vysokých minusových hodnot. V současné době se na severní polokouli Titanu blíží léto. Tomu odpovídá pozorování z průletu sondy *Cassini* 12. září 2013, že většina jezer na severu je už zalita kapalnými uhlovodíky. **Klima** na Titanu je pak ovlivňováno výskytem methanu jako skleníkového plynu na časové stupnici stovek tisíc let. V době, kdy se odpařuje málo methanu do atmosféry, mohou na Titanu nastat i dlouhotrvající ledové doby.

C. Neishová aj. využili radaru na oběžné sondě *Cassini* k proměření rozměrů a hloubek impaktních kráterů na povrchu Titanu. Radar dokázal při blízkých průletech sondy u Titanu proměřit  $>30\%$  povrchu měsíce s lineárním rozlišením až 350 m. Autoři pak zkoumali poměry mezi hloubkami a průměry pro více než 60 kráterů s průměry >20 km. Největší kráter na Titanu jménem **Menrva** má průměr 425 km, ale poměr hloubky a průměru jen 0,0012. Nejmenší změřený kráter **Ksa** pak dosahuje průměru 39 km, ale zato vyššího zmíněného poměru 0,017. Tyto poměry se snižují přímo úměrně stáří kráterů, protože se během času zanáší v růstověm písiku rychlostí stovek metrů během miliardy let. Tím se liší od impaktních kráterů na velkých měsících obřích planet, které žádnou atmosféru nemají. Kromě toho kosmické projekty dopadají např. na Jupiterův měsíc **Ganymed** průměrnou rychlosťí 20 km/s, zatímco na Titan rychlosťí poloviční, takže hustá atmosféra měsíce zásadně ovlivňuje topografií kráterů. Z topografických měření také vyšel zatím nejpřesnější **poloměr Titanu** (2 574 km), takže *Titan* je sice větší než *Merkur* (2 440 km), ale má menší hmotnost.

D. Hemingway aj. zjistili, že nad hřbety a horami Titanu je **nižší gravitace**, než nad dolinami. To znamená, že hory byly původně ještě vyšší, ale postupně erodují, zatímco kořeny vrostlé do ledu zůstaly. **Ledová kůra Titanu má tloušťku minimálně 40 km**, aby tuto konfiguraci udržela. Vinou zmíněné povrchové eroze je na Titanu vlastně docela málo impaktních kráterů a naopak mnoho písečných dun. Na Titanu byl objeven kryovulkán *Sotra Facula*, na jehož vrcholku se nachází klasická kaldera, z níž je vystřelován tuhý methan, který aspoň z části vyrovnává úbytek methanu v atmosféře, kde je rozkládán působením ultrafialového záření Slunce.

E. Asphaug a A. Reufer upozornili, že **hmotnost Titanu** je vyšší než všech Jupiterových měsíců dohromady! *Titan* sám má 95,6 % hmotnosti celé soustavy Saturnových měsíců. Autoři proto na základě počítacových simulací tvrdí, že původně měl i Saturn několik hmotných „Galileových měsíců“, jež se postupně srazily a vytvořily unikátní Titan. Splývání doprovázel vznik spirálních ramen hmoty, jež se posléze oddělily a sbalyly na středně velké ledové měsíce Saturn. Tento proces se vyhnul Jupiteru, neboť tamější *Galileovy měsíce* byly ve svých drahách uzamčeny gravitačními rezonancemi.

M. Hedman aj. zpracovali výsledky pozorování měsíce **Enceladus** během 20 průletů sondy *Cassini* v jeho blízkosti. Když je *Enceladus* na své excentrické oběžné dráze nejdále od Saturnu, jsou *chocholy ledových částic* nad jižním pólem čtyřikrát jasnější, než když je k planetě nejbližší. Tyto chocholy vyvěrají z tzv. **tygřích pruhů** u jižního pólu, jež jsou dlouhé 130 km a rozteče mezi nimi dosahují 35 km. Pruhy se v apocentru rozevírají a v pericentru svírají, evidentně následkem slapových sil. J. Goguen aj. zveřejnili údaje o průletu sondy *Cassini* ve výšce 74 km nad jižním pólem *Enceladu* v dubnu 2012. Kamerou *VIMS* pracující v blízké infračervené oblasti spektra snímal s frekvencí 40 Hz tepelné záření nad velkou štěrbinou **Baghdad Sulcus** ( $82^\circ$  s.š.;  $28^\circ$  z.d.). Ze štěrbiny o lineární šířce 9 m vystupovala z hloubky 40 m pod povrchem **vodní pára** o teplotě 197 K.

# Kam by Ikaros nedoletel

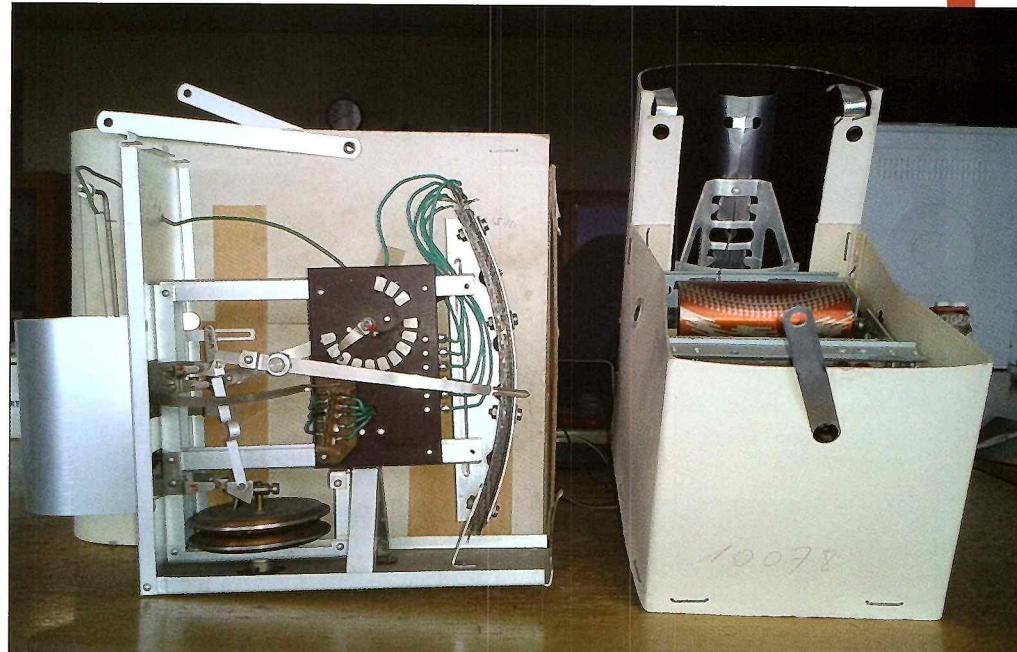
Ludí odpradávna zaujímalо dianie vysoko nad zemským povrhom, v takzvaných vyšších vrstvach atmosféry (z angl. upper-air). Hoci pravidelný aerologický prieskum atmosféry sa robí už 85 rokov, v poslednom období vďaka dostupnosti elektrotechnických zariadení a veľkých meteorologických balónov v interneto-vých obchodoch opäť rastie záujem verejnosti o dianie vysoko nad povrhom Zeme. Vznikajú projekty rôznych záujmových združení, ktorých cieľom je vyniesť do atmosféry Zeme, alebo dokonca do kozmu, vybrané meracie zariadenia či kamery a získať z nich počas výstupu do výšky údaje. Na internetovej sieti sa dajú nájsť zábery, ako vyzerá roztrhaný meteorologický balón 30 – 40 km nad povrhom Zeme. Zariadení nesených balónmi do atmosféry pribúda a pozorovatelia oblohy ich často považujú za mimozemské objekty UFO. Pozornosť verejnosti a záujem o výšiu atmosféru vzbudil aj zoskok Felixa Baumgartnera z výšky 40 km v roku 2012.

Hoci sa aerologické merania tešia stále väčšiemu záujmu laikov, primárne sú určené pre odborníkov. Klasická predpoved počasia, letecká doprava a numerické predpovedné modely by bez vstupných aerologických údajov nemohli fungovať. Aj vo výskume a sledovaní vývoja poškodenia ozónosféry Zeme ľudskou činnosťou zohrávajú aerologické merania nezastupiteľnú úlohu. Časové rady meraní základných parametrov vyšej atmosféry sú predmetom analýz klimatológov. Kontroverznými sú stále javia aerologické rady meraní teploty vzduchu v troposfére, ktoré, bez výrazných úprav zohľadňujúcich vývoj techniky, stále ešte nevykazujú súlad s modelovaným vstupom teploty vzduchu, ktorý by zodpovedal teórii globálneho oteplovenia.

Ako sa vyvíjala technika aerologických meraní? Robí sa pravidelný prieskum vyšších vrstiev atmosféry aj u nás, čo ukázal a kam smeruje? Prečo je také zložité homogenizovať rady aerologických meraní? Na čo slúži pravidelná sondáž vyšších vrstiev atmosféry? Môže si balón s meracím zariadením vypustiť do atmosféry hocikto a hocikedy?

## Od Ikara k windprofilerom

Starovekí Gréci, podľa báje o Daidalovi a Ikarovi, predpokladali, že vysoko nad zemským povrhom, bližšie k Slnku, musí byť veľmi horúco. Horolezci a konštruktéri prvých lietajúcich strojov tento názor vyvrátili – ukazovalo sa, že s rastúcou nadmorskou výškou teplota vzduchu klesá. O to



Obr. 1. Meteorologické rádiosondy Molčan RZ-042 a A-22.

väčšie bolo prekvapenie vedeckej aj laickej verejnosti, keď Léon Tiessenc de Bort na základe pravidelných meraní vertikálnych profilov teploty vzduchu pomocou meteorografa, ktorý bol pripojený na stúpajúcim balóne, zistil, že teplota klesá so vzdialenosťou od povrhu iba do určitej výšky a pri ďalšom vzdaľovaní sa od povrhu teplota vzduchu sa prestáva výrazne meniť a dokonca pomaly stúpa. Podobné závery urobil na základe svojich meraní Richard Assmann. V roku 1902 obaja publikovali svoje zistenia, a tak bola objavená nová izotermická vrstva a nad ňou inverzná vrstva vzduchu v zemskej atmosfére. Spodná vrstva atmosféry, pre ktorú je charakteristický pokles teploty s výškou, bola v roku 1902 pomenovaná troposférou, nad ňou ležiacia vrstva stratosférou. Zistilo sa, že výška, kde sa zastavuje pokles teploty vzduchu, sa počas roka mení (najvyššia je v teplom polroku). Pre prechodnú vrstvu medzi troposférou a startosférou zaviedol v roku 1912 Napier Shaw pomenovanie tropopauza.

Balóny či šarkany (po česky draci), nesúce meracie zariadenia do vyšších vrstiev vzduchu, boli spočiatku pripútané k zemskému povrhu. Hmotnosť lana limitovala výškový dosah týchto konštrukcií. Výstupy do voľnej atmosféry pomocou upútaných a neskôrce i volne letiacich balónov začali robiť J. A. Charles a F. de Arlandes vo Francúzsku už v roku 1783. Úspešné pokusy a meteorologické merania pomocou šarkanov urobil L. Hargrave v Sydney v roku 1892. Systematické meteorologické merania pomocou lietadla sa začali robiť na návrh R. Assmanna v roku 1912.

Prieskum ešte vyšších vrstiev vzduchu by umožnil objav zariadenia, ktoré by dokázalo pri výstupe balóna naplneného ľahkým plynom požadované fyzikálne údaje nielen presne merať, ale priebežne posielat k zemskému povrhu. Takýmto zariadením sa stala meteorologická rádiosonda, ktorú vynášiel a v januári 1930 po prvý raz

<sup>1)</sup> Po druhej svetovej vojne sa začali používať pri aerologických meraních rakety, ktoré dosahovali výšky okolo 100 km. Na pravidelné merania v aerologickej sieti sa však z viacerých príčin nedajú použiť.

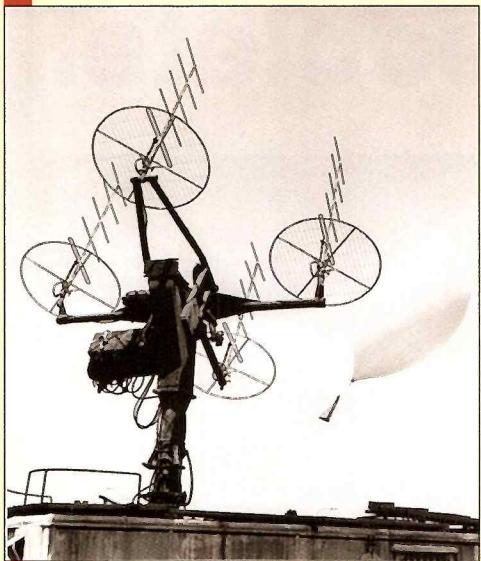
v Pavlovsku pri Petrohrade vypustil do vzduchu Pavel Alexandrovič Molčanov. Konštrukcia tejto sondy bola tak technicky prepracovaná, že sa bez výrazných zmien používala ešte ďalších takmer 30 rokov. Využitie rádiosondy umožnilo pravidelné merania vo vyšších vrstvach atmosféry. Vznikol nový odbor meteorológie – aerológia – ktorá sa zaobrába pozorovaním a výskumom vyšších vrstiev atmosféry. Aerológiu môžeme rozdeliť na priamu, ak prostriedok výskumu preletava atmosférou (balóny, šarkany, lietadlá, rádiosondy, raketky vybavené meteorologickými prístrojmi<sup>1)</sup> a nepriamu, ak je prístroj umiestnený na zemi. Krátko po vypustení prvej rádiosondy zavesenej pod volne letiacim balónom sa práve tieto zariadenia stali najrozšírenejším prostriedkom na operatívne získavanie hodnôt meteorologických prvkov vo vyšších vrstvach atmosféry a ich význam neklesa ani v súčasnosti.

1. apríla 1960 bola vypustená prvá pokusná meteorologická družica, ktorá otvorila éru druhicovej meteorológie. Najmladším prostriedkami na meteorologické merania vo vyšších vrstvach atmosféry sú meteorologické radary, lidary a windprofilery, ktoré získavajú informácie s vysokou časovou hustotou. Princíp získavania informácií o atmosfére tak z rádiometrov na družiciach, ako aj z pozemných meraní pomocou radarov, lidarov alebo windprofilorov je založený na určitom fyzikálnom modeli atmosféry, alebo modeli správania sa žiarenia v atmosfére. Reálne merania charakteristik atmosféry „in situ“ doposiaľ poskytujú iba aerologická sondáž.

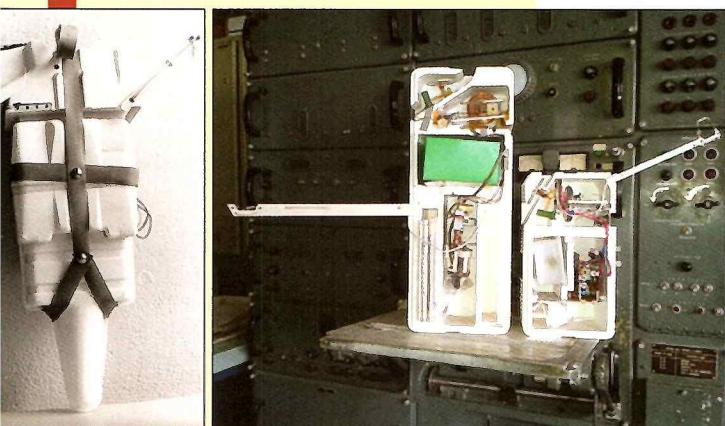
## Aerológia v Čechách a na Slovensku

Počiatky aerológie v Československu sú spojené s menom prof. Stanislava Hanzlíka, ktorý vo svojich prácach o priestorovom rozdelení meteo-



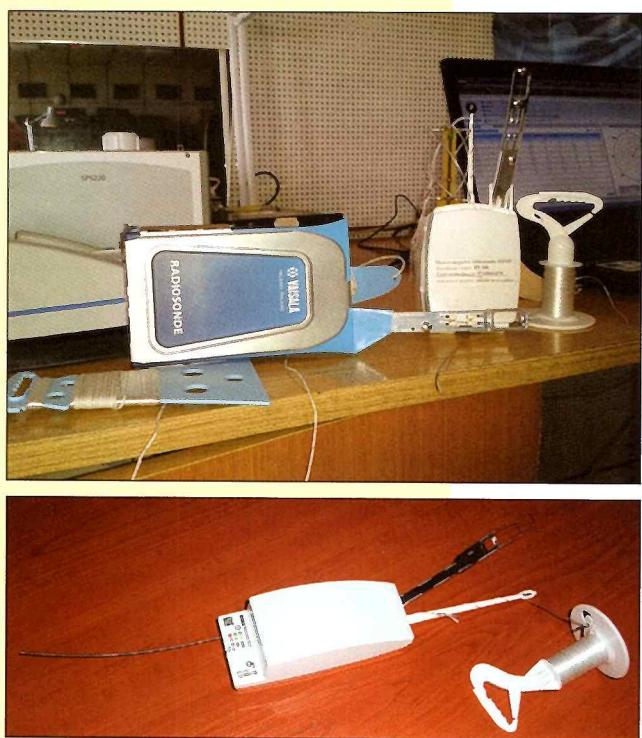


Obr. 2. Rádioteodolit Malachit na stanici Poprad a meteorologický balón.



Obr. 3. Meteorologické rádiosondy MARS 1K, MARS 3/1 a Star 1 pred rádiolokátorom RMS-Meteor 2.

Obr. 4. Meteorologické rádiosondy RS90, RS92 a RS41.



rologických prvkov v cyklónach a anticyklónach v rokoch 1908 a 1912 použil údaje z horských meteorologických stanic. Záznamy o aerologických meraniach na našom území pred vznikom prevej ČSR sa nenašli. Pozorovania s upútaným balónom sa konali vo Viedni a v rokoch 1906 a 1908 sa na nich zúčastnil aj prof. Rudolf Schneider, zakladateľ prvého československého Štátneho ústavu meteorologického. Veľké úspechy s meraniami vo vyššej atmosfére pomocou šarkanov dosiahla v Nemecku stanica Lindenberga, kde bol urobený aj najvyšší výstup šarkana s meteorologickými prístrojmi (9 740 m). Na území Československa sa pozorovania tohto typu nekonali. V sieti meteorologických stanic na našom území sa v druhej polovici 19. storočia používali nefoskopy na meranie smeru a rýchlosťi výškového vetra pozorovaním pohybu oblakov. Priame merania výškového vetra pomocou letiacich balónikov pozorovaných optickým teodolitom sa zaviedli u nás v rokoch 1921 – 22 v súvislosti s rozvojom leteckej dopravy na trase Strasburg – Praha – Varšava. Postupne sa začali tieto merania vykonávať na letiskách v Prahe, Olomouci, Chebe, Bratislave a Košiciach. Súčasne sa

v prípade potreby robili pomocou balónikov aj merania výšky základne oblakov.

Počas druhej svetovej vojny vytvorili Nemci na letisku v Kbeloch (pri Prahe) jedno z centier meteorologického prieskumu. Podnikali odtiaľ prieskumné lety až nad Biskajský záliv. Veľké zásoby rádiosond typu Lang, ktoré Nemci zanechali na letisku v Kbeloch, sa po druhej svetovej vojne stali základom pre pokusné rádiosondárne merania u nás. Od roku 1946 ich začal na letisku Ruzyně so

skupinou pracovníkov robiť Dr. Jaroslav Jílek. Iná skupina pod armádnym velením robila pokusné merania od októbra 1947 na letisku v Kbeloch, kde od 1. januára 1948 bolo v rámci armádnej poveternostnej služby zriadené aerologické oddelenie a jeho veliteľom bol Dr. Jaroslav Červený. Prvé pokusy o rádiosondárne merania boli poznáčené mnohými nedostatkami. Vypúšťali sa staré nekalibrované rádiosondy a prijímače zariadenie nepracovalo na vhodnej frekvencii. V apríli 1948 boli vyhlásené Medzinárodné aerologické dni (MAD) a na letisku v Kbeloch sa počas týchto dní robili pozorovania v dvoch termínoch, o 3. a 15. hodine GMT. Počas MAD v rokoch 1948 – 49 v jarných a jesenných mesiacoch sa v Kbeloch raz denne robili aj aerologické lietadlové výstupy s meteorografom na lietadle typu „Moskyto“. Dostup lietadla bol okolo 8 km. Začiatkom roku 1949 sa v Kbeloch robili už pravidelné rádiosondárne merania v termíne 03 GMT, a tento rok môžeme považovať za rok za-

loženia prvej československej rádiosondážnej stanice, v súčasnosti prevádzkovej v lokalite Praha-Libuš.

Aerologická stanica Poprad bola založená v roku 1951, tiež pôvodne ako vojenská stanica. Obe stanice sa dostali pod civilnú správu v súvislosti s preradením Štátneho meteorologického ústavu mimo pôsobnosť Ministerstva národnej obrany 1. januára 1954. Od roku 1968 patrí stanica Poprad Slovenskému hydrometeorologickému ústavu. WMO indikatív je 11952 (do roku 1977 bol pred prestahovaním stanice z letiska Tatry do lokality Poprad-Gánovce indikatív stanice 11934). Dátum prvej úspešnej sondáže je 7. november 1951. Rádiosonda VAISALA dosiahla výšku 10 435 m. Výškový priemer dosiahnutý počas prvého mesiaca meraní bol 13 066 m. Najvyššia dosiahnutá výška v novembri 1951 bola 18 606 m. Pre porovnanie, v súčasnosti rádiosondy lietajú denne do výšok nad 32 km a počas letu merajú a okamžite každú sekundu vysielajú informácie o tlaku, teplote, vlhkosti, smere a rýchlosťi vetra. Počas takmer 64 rokov prevádzky bolo v Poprade a v Gánovciach vypustených viac ako 66 800 rádiosond. V historických záznamoch je možné nájsť len veľmi krátkodobé prerušenia meraní a pozorovací rad stanice Poprad-Gánovce patrí k najkompletnejším súborom meteorologických dát z vyššej atmosféry. Údaje od roku 1961 sú digitalizované a boli použité pri viacerých klimatologických štúdiach.

### Vývoj techniky

Od začiatku aerologických meraní do súčasnosti sa technika používaná na meranie, prenos a spracovanie údajov vyvíjala.

Vzhľadom na rozsah hodnôt meteorologických prvkov, ktoré rádiosonda pri svojej púti naprieč atmosférou musí odmerať s požadovanou presnosťou, sú nároky na meracie zariadenia v aerológii veľmi vysoké. Pred vypustením do atmosféry je každá rádiosonda kontrolovaná ako z hľadiska správnosti merania, tak aj z hľadiska schopnosti vysielania údajov. Prvý prevádzkový prijímač a rádiosondou použitý na stanici Poprad bol od firmy VAISALA. Používali sa iba okolo pol roka. Takmer 40-ročná éra sovietskej technológie začala v máji 1952 rádiosondou Molčan RZ-042 (obr. 1). V krátkom čase bola táto rádiosonda vystriedaná sondou METRA RZ-042, vyrábanou v licencii v továrnii METRA Praha.

Rádiosondy pracovali na frekvencii, ktorá sa dala zachoť na obyčajnom rádiovom prijímači, avšak stanica používala výkonnejší prijímač LAMBDA. Etapa rádiosond, ktoré informácie z vyšších vrstiev atmosféry prenášali vo forme signálov podobných Morseovej abecede, dosiahla najväčší rozvoj v období 1958 – 1970, keď bol v prevádzke rádioteodolit Malachit (obr. 2) s rádiosondou RZ-049 a dokonalejšou A-22 (obr. 1). Princíp merania vtedajších rádiosond sa zakladal na mechanickej deformácii snímačov, vyvolanej zmenou meraného parametra. Meranie tlaku bolo založené na pružnej deformácii tzv. Vidieho dôz, čo sú vzájomne spojené cylindrické kovové škatulky, v ktorých je veľmi zriedený vzduch. Teplomer bol bimetalický a vlhkomer využíval zmenu dĺžky zväzku vlasov v závislosti od vzdušnej vlhkosti. Deformácia meracích súčastí bola tenkým kovovým ramienkom prenášaná na valec poháňaný elektromotorom, ktorý bol pokrytý systémom vodiacich a izolovaných plôch. Ich rozloženie sa po dĺžke valca menilo a pre danú hod-

notu meraného meteorologického prvku dávalo vždy jedinečnú kombináciu vysielaných zvukových signálov. Rádioteodolit umožňoval elektronické sledovanie rádiosondy, čo znamenalo výrazný posun v presnosti a výškovom rozsahu merania vetra. Predtým používané optické teodolytie mali rozsah merania limitovaný vizuálnym kontaktom s rádiosondou.

