

Číslo 1

\* február – marec 2015 \*

Ročník 46

\* Cena 1,80 €

# KOZMAOS



## Prvé výsledky vesmírnej sondy Rosetta



**23. meteorit**  
s rodokmeňom

**Záhada z Grónska**

**Prieskum vesmíru  
a gravitačné vlny**

**Búrlivý pôvod galaxií**

**Multiverzum:  
ríša neznámych  
vesmírov**

**Hviezdy,  
ktoré môžu vybuchnúť**



Fotografia jadra kométy 67P/Čurjumov-Gerasiměnko, ktorú zhotovila kamera na sonda Rosetta zo vzdialenosť 30,8 km 20. novembra 2014.

O prvých výsledkoch sondy Rosetta a pristávacieho modulu Philae píše pre Kozmos Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., v článku na stranach 3 – 6.

## Fyzika

### Multiverzum: ríša neznámych vesmírov

Bild der Wissenschaft 2014 s. 21 – 24

## Slniečná sústava

### Vesmírna sonda Rosetta – prvé výsledky

Ján Svoreň s. 3 – 6

HST hľadá ďalšie telesá pre sondu New Horizons s. 14

Tajomstvo Mirandy odhalené s. 14

Mesiac: magma pod Oceánom búrok s. 15

Záhadu z Grónska  
Bild der Wissenschaft s. 35

Nasel se 23. meteorit s rodokmenem astro.cz s. 36 – 37



## KOZMOS

populárno-vedecký astronomický časopis

**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 SUH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. \* **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, 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](mailto:kozmos@nextra.sk). \* **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., doc. RNDr. Ladislav Kulčář, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribulová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. Predsedníctvo redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc. \* **Tlač:** Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava. \* **Vychádza:** 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.tlac@slposta.sk](mailto:zahranicna.tlac@slposta.sk). \* **Predplatiteľ:** 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 Riadiťstvom 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](mailto:mila@allpro.cz). P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. \* Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeč Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. \* EV 3166/09 \* Zadané do tlače 15. 1. 2015 \* ISSN 0323 – 049X

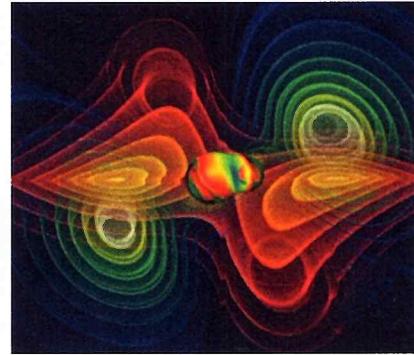
Časopis Kozmos si môžete objednať aj na e-mailovej adresе redakcie [kozmos@nextra.sk](mailto:kozmos@nextra.sk) (uveďte meno, adresu, prípadne telefonický kontakt).

## Stelárna astronómia...

Ako detegovať gravitačné vlny?	s. 8
Mliečna cesta: domov 3000 civilizácií	s. 8
Potvrdili existenciu stredne veľkých čiernych dier	s. 8
Medzihviezdzne molekuly pribúdajú	s. 9
Najmenšia galaxia so supermasívou čierhou dierou	s. 9
Hviezdokopa v satelitnej galaxii	s. 10
Divé kačky v otvorennej hviezdkope	s. 10
Megavzplanutia na minihviezde	s. 11
Najchladnejší biely trpaslík	s. 11
Spory okolo Chladnej škvurny	s. 12
Pôvod kozmického prachu	s. 12

### Prieskum vesmíru a gravitačné vlny

Astronomy s. 16 – 19



Búrlivý pôvod galaxií s. 20

### Hviezdy, ktoré môžu vybuchnúť

Astronomy s. 25 – 28



## Sci-fi poviedka

### Samorezné skrutky

Michal Brat

## Extrasolárne sústavy

Aj rotácia planét určuje podmienky pre vznik života	s. 7
Blízka superzem...	s. 13
Vplyv horúcich Jupiterov na materské hviezdy	s. 13
Exoplanéta HAT-P-11b má vodu	s. 13
Objavili dva horúce Jupiterov	s. 29
Voda v atmosférách troch exoplanét	s. 29

## Servis Kozmosu

### ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 25

#### Co sa deje na Uráne?

Milan Rybanský s. 30 – 31

Slniečná aktivita

(október – november 2014)

Ivan Dorotovič

s. 31

POZORUJTE S NAMI

Obloha v kalendári

(február – marec 2015)

Pripravil Pavol Rapavý

s. 42 – 45

Kalendár úkazov a výročí

Pavol Rapavý

s. 45

Tabuľky východov a západov

(február – marec 2015)

Pavol Rapavý

s. 45

Zatmenie Slnka 20. marca 2015

Pavol Rapavý

s. 46

## Podujatia \* História \* Fotosúťaž Program na meranie svetelného znečistenia

Stretnutie v Aquincume

s. 32

### O slnečných hodinách – tentoraz trochu inak

Bartha Lajos

s. 32 – 34

KOLOS 2014

Tomáš Dobrovodský

s. 39

Strata noci –

merajte svetelné znečistenie!

Jaroslav Merc

s. 39

### Fotosúťaž o svetelnom znečistení

Pavol Rapavý

s. 40 – 41

+ zadná str. obálky

Tabuľky východov a západov

(február – marec 2015)

Pavol Rapavý

s. 45

2 % pre astronómu a rok svetla

Daniela Rapavá

s. 45

Výročie Hvezdárne a planetária v Prešove

Renáta Kolivošková

s. 47

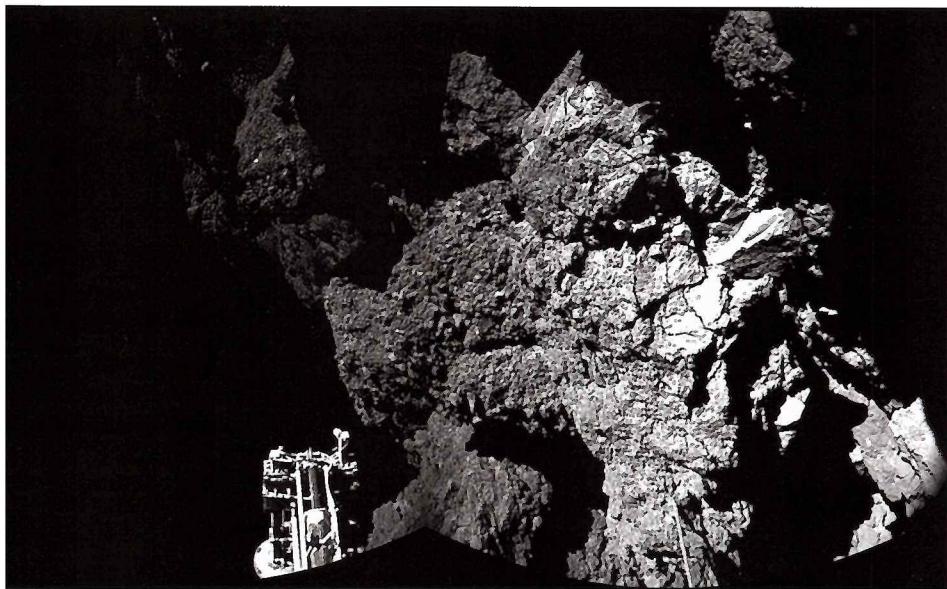
Deň hvezdárni a planetárií

Tomáš Dobrovodský

s. 47

# Vesmírna sonda Rosetta – prvé výsledky

Pre Kozmos piše Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.



Snímka zložená z dvoch kamier na plášti modulu ukazuje okolie miesta pristátia a vľavo dole jednu z troch nôh modulu.

## Konečne na kométe

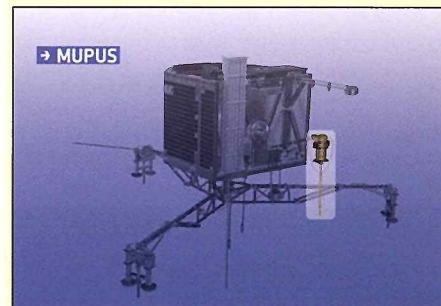
Po zložitých manévroch a priblíženiach k Zemi a Marsu (pozri Kozmos 3/2014) dorazila vesmírna sonda Rosetta po 10 rokoch letu 6. augusta 2014 ku kométe 67P/Čurjumov-Gerasimenko. Zo začiatku obiehalo po vysokej dráhe vo vzdialenosťi približne 100 km od kométy, po 17. auguste sa začala postupne priblížovať k hladine 20 km nad povrchom kométy, z ktorej bol 12. novembra 2014 začatý manéver oddelenia pristávacieho modulu Philae a jeho navedenie na povrch kometárneho jadra. Philae sa pochyboval voči Rosette rýchlosťou chodca, pričom celý zostup trval viac ako 7 hodín. Presne podľa plánovaného postupu sa podarilo vyklopíť z pristávacieho modulu antény a pristávacie nohy. Počítalo sa s tým, že v čase nízkej aktivity kométy vo veľkej vzdialosti od Slnka môže byť ľadový povrch mimoriadne premrznutý a tvrdý. Kedže sa nedalo počítať ani s pomocou gravitácie, ktorú má kometárne jadro s priemerom 4 km mimoriadne slabú, bol modul vybavený tryskou, ktorá mala zabezpečiť pritíkanie k povrchu po dosadnutí. Nie všetko sa však podarí, a tryska v rozhodujúcej chvíli zlyhala.

Philae po 7 hodinách letu dopadol na povrch jadra. Nedopadol na všetky tri nohy a okamžite sa od povrchu odrazil, keďže tryska, ktorá ho mala pridržať bola nefunkčná. Po dvoch hodinách sa Philae opäť dotkol povrchu jadra, ešte malíčko poskočil a definitívne pristál. Počas týchto neplánovaných skokov sa vzdialil od plánovaného miesta pristátia približne jeden kilometer. To nie je žiadna tragédia, veď vedci boli aj tak na pochybách, aké kritériá zvolili na miesto pristátia. Ideálne by bolo usadiť sa blízko nejakej trhliny, z ktorej začne neskôr bližšie k Slnku unikať z podpovrchových vrstiev jadra plyn. V čase pristátia však kométa bola ešte neaktívna, a kde sa neskôr objaví aktívita bolo možné

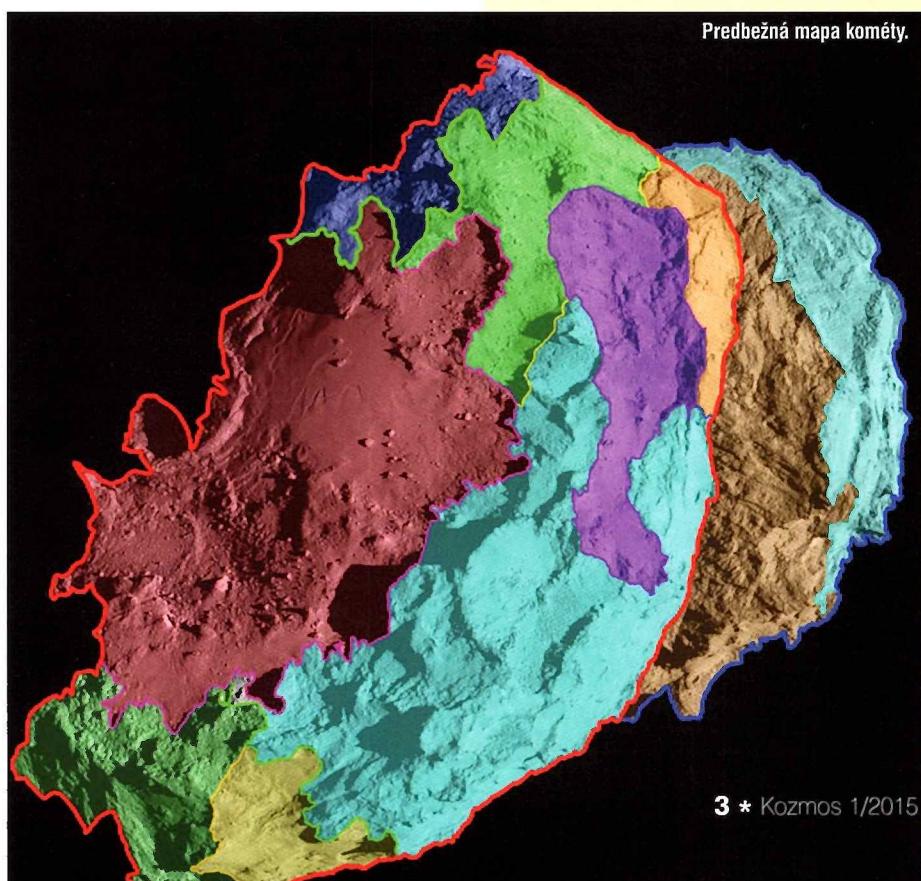
len hádaj. Takže neplánované miesto pristátia nevadilo. Oveľa horšie bolo to, že Philae skončil v tieni, pričom Slnko ho osvetluje približne len 90 minút každých 12 hodín. Modul stojí na dvoch nohách a tretia mieri do priestoru, čo mu znemožňovalo otáčať sa.



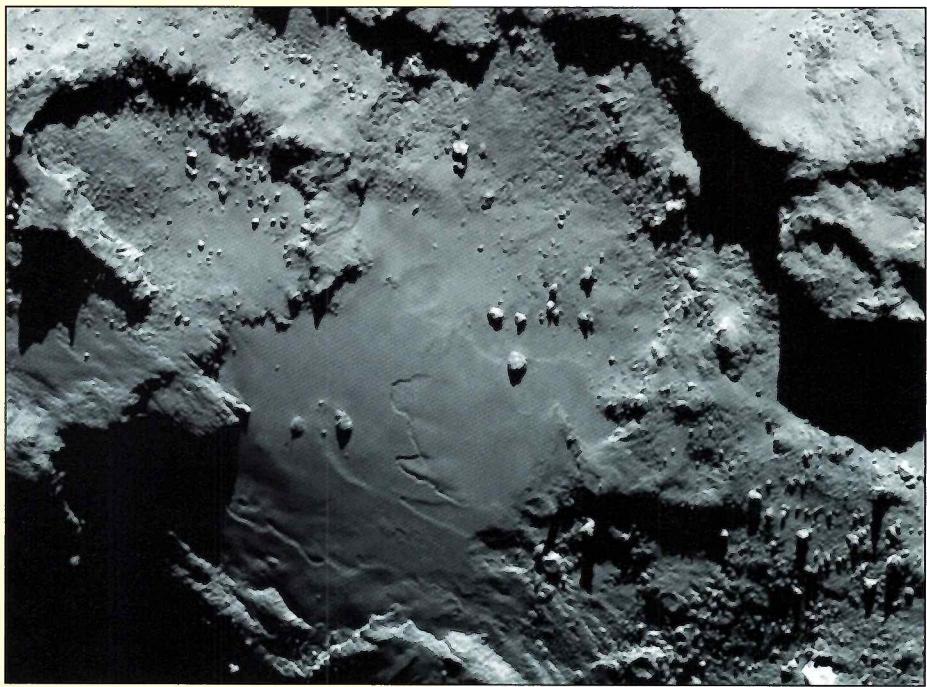
Detail povrchu z výšky 40 metrov počas klesania modulu Philae.



Prístroj MUPUS – zvýraznený vpravo.



Predbežná mapa kométy.



Snímka kométy 67P, zhotovená pomocou prístroja OSIRIS, 6. augusta 2014. Obrázok jasne ukazuje celý rad útvarov, vrátane balvanov, kráterov a strmých útesov. Snímka bola zhotovená zo vzdialenosťi 130 km a rozlíšenie obrazu je 2,4 metra na pixel.

Kométa je tmavšia ako uhlie, preto bol obrázok pri spracovaní zosvetlený, aby vôbec bolo vidieť povrch kométy.

## Pozorovania na povrchu

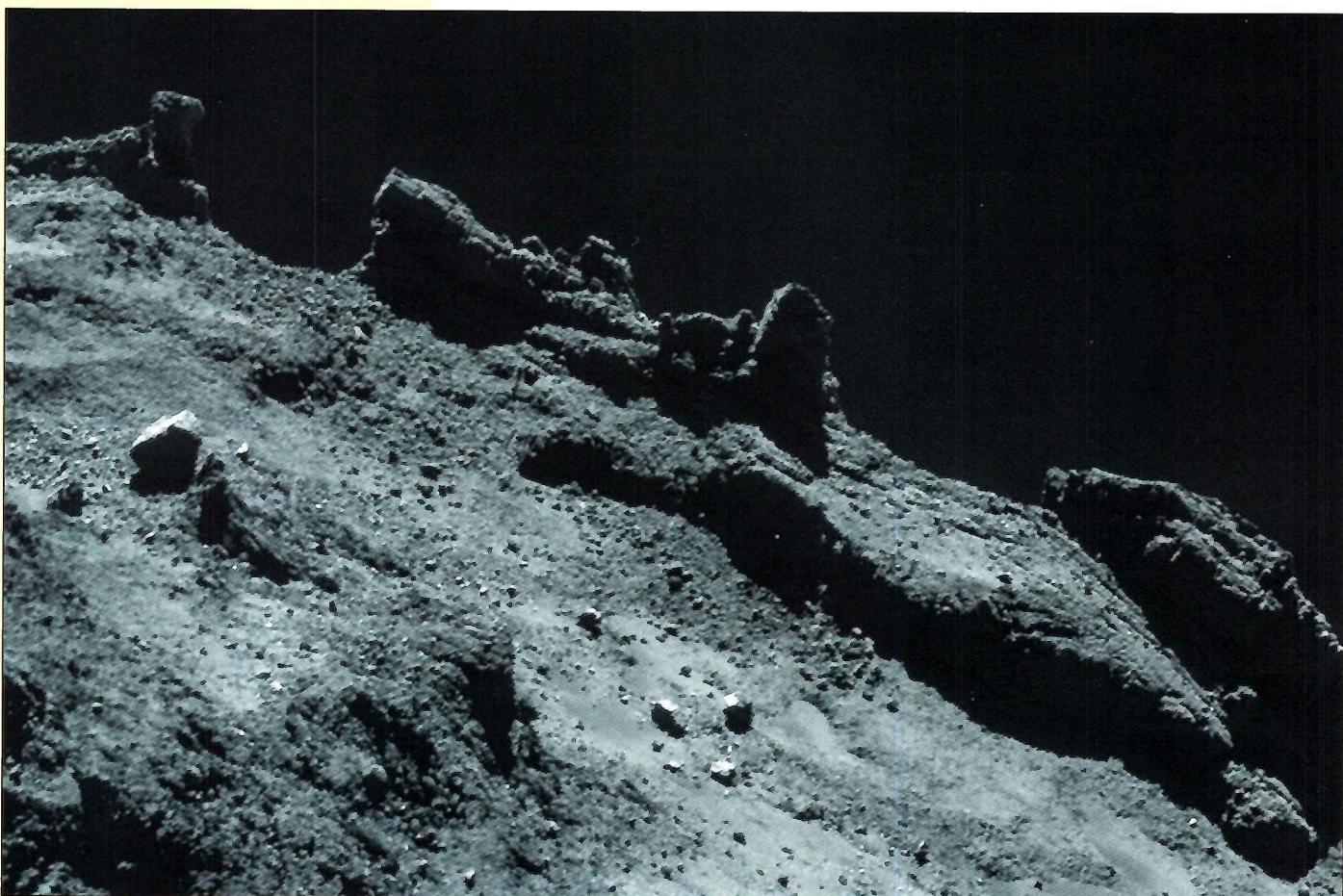
S možnosťou, že Philae bude odkázaný len sám na seba a energia zo Slnka nebude k dispozícii, sa v kritickom scenári počítalo. Preto bol vybavený veľkými batériami, umožňujúcimi činnosť prístrojov aspoň 2 a pol dňa po pristátí. Vďaka týmto interným zdrojom energie sa realizovala väčšia časť úloh plánovaných v čase po pristátí. Boli urobené kvalitné fotografie povrchu jadra v okolí pristávacieho modulu. Vedci z nich späť odvodili orientáciu modulu voči povrchu.

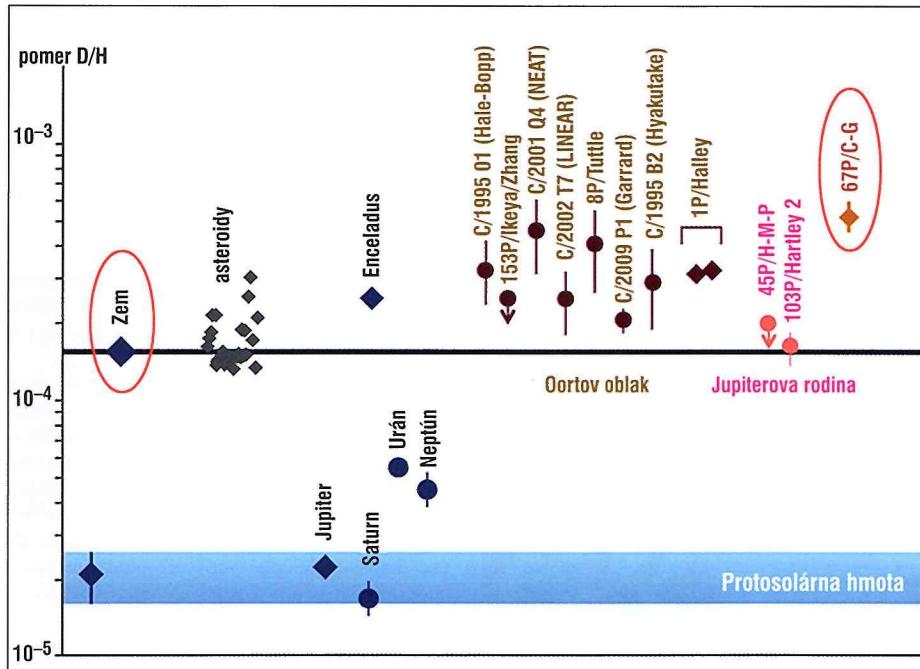
Skôr ako Philae upadol do hibernácie, urobil niekoľko analýz povrchových a podpovrchových vrstiev kométy súborom prístrojov MUPUS. Ukázalo sa, že Philae pristál na prachom pokrytom ľadu.

Časť komplexu MUPUS bola uložená v harpúnoch, ktorými sa mal Philae prichytiť o povrch, čo sa nepodarilo. Niektoré senzory sa preto stali nefunkčnými. Teplomer na tele pristávacieho modulu však pracoval po celý čas zostupu a počas všetkých troch pristávok.

V čase pristátia na poslednom mieste MUPUS zaznamenal teplotu  $-153^{\circ}\text{C}$ , za pol hodiny sa teplota znížila ešte približne o  $10^{\circ}\text{C}$ . Bud' došlo k vyzáiereniu tepla na blízku, chladnú, Slnkom neosvetlenú stenu, alebo bol senzor vtlačený do studenšieho prachu pod povrchom.

Prístroj MUPUS mal zmerať teplotu a tepelnú vodivosť nielen na povrchu, ale aj v určitých hĺbkach pod povrchom jadra. Meranie podpovrhových vrstiev mu malo umožniť kladivo, ktoré malo odbiť vonkajšiu vrstvu materiálu. Sonda potom začala búsiť do podpovrhových vrstiev, aj pri najväčšej sile kladiva sa však dostala len niekoľko milimetrov pod povrch. Podľa technikov projektu, porovnanie údajov s laboratórnymi meraniami ukazuje, že sonda narazila na tvrdý povrch pevnosti ľadu. Napriek 7-minútovému použitiu najväčšej sily kladiva, ktoré malo naprogramované 4 stupne intenzity úderov, povrch jadra odolal. Bol teda mimoriadne tvrdý, čo sa ukázalo už pri pristávaní. Nie je jasné, ako tento poznatok interpretovať. Či kometárne ľady môžu pri dlhom pobýte v oblastiach ďaleko od Slnka nadobudnúť až takú tvrdosť, alebo sa v mieste pristátia vyskytoval materiál podobný pozemským kameňom. Predbežný záver hovorí, že hrúbka horných vrstiev prachu na povrchu jadra je  $10 - 20\text{ cm}$ , pod ňou je mechanicky silný ľad alebo zmes ľadu a prachu. Aby sme dosiahli priemernú hustotu jadra,





Pomer deutéria k vodíku (D/H) v Slnečnej sústave meraný in situ vesmírnymi sondami (kosoštvrce) a pozemskými dalekohľadmi vrátane dalekohľadov na obežnej dráhe Zeme (krúžky). Pozoruhodné je, že voda v asteroidoch lepšie hodí k pozemskej než voda v zatiaľ študovaných kométach. Kométa 67P je celkom vpravo s hodnotou D/H určenou Rosettou ako najmenej kompatibilnou s pozemskou vodou.

ktorá je nízka, vo väčších hĺbkach musí byť ľad porézny, alebo podobne ako pri asteroidoch, kometárne jadro môže obsahovať výrazné kaverny a dutiny, ktoré vznikli ešte v čase tvorby jadra zlepavením 10- až 100-metrových kometezimál.

Veľmi zaujímavé bolo sledovanie zmien povrchovej vrstvy počas približovania sa k Slnku – nefunkčný Philae nám však nepomôže.

Napriek nestabilnej polohe došlo k navráteniu povrchu a prenosu získaných údajov na Zem. Boli získané údaje o chemickom zložení a podiele jednotlivých izotopov v povrchových vrstvách komety. Aj keď počas prenosu dát došlo k výpadkam spôsobeným postupným vybijaním batérií pristávacieho modulu, nakoniec sa podarilo preniesť všetky získané údaje. Analýza získaných výsledkov zaberie viac času, preto získané závery neboli v čase písania tohto článku ešte známe. Pomocou prístroja PTOLEMY boli získané údaje o zložení atmosféry komety (plynnnej kómy) tesne nad povrhom jadra.

Pozemné riadiace stredisko uskutočnilo ešte jeden záchranný, vopred neplánovaný krok. Podarilo sa nadvhniť Philae o 4 cm a natočiť ho o 35 stupňov tak, aby sa väčší solárny panel natočil k Slnku miesto menšieho. V budúcnosti sa tak zlepší predoklad pre získanie väčšieho množstva energie.

Po troch dňoch, 15. novembra 2014, v dôsledku nedostatu elektrickej energie sa Philae uspl. Momentálny stav je taký, že v prípade razantného zlepšenia svetelných podmienok pri priblížení k Slnku, Philae má určítu malú šancu batérie dobit a znova začať pracovať.

## Pozorovania z obežnej dráhy

Prístroj Alice zostrojený pod gesciou agentúry NASA, začal mapovať povrch komety v novembri záznamom prvého spektra povrchu v dalekej ultrafialovej oblasti. Odvodené albedo povrchu v dalekej UV oblasti bolo mimoriadne nízke. Hodnoty boli podobné albedu komety 1P/Halley určenému z meraní sondy Giotto a ďalších krátkoperiodických komét, ktoré absolvovali početné prechody a nahriatia povrhu na vysokú teplotu v blízkosti Slnka. Súčasne bol detegovaný v kóme komety vodík

že táto voda má väčšiu hmotnosť, ale rovnaké fyzikálne vlastnosti ako H<sub>2</sub>O. Podiel medzi ľažkou a ľahkou vodou (D/H) je dlhodobo stabilný. Na kométe 67P bolo nájdené v rovnakom objeme 3-krát viac ľažkej vody ako na Zemi.

Predchádzajúce merania podielu deutéria a vodíka (D/H) v iných kométoch ukázali široký rozsah hodnôt. Z 11 komét, pre ktoré máme k dispozícii merania pomeru D/H, len u kométy Jupiterovej rodiny 103P/Hartley 2 bola nájdená dokonalá zhoda so zložením vody na Zemi.

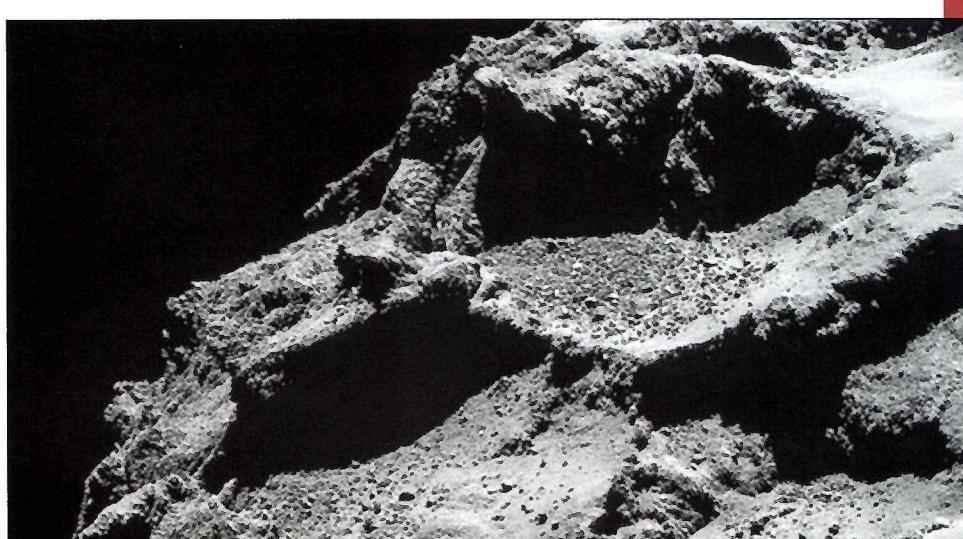
Extrémna hodnota nameraná orbitálnym modulom Rosetty môže znamenať, že kométy Jupiterovej rodiny vznikli v ranej fáze vývoja Slnečnej sústavy v širokom pásme vzdialenosí od Slnka s premenlivými fyzikálnymi parametrami.

## Naplnili kométy pozemské oceány ?

Jedna z najviac uznávaných hypotez o vzniku Zeme hovorí, že počas svojho raného vývoja bola v tak horúcej fáze, že akýkoľvek pôvodný obsah vody sa musel vypať. Zem dnes obsahuje približne 1 385 989 600 km<sup>3</sup> vody jednak vo svetových oceánoch, ale aj pod povrchom v zemskom plášti. Ak je vyšše uvedená hypotéza pravdivá, voda musela byť dodaná na Zem dodatočne po jej čiasťotnom vychladnutí. Ako prirodzený zdroj sa ponúkajú kométy, ktoré obsahujú takmer 4/5 vodného ľadu. Nie je však voda ako voda – jednotlivé vzorky sa líšia podielom medzi deutériom (vodíkom obohateným o jeden neutrón) a „obyčajným“ vodíkom. Tento pomer je dôležitým ukazovateľom, kde počas raného vývoja Slnečnej sústavy voda vznikla, keďže teoretické simulácie ukazujú, že by sa mal meniť so vzdialenosí od Slnka a s časom v prvých niekoľkých miliónoch rokov. Preto máme snahu zmerať podiel medzi deutériom a vodíkom pre vodu z rôznych možných mimozemských zdrojov a porovnať s podielom pre pozemskú vodu určiť, akým podielom prispievajú jednotlivé zdroje k vytvoreniu pozemských oceánov.

Ale vďaka dynamike ranej Slnečnej sústavy to nie je jednoduchý proces. Dlhoperiodické kométy, ktoré vznikli v oblasti Urána a Neptúna (kde boli podmienky na zachovanie ľadu) boli gravitačným pôsobením veľkých planét vyhanané na perifériu Slnečnej sústavy a dnes k nám postupne prichádzajú z Oortovo oblaku.

Naopak, krátkoperiodické kométy Jupiterovej



Povrch komety 67P/Čurjumov-Gerasimenko, snímaný z výšky približne 10 km.

rodiny, kde patrí aj kométa 67P/Curjumov-Gerasimenko, vznikli ďalej od Slnka v Kuiperovom-Edgeworthovom páse. Po nasmerovaní do vnútornnej Slnčnej sústavy môžu byť príbrzdene gravitačným pôsobením veľkých planét, najmä Jupitera, a prejsť na krátkoperiodické dráhy.

Na základe meraní Rosetty vedecký tím projektu prišiel k záveru, že je pravdepodobnejšie, že pozemská voda pochádza z asteroidov. Podľa kometárnych vedcov mimo projektu je však tento záver predčasný, a skôr ako sa zhromaždí viac údajov, komety nemožno ako potenciálne zdroje vody na Zemi vylúčiť.

Iní vedci, napr. profesorka Monica Grady, si myslia, že závery sú predčasné, lebo boli urobené na základe meraní plynu, ktorý prichádzal z povrchu komety a nie rozborom kometárnych ľadov. Podľa nej množstvo vodíka vzhľadom k deuteriu sa môže zmeniť počas úniku plynu z povrchu. Prístroje COSAC a PTOLEMY na pristávacom module Philae by mohli tento problém rozlúknut. To by však musel pristávací modul ožiť a mať dostatok energie na prácu.

Kedže problém nie je ani zdaleka vyriešený a niektorí účastníci dávajú striktné vyhlásenia, nemožno sa diviť, že médiá začíteli senzáciu a takmer všetky (z najserioznejších uvediem ako príklad BBC news, The Telegraph, New York Times, Süddeutsche Zeitung) uvedli články veľkými nadpismi: *Merania komety Čurjumov-Gerasimenko vylúčili možnosť, že voda v oceánoch na Zemi prišla z kométy*. Povedzme si však prísně vedecky, čo nám merania Rosetty skutočne hovoria. Môže to znamenať:

Tvrdenie číslo 1: Komety majú iné zloženie vody a nemôžu byť zdrojom pozemskej vody.

Tvrdenie číslo 2: Časť komét má iné zloženie vody a nemôže byť zdrojom pozemskej vody.

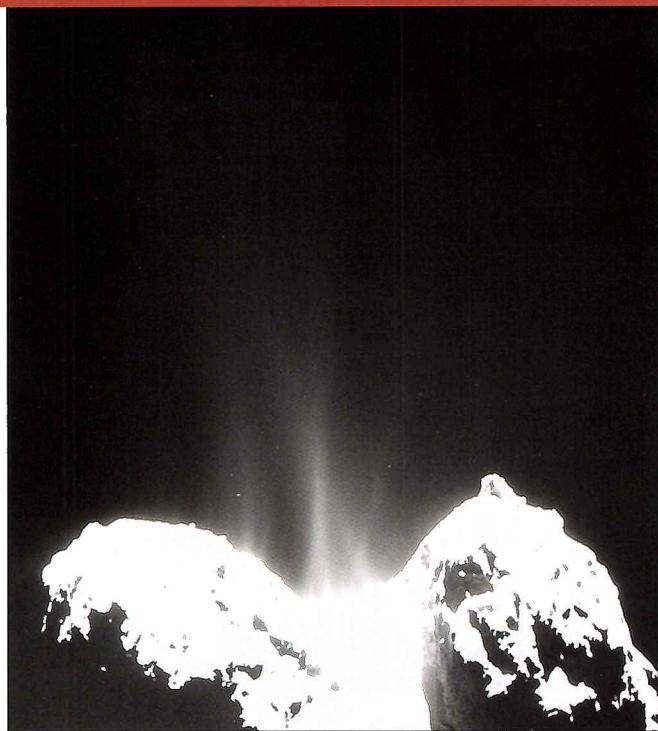
Tvrdenie číslo 3: Kométa 67P má iné zloženie vody a nemôže byť zdrojom pozemskej vody.

Tvrdenie číslo 4: Zdroj na kométe 67P zmeraný sondou Rosetta má iné zloženie vody a nemôže byť zdrojom pozemskej vody.

Vidime, že medzi tvrdením číslo 1 a tvrdením číslo 4 je sakramentský rozdiel. Pravdivé môže byť ktorékoľvek, ale dnes nemáme dosť údajov na preferenciu žiadneho z nich. Preto treba počkať na ďalšie údaje a až potom robiť kvalifikovanejšie záverky.

## Úspech alebo neúspech?

Nečinnosť pristávacieho modulu Philae samozrejme naruší vedecké experimenty. Na druhej strane orbitálna časť Rosetty je v poriadku a bude sprevádzat kométu na jej ceste do vnútra Slnčnej sústavy. Nemožno vylúčiť ani to, aj keď pravdepodobnosť je minimálna, že v blízkosti Slnka narastie slnečné žiarenie na úroveň, ktorá postačí na dobitie batérií a Philae vstane z mŕtvych. Ako úplné fantasmagórie, kde želanie je otcom myšlienky, však možno klasifikovať nápady, že vzrástajúca kometárna aktivita spojená s únikom plynných prúdov z vnútra jadra pomôže modulu postaviť sa na všetky tri nohy.



Plyny, ktoré prúdia z povrchu komety 67P, analyzuje prístroj Rosina.

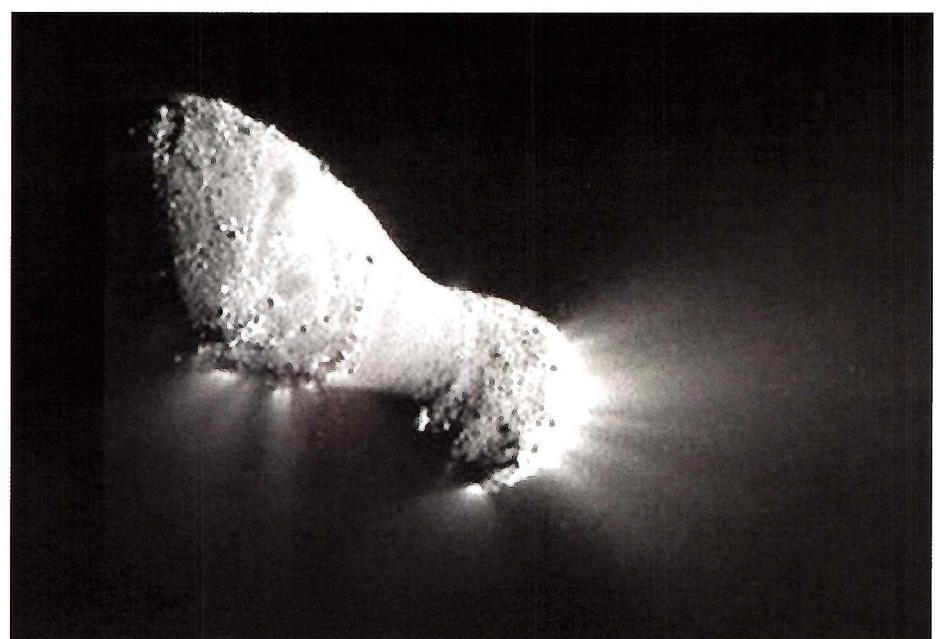
Aby sme si mohli povedať, či sa jedná o úspech tejto misie alebo neúspech, je potrebné rozdeliť plánované ciele na vzájomne nesúvisiace časti. Jednoznačne, mimoriadnym úspechom bolo naplánovanie a realizovanie letu ku kométe s využitím nízkych preletov okolo Zeme a Marsu na gravitačné korekcie dráhy sondy. K stabilizovaniu orbitalnej sondy na dráhe okolo kometárneho jadra pri pôsobení minimálnej gravitácie tiež nemožno mať výhrady. Pri hodnotení ďalších fáz však treba rozlíšiť technický a vedecký prístup. Z hľadiska technického sa podarilo posadiť prvý raz v histórii modul na kométu a prístroje pracovali po dlhom pobete v stave hibernácie dobre, zlyhanie prítláčnej trysky však rozhodne úspechom nebolo. Svoju úlohu tu zohrala aj mimoriadna tvrdosť kometárneho povrchu (jadra?) a je veľmi otázne, či by sa harpúny zachytily aj v prípade, že by pristátie prebiehalo podľa scenára. Z vedeckého hľadiska bola mimoriadne úspešná prvá fáza po pristátí, keď napriek krkolomnej polohe Philae urobil časť meraní. Pri vrťaní

získal modul materiál, ktorý sa bude analyzovať. Klúčovou úlohou sondy Rosetta bol pokus získať pôvodný nezmenený materiál. Je otázne, či už pri plánovaní sa nezopakovala rovnaká chyba ako pri zrážke projektu s periodickou kométou Tempel 1, keď skúmané povrchové vrstvy nesplnili predpoklad nezmeneného materiálu. V týchto vrstvách totiž počas opakovanych prechodov popri Slnku došlo nielen k premene pôvodného amorfného ľadu na kryštallický, ale aj k významnému obohateniu povrchových ľadov o minerálne látky, ktoré unikajúce plyny nevládali odniesť z kométy. Toto chybne plánovanie by však spochybnilo získané výsledky aj v prípade úspešného pristátia.

Žiaľ, existujú aj úlohy, ktoré sonda nesplní práve pre uspatie pristávacieho modulu. Jej druhou klúčovou úlohou bolo sledovanie postupného narastania kometárnej aktivity pri približovaní sa kométy k Slnku. Orbitálna časť bude sledovať zmeny kometárnej kómy počas pohybu kométy okolo Slnka, zloženie a vlastnosti častic plynu a prachu, ale tiež dôležité záchytné body pre popis interakcií odohrávajúcich sa v zrážkovej zóne (prechodová vrstva medzi prostredím s prevládajúcimi iónmi kométy a medziplanetárnim prostredím). Dôležitú časť údajov potrebnych k štúdiu veľmi zložitých fyzikálno-chemických procesov v povrchovej vrstve jadra a vnútornej kóme však spiaci Philae nedodá. Ide hlavne o interakcie prachu a unikajúceho plynu, ktoré priamo ovplyvňujú aktivity kométy. Čiastkové výsledky sa určite získajú, ku získaniu komplexného pohľadu budú údaje priamo z prebúdzajúceho sa jadra chýbať. Ako vidno, kritériu je tak veľa, že na stupni od úspechu k neúspechu sú možné mnohé známky, urobte si preto na základe výštevvedeného vlastný záver. Ale jedno je isté, keď sa podarí opäť získať peniaze, pokus sa bude opakovať – bez informácií priamo z jadra nebude násť pohľad na zdroje kometárnej aktivity komplexný.

Kedže orbitálna časť Rosetty úspešne sprevádzala kometu 67P/Čurjumov-Gerasimenko na ceste k Slnku, môžeme sa tešiť na množstvo nečakaných objavov – o všetkých vás budeme včas informovať.

**JÁN SVOREŇ,  
Astronomický ústav SAV**



Na kométe 103P/Hartley 2 sa našla presne rovnaká voda ako na Zemi.

# Aj rotácia planét určuje podmienky pre vznik života

Väčšina z dotedz objavených exoplanét sú plynové obry, kde sa zložitejšie formy života nemôžu vyvinúť. Terestrických planét je zatiaľ oveľa menej, pričom iba tucet z tých, ktorých fyzikálne parametre sa podobajú Zemi, obiehajú svoje hviezdy v zelenom pásme, kde dlhodobo panujú podmienky, v ktorých život môže vzniknúť a rozvíjať sa. Základnou podmienkou na vznik života je existencia vody v kvapalnom skupenstve aspoň v rovníkovej oblasti.

Teória tvrdí, že planéty medzi zeleným pásmom a hviezdom sú buď suché, alebo ich obalauje hustá atmosféra, v ktorej sa molekuly vody (tvorace vodnú paru) rozpadajú, pričom vodík uniká do okolitého priestoru. Za zelenou zónou panujú na planétach také nízke teploty, že sa v atmosféri tvoria iba oblaky oxidu uhličitého, ktorý absorbuje infračervené žiarenie. Tieto planéty pripomínajú vyprahnuté polárne pustatiny.

Zdá sa, že tieto predstavy boli do značnej miery zjednodušené. Podmienky na vznik života môžu ovplyvňovať aj iné faktory. Planetológovia dospejeli k presvedčeniu, že na „obývatelnosť“ planét významne vplýva aj rýchlosť ich rotácie. Rotácia má vplyv na dĺžku dňa a nocí, na intenzitu atmosférického prúdenia i na tvorbu oblakov.

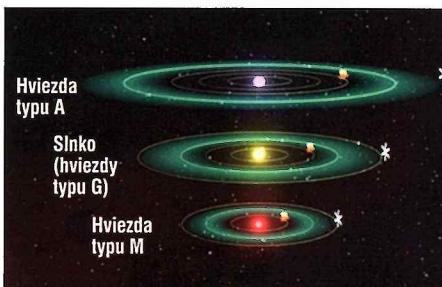
Zem prijíma najviac slnečnej energie v oblasti rovníka. Prehriatý vzduch z rovníkovej oblasti sa šíri k obom pólom, pričom chladne. Chladný vzduch opäť klesá k povrchu planéty a vracia sa k rovníku. Tento proces atmosférickej cirkulácie nazývame Hadleyho bunkami. Ak planéta rotuje rýchle, Hadleyho bunky sa posúvajú do nižších zemepisných šírok. Najbohatšie oblaky sa formujú nad tropickými oblastami. Tieto oblaky odrážajú významnú časť slnečného žiarenia späť do priestoru.

Planéty na bližších obežných dráhach ako Zem však zasahuje oveľa extrémnejšie žiarenie.



Zelená zóna v Slnečnej sústave

Tradičný zelený pás v našej Slnečnej sústave je zviditeľnený modrou farbou, znázorňuje, že Venuše sa momentálne nachádza mimo zeleného pásu. Stáva sa, že pri pomaly rotujúcich planétach (za istých atmosférických podmienok) môže byť planéta obývateľná aj za zelenou zónou. V prípade Venuše to však neplatí.



Zelená (obývateľná) zóna je oblasť okolo hviezdy, kde sú podmienky, v ktorých môže, rovnako ako na Zemi vykličiť život. Naše Slnko má teplotu 5 800 kelvinov. Pri chladnejších hviezdach (M trpaslikoch či červených trpaslikoch s teplotou 3 000 až 4 000 K) sa zelená zóna rozšíri smerom k hviezde. Pri teplejších hviezdach (A trpasliči s teplotami až 10 000 K) je zelená zóna oveľa vzdialenejšia.

Rozdiely teploty medzi pólmami a rovníkom sú na nich menšie. Tým slabnú aj Hadleyho bunky. Nad rovníkom sa tvorí menej oblakov, takže štít chrániaci planétu pred prehrievaním je čoraz prieupustnejší. Planéta sa stáva neobývateľnou.

Na druhej strane: ak planéta rotuje pomaly, Hadleyho bunky sa môžu rozširovať k pólu. Cirkuláciu atmosféry totiž generujú rozdiely teploty medzi dennou a nočnou stranou planéty. Ak sú dni a noci príliš dlhé, potom atmosféra na dennej strane absorbuje oveľa viac tepla ako atmosféra na rýchle rotujúcej planéte. A naopak: nočná strana na pomaly rotujúcej planéte ochladne oveľa viac ako na planéte, ktorá rotuje rýchle.

Výmena vzduchu medzi dennou a nočnou časťou na pomaly rotujúcej planéte je oveľa intenzívnejšia. V takom prípade sa nad subhviezdny bodom (teda tam, kde dopadá na planétu najviac žiarenia) vytvorí oveľa viac oblakov. (Subhviezdny bod je oblasť na planéte, kde by sme hviezdu videli rovno nad hlavou a kde je žiarenie najsilnejšie.) Hrubá oblačnosť sa stane štítom, cez ktorú značná časť pre život škodlivého žiarenia neprenikne.

Vysoké albedo oblakov môže na takejto planéte udržať podmienky na vznik života. V takom prípade by sa

okraj zeleného pásu presunul bližšie k hviezde. Vedci z University of Chicago uverejnili nedávno štúdiu, z ktorej vyplýva, že celé desiatky objavených exoplanét, ktoré sme donedávna považovali za „jalové“, môžu byť kandidátmi na telesá vhodných na život.

Simulácie na počítačoch dokázali, že pomaly rotujúce planéty s rovnakým zložením atmosféry, s hmotnosťami a polomermi ako má Zem, môžu byť obývateľné aj vo vzdialosti Venuše od Slnka. Venuše krúži okolo Slnka pod hranicou zeleného pásu v našej Slnečnej sústave. Podľa počítačového modelu planéta s parametrami Venuše absorbuje dvojnásobné množstvo žiarenia ako Zem a teplota jej povrchu by mala byť priažnivá pre život najmä vďaka štitu oblakov.

Vieme, že Venuše, ktorá má hustú atmosféru, je horúcou planétou. Jej tlak by zabil človeka na povrchu v priebehu niekoľkých sekúnd. To znamená, že ani na pomaly rotujúcich planétach nemusia vždy vzniknúť podmienky na život.

Keby Venuše rotovala rýchlejšie (rotuje pomaly, s periódou 116,35 slnečného dňa), dni a noci by boli kratšie ako dnes. Atmosféra Venuše je bohatá na deutérium, čo znamená, že kedysi mohla mať oceán. Rýchla rotácia planéty, vzdialenej od Slnka tak ako Venuše, by vyvolala rýchle silnejúci skleníkový efekt, a tým aj stratu oceánov. Tým, že sa rotácia Venuše spomalila, podmienky pre vznik života na nej nemohli vzniknúť.

Hodnoty rýchlosťi rotácie exoplanét sa neziskávajú ľahko. Presnejšie údaje získa až nástupca HST, vesmírny ďalekohľad James Webb, ktorý dokáže v oblasti infračervených vlnových dĺžok zmerať kolko tepla exoplanéty emitujú.

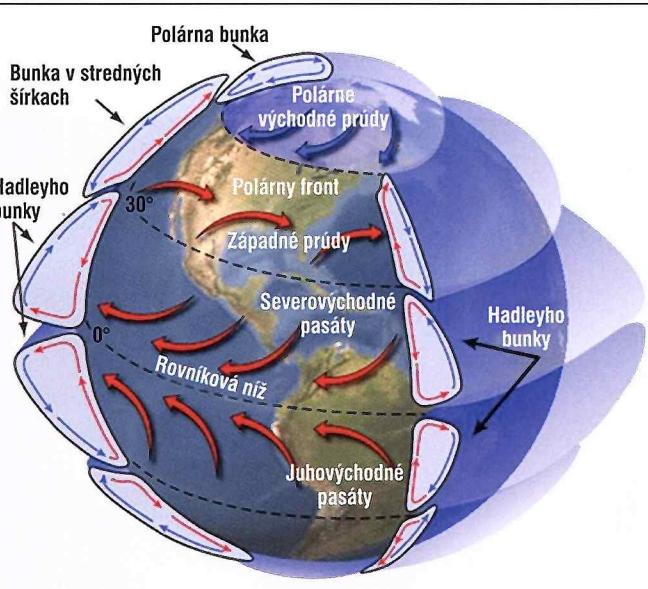
James Webb dokáže zmerať aj tepelné emisie oblakov s veľkým albedom, ktoré sa formujú nad subhviezdnym bodom. Ak nameráte nezvykle nízke teploty nad najhorúcejšou oblasťou planéty, môžeme usúdiť, že ide o obývateľnú planétu s pomalou rotáciou.

Lenže pozor: z vesmíru Zem vyzerá tak, ako-by nad veľkými oblasťami západného tropického Pacifiku panovali teploty -70 až -50 °C, pretože najmä tam sa vyskytuje vertikálne mohutná oblačnosť. V skutočnosti sa tam udržiavajú teploty v priemere plus 30 °C.

Je známe, že veľa planét, ktoré krúžia okolo tropickej hviezdy typu M sú s materskou hviezdou gravitačne zviazané. To znamená, že sú k nej privrátené tou istou stranou.

Vedci zdôrazňujú dôležitosť skúmania exoplanét, krúžiacich okolo svojich hviezd aj mimo zelených pássov, pretože aj na tých sa mohol využiť život.

**Astrophysical Journal Letters**



Hadleyho bunka sa vytvorí vtedy, keď teply vzduch z rovníkovej oblasti vystúpi do veľkých výšok a šíri sa smerom k pólom ako pasátové prúdenie. Tam vzduch ochladne a opäť klesá (ako antipasát) k povrchu v oblasti rovníka.

# Ako detegovať gravitačné vlny?

Gravitačné vlny si môžeme predstaviť ako zvukové vlny emitované zemetrasením. Vo vesmíre sú zdrojom takýchto vln energetickej udalosti: supernovy, neutrónové dvojhviezdy či gravitačné splývanie dvoch neutrónových hviezd, dvoch čiernych dier, alebo čiernej diery a neutrónovej hviezdy.

Vedci navrhli novú metódu, pomocou ktorej by bolo možné gravitačné vlny, tieto neviditeľné záhyby v tkanine časopriestoru, zaznamenať. Podľa Einsteinovej teórie relativity hvieza, ktorá osciluje s rovnakou frekvenciou ako gravitačná vlna, absorbuje väčšinu energie vlny a zvyšuje svoju jasnosť. Model spochybňuje doterajšie predstavy o správaní gravitačných vln.

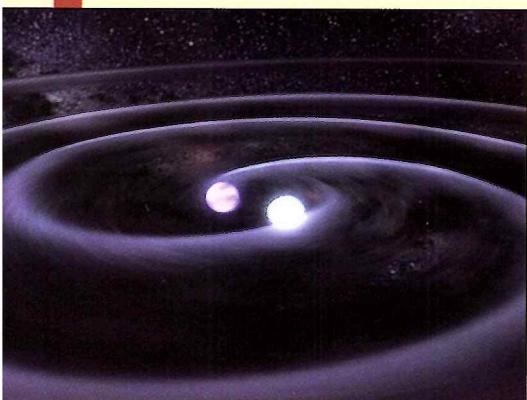
Vedci nepochybujú o existencii gravitačných vín, ale doteraz sa ich ani priamo, ani nepriamo nepodarilo dokázať. Jedným z dôvodov je, že gravitačné vlny interagujú s hmotou iba veľmi slabo. Vedci z Columbia University a z Kavliho inštitútu pre teoretickú fyziku sú však presvedčení, že gravitačné vlny vplývajú na hmotu viac, akoby sme si mysleli. Podľa ich modelu hviezdy, ktoré oscilujú (vibrujú), reagujú na gravitačné vlny tým, že absorbijú väčšiu energiu časopriestoru a rezonujú s nimi.

Ak tieto hviezdy absorbijú silné pulzy energie, mali by dočasne zjasniť. Tako by sme mohli detegovať gravitačné vlny nepriamo. Ak takéto zjasnenia zaznamenáme, získame „noť“ vyjadrujúce jednotlivé „tóny“ reálnych rezonančných frekvencií.

Štúdia, ktorú uverejnil časopis Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, objasňuje aj inú metódou detektie gravitačných vín. Keď sa pulzujúca hvieza s vhodnou frekvenciou ocitne pred zdrojom energie, detektor (na Zemi, alebo na vesmírnej sonde) by zaznamenal pokles intenzity nameraných gravitačných vín. Inými slovami: hviezdy, vrátane náslo Slnka, môžu zdroj gravitačných vín dočasne zakryť. Touto metódou sa však doteraz nepodarilo (napriek dômyselným zariadeniam LISA a LIGO) gravitačné vlny detegovať.

Je vraj iba otázkou času, keď sa gravitačné vlny po prvý raz podarí detegovať. Možno podľa novej metódy, ktorá vyplýnula z Einsteinovej teórie relativity. Ďalší dôkaz, že táto teória aj sto rokov po jej zverejnení, poskytuje vedcom geniálne podnete.

CUNY Press Release



Energetické udalosti, napríklad gravitačné splývanie zložiek dvojhviezdy, by mali produkovať gravitačné vlny, „záhyby“ v časopriestore.



Zrážka Mliečnej cesty s galaxiou v Androméde.

## Mliečna cesta: domov 3 000 civilizácií

Holandskí astronómovia vyhodnotili údaje z misií NASA i iných vesmírnych agentúr a dospeli k odhadu, že Zem je jednou zo 40 miliárd potenciálne obývateľných planét v Mliečnej ceste. Vzhľadom na to, že každý rok sa sformuje minimálne jedna obývatelná planéta, v našej Galaxii by malo existovať najmenej 3 000 civilizácií.

Michael Garrett, riaditeľ Netherlands Institute for Radio Astronomy (ASTRON) referoval nedávno na astronomickom kongrese v Toronte takto: „Očakávame, že jednotlivé civilizácie delí v priemere 1 000 svetelných rokov, čo znamená, že na odpoved, aj keby ju najbližší mimozemšťania

zachytili, rozlúštili a hned na ňu odpovedali, by sme museli čakať viac ako 2000 rokov.“

Garrett pripomeral, že pokial vychádzame z poznatkov o vývoji Zeme, prvé jednoduché organizmy sa objavili zhruba miliardu rokov po sformovaní Slnčnej sústavy. Inteligentné bytosti sa objavili oveľa neskôr. Problémom je, že nevieme odhadnúť, ako dlho jednotlivé civilizácie dokážu pretrvať, a to ani pri zohľadnení všetkých možných premenných, ktoré majú na trvanie civilizácií vplyv. Z toho vyplýva, že signály typu SETI, ktoré prijíname od iných civilizácií, by mali byť mimoriadne zriedkavé.

Astronóm Seth Shostak (SETI) je optimistickejší. Prvý kontakt s mimozemskými civilizáciami očakáva do dvadsiatich rokov. Spolieha sa pri tom na nové generácie digitálnej elektroniky a počítačov, ktoré budú lacnejšie, rýchlejšie a produktívnejšie.

Discovery News Press Release

## Potvrdili existenciu stredne veľkých čiernych dier

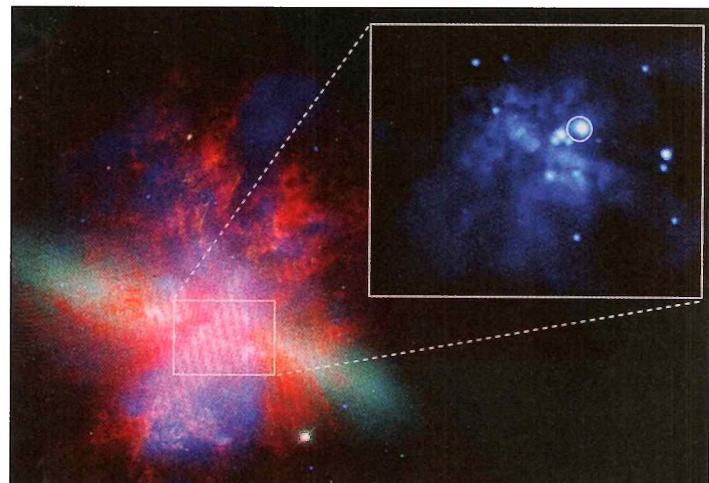
Astronómovia donedávna rozlišovali dva druhy čiernych dier: stelárne, s hmotnosťami 10 až 100  $M_{\odot}$  a supermasívne v jadrach galaxií. Tie majú v priemere niekolko miliónov hmotnosti Slnka. Teoretici však tvrdili, že by mali existovať aj čierne diery s hmotnosťami 100 až 10 000  $M_{\odot}$ . Pozorovatelia však takéto objekty nedokázali celé roky objaviť.

Tím z Maryland University študoval najjasnejší zdroj röntgenového žiarenia v galaxii M82 a zistil, že čierna diera X-1 s hmotnosťou 428 ( $\pm 105$  hmotnosť Slnka) je objektom, ktorý zodpovedá

parametrom stredne veľkých čiernych dier. Vedci využili údaje, ktoré ukladali do archívu celých šesť rokov a objavili v röntgenových emisiách opakujúce sa periodické signály, z ktorých vypočítali presné parametre čiernej diery.

Objav vyvolal nadšenie, pretože prelomil pochybnosti okolo existencie stredne veľkých čiernych dier. Teoretici teraz môžu spekulovať, ako sa tieto objekty formujú.

Nature



Astronómovia zistili, že čierna diera M82 X-1 (v krúžku) má parametre stredne veľkých čiernych dier, ktorých existenciu teoretici predpovedali.

# Medzihviezdne molekuly pribúdajú

V medzihviezdnom priestore objavili najrozličnejšie typy molekúl. V medzihviezdných oblakoch, kde sa formujú nové hviezdy, sa najhojnejšie vyskytujú organické molekuly bohaté na vodík a uhlík! Podľa vedcov je tvorba organických látok v rámci štadiu formovania hviezdi kľúčom k pochopeniu procesu ich vývoja: od jednoduchých molekúl k chemizmu, potenciálne vhodnej pre vznik života.

Hľadanie molekúl v medzihviezdnom priestore začalo v 60. rokoch minulého storočia. Vedci zatiaľ objavili vyše 180 odlišných molekúl a podchvíľou objavujú ďalšie. Každá molekula emituje žiarenie na odlišných vlnových dĺžkach a prejavuje sa nezameniteľným spektrom.

Molekuly v medzihviezdnom priestore detegujú rádioteleskopy. Všetky organické molekuly majú základnú štrukturálnu charakteristiku: každá má „chrbitcu“ z atómov uhlíka, okolo ktorej sa zoskupujú prvky do viac či menej zložitých reťazcov. Najnovšia molekula, ktorú objavili (*izo*-propyl kyanid), je výnimcočná tým, že vytvára v uhlíkovej štruktúre samostatnú vetvu. Je to prvá „medzihviezdná molekula“ tohto typu.

Tím Holegra Müllera, spektroskopistu Kolínskej univerzity neprekvapila iba štruktúra tejto molekuly. V medzihviezdných oblakoch sa vyskytuje hojne, hoci nie tak často ako jej sestra na reťazci – molekula normálneho propyl kyanidu (*n*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>CN), ktorú tento tím objavil už pred niekoľkými rokmi. Mimoriadna hojnosc výskytu *izo*-propyl kyanidu naznačuje, že rozvetvené molekuly by mohli byť v medzihviezdnom médiu skôr pravidlom ako výnimkou.

Tím využil ďalekohľad Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) v Čile, aby preskúmal obsah molekúl v oblasti Sgr B2, kde

sa tvoria hviezdy. Táto oblasť sa nachádza blízko centra Galaxie vo vzdialosti 27 000 svetelných rokov. Je známa mimoriadne bohatými emisiami organických medzihviezdných molekúl.

Centrum galaxie preskúmali v oblasti vlnových dĺžok 2,7 a 3,6 mm, s 10-násobne vyšším rozlíšením ako pri ostatnej prehliadke. Tím, pomocou analýzy získaných spektier hľadal nové medzihviezdzne molekuly a tak identifikoval aj emisné čiary oboch typov propyl kyanidu: 50 stôp *i*-propyl kyanidu a 120 stôp *n*-propyl-kyanidu. Obe molekuly sú najväčšími z doteraz detegovaných molekúl v oblastiach, kde sa tvoria hviezdy.

Pomocou počítačov nasimulovali vedci chemizmus formovania molekúl detegovaných Sgr B2. Tak ako väčšina organických molekúl aj oba typy propyl kyanidu sa formovali na povrchu medzihviezdných zrniek prachu. Z modelov vyplýva, že zo všetkých dostatočne veľkých molekúl, tých, ktoré dokážu vytvárať vedľajšie reťazce, práve tieto molekuly prevládajú. Objav ďalšieho člena alkyl kyanidovej súrie, *n*-butyl kyanid (*n*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>CN) a jeho izoméry s tromi vetvami dovolia vedcom overiť tento predpoklad.

Aminokyseliny, ktoré nachádzame v meteoritech, majú zloženie, ktoré prezrádza pôvod v medzihviezdznej hmote. V tomto médiu sice zatiaľ žiadne aminokyseliny neobjavili, ale je takmer isté, že medzihviezdná chémia vygenerovala širokú paletu dôležitých, komplexných molekúl, ktoré sa po rôznych cestách mohli dostať na povrch planét.

„Detekcia *izo*-propyl kyanidu však naznačuje, že aminokyseliny môžu byť prítomné aj v medzihviezdnom médiu, pretože štruktúra vedľajších reťazcov je hlavným znakom týchto molekúl. Ak sme aminokyseliny detegovali v meteoritech, potom ich nájdeme aj v medzihviezdnom priestore,“ vyhlásil Karl Menton, riaditeľ tímu milimetrovej a submilimetrovej astronómie.

ALMA Press Release



Čierna diera s hmotnosťou 21 miliónov Slnk hniezdi v jadre ultrahustej galaxie M60-UCD1. Silná gravitácia čiernej diery deformuje svetlo hviezdi v pozadí, čo sa prejavuje prstencami nad horizontom udalostí neviditeľnej čiernej diery.

## Najmenšia galaxia so supermasívou čierной dierou

Čierna diera v galaxii M60-UCD1 je 5-krát hmotnejšia ako čierna diera v jadre našej Galaxie. Tento objekt hniezdi v strede jednej z najmenších galaxií. Tento hviezdny ostrov má priemer 300 svetelných rokov (1/500 priemeru našej Galaxie) a zoskupuje iba 140 miliónov hviezdi.

Na druhej strane táto malá galaxia je zároveň aj jedna z najhustejsich. Pozorovateľ z planéty, krúžiacej okolo jednej z hviezdi tejto galaxie by na oblohe, voľným okom, rozlišil milión hviezdi. (Zeme voľným okom rozlišíme iba 4 000 hviezdi.)

Objav naznačuje, že vo vesmíre existuje veľa malých, ale mimoriadne kompaktných galaxií, v ktorých hniezdia supermasívne čierne diery. Je možné, že ide o zvyšky kedysi veľkých galaxií, ktoré stratili väčšinu hviezdi po koliziach s inými galaxiami.



Malý kotúčik svetla (jeho zväčšenina vpravo hore) nie je hvieza, ale malá galaxia M60-UCD1, ktorá bola kedysi oveľa väčšia. O väčšinu hviezdi ju pripravila kolízia s inou, oveľa väčšou galaxiou (uprostred snímky). Obe galaxie sú súčasťou kupy Virgo, vzdialenej 50 miliónov svetelných rokov. Kopa obsahuje 2 500 galaxií.

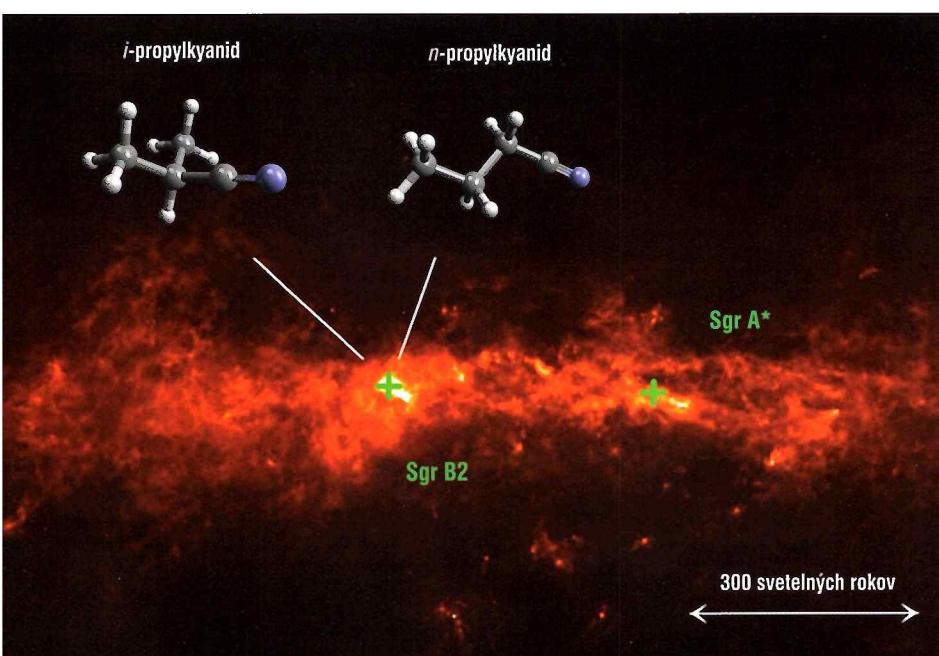
Údaje o galaxii M60-UCD1 získali dva ďalekohľady: vesmírny HST a 8m Gemini North na Havajských ostrovoch. HST získal údaje o priemere a hustote galaxie. Zo spektier, ktoré získal Gemini North, zistili vedci ako čierna diera vplyva na pohyb hviezdi. Tak vypočítali aj hmotnosť neviditeľnej čiernej diery.

Čierna diera v jadre Mliečnej cesty má hmotnosť 4 milióny Slnk, čo predstavuje iba 0,01 hmotnosti našej Galaxie. Čierna diera uprostred galaxie M60-UCD-1 tvorí až šestinu hmotnosti tejto galaxie! Prítom Mliečna cesta je 500-krát väčšia a 1 000-krát hmotnejšia ako M60-UCD-1.

Vedci odhadujú, že táto zvláštna galaxia mala kedysi až 10 miliárd hviezdi, ale po priblížení k inej, obrej galaxii M60, väčšinu z nich stratila. Blízky kontakt zároveň zvýšil hustotu hviezdi v trpasličej galaxii. Iné vysvetlenie vedci vylučujú. Je pravdepodobné, že o istý čas dôjde ku zrážke oboch galaxií. V jadre M60 sa totiž nachádza čierna diera s hmotnosťou 4,5 miliárd Slnk. Je 1 000-krát hmotnejšia ako čierna diera v jadre Mliečnej cesty.

Obe galaxie sú vzdialene od Zeme 50 miliónov svetelných rokov.

University of Utah Press Release



# Hviezdokopa v satelitnej galaxii

Okolo Mliečnej cesty obieha viac ako 150 hviezdokôp. V každej z nich sú státične starých hviezd, ktoré svetili už vtedy, keď sa naša Galaxia formovala. Jednu z nich objavil koncom 18. storočia Charles Messier.

Viac ako dvesto rokov považovali vedci hviezdokopu Messier 54 za súčasť našej Galaxie. V roku 1994 však zistili, že patrí do trpasličej galaxie Sagittarius. Pohybuje sa vo vzdialenosťi 90 000 svetelných rokov, čo je trojnásobne väčšia vzdialenosť ako vzdialenosť Zeme od jadra Mliečnej cesty.

Vedci študovali túto hviezdokopu pomocou dalekohľadu VLT (Very Large Telescope) s cieľom rozluštiť jedno z tajomstiev modernej astronomie – problém lítia. Väčšina lítia vznikla už počas big bangu spolu s vodíkom a héliom, ale v oveľa menšom množstve. Vedci dokážu vypočítať, kolko lítia by malo byť v mladom vesmíre a z toho odvodiť aj množstvo tohto prvku v starých hviezdoch. Výpočty sú však v rozpore s pozorovaniami: v starých hviezdoch je trikrát menej lítia, ako by sme očakávali.

Donedávna sme dokázali merat lítium vo hviezdoch iba v našej Galaxii. Talianskym astronómom sa však pomocou VLT podarilo určiť, kolko lítia obsahujú vytípované hviezdy z hviezdokopy Messier 54. Zistili, že podiel lítia v kope je zhruba taký istý ako vo hviezdoch Mliečnej cesty. Takže deficit lítia sa netýka iba hviezd v našom kozmickom ostrove.

Najnovší snímku hviezdokopy Messier 54 vytvorili pomocou údajov, ktoré získal dalekohľad VST (špeciálny teleskop kooperujúci s VLT). Na snímke okrem hviezdokopy vidíme „húštinu“ hviezd, ktoré sa nachádzajú medzi Mliečnou cestou a hviezdokopou.

Vedci skúmajú, či sa v pôvodných odhadoch množstva lítia, ktorý vznikol počas big bangu, nepomýlili, alebo či nejaký neznámy proces lítium v prvých hviezdoch ešte pred sformovaním Mliečnej cesty nezničil. Treťou možnosťou je, že nejaký proces, prebiehajúci aj v hviezdoch ďalších generácií, postupne lítium počas ich života rozkladá. Najnovšie pozorovania podporujú prvu možnosť.

**ESO Press Release**



Otvorenú hviezdokopu Messier 11, plnú modrých hviezd, považujú vedci za unikátnu. Exponovala ju širokouhlá kamera na 2,2 m MPG/ESO dalekohľade na observatóriu La Silla v Čile.

## Divé kačky v otvorennej hviezdokope

Širokouhlá kamera na 2,2 m MPG/ESO dalekohľadu na observatóriu La Silla v Čile exponovala túto nádhernú snímku, plnú modrých hviezd. Ide o otvorenú hviezdokopu Messier 11, jednu z kôp, ktoré majú najviac hviezd.

Messier 11 (známa aj ako NGC 6705, či Kopa Divý kácer), vzdialenosť 6 000 svetelných rokov, leží v súhvezdí Štítu. Objavil ju v roku 1681 nemecký astronóm Gottfried Kirch. Prvé hviezdy v tomto rozmaranom obláčiku objavil až Angličan William Derham (v roku 1733). Charles Messier ju do svojho slávneho katalógu zaradil v roku 1764.

*Poznámka: Alternatívne pomenovanie Kopa divokého káčera dostala kopa Messier 11 koncom 19. storočia. Keď túto kopu pozorujeme malým dalekohľadom, vidíme, že najjasnejšie hviezdy tvoria formáciu trojuholníka, ktorý priponíma kŕdel kačiek.*

Messier bol lovec komét, ktorého frustrovalo, že veľa objektov, ktoré na pohľad vyzerali ako komety, sa nesprávali ako komety. (Dnes vieme, že ako difúzne obláčiky sa dávnym astronómom mohli javiť aj hviezdokopy, galaxie či hmloviny.) Dôkladný Messier začal tieto objekty naznamenávať do katalógu. Medzi inými aj objekt Messier 11.

Otvorené hviezdokopy objavujeme najčastejšie v rámciach špirálových galaxií, alebo v hus-

tejších oblastiach nepravidelných galaxií. Tam, kde neustále prebieha formovanie hviezd. Messier 11 je najkompaktnejšou a na hviezdy najbohatšou otvorenou hviezdokopou s priemerom 20 svetelných rokov. Hniezdi v nej zhruba 3 000 hviezd.

Otvorené hviezdokopy sa odlišujú od guľových hviezdokôp, ktoré sú oveľa hustejšie a gravitačiou silne viazané. Obsahujú státične veľmi starých hviezd. Niektoré z nich sú bezmála také staré ako vesmír!

Pomocou otvorených hviezdokôp overujú vedci teórie stelárnej evolúcie. Procesy formovania hviezd v tom istom prachoplynovom oblaku, ktoré majú zhruba rovnaký vek, a preto sa na seba podobajú.

Napriek tomu každá hviezda vo hviezdokope má odlišnú hmotnosť, pričom masívnejšie hviezdy sa vyvíjajú rýchlejšie (skôr spotrebujú vodíkové palivo) ako hviezdy s menšou hmotnosťou.

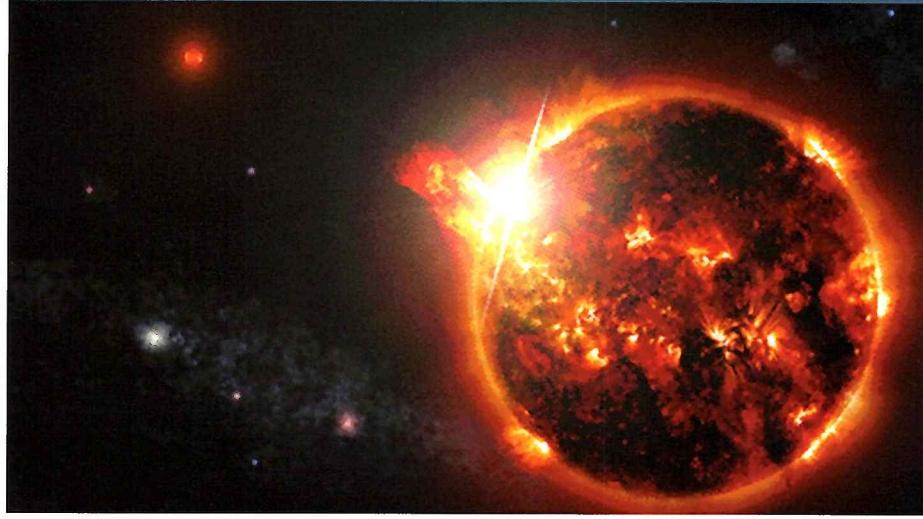
Porovnávaním hviezd v tej istej kope dokážu vedci zistiť, že hviezda stará iba 10 miliónov rokov (ale s rovnakou hmotnosťou ako Slnecko) sa vyvíja inakšie ako iná hviezda s rovnakým vekom, ale s polovičnou hmotnosťou.

Nakolko hviezdy v otvorených hviezdokopách sú gravitačne iba slabovo viazané, často sa stáva, že tieto hviezdy vplyv gravitácie susedných objektov katapultuje von z kopy. NGC 6705 má zhruba 250 miliónov rokov. V priebehu evolúcie stratila väčšinu hviezd a o niekoľko miliónov rokov sa rozplynie. Hviezdy sa roztratia do okolia.

**ESO Press Release**



Zoskupenie hviezd uprostred snímky tvorí hviezdokopu Messier 54, ktorá nepatrí do Mliečnej cesty.



Ilustrácia znázorňuje megavzplanutie na jednej zložke dvojhviezdy DG CVn, červenom trpaslíkovi.

## Megavzplanutia na minihviezde

Vesmírny ďalekohľad Swift detegoval sériu najsilnejších, najhorúcejších a najdlhšie trvajúcich vzplanutí z blízkej hviezdy – červeného trpaslíka. Prvé vzplanutie bolo 10 000-krát silejšie ako najsilnejšie z doteraz zaznamenaných vzplanutí na Slnku!

Astrofyzici na viacerých observatóriách sledovali tieto vzplanutia iba jeden deň, ale sonda Swift ich zaznamenávala celé dva týždne. Vo chvíli, keď aktivita vrcholila, teplota vzplanutí dosiahla hodnotu 200 miliónov stupňov. (12-krát vyššia teplota ako vo vnútri nášho Slnka.)

Zdrojom vzplanutia bola hvieza, jedna zo zložiek dvojhviezdy DG CVn, vzdialenej iba 60 svetelných rokov. Obe hviezdy sú červené trpaslíci s hmotnosťou zhruba jednej tretiny Slnka. Spoločné fažisko obiehačajú vo vzdialosti 3 AU, takže astronómovia nedokážu rozlíšiť, na ktorej z nich sa aktivita prejavila.

Dvojhviezda nepatrí do katalógu najaktívnejších hviezd, ktoré vedci študujú, preto ich mohutné vzplanutie zaskočilo. Väčšina hviezd, ktoré sa nachádzajú do vzdialnosti 100 AU od Slnka, sú rovnako ako Slnko stredne veľké hviezdy v strednom veku. Majú zhruba 5 miliárd rokov. V tejto oblasti sa väčšina nachádza najmenej 1000 červených trpaslíkov. Tieto objekty umožňujú vedcom podrobne preskúmať aktivity s vysokou energiou, ktorá je typická najmä pre mladé hviezdy. Dvojhviezda DG CVn sa sformovala pred 30 miliónmi rokov. Jej vek odhadli na 0,7 % veku našej Slnčnej sústavy.

Vzplanutia na všetkých hviezdach generuje ten istý mechanizmus. V aktívnych oblastiach stelárnej atmosféry vznikajú, pulzujú a rozpadajú sa magnetické polia. V magnetických poliach sa akumuluje energia. Keď proces nazývaný rekonexia polia zdestabilizuje, energia sa uvoľní a prejavuje sa vzplanutiami, ktoré pozorujeme. Vzplanutie emituje žiarenie v oblasti rádiových, viditeľných, ultrafialových i röntgenových vlnových dĺžok.

23. apríla 2014 zachytil röntgenové emisie z DG CVn ďalekohľad Swift. Presnejšie, detegoval ho prístroj na jeho palube (BAT – Burst Alert Telescope), určený na zaznamenávanie podobných udalostí. V priebehu niekolkých sekúnd po vzplanutí vypočítal prístroj polohu zdroja a rozhodol,

či do prieskumu zapojí aj ďalšie prístroje. Vzápäť správu sondy o vzplanutí zachytili viaceré observatóriá na všetkých kontinentoch. Vedci zistili, že mohutné vzplanutie sa vyvíja ďalej.

Už tri minúty po prvom signále z BAT dosiahla jasnosť v röntgenovej oblasti väčšiu hodnotu ako jasnosť oboch hviezd (v normálnom stave) na všetkých vlnových dĺžkach. Takéto silné vzplanutie z červených trpaslíkov sú mimoriadne zriedkavé.

Jasnosť dvojhviezdy vo viditeľnej a UV-oblasti sa zvýšila 10- až 100-krát. Rekordne sa vzplanutie prejavilo najmä v röntgenovej oblasti: v porovnaní s prvým vzplanutím DG CVn bolo najväčšie z doteraz zaznamenaných röntgenových vzplanutí na Slnku iba prskavou.

Najsilnejšie slnečné explózie (vzplanutia triedy X) sa prejavujú práve v röntgenovej oblasti. Najsilnejšie, X45, zaznamenali v novembri 2003. Vzplanutie na DG CVn, ak by sme ho pozorovali zo vzdialenosťi Zeme od Slnka, bolo by 10 000-krát jasnejšie. Do katalógu by ho zapísali s označením X 100 000!

To však nebolo všetko. Už tri hodiny po prvom, mohutnom röntgenovom vzplanutí sa objavilo ďalšie, bezmála rovnako silné. Tieto prvé dve explózie sú príkladom „sympatetických“ vzplanutí, ktoré často pozorujeme aj na Slnku. Aj tam sa po prvom vzplanutí v aktívnej oblasti sa vzápäť objaví ďalšie.

Počas prvých jedenástich dní zaznamenal Swift celú sériu ďalších, slabších vzplanutí. Vedci ich prirovnávajú k „dotrasom“, ktoré sa objavujú po každom veľkom zemetrasení. Až po 20 dňoch sa hvieza vrátila (v röntgenovej oblasti) opäť do normálneho stavu.

Ako môže taká malá hvieza vygenerovať takú ozrnutú explóziu? Klúčovým faktorom je rýchlosť rotácie, ktorá vplýva na magnetické polia. Aktívna zložka dvojhviezdy DG CVn rotuje najmenej 30-krát rýchlejšie ako Slnko. Rýchlosť ako rotovalo v mladosti naše Slnko, keď produkovalo oveľa silnejšie vzplanutia ako dnes. Naštastie pre nás sa odvtedy jeho rotácia spomala.

Štúdium vzplanutí rozširuje poznatky vedy o správaní sa všetkých mladých hviezd. Vedci predpokladajú, že sústava DG CVn produkuje vzplanutia často. Preto ju budú pozorovať s cieľom predpovedať ďalšie erupcie v budúcnosti.

Goddard Space and Flight Center Press Release

## Najchladnejší biely trpaslík

Tento pozostatok po kolapse hviezdy je taký chladný, že uhlík v ňom obsiahnutý skryštalizoval a vytvoril diamant s rozmermi Zeme! Zvláštne teleso objavil medzinárodný tím astronómov pomocou rádioteleskopov v National Radio Astronomy Observatory (NRAO), Green Bank Telescope (GBT) a Very Long Baseline Array (VLBA).

Bieli trpaslíci sú extrémne husté, konečné štadiá vývoja hviezd podobných Slnku. Po dozretí, zhruba po uplynutí 10 miliárd rokov, skolabujú do objektu s rozmermi Zeme. Bieli trpaslíci, zložení najmä z uhlíka a kysíka, pomaly, celé miliardy rokov, chladnú. Objavený objekt s rekordnými parametrami má rovnaký vek ako Mliečna cesta.

Chladný, zatiaľ nepomenovaný biely trpaslík je zložkou dvojhviezdy, do ktorej patrí aj pulsar PSR J2222-0137. Pulzary, rýchlo rotujúce neutrónové hviezdy, sú pozostatkami po výbuchoch supernov. Počas rotácie výzaruju v oblasti rádiových a viditeľných vlnových dĺžok, ktoré sa šíria z pólov silných magnetických polí. Ak kužel tohto žiarenia „oblizuje“ Zem, rádioteleskopy dokážu zachytiť pulzy rádiových vín. Pulzár objavili skôr. Až ďalšie pozorovania ukázali, že pulsar sa otočí kolo osi zhruba a 30-krát za sekundu a je gravitačne zviazaný s hviezdou, ktorú spočiatku považovali za druhý pulsar, alebo za nezvykle chladného bieleho trpaslíka. Obe zložky dvojhviezdy vzdialenej 900 svetelných rokov obehnú spoločné tažisko za 2,45 dňa.

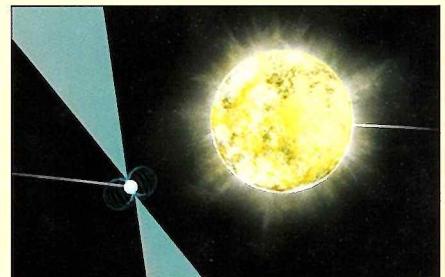
Údaj o vzdialenosťi umožnil spresniť predstavy o dvojhviezde. S využitím Einsteinovej teórie relativity preskúmali vedci, do akej miery spolupútnik primárneho pulsaru zakrívuje priestor, čím ovplyvňuje rádiové signály z pulsaru počas doby, keď sa ocitne za ním.

Tieto časové posuny pomohli vedcom vypočítať orientáciu obežných dráh i hmotnosti oboch zložiek dvojhviezdy: pulsar má 1,2, druhá zložka 1,05 hmotnosti Slnka.

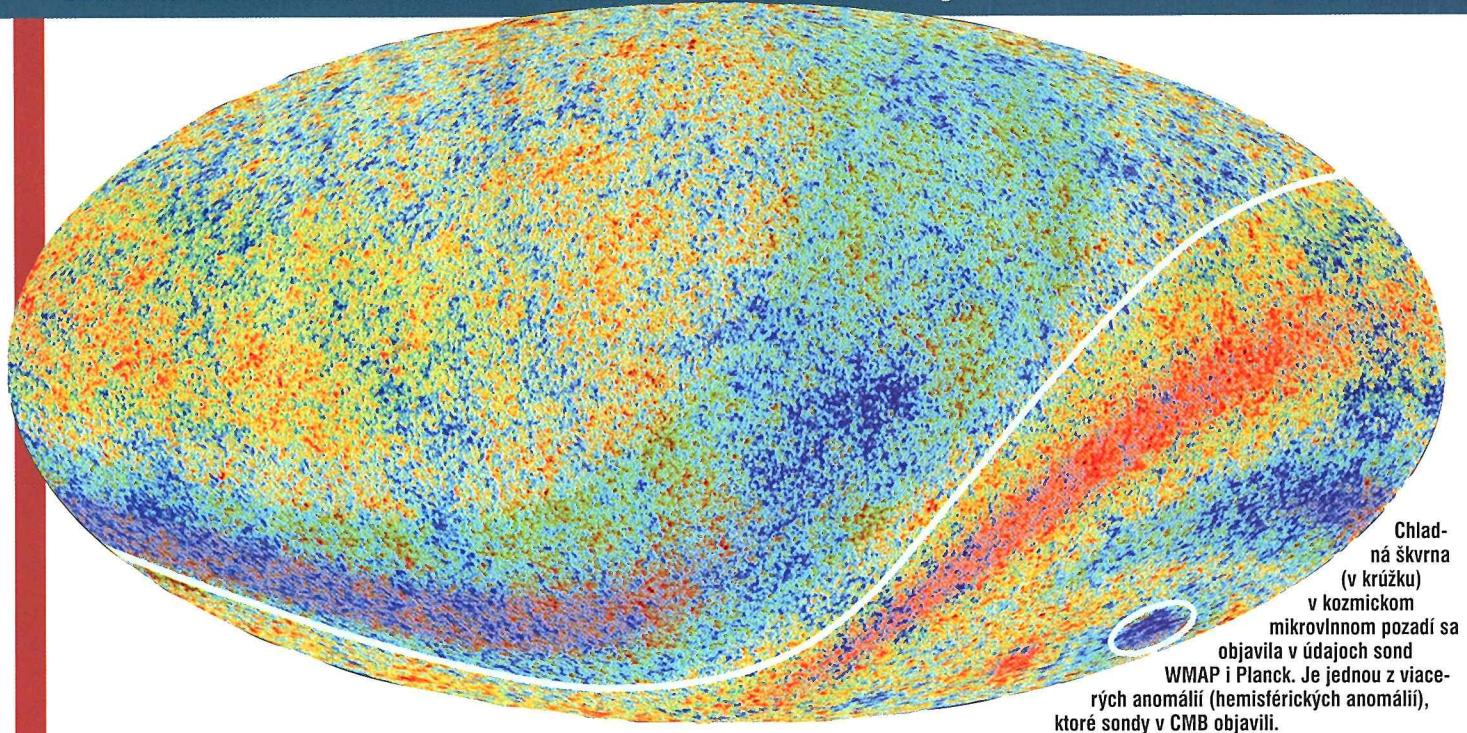
Z týchto údajov vyplynulo, že druhá zložka nemôže byť neutrónovou hviezdou. V takom malom priestore nemohlo dôjsť k výbuchu dvoch supernov.

Údaje o polohe i z odhadu, aký jasný sa môže zdať biely trpaslík v takej vzdialnosti, vedci usúdili, že ho môžu pozorovať opticke i infračervené ďalekohľady. Na kombinovanej snímke sa objavil biely trpaslík: 100-krát slabší ako ostatní trpaslíci v dvojhviezdoch s pulsaram a 10-krát slabší ako ostatní doteraz objavení bieli trpaslíci. Chladný biely trpaslík má teplotu 2 700 °C. To je teplota, pri ktorej uhlík kryštalizuje a môže nadobudnúť aj štruktúru diamantu.

University of Wisconsin Press Release



Ilustrácia znázorňuje dvojhviezdu, tvoria ju pulsar a biely trpaslík, ktorý je doteraz najchladnejším a najmenej jasným zo všetkých, doteraz objavených objektov tohto typu.



## Spory okolo Chladnej škvry

Kozmológovia asi objavili zdroj záhadnej bielej škvrny v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia (CMB): je to gigantické vákuum v sieti galaxií.

Vieme, že rozdielne teploty ostrovčekov na mape CMB závisia od pôvodných fluktuácií hustoty, ktoré inflácia roztahla do gigantických rozmerov.

Celych deväť rokov tieto variácie mapovala sonda WMAP, ktorá v CMB objavila a opakované potvrdila existenciu niekoľkých anomalií. Inflácia ich však spôsobiť nemohla. Najznámejšou anomaliou je Chladná škvra (*pozri obrázok*), veľká oblasť „takmer prázdnote“ s priemerom 10°, ktorá je 4-krát chladnejšia ako priemer fluktuácií CMB.

Štatisticky je nanajvýš nepravdepodobné, že aj Chladná škvra je produkтом primordiálnych hustotných fluktuácií. Ak by to tak bolo, existencia Chladnej škvrny by model inflácie spochybnila.

Kozmológovia navrhli niekoľko vysvetlení.

Jedným z nich je aj objav obrovskej „bubliny“ takmer vakuu medzi kopami galaxií vo vekoškálovej sieti vesmíru. Keď svetlo putuje cez gravitačné „kopce a údolia“ v pokrčenej tkanine časopriestoru, energia fotónov sa striedavo zväčšuje alebo zmenšuje. Zväčšuje sa vtedy, keď fotóny stúpajú na vrcholky tkaniny, a naopak, zmenšuje sa vtedy, keď klesajú do jej údolia.

Rozpínanie priestoru však túto gravitačnú „krajinu“ sploštuje. Fotóny sa v takejto sploštujúcej krajine sa správajú podľa takzvaného Sachsovo-Wolfeho efektu. Jednoduchšie: v sploštujúcom sa časopriestore získavajú či strácajú čo-raz menej energie.

Kozmológovia sa preto nazdávajú, že supervákuum mohlo Chladnú škvru vytvoriť. Inými slovami, veľký úbytok energie by sa mohol prejavíť ako chladný odtlačok v CMB.

V minulosti hľadanie bublín takmer vakuu vyznelo naprázdno. Možno preto, že astronómovia skúmali vzdialený, mladý vesmír.

István Szapudi a jeho tím z Havajskej univerzity analyzovali galaxie z katalógu WISE-2MASS a objavili supervákuum, ktoré je možno pôvodom Chladnej škvrny.

Szapudiho tím skombinoval údaje z katalógov WISE-2MASS a Pan-Starrs1 (robotický

dalekohľad, ktorý sníma raz za týždeň celú oblohu). Zmapovali relatívne blízke galaxie, nachádzajúce sa vo vnútri Chladnej škvrny. Zistili, že hustota týchto galaxií, ktoré existovali 11,1 miliardy rokov po big bangu, sa smerom k stredu Chladnej škvrny zmenšuje.

Supervákuum má takmer guľový tvar. Jeho vnútorná štruktúra však môže byť zložitejšia. Možno obsahuje nielen ďalšie, menšie vakuá, ale aj vlákna. (Nie je to teda absolútne vakuum). Vedci odhadli priemer tohto doteraz najväčšieho supervákuia na 900 miliónov svetelných rokov. Skonštovali, že jeho existencia je zatiaľ najhodovernejším dôkazom toho, že toto vakuum kozmické mikrovlnné pozadie podstatne ovplyvňuje.

Viaceré problémy však ostali otvorené. Jedným z nich je, do akej miery supervákuum na CMB vplyva: pôvodné výpočty zatiaľ nie sú v zhode s poklesom teploty v Chladnej škvrne.

Nie je jasné ani to, koľko podobných alebo väčších ostrovov supervákuia vo vesmíre existuje. Ak by sa ukázalo, že ich je veľa, potom by existencia jediného supervákuia anomáliu nevyšielovala. Definitívny dôkaz platnosti teórie priniesie až prieskum väčšieho súboru takýchto objektov (ak existujú).

Hawai University Press Release

tento proces prebieha. Predpokladajú však, že zrnka sa musia formovať z materiálu, ktorý hviezda vyvrhuje ešte pred explóziou. V čase, keď sa priestorom šíri nárazová vlna, vytvára chladnú, hustú obálku plynu. Optimálne prostredie pre vznik a rast zrniek prachu.

Z údajov vyplýva, že počas druhej etapy, ktorá sa začína po niekoľkých stovkách dní, sa tvorba prachu zrychluje. Umožňuje to ďalšie prísunu materiálu zo supernovy. Ak by tvorba prachu okolo SN2010jl pokračovala týmto tempom 25 rokov, jeho celkový objem by dosiahol polovicu hmotnosti Slnka. Podobné údaje znamenali aj v prípade supernovy SN 1987A. Objav vysvetlil dve záhady okolo supernov.

Poznámka: Výbuch supernovy SN 2010jl zaznamenali v roku 2010. Identifikovali ju ako supernovu typu IIn. (Rímskou dvojkou označujeme supernovy, ktoré sú konečným štadiom kvezdy s hmotnosťou najmenej 8 Slnk. Podtyp IIn („n“ znamená narrow, teda úzky) sa prejavuje úzkymi čiarami vodíka v spektre. Tieto čiary prezrádzajú interakcie vyvrhnutého materiálu s materiáлом, ktorý sa okolo supernovy nachádza).

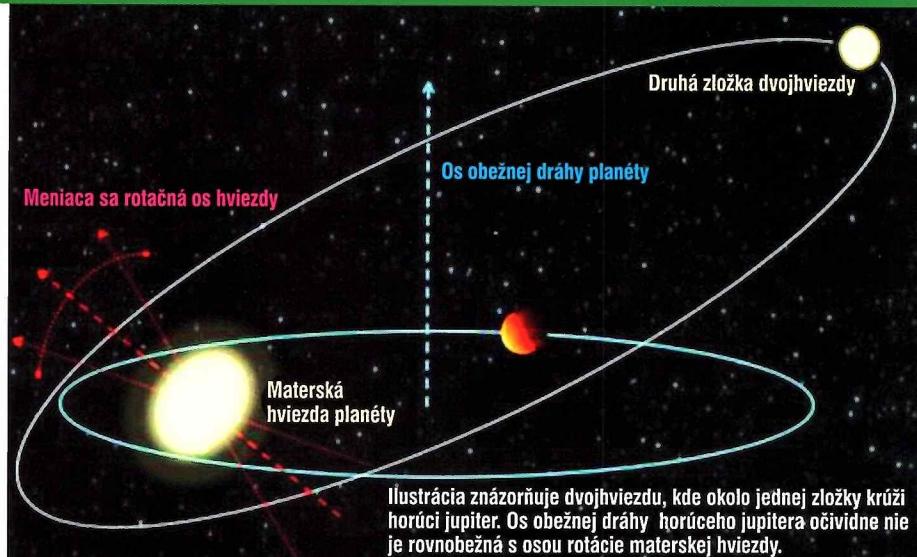
ESO Press Release



Ilustrácia znázorňuje formovanie prachu v okolí supernovy.

že prach sa začína formovať bezprostredne po výbuchu a tento proces pretrváva celé roky. Zrnka sa rýchle formujú vo vyvrhnutom materiáli. Ich veľkosť (1/1000 milimetra) im umožňuje odolávať destruktívnym procesom. Sú väčšie, ako sa predpokladalo.

Detektia takých veľkých zrniek bezprostredne po výbuchu supernovy svedčí o tom, že existuje rýchly a efektívny proces ich tvorby. Vedci však nevedia, ako



## Vplyv horúcich Jupiterov na materské hviezdy

Tieto obrie exoplanéty spôsobujú poruchy pohybu materských hviezd napriek tomu, že priemerná hmotnosť obričí planét predstavuje zhruba tisícinu hmotnosti Slnka. Na druhej strane gravitácia hviezd, najmä v dvojhviezde, oviera významnejšie ovplyvnenie pohyb i migráciu obričí planét.

Os obežnej dráhy planét je kolmá na rovinu, v ktorej planéty okolo hviezd obiehajú. V našej Slnečnej sústave je os rotácie Slnka v podstate rovnobežná s osami obežných dráh všetkých našich planét. Podľa najnovších údajov v sústavách s horúcimi Jupitermi nie sú osi obežných dráh týchto planét rovnobežné s rotačnými osami ich materských hviezd. Astronómov to prekvapilo.

Všetky horúce Jupitery sa sformovali za snežnými čiarami tej-ktorej sústavy a až neskôr sa postupne, po špirále, priblížili k mater-

ským hviezdam. Väčšina z nich krúži po takých blízkych obežných dráhach, že žiarenie a vetry z hviezd ich atmosféry očesáva a rozptyluje.

V prípade dvojhviezdy vplýva na pohyb horúcich Jupiterov (ak ich jedna z hviezd má) aj druhá zložka, vzdialenosť až niekoľko stoviek AU. Často je ich vplyv až taký veľký, že sa obrie planéty pohybujú po nezvyklých trajektoriách, ktoré ich neraz priviedú na mimoriadne blízke obežné dráhy.

V 90. rokoch, keď sa objavovali prvé exoplanéty, väčšina z nich boli horúce Jupitery.

Merkúr krúži okolo Slnka po veľmi blízkej obežnej dráhe. Horúce Jupitery však krúžia okolo svojich hviezd po bližších obežných dráhach ako Merkúr.

Simulovaním dynamiky exotických planétárnych sústav zistili vedci z Cornell University, že keď sa joviánske planéty priblížia k hviezde, dokážu zmeniť ich precesiu (orientáciu osi rotácie). Takáto hvieza začne rotovať kolísavo, ako roztočená hračka „vlčik“. Niektoré sú tiež zmeny periodické, častejšie chaotické. Ten-to objav vysvetľuje nerovnobežnosť osi rotácie horúcich Jupiterov a ich materských hviezd.

Cornell University Press Release

## Exoplanéta HAT-P-11b má vodu

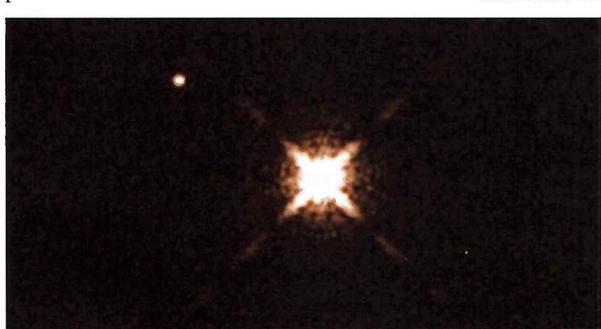
Exoplanéta je veľká ako nás Neptún. V atmosférach mnohých väčších planét sme už vodu detegovali. HAT-P-11b je však najmenšia zo všetkých, kde sa podarilo zaznamenať vodnú paru v atmosféri. HAT-P-11b tvorí na 90 %

vodík. V porovnaní so Zemou ide o horúcu planétu. Teploty tu dosahujú 600 °C.

Joviánske planéty študujú vedci už celé roky. Údaje z neptunických planét sú oveľa vzácnejšie. Pred objavom HAT-P-11b ziskali vedci aké-také údaje iba zo štyroch „neptúnov“. Najväčšou prekážkou je mohutná oblačnosť, ktorá tieto planéty obafuje. Vedci však objavili niekoľko planét s atmosférami, ktoré majú podobné parametre ako HAT-P-11b. Jednou z nich je GJ436b.

Tieto dve neptunické planéty pripomínajú podľa niektorých interpretácií dvojicu Zem-Venuša, pravdaže, vo väčšom meraadle.

Podrobnejší prieskum menších exoplanét je zatiaľ v plienkach. Údaje z nich sice nie sú ohromujúce, ale vedci si ich cenia, pretože spresňujú predstavy, ktoré o formovaní našej Slnečnej sústavy zatiaľ máme.



Neptunická exoplanéta HAT-P-11b (na snímke kotúčik vľavo hore nad hviezdou).

HST Press Release

## Blízka superzem...

... je z doteraz objavených exoplanét, najvhodnejšou pre život. Materská hviezda planéty – Gliese 832 je vzdialená iba 16 svetelných rokov. Jej malý červený bod rozlišite aj malým ďalekohľadom. Lovci exoplanét zistili, že okolo tejto hviezy krúži superzem: červený trpaslík Gliese 832c.

Planétu objavil medzinárodný tím astronómov vďaka mimoriadne presným údajom o radiálnej rýchlosťi (získali ich spektrografy HARPS-TERRA a UCLES echelle.) Už od roku 2009 vieme, že okolo tejto hviezy krúži aj väčšia planéta: „jupiter“ Gliese 832b.

Červení trpaslící sú málo jasné hviezdy. Preto sa ich „zelené zóny“ nachádzajú blízko nich. Planéta Gliese 832c obehne okolo materskej hviezy za 36 dní. (Joviánska planéta za 9,4 roka.) Objavená superzem má 5-krát väčšiu hmotnosť ako Zem a zo svojej hviezy dostáva približne toľko energie ako Zem od Slnka. Na planéte by mohli byť podobné teploty ako na Zemi, hoci s väčšími sezónnymi výkyvmi. Ale iba vtedy, ak má porovnatelne hustú atmosféru. V hustejšej atmosfére (takú by mala superzem mať) by však vysoká teplota mohla vznik a vývoj života znemožniť. Bola by to skôr „supervenuša“.



Ilustrácia superZeme Gliese 832c, jednej z potenciálne obávatelných exoplanét.

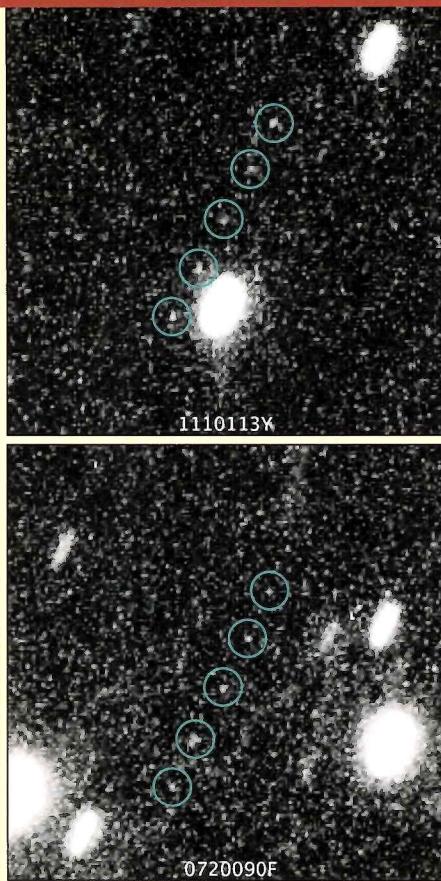
Index podobnosti Zeme (ESI) je hodnota vyjadrujúca, do akej miery je objekt (čo do fyzikálnych parametrov) podobný Zemi. Číslo 1 vyjadruje rovnaké kvality ako Zem. Gliese 832c má ESI 0,81, čo je porovnatelné s exoplanétami Gliese 667c (ESI = 0,84) a Kepler-62 (ESI = 0,83).

To znamená, že Gliese 832c je jednou z troch Zemi najviac podobných planét, a teda predbežne najvhodnejším kandidátom na podrobnejší výskum. Pravdaže, až vtedy, keď hodnoty o zložení jej atmosféry prezradia, či je vhodná na život.

Vieme, že planetárne sústavy podobné tej našej sú zriedkavé. Sústava hviezd Gliese 832 však vyzerá tak ako naša, pravdaže, v o niečo zmenších rozmeroch: s jednou terestrickou a jednou joviánskou planétou. Je pravdepodobné, že Jupiter v systéme Gliese 832 zohral dynamicky podobnú rolu ako nás Jupiter v Slnečnej sústave.

Sústavu Gliese 832 budú vedci pozorovať s cieľom nájsť v nej ďalšie planéty.

University of South Wales Press Release



## Tajomstvo Mirandy odhalené

Miranda, jeden z piatich veľkých mesiacov Uránu, má povrch, ktorý vedci považujú za najzvláštejší, najrozmanitejší zo všetkých telies Slniečnej sústavy. Prvou a jedinou sondou, ktorá Mirandu obelela a zblízka fotografovala, bol Voyager 2. Bolo to koncom januára 1986.

Fotografie z Voyageru 2 planetológov vzrušili. Astrogeológ Laurence Soderblom z U.S. Geological Survey nazval Mirandu „bizarným hybrídrom“.

Vari najzvláštejšími útvarmi na povrchu mesiaca sú tri „coronae“, rozsiahle oblasti bez kráterov, v objatí horských hrebeňov a hlbockých údolí. „Coronae“ pripomínali vedcom „diery v kabáte, ktoré vyžrali mole“. Jedno z možných vysvetlení „coronae“ zverejnili vedci až teraz, tridsať rokov po vyhodnotení snímok z Voyageru: ide o prastaré „horúce škvŕny“ v kôre Mirandy, hrubej 160 kilometrov. Miranda si dlho uchovala, napriek tomu, že je mimoriadne chladným telesom, pozoruhodnú geologickú aktivitu.

Geológia chladných mesiacov vonkajšej Slniečnej sústavy sa stáva samostatným odborom. Vedci skúmajú vulkány na Jupiterovom mesiaci Io, ľadové gejzíry na Encelade, jazerá na Titane, platňovú tektoniku na Európe i procesy a útvary na ďalších telesách. Geologické procesy sa však bez zdroja energie nerohýbu. Zvlášť na takom chladnom objekte, akým Miranda je. Jej povrch má priemernú teplotu ménus 185 °C.

Vlastný zdroj tepla na Mirande neobjavili. Miranda však krúži okolo Uránu po obežnej dráhe s 10-krát väčším sklonom k rovníku planéty ako majú dráhy ostatných jeho mesiacov. Je teda

možné, že ak v dávnej minulosti sa Miranda pochybovala po oveľa výstrednejšej obežnej dráhe, takže sa periodicky ocitala v blízkosti ostatných mesiacov. Tieto interakcie ju mohli postupne premiestniť na dráhu s aktuálnym sklonom.

Ak bolo voľkadjšia obežná dráha Mirandy naozaj taký výstredný, slapové sily generované Uránom mesiac výdatne hnietili, podobne ako ľudská ruka hnieti gumovú loptičku. V dôsledku hnietenia sa ľadu vo vnútri mesiaca zahrievali, zvyšovali svoj objem a začali stúpať k povrchu. Tento proces nazývajú fyzici konvekcia.