V roku 1970 bol na aerologickej stanici Poprad inštalovaný rádiolokátor RMS-Meteorit. Tento automatický systém spolupracoval s rádiosondami Mars a Star, vyrábanými v Československu (obr. 3), ktoré informácie o hodnotách meraných meteorologických prvkov prenášali pomocou amplitúdovo a impulzne modulovanej frekvencie. V týchto rádiosondach bol bimetalický teplomer nahradený termistorom. Meranie tlaku a vlhkosti zostało podobné ako u predchádzajúcej rádiosundy, otáčajúcej sa valec však bol nahradený tlakovým prepínacom. Na pevnej izolačnej doštičke bol systém kontaktov, po ktorých sa pohybovalo ramienko spojené s mechanickým tlakomerom, ktorý bol opísaný pri predchádzajúcej rádiosonde. V závislosti od kombinácie kontaktov a polohy ramienka sa postupne zapájali jednotlivé meracie prvky. V oscilačnom okruhu sa generovala základná frekvencia, ktorá bola modulovaná zmenou odporu v meracích prvkoch. Závislosť odporu termistora od meranej teploty bola daná princípom jeho činnosti, mechanický pohyb vlhkomera ovládal pohyb bežca v reostate, a tým menil odpor v jeho elektrickom okruhu. Rádiolokátor umožňoval aktívne sledovanie polohy rádiosondy. Pomocou vysielaných elektrických impulzov priebežne meral vzdialenosť k letiacej rádiosonde a z polohy parabolickej antény odvodenzoval smerový a výškový uhol, pod ktorým sa javila poloha rádiosondy z pozemného meracieho zariadenia, odkiaľ bola rádiosonda vypustená. Z uvedených súradníck bol možné počítať smer a rýchlosť výškového vetra a po zohľadnení zakrivenia zemskej povrchu a ohybu rádiových vln v zemskej atmosfére aj výšku letiacej rádiosondy.

Nástup deväťdesiatych rokov minulého storočia bol historickým medzníkom rádiosondážnych meraní na stanici Poprad-Gánovce. Staré masívne a energeticky náročné rádiolokátory boli nahradené elektrotechnikou na báze mikroprocesorov. Kvalitatívne nová etapa meraní začala v roku 1991 po inštalácii plne automatizovaného rádiosondážného systému VAISALA DigiCORA. Rapídne sa zlepšila presnosť, citlivosť, dosahovaná výška, spolohlivosť a prevádzkový komfort. Miniatúrne snímače tlaku, teploty a vlhkosti pracujú na princípe elektrických kondenzátorov. Úplne sa zmenil spôsob merania výškového vetra. Pohyb rádiosondy začal byť monitorovaný pomocou pozemných navigačných refazcov (Omega, LORAN-C). Postupne sa zdokonaľovalo využitie navigačných satelitov a dnes je už meranie vetra na báze GPS dominantou metódou.

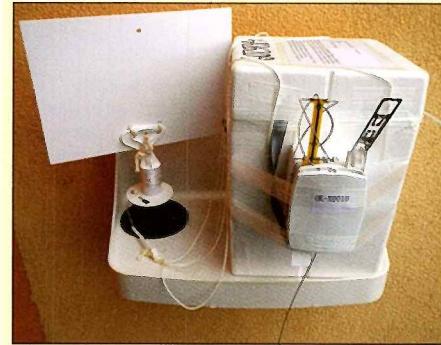
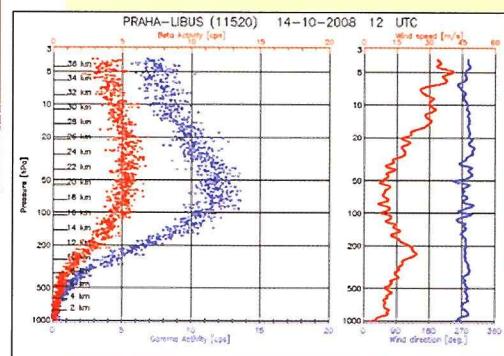
Posledná inovácia rádiosondážného systému DigiCORA, ktorá sa uskutočnila v roku 2014, umožňuje používať rádiosondy RS41 bez snímača tlaku, pretože aj na meranie výšky sa používa navigácia GPS. Hmotnosť rádiosond RS41 (okolo 100 gramov) je takmer trikrát nižšia v porovnaní s predchádzajúcou generáciou rádiosond RS92 (obr. 4). Zmeny v používaní rôznych meracích a navigačných systémov je v súčasnosti potrebné brať do úvahy pri vyhodnocovaní dlhodobých radov aerologickej merania.



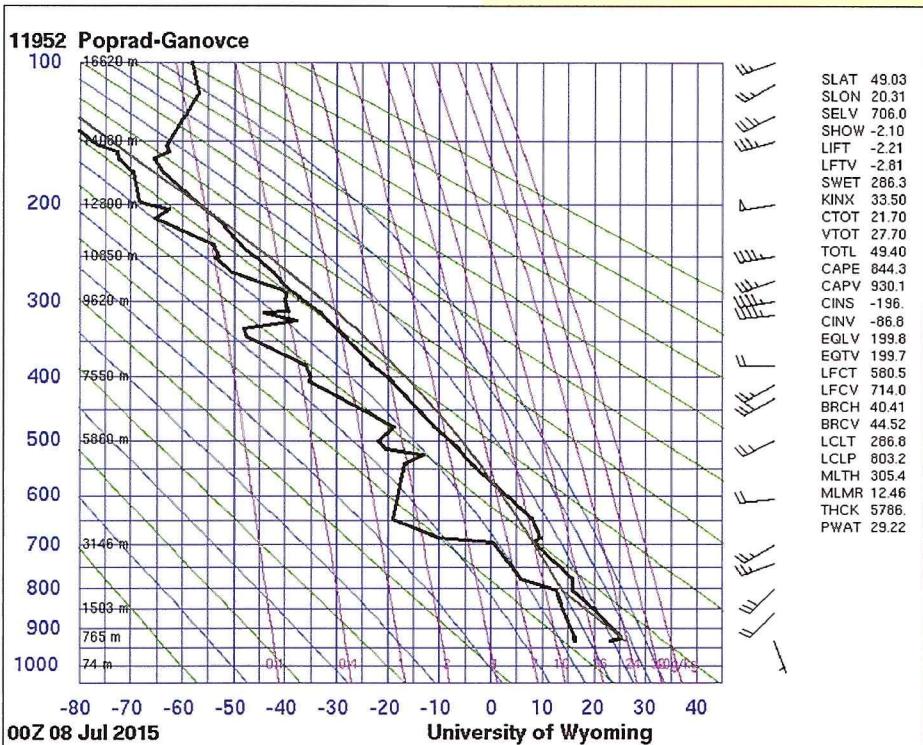
Obr. 5 Rádiosonda VAISALA RS92 doplnená snímačom rádioaktivity spolu so záznamom merania profilu gama a vysokoenergetického beta žiarenia v jednotkach cps (počet zaznamenaní za sekundu) a smeru (wind direction) a rýchlosťi vetra (wind speed v m/s).

### Aerologicke meranie dnes

Celé zariadenie na vykonávanie aerologickej merania sa v súčasnosti skladá z antén na príjem rádiového a GPS signálu, zariadenia na kontrolu rádiosondy pred štartom, zariadenia na spracovanie prijatých signálov a príslušného softvéru v pripojení PC. Dôležitou časťou systému je zariadenie na plnenie meteorologického balóna niektorým z ľahkých plynov (najčastejšie sa na plnenie balónov používa vodík, pri akciach s väčšou účastou verejnosti sa z hľadiska bezpečnosti používa drahšie helíum). Kvalita, veľkosť balóna a hmotnosť rádiosondy určujú (pri použití rovnakého plynu na plnenie balóna) to, do akej výšky nad zemou sa uskutoční aerologicke meranie. Dôležitou súčasťou

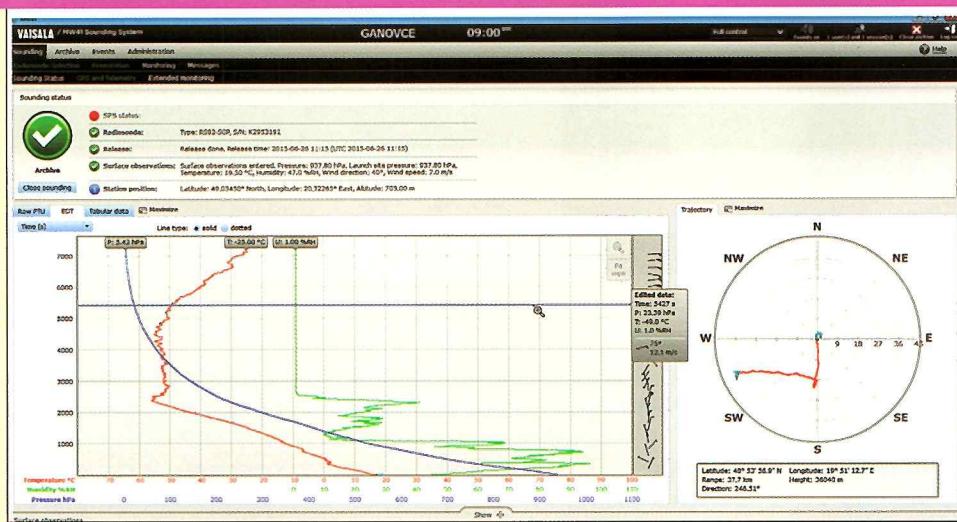


Obr. 6. Ozónová sonda (rádiosonda RS92 doplnená zariadením na určovanie koncentrácie ozónu).



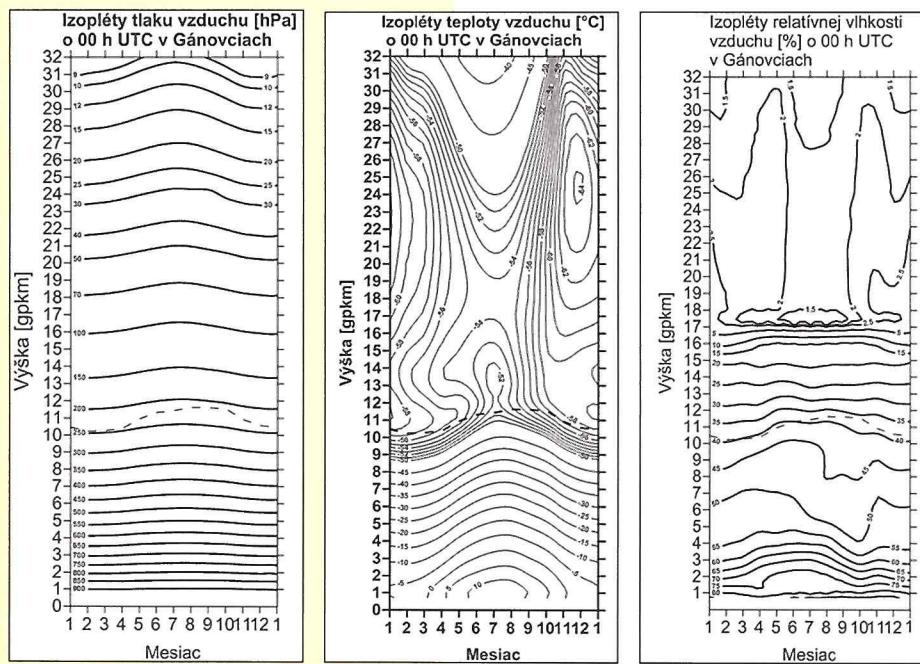
Obr. 7. Stupeň aerologickej diagrame z merania 8. 7. 2015 v Gánovciach. Na horizontálnej osi je teplota vzduchu, na vertikálnej vľavo tlak vzduchu v hPa (výška) a vpravo symboly s údajmi o smere a rýchlosťi vetra vo význačných hladinách. V grafe sú predkreslené adiabaty (vyjadrujúce zmenu teploty vzduchu nasýteného alebo nenasýteného vodnou parou pri adiabatickom výstupu), izotermy a izogramy (krivky vyjadrujúce zmenu mernej vlhkosti vzduchu g/kg s výškou) a merané profile teploty vzduchu a teploty rosného bodu (tá je vždy menšia alebo rovná teplote vzduchu). Napravo pri grafe sú merané hodnoty vo význačných hladinách alebo indexy vyjadrujúce stav atmosféry.

<http://weather.uwyo.edu/>



Obr. 8. Rádiosondzne meranie z 26. 6. 2015 12 UTC na obrazovke počítača – vľavo vertikálne profily teploty vzduchu (červená farba), tlaku vzduchu (modrá farba) a relativnej vlhkosti vzduchu (zelená farba), na vertikálnej osi vľavo je výška a vpravo údaje o vetre zobrazené symbolmi. Napravo je trajektória rádiosondy premietnutá do horizontálnej roviny od bodu vypustenia v strede kruhového grafu.

Obr. 9. Priemerné rozloženie tlaku vzduchu (graf vľavo), teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu (graf vpravo) v atmosfére v období 1961 – 2010 podľa meraní staníc Poprad a Poprad-Gánovce. Prerušovanou čiarou sú zaznamenané vlastnosti tropopauzy, nadmorská výška je vyjadrená v geopotenciálnych kilometroch gpmk.



4-krát nižší ako na hladine mory. Pri rekordnom výstupe bol tlak pri štarte rádiosondy 943 hPa a v najvyššej dosiahnutej hladine klesol na 2,3 hPa. Prekročenie výšky 40 km sa v Gánovciach zaznamenáva aj v súčasnosti, nebyva to však každý rok.

Okrem snímania uvedených meteorologických prvkov umožňujú súčasné rádiosondy zapojenie niektorých doplnkových snímačov, napr. zariadenia na meranie rádioaktivity (obr. 5).

Pomerne často sa rádiosondy využívajú aj na meranie vertikálnych profilov niektorých zložiek atmosféry, napr. ozónu. Takéto meranie sa robí v jarných mesiacoch na stanici ČHMÚ Praha

ha-Libuš (obr. 6). Bežne používané rádiosondy sa dajú v súčasnosti použiť iba jednorazovo, snímacie časti na meranie ozónu sa však dajú použiť po reparovaní viackrát.

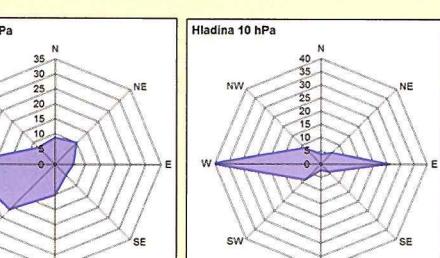
Merania pomocou rádiosondy sa zakreslujú do aerologickejho diagramu (obr. 7). Hoci sa tento diagram pri výstupe už manuálne nevykresluje, stále predstavuje najpoužívanejší spôsob zobrazenia aerologickejho merania. V diagrame je na vertikálnej osi zobrazená výška, alebo atmosférický tlak a na horizontálnej osi najčastejšie teplota vzduchu. V diagrame je predkreslených viaceru kriviek zobrazujúcich modelové zmeny charakteristik atmosféry s výškou (adiabaty, tzv. vlhké adiabaty, izobary, izogramy atď.), ktoré umožňujú ľahšie zorientovanie sa v meraných vertikálnych profiliach meteorologických prvkov. Charakteristiky vetra sú symbolmi vyznačené pri vertikálnej osi. V diagrame je vyznačený vertrikálny profil teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a v niektorých diagramoch aj zmena tlaku s výškou. Spolu s aerologickej diagramom sa niekedy uvádzá graf, v ktorom je od bodu vypustenia balóna s rádiosondou zakreslený priemet jeho trajektórie na horizontálnu rovinu. Súčasťou aerologickejho diagramu sú rôzne skratky, ktoré uvádzajú charakteristiky význačných hladín atmosféry (napr. LCL – kondenzácia hladina, v ktorej vodná para v adiabaticky vystupujúcom objeme vzduchu dosiahne stav nasýtenia), alebo rôzne indexy stability atmosféry (LIFTED, CAPE). Grafické znázornenie aerologickej merania pomocou vyhodnocovacieho softvéru na obrazovke PC je na obr. 8.

Aerologicke merania sa zakreslujú do výškových meteorologických máp, ktoré slúžia nielen pre leteckú dopravu, ale aj pre predpoveď počasia.

## „Upper-air“ zaujímavosti

Priemerné rozloženie tlaku, teploty a relativnej vlhkosti vzduchu v priebehu roka do výšky 32 km za obdobie 1961 – 2010 podľa meraní staníc Poprad a Poprad-Gánovce je na obr. 9. Teplota v spodnej vrstve atmosféry, ktorá sa nazýva troposférou s výškou klesá až po prechodnú vrstvu medzi troposférou a stratosférou, už spomínanú tropopauzu, ktorá v závislosti od ročnej doby a poveternostnej situácie môže u nás ležať vo výške 5 až 17 km. Priemerná poloha tropopauzy je na obr. 9 vyznačená čiarkovanou čiarou. Nižšie ležiace tropopauzy sa vyskytujú v zime a v studených vzduchových hmotách. Teplota v nich býva paradoxne vyššia ako vo vysokých tropopauzách, ktoré sa vyskytujú v lete a v teplých vzduchových hmotach. Je to preto, lebo vo vysokej tropofére pokles teploty pokračuje do podstatne vyšších hladín. Najnižšia tropopauza bola v Gánovciach 4. apríla 2003. Nachádzala sa vo výške 5 193 m a teplota v nej bola -39,6 °C. Najvyššiu tropopauzu s výškou 16 954 m a teplotou -62,5 °C namerala rádiosonda 3. júla 2012. Najteplejšiu tropopauzu s teplotou -27,9 °C vo výške 5 704 m zaznamenali v Gánovciach 31. októbra 1990. Najchladnejšia tropopauza s teplotou -79,8 °C vo výške 14 042 m bola u nás 8. januára 2002. Pretože aj nad tropopauzou môže teplota slabo klesať, dokonca za určitých okolností môžeme zaznamenať viac tropopáuz nad sebou, nebola táto teplota najnižšia, akú sme pri rádiosondážnych meraniach v Poprade a Gánovciach namerali. 24. septembra 1998 klesla teplota vo výške 26 km na -84,5 °C.

Dalším parametrom meraným rádiosondou je vlhkosť vzduchu (obr. 9). Obsah vodnej pary v atmosfére s výškou výrazne klesá. Polovica celko-



Obr. 10a a 10b. Početnosť smerov vetra (%) v hladinách 850 a 10 hPa.

vého množstva je sústredená do výšky 1,5 km a vyše 99 % sa jej nachádza v troposfére. Je to zápríčinené tým, že vodná para sa do atmosféry dostáva z povrchu a vplyvom teplotných zmien s výškou v určitej hladine kondenzuje. V troposfére rádiosonda meria 100 % vlhkost, alebo blížiacu sa k tejto hodnote v prízemnej vrstve pri výskytu hmly alebo vyššie pri preletavaní oblakmi. Vyššia relatívna vlhkosť býva pod vrstvou s inverziou teploty, nad hornou hranicou inverzie obyčajne prudko klesá. V stratosfére je obsah vodej pary veľmi nízky a aj relatívna vlhkosť býva menšia ako 2 %. Za určitých situácií však stúpa aj tu až na hodnoty 20 – 30 %. Presné meranie vlhkosti aj vo vyšších hladinách atmosfére je veľmi potrebné v súvislosti s výrazným príspevkom vodej pary k sklenkovému efektu v atmosfére. V rámci historického vývoja rádiosond prešiel senzor vlhkosti výraznými zmenami od málo presného vlasového vlhkomeru až k softvérovo regulovanému vyhrievanému kapacitnému prvku a jeho zdokonaľovanie ďalej pokračuje.

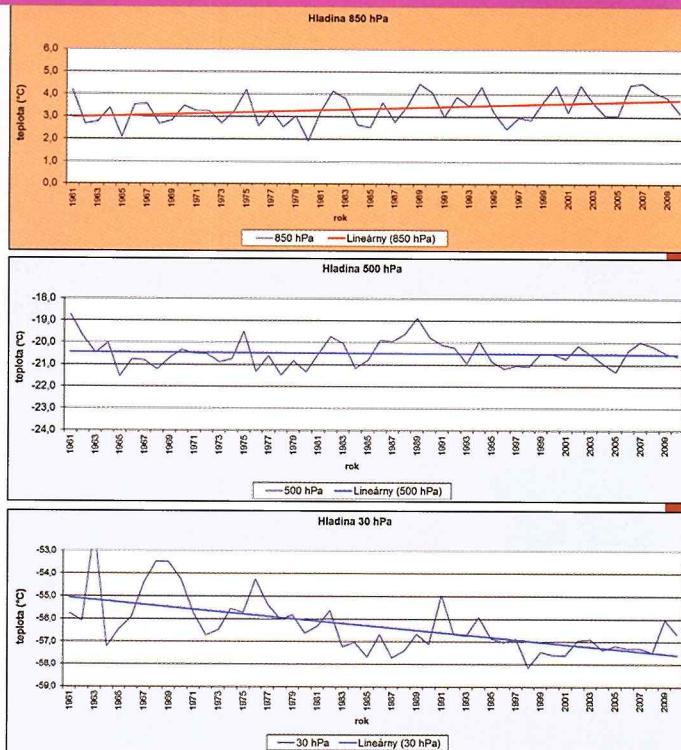
Štandardná meteorologická rádiosonda meria aj vektor. Na meranie vetra nemá špeciálny snímač, smer a rýchlosť výškového vetra sa odvodzuje z časovej zmeny polohy rádiosondy, ktorá leží zavesená pod volne letiacim balónom. Poloha rádiosondy sa dnes už takmer výlučne monitoruje pomocou satelitného navigačného systému GPS. Vektor vetra sa z hľadiska meteorológie obmedzuje na horizontálnu zložku. Opisuje pohyb vzduchových častíc. Vektor sa charakterizuje smerom, ktorý v stupňoch alebo v dohodnutej stupnici vyjadruje odkaš vektor fúka a akou rýchlosťou, čo je vlastne veľkosť vektoru vyjadrená v metrech za sekundu, knotoch, alebo v kilometroch za hodinu. Vektor v prízemnej vrstve je ovplyvňovaný miestnou orografiou a máva často aj výrazný dennej chod. V závislosti od charakteru zemského povrchu a termodynamických podmienok atmosféry sa v určitej výške, ktorá môže byť niekoľko desiatok metrov až niekolko kilometrov, vplyv miestnej orografie stráca a veterné pomery určuje veľkopriestorové rozloženie tlakových útvarov. V troposfére a spodnej stratosfére v našej oblasti prevládajú vetry zo západných smerov (obr. 10a), najmenej sú zastúpené vetry z východných smerov. V hladinách nad 20 km sa už začína prejavovať sezónne závislé zonálne prúdenie okolo cirkumpolárnych tlakových útvarov (obr. 10b). Podstatne silnejšie západné prúdenie okolo zimnej cirkumpolárnej cyklóny v krátkom, približne dvojtýždňovom období v apríli až máji, sa zmení na slabšie, ale smerovo ešte stabilnejšie východné prúdenie okolo letnej cirkumpolárnej anticyklóny. Opačná zmena nastáva v auguste až septembri. Rýchlosť vetra má tiež sezónny charakter. Takmer v celom spracovanom vertikálnom profile je priemerná rýchlosť vetra najvyššia v zime a najnižšia v lete. Na jeseň je rýchlosť vetra vyššia ako na jar. Vo výške 1 km nad hladinou mora, čo je 300 m nad terénom stanice Poprad-Gánovce, je priemerná rýchlosť vetra do 5 m/s. V troposfére priemerná rýchlosť vetra stúpa po hladinu 11 km, kde v ročnom priemere leží tropopauza. V lete dosahuje priemernú hodnotu 19 m/s a v zime až 24 m/s. Nad tropopauzou rýchlosť vetra klesá až po hladinu okolo 20 km. V lete je pokles najvýraznejší až pod hodnotu 5 m/s, v zime len na hodnotu 17 m/s. Vo vyšších vrstvach rýchlosť vetra opäť stúpa a vo výške okolo 32 km dosahuje v lete hodnotu okolo 10 m/s a v zime až nad 40 m/s. V jednotlivých rokoch kolísce priemerná mesačná rých-

losť vetra v podstatne väčšom rozsahu. Najvyššie priemerne mesačné hodnoty (10 hPa hladina) v máji až septembri sú v intervale 10 – 16 m/s, v zimných mesiacoch v intervale 60 – 72 m/s. V jednotlivých dňoch môže rýchlosť vetra pod tropopauzou dosiahnuť hodnoty okolo 75 m/s, v hladine 10 hPa až 110 m/s. Takáto veľká rýchlosť vetra sa spája s dýzovým prúdením (jet stream), ktorého existencia bola po prvý raz potvrdená pri letoch nad Tichým oceánom v oblasti okolo Japonska počas 2. svetovej vojny. Dýzové prúdenie sa vyznačuje rýchlosťou nad 30 m/s a výraznou vertikálnou a horizontálnou zmenou vektoru rýchlosťi vetra, ktorá sa v meteorológií nazýva strih vetra. Dýzové prúdenie sa obyčajne vyskytuje 1 až 2 km pod tropopauzou v oblasti planetárnych výškových frontálnych zón. Niekoľko dochádza k výraznému zosilneniu vetra aj v spodnej troposfére obyčajne na hornej časti hraničnej vrstvy atmosféry. Tento jav sa volá **nízkohladinové dýzové prúdenie**, aj keď väčšinou nesplňa parametre strihu vetra v definícii dýzového prúdenia. Extrémne vysoké hodnoty rýchlosťi vetra v najvyšších meraných hladinách v zimnom období môžu súvisieť so stratosférickým dýzovým prúdením, ktorého os sa najčastejšie vyskytuje vo výške 50 km okolo 70° severnej zemepisnej šírky, môže sa však posúvať v pomerne širokom pásme.