Geológovia vytvorili počítacový model ľadových tokov. Zistili, že ak v telesu prebiehala konvekcia, jej produkтом museli byť štyri vzdutia a výrony ľadu. Počas každého vzdutia sa ľad roztekol po povrchu, jeho prúdy sa skrúcali a ohýbali. Tak sa postupne sformovali hrebene a údolia okolo „coronae“, ale zároveň sa rozlievali aj po ich povrchu a zaceľovali stopy po impaktoch.

„Coronae“ nemajú viac ako niekoľko stoviek miliónov rokov, na rozdiel od okolitého terénu, ktorý má miliardy rokov. Vedci to vysvetľujú tým, že sklon obežnej dráhy Mirandy sa zväčšoval, takže mesiac postupne stratil teplo.

Fakty do seba zapadajú, ale niekoľko snímok, získaných pred tridsiatimi rokmi, zobrazuje iba južnú pologuľu Mirandy, takže vysvetlenie záhadu mesiaca ešte nie je definitívne. O mesiacoch Jupitera a Saturna majú vedci vďaka sondám Galileo a Cassini oveľa viac údajov, o fotografiách ani nehovoriač. Tých sú tisíce.

K Jupiteru a Saturnu poletia v najbližšom de-safróči ďalšie sondy. O výprave k Uránu sa zatiaľ nehovorí. Takže na overenie najnovšej teórie o povrchu Mirandy si ešte počkáme.

### Geology

## HST hľadá ďalšie telesá pre sondu New Horizons

V júli budúceho roku obletí Pluto sonda New Horizons. Po oblete bude prelietať Kuiperovým pásmom, kde sa nachádza množstvo primitívnych ľadových telies (KBO), zvyškoch po sformovaní Slniečnej sústavy. Vedci sa snažia vytípovať pre sondu ďalšie vhodné telesá. Na dobrej pomoci im je Hubblov vesmírny ďalekokhlád. Presnejšie: nová koncepcia, pomocou ktorej dokáže HST „nazrieť“ ďalej do Kuiperovho pasu a v oblastiach (nie väčších ako 0,5°) objavovať mälo jasné objekty s priemerom okolo 25 kilometrov.

Vedci už dávnejšie zistili, že najlepšie výsledky dosahuje HST v spolupráci s inými misiami NASA a pozemskými ďalekokhládmi. V júni minulého roku preskúmal HST 20 oblastí. Unikátna citlivosť prístrojov umožnila identifikovať v nich aj také objekty KBO (pohybujúce sa pred početnými hviezdami pozadia), ktoré ani najväčšie pozemské ďalekokhlády rozlíšiť nedokázali.

HST objavil dva vhodné objekty (s priemerom okolo 20 km) vo vzdialosti zhruba 6,4 miliardy kilometrov. Ich poloha medzi jednotlivými expozíciami (10 min) sa viditeľne zmenila (na snímkach hore).

Poľoha týchto objektov nezodpovedá nijakému dávnejšiemu objavenému telesu KBO. Pozemské ďalekokhlády totiž objekty s magnitúdami 26,8 a 27,3 nedokážu rozlíšiť. Rodina KBO sa teda rozšírila.

Celé mesiace budú vedci skúmať, či sú tieto objekty vhodnými cielmi pre sondu New Horizons. Sústredia sa najmä na to, či k nim sondu New Horizons po oblete Pluta dokážu nasmerovať. Ak nie, budú pátrať po vhodnejších telesách. Nová metóda sa plne osvedčila.

HST Press Release



Uránov mesiac Miranda na snímke s vysokým rozlíšením, ktorú exponovala sonda Voyager 2.

# Mesiac: magma pod Oceánom búrok

Niekoľko kilometrov pod najväčšou tmavou škvrou na privŕtanej strane Mesiaca objavili obrovský „štopen“ magmy. Vedci predpokladajú, že ide o „geologickú plombu“ v obrovskej trhline, z ktorej pred 3,5 miliardami rokov prúdila láva. Systém pripomína priekopové prepadliny na Zemi, ktoré sa roztvárali, keď sa chladnúca kôra scvrkávala a vytvárali sa v nej veľké trhly. Objav dokazuje, že aj na mladom Mesiaci prebiehala tektonická a vulkanická aktivita, podobne ako na väčšine veľkých telies Slnečnej sústavy.

*Poznámka:* Oceanus Procellarum (po slovensky Oceán búrok) je „mesačným morom“ na východnej časti privŕtanej strany Mesiaca. Mesačné moria sú tmavé škvry, ktoré starí hvezdári považovali za moria. Preto ich tak pomenovali. Neskôr ich považovali za miesta, kam v dâvnej minulosti dopadli veľké asteroidy. Tieto „moria“ pokrývajú 16 % povrchu Mesiaca. Iba Oceanus Procellarum je taký veľký, že ho nazvali „oceánom“.

Zdá sa, že padla stará teória, podľa ktorej je Oceanus Procellarum impaktným kráterom po dopade veľkého asteroidu. Bazén oceánu je okrûhly, ale pod ním je veľká pravouhlá štruktúra, ktorá impakt vylučuje.

Údaje, ktoré vedcov priviedli k objavu, získala misia GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory), dvojica sond, ktoré krúžili okolo Mesiaca v roku 2012. Gravimetria je meraanie gravitačného poľa. Na Zemi túto metódu využívame už celé desaťročia: pri hľadaní ložísk nafty, podzemných priestorov i kovových rúd.

Mimoriadne citlivé detektory sond zmerali variácie hustoty pod povrchom a vytvorili tak gravitačnú mapu Mesiaca. Pod väčšinou okrûhlych bazénov (morí) objavila sonda kruhové štruktúry. Údaje získané z oblasti Procellarum sa však na obrazovke vyskladali do podoby záhadného štvoruholníka.

Už dâvnejšie vieme, že oblasť Procellarum je bohatá na rádioaktívne prvky, ktoré pred miliardami rokov spôsobovali vysokú teplotu. Vedci sa nazdávajú, že keď táto oblasť chladla, horniny praskali a vytvárali geometrické štruktúry, podobné včelímu plástom. Na Zemi sa takto premenili ložiská čadiča. Na Mesiaci však tieto procesy prebiehali v oveľa väčšom rozsahu. V chladnejšej magme sa vytvárali obrovské trhly až údolia, ktorími vytiekala láva na povrch, rozlievala sa na ňom a vytvorila tmavú škvru, ktorú dnes nazývame Oceanus Procellarum. Mimoriadna hmotnosť vyvretého materiálu spôsobila, že celá zaplavenná oblasť poklesla a vytvorila topografickú nížinu – bazén Procellarum.

Podobné trhly sa vyskytujú nielen na Marse, Venuši a Zemi, ale aj na niektorých mesiacoch veľkých planét. Napríklad na Encelade, kde zo početných trhliň tryskajú gejzíry mrznúcej vody.

Objav planetológov prekvapil. Mesiac totiž nie je dostatočne veľkým telesom, v ktorom by



Na povrchu Mesiaca vidíme množstvo zacelených trhliň, ktoré zviditeľnilo gravitačné mapovanie.

mohli prebiehať rovnako silné procesy konvekcie ako vo vnútri Zeme. Konvekciu sme totiž donedávna považovali za jeden z rozhodujúcich mechanizmov spôsobujúcich vytváranie veľkých trhliň. Čo tieto trhly vytvorilo na Mesiaci vedci ne-tušia.

„Mesiac nás neustále prekvapuje,“ priznal Herbert Frey s NASA. „Záhadou je aj obrovská štvoruholníková plocha lávy pod bazénom Procellarum. Dokonca aj keby sme priprustili, že tvorbu trhliň v tejto oblasti vyzvali zvýšený výskyt rádioaktívnych prvkov (ktorých rozpad generoval vysokú teplotu a teda aj tavenie a zväčšovanie objemu hornín), nevieme, prečo sa tieto prvky akumulovali iba na privŕtanej strane Mesiaca.“

Bazén Oceanus Procellarum je naj-

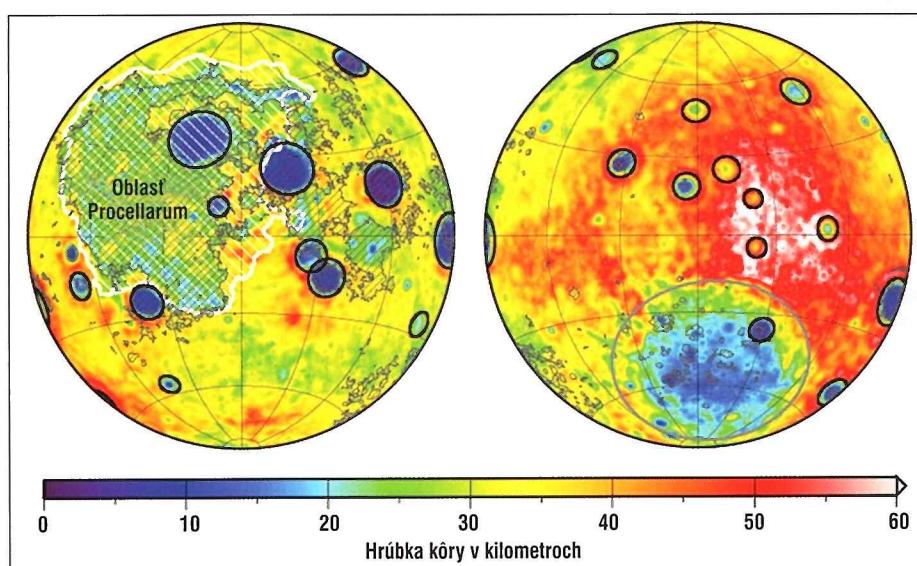
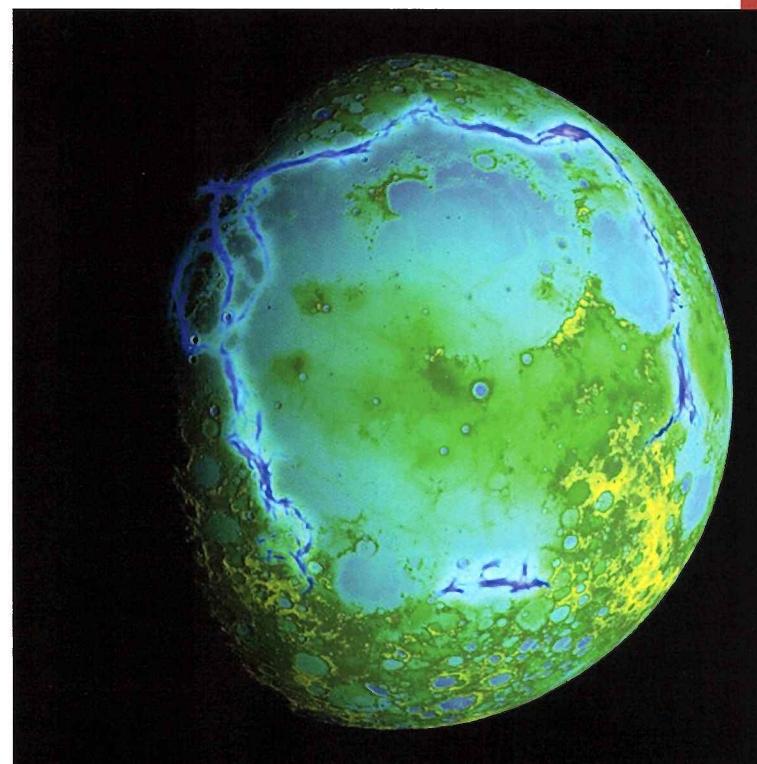
väčším útvarom tohto druhu na Mesiaci (väčší ako panva South Pole – Aitken) a je, po bazéne Borealis na severných planinách Marsu, druhým najväčším v Slnečnej sústave.

Vedci zatiaľ nezavrhli ani teóriu impaktu. Podľa japonských planetológov pyroxén, minerál, ktorý dominuje v bazéne Procellarum determinovali aj v impaktnom bazéne South Pole – Aitken. Pyroxén je obvykle produkтом procesov, prebiehajúcich v mäknúcom (zahrievanom) plášti, alebo obnažením a zahriatím plášťa po náraze veľkého telesa.

Ako však vysvetliť štvorcový pôdorys gigantického stĺpca lávy pod povrchom? Počkáme, uvidíme...

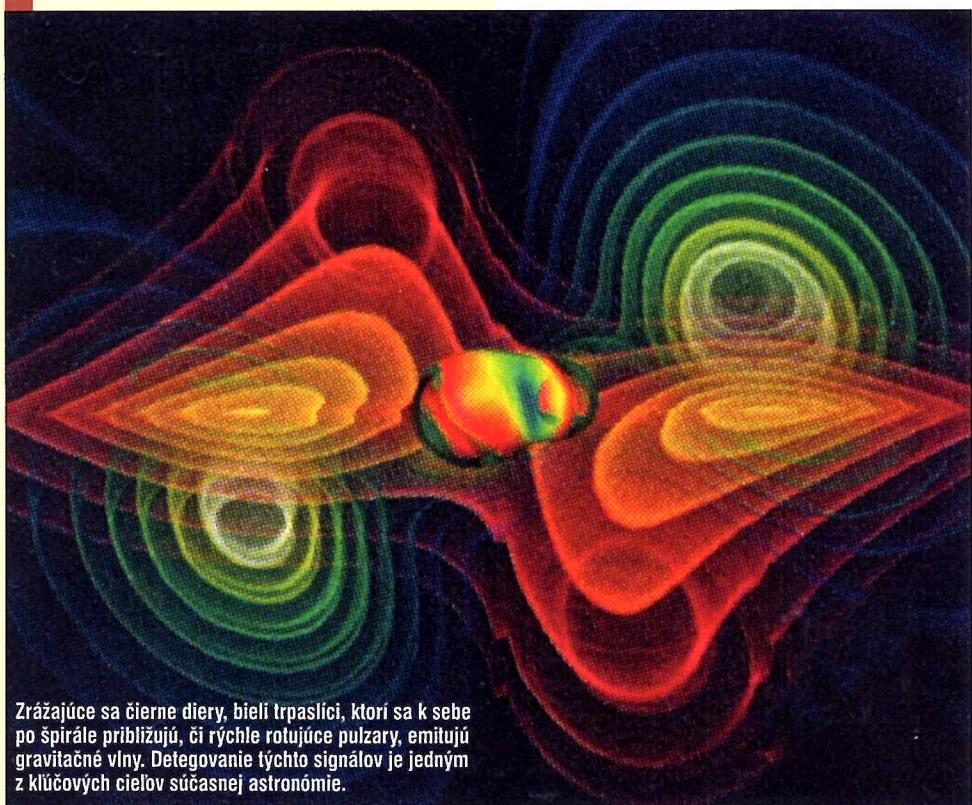
NASA Press Release; Nature

Trhly v oblasti Oceanus Procellarum, ktoré prezradili gravitačné anomálie.



Gravitačná mapa povrchu Mesiaca podľa údajov misie GRAIL.

# Prieskum vesmíru a gravitačné vlny

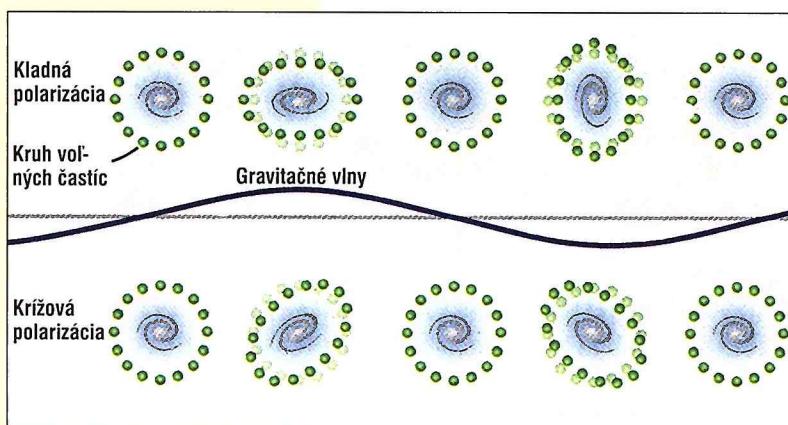


Zrážajúce sa čierne diery, bieli trpasliči, ktorí sa k sebe po špirále približujú, či rýchle rotujúce pulzary, emitujú gravitačné vlny. Detegovanie týchto signálov je jedným z kľúčových cieľov súčasnej astronómie.



Joseph H. Taylor Jr. a Russel A. Hulse získali v roku 1993 Nobelovu cenu za fyziku za objav neutrónovej dvojhviezdy a neskôršie pozorovania tejto sústavy, ktorá generuje gravitačnú energiu.

Gravitačné vlny sa prejavujú ako stopy v tkanine časopriestoru. Prejavujú sa tak, že vo chvíli, keď prechádzajú cez volné časticie, menia vzdialenosť medzi nimi. Vlny môžu byť polarizované kladne, alebo krízovo.



Astronómovia dúfajú, že budú môcť študovať gravitáciu rovnako, ako pozorujú viditeľné svetlo a zvyšok elektromagnetického spektra. Podľa teórie vytvára gravitácia vlnám podobné záhyby v tkanine časopriestoru. Gravitačné vlny nie sú len produkтом masívnych objektov, ale vznikajú aj po mánvnutí vrabčích krídel. Gravitačné vlny, ani tie z najsilnejších zdrojov, sa však zatiaľ nikomu nepodarilo detegovať. Vedci však dúfajú, že čoskoro sa im tie najsilnejšie vlny podarí zaznamenať, ale v oveľa väčších rozmeroch. Zdrojom týchto vln by mali byť neutrónové dvojhviezdy, splývajúce čierne diery po kolíziách galaxií, ba do-

konca aj big bang. Ak sa to vedcom podarí, získali by najsielnejší dôkaz platnosti Einsteinovej všeobecnej teórie relativity.

Elektromagnetické žiarenie, ktoré je zdrojom skoro všetkých informácií o vesmíre, je oscilácia elektrického a magnetického poľa, ktorá sa v časopriestore prejavuje pozdĺž dvoch osí. Pozemské detektory sa po celé desaťročia pokúšajú zaznamenávať slabé gravitačné vlny, prejavujúce sa pozdĺž troch geometrických osí –  $x$ ,  $y$  a  $z$  a mali by byť prejavom aktuálnych oscilácií časopriestoru. Oscilácie sú produkтом zrýchleného pohybu telies a následného nařušenia časopriestoru.

Tak ako elektromagnetické žiarenie, aj gravitačné žiarenie prenáša energiu v podobe vln, ktoré sa prejavujú v celej palete frekvencií, od 0 až po stovky miliónov hertzov (Hz) nazývame krátkymi vlnami. Objekty s odlišnými hmotnosťami produkujú rozdielne frekvencie gravitačných vln. Hviezdy, spárené s bielymi trapasíkmi či neutrónovými hviezdami, produkujú vlny s vysokými frekvenciami, zatiaľ čo hmotnejšie objekty (supermasívne čierne diery v jadrách galaxií) produkujú vlny s nízkymi frekvenciami. Najsilnejšie signály generujú najmasívnejšie objekty, tie, ktoré dokážu pokrčiť tkaninu časopriestoru viac ako telesá s nižšou hmotnosťou.

V roku 1916 Einstein predpovedal, že hmotá dokáže pôsobiť na časopriestor a prejavovať sa gravitačnými vlnami, ale astronómom sa zatiaľ nepodarilo overiť jeho predpovede priamo. Úspešnejšie boli nepriame merania gravitačného žiarenia.

## Zvláštna dvojhviezda

V roku 1993 fyzici Russel A. Hulse a Joseph H. Taylor získali Nobelovu cenu za objav zvláštejnej dvojhviezdy. Niekoľko mesiacov zaznamenávali pulzy žiarenia z rýchle rotujúceho pulzaru a zistili, že toto teleso (PSR 1913+16) obieha okolo bodu v priestore (tažiska), okolo ktorého krúži aj iná neutrónová hvieza. Z údajov obaja vedci vypočítali hmotnosti a obežné dráhy oboch telies.

Taylor pulzar PSR 1913+16 pozoroval aj počas ďalších rokov. Zistil, že perióda jeho obehu (7,75 hodiny) sa skracuje v zhode s emisiami gravitačného žiarenia. Vedci sa nazdávajú, že táto energia sa zo systému dvojhviezdy stráca v podobe gravitačných vln.

Nedávno, po 40 rokoch pozorovania Taylorov tím zistil, že priemerná vzdialenosť oboch objektov sa skrátila o 136 metrov. V budúcnosti, po uplynutí 300 miliónov rokov sa obe telesá priblížia k sebe natoliko, že gravitačne splynú. Aj v ďalších sústavách zaznamenali gravitačné žiarenie, ale iba nepriamo. Prin-

ma detekcia gravitačných vĺn sa však zatiaľ nepodarila. Kým sa tak nestane, vedci nedokážu pochopíť zákony prírody na základnej úrovni, podľa ktorých (aspôň podľa teórie), by mali byť aj gravitačné vlny zaznamenateľné. Prečo sa zákony gravitácie zdajú byť vyčlenené z čoraz viac sa zjednocujúcich zákonov prírody?

Základné zákony fyziky tvoria štyri základné sily: dve jadrové (silná a slabá sila), elektromagnetická a gravitačná sila. Prvé tri dokážu vedci chápať ako zjednotené, ale gravitácia sa zatiaľ z kvantovej fyziky vymyká. Nikto nevie prečo. V atómových jadrach je atómová interakcia  $10^{38}$ -krát silnejšia ako gravitácia. V kozmickej škále však jednoznačne dominuje. Nijakej teórii sa zatiaľ nepodarilo zjednotiť tieto dve časti fyziky.

Vieme, že kvantová fyzika opisuje elementárne čästice. Predpovedala aj existenciu Higgsovoho bozónu, ktorý nedávno v CERNe objavili. Vedci nespochybňujú platnosť všeobecnej teórie relativity, ale netušia či platí Einsteinova verzia, alebo jeden z jej početných variantov.

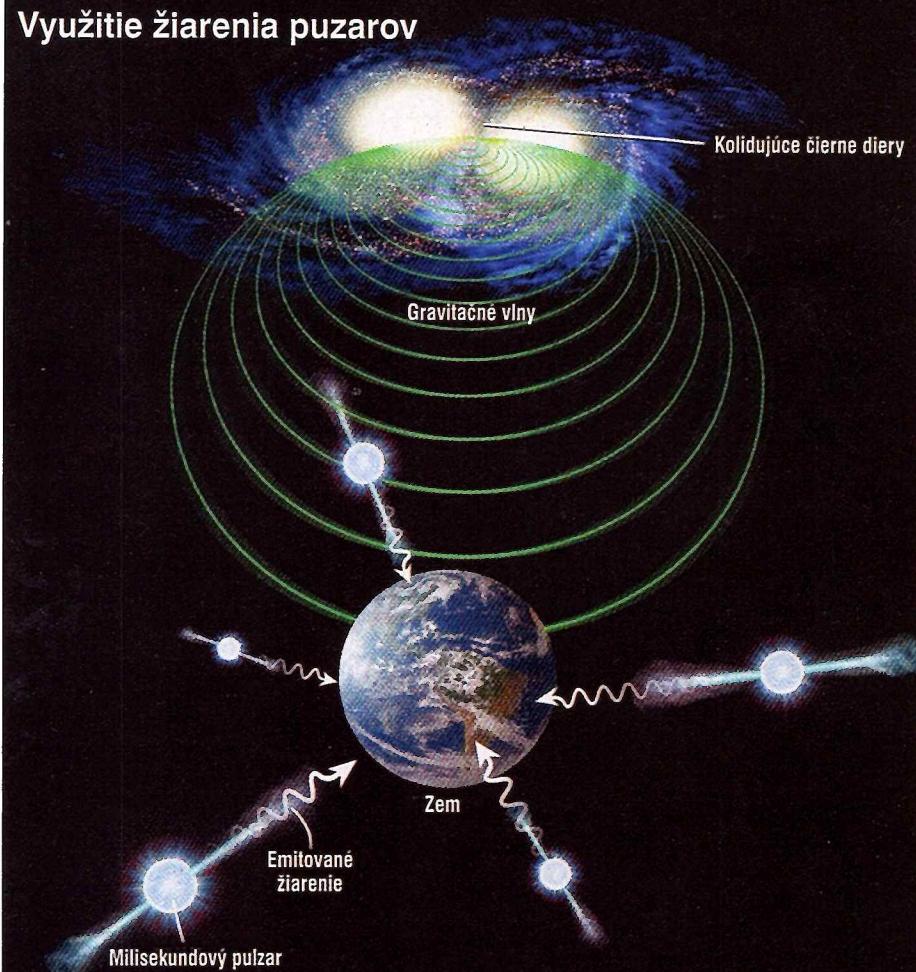
Prvým krokom smerom k detekcii gravitačných vĺn je snaha dozvedieť sa viac o gravitácii. Sile, ktorá produkuje záhyby časopriestoru. Ak sa to podarí, otvorí sa nové okno skúmania vesmíru.

### Presné prírodné hodiny

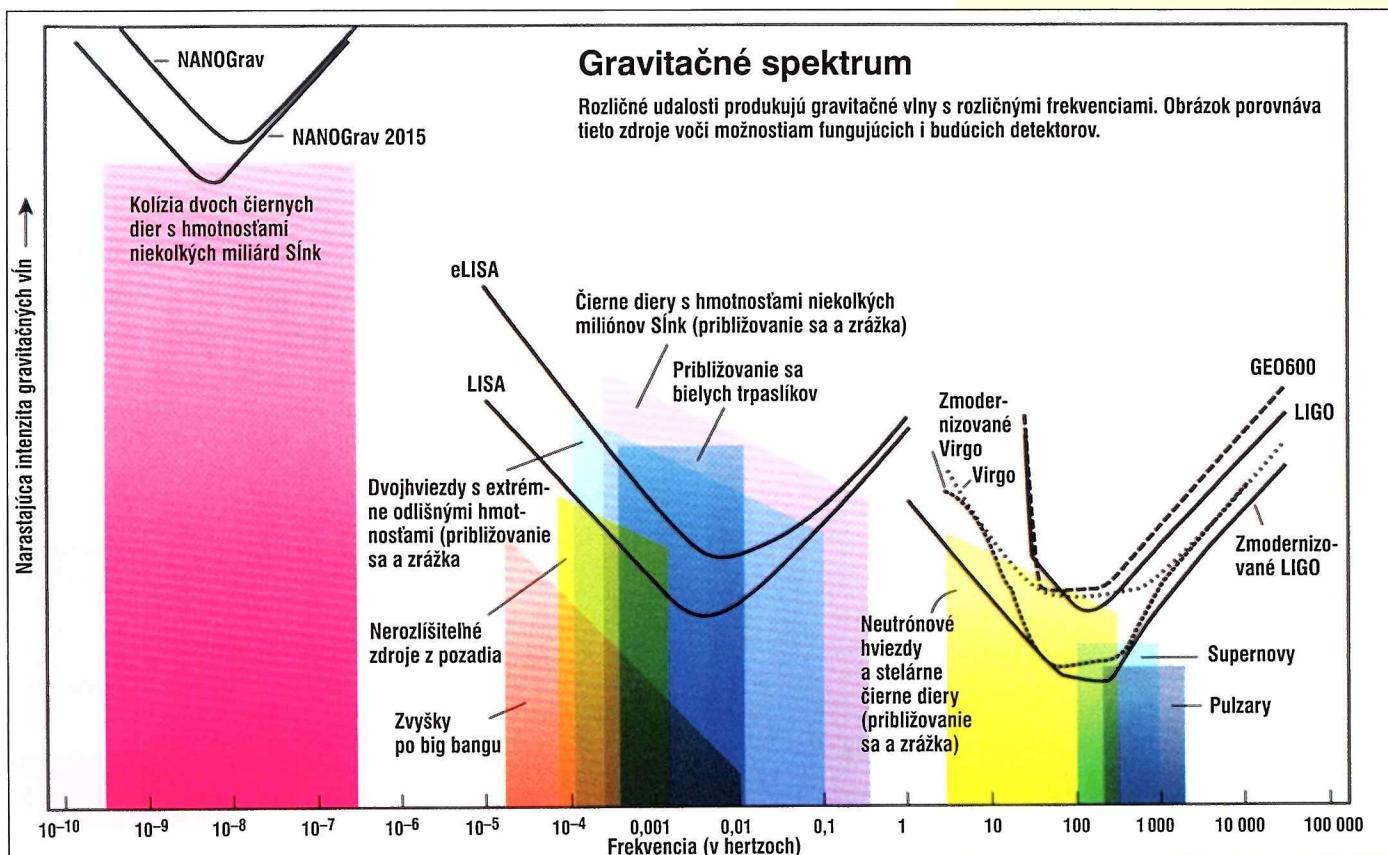
Časť astronómov hľadajúcich gravitačné vlny sa zameriava na pulsáre, ale využívajú iné metódy ako Taylor. Viaceré tímy študujú milisekundové pulsáre, telesá, ktoré sa otáčia okolo svojej osi až 1 000-krát za sekundu. Ich rotácia je taká stabilná, že aj najmenšia,

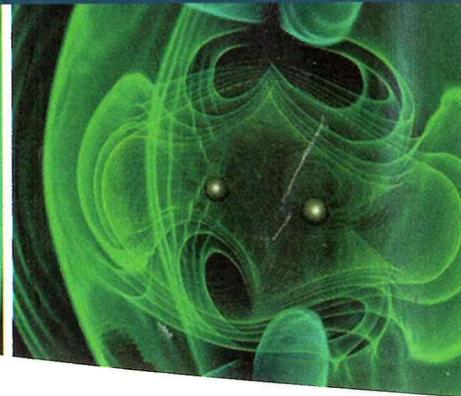
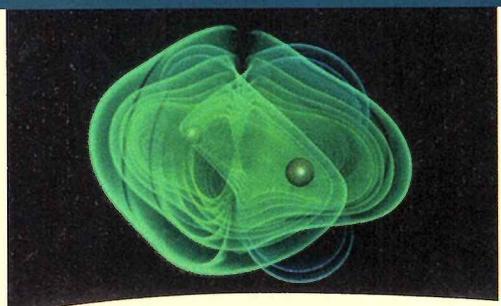


## Využitie žiarenia pulzarov



Zrážajúce sa čierne diery generujú gravitačné vlny, ktoré sa šíria časopriestorom. Astronómovia využívajú najpresnejšie prirodne hodiny – milisekundové pulsáre, aby tieto záhyby časopriestoru zaznamenali. Ak sa takéto vlny šíria medzi Zemou a pulzarem, môžu zmeniť hodnoty série signálov, ktoré pulzar vysiela.

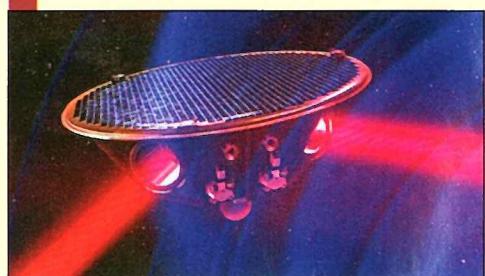




Ked' sa dve čierne diery k sebe približujú, generujú najdlhšie gravitačné vlny s nízkymi frekvenciami. Vedci znázornili tento proces na superpočítačoch. Jednu z možností vidíte na šiestich obrázkoch.



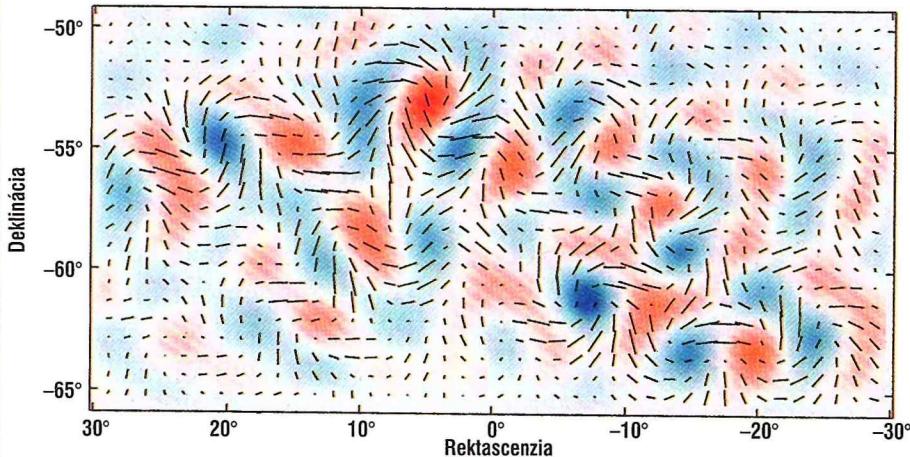
Prvú dvojicu čiernych dier v strede galaxie objavili astronómovia v roku 2001. Získali tak jeden z dôkazov o procesoch gravitačného spĺňania malých galaxií do veľkej galaxie. V tomto prípade NGC 6240.



Okoľo roku 2034 vypustí Európska vesmírna agentúra veľké vesmírne observatórium, ktoré bude obnovovať záhyby v časopriestore. Na obrázku vidíte jednu z možných podôb tohto observatória.

V marci minulého roku zverejnili vedci objav B-módu polarizácie v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia (CMB). Ide o prvé „svetlo“, ktoré vedci môžu študovať. Inflácia, náhle superrozprutenie vesmíru, iba niekoľko zlomkov sekundy po big bangu, generovala primordiálne gravitačné vlny, ktorých stopy sa zachovali v CMB.

## Primordiálne stopy



merateľná odchýlka má vplyv na pozadie gravitačných vln, ktoré sa šíria blízko Zeme.

North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves (NANOGrav) využíva obrí rádioteleskop v Arecibe a Green Bank Telescope v Západnej Virginii. Projekt je súčasťou medzinárodnej siete (Pulsar Timing Array), do ktorej sú zapojené aj podobné zariadenia v Austrálii a v Európe.

Milisekundové pulzary sa často vyskytujú v dvojhviezdach. V takomto systéme sa druhá zložka (obyčajne normálna hviezda) premení na rozpínajúceho sa obra, pričom časť jej hmoty nabafuje pulzar. Prísun hmoty rotáciu pulzaru urýchluje. Kým sa pomaly rotujúca neutrónová hviezda premení týmto spôsobom na rýchle rotujúci milisekundový pulzar, môže ubehnúť až miliarda rokov.

Vedci milisekundové pulzary monitorujú a porovnávajú signály, ktoré sa počas mesiacov či rokov menia. Zmeny by sa mali prejavoviť nepatrými premenami časopriestoru okolo Zeme ľubovoľným smerom. Pár tesných pulzarov vysiela signály, ktoré sa budú oneskorujú, alebo sa objavia o niečo skôr. Korelácie medzi signálmi by mali prezradiť gravitačné vlny, šíriace sa okolo Zeme. Vedci dokážu zmerať zmeny signálov z pulzarov s presnosťou desiatok nanosekund. Zmeny však môžu byť aj produkтом gravitačného žiarenia pozadia, ktoré vygenerovali gravitačné kolízie supersmasívnych čiernych dier.

V ostatných rokoch sa zdalo, že nám technika umožní detegovať gravitačné vlny z niekolkých desiatok pulzarov s presnosťou sto nanosekund, ale zatiaľ bez úspechu. NANOGrav by mohla detegovať gravitačné vlny nanajvýš z čiernej dvojhiezdy, tesného páru čiernych

dier, ktoré kedysi (v čase, keď generovali gravitačné vlny) obiehali spoločné tažisko za jeden rok. Takáto sústava by mala produkovať gravitačné vlny na najdlhšej vlnovej dĺžke (na najnižšej frekvencii), čo zodpovedá jej vysokej hmotnosti i rýchlosťi pohybu. Pre detegovanie signálov z takéhoto zdroja je NANOGrav nacitlivejší.

Astronómovia očakávajú, že v budúcnosti budú detegovať gravitačné vlny s frekvenciami nanohertzov ( $10^{-9}$ ), čo zodpovedá vlnovým dĺžkam celých rokov. Vedci veria, že už v najbližších rokoch gravitačné vlny zachytia. Ak sa im to podarí, najbližším cieľom bude získanie signálov na rozličných frekvenciách, ktoré by vedcom prezradili viac o zdroji týchto vln.

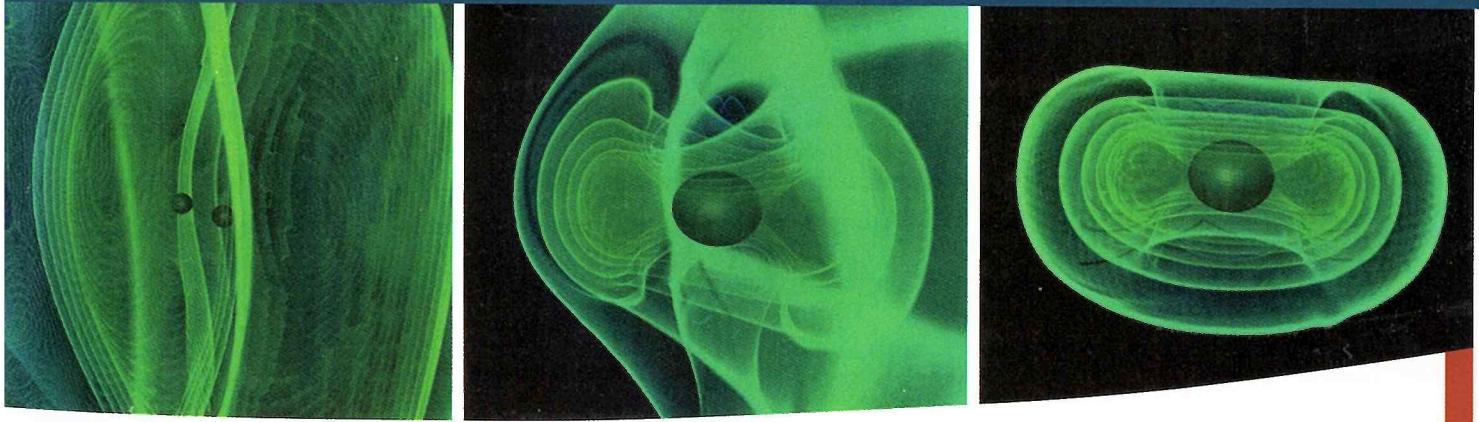
## Gravitačné ďalekohľady

Najvýkonnejší detektor gravitačných vln je predbežne Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO). Celých päť rokov využíval toto zariadenie americký tím, ktorý hľadal gravitačné žiarenie s vysokými frekvenciami (10 až 10 000 Hz). Tento prístroj teraz s nákladmi 200 miliónov dolárov modernizujú. Po spustení dokáže zaznamenať všetky zo Zeme detegovateľné zdroje gravitačného žiarenia: kolidujúce binárne pulzary (dvojhviezdy, ktoré tvorí pári pulzarov), stelárne čierne diery počas gravitačného kanibalizmu, supernovy typu II, ba dokonca aj zmeny na povrchu neutrónových hviezd.

LIGO tvoria dva detektory v Hanforde (Washington). Jeden má dĺžku 4, druhý 2 kilometre. Doplňa ich ďalší detektor v Livingstone (Louisiana), dlhý 4 kilometre. Každý z týchto prístrojov využíva dve dlhé laserové ramená kolmé na seba, tvoriace písmeno L. Svetlo laserov sa v nich šíri dlhými vákuovými tubami.

Vedci svetlo laserov pozorne nasmerujú tak, aby interferovali a vytvárali tmavé mriežky, ktorých úlohou je, aby ani jediný fotón neminul detektor častíc. Gravitačné vlny, ktoré zariadením prenikajú kolmo na obe ramená, svetlo lasera v jednom ramene predĺžujú, v druhom skracujú. Táto metóda umožňuje vyuhnúť sa destrukcii interferencie laserového svetla. Šíriaca sa gravitačná vlna vyvolá v takom prípade konštruktívnu interferenciu laserového svetla a umožní všetkým fotónom zasiahnuť detektor častíc, ktorým je zavesená testovacia hmota. Tieto fotóny by detektor zaznamenal ako gravitačné vlny.

LIGO do roku 2010 nezaznamenalo nijaké gravitačné vlny. Po vylepšení sa jeho výkon zvýši 1 000-násobne. Tím z Caltechu počas ostatných rokov vylepšil zrkadlá, zvýšil výkon



laseru a vymenil testovacie hmoty. Vylepšené LIGO dosiahne plnú citlivosť koncom budúceho roku.

Pozemské gravitačné detektory vyvinuli aj Taliansi a Nemci. VIRGO (Variability of solar IRadiance and Gravity Oscillations), zariadenie pri Pise, je laserový interferometer, zostavený z dvoch, na seba kolmých ramien (s dĺžkou 3 km). Ani VIRGO zatiaľ nijaké gravitačné vlny nezaznamenal, takže ho tiež vylepšia. Pracovať začne začiatkom roku 2016.

Pri Hannoveri pracuje GEO600, nemcko-britský interferometer gravitačných vln. Tvoria ho dve 600 metrov dlhé rameňa. Tento prístroj spolupracoval istý čas s LIGO, ale dnes slúži najmä ako zariadenie pre výskum a vývoj zariadení pre zdokonaľovanie detektorov gravitačných vln.

## Globálne limity

Jedným z hlavných limitov pri stavbe pozemských detektorov je to, že pod hranicou 10 Hz je nemožné sledovať čokoľvek okrem pohybov spôsobených ľuďmi, dopravou, geologiou a vetrom. Vo vesmíre, kde je menej ruchov, možno súčasť vlny s nižšími frekvenciami zaznamenať, ale o to fažie je dopraviť tam také silné lasery, ktoré majú dostatočnú citlivosť na detekciu vyšších frekvencií. Američania preto plánujú využiť sieť globálnych detektorov gravitačných vln, vybavených novou generáciou interferometrov. Takáto sústava by umožnila koordinovať pozorovania gravitačných vln aj s elektromagnetickými dalekohľadmi, s cieľom presnejšieho určenia zdroja týchto vln.

Vedeči sa zamerajú najmä na populáciu čiernych diér. Na to, ako sa formujú, ako gravitačne splývajú, ako ovplyvňovali a ovplyvňujú zväčšovanie galaxií. V tomto odbore astronómie sa objavuje čoraz viac dôvtipných špekulácií, ktoré nie sú podložené hodnotenými údajmi. Tie údaje by vedeči mohli získať štúdiom gravitačných vln.

## Kozmické detektory

Ešte v roku 1990 sa NASA a ESA dohodli, že vyšľú do vesmíru zariadenie LISA (Laser Interferometer Space Antenna). NASA medzičasom z projektu vystúpila. Európska vesmírna agentúra však misiu s pozmeneným názvom eLISA nadálej pripravuje. Zdá sa však, že toto zariadenie poletí do vesmíru až v roku 2034.

Zariadenie LISA malo tvoriť tri valce s priemerom 1,8 metra. LISA by krúžila okolo Slnka a jej dráha by mala tvar rovnostranného trojuholníka so stranami dĺžkou 5 miliónov kilometrov. Zariadenie eLISA by však mali

tvoriť materskú loď a dve „dcéry“, umiestnené tak, že by vytvárali sústavu v tvare V so stranami dĺžkou milión kilometrov. Veľkosť dalekohľadu by sa takto zmenšila až pätnásobne, čo by značne znížilo celkové náklady.

Dalekohľad sa bude pohybovať vo vzdialosti 1 AU od Slnka. Jeho vzdialenosť od Zeme by sa na dráhe s  $60^\circ$  sklonom voči rovine Slnečnej sústavy menila od 20 až po 50 miliónov kilometrov. eLISA bude využívať dva 1-wattové infračervené lasery, pomocou ktorých (podobne ako LIGO) bude určovať, do akej miery svetelné vlny interferujú s cieľom detegovať gravitačné žiarenie. Prístroje eLISA budú mať citlivosť na frekvencie od milihertzu až po desatinu hertzu, čo zodpovedá vlnovým dĺžkam s dĺžkou 3 až 300 miliónov kilometrov. Zdrojmi takýchto dlhých vln by mohli byť dvojhviezdy, ktorých zložky tvoria dve biely trpaslíci, supermasívne čierne diery počas prebiehajúcich kolízie, ba dokonca aj big bang.

Gravitačné dalekohľady by mali detegovať gravitačné žiarenie zaznamenávaním zmien medzi pohybujúcimi sa testovacími telesami (kocky s hranou 4 centimetre), potiahnuté zlatinou zlata a platiny, ktorá by sa vznášala vo vakuu vo vnútri troch lodí mimo nežiadúcich vonkajších vplyvov. Vedeči budú merať polohu každej kocky. Tie kocky budú magneticky „čisté“. Na magnetické polia či časticu zo Slnka nebudú reagovať, pretože tieto vplyvy je ľahké odlišiť od interakcií gravitačných vln. Iba takto sa dá docieliť, aby kocky pohybujúce sa priestorom reagovali len na gravitačné sily.

Do roku 2020 budú inžinieri vylepšovať detaily misie. Ak sa NASA rozhodne zúčastniť na misii, eLISA sa vráti k pôvodnej koncepcii LISA.

Vedeči očakávajú, že už počas prvých mesiacoch pozorovaní zaznamenajú tisíce zdrojov gravitácie: neutrónové dvojhviezdy, kanibalizmus dvoch kolidujúcich čiernych diér či premeny stelárnych čiernych diér na supermasívne.

ESA už v roku 2015 vypustí misiu LISA Pathfinder, jednoduchú loď, ktorá preverí najdôležitejšie technológie: laserový interferometr, voľne sa pohybujúce testovacie telesá, mechanizmus kontrolujúci vedľajšie gravitačné vplyvy, magnetizmus i úroveň šumu.

## Až na prah big bangu

Zaznamenávanie gravitačných vln vygenerovaných big bangom si však vyžiada ďalšie misie. NASA sa rozhodla finančovať štúdiu, ktorá by navrhla, ako nazrieť za „železnú oponu“, na samý počiatok času. Do obdobia, pred vzplanutím prvého „svetla“ – mikrovlnného žiarenia

kozmického pozadia (CMB), ktoré sa odohralo zhruba 380 000 rokov po big bangu. Toto primordiálne žiarenie, produkt rekombinácie elektrónov a jadier atómov, umožnilo, aby sa žiarenie voľne šírilo do celého vesmíru.

Štúdia by mala až po detaile rozpracovať koncepciu misie Big Bang Observer, ktorá by mohla odštartovať okolo roku 2050. Satelia by tiež obiehali okolo Slnka, ale zaznamenávali by frekvencie 0,1 až 10 Hz, teda oblasť medzi oblasťami, ktoré pokrýva LISA a pozemské interferometrické detektory.

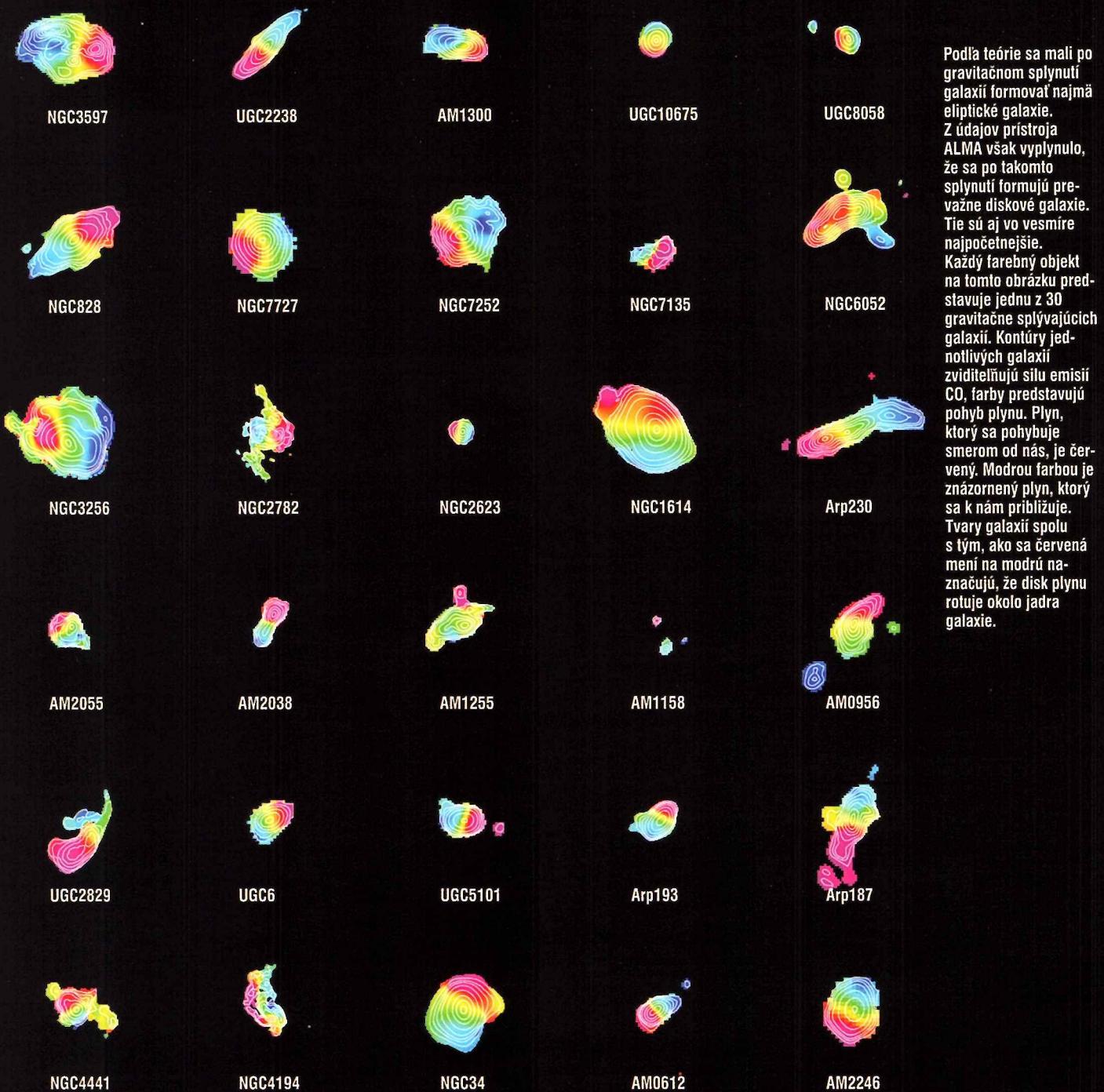
Gravitačné vlny z big bangu by mali byť zriedkavé, ale neobyčajne dlhé: od veľkosti pozorovaného vesmíru až po vlny s dĺžkou niekoľkých tisícok kilometrov. Tieto vlny by podľa teórie mohol zaznamenať aj pozemský, vylepšený detektor LIGO.

Tieto gravitačné vlny by umožnili astronómom študovať obdobie hyperzrýchlenia, teda kozmickej inflácie, už  $10^{-36}$  sekundy po počiatku času. Dokonca aj skoršie udalosti, samotný big bang, mohol produkovať gravitačné vlny. Ak by vedeči tieto vlny zaznamenali, získali by informácie o základných interakciách častic a energiách v škálach daleko prevyšujúcich možnosti pozemských urýchľovačov.

Hoci je priame pozorovanie týchto primordiálnych vln zatiaľ hudobou budúcnosti, kozmológovia už zverejnili objav stôp gravitačných vln v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia (CMB). Tieto vlny pripomínajúce stopy, ktoré zaznamenal prístroj BICEP2 v Antarktíde, sú zvyškami procesov, ktoré sa odohrávali v mladom časopriestore.

Ibaže aj tento objav, ak bude potvrdený, je stále iba nepriamym pozorovaním gravitačných vln. CMB je zatiaľ rozhraním, za ktoré sme ešte neprenikli. Medzi mikrovlnným žiareniom kozmického pozadia a vznikom vesmíru zíva ešte veľká medzera.

Vedeči upozorňujú, že aj keby sa prastaré gravitačné vlny podarilo detegovať, nebude ľahké rozlíšiť, či ich vygeneroval big bang, alebo kozmická inflácia. Signály nebudú mať vlastnosti, pomocou ktorých by ich mohli rozlíšiť, pomenovať a zistíť, čo bolo ich zdrojom. Tak, alebo onak, ak sa tieto misie a experimenty skončia úspechom, objav gravitačných vln ťažiacich sa vesmírom od jeho prvopočiatku rozpúta revolúciu v astronómii. Pred astronómami sa objaví svet, ktorý nijakým iným spôsobom nemôžeme pozorovať.



Podľa teórie sa mali po gravitačnom splynutí galaxii formovať najmä eliptické galaxie. Z údajov prístroja ALMA však vyplynulo, že sa po takomto splynutí formujú prevažne diskové galaxie. Tie sú aj vo vesmíre najpočetnejšie. Každý farebný objekt na tomto obrázku predstavuje jednu z 30 gravitačne splývajúcich galaxií. Kontúry jednotlivých galaxií zviditeľňujú silu emisií CO, farby predstavujú pohyb plynu. Plyn, ktorý sa pohybuje smerom od nás, je červený. Modrou farbou je znázornený plyn, ktorý sa k nám približuje. Tvary galaxií spolu s tým, ako sa červená mení na modrú naznačujú, že disk plynu rotuje okolo jadra galaxie.

## Búrlivý pôvod galaxií

Donedávna boli vedci presvedčení, že eliptické galaxie sa formujú gravitačným splývaním menších galaxií. Najnovší objav ich predstavy vyvrátil: získali dôkaz, že splývaním sa formujú prevažne diskovité galaxie.

Medzi diskové galaxie patria špirálové galaxie (napríklad Mliečna cesta) a šošovkové galaxie. Pozorujeme ich ako oblasti prachu a plynu v podobe lievanca. Odlišnú kategóriu tvoria elipsovité galaxie. Medzinárodný tím nedávno zistil, že väčšina kolízii galaxií, vzdialenosť 40 až 600 miliónov svetelných rokov, končí sformovaním diskovitých galaxií. Teda nie eliptických, ako sa vedci donedávna nazdávali. Počas divokých interakcií gravitačného

splývania a kanibalizmu menia galaxie postupne svoj tvar. Počítačové simulácie spred 40 rokov predpovedali, že splynutím dvoch diskových galaxií vznikne jedna eliptická galaxia. Podľa rovnakej prognózy by väčšina dnešných galaxií mala byť eliptická, čo je v rozpose so súčasnými pozorovaniami. Dnes vieme, že vyše 70 % galaxií má tvar disku, nie elipsoidu.

Kvôli identifikácii konečných tvarov galaxií po vzájomnom splynutí vedci študovali distribúciu plynu v 37 galaxiách, nachádzajúcich sa vo finálnej fáze splývania. Na detekciu emisií oxidu uhoľnatého (CO), ktorý indikuje molekulový plyn, využili niekoľko rádioteleskopov, vrátane sústavy ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array).

Údaje, ktoré získali, predstavujú doteraz najrozsiahlejšiu štúdiu o molekulovom plyne v galaxiách. Zároveň ponúkajú unikátny pohľad na procesy formovania Mliečnej cesty.

Podľa štúdie väčšina galaxií typu „merger“ (teda tých, ktoré sa sfornovali splynutím dvoch pôvodných galaxií) má tvar disku. Sú to oblasti, ktoré vyplňa molekulový plyn, a preto sa v nich formujú diskové galaxie. Junko Ueda, vedúci tímu, označuje tento objav za klúč k pochopeniu toho, ako sa diskovité galaxie formujú.

Vedcov však čaká ešte veľa práce. V plynových diskoch začínajú študovať tvorbu hviezd. Iná skupina nazrie do vzdialenejšieho vesmíru. Vieme, že väčšina najvzdialenejších galaxií má tiež tvar disku. Netušime však, či aj tieto disky sú produkтом gravitačného splývania, alebo sa sfornovali z chladného plynu, nabaľujúceho sa na jadro galaxie. Nie je vylúčené, že Uedov tím objavil základný mechanizmus, ktorý fungoval počas celej histórie vesmíru.

ESO Press Release

# Multiverzum:

## ríša neznámych vesmírov

Čoraz viac renomovaných fyzikov je presvedčených, že nás vesmír je iba jeden z bezpočtu iných vesmírov v multiverze. Skeptickejší vedci ich obviňujú, že táto výstredná hypotéza je nezodpovedným popretním vedeckeho rozumu. Majú dojem, že sa otriasajú princípy a metódy hodnotovej fyziky.

Ešte pred piatimi storočiami sa astronómovia nazdávali, že Zem je stredom kozmu. Argumenty tých, čo o tom zapochybovali ešte pred Koperníkom, vedecká elita z najrozličnejších dôvodov nebrala do úvahy. Napokon, aj Kopernikovu slávnu prácu zaradil Vatikán nadľho do zoznamu zakázaných kníh. V Bratislave sa ešte v 19. storočí aj na renomovanejších školách uprednostňovala Ptolemaiova geocentrická sústava. (Pozri Dejiny slovenskej astronómie od Ladislava Drugu.)

Pred sto rokmi sa aj najrenomovanejší vedci nazdávali, že naša Galaxia je jedinou galaxiou vo vesmíre. Dnes vieme, že podľa najnovších odhadov je galaxií najmenej bilión. Teraz riešia kozmológovia ďalšiu dilemu. Kto sa mylí? Tí, čo tvrdia, že okrem nášho vesmíru nijakých iných vesmírov nie sú, alebo tí, čo sa nazdávajú, že nás vesmír môže byť iba jedným z nekonečného množstva iných vesmírov v multiverze?

Hypotézu multiverza rozpracúvajú kvantoví fyzici a kozmológovia. Ich práce uverejňujú uznávané vedecké periodiká. Dočítame sa v nich, že vesmíry vznikajú ako bublinky vo vriacej vode; že v multiverze môžu existovať rovnaké vesmíry ako ten nás; ale zároveň aj najrozličnejšie varianty nášho kozmu.

Podaktori kozmológovia sú presvedčení, že všetko, čo je fyzikálne možné, musí aj existovať. Brian Greene z Columbia University definoval nedávno superkoperníkovský princíp: „Rovnako ako Zem, ani nás vesmír nemá výnimočné miesto, je iba časťou multiverza.“

„Myšlienka, že fyzikálna realita je oveľa väčšia ako možnosti jej vnímania ľuďmi a pozorovateľná časť nie je reprezentatívna pre celok, sa potvrdilo na najrozličnejších úrovniach,“ pripomína Frank Wilczek z Massachusetts Institute of Technology.

Wilczekovi v roku 2004 udeliili Nobelovu cenu za prínos k teórii kvantových polí silných interakcií. „Nie je vylúčené, že prírodné zákony, pomocou ktorých pozorovateľný vesmír úspešne opisujeme, budeme musieť zvažovať vo väčšom rámci, ktorý by zahrňal aj to, čo pozorovať



Vesmírna prieplasť: najnovším produkтом kozmológie je hypotéza multiverza. Podľa nej existuje bezpočet najrozličnejších kozmov, každý s vlastným časopriestorom.



## Vesmír vesmírov

**N**ikto nevie, kto a kedy pojem vesmír po prvý raz použil. Pojem nájdeme pod najrozličnejšími významovými odtieňmi už v spisoch filozofov Williama Jamesa (1842 až 1910), Heinricha Rickerta (1863 až 1936), i Ernsta Blocha (1885 až 1977), pravdaže mimo súčasného fyzikálno-kozmologického kontextu.

Dôležitým sa tento pojem stal až v kvantovej fyzike, počas debaty o interpretácii „mnohých svetov“. Nastoluje existenciu mnohých, navzájom sa prekrývajúcich kvantových svetov. Andy Nimmo z British Interplanetary Society rozumel pod pojmom multiverzum iba jednu z vetiev vlnovej funkcie vesmíru. Inými slovami, išlo by iba o jeden z mnohých svetov. Jeho definícia sa však nepresadila.

Kvantoví fyzici a kozmológovia používajú „multiverzum“ práve v opačnom zmysle: ako spoločný názov pre všetky tieto svety. David Deutsch z Oxford University spomína, že ked' v roku 1977 začal hypotézu „many worlds“ skúmať, pojem jednoducho prevzal z literatúry sci-fi. Michael Morlock použil pojem multiverzum vo viacerých poviedkach zbierky Eternal Champion, vydanej v roku 1962, a neskôr aj v románe The Blood-red Game.

V 80. a 90. rokoch minulého storočia si pojem definitívne osvojili aj kozmológovia, pretože začali čoraz viac špekulovať o iných vesmíroch, najmä v súvislosti so scenárom kozmickej inflácie a nezávisle (ale zavše aj v kombinácii) s bezpočtom kvantových svetov. Po roku 2000 sa pojem etabloval aj v odbornej literatúre. Počas ostatných piatich rokov zverejnili vedci pod titulkom, v ktorom sa multiverzum objavilo, vyše 150 článkov.

**Kozmické oko:** planetárna hmlovina Helix vzdialenosť 650 svetelných rokov v súhvezdí Vodného.

nemôžeme.“ Táto veta sa objavila vo Wilczekovom článku „Multiverzalita“, ktorý uverejnil časopis Classical and Quantum Gravity. Autor sa pýta: „Existujú aspekty univerza, ktoré okrem multiverzality nedokáže vysvetliť nijaká iná teória?“ A menuje niekoľko závažných dôvodov, prečo by veda na túto otázkou mala odpovedať jednoznačným: ÁNO.

Wilczeka v ostatných rokoch podporili ďalší významní fyzici a kozmológovia: Alan Guth, Alexander Vilenkin, Andrej Linde, Leonard Susskind, sir Martin Rees i laureát Nobelovej ceny Steven Weinberg.

Rovnako renomovaní skeptici (Steven Hawking, George Ellis) namietajú: „Nejde o teóriu, ale skôr o odvážnu koncepciu.“ A nobelista fyzik Robert Laughlin dokonca hromzí: „Ako je možné, že ľudí platíme za to, že hovoria o veciach, ktoré nikdy nedokážeme zmerať a podľa všetkého ani neexistujú?“ Laughlin, ktorý sa preslávil v odbore fyzika pevných látok tým zároveň zvestoval aj smrť „teórie všetkého“.

Prívrženci multiverza namietajú, že nejde o špekulácie, ale o dôsledky už dávno overených teórií, či prinajhoršom dobre odôvodnených scenárov. Bez hypotézy multiverza nemožno vysvetliť zatiaľ nepochopiteľné vlastnosti nášho vesmíru, ktoré sú však dostatočne overené.

Kto pojem „multiverzum“ vyslovil ako prvý? Nájdeme ho v prácach filozofa Williama Jamesa (1842 – 1910), Heinricha Rickerta (1863 – 1936) či Ernsta Blocha (1885 – 1977). Pravdaže, miesto súčasného fyzikálno-kozmologického kontextu.

Pojem sa stal dôležitým až v rámci diskusií kvantových fyzikov. Tí vyrukovali s hypotézou viacerých, prekrývajúcich sa kvantových svetov. Napríklad Andy Nimmo (British Interplanetary Society) rozumel pod multiverzom iba jednu z vetiev vlnovej funkcie vesmíru, považovaného za jediný. Jeho definícia prezentovaná v roku 1960 sa však neužala.

Kvantoví fyzici a kozmológovia používajú multiverzum v úplne opačnom význame: ako spoločné pomenovanie všetkých svetov. V 70. rokoch minulého storočia sa tento pojem po-

užíval čoraz častejšie. Od vedeckov pojmu multiverzum prevzali aj autori sci-fi.

V 80. a 90. rokoch si termín osvojili aj kozmológovia. Na dobrej pomoci im bol najmä v súvislosti so scenárom kozmickej inflácie a nezávisle aj v súvislosti z bezpočtom kvantových svetov. Po roku 2000 sa multiverzum udomáčnilo aj v odbornej literatúre. Počas ostatných piatich rokov sa multiverzum objavilo v titulkoch 150 vedeckých prác.

## Čo je univerzum?

Pojem multiverzum sa odvoduje od pojmu univerzum. („Unus“ po latinsky znamená jediný, „multus“ znamená „veľmi početný“. Synonymami multiverza vo vedeckej tlači sú aj pojmy „megaverzum“, „metaverzum“, „omniverzum“).

Prebežne existuje najmenej šesť definícií, čo veda pod týmto pojmom rozumie:

1. všetko, čo (fyzikálne) existuje/existovalo – niekedy a niekde;
2. pozorovateľná oblasť vesmíru;
3. pozorovateľná časť vesmíra a všetkého, čo s ním je alebo bolo v kauzálnej interakcii;
4. každý fyzikálny systém, ktorý by sa mohol stať univerzálnie veľkým, aj keby sa do seba zrútil (skolaboval) v čase, keď je ešte malý;
5. veta kvantovo-fyzikálnej vlnovej dĺžky (v prípade, že tá nekolabuje), čo znamená, že ide o jednu z rozličných historíí či odlišných svetov v superpozícii (pozri tabuľku);
6. úplne oddelený fyzikálny systém.

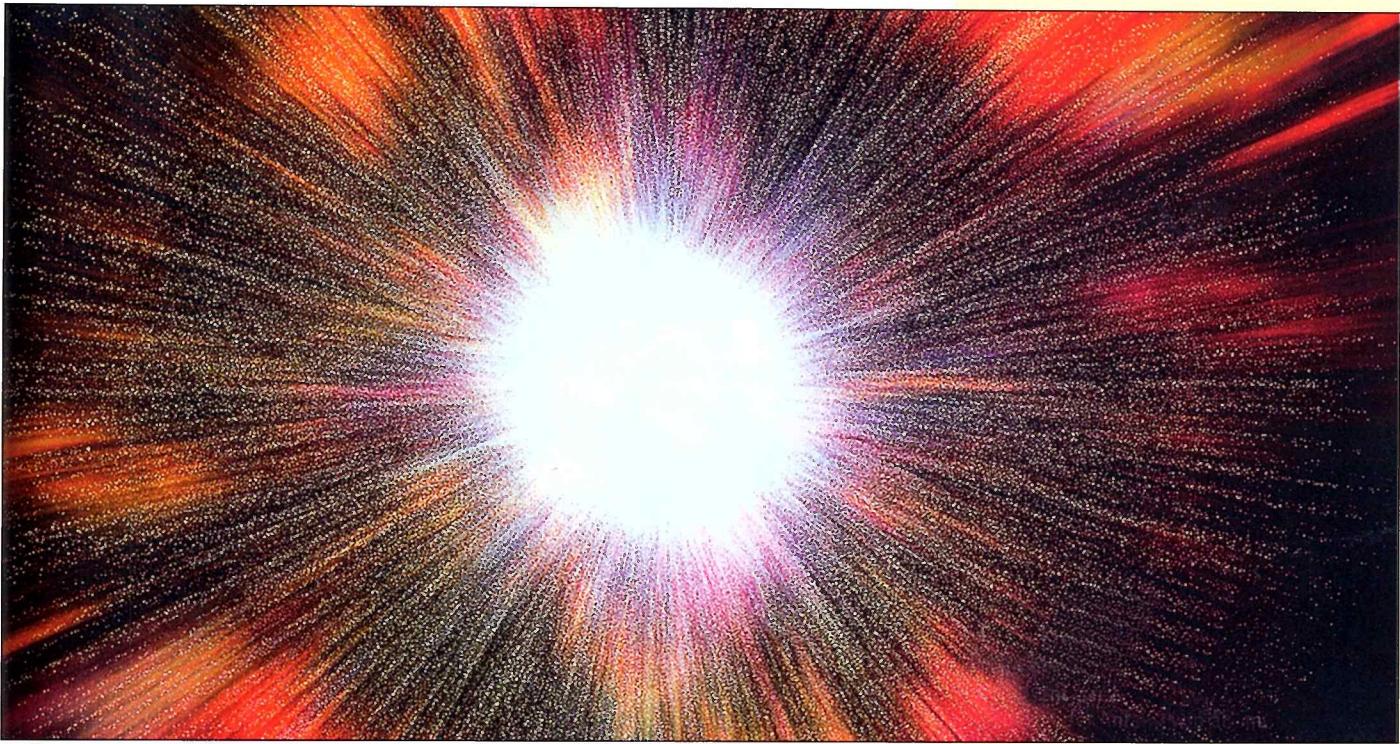
Podľa prvej definície existuje iba jeden jediný vesmír, ale to problém nerieši. Pojmy sa s pokrokom vedy menia. Napríklad „atóm“ (z gréckeho „atomos“/nedeliteľný), už dávno svoj pôvodný význam stratil. Kozmológovia dnes definujú pojem multiverzum najčastejšie ako množstvo univerz (v zmysle definícií 2, 3, 4 až 5), pričom, ak zdieľate tieto interpretácie kvantovej fyziky, podchvíľou k nim niečo (ako Steven Hawking) môžete pridať. Šiesta definícia je najradikálnejším výkladom a patrí skôr do ríše metafyziky. Ak by platila, mohli by existovať aj úplne izolované multiverzá, takže by sme pre ne museli zaviesť nový pojem. Spomedzi návrhov sa najviac presaduje omniverzum, či kozmos.

O tom, že teoreticky môže existovať množstvo univerz, nikto nepochybuje. Každé riešenie poľa všeobecnej teórie relativity opisuje samostatný kozmologický model. Sú však všetky tieto modely z hľadiska fyziky realitou? Alebo má pravdu Max Tegmark (MIT), ktorý tvrdí, že všetky matematické štruktúry sú reálne, ale my z našej perspektívy dokážeme vnímať iba niektoré a tie nazývame „univerzum“?

Isté je, že kozmológovia nevystačia iba s rovinami. Hľadá sa teória, ktorá vznik a fyzikálne ukotvenie mnohých vesmírov dokáže vysvetliť. V ostatných rokoch sa objavilo niekoľko slúbených pokusov, neraz v rozpore so zámermi a očakávaniami vedeckov. Duch multiverza už nenávratne unikol z flaše a premenil sa na globálne strašidlo.

Kozmológovia dnes skúmajú platnosť troch hlavných scenárov. Všetky vychádzajú z existencie multiverza, ale navzájom sa nevylučujú. Súčasný vývoj naštartovalo zverejnenie myšlienky, ktorú dnes poznáme pod názvom koz-





mická inflácia a ktorá predstavuje rozšírenie štandardnej teórie big bangu.

### Čo je kozmická inflácia?

Big bang považujú vedci za overený. Big bang je pilierom štandardnej kozmologickej teórie, ktorá bola na rozličný spôsob overená. Veľa otázok však ostalo otvorených. Vedci netušia, čo big bang spôsobilo, odkiaľ sa vzali elementárne častice a ako sa stal vesmír takým veľkým.

Teória big bangu vlastne nepojednáva samotný big bang, ale jeho dôsledky. Či s big bangom vznikol aj čas a priestor, zatiaľ nevedno. Odpoveď na túto otázkou umožní (ak vôbec) teória kvantovej gravitácie, ktorá by zdjednotila teóriu kvantového pola so všeobecnou teóriou relativity.

### Ako sa stal vesmír veľkým?

Počas 60. a 70. rokov minulého storočia sa vynorili aj ďalšie problémy. Stephen Hawking v roku 1973 upozornil na fakt, že vesmír je mimoriadne „plochý“. Inými slovami: že sa ani vo veľkých škálach nezakriva. Riešenie tejto záhady ponúkla teória kozmickej inflácie.

Inflácia (z talianskeho slova „inflare“ – „rozprínať“) nemá nič spoločné so znehodnocovaním peňazí. Naopak: príroda vlastne takmer z ničoho (a zadarmo) stvorila všetko bez toho, že by porušila zákon zachovania energie!

Počas kozmickej inflácie vesmír počas zlomku sekundy nadobudol gigantické rozmetry. Ako dlho toto rozpínanie trvalo, vysvetluje niekoľko modelov. Najakceptovanejšia hodnota: počas  $10^{-30}$  sekundy sa mladý vesmír zväčšil  $10^{30}$ -krát. (Kvôli názornosti: akoby minca v priemerom 1 cm nadobudla 10 miliónkrát väčší rozmer ako Mliečna cesta.) Rozmery vesmíru sa počas inflácie musela zväčšiť najmenej  $10^{50}$ -násobne, inakšie by vesmír nemal vlastnosti, ktoré vedci namerali. Napríklad rovnorodé, homogénne rozloženie hmoty vo veľkých škálach a „plochú“ geometriu.

Napriek tomu, že inflácia na prvý pohľad porušuje hneď dva zákony, nie je to tak:

- Princíp zachovania energie vylučuje vznik hmoty z ničoho. Ibaže nedávno bola objavená tmavá (negatívna) energia. Priradujú k nej aj energiu gravitačného pola. Ak sa objaví viac kladnej energie (a podľa vzorca  $E = mc^2$  aj hmoty), potom sa v prípade, že sa priestor rozpína s konštantnou hustotou, vytvára v graviitačnom poli zároveň aj viac zápornej, negatívnej energie, ktorá zväčšený objem vyplní. Energia gravitácie a hmoty sa vyravnajú, celková energia sa zachová. Pri neinflačnom rozpínaní vesmíru k tomu nedochádza, pretože v tomto prípade sa hustota hmoty/energie znižuje, na rozdiel od inflačnej expanzie, počas ktorej sa hustota energie nezmení.
- Podľa teórie relativity sa nič nemôže pohybovať rýchlejšie ako svetlo. To však platí iba pre obyčajné čästice v priestore. Počas inflácie je to samotný priestor, ktorý sa rozpína rýchlejšie ako svetlo. Ibaže to sa so všeobecnou teóriou relativity nedá ani zjednotiť, ani vysvetliť.

### Rozpad falošného vákuua

Čo infláciu poháňalo a čo ju zastavilo, zatiaľ nevedno. Kvôli zjednodušeniu narábabuj astrofyzici s fyzikálnym základným stavom – s „falošným vákuom“. Počítačový stav by malo ovládať pole energie, teda inflácia (vedci pripúšťajú aj existenciu viacerých takých polí) až dovtedy, kým sa počas takzvaného rozpadu symetrie neropadne a nevznikne „falošné vákuum“, teda nový stav, v ktorom sa vesmír odvtedy nachádza.

Na prvý pohľad divoká teória, lenže podobne „fázové prechody“ sa dokázateľne objavovali aj neskôr. Napríklad pri oddelovaní prírodných sôl, ale celkom bežne sa vyskytujú aj vo fyzike elementárnych čästíc. Dokonca Higgsovo pole, ktoré niektoré modely spájajú s infláciou,

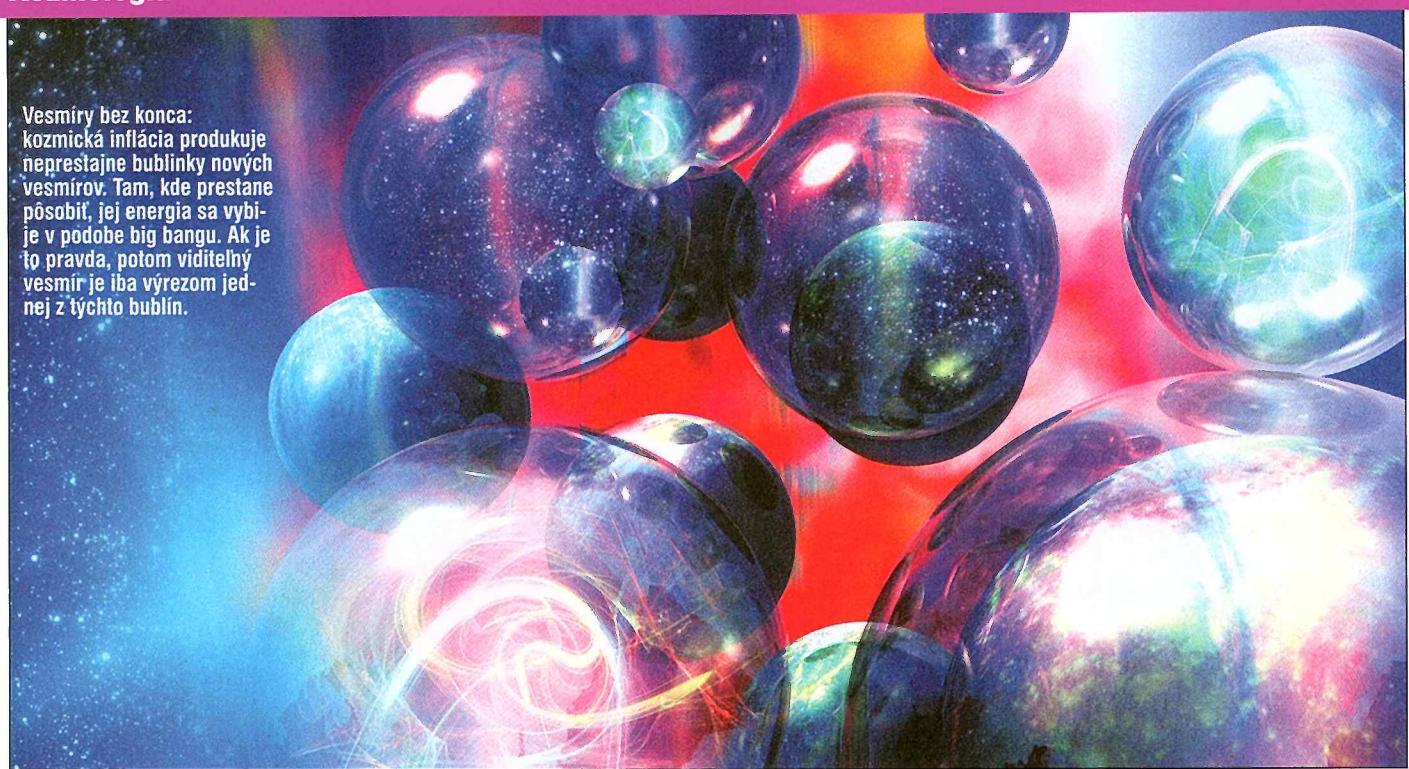


Big bang bol možno jednou z mnohých udalostí, teda nie začiatok všetkého.



Množstvo vesmírov: každý človek je ostrovom, jedinečným duchovným vesmírom. Výrez abstraktnej olejomalby „kompozícia VII“ od Vasilija Kandinského (1913), ktorý ilustruje túto myšlienku, pripomína fyzikom multiverzum strún s rozličnými vákuami, inflačne sa rozpínajúcimi bublinami časopriestoru i exotickými útvarami – textúrami medzi nimi.

**Vesmíry bez konca:**  
kozická inflácia produkuje neprestajne bublinky nových vesmírov. Tam, kde prestane pôsobiť, jej energia sa vybije v podobe big bangu. Ak je to pravda, potom viditeľný vesmír je iba výrezom jednej z týchto bublin.



prekonalo v čase  $10^{-11}$  sekundy po big bangu rozpad symetrie. Až vtedy nadobudli elementárne častice svoju hmotnosť.

Prvé modely kozmickej inflácie vyvinuli po roku 1979 fyzici Alan Guth, Alexej Starobinskij Alexander Vilenkin, Andrej Linde a Paul Steinhardt. Teória nadchala aj Stephena Hawkinga, ktorý sa na výskume podieľa dodnes. Práve on už v roku 1982 postrehol, že inflácia musela malé, náhodné nepravidelnosti enormne zväčšiť.

Tak vznikol nový odbor výskumu, ktorý sa pokúša zjednotiť najmenšie s najväčším: nepatrne kvantové fluktuácie sa počas inflácie preme-

nili v oblakoch prvotného plynu na obrovské ostrovy s rozdielou hustotou. Vedeči usúdili, že „odtlačok“ tohto procesu by sa mal prejaviť ako nepatrne fluktuácie teploty v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia. Tam, kde sa nahradilo viac hmoty, tam musela byť teplota o niekoľko stotisícin stupňa vyššia. Tieto lokálne zhustky mali aj silnejšiu gravitáciu a stali sa zárodkami neskorších hviezd a galaxií.

A naozaj: už satelit COBE takéto ostrovčeky s rozdielou teplotou v mikrovlnnom žiareni kozmického pozadia objavil. Mimočodom: objaviteľia sa v roku 2006 stali laureátmi Nobelovej

ceny za fyziku, ale na tých, čo to predpovedali, sa pozabudlo. Ďalšie sately a sondy (WMAP a Planck) tieto nehomogenity s čoraz väčšou presnosťou zmapovali. Je to jeden z najväčších triumfov astronómie.

### Jednoduchosť, elegancia, ale aj záhadu

Scénár inflácie je sugestívny i elegantný. Vynorili sa však detaľy, s ktorými si vedeči nevedia poradiť. Na scéne sa objavili stovky konkurenčných modelov. Každý z nich sa dá sám osebe otestovať, ale zatial nevedno, či spolu fungujú. Myšlienka kozmickej inflácie však bola tolikokrát úspešne otestovaná a objasňuje toľko záhad, že ju čoraz viac kozmológov považuje za rozšírenie štandardnej teórie big bangu.

Toto rozšírenie však treba chápať priestorovo. Oproti pôvodnej teórii big bangu nevyplýva zo scenára inflácie iba celý pozorovateľný vesmír, ale oveľa väčšia oblasť, ktorá sa exponenciálne rovinula z nepatrnej, superhustej entity.

Podchvíľou sa objavujú aj pochybnosti: ak inflácia trvala príliš dlho, potom všetko, čo existovalo pred ňou, muselo zrednúť do takej miery, že sa nedá pozorovať. V takom prípade by boli všetky stopy po začiatku inflácie navždy skryté, nedostupné. Začiatok všetkého by bol navždy zahalený.

Optimisti sú presvedčení, že počiatočné podmienky vo vesmíre mohli byť oveľa menej špeciálne, ako sa nazdávame. V takom prípade by bola nepravdepodobnosť zrodu vesmíru z big bangu oveľa menšia.

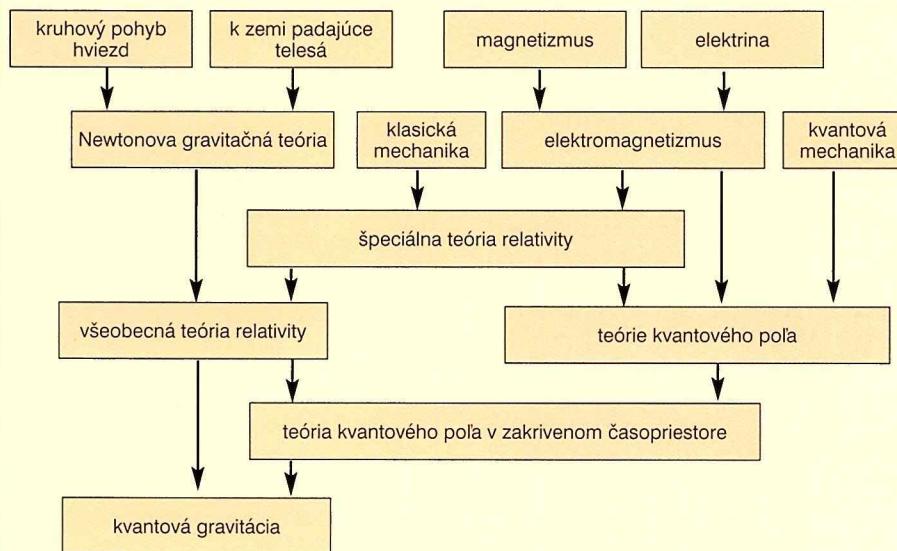
Inflácia podľa kozmológov nielenže nafukla vesmír do súčasných rozmerov, ale na jej konci sa energia inflačného poľa premenila počas prechodu z „falošného“ na „pravé“ vakuum na celú kaskádu elementárnych častíc. Vtedy sa zrodila hmota.

Bild der Wissenschaft 1/2014

Pokračovanie v budúcom čísle

## Cesta ku vzorcu všetkého

**M**nohé prelomové objavy vo fyzike stojí na jednotnom opise rôznorodých fenoménov a zjednotení rozličných hypotez, zákonov a teórií v rámci jedinej teórie. Na počiatku bol Isaac Newton, ktorý teóriu gravitácie rozpracoval. Lenže zjednotenú teóriu času, priestoru, všetkých foriem hmoty a všetkých síl dodnes nikto nesformuloval. Kandidátom na túto „teóriu všetkého“, ktorá by kvantovú teóriu a všeobecnú teóriu relativity zjednotila v rámci teórie kvantovej gravitácie, sú struny, M-teórie či slučková kvantová gravitácia. Všetky predpokladajú existenciu iných vesmírov, alebo prinajmenšom, dokážu príslušné kozmologické modely takto vysvetliť.



L. Buchhave aj. využili dosavadních (do února 2011) pozorování exoplanet držící *Kepler* ke zkoumání vztahu mezi výskytem obřích plynných exoplanet a metalicitou mateřských hvězd. V jejich statistice uvízlo celkem 1235 exoplanet, z nichž více než polovina má poloměr menší než *Neptun* ( $<4 R_{\oplus}$ ). Autoři se pak omezili na ty hvězdy, jejichž exoplanety obíhají ve vzdálenostech  $<0,5$  AU, takže příslušná statistika je již poměrně úplná. V tomto souboru našli **175 exoplanet** s poloměrem menším než *Neptun*. Obří planety se prakticky nevyskytují u hvězd s nízkou metalicitou, což lze vysvětlit tím, že u takových hvězd není dost těžkých prvků na vznik dostačně velkých kamenných jader, na něž by se mohl nabalit rozsáhlý plynný obal obří exoplanety.

Druhým omezením je již známá tendence obřích exoplanet migrovat směrem k mateřské hvězdě. Ve skutečnosti vznikají tak daleko od hvězdy, že se ještě se nestaly přiblížit na vzdálenost pouhé 0,5 AU k mateřské hvězdě. U hvězd menších než *Slunce* je poměr malých kamenných exoplanet vůči plynným obřím dokonce 6:1, zatímco pro hvězdy větší než *Slunce* klesá až na 3:1. Autoři z toho dovozují, že kamenné planety vznikají docela snadno u všech typů hvězd nejpozději za 100 mil. let od vzniku příslušné hvězdné soustavy. Prakticky to znamená, že kamenné exoplanety typu Země vznikají daleko dříve, než jsme dosud mysleli, protože k jejich utvoření stačí i docela nízká metalicita mateřské hvězdy. Tím se podstatně zvyšuje zastoupení planet podobných Zemi již v dávné minulosti vesmíru.

N. Wickramasinghe aj. dokonce tvrdí, že exoplanety mohly vznikat i ve velmi raném vesmíru, takže odhadli, že v naší *Galaxii* je rádově **100 bilionů exoplanet**, takže průměrně jednou za 26 milionů let prolétá pradávná exoplaneta meziplanetárním prostorem naší *Sluneční soustavy*. Jelikož v meziplanetárním prostoru jsou téměř určité pozemské viry a třeba i spory baktérií, může se tento materiál přichytit na nomádní exoplanetu a tak roznáset pozemské geny napříč vesmírem!

W. Traub zjišťoval ze statistiky objevů prvních 136 dnů provozu družice *Kepler*, jaká je pravděpodobnost, že se exoplaneta nachází v ekosféře mateřské hvězdy. Statistika v zorném poli *Keplera* je úplná pro hvězdy jasnější než 14 mag. Autor hledal exoplanety s hmotností  $>0,5 M_{\oplus}$  a s oběžnými periodami 3 – 42 d. Tato kritéria splňuje bezmála 29 % exoplanet. V této statistice jsou pak nejvíce zastoupeni ledoví obři (18 %), dále terestrické planety (9 %) a konečně plynoví obři. Přibližně třetina hvězd tříd F G K má v ekosféře alespoň jednu planetu terestrického typu.

M. Schwamb s mezinárodní skupinou *Lovců exoplanet* (24 tis. dobrovolníků) srovnávali údaje družice *Kepler* za 33,5 dne provozu (plocha 115 čtv. stupňů; jasnost každé hvězdy se měří v průměru jednou za půl hodiny) s vizuálním prohlížením záznamů světelných křivek mateřských hvězd. Cílem výzkumu bylo stanovit stupeň úplnosti metody automatického algoritmu používaného profesionály. Zaměřili se přitom na všechny exoplanety s poloměrem  $>2 R_{\oplus}$  a s oběžnou periodou  $<15$  d. Souhlas obou metod v takto definovaném souboru přesáhl 85 % pro exoplanety s poloměrem  $>4 R_{\oplus}$ , což znamená, že v tomto oboru parametrů je přehlídka z družice *Kepler* již prakticky úplná. Do konce r. 2011 nasbírala družice údaje o 1 235 kandidátech na exoplanetu obíhajících kolem 977 hvězd. Nejméně 170 hvězd z daného souboru má ve svém okolí více exoplanet. V příznivých případech odhalila družice *Kepler* i exoplanety s poloměrem 1  $M_{\oplus}$ . Mateřské hvězdy mají nejčastěji jasnosti 12 – 16 mag, takže u slabších z nich se sotva podaří výskyt exoplanet potvrdit metodou radiálních rychlostí, neboť dosah vysokodispersních spektrografů končí obvykle kolem 14 mag.

J. Fangová a J. Margot vybrali z databáze družice *Kepler* údaje o hvězdách podobných *Slunci*, které s vysokou pravděpodobností doprovázejí exoplanety s oběžnou dobou  $<200$  dnů. Nalezený soubor představuje minimálně 3/4 všech takových hvězd v zorném poli *Keplera*, kolem nichž obíhá alespoň jedna exoplaneta. Pravděpodobné exoplanety vykazují poloměry v rozmezí 1,5 – 30  $R_{\oplus}$ . Z nich více než 85 % má vzájemné sklony drah vůči rovině planet u těsných dvojhvězd. Jejich dráhy jsou totiž výrazně ovlivněny výskytem dvou hmotných center na těsné oběžné dráze. Proto má většina takových exoplanet výrazně chaotické dráhy a během svého života přeskakují od jedné složky dvojhvězdy ke druhé, tak jako tomu bývá u nepravidelných přirozených družic planet ve *Sluneční soustavě*. Pokud mají složky dvojhvězdy silně odlišné hmotnosti, popřípadě nekoplanární oběžnou rovinu s oběžnou rovinou exoplanety, zřítí se nakonec taková exoplaneta na méně hmotnou složku dvojhvězdy. Naproti tomu je zachycení nomáda dvojhvězdou naprostě nepravděpodobné.

N. Haghīhipour aj. uvedli, že v polovině r. 2012 dále rostl počet objevených exoplanet na téměř 800, z toho bylo metodou radiálních rychlostí objeveno přes 700 exoplanet, metodou tranzitů 230 (objevy těmito metodami se do značné míry překrývají, což dává jistotu, že jde skutečně o exoplanety); pomocí gravitačních mikročoček dalších 15; z astrometrie a přímého zobrazování 31 a z konsolidace do tranzitů dalších 16 exoplanet.

## 2.1.4. Hnědí trpaslíci

K. Luhman aj. potvrdili existenci dosud nejchladnějšího hnědého trpaslíka **B** poblíž (2,5 tis. AU) bílého trpaslíka *WD 0806-661 A* (19 pc), jež se podařilo opakováně zobrazit kamerou *IRAC Spitzerova teleskopu* v infračerveném pásmu 4,5  $\mu\text{m}$ . Odtud vyplývá, že oba objekty mají týž vlastní pohyb, takže jsou gravitačně vázány. Autoři se následně pokusili zobrazit oba objekty pomocí zobrazovače *HAWK-I VLT ESO* na Paranalu a kamery *FourStar Baadeho 6,5m teleskopu Magellan* na Las Campanas v pásmu 3,6  $\mu\text{m}$ . Jelikož hnědý trpaslík v tomto pásmu není vidět, mohli odtud odhadnout dosť přesně jeho povrchovou teplotu, která činí 300 – 345 K (cca 50 °C). Pro tak chladné objekty se zavádí nová spektrální třída **Y**.

J. Fahertyová aj. změřili paralaxy 70 velmi chladných hnědých trpaslíků s hmotnostmi 0,012 – 0,072  $M_{\odot}$ , z toho 11 má spektra pozdních tříd M, 32 patří do třídy L a 27 do třídy T. Jak se ukázalo, hnědí trpaslíci tříd T0 – T4 mají konstantní efektivní teplotu 1,2 kK.

M. Mugrauer aj. prokázali existenci hnědého trpaslíka, který byl viditelný v pásmu 70  $\mu\text{m}$  pomocí kamery *MIPS SST*, ale není vidět v přehlídce infračervené družice *WISE* na 24  $\mu\text{m}$ . Využili k tomu adaptivní optiku a zobrazovače *NACO VLT ESO* a ukázali, že tento hnědý trpaslík obíhá kolem proměnné hvězdy **PZ Tel** (1,2  $R_{\odot}$ ; 5,3 kK, 52 pc) jež patří mezi analogy *Slunce*, avšak ještě nevstoupila na hlavní posloupnost. Během 9 měsíců pozorování bylo patrné, jak se hnědý trpaslík (sp. M7; 28  $M_{\oplus}$ ; 2,6 kK) vzdaluje od hvězdy do apastroa a zpomaluje ve shodě s Keplerovým zákonem. Oběžnou rovinu soustavy pozorujeme téměř přesně zezadu (sklon 100°). Velkou poloosu oběžné dráhy autoři odhadli na 25 AU, čemuž odpovídá oběžná doba přibližně 110 let při vysoké výstřednosti 0,6 – 0,9. Soustava patří do pohybové skupiny hvězd  $\beta$  Pic staré jen 12 mil. let. Autoři též uvedli, že i samotná hvězda  $\beta$  Pic jakož i další členka skupiny hvězda éta Tel jsou doprovázeny hnědými trpaslíky.

Unikátní objev hnědého trpaslíka metodou gravitačního mikročočkování se zdařil E. Bacheletovi aj. při koordinovaném sledování

světelné křivky mikročočky **MOA 2009-BLG-411L** v poloze 1753-2944. Křivka dosáhla výrazného maxima (80× proti klidové jasnosti) počátkem srpna 2009 díky zesílenému obraz obří ( $9 R_\odot$ ) hvězdy sp. třídy G o hmotnosti  $0,3 M_\odot$ . Po maximu na sestupné větví byl však pozorován typický „zoubek“ způsobený hnědým trpaslíkem o hmotnosti  $0,05 M_\odot$ , jenž obíhá kolem červeného trpaslíka sp. třídy M o hmotnosti  $0,18 M_\odot$  ve vzdálenosti 0,15 AU. Binární čočka ve vzdálenosti 7 kpc se nachází poblíž centra Galaxie ( $l = 0,2^\circ$ ;  $b = 2^\circ$ ).

P. André aj. využili 3,2mm rádiointerferometru *IRAM* na Plateau de Bure ve Francouzských Alpách k zobrazení 130 pc vzdáleného zárodečného prachoplynového oblaku **Oph V-11** o hmotnosti  $<0,02 M_\odot$ , z něhož právě vzniká hnědý trpaslík. Teplota povrchu mračna přitom činí jen 10 K a mračno o průměr  $<1$  kAU se před našima očima smrštěuje vlastní gravitací. Jak uvedl S. Basu koncept **hnědých trpaslíků** se poprvé vynořil v r. 1963 zásluhou teoretiků S. Kumara, C. Hayashiho a T. Nakana. První příklady nepochybných hnědých trpaslíků nalezli v r. 1995 S. Rebolo aj. a T. Nakajima aj., shodou okolností téměř současně s objevem první exoplanety u hvězdy hlavní posloupnosti (*51 Peg b*). Dnes už známe stovky hnědých trpaslíků, navzdory tomu, že jejich zářivé výkony v infračerveném pásmu jsou opravdu vlažné, takže se dají pozorovat jen v blízkém okolí *Slunce*.

## 2.2. Teoretická astrofyzika hvězd

D. Huber aj. upozornili na vynikající pokrok v určování základních fyzikálních parametrů hvězd díky **asteroseismologii**, tj. přesným měřením krátkodobých oscilací hvězdných povrchů. Přispěla k tomu zejména astrometrická družice *HIPPARCOS*, jež odhalila takové oscilace v rámci programu měření parallax *PAVO* pro 5 hvězd hlavní posloupnosti, dále pro 4 červené obry a jednoho podobra. Pro hvězdy hlavní posloupnosti tak mohli odvodit jejich poloměry s chybou 4 % a efektivní teploty v rozsahu 4,6 – 6,2 kK s chybami  $\pm 32$  K ze spektroskopie a  $\pm 31$  K z fotometrie! Odchyly od teoretických modelů pro tyto hvězdy dosahují -22 – -58 K, což dává vynikající možnosti pro hromadné porovnávání soudobých modelů hvězd s pozorováním.

J. Kubát zverejnil sít modelů hvězdných **atmosfé**r v termodynamické nerovnováze pro horké hvězdy populace III s nulovou metalicitou. Odtud pak odvodil velikost podílu energetické složky jejich vyzařování, která přispívá k reionizaci raného vesmíru. Tento podíl se výrazně zvyšuje s rostoucí hmotností uvažovaných hvězd, které ovšem žijí velmi krátce. *Hvězdy populace III s počáteční hmotností  $100 M_\odot$  žijí jen 3 mil. let*, ale během té doby dosahují zářivého výkonu téměř o 3 řády vyššího než hvězdy s hmotností  $10 M_\odot$ , které ovšem mohou svítit téměř 20 mil. let.

K. Belczynski aj. se věnovali revizi **funkce hmotnosti hvězd**, tj. skutečné četnosti hvězd různých hmotností. Po vyloučení výběrových efektů je tato funkce pro hvězdy hlavní posloupnosti hladká v širokém rozsahu hmotností  $0,1 - 100 M_\odot$ . Kupodivu to však, jak autoři zjistili, neplatí pro funkci hmotnosti pozůstatků po hvězdách hlavní posloupnosti, tj. pro bílé trpaslíky, neutronové hvězdy a hvězdné černé díry. Vyskytuje se tam totiž silný **deficit četnosti** v intervalu mezi četnostmi nejhmotnejších neutronových hvězd a nejméně hmotných černých děr, tj. pro hmotnosti  $2 - 5 M_\odot$ . Hvězdné pozůstatky těchto hmotností by měly vznikat ze supernov, kterým říkáme kolapsary, čili gravitačním zhroucením příslušně hmotných hvězd. Podle modelových výpočtů by měla taková supernova vybuchovat již  $100 - 200$  ms (!!) po začátku katastrofálního gravitačního hroucení. Pokud to v této kratičké době nestihne, tak k jevu supernovy vůbec nedojde a tím může vzniknout zmíněný deficit. Přirozeně stále ještě není vyloučené, že jde o nedostatečně rozpoznaný výběrový efekt.

R. Nemmen aj. zjistili, že kolimované **relativistické výtrysky** z tak různorodých objektů jako jsou *mikrovásary*, *aktivní jádra galaxií* (AGN) a *zábleskové zdroje záření gama* (GRB) mají pozoruhodně týž poměr mezi kinetickou energií urychlovaných částic a zářivým výkonem výtrysku. To znamená, že účinnost přeměny kinetické energie na záření je ve všech případech shodná, navzdory tomu, že příslušné parametry procesu se mění v rozsahu 10 řádů.

## 2.3. Vznik hvězd a prahvězdy

S. Clover a P. Clark odpověděli záporně na otázku, *zda ke vzniku hvězd je zapotřebí molekulový plyn*. Stačí totiž i atomární plyn, protože oba typy „surovin“ pro stavbu hvězd lze chránit souběžně před destrukcí vinou mezihvězdných zářivých polí. K podobnému závěru dospěl též M. Krumholz, když ukázal, že ideální živnou půdou pro vznik hvězd je sice **molekulový vodík** zastíněný prachovými zrnky před ultrafialovým zářením v galaxiích, takže se efektivně chladí a to usnadní vznik hvězd gravitačním smršťováním zárodečného oblaku  $H_2$ . Jelikož však intenzita chlazení závisí nepřímo úměrně na metalicitě mezihvězdného materiálu, při velmi nízké metalicitě (v raném vesmíru), stačí se dostatečně ochlazovat i **atomární vodík** a hvězdy mohou vznikat poměrně snadno i tehdy.

M. Wright aj. využili mikrovlnných interferometrů *BIMA* (vlnová délka 3 mm) a novějšího *CARMA* (1,4 mm) v Owensově údolí v nadmořské výšce 1,2 tis. m v severní Kalifornii, dále pak anténní soustavy *VLA* (13 – 60 mm; Socorro, N.M.) i *Spitzerova teleskopu* (SST IRAC; 4,5 – 8  $\mu\text{m}$ ) ke studiu nejsvitivějšího infračerveného objektu v mlhovině **NGC 7538**. Mlhovina ve skutečnosti představuje *obří mračno H II* ve vzdálenosti 2,6 kpc, jež se nachází v blízkosti infračerveného objektu **IRS 1**, což je velmi mladá hvězda o hmotnosti  $25 M_\odot$ . Zmíněný objekt o úhlových rozměrech  $8'' \times 3''$  se podařilo rozlišit jako tlustý akreční disk o fantastické hmotnosti  $60 M_\odot$ ! Stali jsme se tak svědky velmi rané fáze vzniku *mimořádně hmotné nadhvězdy*.

J. Tobin aj. ukázali pomocí měření v pásmu mikrovln (0,87 – 3,4 mm) aparaturami *SMA* a *CARMA*, že infračervený objekt **L1527 IRS** (*Tau*; vzdálenost 140 pc) představuje hvězdné embryo o hmotnosti  $0,19 M_\odot$  a stáří  $<300$  tis. let obklopené akrečním diskem o průměru 180 AU a hmotnosti  $0,007 M_\odot$ . Tempo akrece  $7 \cdot 10^{-7} M_\odot/\text{r}$  se projevuje zvýšeným zářením v submilimetrové oblasti spektra. V plynové obálce do vzdálenosti 0,05 pc (13,3 tis. AU) se nachází už jen  $1,0 M_\odot$ , takže jde o *nejranější fázi dosud pozorovaných prahvězd*, navíc v poměrně blízkosti ke Slunci.

L. Close aj. měřili v blízké infračervené oblasti pomocí zlepšené adaptivní optiky u binokulárního 8,4m teleskopu *LBT* (Mt. Graham, Arizona) v okolí známého **Trapezu** ( $\theta^1$  Ori A – E; vzdálenost 450 pc; stáří 300 tis. let) změny poloh 47 hvězd o stáří kolem 1 mil. roků v zorném poli o úhlových rozměrech  $41'' \times 53''$ . Polohy těsných dvojhvězd určovali s relativní přesností  $\pm 0,0005''$ , takže

se jim podařilo během 15 let pozorování získat *lineární rychlosť oběhu* složek těsných dvojhvězd s přesností  $\pm 0,6$  km/s. Tak se ukázalo, že složka B4 v soustavě Trapezu má nejnižší hmotnost jen  $0,2 M_{\odot}$  a velmi pravděpodobně z minisoustavy 5 hvězd skupiny B unikne, protože její rychlosť je vyšší než úniková. Autorům se podařilo prokázat, že složky B<sub>2</sub> a B<sub>4</sub> jeví oběžný pohyb, podobně jako složky A<sub>1</sub> a A<sub>2</sub>. Vesměs jde o velmi rané hvězdy sp. třídy O. L. Šubr aj. usoudili, že *Trapez* by mohl skrývat černou díru o hmotnosti řádu  $100 M_{\odot}$ , protože rozptyl prostorových rychlosťí pozorovaných mladých hvězd je příliš vysoký. Pokud má černá díra průvodce na excentrické dráze, měli bychom časem pozorovat jeho zrychlený průchod pericentrem, anebo též akreci hvězdného větru do disku kolem černé díry.

J. Alves a H. Bouy zjistili na základě pozorování kamerou *MegaCam* (340 Mpix) 3,6m teleskopu *CFHT*, že celý komplex **mlhoviny v Orionu** (*M42*) je třeba znova popsat proto, že před vlastním mračnem se ve směru k nám nalézá překrývající se populace mladých hvězd spektrálních tříd B až M. Trapez jako nejmladší populace hvězd se skutečně nachází v prostorovém centru *Mlhoviny v Orionu*. Před ním ve směru k nám však vidíme další mladou populaci hvězd, jíž dominuje hvězdokupa **NGC 1980** (vzdálenost 420 pc). Třetí složkou komplexu jsou polní hvězdy Galaxie, které nejsou vázány k obřímu komplexu mlhovin a nacházejí se jak v popředí, tak i v pozadí *M42*.

W. P. Chen aj. popsal světlou křivku proměnné hvězdy **GM Cep** v otevřené hvězdokupě *Trumpler 37* (vzdálenost 870 pc; stáří 4 mil. let), získanou v průběhu let 2009 – 2011 celosvětovou sítí fotometrických dalekohledů *WET*. Hvězda kažodoročně zeslabne zhruba o 1 mag po dobu měsíce a přitom zmodrá. Pak se naopak nepravidelně zjasňuje přibližně o 0,5 mag, což autoři vysvětlují jako růst akrece prachu a plynu z cirkumstelárního prachového disku na hvězdu. V minimech je naopak hvězda zakrývána shlukem prachu v disku. Podobně se chová také prototyp této třídy proměnnosti **UX Ori**. Autoři se domnívají, že v mladých cirkumstelárních disích obou hvězd probíhá koagulace prachových zrnek a následná tvorba planetesimál.

A. Mandell aj. objevili pomocí infračerveného spektrografova *CRIRES VLT ESO* a kamery *NIRSPEC Keckova teleskopu* cirkumstelární disky u chladných hvězd **AS 205 A** (trojitá; sp. K5; vnitřní disk <1 AU), **DR Tau** (K7) a **RU Lup** (G5). Našli v nich organické sloučeniny HCN, CH<sub>2</sub>OH v infračerveném pásmu 3 μm. Ve spektrech vnitřního akrečního disku a poloměrech 0,1 – 1,0 AU jsou též patrné pásy molekul amoniaku, vodní páry, hydroxylu a acetylenu.

M. McDonald aj. uskutečnili podrobnou studii obří kupy galaxií **SPT-CL 2344-4243** ( $z = 0,596$ ; vzdálenost 2,4 Gpc; stáří 8,0 Gyr po velkém třesku). Použili k tomu měření z řady pozemních (8, *Im Gemini-S*, 6,5m *Magellan*, 4m *Blanco*) i kosmických (*ACIS* *Chandra*, *Herschel*, *GALEX*, *WISE*) teleskopů. Rozměr kupy dosahuje 1,3 Mpc a její úhrnná hmotnost je extrémně vysoká ( $1,6 \cdot 10^{15} M_{\odot}$ ). Není divu, že její rentgenový tok činí  $8 \cdot 10^{38}$  W a tomu odpovídá *překotná tvorba hvězd tempem*  $740 M_{\odot}/r$ . Autoři dále zjistili, že v intergalaktickém prostoru se vyskytuje **horké intergalaktické plazma**, které ochlazuje plynové toky směřující k hvězdným zárodkům, takže rané obří hvězdy vznikají snadněji, než jsme dosud předpokládali.

H. Sana aj. ukázali, že **hvězdy s hmotností  $> 8 M_{\odot}$**  vznikají velmi vzácně a – jak známo – žijí velmi krátce (pouhé milióny let). Navzdory tomu mají ve vývoji vesmíru důležitou úlohu kvůli vzniku jader těžších chemických prvků a ionizaci svého dalekého okolí. Autoři zkoumali 70 hmotných hvězd třídy O v šesti mladých otevřených hvězdokupách, z nichž přinejmenším polovina se nalézá v těsných dvojhvězdách. Většina z nich si během svého života vyměňuje hmotu se svým průvodcem a *nejméně jedna třetina z nich nakonec se svou průvodní složkou splyne*. Interakce mezi oběma složkami hlavní posloupnosti začíná být dominantní pro oběžné periody  $< 7$  d, ale ještě i při periodě kolem 8 let jsou interakce po opuštění hlavní posloupnosti zřetelné. Projevují se přetokem hmoty z jedné složky na druhou (i například), zvyšováním rotační rychlosti složky, která nabírá plyn od svého protějšku, očesáním již existující cirkumstelární oblasti a nakonec vytvořením *společné obálky* těsně před splynutím.