Časový rad pozorovaní stanice Poprad-Gánovce má už takmer 65 rokov. Dáta od roku 1961 sú uložené na technických médiach a sú k dispozícii pre klimatologicke spracovanie. Na obr. 11 je časový rad priemernej ročnej teploty vo vybraných štandardných izobarických hladinách v období 1961 – 2010. Trendová čiara v hladine 850 hPa, ktorá leží v nadmorskej výške okolo 1,5 km, potvrdzuje vzostup teploty v troposfére v posledných desaťročiach. Vzostup teploty s časom sa zastavuje už tesne pod hladinou 500 hPa, ktorá leží v priemernej výške okolo 5,5 km. Nad touto hladinou pozorujeme klesajúci trend teploty, ktorý sa zvýrazňuje s výškou. V hladine 30 hPa, ktorá leží vo výške okolo 23,5 km teplota klesá v priemere o 0,5 °C za 10 rokov. Tento trend je v súlade s očakávaným poklesom teploty v stratosfere v súvislosti so zoslabením ozónovej vrstvy i zmenami klímy v súvislosti s globálnym oteplovaním pri povrchu.

### Komu slúži aerologické meranie?

Pravidelné aerologické merania vertikálnych profilov teploty, vlhkosti vzduchu a charakteristik vektoru boli a sú nepostrádatelnými pre riadenie letovej prevádzky. Aerologická sondáž atmosféry je dôležitá aj z hľadiska balistiky. Preto vojenské organizácie vykonávajú vlastné pravidelné, alebo nepravidelné aerologické merania nielen na letiskách, ale aj v blízkosti vojenských výcvikových priestorov. Využitie prídavných za-



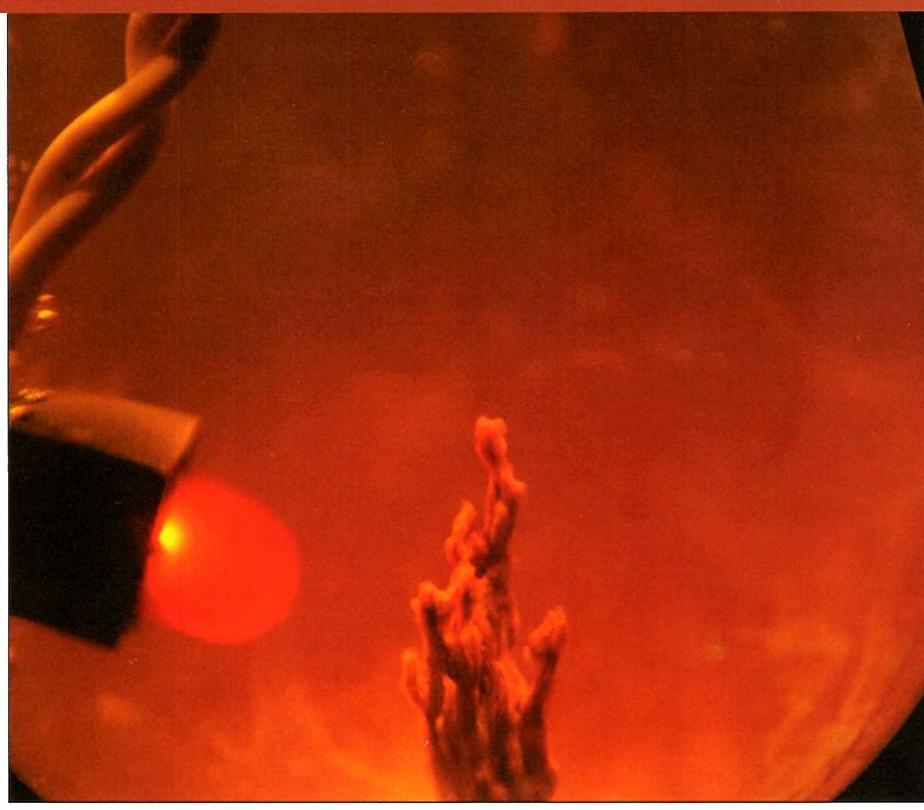
Obr. 11. Trend teploty vzduchu vo vybraných izobarických hladinách v období 1961 – 2010 podľa meraní staníc Poprad a Poprad-Gánovce.

riadení na meranie rádioaktivity je možné v prípade úniku rádioaktívnych látok na včasné varovanie obyvateľstva. Aerologické merania môhli odhaliť úbytok stratosférického ozónu vyvolaný ľudskou činnosťou najskôr v polárnich oblastiach a neskôr boli a sú využívané pre monitoring obnovy ozónosféry Zeme. Bez aerologickej merania by numerické predpovedné modely neboli schopné produkovať kvalitnú predpovied počasia. Aerologickej výstup umožňuje z vertikálneho profilu teploty vzduchu určiť termickú stabilitu v rôznych vrstvach atmosféry, ktorá je jedným z parametrov určujúcich intenzitu termickej konvekcie v atmosfére a následne súvisí s pravdepodobnosťou vývoja frontálnych búrok alebo búrok z tepla. Meranie vertikálneho profilu vlhkosti vzduchu umožňuje lokalizovať oblaky a určiť ich vodný obsah, čo sú opäť informácie, ktoré sa dajú použiť na skvalitnenie predpovede počasia. Dlhodobý monitoring vyšších vrstiev atmosféry poskytuje cenné informácie o klíme Zeme. Aerologicke merania v meteorológií slúžia tiež na validáciu modelovaných informácií o stave atmosféry nielen v prípade globálnych cirkulačných modelov atmosféry, ale aj v prípade klimatických modelov a tiež na validovanie nepriamych (dištančných) meraní rôznych charakteristík atmosféry vykonávaných zo zemskejho povrchu či z družíc.

Na záver možno povedať, že meteorologické rádiosondy nestralili ani po 85 rokoch od ich operačného nasadenia do siete meteorologických staníc svoj nezastupiteľný význam pri získavaní informácií z vyšších vrstiev atmosféry. Ich význam ešte narástol v súvislosti s rozvojom numerickej predpovede počasia. Okrem internetových stránok jednotlivých národných meteorologických služieb možno denne nájsť informácie z aktuálnych aerologickej meraní vykonávaných po celom svete, výškové mapy a mapy indexov instability atmosféry, sústredené na internetovej stránke University of Wyoming <http://weather.uwyo.edu/upperair/>.

**MIROSLAV CHMELÍK, ANNA PRIBULLOVÁ,  
ARC SHMU Gánovce**

(Pokračovanie v budúcom čísle)



Táto simulácia ukazuje chemické záhrady, vytvorené v laboratóriach JPL, v ktorých sa podarilo s pomocou prirodzenej elektriny rozsvietiť LED žiarovku. Membrány v „komínoch“ vedci vytvorili z vodivých materiálov – sulfidov a hydroxidov železa.

Ilustrácia: NASA/JPL-Caltech

## Chemické záhrady, rodisko života?

Jednou z klíčových podmienok života na našej planéte je elektrina. To, samozrejme, neznamená, že všetko živé potrebuje zástrinky a zásuvky. Platí však, že všetko živé, od buriny cez mrvace až k ľudom, využíva energiu v podobe prenosu elektrónov, čo je základný princíp elektriny.

Niektoří odborníci sa preto nazdávajú, že prvé protobunkové organizmy na Zemi mohli čerpať elektrinu z morského dna, presnejšie z bublajúcich „komínov“, známych tiež ako chemické záhrady.

### Komíny v laboratóriu

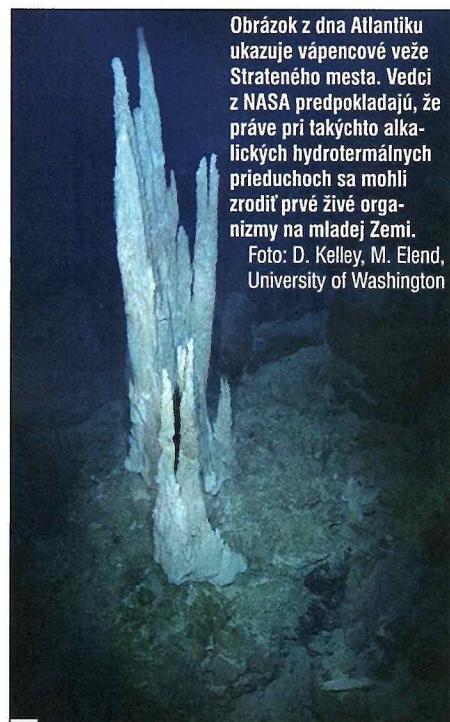
V novej štúdie vedci NASA opísali, ako vytvorili svoje vlastné malé komíny v laboratóriu a využili ich na rozsvietenie žiarovky. Z výskumu vyplýva, že tieto podmorské štruktúry v skutočnosti mohli dodávať elektrinu najranejším pozemským životným formám.

„Komíny môžu na morskom dne vytvárať elektrický obvod. My dnes vieme využiť túto energiu rovnako, ako to zrejme robili prvé živé tvory,“ povedal Laurie Barge z Jet Propulsion Laboratory (JPL) NASA v kalifornskej Pasadene. Barge bol vedúcim autorom štúdie, opublikovanej v odbornom časopise *Angewandte Chemie International Edition*.

Výsledky štúdie pomôžu vedcom prerozprávať fascinujúci príbeh histórie vzniku života na mladej Zemi. Sprevádza ho stále množstvo nezodpovedaných otázok. Prím v nich hrá chémia. Jedna z hlavných teórií o pôvode života vy-

chádza z myšlienky, že život vznikol na dne morí pri horúcich, zásaditých hydrotermálnych komínoch.

Tieto komíny vznikajú na morskom dne tam, kde cez pieduchy stúpa voda hore. Tvoria ich pôrovité materiály najranejšieho pôvodu. Veľkosť týchto zvláštnych útvarov sa môže pohybovať od centimetrov až po desiatky metrov. Na mladej Zemi sa mohli takto vytvárať elektrické a protónové gradienty, oddelené iba tenkými minerálnymi membránami. Vďaka tomu začali „vyrábať“ energiu a začali tam vznikať aj organické zlúčeniny.



Obrázok z dna Atlantiku ukazuje vápencové veže Strateného mesta. Vedci z NASA predpokladajú, že práve pri takýchto alkalických hydrotermálnych pieduchoch sa mohli zrodiť prvé živé organizmy na mladej Zemi.

Foto: D. Kelley, M. Elend, University of Washington

### Menej ako jeden volt

„Vysoká dávka elektriny je pre život smrteľná, na druhej strane však všetko živé určitú dávku elektriny potrebuje,“ vysvetlil Michael Russell, spoluautor štúdie. „Náš nový experiment ukazuje, aké je toto množstvo konkrétnie: menej ako jeden volt.“

Russell prišiel s hypotézou o alkalických pieduchoch v roku 1989. Ako prvý vedec predpovedal existenciu alkalických komínov na morskom dne; bolo to vyše desať rokov predtým, než ich v Atlantickom oceáne skutočne objavili. Dostali symbolický názov: Stratené mesto.

Vedci z University of Tokyo a Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology už predtým zmapovali aktivity tzv. „čiernych fajčiarov“ na Okinawe. Tieto hydrotermálne útvary sú však oveľa kyslejšie a horúcejšie, s menej vhodnými podmienkami pre život.

Nová štúdia ukazuje, že laboratórne komíny, podobne ako zásadité pieduchy na mladej Zemi, majú dosť elektriny na to, aby z nich vzišlo niečo užitočné – v dnešných podmienkach napríklad zdroj energie pre napájanie LED diódy. Vedci spojili štyri chemické záhrady, ponorené do roztoču obsahujúceho železo, čo stačilo na rozsvietenie jednej žiarovky.

### Šokujúce svetlo

Mesiace laboratórnej práce oboch tímov priniesli úspech. Významne sa oň zaslúžil aj študent JPL Yeghegic „Lily“ Abedian. „Keď mi raz Lily povedal, že žiarovka sa rozsvietila, bol to šok,“ spomína Barge.

Vedci v tejto štúdie použili sulfid železa a hydroxid železa, čiže materiály s vodivými schopnosťami. Experimenty chcú zopakovať s odlišnými materiálmami; podmienkou je, že sa museli nachádzať už v prvotných oceánoch; do úvahy prichádza molybden, nikel, vodík a oxid uhličitý.

„Dúfame, že dosiahneme, aby jeden komín dokázal napájať LED diódou, prípadne môžeme túto elektrochemickú energiu využiť aj na iné reakcie,“ predpokladá Barge. „Môžeme sa tiež pokúsiť napodobniť vyššie teploty a tlaky, ktoré v pieduchoch vznikajú.“

Vedci chcú otestovať aj iné materiály, o ktorých predpokladajú, že by mohli byť dôležité pre prípadný vznik života na iných planétach a mesiacoch Slnečnej sústavy, napríklad na mladom Marse alebo v ľadovom svete Jupiterovho mesiaca Európy.

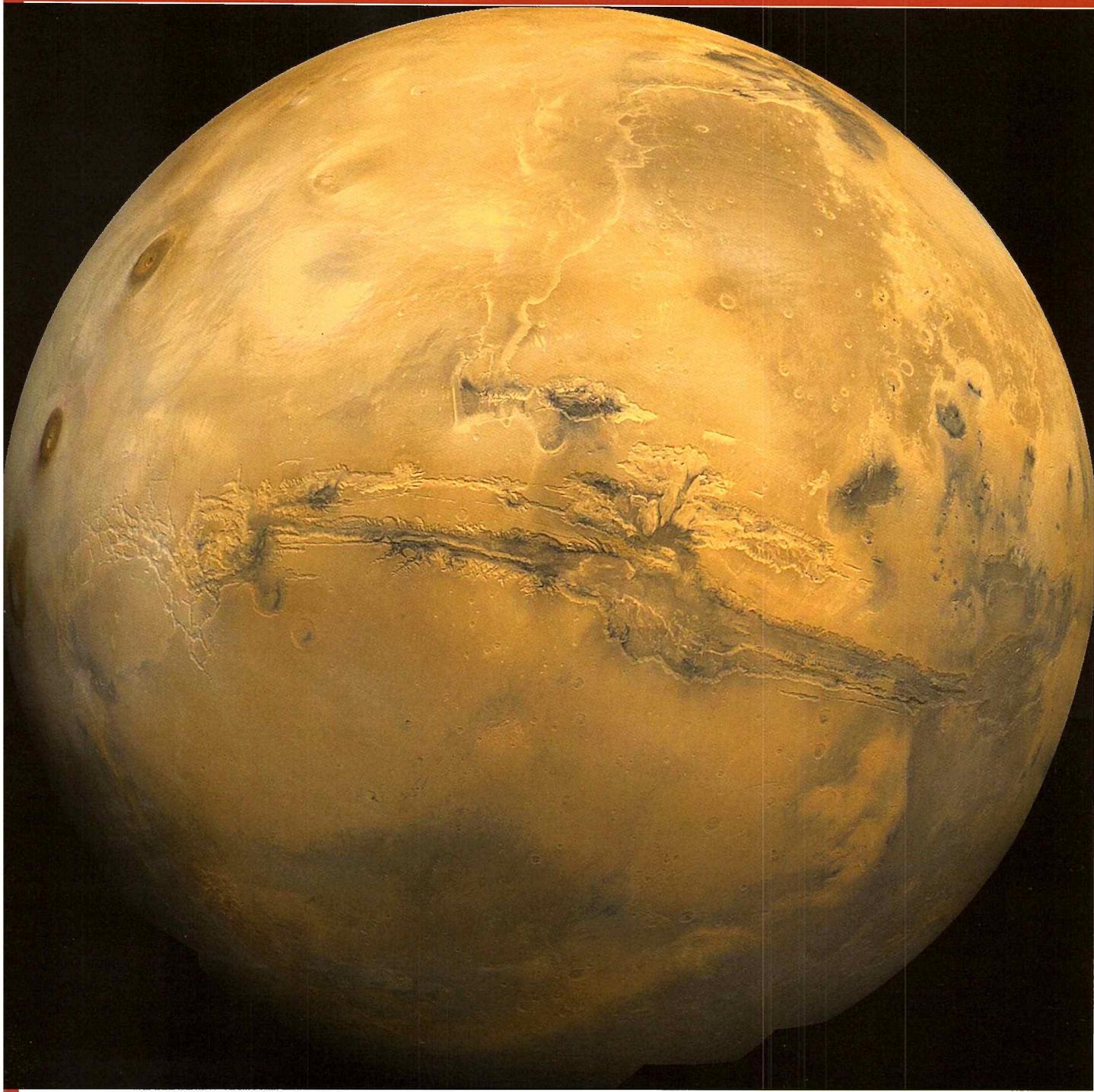
### Iba jedna zo záhad

Elektrické pozadie vzniku prvých organizmov je však iba jednou z mnohých záhad. Ďalší vedci sa snažia vyriešiť problém, ako a z čoho začali vznikať organické materiály typu RNA alebo DNA (pozri napríklad *Kozmos* č. 4/2015 – poznámka redakcie). Cieľom je spojiť všetky kamienky do fascinujúcej mozaiky, ktorá by nám dala predstavu o tom, ako vznikol život.

Pracovný tím JPL je súčasťou väčšieho tímu s názvom Ľadové svety. Jeho domovským mestom je Astrobiology Institute v NASA Ames Research Center v Moffett Field, Kalifornia. Riaďiacim pracoviskom je California Institute of Technology v Pasadene.

NASA

<http://astrobiology.nasa.gov/nai>



# 50 rokov výskumu Marsu

## Prvý bol Mariner

Mars ľudí lákal odjakživa. V lete sme si pripomenujeli polstoročie od chvíľ, keď sme sa mohli po prvý raz v histórii výskumu Slnečnej sústavy pozrieť na červenú planétu. Dňa 14. júla 1965 preletela okolo Marsu americká sonda Mariner 4 a poslala na Zem snímky povrchu – dovedna 22 fotografií s maximálnym rozlíšením tri kilometre.

Bol to naozaj obrovský rozdiel oproti citlivosti kamery HiRISE, ktorá dnes krúži nad Marsom na sonda Mars Reconnaissance Orbiter a dosahuje rozlíšenie 30 – 60 cm na pixel. Nemožno však zabúdať, že Mariner 4 bola prvá sonda, ktorá

splnila tažkú misiu ukázať Mars zblízka, pri ktorej predtým zlyhala jej dvojička, Mariner 3.

Štvorka zmapovala iba jedno percento povrchu, ale to na začiatok stačilo. Nasledovali ďalšie sondy, americké aj sovietske. Prakticky každá mala na palube nejaké technologické zlepšenie, nové a presnejšie kamery a prístroje. Nie všetky pokusy priblížiť sa k Marsu alebo na ňom pristáť boli úspešné. Napriek tomu však sondy začínali posieľať čoraz lepšie zábbery a čoraz presnejšie analýzy atmosféry a povrchu. Približovali nás tak k odpovedi na hlavnú otázku: Bol, alebo azda ešte je na Marse život? Tá sa napokon s postu-

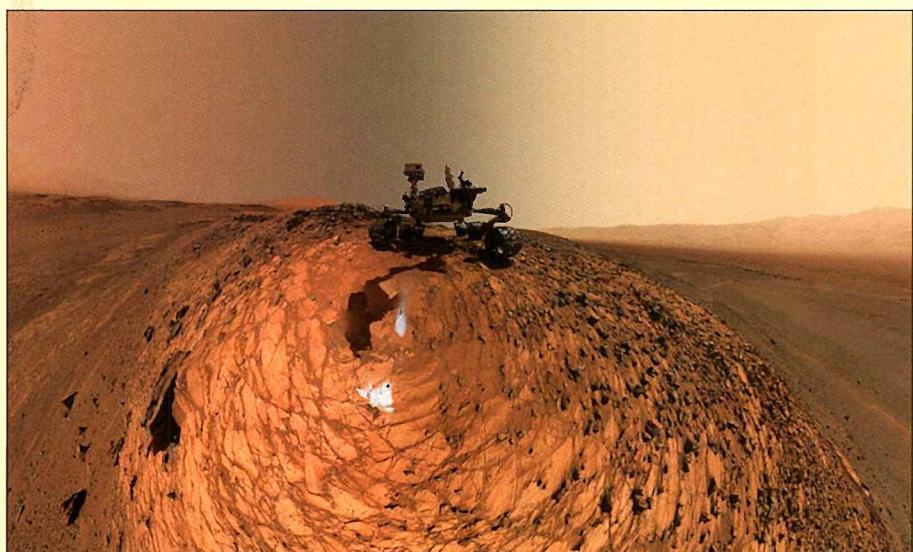


Ilustrácia Marinera 4.



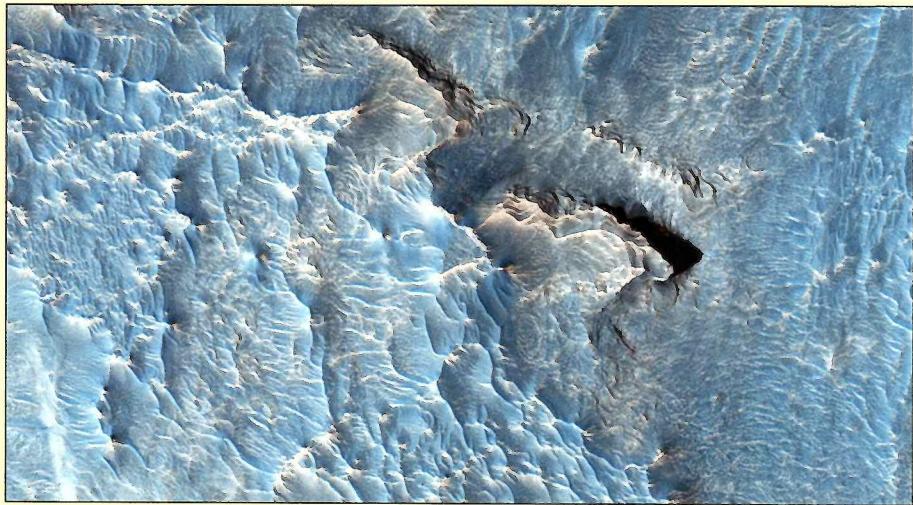
Tento impaktný kráter blízko Sirenum Fossae sa objavil relatívne nedávno (samořejme, z geologického hľadiska). V priemere má o nečo viac než kilometer. Periodicky ho sleduje kamera s vysokým rozlišením HiRISE zo sondy Mars Reconnaissance Orbiter (MRO).

Foto: NASA/JPL/University Of Arizona



Netradičné „selfie“, ktoré urobil rover Curiosity, zrejme aby ukázal, že teraz je na Marse pánom on. Pravda, ešte stále mu sekunduje neúnavná Opportunity, ktorá prekročila svoju plánovanú životnosť už 45-nárobone.

Foto: NASA/JPL



Kamera HiRISE na palube MRO urobila v januári 2015 aj tento fascinujúci snímok z oblasti Aureum Chaos vo východnej časti Valles Marineris.

Foto: NASA/JPL/University of Arizona

pom času rozšírila ešte o jeden klúčový problém: Dokázali by sme na Marse vybudovať základňu, vedeli by sme tam dlhší čas žiť?

## Čo zistili Viking 1 a Viking 2

Na povrchu Marsu pristála v decembri roku 1971 sovietska sonda Mars 3, no fungovala iba 14,5 sekundy, zrejme pre silnú prachovú búrkú. Potom sa odmlčala. Napriek tomu stihla vyslať na Zem snímku, na ktorých sa dal rozoznať horizont. Prvá snímka, urobenná priamo z povrchu Marsu.

Bolo treba ísť ďalej. A tak v roku 1975 prišla slávna éra Vikingov. Pristávací modul Viking Lander mal na palube prístroje, ktoré umožňovali detegovať elektróny a ďalšie nabité čästice, skúmať zloženie atmosféry, počasie alebo chemické zloženie a vlastnosti povrchu. Hľadať organické látky – teda známky života – umožňovali spektrografy, analýzy vzoriek pôdy robilo priamo na mieste biochemické laboratórium.

Viking 1 sa na obežnú dráhu dostal v júni 1976, o mesiac neskôr pristál Lander aj na povrchu. Pôvodne mal pracovať 58 dní, ale niektoré prístroje fungovali až do roku 1979 (a ešte aj potom modul zo Zeme niekoľkokrát aktivovali). Orbitálna časť Vikingu 1 urobila vyše 50 000 fotografií vrátane záberov oboch mesiacov (Phobos a Deimos, čiže Strach a Hrôza). Bola to jedna z najúspešnejších sond, ktoré kedy skúmali červenú planétu. Viking 2, ktorý sa na Marse usadil v auguste 1976, prenasledovali najrôznejšie technické problémy; napriek tomu jeho biochemické laboratórium vydržalo pracovať 9 mesiacov.

Na Vikingy nemožno zabudnúť dokonca ani pri krátkom prehlade histórie výskumu Marsu. Jednoducho patria k tej najslávnejšej kapitole doterajšieho výskumu Marsu a inšpirujú vedcov prakticky doteraz. Ako prvé – spolu s Marinermi – priniesli dôkazy svedčiace pre dávnu existenciu marsovskej vody, ich objavy prispeli k vyslaniu ďalších sond a ďalším výskumom, najmä pokiaľ ide o základnú otázku hľadania života na Marse. Aj keď výsledky Vikingov v tomto smere boli zo začiatku kontroverzné a interpretovali sa rôzne, dnes prevažuje názor, že nehľadiac na rôzne náznaky stopy života na červenej planéte nenašli.

## Sojourner, Spirit, Opportunity

Vikingy mali súčasť trojmetrovú robotickú ruku, ale z miesta sa pohnúť nemohli. Problém ich malého akčného rádiusu vyriešilo robotické vozidlo Sojourner, ktoré sa v júli 1997 dostalo na červenú planétu na palube sondy Mars Pathfinder. Bolo to šestkolesové vozidlo s hmotnosťou 10,6 kg, dĺhé 65 cm, široké 48 cm a vysoké 30. Počas svojho fungovania neúnavný Sojourner nabehal takmer 80 metrov okolo materského modulu počas 83 marsovských dní (solov), urobil 550 záberov a 16 chemických analýz. Získané dátá umožnili identifikovať obdobie v histórii planéty, ktoré bolo teplejšie a vlhčie ako dnes, počas ktorého na povrchu tiekla voda. Zrejme však netrvalo dlho.

Potom prišiel Spirit. Na Marse fungoval od 4. januára 2004 do marca roku 2010. Iba za prvých 5 rokov svojej existencie prešiel asi 7,5 km. Opportunity, dvojica Spiritu, pristála 25. januára 2004 a funguje dodnes. Svoju životnosť prekročila 45-násobne (nie je to tlačová chyba).

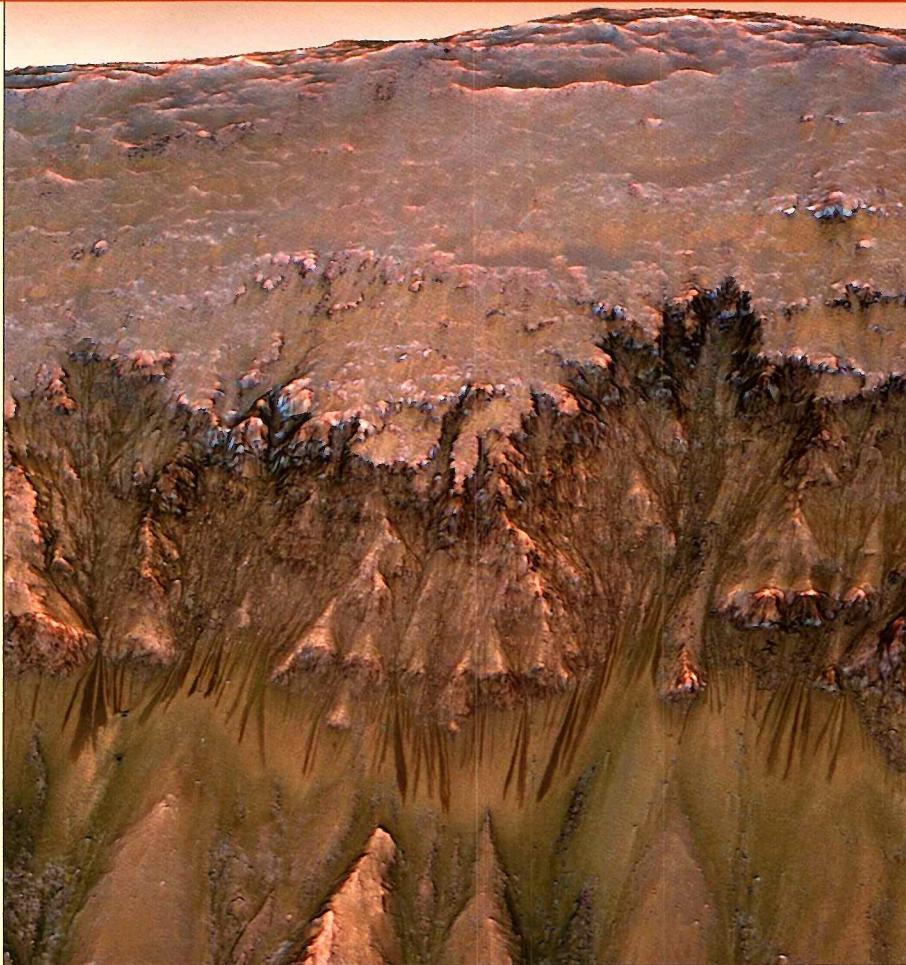
ba, ale fakt, svedčiaci o priam neuveriteľných možnostiach modernej kozmickej techniky). V júli tohto roku sa rover Opportunity stal dokonca maratónskym rekordérom – ako prvý prístroj vyrobéný ľudskými rukami v histórií zvládol prekonáť trať 42 km a 195 metrov na povrchu iného vesmírneho telesa. Trvalo to jedenásť rokov a dva mesiace (3 968 marsovských solov).

Z bohatého prehľadu činnosti Spiritu vyberáme: urobil prvú farebnú panoramatickú snímku Marsu; vybrúsil prvú, 2,65 mm hlbokú dieru do marsovského kameňa a podrobne ju analyzoval; našiel a preskúmal kameň s názvom Mimi, ktorý má zvláštny šupinkový povrch hypoteticky spôsobený buď dopodom meteoritu, alebo – podľa inej hypotezy – Mimi mohol byť kedy si súčasťou duny a šupinky na jeho povrchu spôsobila voda; v kameni nazvanom Humphrey našiel Spirit náznaky, že v minulosti tiekla na Marse voda; objavil dôkazy dávnej vulkanickej činnosti v oblasti plošiny Home Plate; pozoroval prechod mesiaca Deimos popred Slnkom...

Za všetky objavy Opportunity, ktorá plnila podobné úlohy ako Spirit, vyberme jeden z najdôležitejších. Pochádza z roku 2011, keď rover objavil zatial najpresvedčivejší dôkaz o tečúcej vode na Marse, keď našiel žilu sadrovca vystupujúcu z horniny na okraji kráteru Endeavour: sadrovec väčšinou vzniká tam, kde preteká horninou voda.

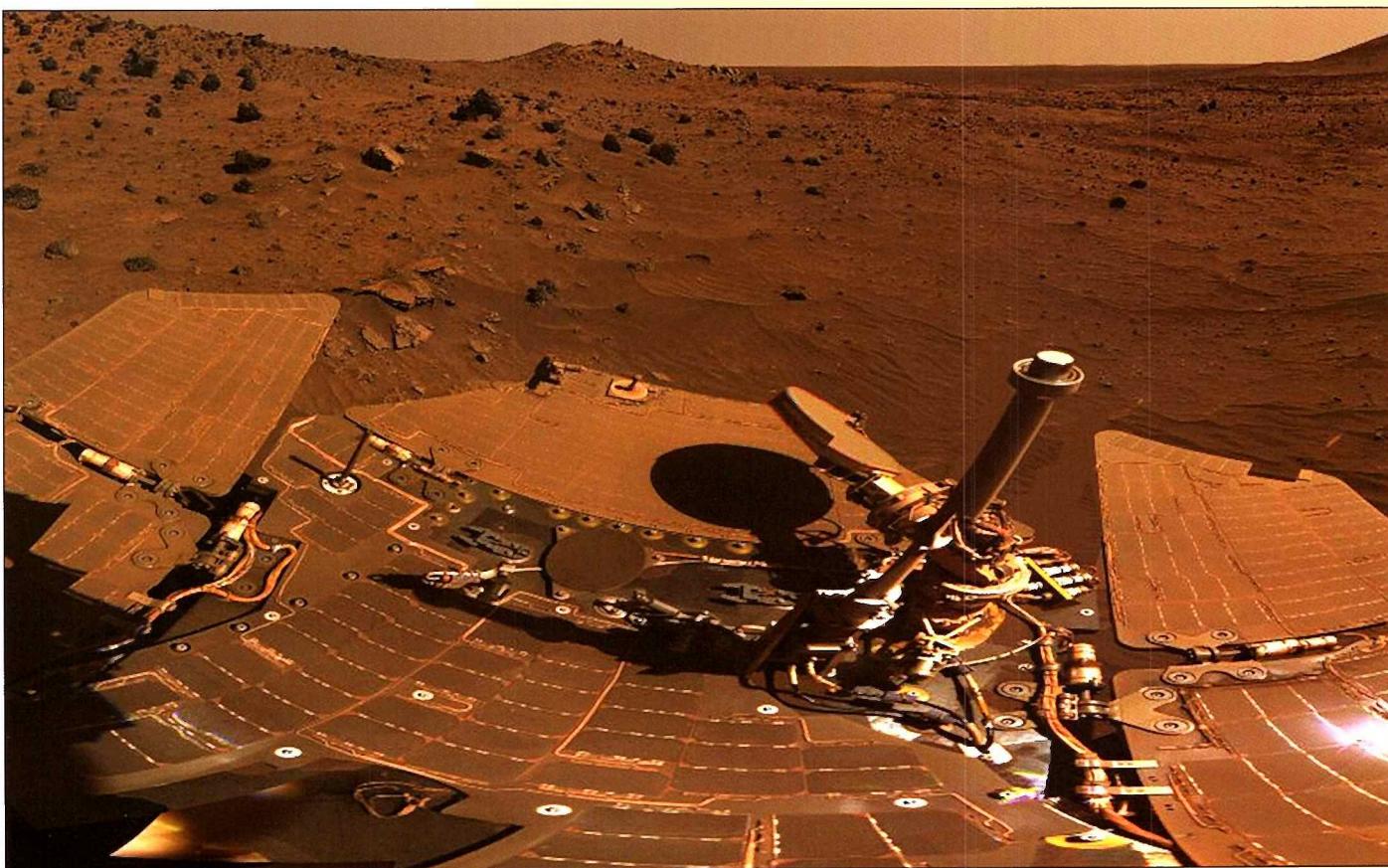
Zatiaľ poslednej sonde NASA Curiosity, ktorá v auguste oslávila tri roky úspešného pôsobenia na Marse, sa budeme venovať v budúcich číslach časopisu.

(red)



Toto je ďalšia ukážka neuveriteľných schopností kamery HiRISE na palube MRO. Snímka zachytáva sezónne zmeny krátera Newton, pričom podľa niektorých vedcov naznačuje možnosť, že po stenách krátera steká v jarných a letných mesiacoch slaná voda. Vznikla kombináciou fotografií z orbity s 3-D modelovaním.

Foto: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

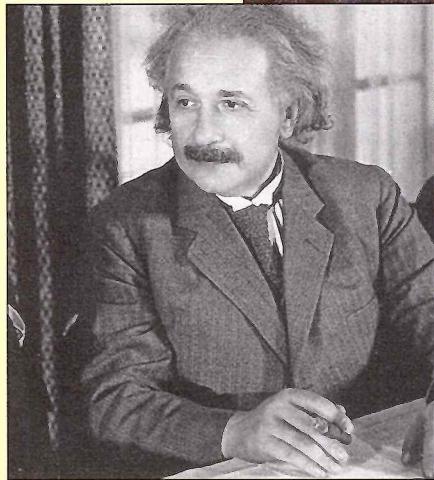


Panoramá „Mc Murdo“ je priam umeleckým dielom panoramatickej kamery roveru Spirit. Pochádza z obdobia apríl - október 2006, keď stál Spirit na malom vršku Low Ridge. Zastávka mu umožnila získať dostatočnú slnečnú energiu na plnenie ďalších výskumných úloh.

Foto: NASA/JPL/Caltech/Cornell University/Arizona State University

# Teória relativity pod

Relativitu považujeme popri kvantovej teórii za najlepšie overenú vedeckú teóriu. To však neznamená, že ide o teóriu uzavretú. Teoretici horúčkovito hľadajú možnosti jej rozšírenia či modifikácie. Experimentálni vedci zasa nachádzajú odchýlky, kedy namerané údaje teóriu relativity nepotvrdzujú, ale naopak podkopávajú.



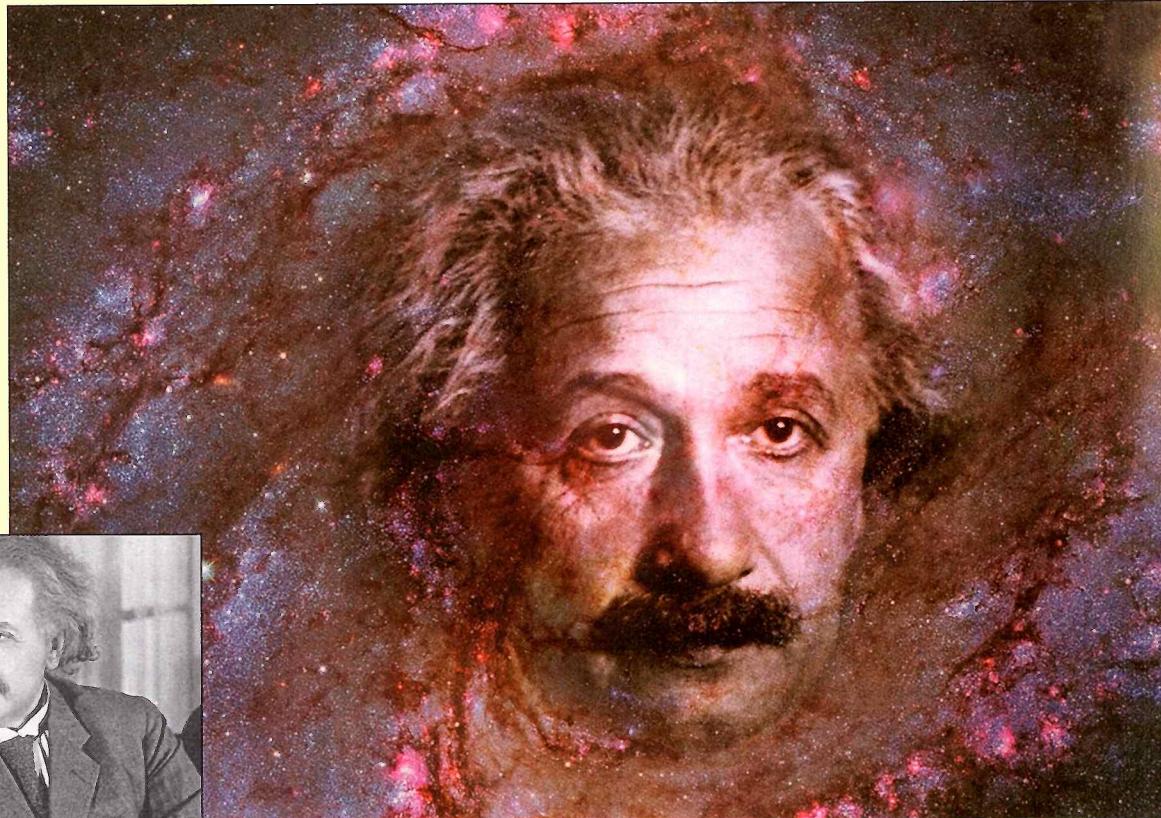
Génius gravitácie Albert Einstein položil v roku 1915 svoju všeobecnou teóriu relativity základy modernej kozmológie.

## Gravitácia a gravitóny

Ak formulujeme všeobecnú teóriu relativity ako analóg k teóriám kvantových polí štandardného modelu hmoty, vnímame gravitáciu ako „silu“, ktorú prenášajú nepatrne časticie, gravitóny.

Ak dve telesá na seba pôsobia, vymieňajú si gravitóny, podobne ako si nabité telesá vymieňajú fotóny. Gravitóny sú hypotetické časticie so spinom 2. Majú teda veľký vnútorný „moment hybnosti“. (Fotóny majú spin 1, Higgsov bozón spin 0.)

Alternatívne teórie gravitácie navrhujú iné čästice prenosu. Môžu mať ešte vyššie spiny. Alebo majú, v porovnaní s gluónmi a fotónmi, menšiu hodnotu pokojovej hmotnosti. V modeloch takzanej na hmotu bohatej gravitácie (Massive Gravity) mal by gravitón (možno prostredníctvom interakcie s Higgsovým polom) hmotnosť, aj keď iba nepatrnu: menej ako  $10^{-30}$  elektrónvoltov. Tento nápad, ktorý zverejnili Wolfgang Pauli už v roku 1939, má množstvo variantov. Je otázne, či sa zaobídu bez singularity, či napiňajú následnosť príčiny a následku, a či ich možno použiť v kozmológii.



A naozaj: galaxie sa pohybujú inak, ako by sa mali. Okrem toho sa objavujú náznaky, že gravitácia nie je základnou prírodnou silou. Napokon, ani priestor a čas nemusia byť základnými veličinami, pretože sa môžu skladať z menších celkov. Možno práve tadiaľ vedie cesta k dlho hľadanej teórii všetkého. Ku vzorcu sveta.

Zatiaľ platí: všeobecná teória relativity ešte vždy odoláva náporu čoraz presnejších testov. Napriek tomu sa množia dôkazy, že gravitácia sa na najmenších (ale možno aj na kozmických) škálach môže správať inak.

Nie sú to múdrosti z alternatívnych kuchyň „ludových kozmológov“, ktorí svojimi teóriami zaplavujú médiá, ale práce renomovaných vedcov, neraz nobelistov, ktorí sa usilujú o prehľebenie Einsteinovej teórie na základe analýz čoraz presnejších meraní, sugerujúcich nezrovnalosti medzi teóriou a skutočnosťou.

Všeobecná teória relativity je pre fyzikov trvalou výzvou. Záplavu teórií, ktoré vyplývajú z jej overovania, treba považovať za zjednodušené modely, ktoré naznačujú, ako by sa gravitácia mohla odlišovať od toho, ako ju opisuje Einsteinova teória. Tieto pokusy naznačujú zároveň aj tažkosť, na ktoré môžeme naraziť pri ďalšom rozvíjaní teórie.

## Súcit s Bohom

Ked' Einstein pred sto rokmi na pôde Pruskej akadémie vied v Berlíne po prvý raz načrtol svoju teóriu kolegom, nik z prítomných netušil, že sa stal svedkom položenia základov novej fyziky. Nového chápania univerza. Písal sa rok 1915.

Ked' sa Einstein rozhodol svoju teóriu zverejniť, už o nej nepochyboval. Ked' potom – v roku 1919 – merania potvrdili jeho predpoved, že v gravitačnom poli Slnka sa svetlo vzdialenej hviezdy zakriva, odkláňa, spýtali sa ho, čo by sa stalo, keby tento test jeho teóriu nepotvrdil. Odpovedal: „Potom by mi Pána Boha prišlo lúto. Teória je správna.“ Tento majstrov výrok neznamená, že by dejiny fyziky uzavrel. Naopak, až do smrti rozmyšľal o možnostiach rozšírenia svojej teórie. Z troch dôvodov, ktoré dodnes platia:

1. Teória relativity nezahŕňa elektrické a magnetické fenomény. Okrem matematickej príbuznosti nenašli vedci zatiaľ nijaké prepojenia. Neskôr sa objavili dve ďalšie základné sily: slabé a silné interakcie, ktoré pôsobia iba v subatomárnej oblasti. Einsteinov sen o „jednotnej teórii pola“, ktorý by jednoduchým elegantným vzorcom zjednotil všetky základné sily, bol v tom čase ešte chimérou. A Einstein to vedel.
2. Teóriu relativity onedlho revolucionizovala kvantová teória. Aj na tej sa Einstein podieľal. Vedci pochopili, že aj gravitáciu je potrebné „kvantovať“. Teória kvantovej gravitácie, ktorá by „korunu fyziky“, teóriu relativity, zahrňala iba ako hraničnú možnosť, je dodnes nenapleným snom fyzikov a zároveň úlohou, na ktorej si najmenej stovka najrenomovannejších vedcov opakovane vylamuje zuby.
3. Teória relativity obsahuje v rámci vlastných hraníc platnosti zásadné protirečenie: singularity. Ide o stav, keď čas a priestor vyjadruje



**Hľadanie stôp vo svete tieňov:** v každej chvíli sa vo vesmíre zrážajú galaxie i celé kopy galaxií. (Na obrázku je kopa Abel 520, vzdialenosť 2,5 miliardy svetelných rokov.) Počas kolízii sa hviezdy, plyn i záhadná tmavá hmota, ktorá nevstupuje do elektromagnetických interakcií, správajú celkom odlišne. To astronómom umožňuje rekonštruovať rozloženie tejto neviditeľnej hmoty (modrá). Pravdepodobne sa skladá z dosiaľ neznámych častic. Hviezdy sa sice počas kolízii nezrážajú, o to viac sa premieša medzhviezdný plyn. Počas miešania sa plyn zahreje a žiarí v röntgenovej oblasti (zelená). Záhadná tmavá hmota sa však nie vždy správa podľa výpočtov. Možno je iba fikciou, ktorú sme vytvorili na základe nesprávnych predpokladov o pôsobení gravitácie.

hodnota nula (0), pričom zakrivenie, hustota energie, hustota a teplota dosahujú nekonečné hodnoty. To sú nefyzikálne situácie, pri ktorých sa teória rúca. Nahradí ju teória kvantovej gravitácie? Zdá sa, že bez nej sa extrémne podmienky opísť nedajú: najmä v prípade big bangu a čiernych dier.

Einstein spočiatku singularity nebral na vedomie. Nevedel si predstaviť, že by sa vesmír vyvinul z akéhosi superhustého bodu. Neskôr však napísal: „Súčasná relativistická gravitačná teória stojí na pochopiteľnom oddelení gravitačného pola a ‚hmoty‘. Táto teória nie je pre príliš veľké hustoty hmoty prijateľná. Je však možné, že v jednotnej teórii všetkého sa bez singularítia zaobídeme.“

Teória všetkého je dodnes svätým grálom modernej fyziky: hľadanie vzorca, ktorý by jednotne opísal všetky prírodné sily a zároveň vysvetlil aj čierne diery a big bang bez singularítia, pomocou teórie kvantovej gravitácie.

Celé desaťročia sa fyzici okúňali Einsteinovo velkolepé dielo kriticky skúmať v rámci presvedčenia, že čo funguje, netreba reparovať. V ostatných rokoch sa však situácia zmenila. Pedro Ferreira z Oxford University napísal niekoľko významných príspevkov k teórii relativity. Skúma však aj konkurenčné modely. Hovorí: „Vede iba prospeje, ak priprustí, že všeobecná teória relativity ide zatiaľ po rovnakej ceste ako Newtonova teória. Obe sú ešte vždy aktuálne a potrebné. Ale určite sa dajú ešte modifikovať.“

Tak rozmýšľal aj Einstein: „Fyzikálna teória

nemôže mať krajší osud, ako keď naznačí cestu k ešte dokonalejšej teórii, v ktorej sa udrží ako hraničná možnosť.“

Súčasný štandardný kozmológický model ( $\Lambda$ CDM) obsahuje najmenej tri neznáme veličiny. Tie zaviedli, aby vysvetlili niektoré bizarné javy a údaje:

1. Chladná tmavá hmota (CDM), ktorá ovláda dynamiku galaxií a kôp galaxií.
2. Ešte záhadnejšia tmavá energia, ktorá podľa všetkého generuje čoraz rýchlešie rozpínanie vesmíru. Najjednoduchším kandidátom tejto „sily“ je lambda ( $\Lambda$ ), grécka verzálka, kozmológická konštantá, ktorú do teórie relativity zavodil už Einstein.
3. Hypotetické pole – inflaton, ktoré umožnilo násmu vesmíru počas prvých zlomkov sekund pred big bangom (alebo ešte pred ním?) neuveriteľne sa rozopnúť, zväčšiť.

Tieto tri komponenty, ktorým je viditeľná hmota podriadenná, môžu byť do rámca všeobecnej teórie relativity zabudované, ale môžu ten rámec aj rozbúrať. V takom prípade by sa však stali vo vesmíre iba efektami nedokonalej teórie gravitácie. Teda nie reálnymi entitami vesmíru, ale len fantómami.