Naproti tomu E. Bressert aj. našli pomocí spektrografova *FLAMES VLT ESO* ve *Velkém Magellanově mračnu* v mlhovině **Tarantule** (=NGC 7320 = 30 Dor; průměr 200 pc; vzdálenost 49 kpc; stáří 20 mil. let) 15 mladých hvězd sp. tříd ranějších než O7 s hmotnostmi  $> 30 M_{\odot}$ , které jsou zřetelně osamělé a patří do hvězdokupy **30 Dor**.

E. Visbal aj. simulovali procesy **vzniku hvězd ve velmi raném vesmíru** 180 mil. let po velkém třesku (červený posuv  $z = 20$ ) v obří krychli o hraně 400 Mpc. Zjistili, že by to vedlo k dobře pozorovatelným *baryonovým oscilacím* se zvýšením teploty oblastí neutrálního vodíku o 10 mK na lineární stupnici 100 Mpc. Čára 211 mm H I by však byla vlivem červeného posuvu viditelná v pásmu frekvencí kolem 50 MHz. **Hvězdy populace III** mohou proto přednostně vznikat v halech budoucích galaxií o hmotnostech řádu milionů  $M_{\odot}$ . Experimentální ověření simulací by však vyžadovalo tisíc hodin pozorovacího času aparaturami pro takto nízké frekvence rádiového záření. D. Bahena a P. Hadraiva zjistili, že nejstarší hvězdy populace III o hmotnostech 100 – 250  $M_{\odot}$  s nepatrnou metalicitou až o 9 řádů nižší než u Slunce jsou proti svým mladším protějškům o též hmotnosti posunuty k modrému hornímu konci *Hertzsprungova-Russellova diagramu*. Významná ztráta hmoty těchto modrých nadhvězd přispívá k dobrému promíchání prvků vzniklých jaderným slučováním v nitrech prahvězd, takže tyto objekty skončí svůj aktivní život buď jako velmi energetické supernovy, anebo dokonce jako hypernovy.

## 2.4. Osamělé hvězdy

J. Grunhut aj. objevili nejrychleji rotující ne degenerovanou magnetickou hvězdu spektrální třídy rané B pomocí mezinárodní spolupráce *MiMeS* (Magnetismus hmotných hvězd). Hvězda **HR 5907 = HD 142184** (*V1040 Sco*; 5,4 mag; B2.5 Vne; 17 kK; 3,1 R<sub>⊙</sub>; 5,5 M<sub>⊙</sub>; 120 pc) má rotační periodu 0,5 d a obvodovou rychlosť na rovníku 310 km/s. Má pravděpodobně dipólové magnetické pole s indukcí 1,0 – 1,6 T a zmagnetizovaný cirkumstelární disk.

P. Beck aj. ukázali, že po skončení hoření vodíku v jádrech **červených obrů** se rotace smrštěného jádra zrychlí, zatímco vnější rozepnuté vrstvy rotují daleko pomaleji, přičemž konvekce plynu probíhá podél celého poloměru hvězdy. Díky asteroseismologickým pozorováním tří červených obrů družicí *Kepler* se nyní tento teoretický model podařilo spolehlivě ověřit, neboť při poloměrech hvězd 4,5 – 5,3 kK a efektivních teplotách 4,8 – 5,0 kK *rotují jejich jádra o řád rychleji než povrch*. Spád rychlosťi v okolí centra hvězdy je příkrý, směrem k povrchu však gradient rychlosťi klesá pomaleji.

Podle S. Mathura aj. ukázala **asteroseismologie 22 hvězd slunečního typu** pomocí družice *Kepler*, že tak lze určovat poloměry a hmotnosti hvězd s přesností  $\pm 1$  % a jejich stáří s přesnosti  $\pm 2,5$  %. Po zpracování delších pozorovacích řad sepodaří tyto přesnos-

ti ještě výrazně zvýšit. T. D. Li aj. odvodili z asteroseismologie zatím nejpřesnější parametry osamělé hvězdy **18 Sco** (HD 146233; 5,5 mag; G2 V; efektivní teplota 5,4 kK; perioda hvězdné činnosti 7 let; 14 pc), která je v současnosti Slunci nejpodobnější: hmotnost 1,03 M<sub>⊕</sub>; rotační perioda 23 d; stáří 3,7 mld. let.

J. Monnier aj. využili tříramenného optického interferometru *CHARA* na Mt. Wilsonu v Kalifornii ke zpřesnění údajů o jasné hvězdě **α Lyr** (*Vega*; 0,0 mag; bolometrická svítivost 47,2 L<sub>⊕</sub>; vzdálenost 7,7 pc; stáří 700 mil. let), o níž se už z předešlých měření ví, že je k nám natočena svým rotačním pólem, takže jsme donedávna netušili, že je kvůli dosti rychlé rotaci výrazně na pólech zploštělá. Přesnější měření ukázala, že *Vega* má rotační periodu 0,71 d a její rotační pól svírá se zorným paprskem úhel 6°. Následkem toho má polární poloměr 2,42 R<sub>⊕</sub>, kdežto rovníkový dosahuje 2,73 R<sub>⊕</sub>, přičemž rotační rychlosť na rovníku dosahuje 58 % rychlosti kritické (38 km/s). Podobně je *Vega* na pólech teplejší (10,1 kK) a podél rovníku chladnější (8,9 kK). Její hmotnost činí 2,15 M<sub>⊕</sub> a její metalicitu je jen nepatrň vyšší než sluneční.

T. Boyajian aj. změřili pomocí *CHARA* **úhlové průměry 44 hvězd** sp. tříd A, F, G s přesností 1,5 %. Zkoumané hvězdy mají poloměry v rozsahu 0,8 – 3,0 R<sub>⊕</sub>; efektivní teploty 4,8 – 9,4 kK; zářivé výkony 0,2 – 63 L<sub>⊕</sub> a tyto parametry výborně souhlasí s údaji, které lze nezávisle určit pomocí světelných křivek a spektroskopických měření zákrytových dvojhvězd. Naproti tomu souhlas s modelovými výpočty fyzikálních parametrů hvězd pro *diagram HR* není dobrý pro hvězdy s hmotnostmi >1,3 M<sub>⊕</sub>. Modely dávají soustavně příliš vysokou efektivní teplotu a podceňují poloměry hvězd i jejich stáří. J. Chanamé a I. Ramírez se pokusili určovat **stáří trpasličích hvězd slunečního typu** z tempa jejich rotace a odtud pak obecně stáří hvězd sp. tříd F, G, K. Pro 74 hvězdných páru tak odvodili jejich stáří v rozmezí 1,25 – 9,75 mld. let s chybou menší než 20 %. Bohužel i malá změna pozorovaných hodnot má výrazné důsledky pro určení hvězdného stáří.

A. Domiciano de Souza aj. určili pomocí infračerveného interferometru *AMBER VLTI* poloměr a rovníkovou rychlosť rotace jasné hvězdy **Achernar** ( $\alpha$  Eri; 0,5 mag; B3 V; efektivní teplota 17 kK; 4,5 kL<sub>⊕</sub>; 6 M<sub>⊕</sub>; 44 pc; stáří 300 mil. let) z měření na podzim 2009. Dostali tak rovníkový poloměr 11,6 R<sub>⊕</sub>; polární poloměr 8,0 R<sub>⊕</sub>; rovníkovou teplotu 10 kK, polární teplotu 18 kK; obvodovou rychlosť na rovníku 300 km/s a sklon rotační osy 102°.

A. Roman-Lopes objevil hvězdu **WR42e** (poloha 1115-6115; 14,5 mag; sp. O2 Irr/WN6), se zářivým výkonem těsně pod Edingtonovou mezí, vzdálenou asi 6 pc od jádra otevřené hvězdokupy **NGC 3603** (Car; 7,6 kpc; stáří 1,5 mil. let), jež patří k nejhmotnějším a nejplodnějším kolébkám hvězd v naší Galaxii. *Řada mladých hvězd ve hvězdokupě má patrně hmotnosti >100 M<sub>⊕</sub>*. Absolutní hvězdná velikost hvězdy WR42e –6,3 mag vede k bolometrické hodnotě –10,5 mag, takže její úhrnný zářivý výkon dosahuje 3 ML<sub>⊕</sub>! Z toho plyne, že její původní hmotnost přesáhla rovněž 100 M<sub>⊕</sub>. Autor proto soudí, že hvězda vznikla jako jedna z prvních ve zmíněné hvězdokupě a po nějaké dynamické události ji opustila, neboť se od ní vzdaluje rychlostí řádu 10 km/s.

B. de Vries aj. využili infračerveného kosmického teleskopu *Herschel* k objevu krystalů minerálu **olivínu** ve spektru hvězdy **β Pictoris**, která je obklopena prachovým diskem ve vzdálenosti 15 – 45 AU od hvězdy. Z měření vyplývá, že krystaly olivínu představují asi 4 % hmotnosti disku. Olivín kondenuje ve vzdálenosti 10 AU od hvězdy, takže jeho výskyt v prachovém disku o teplotě 85 K je důkazem odstředivého pohybu krystalů směrem od hvězdy. Jelikož  $\beta$  Pic je 1,5krát hmotnější než Slunce a má proto 8krát vyšší svítivost, panují v jejím okolí vyšší teploty v dané vzdálenosti od hvězdy, než je tomu u Slunce, kde např. u komety **17P/Holmes** a **73P/Schwassmann-Wachmann 3** dosahuje zastoupení olivínu v kometárním prachu 2 – 10 %, což je důkazem podobného radiálního přesunu olivínu směrem od Slunce. Patrně to též znamená, že zmíněný prachový disk u hvězdy  $\beta$  Pic je obdobou *Edgeworthova-Kuiperova disku* ve Sluneční soustavě v rozsahu 30 – 50 AU od Slunce.

## 2.5. Těsné dvojhvězdy

### 2.5.1. Jednotlivé soustavy

R. Stencel shrnul výsledky studia jedné z nejpodivuhodnějších zákrytových dvojhvězd **ε Aurigae**, která je sledována už téměř dvě století (její proměnnost objevil J. Fritsch v r. 1821), ale stále před námi leccos důmyslně skrývá. Během posledního primárního zákrytu v letech 2009 – 2011 se díky novým aparaturám i metodám pozorování zejména v infračerveném a mikrovlnném spektrálním pásu podařilo shromáždit mnoho nových údajů. Interpretaci pozorování dodnes vadí velká *nejistota v hodnotě vzdálenosti dvojhvězdy* od nás, která podle E. Guinana aj. činí 0,4 – 4,0 kpc! Autoři tuto nejistotu poněkud zmenšili zahrnutím efektů mezihvězdné extinkce a dostali pak vzdálenost  $(1,5 \pm 0,5)$  kpc. Jenže v tom případě dostáváme pro primárního veleobra třídy F absolutní hvězdnou velikost –9,1 mag, takže by šlo o hvězdu velmi hmotnou, mladou i svítivou. Dosud se mělo za to, že jde o veleobra, který už opustil hlavní posloupnost a nachází se v asymptotické větví obrů, jenže v tom případě by byla jeho absolutní hvězdná velikost výrazně nižší (–6,2 mag). Pro tuto výjimečnou dvojhvězdu s rekordně dlouhou oběžnou dobou přes 27 roků, délkom velké poloosy 18 AU a výstředností dráhy 0,23, je charakteristikou zvláštností rozsáhlý chladný **tmavý disk** o hmotnosti 1 M<sub>Z</sub> a teplotě pouze 550 K, jenž prodlužuje trvání zatmění na více než dva roky (27,094 roku).

Sledováním průběhu posledního (2009 – 2011) zákrytu interferometrem *CHARA* se D. Mourardovi aj. konečně podařilo určit **tvar disku a jeho hmotnost** ( $\approx 1$  M<sub>Z</sub>) i rozložení teploty v něm, neboť ve směru k primární složce (sp. F0 Iab;  $\approx 300$  R<sub>⊕</sub>; 7,5 kK; 30 kL<sub>⊕</sub>) je podle D. Hoarda aj. ohříván na 1,15 kK. Interferometr zaznamenal též rázové vlny v atmosféře primární složky. *Sekundární složka* (sp.B5 V; 3,9 R<sub>⊕</sub>; 15 kK;) se projevuje v ultrafialovém spektrálním oboru a M. Hacková odtud odhadla její hmotnost na 6 M<sub>⊕</sub>, nebo 14 M<sub>⊕</sub>. Stejně nejistá je i hmotnost primární složky, tj. buď 4 M<sub>⊕</sub>, nebo 15 M<sub>⊕</sub>... V obou případech by měl být poměr hmotností složek  $q = 0,58$ .

C. Muthumariappan a M. Parthasar využili japonské infračervené družice *AKARI* k určení poměru plynu ku prachu (100:1) v tmavém disku, jenž je ve svém centru ohřát sekundární složkou B5 na 15 kK! Poloměr disku činí 3,8 AU a obsahuje prachovou **uhlikatou zrnka** o typických rozměrech až 100 μm, tedy podstatně větších než je tomu u zrníček v mezihvězdných mračnech. Podle názoru autorů vznikl prachový disk nabírání materiálu z veleobra F0, takže rozhodně nejde o protoplanetární disk. Ostatně disk se podobá spíše *anuloidu* s centrálním otvorem o poloměru 2 AU, takže tam je téměř úplně průhledný. Zcela výstižně uzavřel situaci po nejnovějším zákrytu P. Harmanec, když konstatoval, že *dvojhvězda ε Aur zůstává stále záhadná*.

Od poloviny XX. stol. je známa dvojhvězda **EE Cep**, která se do jisté míry  $\varepsilon$  Aur podobá. Má oběžnou periodu 5,6 r a jednotlivé zákryty se liší hloubkou (amplituda poklesu kolísá mezi 0,5 – 2,0 mag) i trváním minim. Celkem se tak podařilo různým autorům zaznamenat průběhy světelných křivek při 10 zákrytech a široký mezinárodní tým C. Galana aj. nyní publikoval měření vykonaná během pozorovacích kampaní při posledních dvou zákrytech v r. 2003 a na přelomu let 2008 – 09. Délku a hloubku minim totiž podobně jako v předešlém případě ovlivňuje tmavý hustý **prachový disk**; zákryty běžně trvají kolem 3 měsíců a variace světelné křivky naznačují, že nejde o souvislý disk, ale spíše o soustavu soustředných prstenců prachu. Rotační osa disku téměř jistě opisuje *precesní kužel* v periodě kolem 65 let. Primární složka (11 mag) sp. třídy Be III velmi rychle rotuje (rovníková rychlosť dosahuje 350 km/s) a je teplejší na pólech a temnější podél rovníku. V době, kdy příši tuto kapitolu, právě skončil další zákryt a díky novým pozorovacím možnostem nepochybňě pomůže zlepšit naše vědomosti o tomto vzácném případu.

T. Madura a J. Groh využili okolnosti, že spektakulární dvojhvězda **η Car** je díky velkým erupcím z XIX. stol. obklopena prachoplynovou mlhovinou *Homunculus*, což umožňuje sledovat odrazy světla těsné dvojhvězdy v jejím nitru z rozličných směrů a tím získat lepší údaje o parametrech extrémně hmotné dvojhvězdy, která hrozí astronomicky zakrátko *vybuchnout jako supernova*. Využili k tomu zejména ultrafialových pozorování pomocí spektrografu *STIS HST* a odtud odvodili oběžnou dobu 5,53 roků, sklon normálny oběžné roviny k zornému paprsku 138°, velkou poloosu 15 AU, výstřednost 0,9 (!) a hmotnosti složek 90 M<sub>⊕</sub> a 30 M<sub>⊕</sub>. Obě složky ztrácejí silně hmotu tempem  $10^{-3}$  M<sub>⊕</sub>/r, resp.  $10^{-5}$  M<sub>⊕</sub>/r a rychlosť hvězdných vichřic dosahuje 420 km/s, resp. 3 tis. km/s.

J. Vos aj. odvodili přesné parametry pro dvoučarovou spektroskopickou a zákrytovou dvojhvězdu **EF Aqr** (*HD 217512*; sp. G0 V; oběžná per. 2,85 d; poloměr kruhové dráhy 8 mil. km; 172 pc) s chybou jen 0,6%. Význam dvojhvězdy spočívá v její podobnosti se Sluncem, které je ovšem hvězdou osamělou. Dvojhvězda stará ( $1,5 \pm 0,6$  mld. let) se zejména vyznačuje stejnou metalicitou jako Slunce a její složky mají po řadě poloměry 1,34 R<sub>⊕</sub> a 0,96 R<sub>⊕</sub>; teploty 6,2 kK a 5,2 kK, absolutní hvězdné velikosti 3,8 mag a 5,3 mag a hmotnosti 1,24 M<sub>⊕</sub> a 0,96 M<sub>⊕</sub>. Porovnání s modelovými výpočty však nedopadly příliš dobře zejména pro sekundární složku, která je o 9% větší a o 400 K chladnější než by měla v souladu s modely být. Obě složky však jsou podobně jako Slunce aktivní, zejména pak složka sekundární. Autoři proto soudí, že za zmíněný nesoulad může *magnetické pole* a jeho vliv na konvekci uvnitř zmíněných hvězd.

O velkém významu **magnetických polí** pro vývoj těsných dvojhvězd typu *Algol* svědčí výsledky *trojrozměrné tomografie* známých polodotykových dvojhvězd **β Per** (sp. B8 V + K2 IV; per. 2,9 d; 2,9 R<sub>⊕</sub> + 3,9 R<sub>⊕</sub>; 3,7 M<sub>⊕</sub> + 0,8 M<sub>⊕</sub>; vzdálenost 29 pc) a **RS Vul** (B5 V + G1 III; per. 4,5 d; 4,7 R<sub>⊕</sub> + 5,8 R<sub>⊕</sub>; 6,6 M<sub>⊕</sub> + 1,8 M<sub>⊕</sub>; vzdálenost  $\approx$  300 pc) uskutečněné M. Richardsovou aj. Autoři zkombinovali profily spektrální čáry H-α pořizované v rychlém sledu pro různé fáze na oběžných drahách s údaji radiointerferometrů *VLBI* na frekvenci 15 GHz (20 mm). Podařilo se jim tak prostorově zobrazit plynný proud mezi složkami dvojhvězd, kde sekundární složky již vyplňují svůj Rocheův lalok, takže přenos hmoty na primární složky probíhá přes příslušný Lagrangeův bod L<sub>1</sub>. Sekundární složky se navíc vyznačují smyčkovými protuberancemi a koronálním výrony hmoty podobně jak to vidíme u našeho Slunce. Příčina úkazů je táz jako u Slunce – *magnetické pole*, které se vynořuje z konvektivní zóny sekundáru. Maximální rychlosť proudění plazmatu v protuberancích činí v *Algolu* 120 km/s a u *RS Vul* dokonce 150 km/s. Koronální výrony dosahují rychlosti až 100 km/s, resp. 150 km/s.

Zatím asi rekordně přesné parametry pro těsnou dvojhvězdu získali R. Barry aj. pro dvoučarovou soustavu červených trpaslíků **Gliese 268** (poloha 0710+3831; sp. dM4.5 V), když dokázali zkombinovat měření z interferometru *IOTA* s délkou základen až 38 m na Mt. Hopkins v Arizoně s údaji pořízeným přesným spektrografem *ELODIE* u 1,9 reflektoru na observatoři *OHP* ve Francii a dalšími přesnými měřeními radiálních rychlosťí obou složek. Autorům se tak podařilo určit hmotnosti obou složek s chybou  $\pm 8 \cdot 10^{-4}$  M<sub>⊕</sub>, tj. 0,2260 M<sub>⊕</sub> a 0,1923 M<sub>⊕</sub>. Nezávisle na trigonometrickém určení paralaxy dvojhvězdy držící *HIPPARCOS* tak získali parallaxu 0,156", tj. vzdálenost 6,41 pc, jež se liší od trigonometrie (0,157") jen o 2 %. Složky dvojhvězdy obíhají kolem společného těžiště v periodě 10,4 d ve vzdálenosti >0,3 AU po eliptické dráze s výstředností 0,32.

E. Mamajek se zabýval Luytenovou domněnkou, že jasná hvězda **Fomalhaut** ( $\alpha$  PsA; sp. A3 V; 17 L<sub>⊕</sub>; 1,9 M<sub>⊕</sub>; vzdálenost 7,7 pc; stáří 200 mil. let) má ve skutečnosti velmi vzdáleného průvodce – proměnnou hvězdu **TW PsA** (sp. K4 V; 0,7 R<sub>⊕</sub>; 0,7 M<sub>⊕</sub>). Hvězdy jsou již téměř 2° od sebe, tj. minimálně 57 tis. AU ( $\approx$  0,3 pc), ale autor přesvědčivě prokázal, že mají vskutku společný vlastní pohyb i stejnou prostorovou rychlosť. Odtud také vyplynulo větší stáří soustavy – (440  $\pm$  40) mil. let.

L. Y. Zhu aj. studovali dlouhodobé změny v periodě světelné křivky těsné dvojhvězdy **BS Vul** (10,9 – 11,6 mag; sp. F2; 460 pc) pomocí historických fotografických archivů od r. 1898 do r. 2010. Zjistili, že oběžná perioda dvojhvězdy (0,48 d) se plynule zkračovala tempem 2,1 ms/r, což lze dle autorů vysvětlit jako *stálý přetok hmoty* primární složky na její družku, zaručený tím, že primární složka již vyplňuje svůj Rocheův lalok a sekundární složka ho téměř vyplňuje. Na povrchu sekundární složky lze pozorovat *trvalou horkou skvrnu* v místě, kam přetékající materiál padá. Odtud také plyne, že v dohledné astronomické budoucnosti se *polodotyková soustava změní na kontaktní*.

P. Zasche a A. Paschke upozornili, že oddělená zákrytová dvojhvězda (sp. F4 + F5; hmotnosti 1,3 M<sub>⊕</sub> + 1,2 M<sub>⊕</sub>) s oběžnou dobou 1,6 d v trojhvězdné soustavě **HS Hya**, objevená v r. 1965, se brzy přestane zakrývat vinou gravitační interakce s třetí (vzdálenou) složkou sp. třídy M0, která obíhá kolem těžiště dvojhvězdy v periodě 190 d. Následkem toho vykazuje oběžná rovina dvojhvězdy *precesi* vůči zornému paprsku s periodou 631 let. Od doby objevu do r. 2008 se sklon její normálny snížil z 89° na 75°, pročež hloubka primárnho i sekundárního minima soustavně klesá.

M. De Becker aj. studovali pomocí optického interferometru *ESO VLTI PIONIER* a *AMBER* hvězdu **HD 167971**, která je ve skutečnosti hierarchickou trojhvězdou. Skládá se ze vzdáleného veleobra sp. třídy O8 a těsné zákrytové dvojhvězdy s ranými složkami na hlavní posloupnosti sp. tříd O6 a O7. Vnější dráha s oběžnou periodou >25 let a výstředností  $e > 0,5$  není koplanární s vnitřní drahou o periodě 3,3 d. Během tří let pozorování se veleobr úhlově vzdálil od těsné dvojhvězdy z 0,008" na 0,015". V periastru vnější dráhy byla pozorována silná *rádiová emise*, což svědčí o velmi efektivním *urychlování částic* v tomto obřím kosmickém urychlovači.

A. Burgasser aj. objevili velmi pozoruhodný hierarchický triplet **SDSS J0006-0852AB + LP704-48** s hmotnostmi složek na rozhraní mezi červenými trpaslíky třídy M a hnědými trpaslíky. Soustava AB (*SDSS*) se totiž skládá z červeného trpaslíka o hmotnosti 0,082 M<sub>⊕</sub> (těsně nad hranicí hoření vodíku v nitru hvězdy) sp. třídy M8.5, kolem něhož obíhá hnědý trpaslík sp. třídy T5 s hmotností 0,06 M<sub>⊕</sub> po nepatrné výstředné ( $e = 0,1$ ) dráze o délce velké poloosy 0,28 AU. v periodě 148 d rychlosť 8 km/s. Třetím v kosmic-

kém mariáši je vzdálený červený *trpaslík* LP sp. třídy M7 V o hmotnosti  $0,092 M_{\odot}$  ve vzdálenosti  $>820$  AU od dvojice AB. Všechny tři objekty se prozradily společným směrem i velikostí vlastního pohybu a jsou už docela staré (3,5 mld. let). Zmíněná trojice má úhrnnou hmotnost  $0,23 M_{\odot}$ . Zdá se, že v málo hmotných soustavách se často vyskytuje podhvězdná složka, což skýtá návod k řešení otázky, jak asi takové soustavy vznikají.

Pro úplnost dodávám, že i nejbližší hvězda ke Slunci **Proxima Centauri** je součástí hierarchického tripletu s těsnou dvojhvězdou  $\alpha$  Cen. Vzdálenost komplexu od nás 1,34 pc poukazuje na čím dál tím překvapivější skutečnost, že naše Slunce nejspíš nemá žádného bližšího partnera (hvězdu či hnědého trpaslíka). Složky  $\alpha$  Cen A (sp. G2 V; 5,8 kK; 1,2  $R_{\odot}$ ; 1,1  $M_{\odot}$ ; 1,5  $L_{\odot}$ ) a B (K1 V; 5,3 kK; 0,86  $R_{\odot}$ ; 0,9  $M_{\odot}$ ; 0,5  $L_{\odot}$ ) jsou od sebe vzdáleny minimálně 11 AU a obíhají kolem společného těžiště v periodě 80 let, zatímco C (*Proxima*; M5.5 V; 2,7 kK; 0,2  $R_{\odot}$ ; 0,12  $M_{\odot}$ ;  $6 \cdot 10^{-5} L_{\odot}$ ) je od nich vzdálena 13 tis. AU. Pokud kolem těsné dvojhvězdy opravdu obíhá, bude její oběžná perioda delší než 0,5 milionu let.

B. Reipurth a S. Nikolla upozornili, že původní **chuchvalec mezihvězdného mračna**, z něhož zmíněný triplet vznikl, měl menší rozměry, než je současná vzdálenost *Proximi* od těsné dvojhvězdy. Když autoři simulovali celý vznik a vývoj drah oněch tří složek, zjistili, že velká vzdálenost *Proximi* od dvojhvězdy ve skutečnosti posílila dlouhodobou dynamickou stabilitu tripletu. Potřebnou energii ke svému vzdálení do nynější konfigurace získala *Proxima* ze smršťování dráhy těsné dvojhvězdy. Autoři dále ukázali, že takový hierarchický triplet je spíše výjimkou než pravidlem, protože 90 % vzniklých tripletů se rozpadne a zbudou z nich dvojhvězdy s mimořádně velkou roztečí mezi složkami.

H. Lehmann aj. rozpletli světelnou křivku hvězdy sledované družicí **Kepler KIC 4247791** a tak zjistili, že jde o *kvadruplet* skládající se ze dvou těsných zákrytových dvojhvězd. Obě dvojhvězdy mají týž sklon normál oběžných drah k zornému paprsku  $80^{\circ}$  a po řadě tyto parametry: oběžné periody 4,10 d a 4,05 d; velké poloosy 0,074 AU a 0,068 AU; výstřednosti 0,006 a 0,002; spektrální třídy složek (F0 IV + F2 IV) a (F7 V + F8 V); poloměry  $(2,5 + 2,4) R_{\odot}$  a  $(1,5 + 1,4) R_{\odot}$ ; hmotnosti  $(1,7 + 1,5) M_{\odot}$  a  $(1,3 + 1,3) M_{\odot}$ . Je téměř jisté, že obě těsné dvojhvězdy mají společný původ, jelikož jejich parametry jsou až nápadně podobné.

P. Zasche aj. zkoumali jedinečnou hierarchickou soustavu šesti hvězd (*sextuplet*), jejímž základem je těsná zákrytová dvojhvězda **65 UMa** (vzdálenost 234 pc) v kruhové dráze s identickými spektry obou složek (A7) a oběžnou dobou 1,7 d. Díky sklonu normálny oběžné dráhy  $86,5^{\circ}$  a krátké oběžné době se podařilo době určit geometrické i fyzikální parametry obou složek, tj. po řadě efektivní teplotu 8,0 kK a 7,9 kK; poloměry 1,9  $R_{\odot}$  a 1,8  $R_{\odot}$  a hmotnosti 1,74  $M_{\odot}$  a 1,71  $M_{\odot}$  teplotu 8,0. Kolem těsné dvojhvězdy obíhá po výstředné dráze 3. složka v úhlové vzdálenosti  $0,011''$  v periodě 641 d. Má patrně spektrální typ A1 a hmotnost  $2,4 M_{\odot}$ . Další (4.) složka v úhlové vzdálenosti  $0,18''$  v periodě 118 let má přibližně hmotnost  $2 M_{\odot}$ . Zbylé dvě složky sextupletu jsou snadno vizuálně rozlišeny jako samostatné hvězdy díky úhlové vzdálenosti  $4''$  a  $63''$ ; jsou však nepochyběně k již zmíněným čtyřem složkám gravitačně vázány, neboť mají týž směr a velikost vlastních pohybů. 5. složka má oběžnou dobu  $\approx 14$  tis. let a 6. složka  $\approx 590$  tis. let (!). Autoři nakonec uvádějí, že *sexuplety* jsou zatím spíše raritou, neboť jich známe pouze tucet. Jejich rozpoznání je ovšem, jak patrně, velmi pracné; současně však nesmírně cenné pro lepší pochopení způsobu, jak z interstelárních prachoplynových oblaků hvězdy vznikají.

## 2.5.2. Souhrnné studie o dvojhvězdách

V r. 1953 si A. Sandage všiml, že ve staré kulové hvězdokupě **M3** (NGC 5272; CVn; stáří 11,4 mld. let) se vyskytují hvězdy, které jsou velmi hmotné a horké, takže by měly vzniknout teprve nedávno, protože jejich životnost je podstatně kratší než stáří hvězdokupy. Nazval je **modrými loudaly** (angl. *blue stragglers*). Záhada jejich existence není dodnes úplně vyřešena. Proto si A. Geller a R. Mathieu vybrali na mušku statistiku dvojhvězd v otevřené hvězdokupě **NGC 188** (Cep; stáří 7 mld. let; vzdálenost 1,7 kpc od Slunce), která obsahuje relativně velké množství těsných dvojhvězd. Celkem tam našli do 16,5 mag (tomu v dané vzdálenosti od Slunce odpovídají hmotnosti hvězd  $1,1 - 0,9 M_{\odot}$ ) 29 % dvojhvězd hlavní posloupnosti slunečního typu s oběžnými dobami  $<27$  let. *Dvojhvězdy, obsahující modré loudaly, jsou však třikrát častější*, mají oběžné periody delší než 2,7 let a jejich průvodci typickou hmotnost  $0,5 M_{\odot}$ , což je příznačné pro bílé trpaslíky. Odtud autoři uzavírají, že většina modrých loudalů v této hvězdokupě vznikla díky přenosu hmoty v těsné dvojhvězdě, což vedlo k „omlazení“ původně méně hmotné složky. Naopak dříve uvažované splývání hvězd, které by také dokázalo výsledný objekt omladit, je nejspíš vzácné.

Jak ukázali J. K. Zhao aj., je s podivem, že mohou existovat *dvojhvězdy se vzájemnou vzdáleností složek  $>10$  tis. AU*, které se prozradí shodnou metalicitou, shodným vektorem vlastního pohybu a stejnou pekuliární radiální rychlosťí složek. Autoři tak objevili 80 takových případů „**křehkých páru**“ s úhlovou roztečí složek  $(3 - 250)''$ , jež jsou členy otevřených hvězdokup a mají stáří kolem 5 mld. roků. Většinou jde o objekty v disku Galaxie, které kupodivu dokázaly udržet svou gravitační vazbu i přes 8 mld. let. Podobně A. Tokovinin a S. Lepine vybrali z katalogu **HIPPARCOS** hvězdy vzdálené méně než 67 pc od Slunce a hledali páry objektů s diferenciálním vlastním pohybem  $<0,025''/r$ . Našli tak téměř 1,4. tis. páru s úhlovou roztečí mezi složkami  $30'' - 30'$  a k tomu 21 páru, kde průvodcem se společným vlastním pohybem je bílý trpaslík. Z toho odhadli, že asi třetina takových páru (425 případů) jsou reálné fyzické dvojhvězdy a dále, že trpasličí hvězdy podobné Slunci doprovázejí minimálně ve 4 % případů hvězdní průvodci s roztečemi  $>2$  tis. AU! Průvodci s hmotnostními poměry v rozmezí  $0,1 - 1,0 M_{\odot}$  jsou přitom zastoupeni stejnou měrou.

H. Shibahashi a D. Kurtz přišli s pozoruhodným nápadem, jak využít *pulsací hvězd ve dvojhvězdách* ke změření **radiálních rychlostí** bez nutnosti pořizovat jejich spektra. Pravidelné pulsace totiž budou modulovány *Dopplerovým efektem* vyplývajícím právě z pohybu složek v radiálním směru, jak ukázal příklad hvězdy **KIC 4150611 = HD 181469**. Metoda je přitom tak citlivá, že u pulsujících hvězd typu δ Sct dokáže najít průvodce o hmotnosti Jupiteru. Podobně S. Thompsonová aj. odhalili v ultrapřesných světelných křivkách dvojhvězd sledovaných družicí *Kepler* změny jasnosti, vyvolané v případě velmi protáhlých elliptických drah v okolí periastra, kdy jsou tvary složek *deformovány slapy*, což následně mění měřitelně jejich jasnost. Postupně našli 17 takových dvojhvězd s trpasličími složkami spektrálních tříd G a K s oběžnými dobami v intervalu 4 – 20 d.

B. Nefs aj. upozornili na pozoruhodný fakt, že v obsáhlé přehlídce **WFCAM** tranzitů exoplanet pomocí 3,8m infračerveného teleskopu **UKIRT** na Mauna Kea se nalézá **260 tisíc světelných křivek**, z toho přes 10 tisíc pro červené trpaslíky tříd M. Mezi nimi našli 25 případů zákrytových dvojhvězd s oběžnými periodami  $<0,23$  dne ( $<5,5$  h). Přitom pro ranější složky dvojhvězd pozorujeme

*ostrou hranu nejkratších oběžných period 0,22 d*, která se vysvětuje tak, že zkracování oběžné doby pod tuto mez trvá příliš dlouho, než aby se takto těsné soustavy daly objevit. Autoři dokonce našli *dvojhvězdu složenou ze dvou červených trpaslíků*, jejíž oběžná doba činí jen 0,112 d (2,7 h). Existence takové soustavy se dá proto vysvětlit buď brzděním oběžného pohybu extrémně silným magnetickým polem, anebo zcela *neznámým způsobem vzniku tak těsných binárních soustav*.

K. Stepień a K. Gazeas propočítali **vývoj těsných dvojhvězd** s nízkou úhrnnou hmotností složek  $1,4 M_{\odot}$  a oběžnou dobou <0,3 d. Zjistili, že taková soustava prožije velmi dlouhý život (až 9 mld. let) jako oddělená a teprve pak přijde podstatně kratší fáze *dotyková* trvající jen 800 mil. let s relativně mírnou výměnou hmoty mezi složkami, takže obě hvězdy stále zůstávají na hlavní posloupnosti. Postupně však hvězdy *poztrácejí hmotu i moment hybnosti a tento mechanismus sílí díky magnetizaci hvězdného větru*. Nakonec obě složky splynou na hvězdu podobnou svou hmotností Slunci. Autoři odhadli, že do vzdálenosti 100 pc od Slunce se nachází minimálně 40 hvězd v tomto přechodném stádiu (z toho pro 13 soustav dostali přesné elementy) a dále asi 100 hvězd, které už splynuly na hvězdy podobné Slunci.

I. Shin aj. využili k určení parametrů složek těsných zákrytových dvojhvězd gravitačních mikročoček **MOA-2011-BLG-090** a **OGLE-2011-BLG-0417**. Průběh obou úkazů byl sledován prakticky nepřetržitě a s vysokou kadencí měření celkem 20 různými dalekohledy rozestřenými podél na sebe navazujících intervalů zeměpisných délek. Hmotnosti složek se pak dají určit z průběhu „zoubků“ na světelných křívkách, velikosti Einsteinova poloměru a paralaxy mikročoček.

Pro soustavu **MOA** vychází Einsteinův poloměr 0,0011" a pro **OGLE** 0,0024" i vzdálenosti mikročoček od nás 3,3 kpc, resp. 0,9 kpc. Odtud autoři dostali hmotnosti složek **MOA**:  $0,49 M_{\odot}$  a  $0,39 M_{\odot}$  a **OGLE**:  $0,57 M_{\odot}$  a  $0,17 M_{\odot}$ , takže tři ze složek patří do kategorie červených trpaslíků, kteří jsou evidentně vůbec nejpočetnější skupinou hvězd v Galaxii. Podobně se podařilo určit *dráhové parametry dvojhvězd*: velké poloosy 1,8 AU a 1,2 AU; výstřednosti 0,3 a 0,7; oběžné doby 2,6 r a 1,4 r i sklony drah  $129^{\circ}$  a  $117^{\circ}$ . Díky tomu, že těsné dvojhvězdy jsou tak početné, skýtají jedinečnou možnost spolehlivě určovat hmotnosti složek a odtud odhadovat i další fyzikální parametry, tj. rozměry a střední hustoty. Tím, že známe i geometrické rozměry drah, můžeme spočítat i příslušné *momenty hybnosti*, které se při vývoji dvojhvězd zajisté zachovávají, což dohromady dává klíčové údaje pro pochopení způsobů, jak dvojhvězdy vznikají a jak se dále vyvíjejí.

Podobně se začíná rozbíhat program pro určování parametrů těles na rozhraní mezi **hvězdami a substelárními objekty**, které jsou velmi pravděpodobně mnohem početnější než samotné hvězdy. T. Dupuy a M. C. Liu využili 3,6m teleskopu **CFHT** na Havaji ke změření parallax *83 ultrachladných trpaslíků* sp. tříd M6-L-T9 ve 49 binárních soustavách. Chybou parallax dosahovaly mediánu  $\pm 2,3\%$  a ty nejlepší měly chybu jen  $\pm 0,8\%$ , tj. úhlově  $\pm 0,001 1''$ , resp.  $\pm 0,000 7''$ . To jsou údaje až pětkrát přesnější, než kolik umožňovala dřívější technika. Na přechodu mezi spektrálními třídami L a T hraje ovšem klíčovou roli neznámé procento oblačnosti v atmosférách hnědých trpaslíků a její průměrné albedo.

## 2.6. Proměnné hvězdy

### 2.6.1. Novy a kataklyzmické proměnné

M. Darnley aj. uvedli, že v astronomických archivech jsou shromážděny údaje o pouhých **400 novách**, z čehož jen 10 vybuchlo vícekrát (*rekurentní novy*). Autoři soudí, že rekurentní novy by se měly definovat spíše podle toho, že jejich sekundární složky (dodávající vodík na povrch bílých trpaslíků) již opustily hlavní posloupnost. Pouze **38 nov** se daří pozorovat dlouho po výbuchu v době, kdy jsou v relativním klidu.

J. Ness aj. shrnuli výsledky komplexního pozorování již 10. výbuchu rekurentní novy **U Sco**. První zaznamenaný výbuch přitom pochází již z r. 1863 a poslední z konce ledna 2010, kdy hvězda dosáhla v maximu 7,5 mag. Během posledního vzplanutí novu sledovaly jako pozemní dalekohledy opticky, tak kosmické aparatury v pásmu ultrafialového a rentgenového záření. *Akreční disk* kolem bílého trpaslíka, který je napájen sekundární složkou, se obnovil již 35. den po maximu vzplanutí a přenos hmoty ze sekundární složky začal podle E. Masonové aj. již 8. den po maximu, když se obnovilo superměkké rentgenové záření novy. Sekundární složka je určitě podobr spektrální třídy pozdnější než F3 a ranější než G0.

M. Shara aj. poukázali na souvislost mezi trpasličími novami a klasickými novami na příkladu trpasličí novy **Z Cam**, která má kolem sebe tak velkou plynoucí obálku, že překonává svými úhlovými rozměry (poloměr  $15''$ ) všechny obálky klasických nov. Autoři proto spekulují o tom, že aspoň některé *trpasličí novy po delší pauze vybuchují jako novy klasické*. Jelikož poloměr obálky **Z Cam** se rozpíná pomalu (<0,17"/r), lze z toho vyvodit, že velký výbuch klasické novy se odehrál před >1,3 tis. lety. Existují záznamy v čínských kronikách o hvězdě-hostu v r. 77 př. n. l., pravděpodobně na tom místě, kde dnes vidíme **Z Cam**. Pokud je tato identifikace správná, pak průměrné tempo rozpínání obálky je stálé a činí  $0,11''/r$ . Autorům se tak podařilo určit i vzdálenost novy 163 pc.

Běžný výbuch trpasličí novy *zvýší jasnost hvězdy o 5 mag* na několik týdnů, kdežto výbuch klasické novy *zvedne jasnost hvězdy o 5 řádů* (amplituda 13 mag) a celý úkaz trvá o řád déle než výbuch trpasličích nov. Jestliže je průměrné tempo akrece na bílého trpaslíka  $10^{-10} M_{\odot}/r$ , vychází odtud odhad pro *opakování výbuchů klasické novy na (10 – 100) tis. let*. J. Fuller a D. Lai ukázali, jak se mohou stát novami i **páry dvou bílých trpaslíků**, kteří se k sobě postupně blíží po spirálové oběžné dráze. Vlivem rostoucích slapů se vnější vrstvy obou složek synchronizují, což u bílých trpaslíků třídy C-O zasáhne i vrstvu degenerovaného vodíku. *Povrchové vrstvy bílých trpaslíků s oběžnou dobou kratší než 20 min se natolik zahřívají, že se v nich spustí překotná termonukleární reakce*, a to už 1 mil.  $\div$  100 tis. let před splynutím bílých trpaslíků.

J. Franck aj. využili 2,3m Bokova teleskopu na Stewardově observatoři v Arizoně a 2,5m teleskopu **I. Newtona** na ostrově **La Palma** k monitorování galaxie **NGC 2403** (**Cam**; 9 mag; vzdálenost 2,5 Mpc), která je nejodlehlejším členem skupiny galaxií kolem **M81** (**UMa**; 7 mag; 3,6 Mpc), po dobu 11 let (2001 – 2012). Za 48 nocí monitorování tak objevili 9 nov, takže v galaxii vzplanulo v průměru 2,0 nov/r. To se shoduje s tempem vzplanutí nov v morfologicky podobné galaxii **M33** (**Tri**; 5,7 mag; 0,8 Mpc).

T. Liimets aj. proměřovali vlastní pohyby téměř 300 uzlíků v rozvíjející se mlhovině po nově **GK Per**, která vzplanula 21. 2. 1901, když ještě den předtím byla slabší než 12 mag. Byla to první nova, u nichž se podařilo prokázat světelnou ozvěnu pohybující se zdánlivě nadsvětelnou rychlostí. Dostali tak prostorový obraz o rozvíjející se mlhovině, který je neobyčejně souměrný.

Uzlíky se pohybují rychlostmi 600 – 1 000 km/s a tyto rychlosti se za celé století od výbuchu nijak nezmenšily; pouze se o 2,6 %/rok snižuje jejich jasnost. Mlhovina se úhlově zvětšuje o 1"/rok. Odtud se zdařilo odvodit kinematickou vzdálenost novy ( $400 \pm 30$ ) pc.

## 2.6.2. Fyzické proměnné

Obsáhlý pozorovací materiál proměnnosti hvězd získávaný rychlým tempem díky družici *Kepler* umožnil H. Meaharovi aj. zlepšit naše údaje o **supererupcích hvězd** slunečního typu, neboť v příslušné databázi *Keplera* se jim podařilo za období od dubna do prosince 2009 prohlédnout záznamy o jasnostech téměř 10 tis. hvězd sp. tříd F8-G8. a najít tak 365 supererupcí trvajících 1 – 12 h u 148 různých hvězd. *Supererupce* definujeme tak, že jsou aspoň o rád energetičtější než rekordní (Carringtonova) erupce na Slunci z 1. 9. 1859, která dosáhla energie  $10^{25}$  J. Některé z hvězd pozorované *Keplerem* dokázaly plodit supererupce každých 9 dnů! Většina supererupcí se pozoruje u pomalu rotujících hvězd středního stáří s velkými tmavými skvrnami, kolem nichž obíhá aspoň jedna exoplaneta typu Jupiteru. *Supererupce přitom dosahují energií až  $10^{29}$  J.* Naproti tomu z různých historických údajů lze odvodit, že *Slunce neprodělalo žádnou supererupci během minulých dvou tisíciletí* a nezažilo žádný supervýbuch s energií  $10^{29}$  J během poslední miliardy let. Pozemní pozorování oblohy objevila u hvězd slunečního typu za 120 roků jen 48 podobných supererupcí.

T. Harrison aj. vyjmuli z obsáhlé databáze družice *Kepler* **světelné křivky 849 hvězd**, jejichž efektivní teplota nedosahuje 5,2 kK. Z tohoto souboru vybrali 670 hvězd, u nichž zjišťovali případné změny jasnosti. Ani při vysoké přesnosti fotometrie z družice nenašli žádné změny jasnosti pro 251 hvězd (37 %), ale 265 hvězd (40 %) vykazovalo periodické změny jasnosti vyvolané jejich rotací, která se pohybuje v rozmezí 0,3 – 126 dnů, zatímco pro 154 hvězd (23 %) se rotační periody nepodařilo určit. *Pomalejší rotátori (s periodami podobnými sluneční)* vykazují až o dva rády větší aktivitu proměnnosti jasnosti než Slunce, přičemž se překvapivě nejvyšší aktivita se vyskytuje v okolí jejich rotačních pólů, popř. ve skupinách skvrn mírného pásu rovnoběžného s rovníkem, ale odchýlených opačně od rovníku na protilehlých polokoulích! Aktivita hvězd s rotační periodou >25 d se nikterak nesnižuje, zatímco hvězdy rotující nejrychleji jsou ještě aktivnější. Autorům se také podařilo objevit v souboru 6 nových zákrytových dvojhvězd; mezi nimi je i dvojhvězda s oběžnou dobou téměř 30 dnů.

L. Mathews aj. zkoumali rozsáhlou prachovou mlhovinu objevenou infračerveným *Spitzerovým teleskopem* (SST), jež obklopuje prototyp cefeid **δ Cep** (3,5 – 4,4 mag; sp. F5 Ib – G1 Ib; střední ef. teplota 5,9 kK; střední poloměr  $44 R_{\odot}$ ; střední svítivost  $2 kL_{\odot}$ ; perioda pulsací 5,4 d; vzdálenost 273,0 pc) i jejího horkého průvodce **HD 213307** (6,3 mag; B7 IV; 8,8 kK;  $500 L_{\odot}$ ), jenž kolem cefedy obíhá v úhlové vzdálenosti 40", čili lineární vzdálenosti 12 tis. AU (0,045 pc) v periodě 500 let. Využili k tomu anténní soustavy *VLA* (Socorro, N. M.) a pozorovali mlhovinu v čáře H I na 211 mm (1,42 GHz). Mlhovina dosahuje lineárního rozměru 1 pc (úhlový průměr 13'), takže doslova zalévá obě složky dvojhvězdy. Její tvar lze popsát jako standardní čelo s obloukovou rázovou vlnou a následným chvostem, což odpovídá představě, že si hvězdný vítr cefedy razí cestu interstelárním prostředím při vysoce nadzvukové rychlosti 36 km/s. Odtud lze též spočítat roční ztrátu hmoty cefedy hvězdným větrem na  $1,0 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$  a minimální úhrnnou hmotnost H I v mlhovině na  $0,07 M_{\odot}$ . Problémem však zůstává spolehlivé určení hmotnosti cefedy, protože zde panuje velká nejistota: 4,5 – 5,7  $M_{\odot}$ .

D. Majaess aj. podpořili dřívější studie, prokazující, že **δ Cep** je spolu s dalším veleobrem **ζ Cep** (3,4 mag; sp. K1.5 Ib; 3,9 kK;  $110 R_{\odot}$ ; 5,7  $kL_{\odot}$ ;  $8 M_{\odot}$ ; stáří 50 Mr; vzdálenost 256 pc) nejvýznamnějším členem mladé hvězdokupy **Cep OB6**, obsahující minimálně 20 hvězd. Svědčí o tom jak údaje o poloze, prostorovém pohybu a vzdálenosti cefedy, tak i táz mezihvězdná extinkce a podobné stáří. Hvězdokupa má bod obratu pro hvězdy sp. třídy B6 V, tj. pro stáří hvězdokupy asi 80 mil. let.

O. Pejcha a C. Kochanek zpracovali údaje o 5 tis. křivkách radiálních rychlosí a 177 tis. měření jasností ve 29 filtroch ve spektrálním pásmu 0,3 – 8,0  $\mu\text{m}$  pro **287 cefeid** z naší *Galaxie a z obou Magellanových mračen*. Odtud sestrojili vzorové světelné křivky cefeid pro pulsní periody 10 – 100 d v závislosti na poloměrech a teplotách cefeid. Našli tak jednak četné odchylky od dosavadních standardů pro cefedy a systematické efekty závisející na vzdálenostech, zčervenání a teplotě vlivem rozdílné metalicity hvězd. Studie tak podstatně přispěla k přesnější kalibraci prvních příček *kosmologického žebříku vzdáleností*, v němž hrájí cefedy nejvýznamnější úlohu.

P. Pradovi Moronimu aj. se podařilo odvodit parametry cefedy **0227LMC** s pulsní periodou 3,8 d, která je složkou dvoučarové spektroskopické a základové dvojhvězdy ve *Velkém Magellanovém mračnu* (VMM) s oběžnou periodou 310 d. Obdrželi tak hmotnosti složek  $4,14 M_{\odot}$  a  $4,15 M_{\odot}$ , jež souhlasí s dynamicky určenou hmotností na 1 %, podobně dobrý (5 %) dostali pro nezávisle určení stáří soustavy na 151 mil. roků. Obě složky mají velké poloměry  $32 R_{\odot}$  a  $45 R_{\odot}$  a nízkou metalicitu, o třetinu menší než Slunce. Odtud pak vyplývá vzdálenost cefedy 50,9 kpc, což poskytuje dobrý nulový bod pro vztah Leavittové mezi délhou periody pulsací a zářivém výkonu pro cefedy ve VMM. Pro těžiště VMM pak vychází vzdálenost od Slunce 50,1 kpc.

Obsáhlou zprávu o **cefeidách ve VMM** uveřejnili V. Ripepi aj., a to na základě infračervené (1,6  $\mu\text{m}$ ) přehlídky *VMC* pomocí 4,1m teleskopu *VISTA ESO* na hoře Paranal. Po 12 epochách měření s chybou  $\pm 0,01$  mag pro hvězdy až 17,5 mag získali podklady ke konstrukci **vztahu Leavittové** u cefeid s pulsními periodami 1,6 – 100 d. Empirický vztah vykazuje rozptyl jen  $\pm 0,07$  mag, což stačí na určení prostorového rozložení cefeid uvnitř VMM. Díky tomuto upřesnění pak dostali nečekaně nízký modul vzdálenosti těžiště VMM:  $(18,46 \pm 0,03)$  mag, čemuž odpovídá **vzdálenost VMM**  $(49,2 \pm 0,7)$  kpc. To je však výborné shodě s nezávislým výpočtem modulu vzdálenosti VMM J. Stormem aj.:  $(18,45 \pm 0,04)$  mag, čili 48,9 kpc. Jak však upozornili H. Neilson, obě nejjasnější klasické cefedy (**Polárka a δ Cep**) se vyznačují velkou ztrátou hmoty, což se projevuje měřitelnými změnami délky pulsní periody, a to již u 200 klasických cefeid, což bohužel nepříznivě ovlivňuje využití cefeid jako primárních etalonů velkých vzdáleností v kosmologii. Přesně to dokládá poslední určení vzdálenosti VMM pomocí cefeid A. Walkerem aj.: modul  $(18,48)$  mag odpovídá vzdálenosti 49,7 kpc. Musíme se tedy smířit s tím, že vzdálenost těžiště nejbližší sousední galaxie činí něco kolem 49,5 kpc s chybou  $\pm 0,6$  kpc (1,2 %).

M. Maercker aj. využili rádiového interferometru *ALMA* v Chile k podrobnému (úhlové rozlišení 1,3") mapování rozložení molekuly CO v čáře 0,87 mm (345 GHz) v okolí červeného obra **R Scl**, jenž se v *diagramu HR* nachází na asymptotické větví obrů. Ze spirálového vzhledu minimálně pěti soustředných prachových slupek kolem hvězdy, oddělených od sebe mezerami s úhlovou šíří-

kou 2,6" až do úhlové vzdálenosti 18,5". Pomocí hydrodynamických simulací došli autoři k závěru, že před 1,8 tis. let prodělal obr, kolem něhož obíhá zatím neidentifikovaný hvězdný průvodce v periodě 350 let, *epizodu zvýšené ztráty hmoty*, způsobenou impulsem vyšší teploty. Impuls trval celých 200 let a dopravil do interstelárního prostoru 0,003 M<sub>⊕</sub> plynu rychlostí 14 km/s. Během epizody se zvýšilo množství vyvrhovaného plynu za jednotku času 30krát proti současnemu klidovému stavu.

A. Restovi aj. uspěli při rekonstrukci průběhu mimořádného výbuchu proslulé svítivé modré proměnné (*LBV*) dvojhvězdy ε Car (*HD 93308*;  $\approx 5$  mag; sp.  $\approx$  B Ia; oběžná doba 5,5 r; svítivosti složek  $5\text{ML}_\odot$  a  $1\text{ML}_\odot$ ; hmotnosti  $170\text{M}_\odot$  a  $80\text{M}_\odot$ ; stáří  $<3$  Mr; vzdálenost 2,3 kpc), jenž se odehrál v letech 1838 – 1858. Využili k tomu téhož postupu, jaký se předtím zdařil při rekonstrukci světelných křivek a spekter supernov *Tychonovy* (1572), *Keplerovy* (1604) a *Cas A* (1680?). Autoři využili *odlesku výbuchu na prachových mračnech* vzdálených od nás oproti hvězdě o 166 – 174 sv. let více, ale nacházejících se v úhlové blízkosti k dané supernově. Tím získali během 8 let pomocí  $2,5\text{m}$  *I.* *Pontova dalekohledu* a  $6,5\text{m}$  *Magellanu* na observatoři *Las Campanas* v Chile nejen výtečné údaje o průběhu světelné křivky, ale též o změnách ve spektru během dlouhé epizody výbuchu. Navíc se dá celý proces sledování odlesku výbuchu kdykoliv zopakovat na vzdálenějších částech téhož mračna.

Tak se podařilo například zjistit, že teplota vyvrhovaného plynu byla překvapivě nízká – jen 5 kK, takže šlo o **hydrodynamický výbuch**, nikoliv o hvězdnou vichřici. Sekundární složka dvojhvězdy se tak postupně obohatila o hmotnost několika jednotek M<sub>⊕</sub>! Světelná křivka dosáhla dvou nejvýznamnějších maxim v letech 1838 a 1843, podružnější maxima pocházejí z let 1849 a 1854. *Po dobu 10 let zářila ε Car více než tzv. Eddingtonova svítivost* což je maximální zářivý výkon, při němž je hvězda dané hmotnosti ještě zůstává v hydrostatické rovnováze. tj. tlak záření na povrchu hvězdy se právě rovná gravitaci. Při vyšší svítivosti se hvězda rozpíná a silně ztrácí hmotu. Primární složka dvojhvězdy tehdy přišla o více než  $10\text{M}_\odot$ , přičemž unikající plyn dosahoval rychlosti 210 km/s, ale přesto celou dramatickou událost přežila, ačkoliv kinetická energie výbuchu dosáhla fantastické hodnoty  $10^{43}$  J. Dokladem obrovské ztráty hmoty je rozpínající se bipolární reflexní mlhovina **Homunculus** obklopující obě složky těsně dvojhvězdy.

K. Wright aj. využili kamery na dvojici slunečních sond *STEREO A* a *B* k soustavnému pozorování **proměnných hvězd v okolí ekliptiky**, kde je velmi obtížné na Zemi objevit proměnné hvězdy s periodou srovnatelnou s periodou oběhu Země kolem Slunce. Našli tak 6 nových dlouhoperiodických proměnných s periodami kolem 1 roku a dalších 85 proměnných hvězd s amplitudami proměnnosti  $>0,3$  mag a periodami  $>100$  d. Většinou jde o miridy a poloprávidelné proměnné s maximem jasnosti v intervalu 4 – 10 mag, přičemž mezní hvězdná velikost přehlídky dosahovala 12 mag. Pro 19 hvězd z tohoto souboru už autoři dokázali určit periody proměnnosti v intervalu 170 – 490 d. Jelikož sondy A a B se pohybují vůči sobě v protisměru, jejich vzájemná úhlová vzdálenost se ročně zvětší o  $22,5^\circ$  a tak se postupně podaří údaje o proměnnosti těchto i dalších hvězd zlepšit.

I. Soszynski aj. prohlédli snímky z projektu hledání gravitačních mikročoček **OGLE IV** v okolí jižního pólu ekliptiky na ploše 5,3 čtv. stupně. Našli tam celkem 6,8 tis. proměnných hvězd; z toho 2,8 tis. dlouhoperiodických proměnných; 1,4 tis. zákrytových dvojhvězd; téměř 700 hvězd typu *RR Lyr* a 132 cefeid. (V přesčase přidali ještě 1,9 tis. galaxií s červeným posuvem  $z < 0,1$  ( $<400$  Mpc).

## 2.7. Bílé trpaslíci

S. Tang aj. využili probíhající **digitalizace skleněných fotografických desek** z rozsáhlé (0,5 mil. snímků) sbírky Harvardovy observatoře (projekt *DASCH*), která započala již v r. 1885 a skončila v r. 1993, ke sledování výbuchu pekuliární proměnné dvojhvězdy 12,2 mag v poloze **J0751+2017** (vzdálenost 1,0 kpc), který začal v r. 1942 náhlým zjasněním o 1,5 mag ve filtru B a pokračoval povloným návratem na původní jasnost až do r. 1953. V maximu mohla hvězda dosáhnout zářivého výkonu až o 3 řády vyššího než v klidu, protože se patrně možná až 20krát zvýšila teplota jejího povrchu, která v klidu činí jen 3,8 kK. Z průběhu světelné křivky se nejprve podařilo prokázat, že šlo o zákrytovou dvojhvězdu s oběžnou dobou 119 d, a dále že primární složka byla červeným obrem sp. třídy M0 III o poloměru  $35\text{R}_\odot$ , svítivosti  $250\text{L}_\odot$  a hmotnosti  $1,1\text{M}_\odot$ , zatímco sekundární složka nejspíše bílým trpaslíkem o hmotnosti  $0,6\text{M}_\odot$ . Hvězdy kolem sebe obíhají po mírně výstředné dráze ( $e = 0,02$ ) o velké poloosu dráhy 0,56 AU.

H. Boffin aj. studovali pomocí spektrografového *FORS2 VLT ESO* spektrum centrální hvězdy planetární mlhoviny **Fleming 1** (*G290.5+07.9*; vzdálenost 2,4 kpc) s cílem zjistit, jak je možné, že kulově souměrná hvězda může vytvářet zřetelně **bipolární planetární mlhovinu**. Dosud se většinou mělo za to, že za bipolární vzhled mnoha planetárních mlhovin mohou dipólová magnetická pole centrální hvězdy, ale nedávná pozorování S. Jordana aj. pomocí též aparatury to spolehlivě vyvrátila: *magnetická pole centrálních hvězd planetárních mlhovin jsou velmi slabá*. Pozorování radiálních rychlostí spektrálních čar C IV však ukázala, že centrální hvězda má průvodce, který obíhá kolem společného těžiště soustavy po kruhové dráze v periodě 1,2 d. Primární složka dvojhvězdy má efektivní teplotu 80 kK a vysokou tíží na povrchu ( $\log g = 5,0$ ), z čehož vyplývá, že hmotnost primární složky dosahuje  $0,56\text{M}_\odot$ , takže jde nepochybně o bílého trpaslíka. Také průvodce je zřejmě bílý trpaslík o hmotnosti až  $0,7\text{M}_\odot$  a efektivní teplotě  $\approx 120$  kK. V okolí planetární mlhoviny lze pozorovat prstence s jasnými uzlíky, docela podobné konfigurace, jakou známe u pozůstatku po supernově 1987A. Autoři proto soudí, že jsme svědky obecnějšího jevu, takže *většina jader planetárních mlhovin se skládá ze dvou hvězd*, které tak přispívají k bipolárnímu vzhledu mlhovin, aniž bychom k tomu potřebovali dipólové magnetické pole.

S. Parsons aj. objevili pomocí infračerveného zobrazovače *SOFI NTT*, kamery *ULTRACAM* a aparatury *X-Shooter* na *VLT ESO* bílého trpaslíka **SDSS J0857+0342** o efektivní teplotě 35 kK, hmotnosti  $0,5\text{M}_\odot$  a poloměru  $0,025\text{R}_\odot$  v oddělené těsné dvojhvězdě, která má nejkratší známou oběžnou periodu 1,6 h. Jeho průvodcem je červený trpaslík M8 V o hmotnosti  $0,09\text{M}_\odot$  a poloměru  $0,11\text{R}_\odot$ . Dvojhvězda se vynořila ze společné obálky před 20 Mr a za 400 Mr se z ní vyklube polodotyková dvojhvězda s ještě kratší oběžnou dobou 66 min.

M. Jura aj. pořídili optická a zejména ultrafialová **spektra dvou blízkých (<80 pc) bílých trpaslíků s vysokým znečištěním atmosféry** (*GD 40* a *G241-6*) pomocí spektrografového *COS HST*. Objevili tak v jejich atmosférách 13, resp. 12 těkavých prvků a navíc stanovili horní meze pro zastoupení Cl, P, Al, Ni a Cu. Zastoupení těkavých prvků uhlíku a síry je však o řád nižší a dusíku pětkrát nižší než na Zemi, kde 94 % hmoty představují pouze čtyři prvky: O, Mg, Si a Fe, anebo v primitivních chondritech třídy CI, jež jsou typické pro planetky Sluneční soustavy. Autoři proto soudí, že i když akrece planetek na bílé trpaslíky je poměrně běžná a dokáže vysvětlit chemické znečištění převážně většiny jejich atmosfér, v citovaných měřeních *HST* jde o **akreci původních planetesimál**.

Jejich chemické složení je totiž silně závislé na kondenzačních teplotách, které se mění radiálně napříč zárodečných akrečním diskem kolem vznikajících hvězd.

K. Wernerovi aj. se podařilo díky družici *FUSE* objevit v atmosféře bílého trpaslíka **RE 0503-289** (efektivní teplota 70 kK) krypton a xenon. V porovnání se Sluncem je zastoupení Kr 450krát a Xe dokonce 3 800krát vyšší. Autoři zde dále objevili prvky I, Sn, Te, Ga, Mo, Ge, As a Se. Vesměs nevíme, jak se tam zmíněné prvky mohly dostat. Naproti tomu J. Debes aj. nalezli důkazy o průběžném zásobování bílého trpaslíka **WD 1124-293** ( $0,66 M_{\odot}$ ; 9,4 kK; vzdálenost 34 pc) slapově rozdrcenými planetkami. Pořizovali totiž spektra trpaslíka po dobu 11 let spektrografem *MIKE* pomocí *6,5m teleskopu Magellan/Clay* na observatoři *Las Campanas v Chile* a studovali tak intenzitu absorpcí čar Ca II ve vzdálenosti slapového poloměru bílého trpaslíka, kde dochází k roztrhání planetek slapovými silami. Jelikož na povrchu bílých trpaslíků panuje extrémně silná gravitace a následkem toho je jejich atmosféra velmi tenká, projeví se zde ve spektru snadno i velmi nepatrné příměsi prvků těžších než H a He. Z ekvivalentní šířky čar Ca II tak odvodili, že do atmosféry trpaslíka ročně přitékají kovy o hmotnosti 4 Gt, který pocházejí ze slapově rozdrcených planetek. Přítok kolísá jen nepatrně zhruba o 6 %. Dnes je už zřejmé, že asi třetině bílých trpaslíků má ve svých atmosférách čáry kovů (všech prvků počnaje uhlíkem a končí uranem).

## 3. Supernovy, neutronové hvězdy a záblesky gama (GRB)

### 3.1. Supernovy

Počátkem r. 2012 oznámili S. Rodney aj., že v *Hubbleově ultrahlubokém poli* (HUDF) objevili v rámci projektu *CANDELS* (*Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Survey*) v poloze **0333-2747** nejvzdálenější supernovu třídy Ia s červeným posuvem 1,55 (vzdálenost 2,9 Gpc), která vzplanula 4,2 mld. let po velkém třesku. Supernova byla poprvé zachycena na snímku kamery *WFC3* v poli *GOODS-S* ve filtroch J, H a W dne 10. 10. 2010. Dodatečně pak byla nalezena i na snímku ve filtru H z 15. 9. téhož roku. Autoři proto odhadli, že k její explozi došlo v intervalu mezi 27. 8. a 14. 9. 2010. Přesnou hodnotu červeného posuvu získala 16.10. aparatura *X-Shooter VLT ESO*:  $z = 1,5499$  ve výborné shodě s odhadem z vícebarevné fotometrie. Navíc se ukazuje, že kamera *WFC3* pracující v blízké infračervené oblasti může objevit ještě vzdálenější supernovy Ia se  $z \approx 2$  a tedy v čase jen 3,3 mld. let po velkém třesku v rámci projektu *CANDELS*, popř. *CLASH* (*Cluster Lensing And Supernova survey with Hubble*), kdy se využívá mezilehlých kup galaxií gravitačních čoček zesilujících světlo vzdálených supernov.

D. Szczygiel aj. pozorovali dlouhodobě mateřskou galaxii **M51** (*CVn*; 7,1 Mpc) další jasně supernovy **2011dh**, která vzplanula koncem května 2011, a to již tři roky před výbuchem. Zjistili, že její předchůdce během té doby snižoval jasnost (!) tempem 0,04 mag/r. J. Vinklo aj. využili archivních snímků kosmického teleskopu *SST* ke zlepšení hodnoty vzdálenosti galaxie *M51* díky určení modulu vzdálenosti pro zmíněnou supernovu a také pro supernovu *2005cs*. Vyšlo jim  $(8,4 \pm 0,7)$  Mpc. Zatímco předchůdcem *SN 2005cs* byl červený veleobr o hmotnosti  $8 M_{\odot}$ , u *SN 2011dh* to musel být podle M. Berstenové aj. veleobr žlutý o hmotnosti  $15 - 20 M_{\odot}$ . Podle výpočtu autorů původní dvojhvězda měla složky o hmotnosti  $16 M_{\odot}$  a  $10 M_{\odot}$ , které kolem sebe obíhaly v periodě 150 d. Výměna hmoty nakonec vedla k hmotnosti předchůdce  $12 - 15 M_{\odot}$ , ale s héliovým jádrem o hmotnosti nanejvýš  $4 M_{\odot}$ . Poloměr veleobra před výbuchem dosáhl  $200 R_{\odot}$ , energie exploze  $8 \cdot 10^{43} J$  a množství vyvrženého radionuklidu  $^{56}\text{Ni}$  jen  $0,06 M_{\odot}$ . Podle S. Campana a S. Immlera, kteří sledovali supernovu *2011dh* pomocí rentgenových družic *Newton* a *Swift*, ji lze klasifikovat jako typ IIb.

F. Taddia aj. připomněli, že když v r. 1987 vzplanula supernova ve Velkém Magellanově mračnu, byli všichni udiveni, že jejím předchůdcem byl zcela netypicky *modrý veleobr*. Nyní tito autoři objevili, že také dvě supernovy třídy II z r. 2006 měly za předchůdce modré veleobry: **SN 2006V** (počátek února) v galaxii *UGC 6510* (*Leo*; 73 Mpc daleko) a **2006au** (počátek března) v galaxii *UGC 11057* (*Oph*; 46 Mpc). Přitom obě byly ještě modřejší, teplejší a svítivější a jejich čáry se rozpínaly vyšší rychlostí než v případě **SN 1987A**! Ve všech třech případech byl nárůst jasnosti k maximu poměrně povlovný, maximální svítivost nižší než u běžných supernov třídy IIP a na tvar světelné křivky po maximu mělo velký vliv zastoupení radioaktivních nuklidů ve zplodinách výbuchu. Poloměr předchůdců dosahoval až  $100 R_{\odot}$ , vyvrženo bylo až  $20 M_{\odot}$  a energie explozí dosáhla  $3 \cdot 10^{44} J$ .

A. Pastorello aj. pozorovali pro změnu slabší variantu supernovy *1987A*, která vzplanula počátkem ledna 2009 v galaxii **NGC 4141** (*UMa*; vzdálenost 30 Mpc) a dostala označení **SN 2009E**. Ačkoliv hmota vyvržená výbuchem hmotné hvězdy dosáhla  $19 M_{\odot}$ , hmotnost vyvrženého radioaktivního nuklidu  $^{56}\text{Ni}$  byla velmi nízká ( $0,04 M_{\odot}$ ). Autoři odtud uzavírají, že supernovy IIP s modrými veleobry představují stěží 1,5 % všech kolapsarů. B. Sugerman aj. připomněli, že už více než 30 let lze pozorovat světelnou ozvěnu na mezihvězdém prachu od supernovy **1980K**, která vzplanula v galaxii *NGC 6946* (*Ohňostroj, Cep/Cyg*; vzdálenost 5,9 Mpc) a patří pro změnu k typu II-L, což znamená, že vyvrhla zcela zanedbatelné množství prachu ( $<0,02 M_{\odot}$ ). Autoři též uvádějí, že během XX. stol. bylo v této spirální galaxii zpozorováno celkem 9 supernov, což je nejspíš stoletý rekord.

V r. 2012 oznámili K. Long aj., že se jim díky družici *Chandra* a radioteleskopům podařilo znovu pozorovat supernovu **1957D**, která vzplanula ve spirální galaxii *M83* (*NGC 5236; Hya*; vzdálenost 4,6 Mpc) a přestala být pozorovatelná koncem 80. let. Jelikož stáří předchůdce v době výbuchu nedosahovalo ani 10 mil. let, plyne odtud, že hvězda měla tehdy hmotnost  $>17 M_{\odot}$ . Kromě spojitého rentgenového a rádiového záření jsou nyní pozorovatelné široké nebulární čáry [O III] a výkon v rentgenovém oboru stále dosahuje hodnoty  $>10^{30} W$ . Autoři vysvětlují současné oživení skutečností, že rázová vlna výbuchu expandující rychlostí 2,7 tis. km/s předebehla zplodiny hvězdného větru, jenž vanul dálko před výbuchem supernovy podstatně menší rychlostí. Mimochodem, v této galaxii vzplanulo během XX. stol. celkem 6 supernov!

Počátkem r. 2012 vydali D. Lennarz aj. sjednocený **Katalog supernov**, jenž obsahuje 5,5 tis. extragalaktických supernov, které vzplanuly do konce r. 2010. Autoři se snažili opravit nebo vyznačit chyby, které obsahují předešlé dílčí katalogy.

Největší množství prací v r. 2012 však astronomové věnovali supernově třídy Ia **2011fe**, která vzplanula v galaxii *M101* (vzdálenost 6,4 Mpc) koncem srpna 2011. Byla objevena na Mt. Palomaru pomocí *Schmidtovy komory PTF* již 11 h po začátku exploze. V té době byla 17 mag, ale dotáhla se v maximu na 10 mag. Plynné čáry supernovy se rozpínaly rychlostmi kolem 20 tis. km/s a jejím předchůdcem byl bílý trpaslík třídy C-O.

A. Horesh aj. zahájili ihned po objevu sledování supernovy v mm a cm pásmu rádiových vln, ale také v rentgenovém záření. Z rozboru těchto měření vyplývá, že dodavatelem vodíku na povrch bílého trpaslíka před výbuchem nebyl červený obr, ale spíše *hvězda hlavní posloupnosti, nebo podobr.* J. Liu aj. se pokusili najít předchůdce pomocí snímků *HST* a *Chandra*, ale neuspěli. P. Brown aj. uveřejnili údaje o rentgenovém a ultrafialovém záření supernovy a tvrdí, že i když šlo evidentně o supernovu Ia, není vyloučeno, že žádného hvězdného průvodce neměla. Dokonce nemohlo jít ani o slití dvou bílých trpaslíků, jak se někdy uvažuje. Paradoxně jde přitom o nejlépe proměřenou supernovu třídy Ia v celých dějinách astronomie. Podle T. Mathesona aj. lze z infračervené světelné křivky odvodit její vzdálenost na  $(6,3 \pm 0,5)$  Mpc.

Na ještě závažnější problém upozornili Y. Kamiya aj., neboť v řadě případů se nějak nedáří vysvětlit chování supernov Ia po výbuchu za standardního předpokladu, že tyto supernovy jsou projevem katastrofálního výbuchu bílých trpaslíků, kteří nabrali hmotnost k hodnotě **Chandraskharovy meze** (cca  $1,4 M_{\odot}$ ) – to je mimochodem základní důvod, proč se SN Ia používají jako tzv. standardní svíčky pro měření kosmologických vzdáleností, protože *stejná hmotnost by měla znamenat stejný maximální zářivý výkon při výbuchu.*

Autoři doložili tento rozpor pozorování s teorií případem supernovy **2009dc** v galaxii *UGC 10064* (*Ser*; 91 Mpc), kde pro hmotnost bílého trpaslíka před výbuchem vycházejí hodnoty  $2,2 - 2,4 M_{\odot}$ . V tom případě by k vysvětlení tvaru světelné křivky po výbuchu bylo zapotřebí rozprášit do prostoru  $1,2 - 1,4 M_{\odot}$  radionuklidu  $^{56}\text{Ni}$ ! Pokud by byla světelná křivka zeslabena silně extinkcí, muselo by být radionuklidu dokonce  $1,8 M_{\odot}$  a bílý trpaslík by musel mít zcela absurdní hmotnost  $2,8 M_{\odot}$ . Je sice pravda, že by se případ dal vysvětlit velmi rychlou rotací bílého trpaslíka, kdy odstředivá síla brání jeho zhroucení na neutronovou hvězdu, ale i tato alternativa končí u hmotnosti  $2,4 M_{\odot}$ . Ke shodnému závěru dospěli též I. Hachisu aj., kteří poukázali na stejný problém také u supernov **2003fg**, **2006gz** a **2007if**. Seznam nadsvítivých hypernov se dále utěšeně rozrůstá díky pátrání R. Scalza aj., J. Cooka aj. i S. Smartta aj. Není proto divu, že proslulá příčka *kosmologického žebříku*, na níž bezpečně spočívaly supernovy Ia, se začíná povážlivě viklat.

O tom, že jde o větší problém, svědčí i souhrn názorů významných odborníků, který publikoval americký vědecký týdeník *Science* v čísle 6097 z 24. 8. 2012. Do debaty přispěli N. Gehrels, P. Mészáros, B. Dilday aj. a A. Gal-Yam. Zhruba před 10 lety se začaly občas pozorovat **extrémně svítivé supernovy**, které obvykle souvisejí s krátkými záblesky záření gama *SGRB*). Dokonce se tvrdí, že v pozorovatelném vesmíru vybuchaře nějaký *SGRB* jednou denně! Až do té doby se pozorovaly v cizích galaxiích běžně supernovy třídy Ia se shodným maximálním zářivým výkonem  $1.10^{36}$  W (absolutní hvězdná velikost **-19,5 mag**), ale nyní už máme dobré údaje o *hypernovách* (*SNLS*), které jsou v maximu o řád svítivější.

Proto si musíme položit otázku, zda je za výbuchem hypernov se zářivým výkonem v maximu  $>20 GL_{\odot}$  (!) vůbec bílý trpaslík s hmotností na *Chandrasekharově mezi*, anebo něco jiného? I když je zmíněných hypernov známo dosud jen 18, zřetelně se rozpadají na tři typy – **I** (chudé na vodík), **II** (bohaté na vodík) a **R** (velmi vysoké zastoupení radionuklidů s hmotnostmi  $2 - 5 M_{\odot}$ , zejména pak  $^{56}\text{Ni}$ , které díky radioaktivnímu rozpadu zmírňují pokles světelné křivky po maximu). Přitom jejich absolutní hvězdné velikost většinou překonávají  $-21$  mag a zůstávají na této úrovni i více než týden! Dosavadní rekord drží supernova **CSS 100217** objevená v přehlídce *Catalina* v poloze  $1029+4042$  dne 17. 2. 2010 s červeným posuvem spektra  $z = 0,15$  (vzdálenost 570 Mpc; 11,9 mld. let po velkém třesku) a pozorovanou maximální jasností  $18,1$  mag, což dává absolutní hvězdnou velikost v maximu  $-23,1$  mag, maximální zářivý výkon  $3.10^{37}$  W ( $75 GL_{\odot}$ ) a vyzářenou energii  $1.3 \cdot 10^{45}$  J.

Dalším extrémně pozoruhodným objektem se stala **SN 2007bi** typu *R* ( $z = 0,129$ ; 500 Mpc; 12,1 mld. let po VT), kde hmotnost vyvrženého materiálu dosáhla  $100 M_{\odot}$  (!), což je současně spodní mez pro hmotnost bezprostředního předchůdce supernovy! Takové **nadhvězdy** žijí velmi krátkou dobu a podstatně přispívají pro obohacení mezihvězdného prostředí o nejtěžší prvky Mendělejevovy tabulky. Tato supernova vybuchla v trpasličí galaxii podobně např. *Malému Magellanovu mračnu*, ale s metalicitou třikrát nižší než má Slunce. Hypernovy typu R lze fyzikálně dobře popsat; jsou však mezi ostatními hypernovami nejvzácnější. Co je příčinou výbuchu hypernov I a II, zatím nikdo neví.

Také povaha supernov třídy Ia je stále neurčitá. Na základě pozorování supernovy **PTF 11kx** na *Palomaru* (objev 16. 1. 2011;  $z = 0,047$ ; vzdálenost 200 Mpc) lze totiž téměř s jistotou usoudit, že existuje několik možných scénářů jejich vzniku. V jejím spektrum totiž vidíme čáry Ca II, Na I, Fe II, Ti II a He I. Jejich profil typu P Cyg ukazuje na expansi tohoto chemicky pestrého materiálu do vnějšího prostoru. Přesto se B. Dilday aj. domnívají, že i v tomto případě šlo o klasický scénář. Ten totiž uvažuje výhradně o dvojhvězdě s červeným oborem, jejíž průvodcem je bílý trpaslík, který z hvězdy přibírá vodík tak dlouho, až dosáhne *Chandrasekharovy meze* a vybuchne, přičemž se zcela zničí.

Nyní je však zřejmé, že často může jít také o *dvojhvězdy*, které sestávají ze dvou bílých trpaslíků, jež ztrácejí oběžnou část momentu hybnosti slapy a gravitačním vyzařováním, takže po spirále smrti splynou. Tím snadno překročí Ch. mez; pouze vybuchnou daleko později, než tomu musí být u předešlého klasického scénáře. Příslušné výpočty, kdy dva bílí trpasličí typu C-O se nejprve obklopí společnou vnější plynoucí obálkou a pak rychle splynou, uveřejnili S. Toonen aj.

Třetí možností je zhroucení velmi hmotných ( $130 - 250 M_{\odot}$ ) hvězd vlivem *nestability* páru *positron-elektron* při jejich přeměně na páry fotonů záření gama. Tím prudce poklesne tlak záření v nitru a hvězda se hroutí gravitací a vzápětí vybuchne. Jaký však je podíl jednotlivých scénářů na výbuších supernov Ia, není jasné; zejména třetí scénář s párovou nestabilitou není příliš podporován pozorováním.

## 3.2. Pozůstatky po supernovách (SNR)

W. Becker aj. sledovali vlastní pohyb centrálního kompaktního objektu **SNR Pup A** (*RX J0822-4300*; vzdálenost 2 kpc) pomocí kamery *HiRes* rentgenové družice *Chandra* od prosince 1999 do srpna 2010. Obdrželi tak směr a rychlosť vlastního pohybu, který odpovídá centru optického výbuchu před 5,2 tis. lety v úhlové vzdálenosti  $371''$ . Lineární rychlosť vlastního pohybu 670 km/s je v dobrém souladu s představou, že *k výbuchu supernovy došlo ve dvojhvězdě*, kde se jedna složka (kolapsar) zhroutila, ale druhá složka výbuch přežila, jenž následkem ztráty gravitační vazby se doslova utrhla z gravitačního řetězu a nabrala vysokou prostorovou rychlosť napříč Galaxií. Kromě zde uvažované *SNR Pup* se podobně našly pohybující se kompaktní objekty u **SNR Cas A**

a G292.0+1,8. Autoři srovnali takto určené stáří s dalšími použitými postupy pro výpočet stáří, takže výsledně obdrželi střední hodnotu pro stáří SNR *Pup*:  $(4,5 \pm 0,8)$  tis. let. Podle měření družic *Fermi* a *WMAP* dostali J. Hewitt aj. odhad o energetickém obsahu urychlených protonů a elektronů v pásmu  $(1 - 100)$  GeV:  $10^{42}$  J, takže jde o SNR s nejmenším zářivým výkonem, kterou známe.

J. González-Hernández aj. se pokoušeli nalézt v okolí SNR 1006 (*Lup*; vzdálenost 2,2 kpc) průvodce supernovy, který by teoreticky mohl výbuch bílého trpaslíka přežít. Pátrali na ploše o poloměru  $4'$  od těžiště SNR, ale bezvýsledně. Všeobecně se soudí, že šlo o supernovu třídy Ia, kde průvodcem bílého trpaslíka je hvězda hlavní posloupnosti, anebo červený obr či podobr. Autoři se proto přiklánějí k myšlence, že v tomto případě došlo ke **splynutí dvou bílých trpaslíků**, jejichž souhrnná hmotnost dosáhla *Chandrasekharovy meze*, takže po nich nezbyl v těžišti výbuchu žádný objekt. Tento scénář **dvojitě degenerace** je prý dokonce až čtyřikrát pravděpodobnější než scénář klasický. Autoři na závěr připomínají, že v naší Galaxii vybuchly během více než dvou tisíciletí pouze 4 supernovy třídy Ia: 185, 1006, 1572 a 1604, ale asi *ani jedna z nich nemá prokázaného přeživšího průvodce*.

S touto revizí scénáře pro **supernovy Ia** ostatně souhlasí trojrozměrné výpočty R. Pakmora aj. simulující splynutí dvou bílých trpaslíků C-O o hmotnostech  $0,9 M_{\odot}$  a  $1,1 M_{\odot}$ . Následný výbuch uvolní do okolí přes  $0,6 M_{\odot}$  radionuklidu  $^{56}\text{Ni}$  a průběh světelné křivky v optickém i infračerveném pásmu je k nerozeznání od klasického scénáře s jedním bílým trpaslíkem a hvězdou hlavní posloupnosti nebo s hvězdou, která již posloupnost opustila.

R. Buehler aj. pozorovali pomocí družice Fermi 9. 4. 2011 vzplanutí záření gama v **Krabí mlhovině (M1; SN 1054)** (vzdálenost 2 kpc) v pásmu energií  $> 100$  MeV. Během 8 h se tok záření gama zdvojnásobil a nakonec vzrostl 30krát proti klidové hladině. Energetické spektrum vzplanutí dosáhlo maxima na 375 MeV. Šlo již o čtvrté vzplanutí od r. 2007, třikrát jasnější než předešlá. Podle všeho jde o *relativistický výtrysk záření* shodou okolností usměrněný k Zemi. T. Satterfield aj. identifikovali ve spektrech mlhoviny porůžených  $1,3m$  a  $2,7m$  teleskopu v Texasu čáry He I II; H I; dále skupinu C-N-O i zakázané čáry S II a S III. Jejich zastoupení však v různých částech mlhoviny výrazně kolísá. Dokládá to klasifikaci supernovy 1054 jako *kolapsaru třídy II*, i když není jasné, kde se tento materiál ztratil, když Krabí mlhovina má nanejvýš  $3 M_{\odot}$  a kolapsar musel mít před výbuchem minimálně  $8 M_{\odot}$ !

F. Giordano aj. jakož i A. Atoyan a C. Dermer zaznamenali pomocí družice *Fermi* a Čerenkovovy aparatury *VERITAS* (úbočí Mt. Hopkins, Arizona) energetické fotony (0,4 – 10 TeV) přicházející z pozůstatku po **Tychonově supernově** (1572; vzdálenost 2,5 – 3,0 kpc) v souhvězdí *Kasiopeja*. To prakticky dokazuje, že pozůstatky po supernovách vysílají urychlené hadrony, popřípadě relativistické elektrony, které tvoří hlavní složku *galaktického kosmického záření* s energiemi částic až 10 PeV.

G. Gomez aj. ukázali, že pozůstatky po **Tychonově a Keplerově** (1604, *Oph*; vzdálenost 6 kpc) **supernově** vysílají dlouhovlnné infračervené záření, zachycené aparaturami *PACS* a *SPIRE* na kosmickém teleskopu *Herschel* v pásmech vlnových délek 70 – 500 μm. Jde o záření teplého prachu, jehož hmotnost v obálce supernovy činí pro *Tycha* pouze  $9 mM_{\odot}$  při teplotě 90 K a pro *Keplera* jen  $3 mM_{\odot}$  a 82 K. Ani jeden pozůstatek nemá měřitelné množství chladnějšího (25 – 50) K prachu, takže nejde o kolapsary, ale *pozůstatky po výbušných SN Ia*. Jedině kolapsary dodávají do okolního prostoru podstatné množství prachu.

D. Patnaude aj. potvrdili klasifikaci **Keplerovy supernovy** jako třídu Ia, ale zpochybnili určení její vzdálenosti, protože supernova vyvrhla velké množství radionuklidu  $^{56}\text{Ni}$  ( $1 M_{\odot}$ ) a z toho důvodu byla po maximu dlouho jasnější, než se obvykle předpokládá. To znamená, že její vzdálenost od nás může přesahnut 7 kpc!

F. Vogt aj. využili oblaků prachu ve směru **SNR Cas A** (1681 ± 19 let; vzdálenost 3,4 kpc) ke sledování **infračervených ozvěn** tehdejšího výbuchu pomocí *Spitzerova teleskopu (SST)* (pásmo 5 – 38 μm) na oblacích, vzdálených od SNR 199 světelných let. (Světelná ozvěna vzniká na prachu pohlcováním optických i UV fotonů a zpětným vyzářením fotonů IČ. UV fotony se však podílejí na intenzitě ozvěny z 83 %.) Takto získaná původní světelná křivka se tvarem podobá křivce pro supernovu **1993J** třídy II (*M81*; vzdálenost 2,6 Mpc). Z měření se rovněž podařilo určit rozmezí, kdy supernova vzplanula na pozemské obloze a třídu supernovy IIb, čili i hmotnost předchůdce  $15 - 25 M_{\odot}$ . V optickém oboru vyzářila *Cas A* celkem  $8.10^{41}$  J, ale v pásmu UV přes  $1.10^{43}$  J. Zářivý výkon v maximu dosáhl  $6.10^{37}$  W (150 mld.  $L_{\odot}$ !!). K. Isensee aj. využil týchž měření k odhalení *na sebe naskládaných vrstev různého nukleosyntetického původu*. Tloušťka vrstev v expandujících obálkách nepřesahuje 1 tis. km/s; zvlášť zřetelně jsou vidět slupky Si a O. I když původní hvězda byla rozhodně velmi hmotná, červený veleobr, který se nejprve zhroutil a pak následně vybuchl, měl hmotnost už jen  $4 M_{\odot}$ .

O nezávislé potvrzení předešlých údajů se vzápětí postarali M. Besel a O. Krause, kteří sledovali **infračervené ozvěny supernovy Cas A** pomocí družice *WISE* na mezihvězdných oblacích prachu vzdálených od SNR více než 800 pc! Tak se podařilo ověřit tvar světelné křivky získaný *SST*, ale získat také spektra z odlišného směru pozorování. Máme tedy něco jako *trojrozměrné zobrazení tehdejšího výbuchu* a to ukazuje zřetelně, že výbuch nebyl izotropní, nýbrž *asymetrický*. Těžko bychom si ještě před páry lety dokázali představit, že si jako ze záznamu přehrajeme ve 3D úkaz, který se odehrál před nějakými 330 lety pro pozorovatele na Zemi, ale ve skutečnosti před 11 stoletími!

M. Lakicevic aj. pozorovali **SNR 1987A** (VMM, vzdálenost 50 kpc) v rádiovém pásmu 3,2 mm (94 GHz) pomocí australského interferometru *ATCA* (*observatoř P. Wilda* poblíž Narrabri se základnou 750 m) a dále pomocí submilimetrového interferometru *APEX* (Llano Chajnantor, Chile) v pásmech 350 a 870 μm. V nejbližším okolí centra výbuchu nalezli prachový zdroj o teplotě 33 K a rovníkový prsten o úhlovém průměru  $1,6''$  a teplotě 170 K. Ve 3 mm pásmu se struktura prachových vrstev velmi podobá struktuře zobrazené těsně po výbuchu v rentgenovém záření, ale *integrovaný tok vzrostl za posledních 6 let na dvojnásobek*. Jde zřejmě o synchrotronové záření vycházející z vnitřního okraje rovníkového prstenu.

P. Maggi aj. zveřejnili údaje o měkkém rentgenovém záření **SNR 1987A** získané v letech 2007 – 2012 družicí *Newton* v pásmu 0,2 – 10 keV. Ve shodě s mikrovlnnými měřeními rostla v těchto letech také intenzita měkkého rentgenového záření, což znamená, že z rovníkového prstenu stále vyvěrá hmota. Dobře je to znát na širokém profilu čáry Fe K (6,4 keV), která je viditelná na všech pořízených spektrech. Odtud vychází tloušťka prstencového disku na 3 kAU (450 mld. km; 0,015 pc). S. Grebenev aj. využili údajů z družice *INTEGRAL* k monitorování tvrdého (0,5–1,2 MeV) rentgenového záření ze **SNR 1987A** během let 2010 – 2011. Toto záření by mělo vznikat rozpadem radioaktivních nuklidů, nejprve  $^{56}\text{Ni}$  (poločas rozpadu 6,1 d) a dále  $^{56}\text{Co}$  (77,2 d). Tyto radionuklidы ovlivňují nejvíce tvar světelné křivky po výbuchu podobu prvních tří let. Produktem jejich rozpadu je pak radionuklid  $^{44}\text{Ti}$  (59 let). Ten by měl tedy nyní dominovat, ale měření ukázala, že v SNR 87A ho vzniklo jen  $0,3 mM_{\odot}$ .

# Hviezdy, ktoré môžu vybuchnúť

Nikto nevie, ktorá z hviezd v našej Galaxii môže (a kedy) v budúcnosti vybuchnúť ako supernova. Astronómovia však pozorne sledujú celý rad hviezd, ktoré tento potenciál majú.

Každú sekundu sa v jadre nášho Slnka premení 600 miliónov ton jadier vodíka na 596 miliónov ton jadier hélia. Štyri milióny sa transformujú na energiu a po istom čase na slnečné žiarenie.

Všetky objekty, ktoré astronómovia považujú za „normálne“ hviezdy, sa správajú podobne: pomocou najrozličnejších jadrových fúzií produkujú energiu/žiarenie, ktoré vzdoruje dostredivému tlaku ich hmotnosti. Každú z hviezd, ktorú voľným okom na oblohe rozlíšime, môžeme opísť ako gravitačne spútaný termonukleárny reaktor. Raz alebo dvakrát za storočie sa jedna z hviezd v Mliečnej ceste stane nestabilnou a exploduje.

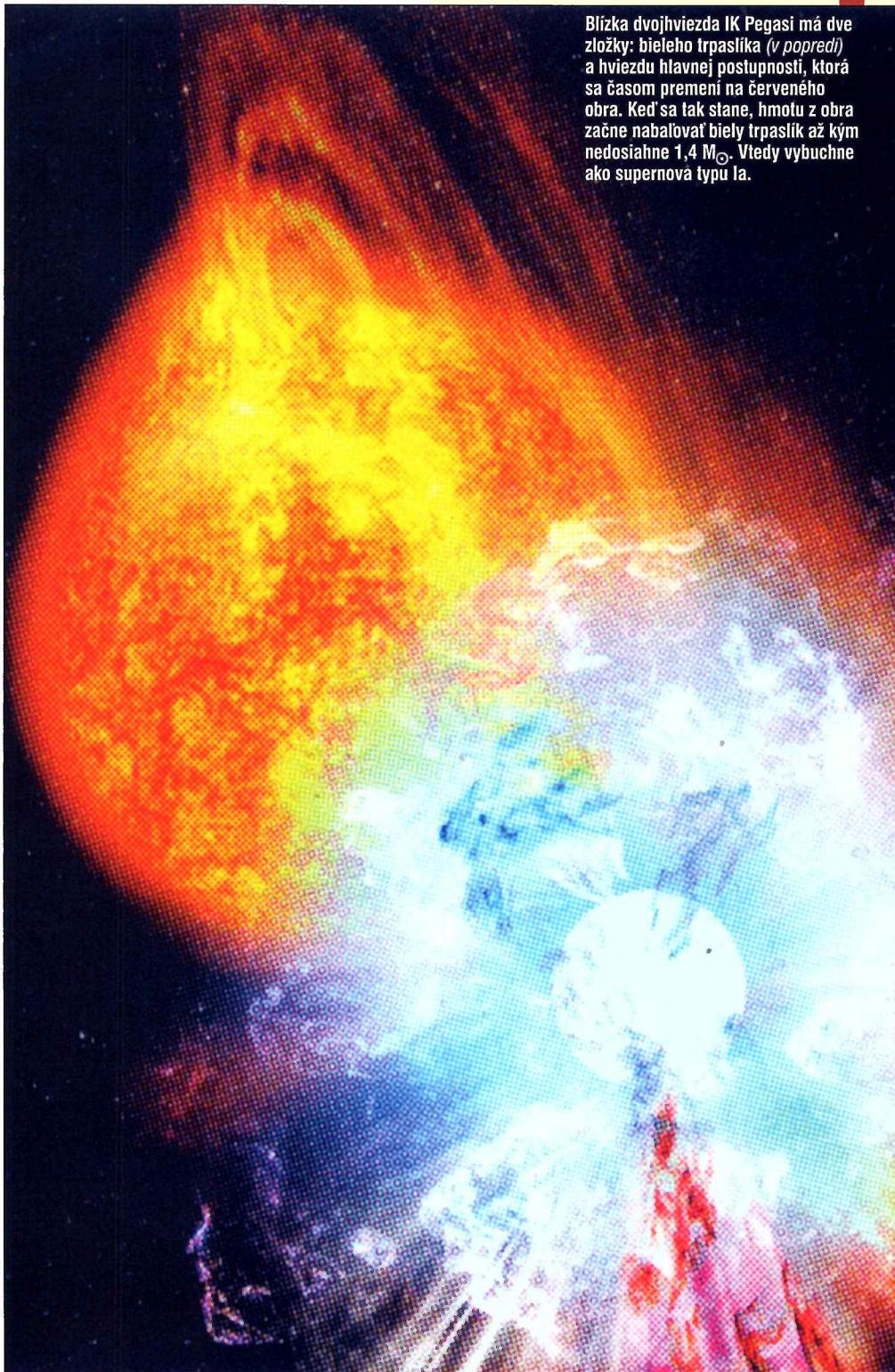
Produktom explózie je supernova, ktorá žiari viac ako  $10^9$ -krát jasnejšie ako Slnko. V maxime jasnosti vyprodukuje viac žiarenia ako všetky hviezdy v hostiteľskej galaxii. Výbuch môže hviezdu úplne zničiť alebo spôsobiť, že po výbuchu ostane po nej skolabované, husté jadro: buď neutrónová hviezda (s priemerom asi 20 km), alebo čierna diera, z ktorej nijaké žiarenie nemôže uniknúť.

Poslednú supernovu, zaznamenanú voľným okom, spozoroval anglický astronóm John Flamsteed v roku 1680, keď katalogizoval hviezdy. Hviezda vzplanula v súhvezdí Cassiopeia, ale ďalšie generácie astronómov ju nemohli nájsť. Jasnosť tejto supernovy (Cas A) znižovala jej vzdialenosť i medzihviezdné oblaky prachu a plynu, takže nikdy neprekonalá 3. magnitúdu. Vo chvíli keď ju Flamsteed objavil, už pohasinala a jej jasnosť klesla na hranicu pozorovateľnosti voľným okom.

Jedna z „mladších“ supernov však upútala vedcov na celom svete. Údaje z oblasti rádiových a röntgenových vĺn prezradili expanziu objektu G1,9+0,3 (nedaleko jadra Mliečnej cesty), ktorého žiarenie zasiahlo Zem pred 150 rokmi. Po tejto supernove už žiadny iný výbuch supernovy v našej Galaxii zaznamenaný neboli. Je ale možné, že nejaký výbuch supernovy zostal utajený za oblakmi Mliečnej cesty.

Počas uplynulého storočia skúmali vedci mechanizmus, ktorý tieto výbuchy vyvoláva pozorovaním zvyškov po supernovách v našej i v iných galaxiach. Pri väčšine supernov, ktoré sa sformovali ako hviezdy so 6-krát väčšou hmotnosťou ako Slnko, sa agónia prejavuje ako séria vzplanutí. K vzplanutiu dochádza zakaž-

Blízka dvojhviezda IK Pegasi má dve zložky: bieleho trpaslíka (v popredí) a hviezdu hlavnej postupnosti, ktorá sa časom premení na červeného obra. Keď sa tak stane, hmotu z obra začne nabaloval biely trpaslík až kým nedosiahne  $1,4 M_{\odot}$ . Vtedy vybuchne ako supernova typu Ia.



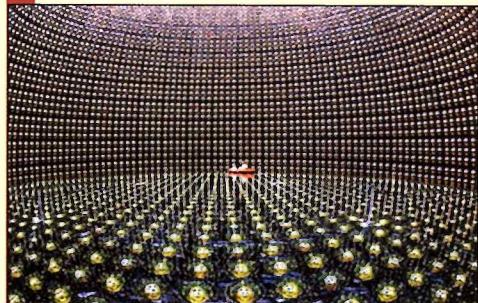


Poslednou supernovou, ktorá sa dala rozlísiť voľným okom, bola supernova 1987A, jasná hviezda vpravo od stredu snímky. Hviezda vybuchla vo Veľkom Magellanovom oblaku, ktorý je satelitnou galaxiou Mliečnej cesty.



Modrý obor Spica v súhvezdí Panny sa zdá byť zrelijm kandidátom na supernovu. Táto hviezda, vzdialenosť 260 svetelných rokov, je najbližšou z hviezd, ktoré môžu skončiť ako supernovy typu II.

Ked' vybuchne hviezda Betelgeuse, vyše do všetkých smerov obrovskú vlnu neutrín. Detektor neutrín, napríklad Super Kamiokande v Japonsku (na obrázku), sa môže stať prvým prístrojom, ktorý zánik tejto hviezdy zaznamená.



dým, keď hviezda spotrebuje palivo. Najskôr vodík, potom hélium, po héliu ďalšie prvky.

Ked' hviezda spotrebuje posledné termojadrové palivo, nastane kolaps jej jadra. Jadro sa premení buď na neutrónovú hviezdu, alebo na čiernu dieru. Kolaps sa odohráva za sprievođu výbuchov rozptyľujúcich vysokou rýchlosťou hviezdné obálky do okolitého priestoru.

Iný typ supernovy je produkтом jadrových procesov, ktoré spotrebujú energiu hviezdného jadra skôr, ako sa premení na palivo. Tým vytvára predčasný kolaps, alebo nastolí dočasné rovnováhu, ktorú istý čas udržiavajú termojadrové reakcie.

Naštastie nijaká z hviezd, ktoré dozrievajú na supernovy, sa nenachádza tak blízko pri našej Zemi, aby nás v dohľadnej budúcnosti mohla ohrozit. Poznáme však celý rad vzdialenejších hviezd, ktoré tento osud nemenie. Ktoré to sú? A kedy vybuchnú?

### Budúce bomby

Na čele zoznamu kandidátov na supernovy je dvojhviezda IK Pegasi. Ide o objekt 6. magnitúdy na hranici viditeľnosti voľným okom. Jednou zo zložiek je hviezda hlavnej postupnosti spektrálneho typu A s hmotnosťou  $1,7 M_{\odot}$ . Druhou zložkou je biely trpaslík,

Ako iný typ supernovy sa môže prejavit Spica, hviezda 1. magnitúdy v súhvezdí Panny, jedna z najhorúcejších hviezd na oblohe. Táto modrá hviezda, vzdialenosť 260 svetelných rokov, je 12 000-krát jasnejšia ako Slnko. Vzhľadom k hmotnosti (10-násobok hmotnosti Slnka) je Spica najväčším kandidátom na supernovu typu II. Počas výbuchu jadro hviezdy skolabuje. Osud Spicy však ovplyvňuje celý rad faktorov.

Prvý: Spica rotuje 80-krát rýchlejšie ako Slnko. Druhý: Spica je zložkou tesnej dvojhviezdy. Jej spoločníkom je modrá hviezda s hmotnosťou 7 Slnk. Obe hviezdy obehnú okolo spoločného ťažiska za 4 dni (90-krát rýchlejšie ako Zem okolo Slnka.) Gravitačné sily oboch veľkých hviezd ich menia z gúľ na elipsoidy.

Obe hviezdy, rovnako ako Slnko, premieňajú vo svojich jadrach vodík na hélium. Spica sa však už onedlho začne meniť na červeného obra. Rýchla rotácia a deformovaný povrch spôsobia, že časť rozpínajúcej sa hmoty nabalí susednú hviezdu. (Časť unikne do priestoru.) Väčšia hviezda stratí postupne 50 až 80 % svojej hmoty. Väčšinu hmoty nabalí menšia hviezda, ktorá potom vybuchne.

Spica sa môže premeniť aj na bieleho trpaslíka. Ak sa tak o milióny rokov neskôr stane, začne hmotu prúdiť opačným smerom – ku Spice, ale osud sústavy je v tomto prípade neistý. Dvojhviezda možno skončí ako IK Pegasi. Biely trpaslík Spica zanikne ako supernova typu II.

Iným dôsledkom rýchlej rotácie hviezdy bude pokles jasnosti a centrálnej teploty. Hviezda sa začne správať ako hviezda z nižšou hmotnosťou, než akú skutočne má.

Osudy hviezd určuje ich hmotnosť: čím sú hmotnejšie a jasnejšie, tým skôr spotrebujú svoje palivo. Jadrové reakcie menia vodík na hélium, pričom sa uvolňuje žiarenie gama a neutróna. Tieto časticie, ktoré sa pohybujú bezmála rýchlosťou svetla, s hmotou takmer neinteragujú. Ak sa vodík minie, jadro hviezdy sa zmrstí a natoliko zohreje, že sa vznieti aj hélium. Energia, ktorá pri tom vznikne, zmení jadra hélia na uhlík a kyslík. Vo hviezdach s hmotnosťou Slnka končí táto recyklácia premenou na uhlíkovo-kyslíkového bieleho trpaslíka.

V masívnejších hviezdach prebieha jadrová premena prvkov inakšie. Jadro hviezdy po spotrebovaní vodíka, hélia, uhlíka, neónu, kyslíka a kremíka skolabuje a zohreje sa do takej miery, že spaľuje aj ďalšie prvky. Ked' však začne spaľovať aj kremík a začne sa formovať jadro zo železa a niklu, dni hviezdy sú spočítané.

Niektoré masívne hviezdy nežijú tak dlho, aby dospeli do tohto štadia. Hviezdy s hmotnosťami 9 až  $9,25 M_{\odot}$  (v prípade, že majú podobné zloženie ako Slnko), vybuchnú tesne pred spotrebovaním uhlíka, ak sa v jadre nachádza zmes kyslíka, horčíka a neónu. Jadrá horčíka a neónu začínajú v stave kritickej hustoty viazať elektróny ešte predtým, ako sa v jadre zvýši teplota na hodnotu, umožňujúcu horenie neónu.

Proces viazania elektrónov zvýši tlak v jadre, ktoré pod vplyvom vlastnej hmotnosti sko-

labuje a vyvolá vzplanutie slabej supernovy typu II. Stane sa bláznične rotujúca Spica v prípade, že jej hmotnosť dosiahne kritickú hodnotu, dejiskom takého vzplanutia? Ak áno, premení sa na supernovu skôr, ako v prípade iných scenárov. Už o niekoľko miliónov rokov.

Najbližší kandidát na supernovy nás v blízkom čase neohrozia. V Galaxii však dozrievajú aj hviezdy, ktoré vybuchnú oveľa skôr. Medzi nimi i zopár slávnych hviezd.

### Betelgeuse

Najväčnejším kandidátom je Betelgeuse – hviezdny obor magnitúdy 0,6 a najväčším priemerom spomedzi všetkých hviezd do vzdialenosťi 640 svetelných rokov. Ak by hvieza Betelgeuse bola uprostred našej Slnčnej sústavy, vyplnila by priestor, v ktorom krúzia telesá vo vnútri obežnej dráhy Jupitera.

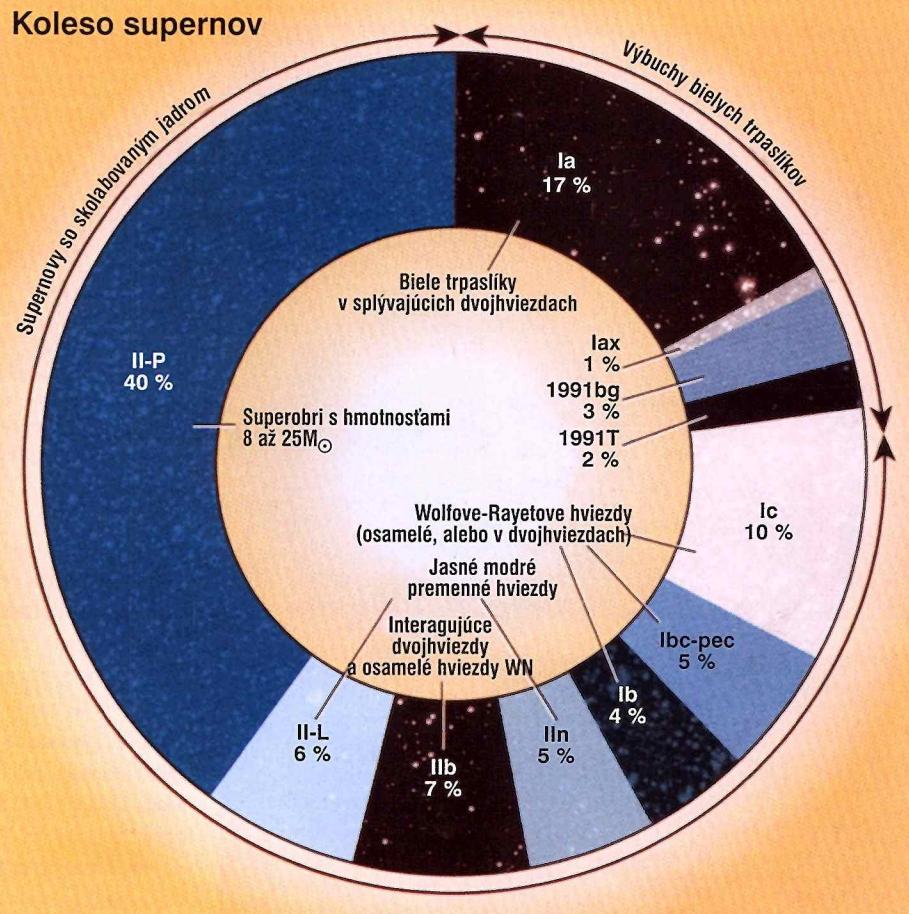
V roku 2009 zaznamenali astronómovia pri tejto hviezde veľký výron hmoty až do vzdialenosťi 30 AU a nad ňou sa rozpínajúci hmlovina, plnú nepravidelných oblúkov. Bolo identifikovaných najmenej 6 obálok. Materiál vyvrhovaný z Betelgeuse vypĺňa dnes okolity priestor do vzdialenosťi jedného svetelného roka.