## Konkurencia a kritické merania

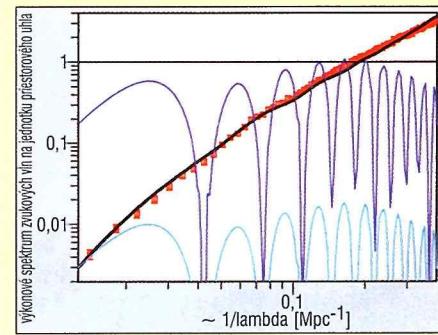
Prvá vážna alternatíva k všeobecnej teórii relativity sa objavila v roku 1961. Uverejnili ju Robert Dicke a Carl Brans z Princeton University. Podľa tejto teórie závisí gravitácia v každom bode časopriestoru od celkového rozloženia

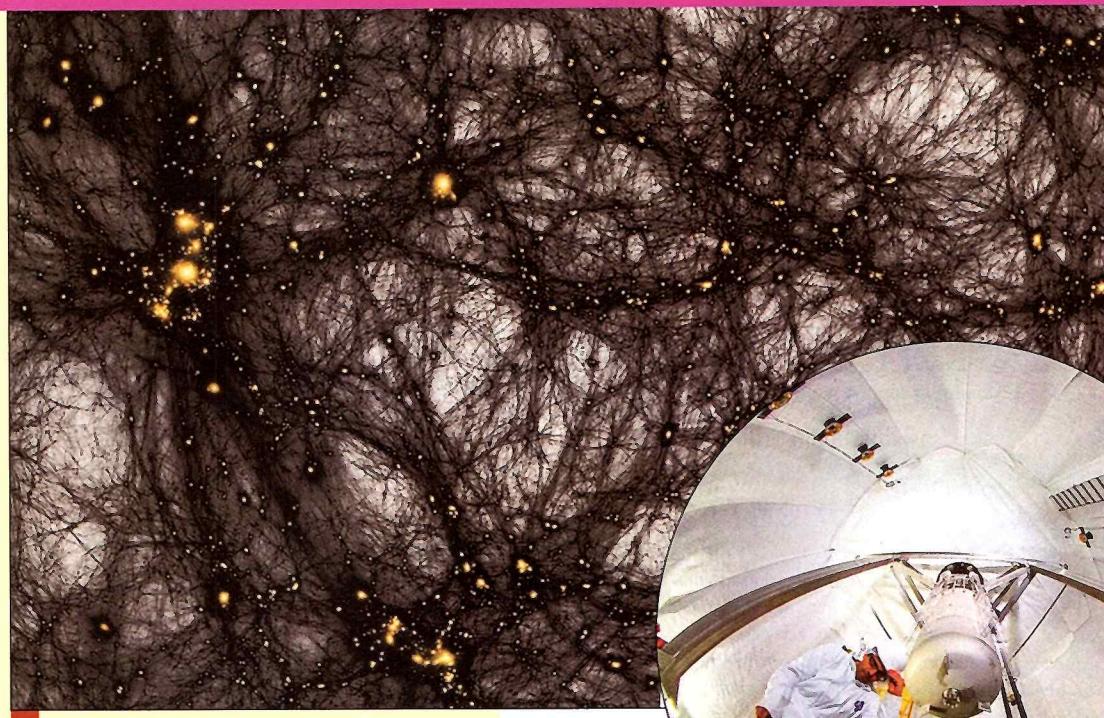
## Melódia hmoty

Zo zmien hustoty prvotného plynu, teda zo zvukových vln, sa sformovali kozmické štruktúry: galaxie, kopy a superkopy galaxií. Ich rozloženie čo do veľkosti a hojnosti v kozme opisujú kozmológovia pomocou mocninového spektra zvukových vln na jednotku priestorového uha. Inými slovami rozdelenie zvukových vln podľa vlnových dĺžok (výkon = energia za sekundu) v danom smere pozorovania (obrázok dole, na x-osi je prevrátená hodnota vlnovej dĺžky zvukovej vlny, ktorá charakterizuje rozloženie objektov v priestore). Údaje zo Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy (na obrázku červená) sú v dobrej zhode s kozmológickým štandardným modelom (čierna krivka), podľa ktorého vo vesmíre dominuje tmavá energia a tmavá hmota.

Modely bez tmavej hmoty predpovedajú, že zmeny hustoty sú oveľa menšie (svetlomodré krivky dole). Preto nedokážu prekonať kritickú hodnotu (označenú čiarou 1) a umožniť tak vytvorenie nelineárnej štruktúry. Vesmír by bol potom aj dnes prázdný a tmavý, bez životodarných galaxií.

Modifikované gravitačné teórie TeVeS (Tensor-Vektor-Scalar) sa zaobidú aj bez tmavej hmoty. Navrhujú nové efekty, ktoré fluktuácie hustoty, tieto baryonické akustické oscilácie, zosilňujú (modré krivky). Tieto efekty však zakladajú celkom odlišné energetické spektrum rozmiestnenia galaxií, ako astronómovia namerali. Prinajhoršom vo veľkých dimenziah (vľavo) je teda štandardný kozmológický model v poriadku. Funguje.





**Svetlo v temnote: WIMPy (slabo interagujúce masívne častice) sú dnes najslubnejšími kandidáti tmavej hmoty. Práve tieto častice by mali tvoriť kozmickú sieť, v uzloch ktorej uviazli kopy galaxií.**

## Gulás f(R)-teórií

Relativne prehľadnými odrodami všeobecnej teórie relativity sú gravitačné f(R)-teórie. Hans Buchdahl z Australian National University v Canberre zverejnil túto myšlienku ako prvý už v roku 1970. Po ňom sa objavili ďalšie početné variácie. V týchto teóriach f(R) označuje funkciu f Ricciho skaláru R. Táto základná matematická veličina v Einsteinovych rovnicach poľa opisuje zakrivenie časopriestoru nezávisle od voľby súradníck.

R označili po talianskom matematikovi Gregoriovici Ricci Curbastrovi, ktorý vyvinul v roku 1890 tenzorový počet, na ktorom stojí teória relativity. (Tenzor je zvšeobecnením jedného vektora.) Dynamika systému, teda toho, ako sa hmota v zakrivenom priestore pohybuje, sa prezentuje ako funkcia takzvanej Lagrangeovej hustoty vynásobenej objemom priestoru. Zjednodušene:  $f(R) = R - 2\Lambda$  ( $\Lambda$  je kozmologická konštantá).

Teórie f(R) uprednostňujú inú Lagrangeovu hustotu a menia tým Einsteinove rovnice poľa, ktoré sa z nich dajú vypočítať. V roku 1980 Alexej Starobinskij z Ruskej akadémie vied navrhoval:  $f(R) = R + \alpha R^2$  (kde  $\alpha > 0$ ). Tak vyzeral prvý model kozmickej inflácie, počas ktorej sa vesmír v priebehu niekoľkých zlomkov sekundy nepredstaviteľne zväčší.

Oproti dnes uprednostňovaným modelom sa zaobídeme bez skalárneho poľa (inflatónu), pretože exponenciálne rozopnutie priestoru z modifikovaného f(R) vyplýva samo zo seba. Starobinského návrh je v dobrej zhode s aktuálnymi meraniami žiarenia kozmického pozadia.

Teórie f(R) sú zároveň alternatívou k záhadnej tmavej energii. Objavujú sa najmä v diskusách o čoraz rýchlejšom rozpínaní vesmíru. Podľa f(R) teórie negeneruje rozpínanie neznáma forma energie, napríklad  $\Lambda$ , ale modifikované gravitačné pôsobenie. Napríklad:  $f(R) = R - \alpha R^n$  (kde sú  $\alpha$  aj  $n$  väčšie ako 0). Tento špeciálny model sa však zdá byť nestabilný. Iné f(R)-teórie sa dokážu vyhnúť nefyzickým singularitám, ba dokonca vysvetliť aj big bang.

Po WIMP-och pátrajú desiatky experimentov. Detektor LUX (Large Underground Xenon), zabudovaný v hĺbke 1,5 kilometra vo vnútri Black Hills v Južnej Dakote, naplnili 370 kilogramami tekutého xenónu. LUX, najcitlivejší prístroj svojho druhu, zatiaľ očakávané signály neobjavil, čo spochybňuje populárne fyzikálne modely a dávnejšie kontroverzné merania iných detektorov. Možno sa tmavá hmota neskladá z WIMP-ov, alebo vôbec neexistuje!

hmoty v okolitej vesmíre. Toto tvrdenie protirečí princípu silnej ekvivalencie vo všeobecnej teórii relativity, pretože potom by sa gravitačná „konštantá“ v priestore a čase menila.

Je pozoruhodné, že Dickeho-Bransova (nie Einsteinova) teória lepšie zapadá do predstavy hraničného prípadu teórie strún, ktorá má ambície stať sa teóriou všetkého. S Dickeho-Bransovou teóriou sú príbuzné aj ďalšie alternatívne teórie. Napríklad teória piatej prírodnnej sily (antigravitácie či teória dodatočných dimenzií).

Dickeho-Bransova teória ponúka voľný parameter omega ( $\omega$ ). Ak by mal nadobudnúť nekonečnú hodnotu, zaradila by sa Dickeho-Bransova teória do všeobecnej teórie relativity. A to je iba jeden z príkladov, aké môžu byť súvislosti či rozdielnosti medzi teóriou relativity a jej konkurentmi. Má to však aj svoje výhody: rozdielne parametre a ich hodnoty umožňujú teórie experimentálne otestovať.

## Teórie na skúšobnom kameni

Presnosť astronomických meraní sa v 90. rokoch minulého storočia výrazne zvýšila. Ďalšia generácia satelítov presnosť merania opäť o niekoľko rádov zvýši. Zo spresňovania vzdialenosťi Mesiaca od Zeme pomocou laserov, ale aj z pohybov telies v pulzárovej dvojhviezde vyplýva, že gravitačná konštantá sa každým rokom (ak vôbec) zmení nanajvyš o 1 miliardtinu svojej hodnoty..

To všetko sú pre teóriu relativity plusové body. Odchýlky od jej predpovedí sú v Slnčnej sústave i pri neutrónových hviezdach doslova zanedbatelné. V podmienkach veľmi slabej gravitácie či v urýchľovačoch by však teória relativity

mohla zlyhať. Tento názor zastáva čoraz viac astronómov.

O revíziu Einsteinovej teórie sa pokúša aj astrofyzik Hans Fahr z Bonnskej univerzity. Fahr nemá veľké oči: neverí vo významnú alternatívnu, ale navrhuje modifikovať tenzor energie hybnosti, ktorý v Einsteinovych rovnicach opisuje zdroje zakrivenia priestoru. Einstein tak opisuje veličiny v euklidovskom meradle, čo podľa Fahra nie je dôsledné. Namiesto toho by bolo treba zohľadniť vlastnú energiu zakrivenia priestoru, jednej z podôb energie gravitačného prepojenia, ktorá silu zdroja, prípadne zakrivenie, zmenšuje. To rovnice pola podstatne komplikuje, pretože v takom prípade zdroj zakrivenia závisí od samotného zakrivenia.

Fahr upozorňuje, že v takom prípade možno lepšie pochopiť aj energiu fyzikálneho vákuu ( $\Lambda$ ), ktorá podľa všetkého generuje čoraz rýchlejšie rozpínanie vesmíru. Podľa Fahra sa expanzia prejavuje už v galaktických škálach a podľa všetkého to, čo nazývame tmavou hmotou, iba predstiera!

Einsteinova majstrovská teória nebola ešte otestovaná ani na opačnom okraji škály, v extrémne silných gravitačných poliach: pri čiernych dierach a gravitačných vlnách. Tieto fenomény by však mali byť zohľadňované aj v rámci realistických alternatívnych teórií, pravdaže, s drasticky rozdielnymi efektmi. Zrno od pliev musia oddeliť presné merania.

Najdôležitejšou úlohou sa zdá byť zrušenie singularity. To však dokáže, ak vôbec, iba teória kvantovej gravitácie. V rámcoch teórie strún či slučkovej kvantovej gravitácie sa už objavili návrhy, ako na to. Považujeme ich za najradikálnejšie predstavy, ktoré neuznávajú ani homogenitu ani kontinuitu časopriestoru. Naopak, naznačujú, že časopriestor nie je fundamentalný, ale skladá sa z menších štruktúr, podobne ako fotografia z pixelov. (Ak sa prizrieme snímke zblízka, zistíme, že sa „rozpadne“ na body obrazu.) V takom prípade aj teória relativity, ako klasická teória poľa, naráža na svoje hranice. A ani gravitácia, ktorú teória opisuje ako geometrickú vlastnosť, ako zakrivenie časopriestoru, nemusí byť jednou zo základných sôl, ale odvodenou veličinou, podobne ako teplota!

Je pozoruhodné, že tento nápad zvažoval aj Einstein. V roku 1954 napísal v liste svojmu priateľovi Michelovi Bessovi: „Je možné, že fyzika nemôže byť založená na pojme poľa... V takom prípade sa môj vzdušný zámok rozpadne. Spolu s celou gravitačnou teóriou.“

Bild der Wissenschaft 2014/11



Ján Tóth nám poslal do redakcie fotografia letnej konjunkcie Venuše s Jupiterom. Vyberáme z nich snímku urobenú v Bratislavе na Vajanského nábreží fotoaparátom Nikon D5000 s použitím objektívu Nikkor 18-105. ISO 640, 98 mm, f/5,6, 1/3 s.

## Nové publikácie Slovenskej ústrednej hvezdárne Hurbanovo sú v predaji

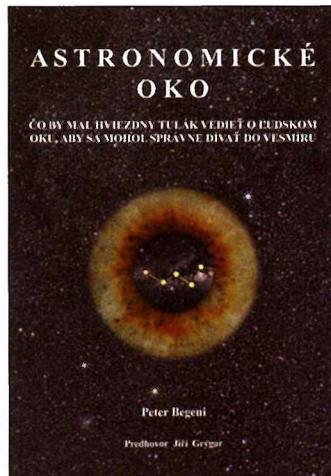
Informácie o publikáciách nájdete na [www.suh.sk](http://www.suh.sk), email: suh@suh.sk, tel.: +421 35 2451102.

Publikácie si môžete objednať aj u vydavateľa na adrese: Slovenská ústredná hvezdáreň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo

### Astronomické oko

Autor: RNDr. Peter Begeni

Už samotný podtitul knihy hovorí, komu je táto kniha v prvom rade určená: „*Čo by mal hviezdny tulák vedieť o ľudskom oku, aby sa mohol správne dívať do vesmíru*“. Kniha, ktorá však nie je určená len pre astronomickú obec, ale pre širokú verejnosť, obsahuje základné informácie o oku, jeho fyziológii a chybách. Prináša aj pohľad na historiu videnia, zaujímavosti z mytológie a opisuje optické klamy a ilúzie. Predslovku knihe napísal RNDr. Jiří Grygar.



### Astronomický kalendár 2016

Autor: Mgr. Ladislav Druga

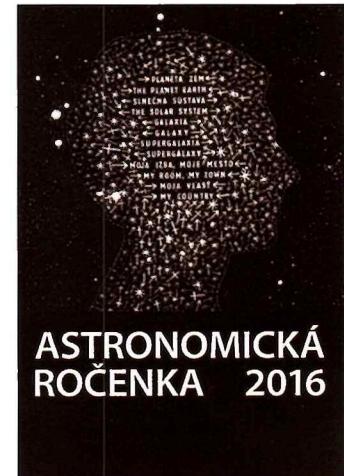
Kalendár obsahuje informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčšej vzdialenosťi od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximálnych meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 144 rokov, ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná výberom z vízavných súťažných prác Astrofoto 2007 – 2014.



### Astronomická ročenka 2016

Zostavil: RNDr. Eduard Pittich

Publikácia obsahuje základné časové a polohové údaje nebeských objektov na oblohe pre celý rok 2016. Sú v nej aktuálne informácie o pochyboch Slnka, Mesiaca a planét na oblohe, o meteorických rojoch, trpasličích planétach, kométoch, asteroidoch, či o zákrytoch a konjunkciách. Čiže obsahuje klasické množstvo zaujímavých údajov, na ktoré sú dlhoroční užívateľia Astronomickej ročenky vydávanej v SÚH Hurbanovo už zvyknutí.

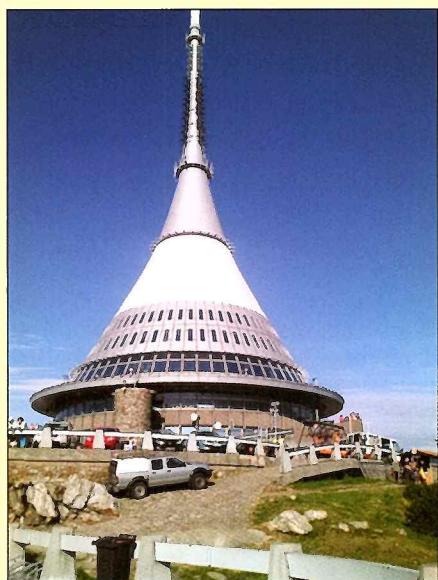


ASTRONOMICKÁ  
ROČENKA 2016

„Ebicykel je bicyklovanie spojené s poznávaním našich krajín, spojené so zážitkami, ktoré inak nezažijete“  
Karel Hájek, Ottakar L. (1953 – 2014)



Jiří Grygar (uprostred) so žezlom „polního hejtmana“ Ebicykla.



Fotografie z cesty Ebicyklistov.



Kolektívna fotografia Ebicyklistov.

## Ebicykel 2015: Memoriál Daniely Setteyovej (\*1954 – †2014)

Tohoročné putovanie sa oficiálne začalo v meste pod Ještědom – Liberci. Cesty sa klukatili etapovými mestami Jičín – Havlovice – Broumov – Jeseník – Vrbno pod Pradědem – Pustá Polom a cieľ bol vo Valašskom Meziříčí.

Kedže časť etapy Broumov – Jeseník viedla územím poľského Slezska, tzv. „Kladskom“, účastníci dali tohto ročnému Ebicyklu meno „Kladskostroj“. Súčasne sa šiel ako „Memoriál Danky Setteyovej“, slovenskej ebicyklistky, ktorá minulý rok podľahla zákernej chorobe.

Ebicykel je opradený zaujímavou históriaou, používa „ebislovňák“, riadi sa „Mokodeb-om“ a ebifolklór nadväzuje na stredovekú husitskú tradíciu spanilých jázd.

**RNDR. J. Grygar (p.H.S.J. – polný hejtman spanilé jízdy):** „My hvezdárne v podstate devastujeme. Príde tlupa, tzv. hlavný húf božích bojovníkov, všetko zjeme a vypijeme, dobrovoľne spíme na podlahe. Sme ako bratrici na Slovensku, ktorí tiež robili slušnú paseku, len s tým rozdielom, že drevene vozy nahradili bicykle,“ spomína s úsmevom a dodáva: „Astronomovia chodia za úkazmi, ktoré môžu vidieť len na určitom mieste na Zemi. Ebicyklisti putujú za hvezdárnami, prírodnými, technickými zaujímavosťami.“

**Prolog: Liberec – Ještěd.** Výluka ČD na trase Paka – Liberec úplne vylúčila presun akejkoľvek veľkej skupiny ebicyklistov, čo v praxi znamenalo, že viacerí sa rozhodli pre skôrši príchod do Liberca ako požadoval itinerár. V sobotu niektorí prichádzali napr. „ako Hujerovci“ – autom vo početnom sprivode rodinných príslušníkov, iní vlakmi a vozová hradba im priviezla bicykle, alebo „po vlastnej ose“. Napriek problémom mnohí šťastivo absolvovali prolog Liberec – Ještěd.

Sobota večer, **XXXII. ročník Ebicykla je slávnostne zahájený**. Po oficiálnej časti nám J. Grygar predstavil špeciálnych hostí filmového štábu, Študentov Multimedialných techník zo Slezskej univerzity v Opave, ktorí vraj budú s nami zdiesať spartanské podmienky Ebicykla. Z tohto dôvodu nám hejtman zdôraznil článok MOKODEB-u (MORálny KODEx EBicykla):

„Je-li ebicyklista filmovaný, fotografován či snímán televízí, usmívá se od ucha k uchu, i kdyby mu bylo zrovna do breku.“

V poradí **prvá etapa** nám bola predstavená ako etapa Karla Hájka. Oficiálny štart bol totiž naplánovaný v dome u Hájkových, kde jeho manželka Ilona zorganizovala netradičné „raňajky v tráve“. Bolo to spomínanie na kamaráta, plnenie ako sa patrí a pre predstavu Jirku Komrska poznámenie: „som taký prejedený, že už nevládzem ani plniť“. Po výdatných „raňajkách“ sadá húf „na kone“ a cestami ako na hojdače sa presúva na hvezdáreň v Turnove. Hvezdáreň má sice pohnutý osud, ale priateľ bolo o to srdečnejšie a naviac nás čakalo milé prekvapenie. Naša prvá etapa sa križovala s etapou XXII. ročníka ESA, a tak okrem spoločnej fotografie sa krajinou okrem češtiny rozliehala aj slovenčina.

**Druhá etapa Matyáša Brauna** slúbovala prijateľných 70 km, tak si mnohí volili vlastný program. V Jičíne, v meste, ktoré preslávilo Václav Čtvrtok rozprávkovým lúpežníkom Rumcajzom, si niektorí prezreli „Libosad“ – park s barokovým letohradom. Ďalší sa prešli po kolonáde v kúpeľoch Bělohrad a iných zasa zaujalo mestečko Miletín s cukráňou z r. 1820, ktorá patrila rodine Karla Jaromíra Erbena, slávneho básnika, zberateľa národných piesní. A prečo etapa Matyáša Brauna? Pri obci Žireč v tzv. Novém lese je unikátna barokovo krajinárska kompozícia Betlehému vytvorená práve v dieľni sochára M. Brauna. Jeho alegóriu Cnosť a nerestí sme zasa obdivovali v barokovom komplexe Kuks, kde sme navštívili aj súkromné múzeum historických automobilov s množstvom zaujímavých exponátov.

**Tretia Dientzenhoferova etapa** nás zaviedla z Havlovíc, cez Rytmě v Podkrkonoší, Jiráskov Hronov a Polici nad Metují do Broumova. Táto etapa sa vyznačovala najvyšším počtom astronomických zastávok, až siedmich. Boli to hvezdárne v Polici a pána Katzera v Broumove a dopadové miesta meteoritov. História najznámejšieho meteoritu, tzv. Polického, sa viaže ku dňu 16. 9. 1969, keď dopadol na dom č. 147, prerazil strechu a pád potvrdilo minimálne 14 očítých svedkov. Broumovský železny meteorit dopadol na pole v roku 1847 a je významný tým, že bol tretím pozorovaným pádom meteorického železa na svete a prvý zistený pád vzácneho železa hexaedritového typu. Tento 17,8-kilogramový meteorit je súčasťou zbierky Národného múzea v Prahe. V Broumove sme spali v benediktínskom kláštore, v ktorom sa nachádza významná a unikátna knihovňa s cca 17 000 zväzkami. Tu objavili aj kopiu Turínskeho plátna z r. 1651. Od r. 1950 slúžil kláštor ako internačný tábor pre rehoľníkov rôznych rádov, a ja som mala možnosť prenocovať v cele číslo 360.

Spomína som, že štvrtá „Kladská“ etapa viedla prevažne územím Poľska. Cesta nás viedla cez odlesnenú krajinu, niesla sa v znamení horúčav, rušnej cesty, celodennej úsilia nájsť tieň, zvládnuť protivetor. Aj keď prevládala rovina, smáď, únava, 100 km a krpále pred Jeseníkom dali riadne zabrat, preto nečudo, že sme sa do cieľa trusili až do večerných hodín a prehliadku hvezdárničky v jej areáli si väčšina nechala až na nasledujúce ráno.

**Piatá etapa „Údolím lapkú a loupežníků z Drakova“** bola pomenovaná podľa údolia Čiernej Oravy, ktorou sme scházali z Rejvízu do Vrbna pod Pradědem. Hoci itinerár slúboval iba 30 oddychových kilometrov, ukázalo sa, že z toho 12 km bolo do kopca na sedlo Rejvíz s výškou 785 m. n. m. Po príchode na Rejvíz nás čakalo obrovské prekvapenie. Ebicyklista Pavel Pokorný – Vatikán II., operatívne naložil na vozík bečku piva, vybavenie „poľnej kuchyne“ a pripravil nám pravé lukulské hody! Slovami MOKODEB-u: „Ebicyklista jí, je-li co, i kdyby mu buřty mely ležat venúšma.“

Kedže štáb mladých filmárov chcel spoznať autentické miesta spojené s detstvom J. Grygara, časť ebičiličiek sa rozhodla absolvovať piatu etapu tzv. „Rodnú Slezskú hroudú“. Išlo o 100 km porciu z Jeseníka do Bernartic – rodisko je od nich cca 2 km v poľskej časti Dziewietlice a cez Zlaté hory do Vrbna pod Pradědom.