Betelgeuse s hmotnosťou 20 Slnk sa sfornovala pred 8 miliónmi rokov. Jej život sa pomaly končí. Aj vo vnútri tohto hviezdneho obra dospej cyklus jadrových reakcií do konejnej fázy: onedlho sa sfomruje železné jadro, ktoré skolabuje, vytvorí sa supernova typu II-P a neutrónová hvieza. Procesy, ktoré sa odohrávajú v jadre tejto hviezdy, dokážu vedci určiť pomocou napozorovaných údajov i evolučných modelov, simulujúcich rozpad hviezd. Z tých vyplýva, že Betelgeuse vybuchne ako supernova o 20 000 až 100 000 rokov.

Ako toto vzplanutie zaznamenáme na Zemi? Detektory neutrín zaznamenajú krátke, ale výrazné zvýšenie počtu týchto častíc, ktoré vznikajú počas kolapsu jadra. Neutrínový signál naposledy zaznamenali po výbuchu zvláštejnej supernovy typu II-P 1987A v susednej galaxii Veľký Magellanov oblak. Bol to najbližší výbuch hviezy počas ostatných storočí. Ak by vybuchla Betelgeuse, únik energie v podobe neutrín by bol v porovnaní so Slnkom 1 000-krát väčší. Na pozemský život by explózia nemala nijaký vplyv.

Ďalším signálom by boli ultrafialové, ba možno aj slabé röntgenové záblesky – produkty nárazových vln supernovy vo chvíli, keď prelamujú viditeľný povrch hviezd. Vzápäť by sme zaznamenali vzplanutie vo viditeľnom svetle. V priebehu dvoch týždňov po explózii by Betelgeuse dosiahla maximum vizuálnej jasnosti: -10,5 magnitúdy. Videli by sme ju ako jasný bod, jasnejší ako Mesiac v prvej štvrti, viditeľný aj na dennej oblohe.

Kľúčovou vlastnosťou výbuchu supernov typu II-P (najčastejších v našej oblasti vesmíru) sú dosvitky výbuchu, trvajúce celé týždne. Počas týchto týždňov rozpínajúca sa nárazová vlna preniká obrovskou vodíkovou obálkou hviezd. Vlna ionizuje plyn a vytvára tak nepriehľadný povrch, cez ktorý viditeľné svetlo zvnútra zrútenej hviezy neprenikne. Keď nárazová vlna obálku prenikne, atómy sa rekombinujú na „viditeľnejší“ neutrálny vodík. Vtedy vedci dokážu skúmať aj hlbšie vrstvy.



Keď sa táto fáza, zhruba 100 dní po dosiahnutí maximálnej jasnosti, skončí, Betelgeuse začne chladnúť oveľa rýchlejšie. Na oblohe však bude stále viditeľná. Po roku bude mať magnitúdu -5. Aj po dvoch rokoch sa ešte, čo do jasnosti, vyrovňá Síriu, dnes najjasnejšej hviezie na nočnej oblohe. Veľké divadlo sa však ani vtedy neskončí. Vedci využijú unikátnu možnosť skúmať zvyšok po výbuchu – neutrónovú hviezdu.

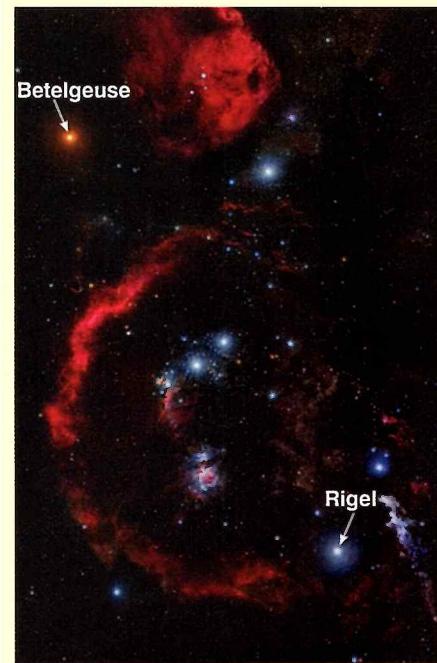
Zhruba 6 miliónov rokov po explózii dosiahne Slnčnú sústavu aj nárazová vlna. Vedci vypočítali, že slnečný vietor, tok ionizovaného plynu zo Slnka, zabráni nárazovej vlnie preniknú hlbšie do Slnčnej sústavy. Zastaví ju zhruba vo vzdialenosťi 2,5 AU od Slnka. Častice nárazovej vlny budú našu Zem obtekáť výše tisíc rokov. Okrem Betelgeuse sú v Orióne aj ďalší kandidáti na supernovu.

Astronómov svojho času prekvapilo, že supernova SN 1987 A nevybuchla z červeného, ale z modrého superobra. Bola to nečakaná, nevyzkáľačká explózia. Vedci dodnes špekulujú, čo ju vyvolalo: bud' príliš rýchla rotácia progenitora, alebo gravitačné splynutie s inou hviezdou.

Tak, alebo onak: ukázalo sa, že modrý superobor môže vybuchnúť skôr, ako dozrie do stavu červeného superobra. Z toho vyplýva, že aj hvieza Rigel, ktorá sa nachádza oproti Betelgeuse, v pravom kolene Orióna, skončí podľa všetkého tiež výbuchom supernovy typu II-P. Keď sa tak stane, jej vizuálna magnitúda dosiahne hodnotu -9. Nižšiu, ako má Betelgeuse, pretože je o 210 miliónov svetelných rokov vzdialenejšia.

Obrázok znázorňuje početnosť najrozličnejších typov supernov, ktoré objavili v lokálnom vesmíre. Najpočetnejšie sú explózie typu II-P, spôsobené kolapsom masívnych hviezd s veľkými atmosférami. Väčšinu z nich vedci už dôkladne preskúmali. Supernovy typu Ia (po výbuchu bielych trpaslíkov) sú na druhom mieste, hoci astronómovia rozlišili v tejto skupine počas ostatných rokov aj ďalšie subtypy. Veľmi masívne, jasné a modré premenné hviezdy (napríklad Eta Carinae a S Doradus) jedného dňa vybuchnú ako supernovy typu II.

V súhvezdí Orión hniezdia najbližší a najzrelší kandidáti na supernovu: hviezdy Betelgeuse a Rigel.





Ilustrácia znázorňuje obriu hviezdu Betelgeuse, najzrelšieho kandidáta na supernovu. Povrch tejto hviezdy doslova vrie. Z jej povrchu sa vynárajú obrovské, horúce bubliny a do okolia sa šíri gigantický chochol prachu, ktorý by vyplnil celú našu Slnčennú sústavu.



Ilustrácia približuje dvojhviezdu RS Ophiuchi krátko potom, ako biely trpaslík (vpravo) nabalil dostatok hmoty z červeného obra a vybuchol ako nova. (Na posledy v roku 2006.) Jedného dňa môže biely trpaslík nabaliť takľu hmoty, že vybuchne ako supernova.

### Superhviezda Vela

Wolfsove-Rayetove hviezdy sa rodia s hmotnosťami prinajmenej 25-krát väčšími ako Slnko. Svoje palivo teda spália oveľa rýchlejšie ako Betelgeuse či Rigel. Sú také horúce, že silné hvezdne vetry očešú časom nielen ich mohutné vodíkové atmosféry (tvoriace väčšinu ich hmotnosti!), ale aj značnú časť héliových vrstiev pod nimi. Tak obnažia aj ďalšie vedľajšie produkty termojadrového horenia. Rozoznávame tri typy týchto hviezd, odlišujúce sa dominantným prvkom, o ktorý boli obohatené: dusíkové (WN), uhlíkové (WC) a kyslíkové (WO). Tieto hviezdy vyžarujú najviac energie v podobe UV-žiarenia, takže napriek tomu, že sú také horúce, vo viditeľnej oblasti nežiaria príliš jasne.

Hviezda 2. magnitúdy, Gamma<sup>2</sup> Velorum, je dvojhviezda v súhvezdí Plachty. Jednou zo zložiek tejto dvojhviezdy je najbližšia Wolfsove-Rayetova hviezda. Primárna hviezda sústavy, vzdialenej 1 100 svetelných rokov, je superhorúca obria hviezda s hmotnosťou 30 Slnk. Druhá zložka, hviezda typu WC, má hmotnosť 9 Slnk, ale po sformovaní mala 25 až 40 M<sub>⊙</sub>. Aj v tejto hviezde sa raz sformuje železné jad-

ro, po čom skolabuje a vybuchne. Vedci však netušia, ako výbuch bude vyzerať a či po nej ostane neutrónová hvieza, alebo čierna diera.

V optimálnom prípade rýchle rotujúce jadro (možný pozostatok po WC hviezde) môže vyprodukovať mimoriadne energetický typ supernovy Ic. Počas vrcholu dosiahne jasnosť -10. magnitúdy, čím sa vyrovňa oveľa bližšej Betelgeuse. Tieto explózie považujeme za zdroje vzplanutí žiarenia gama – krátkych, intenzívnych zábleskov vo vnútri hviezdy počas kolapsu. Oveľa viac o tom, čo sa stane s hviezdou Gamma<sup>2</sup> Velorum, netušíme: Wolfsove-Rayetove hviezdy sú také zriedkavé, že vedci o progenitoroch supernov typu Ic veľa nevedia.

### Od novy k supernove

Nás posledný kandidát v dvojhviezde RS Ophiuchi je jednou zo zložiek odlišného typu dvojhviezdy. Túto tesnú dvojhviezdu okrem červeného obra tvorí aj biely trpaslík, na ktorom sa opakovane objavujú vzplanutia – novy. Novy považujeme za menšie sesternice supernov. Nova vzplanie vtedy, keď sa vodík z druhej hviezdy nabaluje na bieleho trpaslíka a vytvára na ňom nové a nové vrstvy až do vtedy, kým nedosiahne kritickú hodnotu a nevybuchne. Výbuch je produktom bleskových jadrových reakcií.

Ked naakumulovaný plyn vybuchne, biely trpaslík je obnažený, takže celý proces sa začne od začiatku. Takéto sústavy produkujú „klasicú novu“ každých 10 000 rokov. Sústava RS Ophiuchi je však oveľa zriedkavejší systém. Biely trpaslík nabaluje hmotu z atmosféry červeného obra tak rýchle, že vybuchuje každých niekolko desiatok rokov. Takýto objekt nazývame „rekurentná nova“.

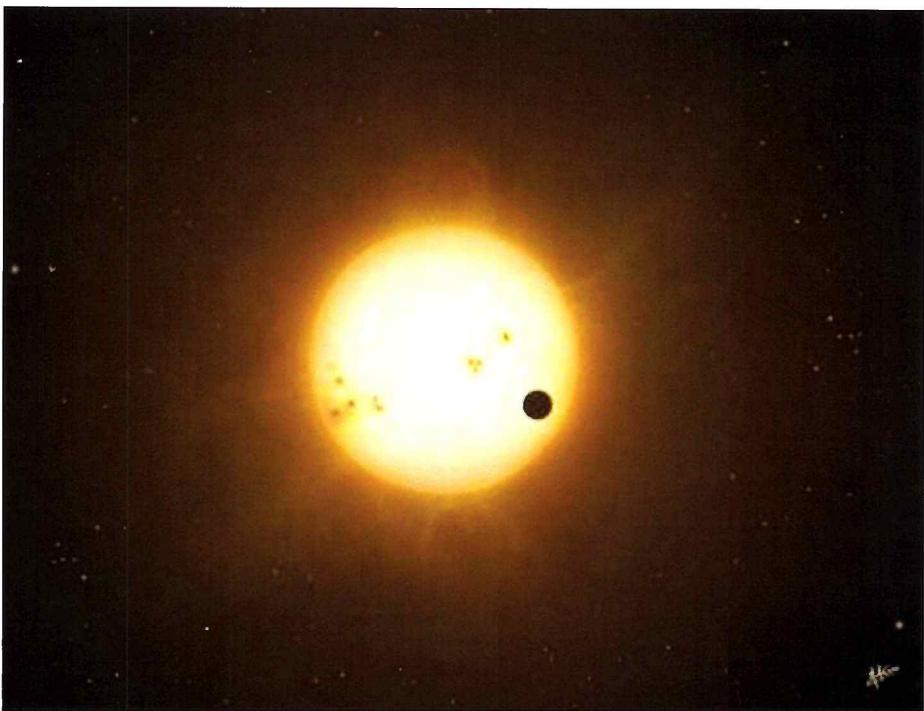
Donedávna sa vedci nazdávali, že výbuch rozptýli do okolia celú akumulovanú hmotu, čo zabráňuje, aby biely trpaslík prekročil hmotnosť 1,4 M<sub>⊙</sub> a vybuchol ako supernova typu Ia. Tento predpoklad však už neplatí.

RS Ophiuchi je vzdialá 5 200 svetelných rokov. Nova v systéme vzplanie po uplynutí niekolkých desiatok rokov. Naposledy vybuchla v roku 2006. Z údajov po poslednom vzplanutí vedci vyčítali, že biely trpaslík je tesne pod limitom 1,4 M<sub>⊙</sub>. Ak vybuchne, v maxime dosiahne -8 mag, čo je ako Mesiac 4 dni po nove.

V prípade dvojhviezdy RS Ophiuchi priame pozorovania nedokážu poskytnúť údaje o zložení kompaktného objektu. Aký je tento biely trpaslík? Uhlíkovo-kyslíkový, alebo kyslíkovo-neónovo-horčíkový? Ak by to bol ten druhý prípad, teda ak by sa biely trpaslík približoval ku kritickému limitu svojej hmotnosti, proces viazania elektrónov by spôsobil jeho zrútenie do neutrónovej hviezdy. Tento kolaps by sa prejavil ako slabá supernova.

Výbuchy supernov sú brutálne, ale práve ony menia sterilný vesmír na miesto, kde môže vykličiť a udržať sa život tým, že rozptylujú ľahšie prvky, ktoré sa zrodili v jadrach masívnych hviezd.

Žiarenie z ďalšej, voľným okom pozorovateľnej supernovy môže už byť na ceste k nám.



Jedna z planét WASP počas prechodu pred materskou hviezdou.

## Objavili dva horúce jupitery...

...a každý krúži okolo inej zložky dvojhviezdy WASP-94! Vieme, že väčšina exoplanét obieha okolo osamelých hviezd podobných Slnku. Vo vesmíre je však oveľa viac dvojhviezd, ktoré sa sformovali v rovnakom oblaku plynu tak blízko pri sebe, že obiehajú okolo spoločného ľažiska. V takých sústavách, najmä ak ide o tesné dvojhviezdy, formovanie planét ruší meniaci sa gravitačný vplyv potenciálnych materských hviezd. Preto sú planéty krúžiace aspoň okolo jednej z hviezd binárnej sústavy pomerne vzácné. A sústava hviezd WASP-94a a WASP-94b, z ktorých každá má vlastného jupitera, sú vy-slovenou raritou.

Britskí astronómovia objavili nepatrny pokles v jasnosti hviezdy WASP-94a, ktorá naznačovala, že hviezu v čase monitoringu prekrývala joviánska planéta. Krátko nato objavili Švajčiari jupiter aj pri druhej hviezde, ktorú skúmali iba z povinnosti. Nepredpokladali, že aj okolo tej krúži planéta.

Horúce jupitery obiehajú okolo svojich hviezd po oveľa bližších obežných dráhach ako nás Jupiter. Jeden „rok“ na nich trvá nanajvýš niekoľko dní, alebo aj menej. Nikto nepredpokladal, že obe zložky dvojhviezdy môžu mať vlastné planéty. Vedci si položili otázku: „Prečo sa v tejto dvojhviezde vytvorili podmienky umožňujúce existenciu horúcich jupiterov? Ak áno, potom by štúdium dvojhviezdy WASP-94 mohlo poskytnúť vysvetlenie, prečo sa horúce jupitery ocitajú na takých blízkych obežných dráhach.“

Horúce jupitery sú záhadou, pretože vieme, že obrie planéty sa nemôžu sformovať tak blízko hviezd. Formujú sa v oveľa väčších vzdialenos-tiach, za čiarou snehu, kde sa v protoplanetárnom

disku môže na jadrá protoplanét nabaľovať hmotu, ktorú okrem planetezimál, plynu a prachu, tvoria aj ľady rôznych zlúčenín. V blízkosti hviezdy by sa ľady a zlepence ľadov a prachu vyparili. Aký mechanizmus však umožňuje migráciu obrích planét smerom k materskej hviezde?

Objav horúcich jupiterov pri hviezdach binárnej sústavy WASP-94 umožní vedcom študovať procesy, ktoré spôsobujú ich migráciu z pôvodných dráh do vnútra planetárnej sústavy. Jednou z možností sú interakcie s jednou alebo viacerými planétami v tej istej sústave. Ak by to boli interakcie, ako je možné, že sa v takej relativne tesnej dvojhviezde sformovali aj ďalšie veľké planéty? Bolo to v čase, keď obe zložky dvojhviezdy boli od seba oveľa vzdialenejšie? A ak sa tie planéty v tom čase stihli sformovať a neskôr spôsobili migráciu jupiterov, kedy boli zo sústavy katapultované? A napokon: ako je možné, že sa podobné procesy odohrali v dvoch zložkách dvojhviezdy? Je to naozaj astronomická záhada.

Briti objavili dvojhviezdu WASP-94 pomocou dalekohľadu WASP-South. Tento dalekohľad objavil pomocou metódy zákrytov doteraz najviac horúcich jupiterov. Objav dvojhviezdy WASP-94 je však zo všetkých najvýznamnejší. V rámci prehliadky týmto prístrojom preverili vedci stáisisce hviezd. Belgický tím vyselektoval z tohto súboru kandidátov s najkvalitnejšími údajmi o svetelných krvíkach počas zákrytov. Švajčiari zasa preverili totožnosť kandidátov aj pomocou inej metódy: meraním gravitačného vplyvu planét na pohyb materských hviezd.

Vďaka medzinárodnej spolupráci objavili vedci vyše 100 horúcich jupiterov. Väčšina z nich krúži okolo pomerne jasných hviezd, takže sa dať pomerne ľahko študovať. Objav WASP vzbulil veľkú pozornosť astronómov na všetkých kontinentoch.

Obe hviezy sú pomerne jasné, takže vedci môžu časom určiť aj zloženie atmosfér ich exoplanét.

Keele University Press Release

## Voda v atmosférach troch exoplanét

Tim astronóm využil Hubblov vesmírny dalekohľad na doteraz najpresnejšie meranie prítomnosti vodnej paro v atmosférach troch exoplanét, krúžiacich okolo Slnku podobných hviezd. Planéty HD 189733b, HD 209458b a WASP-12b, napospol horúce jupitery, sú od nás vzdialé 40 až 90 svetelných rokov. Sú také horúce (s teplotami 900 až 2 200 °C) že sú priam ideálnymi kandidátmi na detektovanie vodnej paro v ich atmosférach.

Z údajov však vyplynulo, že podiel vody na týchto planétach predstavuje iba 1/10 až 1/100 množstva, ktoré vyplýva zo štandardnej teórie formovania planét! Najviac vody je na planéte HD 209458b: 4 až 24 na milión. Objav je výzvou pre lovcov exoplanét, zameraných na Zemi podobné telesá, pretože doteraz sa na nijakej planéte nepodarilo zmerať chemické látky s takou vysokou presnosťou. Voda na týchto planétach existuje, ale vedcov šokovalo, že jej je tam tak málo!

HST ziskal blízke infračervené spektrá z atmosfér planét počas ich prechodov pred materskými hviezdami. Absorpčné číary vodnej paro v atmosférach boli zachytené iba nepatrnu časť žiarenia hviezdy, ktoré cez atmosféru prenikne predtým, ako ho zachyti dalekohľad. V spektri sú zachytené zmeny v žiareni hviezdy po preniknutí atmosférmi, pričom určenie podielu vodnej paro umožňujú dômyselné počítacové modely a štatistické techniky.

Objav planetológov zneistil, pretože načrtol úplne iný pohľad na formovanie planét. Vedci predpokladali, že v ich atmosférach je oveľa viac vody. Preto budú musieť preveriť migráčne modely veľkých planét, najmä horúcich jupiterov, a zistiť, ako sa sformovali.

Podľa platnej teórie formovania obrích planét v Slnčnej súštave dominovali v protoplanetárnom disku najmä vodík, helium a častice prachu i v plynu zložené z ďalších chemických prvkov. Častice prachu sa zlepali a vytvárali čoraz väčšie zrnká, neskôr planetezimál, až kým sa z nich nepozliepalо jadro. Na zväčšujúce sa jadro sa nabaľovalo čoraz viac planetezimál a plynu, až kým sa (ak bolo dosť materiálu v okolí) nevytvorili niekedy aj obrie planéty.

Podľa teórie je podiel rozličných prvkov v planéte podobný ako v materskej hviezde, čo plati najmä pre kyslík. Keď sa planéta sformuje, atmosféricky kyslík by sa mal vyskytovať najmä vo vode. Nízky podiel vodnej paro v skúmaných exoplanétach vyzval otázky o chemických procesoch, ktoré umožňujú formovanie planét.

Vedci priznávajú, že o formovaní planét (i v našej súštave) zatiaľ zdáleka všetko nevedia. Pokrok môže priniesť iba citlivejšia spektroskopiu, ďalšie pozorovania pomocou HST i dalekohľadov novej generácie.

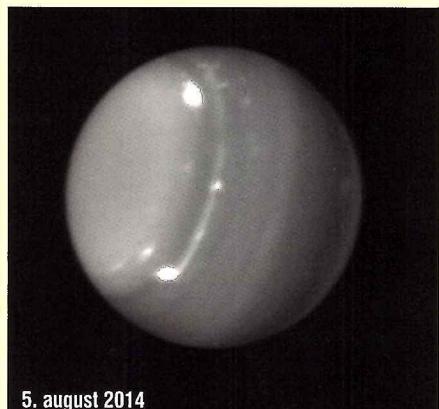
Novy objav je výzvou najmä pre lovcov exoplanét zameraných na planéty s podobnou klímom, ako má Zem. Klíčovým parametrom takýchto telies je prítomnosť vody.

Všetky tri planéty sú horúce. Majú mohutné atmosféry. Obiehajú okolo pomerne blízkych hviezd. Preto ich považovali za optimálnych kandidátov na meranie obsahu vody. Fakt, že obsahujú tak málo vody, vedcov zaskočil.

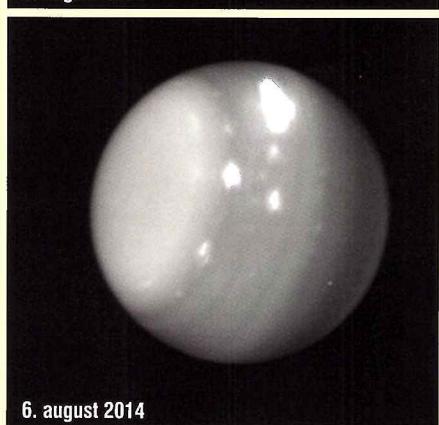
Je jasné, že pri skúmaní Zemi podobných planét bude treba vyvinúť oveľa citlivejšie dalekohľady. Iba tak sa podarí vyselektovať naozaj „vodné planéty“, na ktorých by sa mohli objaviť príznaky života. Nie je súčasťou výskumu, že nízky obsah vody namerali iba preto, lebo časť atmosfér bola pokrytá oblakmi. V takom prípade by však ľahšie častice tvoriace oblaky museli byť rozptýlené vo vysokých vrstvach atmosfery.

# Čo sa deje na Uráne?

V „Universtoday“ 7. augusta 2014 boli uverejnené snímky Urána, ktoré získal Keckov dalekohľad s priemerom zrkadla 10 m v infračervenej oblasti pod názvom „...na vzdialenom Uráne pozorujú búrku gigantických rozmerov“ (obr. 1).

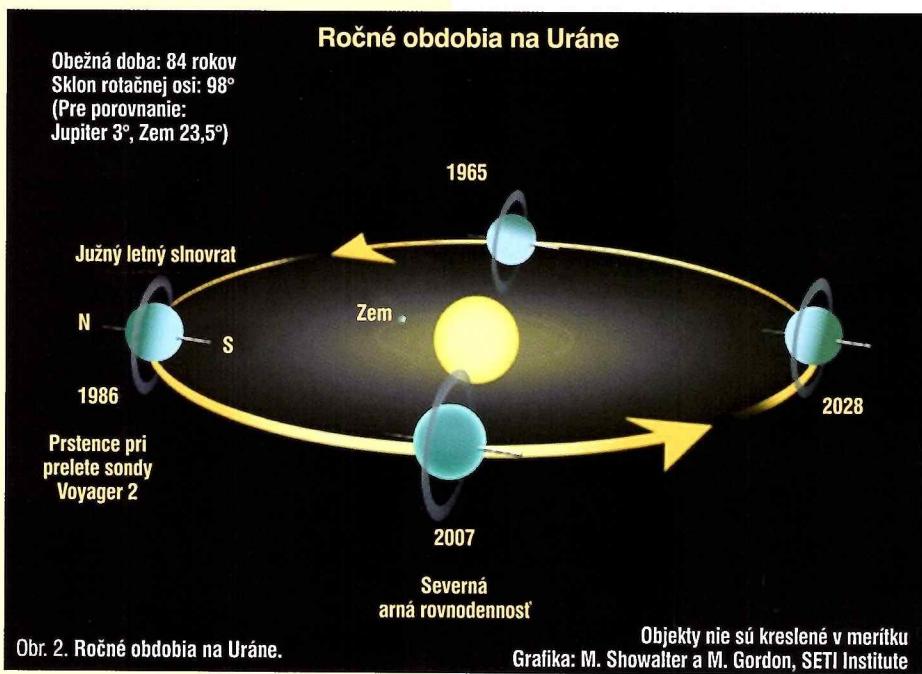


5. august 2014



6. august 2014

Obr. 1. „Búrka“ na Uráne.

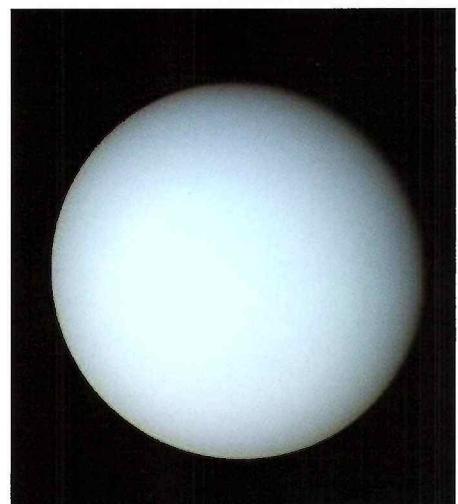


Obr. 2. Ročné obdobia na Uráne.

Vôbec si neviem predstaviť, čo môže „búrka“ na Uráne predstavovať. Určite nie to, čo na Zemi, ved Wikipedia uvádzajú: „... atmosféra Uránu je jednou z najchladnejších v Slnečnej sústave, minimálne teploty sa pohybujú okolo 49 kelvinov. Jej štruktúra je vrstevnatá: v najnižších poschodiach sa nachádza kvapalina, vo vrchných poschodiach oblaky tvorené najmä metánom. Vnútro planéty je pravdepodobne zložené predovšetkým z ľadu a kamenia. Počas štúdia (v šesťdesiatych rokoch minulého storočia) stačilo vedieť tabuľkové hodnoty: o vzdialosti, veľkosti, obežnej dobe a pod. (zopakujieme si ich ďalej). Neskor sme sa dozvedeli, že Kuiperovo lietajúce observatórium objavilo na Uráne podobné prstence ako má Saturn. To bolo všetko, čo sme vedeli v sedemdesiatych rokoch.“

Urán je vzdialý od Slnka 19,18 AU (2870,9 mil. km), rotuje pomerne rýchlo,  $T = 17 \text{ h } 14 \text{ m } 24 \text{ s}$ ; zvláštnosťou je sklon rotačnej osi: 97,77°; obežná doba je 84,07 rokov. Znamená to, že polárna noc tam trvá 42 rokov(!). Viac o tamojších podmienkach nám napovie obr. 2.

V roku 1986, pri prelete okolo Uránu vo vzdialosti 81 500 km, získala kozmická sonda Voyager 2 okolo 8 000 fotografií planéty a objavila 10 dovtedy neznámych mesiacov. Z fotografií bola upresnená doba rotácie na hodnotu, ktorá je uvedená vyššie. (V tabuľkách bola ešte v roku 1980 uvádzaná hodnota 10 h 49 min(!), t. j. rozdiel 7 hodín.) Obr. 3 je jeden z tých 8 000 snímkov. Nevidíme na ňom žiadne podrobnosti. Dá sa predpokladať, že aj preto nebola neskôr venovaná pozorovaniu Urána nijaká zvláštna pozornosť. Až pozorovania modernými veľkými dalekohľadmi ukázali určité diferencované odlíšené oblasti. Tak boli objavené najprv tmavé a neskôr svetlé škvry,



Obr. 3. Snímka Uránu, ktorú odvysielal na Zem Voyager 2 pri prelete okolo planéty v roku 1986. Snímka je zhotovená v blízkej ultrafialovej oblasti spektra.

alebo pásy. Materiál, ktorý o týchto otázkach publikuje NASA, je nepochopiteľný, pokiaľ si neuvedomíme, že ide o pozorovania v pre oča neviditeľnej infračervenej oblasti spektra.

Všetky ďalej uvedené pozorovania boli vykonané pomocou Keckovho dalekohľadu s priemerom zrkadla 10 m, s adaptívou optikou s prídavným zariadením NIRC2, čo je zobrazovací systém v blízkej infračervenej oblasti. Operuje v oblasti vlnových dĺžok 1 – 5 mikrometrov a využíva tri kamery s rozlíšením 10, 20 a 40 tisícín oblúkovej sekundy na pixel. Pri pozorovaní Uránu sa používajú filtre, ktorých parametre sú uvedené v tabuľke.

Filter	Centrálna vlnová dĺžka ( $\mu\text{m}$ )	Šírka pásmá prieplust. ( $\mu\text{m}$ )	Dolná hranica pásmá ( $\mu\text{m}$ )	Horná hranica pásmá ( $\mu\text{m}$ )
J	1,248	0,163	1,166	1,330
H	1,633	0,296	1,485	1,781
K	2,196	0,336	2,028	2,364

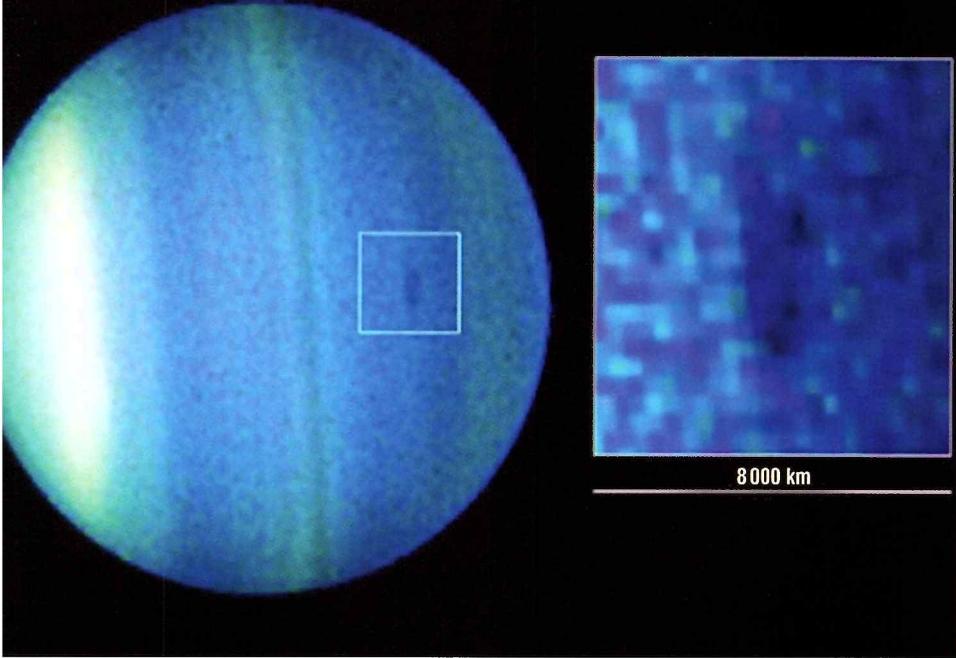
Tabuľka charakteristiky filtrov zo zariadenia NIRC2.

Pomocou tohto zariadenia boli na Uráne objavené tmavé škvry, svetlé škvry a pásy a sleduje sa vývoj týchto oblastí.

L. Sromovsky z Univerzity of Wisconsin, Madison, viedol tím, ktorý ešte pomocou Hubblovho vesmírneho dalekohľadu objavil v roku 2006 tmavú škvru na Uráne s rozmerom  $1\,700 \text{ km} \times 3\,000 \text{ km}$  (obr. 4).

Existujú predošlé nepotvrdené pozorovania tmavých škvŕn na Uráne na začiatku 20. storočia, ultrafialové snímky s nízkym kontrastom z vesmírnej sondy Voyager, letiacej okolo v roku 1986 a pozorovania v blízkom infračervenom pásmi, pochádzajúce z pozemského observatória z roku 1993.

Tmavá škvra na Uráne (od roku 2006)



Obr. 4. Tmavá škvra na Uráne.

Avšak, žiadna ďalšia snímka z Hubblovho teleskopu od roku 1994 do začiatku 2006, neukazuje takú tmavú škvru. Toto naznačuje, že súčasná tmavá škvra sa sformovala pravdepodobne relatívne nedávno.

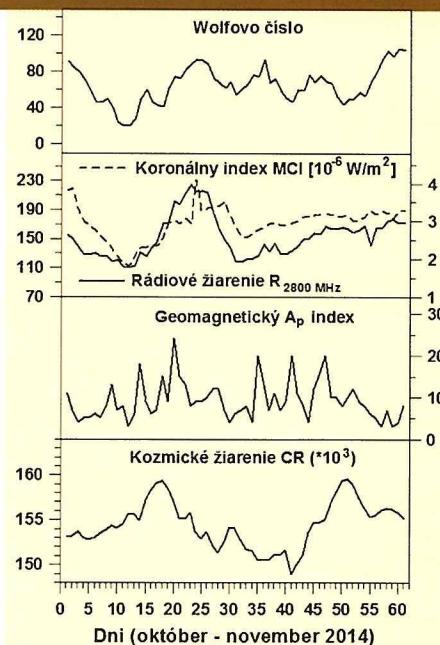
Zaujímatejšími a aj častejšie pozorovanými objektami sú jasné škvry a pásy (obr. 5).

Hoci autori nevyslovili žiadnu hypotézu priamo, z textu vyplýva, že aktivitu (zvýšený výskyt jasných oblastí) pripisujú vplyvu Slnka so zotrvačnosťou okolo 20 rokov. Znamená to, že maximum aktivity sa vysky-

tuje nie počas slnovratu, ale počas rovnodennosti.

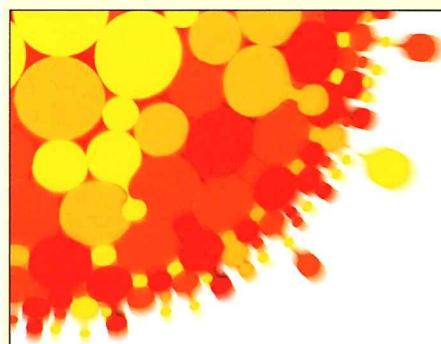
Ďalej v texte niesi ani zmienky, čo je príčinou zvýšenej intenzity jasných škvŕn. Toto zvýšenie je pomerne značné, uvádzia sa, že z jasnej škvry v roku 2005 (obr. 5) vychádza 17 % z celkového svetelného toku celého povrchu. Z analýzy vyplýva, že žiareň môžu rôzne organické molekuly:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4\text{SH}$  a hľavne  $\text{CH}_4$  – metán.

MILAN RYBANSKÝ

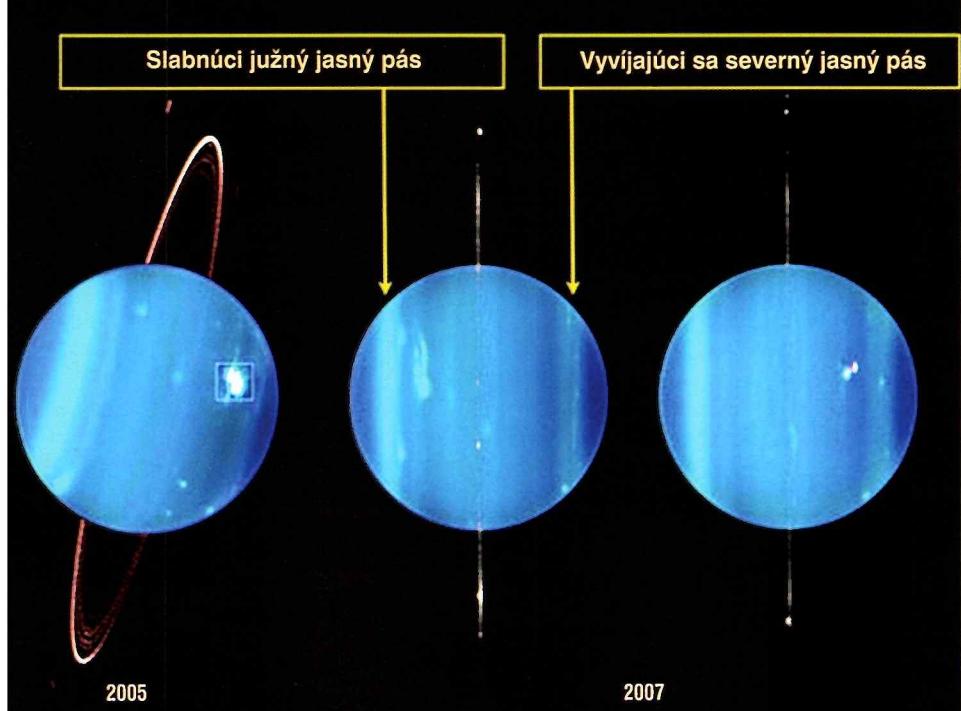


## Slnčná aktivita

Priebeh slnečnej aktivity má nadálej charakter postupného poklesu oproti predchádzajúcemu dvojmesačnému obdobiu. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 20 – 106. Napriek tomu sa vyskytli dve obdobia s prítomnosťou veľkých škvŕn viditeľných voľným okom, 20. – 28. októbra a 16. – 23. novembra. Koncom októbra bolo niekoľko erupcií typu X, najväčšia (X3.1) bola 24. októbra. V geomagnetickej aktivite sme v októbri i v novembri zaznamenali niekoľko období vyšej hodnoty planetárneho  $A_p$  indexu, najvyššiu hodnotu (24) dosiahol tento index 20. októbra.



### Zmeny v asymetrii oblačných pásov



Obr. 5. Jasné škvry a pásy na Uráne.

Slnčnú aktivitu monitorujeme pomocou prístrojov umiestnených na povrchu Zeme i na družiciach či kozmických sondač. O aktuálnom stave pozemských a kozmických prístrojov na pozorovanie Slnka, plánoch do budúcnosti a o rôznych pozorovacích metódach budú diskutovať účastníci seminára Coimbra Solar Physics Meeting „Ground-based Solar Observations in the Space Instrumentation Era“, ktorý organizuje univerzitné Geofyzikálne a astronomické obser-

vatórium v Coimbre (Observatório Geofísico e Astronómico da Universidade de Coimbra, Portugalsko) v dňoch 5. – 9. októbra 2015. Odborný program CSPM-2015 pokryje rôzne aspekty slnečných dynamických javov, ktoré pozorujeme nielen vo viditeľnom svetle, ale v celom rozsahu elektromagnetického žiarenia. SÚH Hurbanovo je spoluorganizátorom tohto významného medzinárodného podujatia. Detailné informácie o seminári možno nájsť na internetovej adrese <http://www.mat.uc.pt/~cspm2015>.



Ivan Dorotovič

# Stretnutie v Aquincume

V historických priestoroch múzea, ktoré stojí na pozostatkoch rímskeho mesta Aquincum (1. – 4. storočie) v Budapešti, sa 20. septembra 2014 uskutočnilo už X. stretnutie členov sekcie slnečných hodín pri Maďarskej astronomickej spoločnosti (MCSE). Po úvodnej prednáške o *Slnečných hodinách v Biblia*, ktorú prečítali v neprítomnosti jej autora, aj na Slovensku známeho astronóma Ponori Thewrewk Aurela (zomrel 8. októbra 2014), odzneli ďalšie referáty: Bartha Lajos: *O slnečných hodinách – tentoraz trochu inak* (skrátenú verziu zverejňujeme), Varga Máté: *O stredovekých hodinách v benediktínskom opäststve v Kaposszentjakab* (dnes súčasť Kaposváru), Márton Géza: *Aquincumské slnečné hodiny a inžiniersky prístroj*, Keszthelyi Ferenc: *Rímske a arabské číslovanie a slnečné hodiny*, Herczeg Tamás: *Augustusove slnečné hodiny*, Hanák Judit: *Slnko – nevybitelý zdroj slnečných hodín*, Bir Attila: *Starodávne a nové slnečné hodiny v Turecku*, Székely Péter: *Antické umenie a čas*, Mizser Attila: *Slnečné hodiny v Jędrzejówie*, Vilmos Mihály: *Príbeh na minútu presných slnečných hodín*.

Stretnutie sa skončilo prehliadkou Aquincumského záhradného rumoviska s ukážkou modelu Vitruviových slnečných hodín (viac o slnečných hodinách v Maďarsku nájdete v katalógu Keszthelyi Sándora: [www.mek.oszk.hu/00500/00561/html/](http://www.mek.oszk.hu/00500/00561/html/)).

Bartha Lajos

## O slnečných hodinách – tentoraz trochu inak

Slnečné hodiny sú i dnes poučné „kultúrne pamiatky“, ale v každodennom živote už nemajú niekdajšiu praktickú funkciu. Nanajvýš zdobia moderné priečelia budov alebo sú ozdobou záhrad, napriek tomu, že by aj v súčasnosti mohli byť vynikajúcim prostriedkom pre lepšie pochopenie základných pojmov hvezdárskeho zemepisu.

Kedysi boli slnečné hodiny veľmi dôležité aj v každodennom živote. Už aj preto, že väčšina mechanických hodín s ozubenými kolieskami, ktoré boli skonštruované v XVI. – XVII. storočí, boli často „vnútorné“ nespoľahlivé, napriek tomu, že ich zovnajšíok – puzdro – mnohokrát patrilo medzi majstrovské diela a skvosty umeleckých remesiel.

### **„Skryté“ slnečné hodiny**

Nespoľahlivosť mechanických hodín prinútila hodinárskej resp. s nimi spolupracujúcich zlatníckych majstrov, aby do krásnych, ale nepresných kolieskových hodín – pre istotu – zabudovali aj slnečné hodiny. Keď hodinový stroj zastal, stačilo odklopíť kryt, za ktorým sa ukrývali slnečné hodiny, a podľa ich tieňa – ak svietilo Slnko – sa dali nastaviť aj ručičky hodín. Prítom v XVI. – XVII. storočí častokrát vstavali slnečné hodiny aj do geograficko-geodeticko-banských prístrojov.

Jeden z najkrajších exemplárov týchto „zložených“ slnečných hodín sa nachádza v budapeštianskom múzeu umeleckých remesiel (Iparművészeti múzeum, inv. č. 62.1419). Tvarom pripomína škatuľu s rozmermi 20,0×14,8×1,8 centimetrov, je to domáci výrobok. Vyrobili ho v roku 1576 v sedmohradskom Sibiu (Velký Seben) dva saskí majstri, hodinár Michael Wolf a zlatník Martinus Fenich. Má iba veľkú ručičku, minuty bolo možné odčítať z polohy ručičky (Vass, E.: *História merania času, Az időmérés története* 1984).

Keď odklopíme tabuľku krytu zadnej časti, objaví sa malý kompas, číselník slnečných hodín, okolo neho otočný krúžok – na 29 časti rozdenená volvella. Tyčka vrhajúca tieň (pólos) je kľonom upevnená a vzpriamiteľná na osi číselníka. Keď sa hodinový mechanizmus zastavil, bolo treba len otvoriť zadný kryt, pomocou kompasu zorientovať slnečné hodiny a tieň hneď ukazoval miestny slnečný čas. Číselník je delený po polhodinách, od 4. hodiny rannej, do večernej 8. hodiny. Odčítanie bolo s presnosťou približne 10 minút. Pomocou otáčavého krúžku bolo možné odčítať čas aj v noci (pri mesačnom svetle). Škálu volvelly bolo treba nastaviť podľa toho, kolko dní uplynulo od novu, a vtedy bolo možné odčítať, aký je rozdiel medzi časom, ktorý ukazuje tieň Mesiaca, a skutočným časom slnečných hodín (volvella má očíslovaných len 21 časti, pretože v období okolo novu Mesiaca nevráha ručička viditeľný tieň).

Na puzdre hodín je vo vnútri nápis 576 MICHAEL WOLFF HERRMANSTADT (Herrmanstadt je nemecké meno Sibiu). Uhol sklonu trojuholníkového tienidla je 47°, čo je o niečo severnejšie od zemepisnej šírky Sibiu. Miesto zhotovenia zložených (kombinovaných) hodín je teda nepochybne. Toto je veľmi zaujímavé už aj preto, že pred viac ako desaťročím upútali moju pozornosť veľmi podobné cestovné hodiny, priponíajúce knihu, ktoré som videl na umelecko-remeselnej výstave viedenského Múzea dejín umenia (Kunsthistorisches Museum), ktoré sú tam vedené bez výrobcu ako juhonemecký výrobok, pochádzajúci z 2. polovice XVI. storočia. Podobnosť hodín pritom vyvoláva dojem, že pravdepodobne aj tento výrobok pochádza zo Sibiu. Nedá sa však poprieť aj možnosť, že sedmohradskí majstri videli nemecký výrobok a skopirovali ho (Bartha, L.: *Prenosné slnečné hodiny, Hordozható napórák*, Bp. 1995).

Múzeum umeleckých remesiel ukryva ešte jedny stolové mechanické hodiny kombinované so slnečnými, ktorých pozlátené puzdro vyhotovil v roku 1577 Casparus Fredenberk (inv. č. 19.827). Výrobca hodinového stroja je neznámy, ale slnečné hodiny (22,0×15,5×22,0 cm) vbuďované do hodín škatuľovitého tvaru sú podľa všetkého plodom vynaliezavosti zlatníka. V spodnej časti hodinového telesa je zásuvkovo vysunuteľná platňa, s tzv. analematickými slnečnými hodinami. Kolmo vztýčiteľná tieniacia ihla (gnomon) totiž neukazuje iba hodiny, ale aj – podľa aktuálnej dĺžky tieňa – to, v ktorom zvieratnikovom súhviedzi (znamení) sa Slnko nachádza. Jemná hodinová stupnica má dve delenia: odčítateľné sú nemecké hodiny počítané od polnoci, i talianske hodiny, ktoré sa začínajú odčítať po západe Slnka. Podľa dĺžky tienidla tieto slnečné hodiny ukazovali správny slnečný čas asi na 47,5° severnej šírky, teda ovela južnejšie od Norimberka. Je však možné, že počas storočí sa hrot tienidla – gnómonu odlomil (Pritz, I.: *Maďarské hodiny, Magyar órák*, Bp. 1943, Bartha, L.: *Prenosné slnečné hodiny, Hordozható napórák*, Bp. 1995).

### **Slnečné hodiny proti vežovým hodinám**

Súťaž medzi slnečnými a mechanickými kolieskovými hodinami niekedy viedla až k súdnym sporom, ako vyplýva z polemiky medzi kapitolou a jezuitmi v Györi. Keď sa tu jezuiti v roku 1627 usadili, kapitula si vyhradila, že v jezuitskom kostole v nedele a vo svätočné dni nemožno konáť kázanie v maďarskom jazyku, pretože v katedrále je aj tak kázanie. Aj keď mnisi túto podmienku nerešpektovali, gyórsky biskup György Draskovich sa v roku 1640 obrátil so stážnosťou na predstaveného rádu. Jezuiti totiž v nedele predpoludním poriadali svoje duševné cvičenia mariánskej kongregácie, na ktorých sa



Stolové hodiny Caspara Freudenberka (1577).

zúčastňovali mnohí ľudia, ibaže tieto prejavy náboženskej horlivosti predbiehali o štvrf a niekedy aj pol hodiny koniec kázne v katedrále, a toto rozdeľovalo veriacich.

Predstavený rádu János. P. Lippay, majúci sám zaľubenie vo vedách, dal na túto sťaenosť ujímavú odpovied. Na jednej strane – zdôrazňoval – nie je možné vopred vypočítať koniec kázne, pretože jeden kanonik káže kratší čas, iný dlhšie. Zaujímavé je však jeho ďalšie vysvetlenie:

Druhou príčinou nechceného konfliktu – odpovedá Lippay – je veľký rozdiel medzi hodinami sídla rádu a medzi hodinami mestskej veže. Niekedy je medzi nimi rozdiel aj jednej hodiny. Oni nevidia zo sídla rádu hodinové ručičky. Ale im ani nedôverujú, lebo iba zriedkavo idú presne... Ich hodiny (tzn. slnečné hodiny) riadi Slnko a mestské hodiny idú iba tak, „ako to chcú vodiaci!“ Vysvetlenie Ježišovej spoločnosti malo svoje opodstatnenie, lebo vysvitlo, že ledabolo udržiavané hodiny na mestskej veži bolo treba z času na čas upraviť podľa hodín slnečných! (Prípad opisuje Szabady Béla v Győri szemle, 1931, II. roč., č. 1 – 3, str. 57).

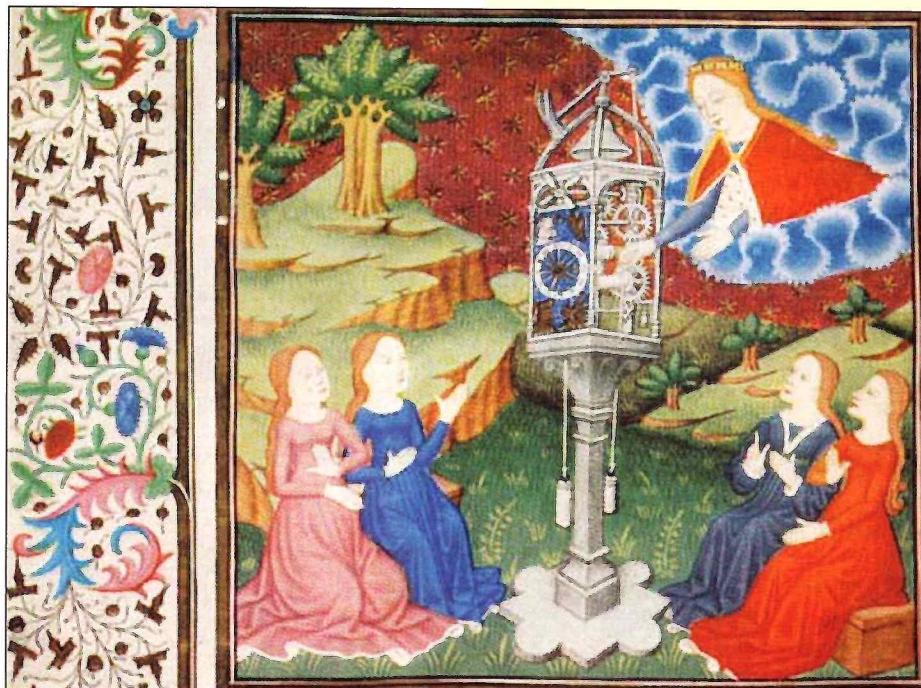
Mimochodom, mestské vežové hodiny boli umiestnené na južnej baštnej mestských hradieb (neskôr zbúraných) a ich udržiavanie bolo zvereňené vojsku, chrániacemu hradby.

Slnečné hodiny však ani o dve storočia neskôr nestrácajú na svojom význame. V polovici XIX. storočia v čase výstavby siete francúzskych železníc boli na staniciach inštalované tzv. slnečné hodiny (meridienne), ktoré oznamovali poludnie na kontrolu vreckových hodín pracovníkov železníc.

### Slnečné hodiny z lásky

Zo slnečných hodín v rôznych zbierkach v Maďarsku je mi najmilší slnečný kvadrant, zhovený z dreva, ktorý sa nachádza v zbierke Oddeľenia novoveku Maďarského národného múzea (inv. č. 1908.b.26.). Je to štvrtkruh s polomerom 16,6 cm, so stupňovým delením na okrají, smerom dovnútra je hodinové delenie, pozdĺž jednej hrany je vidieť delenie podľa mesiacov. Zo stredu štvrtkruhu z delenia na obvode sa smerom k stredu zbiehajú: toto boli v skutočnosti hodinové čiary. Zacieliac Slnko pozdĺž „hornej strany“, kolmo visiaca šnúra ukazuje výšku nad horizontom na vonkajšej stupnici. Na šnúre mohla byť hore-dole posunovateľná perlička, ktorú podľa horného mesačného delenia bolo najprv treba nastaviť na mesiac a deň merania. Ak je perlička správne nastavená, potom jej poloha na oblúkových hodinových čiarach ukazuje správny slnečný čas.