Predposlednou bola etapa Šťastnej planéty. Končila nedaleko farmy „Šťastná planéta“ nášho slávneho cestovateľa Vítu Dostála z Hlubočka. V Opave sme mali jedinú astronomickú zastávku – rodný dom Johanna Palisy (1848 – 1925). Bol to významný česko-rakúsky astronóm, predseda viedenského klubu cyklistov. Pôsobenie v Univerzitnej hvezdárni vo Viedni mu prinieslo úspech a uznanie. Vizuálnym pozorovaním objavil 122 asteroidov a kométu C 1879 Q1 (Palisa) a podľa Palisu pomenovali kráter na Mesiaci.

Na záverečnú etapu väčšina vyrazila nevykľek skoro. Keď nás čakali zaujímavé stretnutia s astronomiou, predovšetkým novo zrekonštruovaná Hvezdáreň a planetárium Johanna Palisy v Ostrave – Krásne pole, súkromná hvezdáreň p. Wilka vo Frenštáte p. Radhošťom. Naše cesty sa klukatili od slezskej Ostravy a pomaly približovali k moravskému ValMezu.

Ebicykel začína v čase, keď slávna Tour de France vrcholila a všetky cesty viedli do Paríža. Aj napriek tomu, že sa Peter Sagan nestal etapovým víťazom, ebicyklisti A. Pravda a A. Galád si učili jeho športové majstrovstvo a „Tourminátor“ je zároveň aj asteroid č. 27896 Tourminátor (1996 NB).

Mgr. KATARÍNA ŽILINSKÁ-CSERE  
Markytan K Ebicyklu



Medzinárodná olympiáda z astronómie a astrofyziky v Indonézii

**Medzinárodná olympiáda z astronómie a astrofyziky (IOAA) v ázijských krajinách už tradične býva mimoriadne náročná. Vedľa na druhej IOAA v roku 2008, ktorá sa uskutočnila v indonézskej Bandungu, sme získali pre Slovensko len 1 bronzovú medailu. No po ďalších šiestich rokoch zbierania skúseností a zdokonaľovania sa v práci so študentmi sme tentoraz opäť v Indonézii očakávali lepší výsledok. Okrem náročnej teoretickej časti bola pre študentov veľkou výzvou aj orientácia na indonézskej južnej oblohe.**

### Pre študentov sa začala olympiáda už v Žiari nad Hronom

Na južnú oblohu boli reprezentanti pripravovaní pári dní pred odletom počas **záverečného sústredenia** u kolegov a našich veľkých priaznivcov v Krajskej hvezdárni a planetáriu Maximiliana Hella v Žiari nad Hronom, ktoré sa uskutočnilo vďaka ústredovosti riaditeľa hvezdárne a planetária RNDr. Petra Augustína a Mgr. Tomáša Dobrovodského, ktorý viedol prípravu študentov v planetáriu. Tentoraz sme sa zamerali na pozorovanie južnej oblohy a určovanie astro-

nomických súradníčí na nej. Toto býva pre európskych študentov spravidla najťažšou časťou. Práve tu v minulosti študenti strácali najviac bodov, čo malo vplyv na konečné umiestnenie. Chlapci si tiež vyskúšali náročnú dátovú analýzu zostavenú našim najskúsenejším reprezentantom Miroslavom Gašpárom. RNDr. Ladislav Hric, CSc., vedúci slovenskej výpravy na 9. IOAA v Indonézii, vo svojej prednáške zhŕnul skúsenosti z minulých olympiád, čo malo zase oslovíť najmä našich nováčikov.

### Veľká cesta veľkým lietadlom

Mladenci následne dostali ešte tri dni voľna na pobalenie kufrov a 23. júla neskôr večer sme sa stretli v Bratislave v redakcii časopisu Kozmos, ktorý už tradične a pravidelne informuje čitateľov aj o úspechoch a zážitkoch našich študentov na tomto vrcholnom podujatí, ktorým IOAA bezpochyby je. Z Bratislavu sme sa presunuli do Viedne a prvým ranným letom sme vyštartovali do Žürichu. Tam sme mali este pári hodín na oddych pred naším najdlhším letom do Singapuru, ktorý trval vyše 12 hodín. Pre chlapcov to bol však obrovský zážitok, nakolko sme leteli najväčším dopravným lietadlom na svete, ?, no predsa Airbusom A380.



Otvárací ceremoniál pod majestátnym Borobudúrom. V popredí logo 9. IOAA v lúčoch laserov.



**Účastníci sústredenia v Žiari nad Hronom – (zľava) hostitel, riaditeľ hvezdárne RNDr. Peter Augustín, členovia slovenskej výpravy: Juraj Halabrin, Martin Murin, Miroslav Gašpárek, vedúci delegácie RNDr. Ladislav Hric, Jozef Lipták, pedagogická vedúca RNDr. Mária Hricová-Bartolomejová a Martin Okánik.**



Naša výprava pod Merlionom v Singapure.



Bezprostredné prijatie na ministerstve.



Všade v Indonézii nás vítili prekrásne slečny v krásnych batikových šatách a hudba magelan.



Pod Borobudurom aj slovenská zástava v rukách našich študentov.

hudbu a povestná je vysoká umelecká úroveň domácich tancov. Toto všetko nám predvedli organizátori na pozadí slávneho Borobuduru, najväčšieho budhistického chrámu na svete. V 70. rokoch minulého storočia celý chrám s podporou organizácie UNESCO archeológovia rozobrali ako lego na 2 milióny kusov, všetko očíslovali a poskladali znova na pevnnejšie základy, aby sme dnes v nemom úzase mohli študovať trojrozmernú mandalu, ktorá je v budhistickom učení diagramom Vesmíru, ktorý symbolicky spája nebo a Zem. Takto fantasticky na nás zapôsobil Borobudur a celý otvárací ceremoniál. Po ňom sme sa s našimi chlapcami rozlúčili, nakolko ich takmer týždeň neuvidíme, a dali sme sa do tvrdej práce spočívajúcej v kontrole finálnych verzí jednotlivých príkladov a praktických úloh, v ich preklade do slovenčiny, v kontrole opravených riešení a v neposlednom rade aj v moderácii získaných bodov.

## Per aspera ad astra

Ookrem očakávaných prekážok sa tento rok vyskytli aj tie neočakávané. Miestni indonézski organizátori mi stratili na 14 hodín batožinu, ktorú sa mi snažili previeť z jedného hotela do druhého, často si nás zamieňali so Slovinskou, pozabudli na plagát prezentujúci astronomicke aktivity Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV (SAS pri SAV), ktorá organizuje Astronomickú olympiadu na Slovensku v spolupráci so SÚH v Hurbanove. Študenti počas súťaže bojovali aj so žalúdočnými problémami, ktoré im spôsobovala vynikajúca, ale veľmi exotická indonézska strava a tropická klíma a nakoniec organizátori omylom nedopravili včas našich a slovinských študentov na záverečný ceremoniál, kde sa slávostne vyhlasovali výsledky.

Ocenenia boli našim študentom slávostne udelené až po mojej intervencii u prezidenta IOAA. Napriek všetkým týmto útrapám hodnotíme túto IOAA spomedzi všetkých deviatich, ktoré sa zatiaľ konali a na ktorých sme sa aj vždy úspešne zúčastnili, ako jednu z najlepšie zorganizovaných olympiád. Organizátori dali do nej svoje srdce a na každom kroku sme stretávali iba veľmi milých, usmievavých, veselých, hlavne mladých a srdečných ľudí. Práve taká je Indonézia. Na olympiáde sa zúčastnilo rekordných 318 účastníkov zo 41 krajín celého sveta a v budúcnosti môžeme očakávať ich ďalší rast.

## Ako chutia úspechy

Po všetkých tých náročných dňoch prišiel vytúžený deň záverečného ceremoniálu, keď sa odovzdávali ocenenia úspešným riešiteľom a vzácné medaily. Až tu sme sa dozvedeli, ako sme na tom, ako sme dopadli. Napriek mimořiadnej náročnosti tohtoročnej olympiády – porovnatelnej s rumunskou či polskou olympiadou – naši študenti na nej vybojovali pre Slovensko **2 strieborné medaily a jedno čestné uznanie**.

Najlepšie z našich študentov sa umiestnil **Jozef Lipták z Gymnázia J. G. Tajovského v Banskej Bystrici**, ktorý celkovo skončil na trináštom mieste na svete. Od zlatej medaily ho delili iba dve priečky. Druhým strieborným medailistom bol **Miroslav Gašpárek zo Súkromného Gymnázia v Žiline**. Juraj Halabrin, rodák z Komárna, študent z Gymnázia Ju-



Naša výprava s logom olympiády.

ra Hronca v Bratislave, zase získal čestné uznanie.

Ďalšími reprezentantmi boli Martin Okánik z Gymnázia J. G. Tájovského a Martin Murin, absolvent Gymnázia Jura Hronca. Títo sa sice nestali úspešnými riešiteľmi, no napriek tomu vzorne reprezentovali Slovenskú republiku.

### Quo vadis Miro?

Miro, ktorý tento rok úspešne reprezentoval Slovensko už na tretej medzinárodnej olympiáde (ako pravdepodobne jediný študent na svete), bude od októbra štудovať na jednej z najlepších svetových univerzít, Imperial College v Londýne. Účastou na tejto – pre neho už piatej astronomickej olympiáde – sa stal aj študentom s najväčším počtom účasti na IOAA v histórii. A ziskom striebornej medaily je navyše jediným študentom v histórii, ktorý na IOAA získal všetky možné ocenenia (od účastníckeho certifikátu z IOAA 2011 v Poľsku, až po zlatú medailu a šieste miesto z gréckej olympiády z roku 2013). Olympiády mu podľa jeho vyjadrenia veľmi pomohli k ďalšiemu rastu, a verím, že oňom budeme v budúcnosti ešte veľa počuť.

### Slovensko najlepšie v Európe

Dosiahnutým výsledkom sme sa podľa oficiálneho rebríčka krajín stali **najlepšou krajinou v Európe a celosvetovo sme sa umiestnili na ôsmom mieste**. Za nami skončili aj také významné krajiny ako Spojené kráľovstvo, USA, či Kanada. Dokonca aj Rumunsko, ktoré vlni doma získalo 6 zlatých medailí, v ľahkej ázijskej konkurencii získalo len jedno striebro a niekoľko bronzov. Najviac zlatých medailí získali už tradične krajiny ako India, Irán a Indonézia, ktoré do rozvoja a výuky prírodných vied investujú nemalé finančné prostriedky. Vzhľadom na malú pozornosť, ktorá sa v našej spoločnosti prikladá prírodným vedám, a skromné ekonomicke podmienky, sú naše výsledky naozaj mimoriadne. Ved našu účasť si už roky musíme hradniť aj z vlastných prostriedkov a študenti si musia hľadať sponzorov, pričom nikdy nie je isté, či podporu získajú práve tí najlepší.



Jožkov diplom a strieborná medaila.



Miro Gašpárek preberá z rúk prezidenta IOAA medailu na dodatočnom, takmer súkromnom záverečnom ceremoniáli.

Medaila s pôdorysom Borobuduru zdobí hrude dvoch našich študentov.



Október – november 2015

Všetky časové údaje sú v SEČ

# Obloha v kalendári

9. 10. 2015, 04:40 SEČ

Regulus  
Mars  
Venuša  
Jupiter  
Mesiac

25. 10. 2015, 15:00 SEČ

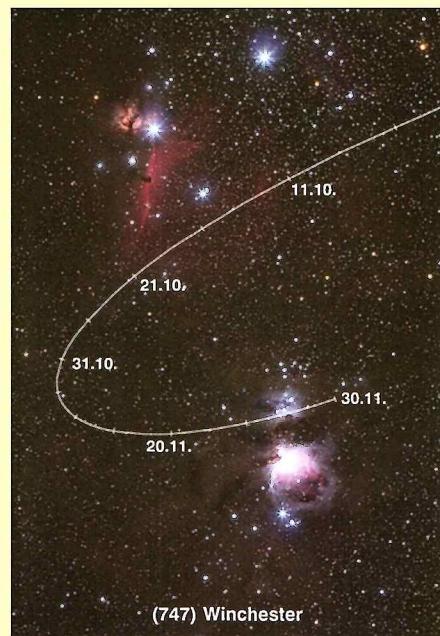
Jupiter  
Mars  
Venuša

7. 11. 2015, 04:00 SEČ

Jupiter  
Mars  
Venuša  
Mesiac

Pozorujte s nami \* Pripravil Pavol Rapavý

**P**red nami je priam skvelé jesenné obdobie s dostatočne dlhými nocami a ešte príjemnými teplotami. Merkúr bude v polovici októbra v najlepších ranných pozorovacích podmienkach v tomto roku a určite zaujme priblíženie Venuše s Jupiterom. Mesiac zakryje jasny Aldebaran, na oblohu sa dostávajú aj výrazné zimné súhvezdia. Niekoľko asteroidov prejde pred zaujímavými objektmi a pravú žatvu budú mať meteorári.



## Planéty

Merkúr sa presunie 7. 11. z Panny do Váh a poslednú dekadu strávi v Škorpiónovi a Hadonosovi. Začiatkom októbra je uholovo veľmi blízko pri Slnku, keďže 30. 9. bol v dolnej konjunkcii, no jeho ranná viditeľnosť sa bude veľmi rýchlo zlepšovať. Už koncom prvého týždňa bude na konci nautického súmraku vo výške 5° ako objekt 1,8 mag a do najväčšej západnej elongácie (18,1°) sa dostane 16. 10. S jasnosťou -0,6 mag bude teda ozdoba rannej oblohy. Nad obzorom vychádza už koncom astronomickej noci viac ako 1,5 hodiny pred Slnkom. V dalekohľade ho uvidíme vo fáze 0,5 s uhlovým priemerom 6,9''. Po elongácii sa sice uholovo k Slnku približuje, no jeho fáza rastie a jasnosť stúpa. Na prelome mesiacov vychádza po začiatku nautického súmraku a bude mať -1,0 mag. O týždeň neskôr vychádza len 0,6 hodiny pred Slnkom, začne zanikať na svetlej oblohe a 17. 11. je v hornej konjunkcii. Po nej sa presunie na večernú oblohu, no geometrické podmienky sú nevhodné a pozorovateľný nebude.

11. 10. bude v konjunkcii s tenkým kosáčikom Mesiaca a rannú oblohu ešte skrášli vyššie aj Jupiter, Mars a jasná Venuša. Toto fotogenické zoskupenie si určite nenechajme ujsť. Ďalšia konjunkcia s Mesiacom nastane o mesiac, no to už budú obe telesá uholovo veľmi blízko Slnka, podobne ako jeho priblíženie k Saturnovi 25. 11.

Venuše (-4,7 až -4,2 mag) sa 2. 11. presunie z Leva do Panny a keďže je uholovo dostatočne daleko od Slnka, bude neprehliadnutelným objektom na rannej oblohe. Podmienky jej viditeľnosti sú takmer stabilné, 26. 10. je v najväčšej západnej elongácii (46,4°). Začiatkom októbra vychádza tri hodiny po polnoci, no koncom novembra sa jej viditeľnosť skráti len o niečo viac ako hodinu. Spoločnosť tej bude robiť červenokastý Mars, jasný Jupiter, 8. 10. a 7. 11. aj cívajúci Mesiac.

V dalekohľade poteší jej fáza, ktorá sa zväčší z 0,3 na 0,7. Jasnosť mierne poklesne, pretože sa od nás vzdialí o 0,5051 na 0,9497 AU a jej uhlový rozmer sa zmenší z 33 na 18''.

Okrem konjunkcie s Mesiacom sa zdánlive priblíži aj k Jupitimu a Marsu. Od Jupitera ju 26. 10. bude deliť 1,0°, len kúsok nižšie nájdeme aj slabší (1,7 mag) červenokastý Mars a za súmraku nízko nad obzorom aj Merkúr (-0,9 mag). O týždeň neskôr bude v konjunkcii

(41°) s Marsom. Aj keď tieto vzájomné konjunkcie planét uvidíme aj bez dalekohľadu, určite uchvátia v prístroji s dostatočne veľkým zorným polom.

Mars (1,8 – 1,5 mag) sa presunie 2. 11. z Leva do Panny, jeho nočná viditeľnosť sa mierne zlepšuje, zjasňuje, a koncom novembra vychádza už dve hodiny po polnoci. Keďže sa k nám priblíží z 2,3882 na 1,9776 AU, jeho uholový rozmer sa zväčší z 3,9 na 4,7'', no aj to je ešte málo na nejaké vhodnejšie pozorovanie albedových útvarov. Medzi hviezdami sa pohybuje západne, svoju pút začne pri modrobieleom Regulusovi a skončí až v polovici Panny. 9. 10. a 7. 11. sa popod Mars bude presúvať Mesiac aj za asistencie Venuše a Jupitera. Konjunkciu s Jupiterom si nenechajme ujsť 17. 10. a s Venušou 3. 11. Niekoľko dní okolo konjunkcií si môžeme veľmi dobre všimnúť zmenu vzájomnej polohy planét.

Jupiter (-1,7 až -2,0 mag) v Levovi je na tom stále lepšie, jeho nočná viditeľnosť sa zlepšuje. Začiatkom októbra vychádza tri hodiny po polnoci, no koncom novembra už bude nad obzorom celú druhú polovicu noci. Spoločnosť mu bude robíť Venuša a Mars, s ktorými konjunkcie nastanú 17. 10. a 26. 11. Stretnutia s Mesiacom koncom prvej októbrevej dekády a koncom prvého novembrového týždňa vo vzdialosti 3° nebudú najesťesnejšie, no aj tak fotogenické, podrobnejšie opísané vyššie.

V dalekohľade ho uvidíme ako sploštený kotúčik s priemerom 31 – 36''. Jeho uhlový priemer sa zväčší, vzdialenosť Jupitera sa zmenší z 6,2724 na 5,5533 AU. Zaujmú jeho výrazné tmavé rovníkové pásy aj Veľká červená škvra. Už v malom dalekohľade je možné vidieť jeho štyri najväčšie mesiace.

**Prechody Veľkej červenej škvry centrálnym poludníkom Jupitera (Jupiterov systém II)**

2. 10.; 4:48	24. 10.; 3:06	8. 11.; 0:35	21. 11.; 6:19
5. 10.; 2:19	26. 10.; 4:45	9. 11.; 6:22	22. 11.; 2:10
7. 10.; 3:58	28. 10.; 6:24	10. 11.; 2:13	24. 11.; 3:49
9. 10.; 5:37	29. 10.; 2:16	12. 11.; 3:52	26. 11.; 5:28
12. 10.; 3:08	31. 10.; 3:55	14. 11.; 5:31	27. 11.; 1:19
14. 10.; 4:47	1. 11.; 3:35	15. 11.; 1:23	28. 11.; 7:07
17. 10.; 2:17	2. 11.; 5:34	16. 11.; 7:10	29. 11.; 2:58
19. 10.; 3:57	3. 11.; 1:25	17. 11.; 3:01	
21. 10.; 7:35	5. 11.; 3:04	19. 11.; 4:40	
22. 10.; 1:27	7. 11.; 4:43	20. 11.; 0:32	

Merkúr



Venuša



Mars



Jupiter



Saturn



Urán



Neptún



1. 10. – 1. 11. – 1. 12.

1. 11. 2015

30"

## Zákryty hviezd Mesiacom (október – november 2015)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
1. 10.	3 21 58	R	4170	6.4	+61S	231	74	28
23. 10.	22 42 21	D	30933	6.3	+39S	120	79	-165
29. 10.	18 38 51	D	5772	4.0	-64S	116	10	50
29. 10.	19 22 10	R	5772	4.0	+40S	220	-7	136
29. 10.	18 52 40	D	5774	3.3	-28S	152	67	-84
29. 10.	19 8 15	R	5774	3.3	+5S	185	-64	271
29. 10.	18 50 21	D	5767	5.3	-21N	21	-31	168
29. 10.	19 20 27	R	5767	5.3	+45N	315	43	7
29. 10.	19 25 18	D	5813	4.8	-86N	86	13	84
29. 10.	20 23 31	R	5813	4.8	+69S	249	25	105
29. 10.	21 50 56	R	5865	6.5	+62S	242	50	110
29. 10.	21 55 41	D	5912	0.8	-80N	80	60	83
29. 10.	23 6 20	R	5912	0.8	+77S	257	79	68
30. 10.	19 35 15	R	6977	6.0	+58S	241	-10	108
1. 11.	3 22 11	D	9633	5.1	-39N	46	118	120
1. 11.	4 12 16	R	9633	5.1	+39N	328	61	-201
3. 11.	3 38 8	R	12813	5.9	+86S	280	104	-1
4. 11.	3 4 58	R	14088	6.3	+65S	262	95	82
19. 11.	17 52 48	D	30542	6.1	+90S	69	86	6
21. 11.	16 42 23	D	43	6.3	+90S	66	70	83
28. 11.	0 33 59	R	8510	6.4	+32N	339	91	-315
28. 11.	2 52 12	R	8622	5.7	+83N	289	67	-96
29. 11.	20 54 53	R	11939	6.0	+77N	298	27	41

Predpovede sú pre polohu  $\lambda_0 = 20^\circ\text{E}$  a  $\phi_0 = 48.5^\circ\text{S}$  nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu  $\lambda$ ,  $\phi$  sa čas počíta zo vzťahu  $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\phi - \phi_0)$ , kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

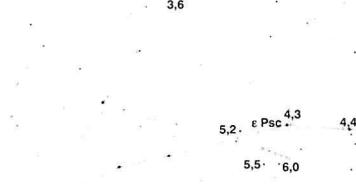
UT = čas zákrytu vo svetovom čase; f = typ úkazu: D – vstup, R – výstup; XZ = číslo hviezdy v katalógu XZ; mag = jasnosť hviezdy; CA = uhol meraný od severného (N) alebo južného rohu Mesiaca k hviezde; PA = pozičný uhol meraný od severného okraja Mesiaca v kladnom smere.

**Saturn** (0,6 – 0,4 mag) sa presunie 16. 10. z Váh do Škorpióna a skončí tesne pred hranicou Hadonosa. Jeho večerná viditeľnosť sa zhoršuje, nakoľko v posledný novembrový deň je v konjunkcii so Slnkom a súčasne od Zeme najďalej (10,9924 AU). Začiatkom októbra zapadá ešte za astronomickej noci okolo 19:30, na prelome mesiacov koncom nautického súmraku, no v polovici novembra už krátko po skončení súmraku občianskeho. V ďalších dňoch sa začne strácať na svetlej súmrakovej oblohe, jeho uhlová vzdialenosť od Slnka sa rýchlo zmenšuje.

V dalekohľade potesia jeho mohutné prstence, ktoré sú k nám natočené severnou stranou, sú roztvorené a ich šírka dosahuje  $15''$ . Nájdeme aj jeho najväčší mesiac Titan (8,9 mag) a do 11 mag je aj Rhea, Tethys a Dione. 25. 10. bude žltkastý Saturn  $0,7^\circ$  severne od  $\beta$  Sco (2,6 mag). Konjunkcia s Mesiacom poteší 16. 10. večer po západе Slnka, Saturn bude  $2,3^\circ$  pod jeho kosáčikom.

**Uráň** (5,7 mag) v Rybách nájdeme už malým dalekohľadom, je nad obzorom celú noc, nakoľko je 12. 10. v opozícii. Deň pred opozíciou je k nám najbližšie, len 18,9844 AU. Koncom novembra zapadne 2,5 hodiny po polnoci. Za dobrých pozorovacích podmienok sa môžeme pokúsiť identifikovať ho medzi hviezdami aj bez dalekohľadu. Na prelome mesiacov bude  $1,7^\circ$  juhovýchodne od  $\epsilon$  Psc. Konjunkcie s Mesiacom nastanú 26. 10. a 22. 11., z pozorovateľského hľadiska je výhodnejšia tá novembrová.

## Urán



**Neptún** (7,8 – 7,9 mag) je vo Vodnárovi a možnosti jeho pozorovania sa po opozícii 1. 9. zhoršujú. Začiatkom októbra zapadne 3 hodiny po polnoci, koncom novembra už krátko pred 23. hodinou. Na jeho zbadanie už potrebujeme aspoň malý dalekohľad, vo výkonejšom prístroji ho uvidíme ako malinký kotúčik s priemerom len  $2''$ . Jeho zdarnlivý pohyb medzi hviezdami sa spomaliuje, 18. 11. je stacionárny a začne sa pohybovať v priamom smere. Konjunkcie

s Mesiacom vo vzdialosti  $2^\circ$  nastanú 23. 10. a 20. 11.

**Zákryt Aldebarana** Mesiacom 29. 10. poteší nie len pozorovateľov zákrytov, ale každého kto má rád zaujímavé úkazy. Mesiak je 2 dni po splne, a tak vstup oranžového Aldebarana nastane na osvetlenej strane pred 23. hodinou. Výstup na neosvetlenej strane nastane asi o 70 minút. Presné časy pre danú polohu je potrebné vypočítať podľa vzťahu podľa tabuľkov zákrytov. Aby sme výstup nezmeškali, pozrime si podľa pozičného uhlia miesto na mesačnom okraji, kde sa Aldebaran objaví, čo bude o niečo južnejšie ako je More nepokoju (Mare Crisium), ktoré bude v blízkosti terminátora.

## Trpasliče planéty

(1) Ceres (8,7 – 9,3 mag) sa presunie zo Strelovia cez severnú časť Mikroskopu do Kozorozca. Možnosti na jej pozorovanie za zhoršujú, vzdialuje sa od nás a jej jasnosť klesá. Začiatkom októbra zapadne po 22. hodine, koncom novembra už pred 20. Kedže sa pohybuje v záporných deklínaciach, na prelome mesiacov kulminuje vo výške  $13^\circ$ . 26. 11. bude len  $12^\circ$  severne od  $\omega$  Cap (4,1 mag) a v jej blízkosti ( $3'$ ) bude ďalšia červenkastá hviezda SAO 189770 (8,6 mag).

(134340) Pluto (14,3 mag) je v Streleciovi, zapadne vo večerných hodinách, možnosti jeho pozorovania sa zhoršujú. Mierne zoslabne, jeho vzdialenosť od nás sa zväčší z  $32,85$  na  $33,78$  AU. 17. 11. sa bude presúvať necelú uhlovú minútu severne od  $\chi^2$  Sgr (3,5 mag).

## Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (15) Eunomia (2. 10.; 7,9 mag), (471) Papagena (11. 10.; 9,5 mag), (356) Liguria (13. 10.; 10,8 mag), (29) Amphitrite (25. 10.; 8,7 mag), (14) Irene (29. 10.; 10,4 mag), (386) Siegena (4. 11.; 10,9 mag), (106) Dione (5. 11.; 10,7 mag), (39) Laetitia (6. 11.; 9,5 mag), (43) Ariadne (19. 11.; 10,8 mag), (192) Nausikaa (20. 11.; 9,0 mag), (678) Fredegundis (27. 11.; 11,0 mag).

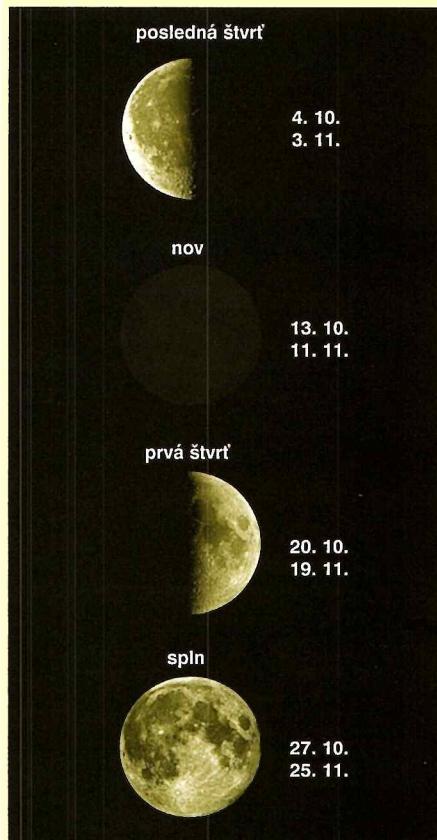
Najjasnejším asteroidom, aj keď slabne, bude (4) Vesta, ktorá urobí v západnej časti Veľryby v blízkosti  $\tau$  Cet (3,5 mag) elegantný oblúk. V zástavke bude 18. 11. a začne sa pohybovať v priamom smere. Už malým dalekohľadom by sme ju mali na nebohatom hviezdnom pozadí identifikovať bez väčších problémov.

(27) Euterpe (10,5 mag) v Blížencoch sa bude

## Fázy Mesiaca

posledná štvrt	4. 10.; 22:06	3. 11.; 13:24
nov	13. 10.; 1:06	11. 11.; 18:47
prvá štvrt	20. 10.; 21:31	19. 11.; 7:27

Oba splny nastávajú v okolí perigea, a tak je tu možnosť pozorovať či odstoti si „supersplny“, uhlová veľkosť bude  $33'$ .



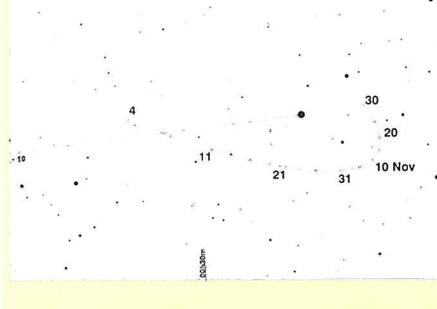
## Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	20 <sup>h</sup> 01,6 <sup>m</sup>	-31°02,5'	8.7	108,5
11. 10.	20 <sup>h</sup> 06,4 <sup>m</sup>	-30°30,2'	8.8	100,0
21. 10.	20 <sup>h</sup> 13,2 <sup>m</sup>	-29°51,6'	8.9	91,8
31. 10.	20 <sup>h</sup> 21,8 <sup>m</sup>	-29°07,5'	9,1	84,0
10. 11.	20 <sup>h</sup> 32,0 <sup>m</sup>	-28°18,1'	9,1	76,4
20. 11.	20 <sup>h</sup> 43,3 <sup>m</sup>	-27°23,4'	9,2	69,1
30. 11.	20 <sup>h</sup> 55,6 <sup>m</sup>	-26°23,7'	9,3	62,1

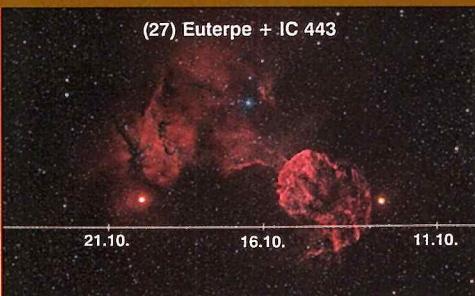
## Efemerida (134340) Pluto

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	18 <sup>h</sup> 54,7 <sup>m</sup>	-21°02,7'	14,4	95,5
11. 10.	18 <sup>h</sup> 55,0 <sup>m</sup>	-21°03,9'	14,4	85,7
21. 10.	18 <sup>h</sup> 55,4 <sup>m</sup>	-21°04,8'	14,4	75,9
31. 10.	18 <sup>h</sup> 56,1 <sup>m</sup>	-21°05,3'	14,4	66,1
10. 11.	18 <sup>h</sup> 57,0 <sup>m</sup>	-21°05,6'	14,4	56,2
20. 11.	18 <sup>h</sup> 58,0 <sup>m</sup>	-21°05,5'	14,4	46,4
30. 11.	18 <sup>h</sup> 59,2 <sup>m</sup>	-21°05,1'	14,4	36,6

## (4) Vesta



(27) Euterpe + IC 443



## Efemerida asteroidu (4) Vesta

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	00 <sup>h</sup> 37,4 <sup>m</sup>	-09 <sup>°</sup> 02,5'	6,2	167,8
11. 10.	00 <sup>h</sup> 28,3 <sup>m</sup>	-09 <sup>°</sup> 52,4'	6,4	161,3
21. 10.	00 <sup>h</sup> 20,3 <sup>m</sup>	-10 <sup>°</sup> 21,0'	6,6	151,2
31. 10.	00 <sup>h</sup> 14,3 <sup>m</sup>	-10 <sup>°</sup> 26,0'	6,8	140,7
10. 11.	00 <sup>h</sup> 10,8 <sup>m</sup>	-10 <sup>°</sup> 08,5'	7,0	130,5
20. 11.	00 <sup>h</sup> 10,1 <sup>m</sup>	-09 <sup>°</sup> 30,8'	7,2	120,9
30. 11.	00 <sup>h</sup> 12,0 <sup>m</sup>	-08 <sup>°</sup> 36,3'	7,4	111,8

## Efemerida asteroidu (27) Euterpe

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	05 <sup>h</sup> 59,4 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 18,3'	10,8	97,4 Ori
11. 10.	06 <sup>h</sup> 12,9 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 18,5'	10,6	104,1 Gem
21. 10.	06 <sup>h</sup> 24,1 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 16,7'	10,4	111,5 Gem
31. 10.	06 <sup>h</sup> 32,4 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 15,2'	10,2	119,5 Gem
10. 11.	06 <sup>h</sup> 37,3 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 16,7'	9,9	128,4 Gem
20. 11.	06 <sup>h</sup> 38,4 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 23,0'	9,6	138,2 Gem
30. 11.	06 <sup>h</sup> 35,4 <sup>m</sup>	+22 <sup>°</sup> 34,8'	9,3	149,1 Gem

## Efemerida asteroidu (747) Winchester

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	05 <sup>h</sup> 25,8 <sup>m</sup>	-01 <sup>°</sup> 24,5'	11,3	105,1
11. 10.	05 <sup>h</sup> 35,2 <sup>m</sup>	-02 <sup>°</sup> 26,8'	11,1	111,5
21. 10.	05 <sup>h</sup> 41,6 <sup>m</sup>	-03 <sup>°</sup> 27,2'	11,0	118,4
31. 10.	05 <sup>h</sup> 44,6 <sup>m</sup>	-04 <sup>°</sup> 19,0'	10,8	125,8
10. 11.	05 <sup>h</sup> 44,0 <sup>m</sup>	-04 <sup>°</sup> 54,5'	10,6	133,6
20. 11.	05 <sup>h</sup> 40,1 <sup>m</sup>	-05 <sup>°</sup> 05,0'	10,5	141,4
30. 11.	05 <sup>h</sup> 33,3 <sup>m</sup>	-04 <sup>°</sup> 43,0'	10,3	148,4



Zákryt Aldebarana  
29./30. 10. 2015



## Efemerida kométy 22P/Kopff

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	15 <sup>h</sup> 48,5 <sup>m</sup>	-17 <sup>°</sup> 57,5'	9,6	51,7
6. 10.	16 <sup>h</sup> 03,1 <sup>m</sup>	-18 <sup>°</sup> 53,4'	9,6	50,3
11. 10.	16 <sup>h</sup> 18,2 <sup>m</sup>	-19 <sup>°</sup> 45,2'	9,6	49,0
16. 10.	16 <sup>h</sup> 33,6 <sup>m</sup>	-20 <sup>°</sup> 32,2'	9,6	47,8
21. 10.	16 <sup>h</sup> 49,4 <sup>m</sup>	-21 <sup>°</sup> 14,0	9,6	46,6
26. 10.	17 <sup>h</sup> 05,4 <sup>m</sup>	-21 <sup>°</sup> 50,1'	9,6	45,4
31. 10.	17 <sup>h</sup> 21,7 <sup>m</sup>	-22 <sup>°</sup> 20,1'	9,6	44,2
5. 11.	17 <sup>h</sup> 38,2 <sup>m</sup>	-22 <sup>°</sup> 43,6'	9,7	43,0
10. 11.	17 <sup>h</sup> 54,9 <sup>m</sup>	-23 <sup>°</sup> 00,4'	9,7	41,8
15. 11.	18 <sup>h</sup> 11,6 <sup>m</sup>	-23 <sup>°</sup> 10,3'	9,8	40,6
20. 11.	18 <sup>h</sup> 28,4 <sup>m</sup>	-23 <sup>°</sup> 13,3'	9,9	39,4
25. 11.	18 <sup>h</sup> 45,1 <sup>m</sup>	-23 <sup>°</sup> 09,4'	10,0	38,2
30. 11.	19 <sup>h</sup> 01,7 <sup>m</sup>	-22 <sup>°</sup> 58,7'	10,1	37,0

## Efemerida kométy 10P/Tempel

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 10.	16 <sup>h</sup> 23,1 <sup>m</sup>	-18 <sup>°</sup> 45,2'	10,5	59,9
6. 10.	16 <sup>h</sup> 37,3 <sup>m</sup>	-19 <sup>°</sup> 53,7'	10,4	58,5
11. 10.	16 <sup>h</sup> 52,2 <sup>m</sup>	-20 <sup>°</sup> 57,9'	10,4	57,1
16. 10.	17 <sup>h</sup> 07,6 <sup>m</sup>	-21 <sup>°</sup> 56,9'	10,3	55,8
21. 10.	17 <sup>h</sup> 23,6 <sup>m</sup>	-22 <sup>°</sup> 50,3'	10,2	54,6
26. 10.	17 <sup>h</sup> 40,1 <sup>m</sup>	-23 <sup>°</sup> 37,1'	10,2	53,5
31. 10.	17 <sup>h</sup> 57,1 <sup>m</sup>	-24 <sup>°</sup> 16,7'	10,1	52,4
5. 11.	18 <sup>h</sup> 14,6 <sup>m</sup>	-24 <sup>°</sup> 48,6'	10,1	51,3
10. 11.	18 <sup>h</sup> 32,4 <sup>m</sup>	-25 <sup>°</sup> 12,3'	10,1	50,3
15. 11.	18 <sup>h</sup> 50,4 <sup>m</sup>	-25 <sup>°</sup> 27,2'	10,1	49,4
20. 11.	19 <sup>h</sup> 08,7 <sup>m</sup>	-25 <sup>°</sup> 33,2'	10,2	48,5
25. 11.	19 <sup>h</sup> 27,1 <sup>m</sup>	-25 <sup>°</sup> 30,2'	10,2	47,6
30. 11.	19 <sup>h</sup> 45,5 <sup>m</sup>	-25 <sup>°</sup> 18,1'	10,3	46,7

## Efemerida kométy PANSTARRS (C/2013 X1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
16. 10.	05 <sup>h</sup> 07,8 <sup>m</sup>	+43 <sup>°</sup> 16,5'	11,8	119,9
21. 10.	04 <sup>h</sup> 55,2 <sup>m</sup>	+44 <sup>°</sup> 02,9'	11,6	126,3
26. 10.	04 <sup>h</sup> 39,8 <sup>m</sup>	+44 <sup>°</sup> 44,3'	11,4	132,8
31. 10.	04 <sup>h</sup> 21,4 <sup>m</sup>	+45 <sup>°</sup> 16,1'	11,2	139,3
5. 11.	03 <sup>h</sup> 59,8 <sup>m</sup>	+45 <sup>°</sup> 31,9'	11,0	145,4
10. 11.	03 <sup>h</sup> 35,4 <sup>m</sup>	+45 <sup>°</sup> 24,7'	10,8	150,5
15. 11.	03 <sup>h</sup> 08,8 <sup>m</sup>	+44 <sup>°</sup> 47,3'	10,6	153,4
20. 11.	02 <sup>h</sup> 41,2 <sup>m</sup>	+43 <sup>°</sup> 35,2'	10,5	153,0
25. 11.	02 <sup>h</sup> 13,8 <sup>m</sup>	+41 <sup>°</sup> 47,5'	10,3	149,1
30. 11.	01 <sup>h</sup> 47,9 <sup>m</sup>	+39 <sup>°</sup> 28,5'	10,2	142,7

v súlade s predpovedou a v maxime dosiahla 99 meteori za hodinu.

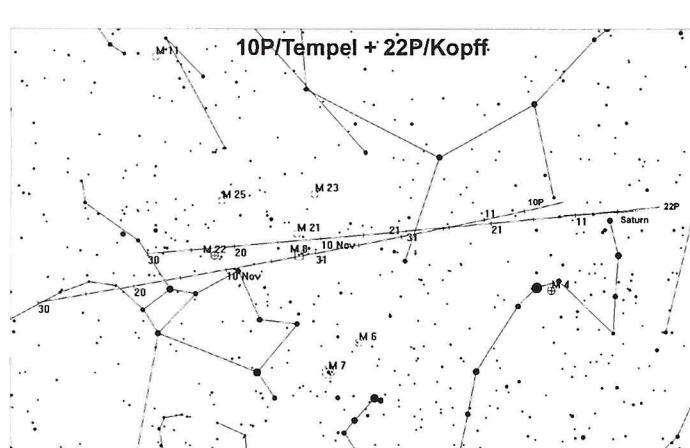
Nasledujúce jesenné obdobie je priam nabité množstvom rojov a pri väčšine z nich budú aj vhodné podmienky, teda pravá meteorárská žatva.

Krátkoperiódická 22P/Kopff s obežnou dobu 6,4 roka prejde perihéliom 25. 10. a bude, spolu s 10P/Tempel, asi najjasnejšou kométou s jasnosťou necelých 11 mag, teda asi o magnitúdu menej, ako je v nominálnej predpovedi v tabuľke.

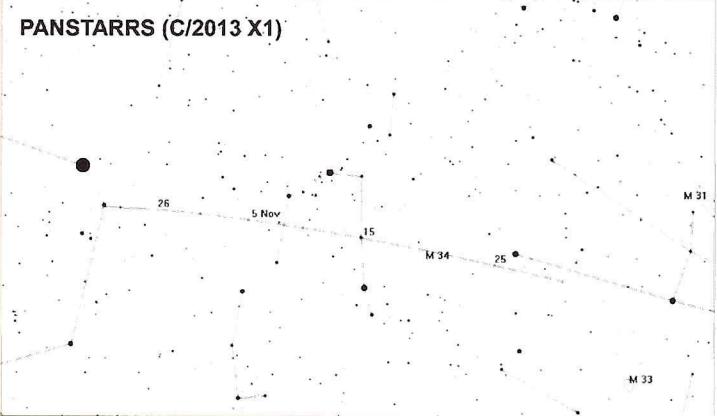
PANSTARRS (C/2013 X1) zjásňuje, a to najlepšie nás ešte len čaká. Perihéliom prejde 20. 4. 2016 a pred koncom polroka by mala byť jasnejšia ako 7 mag, no to sa už presunie hlboko pod rovník a pozorovateľná od nás nebude.

## Meteory

Tohtoročné Perzeidy nesklamali, pozorovacie podmienky boli skvelé a na prevažnej väčšine nášho územia jasno. Viaceré expedície teda získali bohatý pozorovací materiál. Frekvencia meteorov bola



## PANSTARRS (C/2013 X1)



## Meteorické roje (október – november 2015)

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

ných maxim, a tak sú kvalitné pozorovania vitané.

Pozorovateľsky obľúbeným jesenným rojom sú Orionidy, Mesiac zapadne ešte pred východom radiantu. V relatívnej blízkosti ich radiantu je aj radiant E Geminíd, a tak určenie správnej rojovej príslušnosti je problematické, nakoľko oba roje majú aj podobnú rýchlosť. Materským telesom roja je Halleyova kométa, štruktúra prúdu je veľmi zložitá, sú pozorované viaceré podružné maximá a podozrenie na ich 12-ročnú periodicitu.

Malo aktívne Leo Minoridy budú rušené Mesiacom, no u severných Tauríd, kde býva tiež niekoľko maxim je Mesiac v nove.

Leonidy boli mimoriadne aktívne niekoľko rokov po prechode kométy 55P/Tempel-Tuttle periheliom v roku 1998. V súčasnosti je aktivita nižšia, no premenlivá. Tohto roku bude podľa Michaila Maslova 17. 11. o 22 SEČ prepočítaná zenitová frekvencia okolo 20.

Pavol Rapávý

## Kalendár úkazov a výročí (október – november 2015)

dátum	SEČ
1. 10.	490. výročie narodenia (1525) T. Hájka z Hájku
2. 10.	asteroid (15) Eunomia v opozícii (7,9 mag)
4. 10.	22,1 Mesiac v poslednej štvrti
5. 10.	90. výročie narodenia (1925) P. Wilda
7. 10.	90. výročie narodenia (1925) M. Plavca
7. 10.	130. výročie narodenia (1885) N. Bohra
8. 10.	20,9 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,4° severne)
8. 10.	23,1 Merkúr v zástavke, začne sa pohybovať priamo
9. 10.	16,6 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,1° severne)
9. 10.	maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)
9. 10.	22,5 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 3,2° severne)
10. 10.	maximum meteorického roja južné Tauridy (ZHR 5)
11. 10.	11,7 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,6° severne)
11. 10.	14,3 Mesiac v apogeu (406 389 km)
11. 10.	15,7 Urán najbližšie k Zemi (18,98441 AU)
11. 10.	asteroid (471) Papagena v opozícii (9,5 mag)
11. 10.	maximum meteorického roja δ Aurigidy (ZHR 2)
12. 10.	4,6 Urán v opozícii
12. 10.	19,3 Merkúr v periheliu (0,3075 AU)
12. 10.	75. výročie narodenia (1940) J. Vondráka
13. 10.	1,1 Mesiac v nove
13. 10.	asteroid (356) Liguria v opozícii (10,8 mag)
14. 10.	90. výročie narodenia (1925) J. Boušku
16. 10.	4,6 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (18,1°)
16. 10.	14,9 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,1° južne)
17. 10.	75. výročie narodenia (1940) J. Klimeša
17. 10.	23,7 konjunkcia Marsu s Jupiterom (Mars 0,4° severne)
18. 10.	maximum meteorického roja ε Geminidy (ZHR 3)
20. 10.	21,5 Mesiac v prvej štvrti
21. 10.	maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 15)
22. 10.	110. výročie narodenia (1905) K. G. Janského
23. 10.	18,2 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 2,0° južne)
24. 10.	maximum meteorického roja Leo Minoridy (ZHR 2)
25. 10.	konec používania letného času
25. 10.	40. výročie (1975) pristátia Venery 10 na Venuši
25. 10.	70. výročie narodenia (1945) D. Schramma
25. 10.	asteroid (29) Amphitrite v opozícii (8,7 mag)
26. 10.	0,7 konjunkcia Venuše s Jupiterom (Venuša 1,0° južne)
26. 10.	8,3 Venuša v najväčšej západnej elongácii (46,4°)
26. 10.	11,7 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,7° severne)
26. 10.	14,1 Mesiac v perigeu (358 461 km)
26. 10.	190. výročie narodenia (1825) J. F. J. Schmidta
27. 10.	13,1 Mesiac v splne
29. 10.	asteroid (14) Irene v opozícii (10,4 mag)
2. 11.	130. výročie narodenia (1885) H. Shapleya
3. 11.	8,6 konjunkcia Venuše s Marsonom (Venuša 0,7° južne)
3. 11.	13,4 Mesiac v poslednej štvrti
4. 11.	90. výročie narodenia (1925) V. Ivana
4. 11.	asteroid (386) Siegena v opozícii (10,9 mag)

## Tabuľky východov a západov (október – november 2015)

### Slnko

		Súmrak					
		Občiansky		Nautický		Astronomický	
Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1.10.	5:39	17:20	5:08	17:51	4:31	18:27	3:54
6.10.	5:46	17:10	5:15	17:41	4:38	18:17	4:02
11.10.	5:53	17:00	5:22	17:31	4:45	18:07	4:09
16.10.	6:00	16:50	5:29	17:22	4:53	17:58	4:16
21.10.	6:08	16:40	5:36	17:13	5:00	17:49	4:23
26.10.	6:16	16:31	5:44	17:04	5:07	17:41	4:30
31.10.	6:23	16:23	5:51	16:56	5:14	17:33	4:37
5.11.	6:31	16:15	5:58	16:48	5:21	17:26	4:44
10.11.	6:39	16:08	6:05	16:42	5:28	17:19	4:51
15.11.	6:47	16:02	6:12	16:36	5:35	17:14	4:58
20.11.	6:54	15:56	6:19	16:31	5:41	17:09	5:04
25.11.	7:02	15:52	6:26	16:27	5:48	17:06	5:10
30.11.	7:08	15:49	6:32	16:24	5:54	17:03	5:16

### Mesiac

východ	západ	východ	západ		
1.10.	19:39	9:35	1.10.	3:11	16:32
6.10.		14:05	6.10.	2:57	16:14
11.10.	4:09	16:27	11.10.	2:43	15:57
16.10.	9:09	18:55	16.10.	2:28	15:40
21.10.	13:20	23:30	21.10.	2:14	15:22
26.10.	16:12	4:32	26.10.	1:59	15:04
31.10.	19:59	10:29	31.10.	1:45	14:46
5.11.	0:00	13:41	5.11.	1:30	14:27
10.11.	5:01	15:50	10.11.	1:14	14:10
15.11.	9:51	19:15	15.11.	0:58	13:52
20.11.	13:05		20.11.	0:42	13:34
25.11.	16:00	5:56	25.11.	0:26	13:15
30.11.	20:44	10:38	30.11.	0:10	12:56

### Jupiter

východ	západ	východ	západ		
1.10.	10:23	19:31	1.10.	10:06	19:13
6.10.		9:49	6.10.	9:49	18:54
11.10.	4:23	16:31	16.10.	9:32	18:36
16.10.	4:19	16:23	21.10.	9:15	18:18
21.10.	4:32	16:17	26.10.	8:58	18:00
26.10.	4:54	16:12	31.10.	8:41	17:42
31.10.	5:20	16:07	5.11.	8:24	17:24
5.11.	5:47	16:03	10.11.	8:08	17:06
10.11.	6:14	15:59	15.11.	7:51	16:48
15.11.	6:41	15:57	20.11.	7:35	16:30
20.11.	7:07	15:56	25.11.	7:18	16:12
25.11.	7:32	15:57	30.11.	7:01	15:55

### Saturn

východ	západ	východ	západ		
1.10.	1:52	15:35	1.10.	17:36	6:46
6.10.	1:50	15:28	6.10.	17:16	6:26
11.10.	1:51	15:21	11.10.	16:56	6:05
16.10.	1:53	15:14	16.10.	16:36	5:45
21.10.	1:57	15:06	21.10.	16:16	5:24
26.10.	2:03	14:59	26.10.	15:56	5:03
31.10.	2:10	14:52	31.10.	15:36	4:42
5.11.	2:17	14:44	5.11.	15:16	4:21
10.11.	2:26	14:37	10.11.	14:56	4:01
15.11.	2:35	14:29	15.11.	14:36	3:41
20.11.	2:46	14:22	20.11.	14:16	3:20
25.11.	2:56	14:14	25.11.	13:56	3:00
30.11.	3:08	14:07	30.11.	13:36	2:39

### Merkúr

východ	západ	východ	západ		
1.10.	2:31	16:20	1.10.	16:18	3:01
6.10.	2:28	16:07	6.10.	15:58	2:40
11.10.	2:25	15:54	11.10.	15:39	2:20
16.10.	2:23	15:41	16.10.	15:19	2:00
21.10.	2:20	15:27	21.10.	14:59	1:40
26.10.	2:17	15:13	26.10.	14:39	1:20
31.10.	2:14	14:59	31.10.	14:19	1:00
5.11.	2:11	14:45	5.11.	13:59	0:40
10.11.	2:08	14:31	10.11.	13:40	0:20
15.11.	2:05	14:17	15.11.	13:20	0:01
20.11.	2:01	14:03	20.11.	13:00	23:37
25.11.	1:58	13:49	25.11.	12:40	23:18
30.11.	1:54	13:36	30.11.	12:21	22:58

Barbora Vinczeová

# Ani o deň viac

Lucia sa v príomí zamyslene prechádzala po dome. Všetko bolo pripravené; šampus vychladený, večera teplá. Barman mal príst každú chvíľu, hostia onedlho. Dúfala, že príde aj Michal. Nemal rád oslavu, no boli to jej narodeniny. Pri všetkom šťastí posledné. A raz za rok predsa môže odhodiť sutanu aj on.

Prstom prešla po vyleštenom stole a pouasmiala sa. Rozmazaný obraz, ktorý ponúkal, jej vynahradilo zrkadlo na náprotivnej stene. Už teraz, o pár hodín neskôr, ukazovalo prvé znaky jej nového života: plet súmerne zjednotená bez líčidiel, mihalnice a obočie tmavšie, hustejšie. Vlasy nápadne dlhšie, lesklejšie a zdravšie. Vyhladili sa jej praskliny na nechtoch, hlbšie vrásky tiež. Namiesto občasného akné mala jej plet zdravý nádych.

Jej úsmev sa rozšíril. Žena v zrkadle jej ho opätovala. Lucia si bez štipky namyslenosti priznala, že vyzerá dobre. Zaplatila predsa vysokú cenu. A ten pocit! Akoby jej v žilách prúdila nová krv. Akoby nemala za sebou štyri desaťročia, ale polovicu z toho. Cítila sa, akoby mohla pretancovať celú noc.

*365 noci, slubila si v duchu. 365 dní bez chorôb, bez starnutia, bez starostí, s kým chcem, kde chcem, čo chcem.*

Vždy chcela vidieť Paríž. A Rím. Dnes cestovné kancelárie ponúkali ročné zájazdy – pre tých, ako ona. Mohla cestovať, koľko len chcela.

Srdce sa jej rozbúhalo rýchlejšie. Mala chut súmaťa a roztancovaťa sa po izbe. Akymsi zázrakom ju dnes nebolela chriftica. Vedela však, že aj keby mala rakovinu, za pár dní by bola fuč aj so všetkými príznakmi. YEAR nenechával pre iné choroby miesto.

„Youth and Energy Activating Rash,“ zašepkala potichu, vychutnávajúc si každú slabiku. Vyrážka, ktorá sa objavuje niekoľko minút po nákaze, jej už dávno zmizla. Bola to jej posledná chybčička krásy v živote.

Otec Michal sa ponáhal s omšou, pretože slúbil sestre Lucii, že sa zastaví na jej narodeninovu oslavu. Bola od neho mladšia o niekoľko rokov, a hoci mu miestnosti plné ľudí naháňali strach – s výnimkou kostolov – nemal v pláne svoj slub porušiť.

Večerné omše boli zriedkakedy plné. Dnešok nebol žiadou výnimkou. Kde bol v týchto časoch Boh? V časoch, keď si stačilo nájsť známosť na jednu noc a mohli ste mať rok zdravia, o akom sa môže pădesiatníkovi iba snívať. Otec Michal toho počul na spovediach dosť nato, aby sa utvrdil v tom, že vírus YEAR je dielom diabla. Tolerancia alkoholu zvýšená na inak pre človeka smrteľnú dávku, vyladenie vrások, dokonca vyliečenie z chorôb! Z rakoviny!

Otec Michal zamkol kostol a vybral sa pešo. Mal chut na chvíľu samoty a večerná prechádzka vyzerala ako ideálny spôsob na psychickú prípravu pred sestrinou oslavou. Ani chladný večerný vzduch mu však z hlavy nevyhnal tváre tých pár veriacich, ktorí sa dnes v kostole zišli. Vedel, načo všetci mysleli. Videl, ako sa ich rady stenčujú, ako ich chodí stále menej.

„Nepodlahnite pokuseniu,“ kázal otec Michal. „Zahodíte svoj život kvôli jedinému roku plnému pokusenia?“

V poslednom čase sa bál pýtať sa túto otázku. Videl im totiž na očiach odpoved.

Najhorší boli tí, ktorí sa vrátili. Mali rozxiarené tváre, o desiatky rokov menej, energiu na rozdávanie a žiadne zdravotné problémy. Mohli vyjsť

Poviedka súťažila v projekte Cena ScifiKozmos, ktorý prebiehal od decembra 2014 do februára 2015. Barbora Vinczeová sa autorsky presadila už v roku 2014 s poviedkou Fialky, ktorá získala Cenu spoločnosti INTEL za najlepšiu sci-fi poviedku v rámci súťaže Martinus Cena Fantázie 2014. Dielo Fialky je súčasťou zborníka najlepších slovenských poviedok žánru fantastiky Fantázia 2014.

v decembri na ulici v plavkách a jedinečno, čo by im na pamiatku zostalo, by boli veselé spomienky.

Otec Michal potriašol hlavou a stlačil zvonček. Nie je predsa všetko zlato, čo sa blyští. Po roku tu zostane on, hoci starý a menej zdravý, ale zostane. S rodinou, a zopár priateľmi. Nech si tí dobrodruhovia pomrú ako jarný sneh.

Dvere sa náhle otvorili a vo dverách stála jeho sestra – alebo skôr jej kópia. Skôr, než stihol niečo povedať, nadšene vykríkla: „Michal! Ty si príšiel! Vieš, že môžem vypíti dva šampusy a dve flaše vody a stále tancovať?“

Ludia, ktorí ju počuli, nadšene vykríkli s ňou.

Skôr, než stihol namietať, ho Lucia vtiahla do vŕtu ľudských tiel.

„Je to niečo, s čím sme sa doteraz nestretli,“ vysvetľoval doktor Varický pár študentom v laboratóriu. „Vie mi niekto povedať prečo? Slečna?“

Varický videl, že dievča je nakazené. Vyžarovalo to zo nej – až neprirodená dokonalosť.

„Žiadne príznaky,“ odpovedala s úsmevom. „YEAR sa neprejavuje ako klasické vírusy – vonkajšie symptómy sú neexistujúce. Práve naopak – zlepšuje výzor a zdravie nakazeného, aby zvýšil šancu dostať sa k ďalším jedincom.“

„Správne,“ prikývol doktor. „A všetci vieme, ako sa YEAR šíri... slečna – eee...“

„Modranská. YEAR sa šíri sexuálnym stykom. Preto sa prejavuje zlepšením fyziologických znakov človeka, ktoré považujeme za príťažlivé. Husté, zdravé vlasy, zdravá pokožka. Mladistvost. Príval energie. Vírus sa snaží urobiť z nás čo najatraktívnejších prenášačov, aby mal čo najväčšiu šancu rozšíriť sa.“

Varický prikývol a preklikol sa na ďalšiu stránku prezentácie. „Vie mi niekto povedať, čo je toto?“

Na obrázku bolo niekoľko poloprozradnutých orgánov. Tentokrát sa ozval študent.

„Sú to plúca, pečeň a srdce po... asi roku?“ odpovedal spýtavo.

„Rád by som videl niekoho orgány po viac ako roku. Samozrejme, že roku,“ rieflavo odvetil Varický. Miestnostou sa ozval tlmený smiech. Doktor nadvihol obočie.

„Slečna, je vám niečo smiešne? Som zvedavý, či sú vaše v lepšom stave.“ Dievčine zamrzol úsmev na tvári. Varický sa spokojne usmial. „Keď už máte slovo, môžete nám povedať, na čo pacient umiera.“

„V konečnom štadiu na zlyhanie orgánov,“ odpovedala jedovato. „Či už srdca, plúc... čo príde skôr.“

„Správne. Ako všetci vieme, YEAR pomaly zožiera vnútorné orgány a nahrádza ich vlastným tkanivom. Navonok nás udržiava v perfektnom stave, až kým...“

Ďalšia stránka prezentácie zobrazovala mladú ženu. Navonok vyzerala, akoby spala. Mala husté, dlhé blond vlasy a porcelánovú pokožku. Vedľajší obrázok ju ukázal s rozrezaným hrudníkom. Čierne hrčie namiesto ružového tkaniva boli len slabým odrazom toho, čo v niektorých pacientoch objavila pitva.

Detektív Adam Larow bol v tú noc vonku preto, lebo niekto nahlásil rušenie nočného pokoja. Niežebu to nebolo bežné. V časoch, keď YEAR ešte len začína, boli takéto hlásenia na nočnom poriadku. Vírus totiž podporoval socializáciu, nezávazné rozhovory, konzumáciu alkoholu, a to iba s jedným cieľom – prinútiť svojich prenášačov k sexu a dostať sa k ďalším ľuďom.

Túto noc ho pred dverami bytu čakal – na Adamovo prekvapenie – katolícky knaz. Hoci sám nebol veriaci, prišlo mu ho ľuto – sedel učupený ako kôpka neštastia. Adam predpokladal, že očividne nepodľahol vírusu, a tak ho bujará oslava zvnútra rušila. Rovnako však nebol hľupák a pokúšal sa kňazovi dohovoriť, že snaha zastaviť kopu ľudí pod vplyvom YEAR-u je rovnako zbytočná, ako snaha printútiť ožratého, aby úspešne prešiel po rovnej čiare.

„Velmi ma to mrzí, ale berte to z tej lepšej stránky. Ak nebývate tu – Adam chcel povedať, že sa môže aspoň pokojne vyspať, no kňaz ho prerušil.

„Je to moja sestra,“ vyštekol. „Má dnes... národeniny.“

Adam sa súcitne usmial a položil kňazovi ruku na plece. Spomenul si naňo ešte neskôr, keď trhal obal od kondómu a líhal si k svojej žene. Kútkom oka zachytil fotky na polici – Marta pri Soche slobody, Marta pri Eiffelove. Marta pred rokom po chemoterapii. O rok neskôr musel uznať, že bola krásna.

„Larow,“ predstavil sa Adam doktorovi. Ten mu potriašol rukou.

„Varický.“

Doktor bol vysoký a príliš chudý. Vlasy mal šedivé a orlí nos mu tienil ústa, no napriek tomu vyzeral celkom priateľne keď sa usmial. Adam si už dávno uvedomil, že „normálni“ nikdy nebudú vyzerať ako tí pod vplyvom YEAR. Bolo to ako čakať, že všetci ľudia budú vyzerať ako po úprave Photoshopom.

„Rodina?“ spýtal sa doktor a kývol na stôl, kde ležala Marta.

„Manželka,“ odvetil Adam.

Doktor sa naňo súcitne pozrel, no Adam potriašol hlavou.

„Mala rakovinu. Štvrté štadium. Toto bol jej najlepší rok v živote.“

Varický prikývol. Sledoval detektíva, ako sa obzera po marmicí. Premýšľal, načo prišiel.

„Ak vám to pomôže, mal som tu oveľa nezvyčajnejšie prípady. Vaša žena... je to normálne. Chciet' žiť, byť zdravý.“

Adam prikývol.

„Mal som tu politikov, žobrákov, kňazov, modelky, učiteľky, ženatých, slobodných... Mohol by som o nich napiisať knihu.“

„Ak ju niekto bude chcieť čítať, prečo nie.“

Varický pokrčil plecam. „Každý máme svoje dôvod.“

„Myslite, že to prestane?“ vypadlo z Adama. Táto otázka ho tažila celú noc.

„Samo od seba? Tažko. Ale som si istý, že sa nám to podarí obísť.“

„Obísť,“ zopakoval Adam. Na chvíľu sa mu zdalo, že by to aj bolo možné, potom si však uvedomil, že bez Marty to nemá zmysel. Zavrel oči a premietol si včerašiu noc. Jej dokonalé telo a príťažlivú, takmer návykovú vôňu. Bolo to zvláštne, vedieť, že sú spolu napsledy. YEAR sa držal svojho názvu – ani o deň dlhšie. A teraz bola tu, stále krásna.

Keď mu Varický potvrdil pravdepodobný infarkt, Adam sa rozlúčil a vykročil von. On sám nemal dôvod výdať sa na ročné dobrodružstvo. Dúfal, že nájde takých viac. Že sa pozbieraní a vydržia – spolu. A keď nie, tak budú mať noviny aspoň o čom písť. Pri predstave titulkov sa uškrnul: Ludstvo vymrelo na krásu.

# LAP 2015

Už po jedenásty raz usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach Letné astronomické praktikum (LAP) v budove ZŠ a MŠ vo Vysokej nad Uhom, kde nám láskavo poskytujú prístrešie a sú tam výborné podmienky pre pozorovanie aj pre nás samotných.

LAP 2015 sa uskutočnil v dňoch 10. – 16. 8. 2015 za účasti 7 pozorovateľov – súčasných členov astronomických krúžkov pri hvezdárni, ale aj dvoch vysokoškolákov – bývalých krúžkarov. Medzi účastníkmi sme mali aj dvoch nováčikov v pozorovaní meteorov, takže program praktika bol zameraný aj na ich zaviečenie v pozorovaní meteorov a zdokonalenie v poznaní nočnej hviezdnnej oblohy. Preto sme sa okrem pozorovania meteorov venovali učeniu sa súhvezdi a názvov hviezd pomocou laserového ukazovadla na oblohe, odhadovaniu jasnosti hviezd a meteorov podľa páperových mapiek, ale aj naživo na oblohe. Mali sme aj množstvo konzultácií o práci s mapami oblohy a najmä o súhvezdiach na letnej oblohe, o pozorovaní meteorov



Účastníci Letného astronomického praktika vo Vysokej nad Uhom.

## Expedícia Perzeidy 2015 opäť vo Vrchteplej

Stalo sa už tradičiou, že účastníci *Expedície Perzeidy* si rozložia svoje stany na konci Manínskej tiesňavy pod pamätníkom SNP v obci Vrchteplá. Sú tam vhodné podmienky na astronomické pozorovania v nádhernej prírode. Z 29 doterajších ročníkov sa na tomto mieste uskutočnila expedícia už 19. raz za sebou. Expedícia sa konala od 7. 8. do 15. 8. 2015 a jej organizátorom bol Astronomický klub Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom. Celá akcia sa konala pod záštitou predsedu TSK Jaroslava Bašku.

Hoci počasie pozorovateľom prialo na celom Slovensku, vo Vrchteplej sa obloha zatiahla v najnehodnejšom čase – počas maxima meteorického roja.

Podujatie, ktoré je zamerané na pozorovanie a fotografovanie meteorov a iných objektov nočnej a deňnej oblohy, malo rekordnú účasť: v stanoch nocovalo až 51 ľudí. Väčšinou to boli členovia astroklubov a krúžkov z územia od Martina po Trenčín.

Účastníci expedície si vypočuli viaceru prednášok: Jakub Černý (tentoraz aj s manželkou) mal prednášku *Čakanie na veľkú kométu*, Ivan Majchrovič prednášal o *fotografovaní kométy* a Tomáš Maruška o *spracovaní astrofotografí*.

Početnú skupinu nadšencov astronómie priviedol už tretí raz do Vrchteplej Miro Jedlička, odborný pracovník hvezdárne Vsetín. Peknú prednášku nám urobia aj Martina Exnerová z hvezdárne Valašské Meziříčí. Hlavnú prednášku nedeľného programu mal Karol Petrik z Hlohoveckej hvezdárne – *Svetlo – prapodivný dopravný prostriedok*. O *astrokresbe* (aj s ukázkou

podľa metodiky IMO aj o rôznych astronomických témach. Pri praktických pozorovaníach oblohy a meteorov nám počasie vyšlo fantasticky – pozorovať sa dalo počas všetkých šiestich nocí (len druhý raz v histórii!). Každý deň bolo horúco, okolo 35 °C, a aj v noci bolo veľmi teplo. Dalo sa pozorovať v tričku, krátkych nohaviciach a šlapkách. Priznáme, že takto „luxus“ pri pozorovaní meteorov som ešte u nás nikdy nezažil. Pri vizuálnom pozorovaní meteorov sme získali spolu 1 334 záznamov o prelete 700 meteorov, z nich bolo 519 Perzeid a 181 iných, povedomé, sporadické meteorov (ale samozrejme, aj meteorov iných slabších letných rojov). Pozorovali sme všetci spolu takmer 67 hodín čistého času.

Prvých dve noci sa pri zapisovateľovi vždy jeden zo záčiatčníkov zaúčil do zapisovania meteorov a zapisovateľ ho pri tom učil aj iné veci z astronómie, najmä praktické, týkajúce sa pozorovania meteorov a hviezdnnej oblohy. Pozorovania meteorov sme cez deň po pozorovaní spracovávali programom WIMPS nášho bývalého krúžkara Michala Štefančíka a odosielali sme ich prostredníctvom elektronického formulára na stránke [www.imo.net](http://www.imo.net) do International Meteor Organization (IMO). Naše pozorovania sa potom o pár minút objavili v grafe na tejto stránke a my sme sa s našimi údajmi zapísali do databázy tejto organizácie. Maximum činnosti Perzeid bolo niekedy v čase od podvečerných hodín 12. 8. do poludnia 13. 8., a keďže 14. 8. nastával nov Mesiaca, boli podmienky na pozorovanie Perzeid tento rok skutočne ideálne. Z našich pozorovaní nám vyšla prepočítaná zenitová hodinová frekvencia Perzeid (tzv. ZHR – Zenithal Hourly Rate)  $67 \pm 9$  meteorov za hodinu, čo sa zhodovalo s predpovedou (70 met./hod.). Podľa pozorovateľov na stránke IMO sa maximálna frekvencia pohybovala v pomerne širokom intervale: u niektorých dosiahla hodnotu až 70 – 100.

RNDr. Zdeněk Komárek

(mi) prednášal Leon Pivsetok. Okrem spomínaných prednášok odzneli ešte ďalšie (Máta Birošková – *Fotografovanie zatmenia Slnka 20. 3. 2015*, Miška Špániková – *Slnčné hodiny v Prečíne*, Fero Michálek – *Čo rok na oblohe dal*, Majo Rečičár – *Cintorín svetla*, Pato Formánek – *Fotografovanie Slnka v H-α*).

Denne (alebo skôr v noci) prichádzalo do tábora 15 až 20 zvedavcov, ktorým sa venovali naši skúsení pozorovatelia, najmä Miro Mytník, Boris Kardoš, Rudo Formánek a Leon Pivsetok. No ale to, čo sa udialo cez maximovú noc, nemá v 29. ročnej história našej expedície obdobu! Lúku medzi stanmi zahľilo počas noci asi 100 ľudí. Ako som spomína, práve cez maximovú noc sa zatiaľko, tak sme narýchlo improvizovali a priamo uprostred lúky nainštalovali videoprojekciu a návštěvníkom sme v skratenej podobe odprezentovali zážitky z uplynulých ročníkov.

Skvostom podujatia bola aj astrotechnika. Okrem Leonovho dobsona boli k dispozícii dva dobsony 200/1200 (jeden s GOTO) a 280 mm Celestron Mira Jedličku. Astrofotografická sekcia bola „nabitá“ sedimimi navigovanými montážami s dalekohľadmi s priemerom od 150 do 200 mm. Astrofotografi urobili množstvo zaujímavých foto, ale na ich zverejnenie by sme potrebovali zvláštnu prílohu. Dve fotografie uverejňujeme na zadnej strane obálky.

Marián Mičúch,  
predseda AK Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom

**Meteor, 10. 8. 2015, 23:36, C 1100 D, exp. 160 s.**

Foto: Fero Michálek



## Významné životné jubileá

Naozaj krásnych a v jednom ľudskom živote priam fantastických 90. narodenín sa v lete dožili nitrianski astronomovia amatéri, manželia Antónia a Ladislav Oravcoví. Obaja sa narodili v roku 1925 a vzhľadom na svoj vek sú stále v relativne dobrej telesnej i duševnej kondícii. Svedčí o tom i to, že pánoni Oravcoví, ako dlhorčnému skúsenemu a uznávanému pozorovateľovi slnečnej fotosféry, nerobí ani dnes problém rozložiť prenosný dalekohľad, nainštalovať projekciu a pozrieť sa na to, ako to práve vyzerá na Slnku. Pani Oravcová mu pri tom ochotne asistuje. Manželia Oravcoví určite patria medzi najstarších a pravdepodobne aj reálne sú v súčasnosti najstarší aktívni astronómi amatéri na Slovensku.

**Antónia Oravcová (16. 9. 1925)** – do práce v amatérskej astronómii sa zapája už od roku 1956, keď ju zaujal program a napĺň činnosti astronomického krúžku dospelých v Nitre. Je členkou Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV a Slovenského zväzu astronómov, kde dlhé roky vykonávala funkciu pokladničky MO v Nitre. Má vrodený organizačný talent a vyznačuje sa zmyslom pre zodpovednosť. Jej nezíštnu pomoc a spoluprácu v plnej miere využíval v minulosti Okresný astronomický kabinet pri OOS v Nitre, Hvezdáreň v Hlohovci a neskôr aj Nitrianska hvezdáreň pri SÚH Hurbanovo. Veľmi cenné sú jej služby pri organizačnom zabezpečení a realizácii podujatí, pri propagácii a popularizácii astronómie medzi ľuďmi a svojím diplomatickým jednaním a koňaním zaznamenávala úspechy u potenciálnych sponzorov a podporovateľov astronomickej činnosti. V roku 2013 jej bolo udeľené Čestné členstvo SZA.

**Ladislav Oravec (21. 8. 1925)** – svoj volný čas venuje amatérskej astronómii už skoro šesťdesať rokov. Prvé poznatky získaval v astronomickom krúžku dospelých v Nitre. Neskôr vstúpil medzi členov Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV a Slovenského zväzu astronómov. Svoje poznatky si rozširoval v kurze Pomaturitného štúdia astronómie v SÚH Hurbanovo. Teoretické vedomosti a praktické skúsenosti z astronómie potom využíval najmä v prednáškovej činnosti, pri tvorbe metodických materiálov, pri praktických pozorovaniach objektov na oblohe a tiež ako porotca v rôznych vedomostných súťažiach pre deti a mládež. Je technicky založený a tvorí typ človeka. V minulosti, keď boli u nás dalekohľady úzkym profilom, sám si zhotovil niekoľko īstrojov – refraktory 50/840 mm, 100/1600 mm a Newton 140/1050 mm. Štyri desaťročia sa systematicky venuje pozorovaniu slnečnej fotosféry. Spolupracuje najmä s astronomickými pracoviskami v Nitre a v Hlohovci. V roku 2013 mu bolo udeľené Čestné členstvo SZA.

Oslávencom prajeme v ďalšom živote veľa zdravia, šťastia a i vo vysokom veku ešte mnoho pekných dní a nocí pod hviezdou oblohou.

Mgr. Peter Poliak

Fotografie  
z expedície  
Perzeidy 2015  
vo Vrchteplej

Mozaika súhvezdia Labuť,  
9 polí  $15 \times 180$  s,  
Sigma 4,5/120.  
Foto Marián Mičúch

M31,  $18 \times 60$  s, Sonar 4/300.  
Foto Miro Jedlička  
a Miška Špániková