Tento pomerne zriedkavo používaný typ (tzv. slnečný kvadrant), patrí do skupiny slnečných hodín tzv. almukantarátového systému. (V zbierkach v Maďarsku viem iba o jednom podobnom exemplári, a to v Technickom a dopravnom múzeu). Vo všeobecnosti boli vyhotovované nesériovo, iba po kusoch, najviac pre hvezdárov, zememeračov a námorníkov. Exemplár v Národnom múzeu je takisto originálny a možno človeku bližší tým, že ho možno daroval nejaký zaľubený študent vyvolenej svojho srdca. Na konci hodinového delenia môžeme totiž čítať nasledovné: *Juliane Téglássi 1778.* V strede oblúka možno odčítať, že delenie hodín je vypočítané pre  $46^{\circ}$  severnej zemepisnej šírky.



Na slnečných hodinách starých čias často krátky nachádzame múdre rady či príslovia, niekedy biblické citáty. Na týchto malých slnečných hodinách môžeme čítať nasledovné upozornenie:

*Hľa, plynie táto hodina a viac sa nevráti  
Čo si za ten čas vykonal, Pán sa pýta,  
Využi dobre svoje hodiny a dobro navštíví Ča,  
Akо sa budeš obracať, tak sa Ti zaplatí.*

Žiaľ, nepoznáme ani meno majstra, ani miesto vyhotovenia slnečných hodín. Zemepisná šírka však poukazuje na južnejšie regióny Uhorského kráľovstva či Sedmohradiska. Je možné, že slnečný kvadrant bol zhodený pre nejakého študenta kolégia Tíru Mureš a pod. (Rod Téglássiovcov mal aj sedmohradskú vetvu). Nevieme ako slečna Julianne prijala tento vedecký darček, rodina si ho však cenila, pretože ho nepoškodený poldruha storočia uchránila (Bartha, L.: *Prenosné slnečné hodiny*, 1995).

Samotný kvadrant ako prostriedok na meranie času je známy oddávna. Jeho základný tvar výpracovali už stredovekí mohamedánski matematici. Tento typ slnečných hodín zdokonalil v XV. storočí Johannes Regiomontanus, preto ich niekedy po ňom nazývame. Boli používané predovšetkým na presné meranie časov. Nie je udivujúce, že tento pomerne väzny výpočet hodinového delenia mohol zvládnúť a zostrojiť na konci XVIII. storočia aj „amatérsky výrobca slnečných hodín“. Od XVII. storočia patrila do učiva vyšších ročníkov škôl aj Geometria practica (praktická geometria). V rámci nej sa vyučovali prvky zememeračstva a aj základy konštrukcie slnečných hodín. Medzi zadaniami skúšok na filozofickej fakulte trnavskej Jezuitskej akadémie (neskôr Uhorská kráľovská univerzita) nachádzame medziiným aj úlohy spojené so slnečnými hodinami. Vieme o tom, že profesori debrecínskeho Reformátskeho kolégia György Maróthy (1715 – 1744) a neskôr István Hatvani (1718 – 1786) vypisovali na túto tematiku – dnešnou terminológiou – špeciálne kolégia.

Od konca XVIII. storočia, keď bolo zavedené



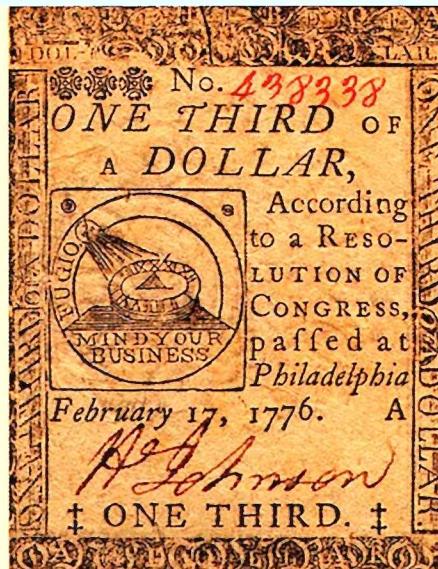
Miniatúra stredovekých kolieskových hodín (vežové hodiny) zo XIV. storočia.



Wolfsove a Feibichove cestovné hodiny (1576).



Slnečný kvadrant pre slečnu Julianu Téglássiovú (1778).



Slnečné hodiny na Fugio-Dolári, ktorý vydali vo Filadelfii (1776).



Stĺpové slnečné hodiny bardejovského organistu a kantora Michaela Schulského (1745).



Severoamerický Fugio-Cent s vyobrazením slnečných hodín (1781).

povinné používanie učebníček, častokrát boli prílohou vysvetlivky o zhovozdelení slnečných hodín. Gnomonické učebnice matematiky nachádzame ešte aj v 1. polovici XIX. storočia. Aj príloha k II. zväzku známej učebnice matematiky Tentamen (1833) třígumurešského profesora Farkasa Bolyaiho (1775 – 1856) sa podrobne zaobrába konštrukciou slnečných hodín. (V I. zväzku sa ako príloha objavilo slávne pojednanie Jánosa Bolyaiho – syna Farkasa Bolyaiho – o neeuklidovskej geometrii). Podrobne vysvetlenie s takto tematickou obsahuje aj učebnica piaristu Ambróza Adama Horányho, ktorú používali na stredných školách v celej krajine.

Nebolo teda prekvapujúce, ak slnečné hodiny sám dokázal zostrojiť aj šikovnejší študent či domáci majster. Takyto svojskym výtvorom sú aj tie malé *stĺpové slnečné hodiny* v zbierke Maďarského národného múzea (inv. č. 1931-42), ktoré podľa nápisu zhovozdili v roku 1745 bardejovský organista a kantor Michael Schulski. Výška slnečných hodín, orientovaných na 48° severnej zemepisnej šírky je 9 cm, priemer valca je 3,4 cm. Hodinový číselník beží vlnovito po povrchu valca, na jeho vrchnej časti je delenie na 12 mesiacov. Dĺžka vodorovného tienidla je 18 mm, os valca sa dá otáčať dookola. Smerom k Slnku nastavený gnomón, otáčaný k dátumu na mesačnej škále, vrhá tieň na hodinovú stupnicu. Kantor bardejovského kostola musel dôkladne ovládať geometriu, pretože znova prepočítajúc dátu sa ukázalo, že hodinové delenie je v skutočnosti presné. (Ďalšie stĺpové hodiny v Národnom múzeu sú natolko zodraté, že som nemohol urobiť kontrolu ich presnosti).

### Peňažníctvo a slnečné hodiny

Slnečné hodiny alebo ich zobrazenia sa objavujú aj tam, kde by sme to čakali najmenej. Zobrazenie slnečných hodín nachádzame napríklad aj na prvých bankovkách a minciach Spojených štátov. Tzv. kontinentálny kongres 13-tich od Anglicka odtrhnutých kolónií (vojna za nezávislosť v rokoch 1775 – 1783), rozhodol o vlastnej mene, dolári. (Pomenovanie dolár pochádza z nemeckého *thaler* – *tolar* – a pravdepodobným podnetom k tomu bol v tom čase v medzinárodnom hospodárstve veľmi stabilný tereziánsky toliar.) Na začiatku mal vlastný dolár každý severoamerický štát. Na 1/3-dolárovej bankovke, vydanej 17. februára 1776 vo Filadelfii, vidieť dosť presné vyobrazenie vodorov-

ných slnečných hodín s polárnym tienidlom. Okolo nich je nápis: *Mind your business* (Staraj sa o svoj biznis) – biznis rovnako znamená obchod.

Znázornenie slnečných hodín ako symbolu je pravdepodobne nápadom vedca a politika Benjamina Franklina (1706 – 1790). Franklin strávil dlhé roky v Londýne a často vídal slnečné hodiny Kráľovského poštového úradu, ktorý ovenčuje nápis: *Be mind your business* – Staraj sa o svoje záležitosti (Earle, A. M.: *Sundials and roses of yesterday*, New York, 1902, str. 11 – 22).

Na 1-centovej minci, razenej o 12 rokov neskôr, sa znova opakuje obraz horizontálnych slnečných hodín s podobným nápisom. Ako na staršej bankovke, tak aj na minci je možno pri slnečných hodinách čítať latinské *FUGIO*, t. j. idé, zmizne. Aj preto americkí občania na konci XVIII. storočia tieto dolárovky resp. mince nazývali tiež Fugio-Dolárm. Latinské slovo evokuje oblúbenú Franklinovu múdrost, podľa ktorej „čas ubehne, daj sa do práce“ (Time flies, do your work). Slnečné hodiny takto poukazujú, že čas je pominutelný. (Bartha, L.: *Slnečné hodiny poštového múzea, Ročenka poštového a dopravného múzea*, 1994, str. 199).

Zobrazenie slnečných hodín bolo pravdepodobne srdcovou záležitosťou riaditeľa prvej americkej mincovne Davida Rittenhouse (1732 – 1796). Pôvodným povoláním bol hodinársky majster, popri tom sa dosť venoval astronómii. Bol prvým Američanom, ktorý v roku 1769 pozoroval prechod Venuše pred slnečným diskom, a je často považovaný za prvého vedecného astronóma severoamerického ľudu.

Symbolické slnečné hodiny na minciach a bankovkách čoskoro nahradili iné motívy. Slnečné hodiny však napriek tomu nezmizli spomedzi symbolov v peňažníckom či obchodnom živote. Objavujú sa aj v inzerátoch a v reklame. V minulých dvoch desaťročiach sa mohlo s vyobrazeniami slnečných hodín oboznámiť aj domáce obyvateľstvo. Sú ozdobou na grafikone denného rozvrhu použitia telefónu, zobrazenej na telefónnej karte MATÁV. Najnovšie môžeme vidieť pekné slnečné hodiny na bankovej karte OTP – hľadáme ako spomienku na Fugio-Dolár. V každom prípade je skutočnosťou, že aj v čase najmodernejších časomerných zariadení sa slnečné hodiny v našom živote ako večné symboly plynutia času neustále objavujú.

Bartha Lajos



Horizontálne slnečné hodiny na budapeštianskej telefónnej karte. (2000).



Slnečné hodiny na platobnej karte OTP banky (2014).

# Záhada z Grónska

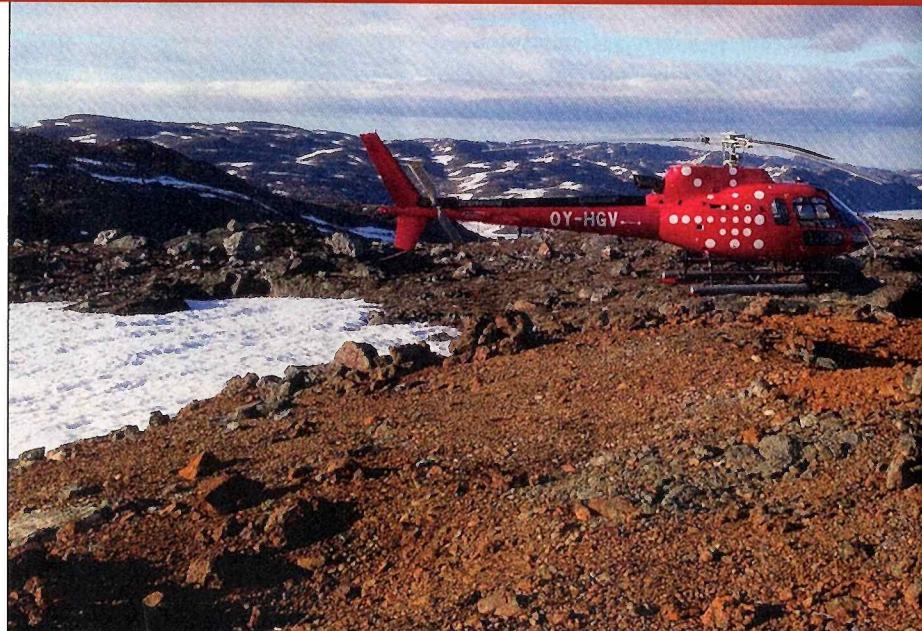
Maniitsoq je šieste najväčšie sídlo v Grónsku. Leží na juhozápade ostrova. Farebné drevené domčeky sa tiesnia pod ozrutnými stenami hlbokej fjordu. Okolitá krajina je pustá, ale potuluje sa po nej čoraz viac geológov a prospektorov. Firma North American Nickel tu objavila ložiská najrozličnejších rúd. Dolovala sa tu bude nikel, kobalt, med, zlato a platina. Ložiská rúd v pásu vulkanických hornín sa tiahajú východne od Maniitsoqu. Tieto horniny – nority – tvoria nápadné plochy, tmavé, ale aj hrdzavohnedé, s priemerom až niekoľko kilometrov. Okolo nich sú nedozierne polia svetlej žuly. Geológovia zistili, že nority sú veľmi staré horniny. Majú 3 miliardy rokov a vyvreli na povrch z veľkej hľbky.

Podľa geóloga Adama Gardeho z Geologickej služby Dánska a Grónska (GEUS) sa nority museli sformovať z mimoriadne horúcej taveniny. Vedci sa nazdávajú, že tieto horniny vznikli počas jednej z najväčších katastrof v dejinách Zeme, keď na Grónsko dopadol asteroid s priemerom 30 kilometrov. Impakt vytvoril v zemskej kôre kráter s priemerom 600 kilometrov.

Garde pracuje v Grónsku už 35 rokov. Počas expedícii objavil na ostrove viacero záhad. Napríklad: prečo sa nority vyskytujú okolo Maniitsoqu, kde sa pred 3 miliardmi rokow vypínaло pohorie iba o niečo nižšie ako Andy. Nority sú totiž mimoriadne zvláštne horniny a do tamojšej geologickej konštelácie vonkoncom nepasujú.

Gardemu sa nepozdávajú ani miestne ruly, ktoré sa po dlhodobom kontakte s hydrotermálnymi kvapalinami veľmi premenili. Tento proces premeny sa musel odohrať vo veľkých hĺbkach.

Cudné sú aj brekcie: na viacerých miestach s pevným podložím objavil Garde ostrov trieste najrozličnejších premiešaných hornín. V roku 2009 zverejnili Garde teóriu o veľkom meteorite



Krajina okolo grónskeho mestečka Maniitsoq, kde podľa všetkého dopadol jeden z najväčších meteorítov v dejinách Zeme. Na snímke helikoptéra geológov, vybavená rozličnými detektormi na vyhľadávanie kovov.

a získal spolupracovníka, geochemika a experta na meteority Iana McDonalda z Cardiff University (Wales). Obaja vedci odvtedy objavili počas niekoľkých expedícií ďalšie zvláštnosti, ktoré Gardeho teóriu potvrdili. Napríklad planinu priopomínajúcu kvapku s priemerom 30 kilometrov, pokrytú zrnkami piesku, ktoré pripomínajú jadierka rozdrvených hornín. Táto oblasť je zónou, kde sa prejavila intenzívna destrukcia. Horniny boli v krátkom čase rozdrvrené na prach.

Nálezy v teréne a analýzy v laboratóriu potvrdili, že okolo Maniitsoqu sú zvyšky kedy sú gigantického krátera. Obaja vedci v časopise Earth and Planetary Science Letters písia, že ide o doteraz najväčší a s odstupom aj najstarší meteorický kráter objavený na Zemi!

Na prach rozdrvrenú planinu považujú vedci za centrum impaktu. Pri prieskume od okrajov planiny do jej centra sú čiastočky rozdrvenej hmoty čoraz menšie s jasnými stopami pretavenia. Vedci predpokladali, že tieto horniny pred

3 miliardami rokov ležali v hĺbke 20 až 25 kilometrov. Počas evolúcie Zeme vrstvy nad nimi zerodovali a vetry a voda ich premiestnili. Takže dnes vedci skúmajú dno krátera na najhlbšom mieste.

Hydrotermálne premeny vysvetľujú vedci tým, že kotol krátera vzápäť po impakte vyplnila moršká voda. Nority, bohaté na železo, sa sformovali krátko po dopade meteoritu. Vtedy, keď zemská kôra po impakte kráter čiastočne zahrnula, prenikli roztavené horniny z plášta trhlinami na povrch.

Po zverejnení článku sa ozvali aj skeptici. Namietajú, že v okolí Maniitsoqu nie je nič, čo by pripomínało kráter. V roku 2010 sa objavil v americkom časopise Earth-Science Review zoznam kritérií, ktoré umožňujú každý kráter na Zemi spoľahlivo identifikovať. Spomienme niektoré z nich: mali by sa nájsť aspoň stopy či úlomky meteoritu; alebo príznaky takzvanej šokovej premeny po náraze v pôvodných horninách či zvýšený výskyt istých stopových kovov, ale aj minerály, ktoré vznikajú iba v podmienkach vysokého tlaku, napríklad diamanty či stishovity. Stishovit, tátoto odrôda žuly, ktorá vzniká iba pod extrémnym tlakom, sa na Zemi nevyskytuje. Maniitsoq ani jedno z týchto kritérií nesplňa.

Garde a McDonald namietajú, že Maniitsoq je celkom inakší ako všetky doteraz preskúmané krátery na Zemi. Nazdávajú sa, že vek okolia impaktu všetky rozdielne vysvetluje. Geológovia doteraz ani v jednom prípade nepreskúmali dôsledky impaktu na horúce, spodné vrstvy zemskej kôry. Rozdrvrené horniny, podobne tým, čo ležia v kráteri, sa sice tvoria aj počas zemetrasení, takéto zóny sú však obyčajne pozdĺžne, úzke útvary, nie dlhšie ako niekoľko sto metrov. Nemajú tvar kruhov s priemerom 30 kilometrov. Obaja vedci sú presvedčení, že impakt všetky pozorované úkazy jednoznačne vysvetluje.

Firma North American Nickel učené diskusie zaznamenala. Nečudo: väčšina meteorických kráterov je bohatá na železo. Napríklad juhoafrický kráter Vredefort či Sudbury v Kanade. Firma už začala okolo Maniitsoqu vŕtať. Možno práve vzorky z týchto vrtov poskytnú definitívne dôkazy o jednej z najväčších katastrof v dejinách Zeme.

Bild der Wissenschaft, máj 2014



Adam A. Garde je presvedčený, že meteorit, ktorý pred 3 miliardami rokov dopadol na Grónsko, mal priemer 30 kilometrov a vytvoril kráter s priemerom 600 kilometrov.

# Našel se 23. meteorit s rodokmenem

**astro.cz:**

Zveřejňujeme fotografii nalezeného meteoritu z pádu bolidu 9. prosince 2014, kterou nám poskytl Astronomický ústav AV ČR. Nálezová hmotnost meteoritu byla 5,93 gramu. Jedná se o chondrit, typ L, předběžně vyšší stupeň 3 (bude upřesněno dalším měřením). Stal se tak 23. meteoritem s rodokmenem na světě.

Děkujeme veřejnosti za spolupráci!

Meteorit nalezl Tomáš Holenda, amatérský astronom a nadšenec do kosmonautiky z Pelhřimovské astronomické společnosti. Nález na poli u Nové Vsi u Nového Města na Moravě byl uskutečněn v rámci hledací akce pořádané Janem Kondziolkou za podporu členů Sdružení pro meziplanetární hmotu ČAS a Jihlavské a Pelhřimovské astronomické společnosti.

Bolid, který byl pozorován nad Moravou 9. 12. 2014 není z hlediska celé zeměkoule až tak výjimečný jevem. Země se s takovým tělesem střetává prakticky každý den. Řada událostí je ale nad rozlehlymi plochami oceánu a ne každý pád takového bolidu je doprovázen i dopadem tělesa, tedy meteoritu, na zemský povrch. Původní těleso se často vyprší už v atmosféře. Bolid „Vysočina“ byl v tomto ohledu výjimečným jevem, s kterým se v ČR setkáme maximálně jednou za několik let. Světelnou dráhu dlouhou 170 km uletělo za bezmála 9 sekund. Takto dlouhé bolidy pozorujeme jen výjimečně. Největší jasnosti, přesahující jasnost Měsíce v úplňku, dosáhl bolid ve výšce 37 km nad zemí severovýchodně od Vírské přehrady a pohasil ve výšce necelých 25 km vysoko, 6 km jihozápadně od Žďáru nad Sázavou. V této chvíli již bylo těleso zbrzděno na rychlosť menší než 5 km/s a jeho hmotnost byla necelý 1 kg. Proto bylo zřejmé, že na zem dopadly úlomky původního tělesa, tedy meteority. Největší kus se dosud nenašel.

Další hledání bude obtížné, protože terén je rozbahněný a v místě pádu největšího úlomku je velmi problematický terén a hustý les. Pokud se plánujete do oblasti vydat, věnujte pozornost pokynům astronomů, kteří místo pádu meteoritů spočítali. Především se připadných nalezených kusů snažte nedotýkat rukou. Nález nejprve zdokumentujte, pokud možno přesně zaměřte (GPS pozice je velmi vítána) a meteorit poté zabalte nejprve do albalu a poté ještě dejte do igelitového sáčku. Pokud jej poskytnete vědcům z astronomického ústavu, budete se podílet na historickém úspěchu, neboť meteoritů s přesně známou dráhou je na světě opravdu jen 23 a z toho přibližně polovina byla nalezena díky výpočtu českých astronomů.

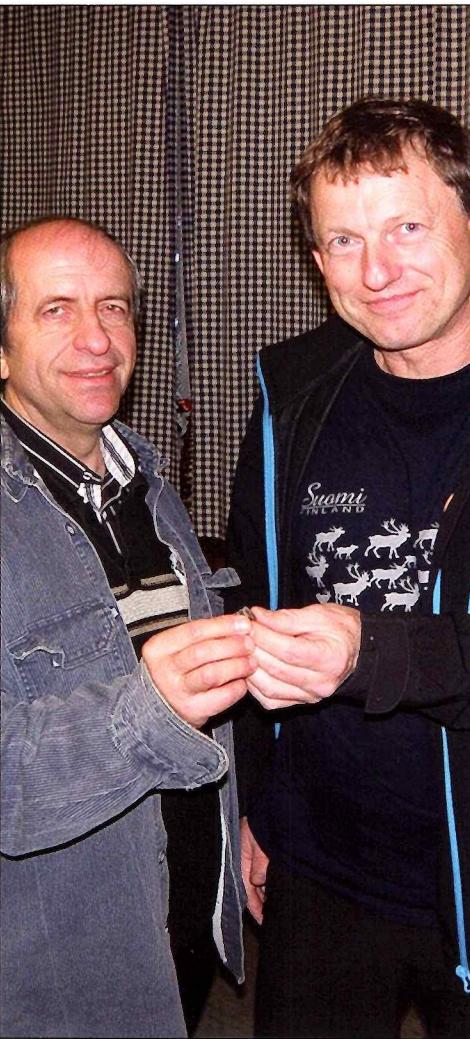
Historie nálezů meteoritů s rodokmenem sahá až do 50. let 20. století, kdy s touto myšlenkou přišel poprvé tým kolem Zdeňka Ceplechy z AsÚ v Ondřejově. Jejich snaha byla korunována úspěchem 7. dubna 1959, kdy byl zdokumentován a následně nalezen meteorit Příbram.

Děkujeme veřejnosti za pomoc s hledáním meteoritů a věříme, že to nebyl poslední nalezený kus.

Martin Gembec  
astro.cz



První, a doufejme, že ne poslední, meteorit z bolidu Vysočina nalezl Tomáš Holenda.



Šťastný nálezce Tomáš Holenda s odborníkem Pavlem Spurným.

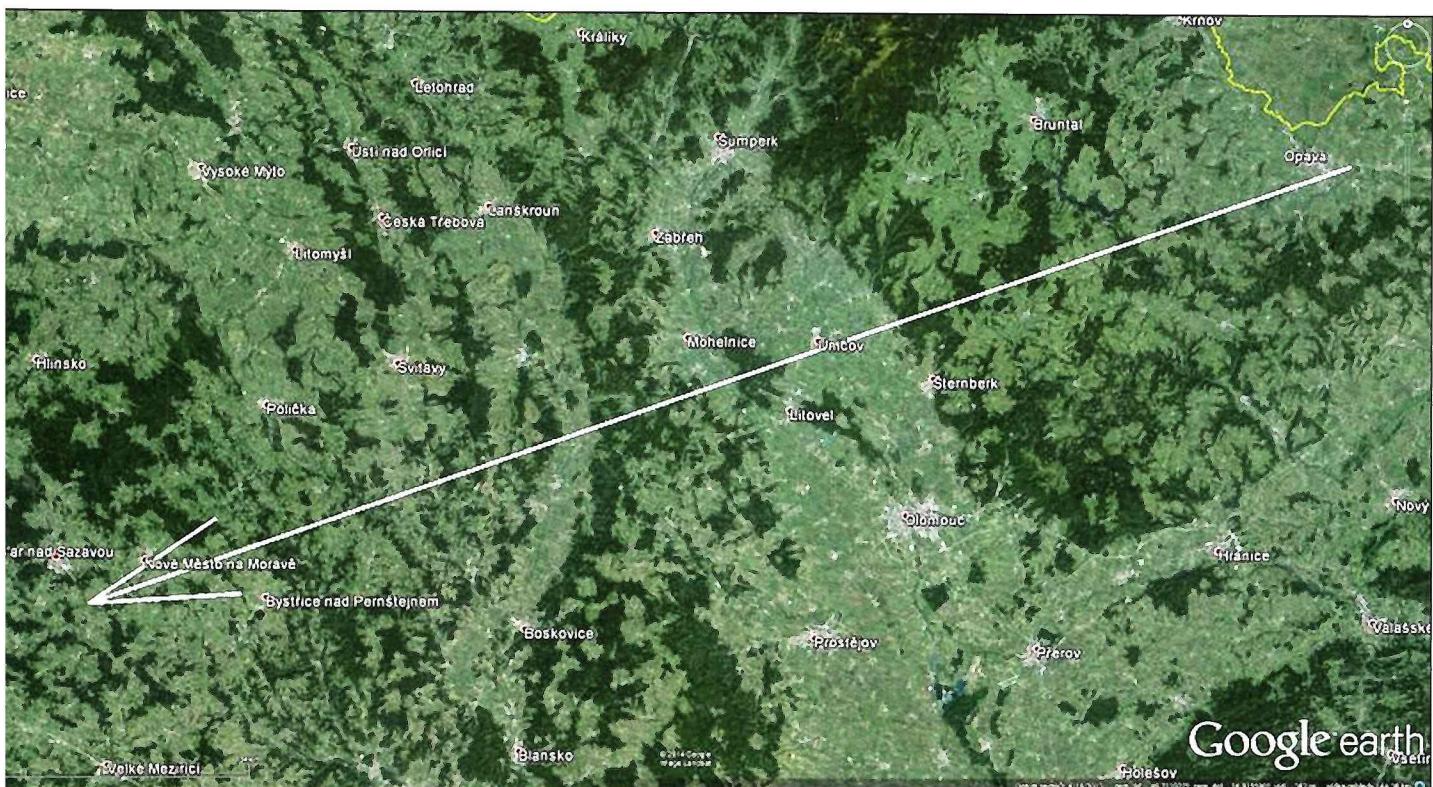
**Mimořádný bolid  
9. prosince 2014  
nad Českou republikou:  
co a kde spadlo  
na Vysočině**

Tisková zpráva Astronomického ústavu  
Akademie věd ČR v Ondřejově  
ze 16. prosince 2014

V úterý 9. prosince krátce po čtvrt na šest večer místního času ozářil rozsáhlé území především východní poloviny České republiky velmi jasný meteor, který upoutal pozornost velkého počtu obyvatel z celé České republiky, ale i okolních států. Přes 200 náhodných pozorovatelů tohoto mimořádného přírodního úzaku nám poslalo svá hlášení, ve kterých mnohdy velmi podrobne a poutavě popsal, co viděli. Za všechna tato hlášení děkujeme, a protože není v našich silách na všechna jednotlivá pozorování odpovědět, tak aspoň touto formou podáváme vysvětlení, k čemu přesně minulé úterý nad naší republikou došlo, co tento jev způsobil, kde a jak probíhal.

Výřez z celooblohového snímku bolidu EN091214 pořízeného automatickou digitální bolidovou kamerou na stanici české bolidové sítě na hvězdárně ve Veselí nad Moravou. Bolid letěl ze severu na severozápad. Na snímku je vidět, jak záře bolidu osvětlila oblohu, která tak dostala nazelenalý nádech.

Pro přesný popis toho, co se 9. prosince 2014 v podvečer na obloze odehrálo, je nejdůležitější, že tento jev byl velmi dobře zachycen také kamery na stanicích české části Evropské bolidové sítě, která pokrývá území střední Evropy a jejíž centrum je v Astronomickém ústavu



Priemet atmosférickej dráhy bolidu Vysočina.

Akademie věd ČR v Ondřejově. Tyto stanice jsou vybaveny automatickými celooblohouvými kamerami, které jsou právě pro záznam přeletu takových bolidů (jasných meteorů) uzpůsobeny. Ne všude na území České republiky bylo jasno, nicméně i přesto naše kamery na sedmi stanicích tento bolid fotograficky (digitálně a také na film), fotoelektricky a v jednom případě i zvukově zachytily. Protože navíc kamery, které tento bolid fotograficky zaznamenaly, byly velmi vhodně rozmístěny vůči jeho dráze a to tak, že jeho průlet zaznamenaly ze všech směrů, všechny parametry jeho průletu atmosférou jsou určeny s velmi vysokou přesností. Bolidová kamera na hvězdárně ve Veselí nad Moravou zaznamenala bolid z jihovýchodu v celé jeho dráze. Přerušování světelné stopy bolidu je způsobeno elektronickou clonou. Podle přerušení lze určit rychlosť bolidu po celé jeho dráze a s tím i jeho brzdení v atmosféře. To nám umožňuje určit úbytek jeho hmoty během letu a také kolik hmoty zůstalo na konci, když bolid pohasl. Celkem tedy máme velmi dobrá instrumentální data, která jsou naprostě dostatečná pro spolehlivé a přesné určení všech nejdůležitějších parametrů týkajících se průletu atmosférou Země a rovněž tak dráhy ve Sluneční soustavě tohoto poměrně velkého přirozeného meziplanetárního tělesa (meteoroidu) o velikosti většího balvanu.

**Co se tedy přesně odehrálo v úterý 9. prosince 2014 nad východní polovinou České republiky?**

Přesně v 16 hodin 16 minut a 46 sekund světového času (našeho času tedy o hodinu více) vstoupil do zemské atmosféry relativně velký meteoroid o hmotnosti asi 200 kilogramů a průměru kolem půl metru a začal nejprve slabě, ale po 2 sekundách již intenzivně svítit ve výšce 100 km nad Opavou. Těleso se v té době pohybovalo rychlosťí 22 km/s a po dráze jen necelých

25 stupňů skloněné k zemskému povrchu pokračovalo v letu směrem na jihozápad a postupně se v atmosféře brzdilo a také rozpadalo. Světelnou dráhu dlouhou 170 km uletělo za bezmála 9 sekund. Takto dlouhé bolidy pozorujeme jen výjimečně. Největší jasnosti, přesahující jasnost Měsíce v úpliku, dosáhl bolid ve výšce 37 km nad zemí SV od Vírské přehrady a pohasl ve výšce necelých 25 km vysoko 6 km jihovýchodně od Žďáru nad Sázavou. V této chvíli již bylo těleso zbrzděno na rychlosť menší než 5 km/s a jeho hmotnost byla necelý 1 kg. Je tudíž zřejmé, že došlo k pádu meteoritu. Kromě toho v závěrečné fázi letu se bolid významně rozpadal a oddělovaly se od něho menší úlomky, z nichž některé se rychle zbrzdily a také mohly dopadnout na zemský povrch. Pádová oblast těchto malých úlomků tvoří pás široký asi 4 km a 30 km dlouhý. Táhne se od Vírské přehrady, kde se mohou nalézt nejmenší (gramové) meteority směrem na JJZ, až do oblasti obce Bohdalov. Největší meteorit by měl ležet v lesním porostu JJZ od obce Rudolec a to již v okrese

Jihlava. Průmět atmosférické dráhy je znázorněn na mapě Googlu nahoře. Průmět atmosférické dráhy bolidu EN091214 na zemský povrch (bílá šipka). Délka vyfotografované atmosférické dráhy byla 170 km a bolid jí uletěl za 9 sekund.

**Před srázkou se Zemí meteoroid obíhal Slunce** po středně výstředné dráze, která byla jen necelé 3 stupně skloněna k rovině ekliptiky, tj. rovině zemské dráhy. V příslušní se meteoroid dostal jen o málo blíž ke Slunci, než je dráha planety Venuše a nejdále od Slunce se pohyboval v centrální oblasti hlavního pásu planetek. **Jednalo se tedy původem o malou část asteroidu pocházejícího z hlavního pásu planetek.**

Především z důvodů jistého pádu meteoritů se zcela určitě jedná o velmi unikátní bolid. Cetnost takových bolidů nad naším územím je přibližně jednou za 10 let.

RNDr. Pavel Spurný, CSc.  
vedoucí oddělení meziplanetární hmoty AsÚ,  
koordinátor Evropské bolidové sítě

astro.cz



Michal Brat

# Samorezné skrutky



Slnko pomaly zapadalo a chlapí si v tábore pod lesom posadali okolo ohňa. Niektorí si podostali dlhými kabátami, iní vytiahli ovčie kožušiny. Jedni drevnené lavicu z nahrubo otesaných brvien pri ohni obsadil Dedo. Keď zaujal svoje čestné miesto, rozhliadol sa po okolosediacich a usúdil, že mu prináleží právo potešiť ich historkou z mladosti. Prstami pohľadil povrch lavice, akoby príbehy boli zapísané v jej dreve, a naozaj, nahmatal hlavičky klincov, ktoré spájali tých niekoľko trámov tvorivých jeho sediska.

„Poviem vám príbeh o tom, ako samorezné skrutky zachránili vesmírnu stanicu,“ vyhlásil Dedo a šibol pohľadom po poslucháčoch. Ozvalo sa niekoľko tichých zamrmelaní od starších chlapov, ktorí túto historku počuli už nesčítane ráz. Nikto z nich sa však neodvážil nahlas namietať, a tak sa len o kúsok odtiahal a tuhšie sa zamotali do plášťov. To naopak mladší chlapci, tým sa rozriaobili oči a od radosti zabudli aj na rastúci chlad tmavej noci. Príbehov z čias, keď sa ešte smelo lietať do vesmíru, sa nevedeli nabažiť.

„Keď som bol mladý,“ začal Dedo zoširoka „nebolo tam hore ešte hento,“ mávol rukou smerom k tmavnúcej oblohe „a do vesmíru lietal každý, komu sa z pretaženia pri štarte neprekritil žalúdok naruby. Teda, aj pár takých sa našlo, ale tých piloti hrozili vystrelit z pretlakovnej komory.“ zasmial sa starký pri spomienke na bradatý vtip.

„V tom čase som sa vydal do vesmíru na skusy aj ja, a nejaký čas som sa pretíkal na ruských orbitálnych stanicach. Predstavte si, vymyseli, že skúšia chovať ovečky v nízkej gravitácii, a tak sa im hodil každý chlap, ktorý sa nezľakol zablačania. Ale po čase sa mi už zajedol borč, tak som sa začal obzerať po inakšej robote. Nejaký čas som blúdil zo stanice na stanicu a navštívil som aj zopár planét.“ Starký sa porozhliadol, či poslucháči patrie oceňujú jeho zážitky. Pristátia na planétoch, a hlavne odlety z nich, boli kedy s mnohonasobne drahšie než cesty medzi stanicami. To si však už pamäťali len tí najstarší, ktorí tentoraz nijako neprejavili uznanie. De-do si tak len povzdychoval a pokračoval:

„Dopočul som sa, že na vzdialenej kubánskej stanici potrebujú údržbára. Pre údržbárov a technikov bolo u Kubáncov vždy dosť roboty, lebo svoje stanice zdrôtovali z rozličných častí. Aj Santa Clara bola taká – jadro z Taiwanu, kajutový modul ruský Žizn, a veliteľský mostík bola škodovka hen z Mladej Boleslaví. Z ampliónov im tam bez prestávky hrala kubánska hudba – tada-da, tada-da.“ Dedo zabubnoval cudzokrajný rytmus prstami na lavici. „A všetko tam mali spoločné, niektorí vráveli, že aj ženy,“ zazubil sa starec, ale potom si uvedomil, že stratil dejovú líniu rozprávania a na chvíľu sa zamyslel, odkiaľ by mal pokračovať.

„Takže som sa rozhodol ísť za údržbára na stanicu Santa Clara. Mal som trochu hlboko do vrecka, nuž som si u Rusákov pred cestou kúpil len krízový skrutkovač. Ivan bol slušný chlap, a tak mi zadarmo prihodil ešte vrecúško samorezných skrutiek. To sú

také tie s ostrým hrotom, ktoré si vyvŕtajú vlastnú dierku, vieš, Miško?“ obrátil sa starký na najmladšieho poslucháča. Až dvanásťročný chlapec sa súše nevolal Miško, no aj tak horlivо prikývol. Bol to pre neho prvý rok, čo smel ísť s chlapmi a staršími rovesníkmi pracovať na pastviny a do lesa.

„Na stanici Santa Clara velil chlap menom Ernesto, no každý ho volal Če. Väčšina obyvateľov stanice boli miešanci s kožou ako káva, ale Če bol obrovitánsky černoch, čierny ako vesmír. Keď ma vital vo vlydovacej komore, pri blikajúcim svetle som videl svietiť len jeho zuby. A veruže sa nasmial, keď videl moje údržbárske vybavenie:

– Šróbovák a sáčok šróbov. Hombre, ty nie si inštalatér, ale humorista! – rehotal sa hurónsky. – Že si sa sem trepal, dámte ti kajutu zadarmo do odletu najbližšieho raketoplánu. Ale tu potrebujeme inakšieho mechanika. – vyhlásil Če, a tým bola diskusia ukončená. Iné mi nezostávalo, než priať kajutu a čakať na odlet na inú stanicu. Posedával som na tvrdnej posteli a počúval hudbu z ampliónov. Nebolo mi však do spevu, bol som bez peňazí a sklamaný, že som nedobre obišiel.

Na štvrtý deň uprostred noci sa však čosi stalo – nekonečná hudba z ampliónov sa naraz odmľala a o krátky okamih ju vystriedala kvílivá sírena. Trvalo azda niekoľko hodín, kým sa im ju podarilo vypnúť, už mi z nej poriadne brneli uši!“ Starký sa poťahal za obe uši, aby ukázal, ako ho boleli. „A podľa toho, že miesto síreňy hned zasa neustupili hudbu, som sa dovtípil, že máme vážny problém. Moje tušenie sa potvrdilo, keď mi na dvore kajuty zabúchal Če:

– Hombre, máš šancu ukázať, že si lepší mechanik, ako vyzeráš, – prešiel veliteľ rovno k veci.

Môj otec vravieval – Načím lapiť šancu za pačesy, – nuž som na nič nečakal a pobral som sa s ním. Odviedol ma do miestnosti vedľa reaktora stanice, bola to malá údržbová kutica, kde vzduch páchol od zlého odvetrvávania. Pred vstupom sa tiesnilo niekoľko Kubáncov, ktorí sa odúšu dohadovali. Nemal som čas ich počúvať, lebo Če ma pretlačil až dovnútra. Sám sa tam svoju obrovitou postavou ledva napratil.

Keby nebolo jasné, že situácia je vážna, bol by som sa azda aj rozmislial. Pri stene susediacej s reaktorom stál maličký Kubáneček a s rozčapenými nohami aj rukami pridŕžal obrovský panel, ktorý zjavne odpadol zo steny. Pristúpil som bližšie a skúšal som pochopit, v čom je pes zakopaný. Po chvíli škriabania sa po brade som pochopil, že odpadnutý panel zjavne nebýval na svojom mieste len tak na ozdobu, ale mal za úlohu odteniť žiarenie z reaktora. Hlavný problém ale spočíval v niečom inom:

– Vieš, čo sa nachádza za touto stenou? – pobúchal Če na stenu oproti Kubánečovi držiacemu panel. – Tuto je nás hlavný zásobník na vodu, – tváril sa, akoby mi hovoril nejaký vtip, hoci nám obom bolo jasné, že postaviť reaktor vedľa zdroja vody pre celú stanicu bolo tragickej rozhodnutie.

– Inak sa to nedalo pospájať, – dodal Če akoby na

obhajobu. – Takže ak máš radšej vodu, ktorá potme nesveti, pomôž nám s tým niečo urobiť. Zatiaľ sa Pepe ponúkol, že tam ten panel pridrží. Pepe neveselo kývol hlavou a dodal: – Ja už mám päť dečiek, troška žiarenia ma už o dedičov neprípraví, – načo sa on aj Če dali do smiechu, ktorý napodiv ani neznel nervózne.

Mne na rozdiel od nich do smiechu nebolo. Zotrel som si z tváre pot, ktorý mi vyrázel na celo napriek chladu v neobývanej časti stanice, a dal som sa skúmať situáciu. Odpadnutý panel z izolačného plastu bol na moje prekvapenie prípevnený k obyčajnej vnútornnej stene z ľahkého kovu akousi lepiacou hmotou priprávnenou žuvačku. Lepkavá gebuzina však vekom alebo pod vplyvom žiarenia stratila svoju príhavosť a panel skrátka odpadol. Očividne bolo takéto uchytenie kedysi dočasným riešením, ktoré sa však nikto nemáhal dotiahať do konca, až pokým v ten deň neprestalo spĺňať svoj účel. Žiarenie z reaktora sa tak volne šírilo a pomaly menilo recyklovanú vodu v hlavnom vodojeme na jed. Pre Santa Claru to bola katastrofa, pretože bolo vylúčené, aby sem včas dorazil raketoplán s vybavením na dekontamináciu a dostatkom vody na obnovenie uzavretého obehu. Jediným riešením by bola evakuácia stanice, ktorá však pre Kubáncov znamenala jediný domov.

– Necce nám to tam držať – vytrohol ma z úvah Pepe. – Henták žuvačku už nemáme, magnety sa na to nechýtajú a prispájkoval to nemôžeme, – povedal to, čo som sa už sám dovtípil.

Dedo sa znova rozhliadol po svojich poslucháčoch a doprial si dlhý nádych pred vyrcholením príbehu. Chlapec, ktorého predtým oslovil ako Miška, však prestávkou v rozprávaní nevydržal a vyzkhol: „Tak si to tam priskrutkoval, však, Dedo?“

Starec bol na krátky okamih sklamaný, že ho chlapec pripravil o pointu príbehu, ale rýchlo nadviazal prerušené rozprávanie. „Veru, vytiahol som ten môj skrutkovač, pre ktorý ma predtým vysmiali, i vrecúško skrutiek, a panel som im tam natvrdzo zaskrutkoval. Samorezky prešli cez ten plast aj plech ako nič a o pár minút bola stanica Santa Clara zachránená.“ Dedo sa spokojne usmial a na chvíľu sa znova odmlčal, tentoraz keď sa rozpmátal na fiestu, akú na jeho počest na stanici vystrojili.

„Chcel by som letieť do vesmíru, Dedo. Myslís, že nám to znova niekedy dovolia?“ prerusil jeho spomínanie chlapec premenovaný na Miška.

Starcova tvár sa zachmúrila a pohľad zablúdil k tmavej oblohe, kde všetci prítomní tušili bariéru oddeľujúcu planétu od vesmírneho priestoru. Dedo sa opäť prstami načiahol a pohľadil hlavičky klincov zabitych do lavičky. S pohľadom stále upätym na oblohu pomaly opäť začal hovoriť: „Viete, keď tak hovoríme o tých samoreznych skrutkách, už dlhšie mi behá po rozume jeden nápad...“

A chlapci, ktorí dosiaľ zdali iba bez záujmu podriemkavalí, si ako na povel prisadili bližšie k ohňu. Z očí im spadol spánok a ich pohľady bodali ako nebožiece.



## KOLOS 2014

Do Astronomického observatória na Kolenickom sedle, nachádzajúcom sa v peknom prostredí podhoria Polonín, je sice vzhľadom na jeho polohu takmer z každého kúta Slovenska ďaleko, cestu však azda každý meria rád. Po príchode máte totiž v prípade priaznivého počasia záruku najtmavšej oblohy na Slovensku, dobrého pozorovateľského zázemia a v neposlednom rade aj vždy ochotných kolegov astronómov, pracovníkov tohto najvýchodnejšie položeného observatória na Slovensku.

Jedným s nimi poriadaných stretnutí odbornej verejnosti s medzinárodnou účasťou patrí už niekoľko rokov aj KOLOS (KOLOnický Seminár), pravidelne organizovaný Vihorlatskou hvezdárnou v Humennom. Minulý rok sa táto konferencia uskutočnila v dňoch 4. – 6. decembra a oproti minulosti sa výrazne odlišovala svojim obsahovým zameraním. Bola totiž usporiadaná ako stretnutie členov medzinárodného projektu „Space emergency system“, podporeného v rámci cezhraničnej spolupráce Európskou úniou. Projekt sa zaobera analýzou signálov globálnych satelitných pozičných systémov za účelom zlepšenia predpovede meteorologických javov, a zapojili sa do neho partneri zo štyroch krajín. Tradičnými spoluorganizátormi konferencie boli Slovenská astronomická spoločnosť, Slovenský zväz astronómov, Prírodovedecká fakulta UPJŠ Košice a Neinvestičný fond Teleskop.

Na šesťdesiatku účastníkov z Poľska, Maďarska, Ukrajiny, Rumunska a Slovenska čakal program rozdelený do troch sekcií a okrem nosnej časti konferencie, týkajúcej sa uvedeného projektu, to bola problematika výskumu premenných hviezd a nedávno ukončeného úspešného

projektu „Karpatské nebo“. Otvorenie konferencie sa uskutočnilo vo vynovenom kultúrnom dome v Stakčíne, kde všetkých privítal riaditeľ Vihorlatskej hvezdárne v Humennom Igor Kudzej. Spolu s ním krátko vystúpili aj starosta Stakčína Ján Kerekanič, primátor Sniny Štefan Milovčík a účastník pozdravil aj vedúci odbooru kultúry Prešovského samosprávneho kraja Vasil Fedič.

V odbornom programe bol dôležitým vystúpením príspevok výkonného manažéra projektu Oleksandra Reityho z Užhorodskej národnej univerzity, v ktorom zhrnul doterajšie aktivity a pokročenosť ich realizácie. Popri príspevkoch ďalších zúčastnených, napríklad z Geodetického a kartografického ústavu v Bratislave alebo maďarského Ústavu geodézie a kartografie, boli na pôde konferencie podpísané aj dve dohody o ďalšej vzájomnej spolupráci zainteresovaných partnerov.

Druhý deň konferencie sa uskutočnil v priestoroch Astronomického observatória na Kolenickom sedle, kde účastníci pracovali v troch sekciách, v ktorých odznelo veľa zaujímavých informácií týkajúcich sa daných témat. Večerné hodiny vyplnili kuloárne diskusie a pútavé cestopisno-astronomické rozprávania spojené s premetaním z cest niektorých zúčastnených.

Tretí a posledný deň podujatia, po skončení oficiálneho programu, všetkým podľačoval Henryk Brancewicz z Poľského združenia astronómov amatérov záverečným slovom za účasť, prednesené príspevky a v mnohých prípadoch aj za zaujímavú diskusiu. Vyzdvihol výborne zvládnutú organizáciu konferencie, priateľskú atmosféru a vyjadril presvedčenie o dobre vykročenej ceste k spolupráci do budúcnosti. Spolupráci, ktorá svojím významom prekračuje hranice regiónu a stáva sa dôležitou v stredo-európskom meradle.

Tomáš Dobrovodský, SZA



## Strata noci - merajte svetelné znečistenie!

Merajte svetelné znečistenie je možné rôznymi spôsobmi, od tých najnáročnejších meraní pomocou umelých družíc z obejnej dráhy až po tie jednoduchšie merania z povrchu. Teraz vás prichádza ďalšia možnosť, tentokrát pre majiteľov smartfónov, ktorá meranie jasu nočnej oblohy výrazne zjednodušuje. Zapojiť sa do vedeckého výskumu tak môže čoraz širšia verejnosť.

Takúto možnosť prináša nová aplikácia Loss of the Night od nemeckých odborníkov pracujúcich na projekte Verlust der Nacht, ktorá je odteraz vďaka členom Slovenského zväzu astronómov (M. Makuch, M. Bronček, P. Rapavý, P. Begeni, J. Merc) k dispozícii aj v slovenskom jazyku.

Prostredie aplikácie je založené na Google Sky Map a umožňuje merajte jas oblohy pomocou vašich vlastných očí. Aplikácia vás prehľadne prevedie pozorovaním a jediné, čo je potrebné urobiť, je pozrieť sa na vybrané hviezdy a zadať, či ich dokážete pozorovať, alebo je obloha natolik presvetlená, že danú hviezdu nie je možné vidieť. Aplikácia potom z odpozorovaných hviezd sama určí nielen to, kolko hviezd môžete pozorovať z miesta pozorovania, ale aj aká svetlá je obloha. Ďalšou výhodou je, že na takéto pozorovanie nie sú nutné žiadne astronomické znalosti, pretože aplikácia nielen určí, ktorú hviezdu pozorovať, ale pomôže ju aj na oblohe nájsť.

Údaje získané pomocou aplikácie sú odosielané vedomcom zaobrajúcim sa vplyvom svetelného znečistenia na zdravie človeka, prírodu aj spoločnosť a zároveň aj do databázy celosvetového projektu Globe at Night, kde ich môžete vďaka interaktívnej online mape porovnavať s ďalšími z celého sveta.

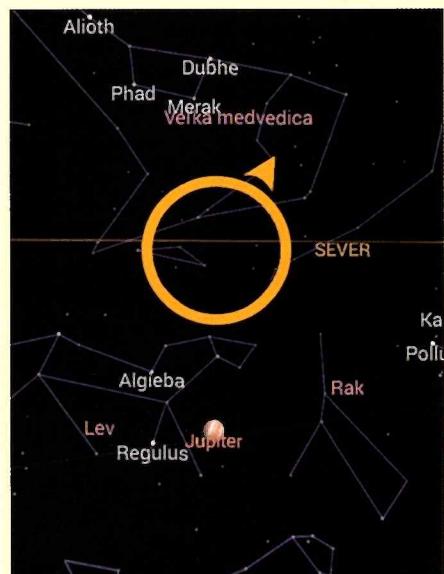
Aplikácia je zadarmo k dispozícii pre operačné systémy Android a iOS:

**Android:** <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cosalux.welovestars>,

**iOS:** <https://itunes.apple.com/en/app/loss-of-the-night/id928440562>.

Kedže sa do merania môže zapojiť široká verejnosť, vedci dúfajú, že sa im vďaka veľkému počtu dát podarí sledovať aj vývoj svetelného znečistenia v čase. Preto ak máte smartfón, vonku je jasno! Mesiac svojim jašom pozorovanie neruší, neváhajte a prispejte k vedeckému výskumu meraním svetelného znečistenia pomocou aplikácie Loss of the Night aj vy!

Jaroslav Merc



# Fotosúťaž o svetelnom znečistení



## Výsledky fotosúťaže

### 1. kategória

#### Ako rozhodne nesvietiť

##### 1. miesto

Vilém Heblík: Kostel v Krouně

##### 2. miesto

Jaroslav Merc: Košice po rokoch

##### 3. miesto

Michal Bareš: My si na vás posvíťime! (seriál)

##### 3. miesto

Kateřina Göttlichová:  
Signal festival Praha 2014 (seriál)

### 2. kategória

#### Správne svetlo

##### 2. miesto

Eleonóra Žúrková: Svetlame si na cestu

### 3. kategória

#### Variácie na tému svetlo a tma

##### 1. miesto

Peter Majkut: USS v pozadí

##### 2. miesto

Petr Horálek: Můj vysněný pokojíček

##### 2. miesto

Lubomír Sklenár: Když prší hvězdy

##### 3. miesto

Peter Mrva: Mesiak (a Mars)

##### 3. miesto

Tibor Csörgei: Večerná hmla  
v Bratislavе

Za fotografiu Košice po rokoch získal Jaroslav Merc  
2. miesto v kategórii Ako rozhodne nesvietiť.

4. ročník medzinárodnej fotografickej súťaže „Svetlame si na cestu...nie na hviezdy“ vyhľadala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove a Česká astronomická spoločnosť v spolupráci s ďalšími organizátormi. V tomto roku porota hodnotila 159 fotografií od 42 autorov a mala veru neľahkú úlohu. Počet autorov aj prác sa sice stabilizoval, no úroveň má vzrastajúcu tendenciu, čo je potešiteľné, motivujúce, no zároveň aj závazujúce.

V 1. kategórii hodnotiteľov často až zamrazilo. Všetko prežiarene, hýriace farbami, oslnivé svetidlá, svetelné kužele pretínajúce oblohu... Obrázky to boli na pohľad súčasť krásne, no je to často krása zbytočne drahá, škodlivá, ba často až fatálna. Podľa očakávania najmenej prác bolo v kategórii dokumentujúcej správne osvetľovanie a tu porota udelila len jednu cenu. Aj keď sa ochrana životného prostredia začína skloňovať vo všetkých pádoch, toho správneho svietenia je

stále ako ťafránu. Autori sa naplno realizovali vo Variáciách, kde využili nielen svoje fotografické umenie, vztah k nočnej oblohe, invenciu, ale aj ekologické cítenie. Potešili aj autorské popisy a komentáre.

Prvé tri miesta v každej kategórii boli ocenené finančne (100, 60, 30 €), o Cene divákov rozhodne verejnoscť hlasovaním. Absolútne víťazi dostanú ceny od sponzorov súťaže (Supra Praha, Tromf Banská Bystrica) a vyžrebovaní hlasujúci predplatné časopisu Kozmos a Astropis. Všetkým autorom dákujeme, vedľa prispeli k dobrej veci a snáď už bude čoraz ľahšie získať obrázky aj správneho svietenia.

**Rok 2015** je Organizačiou spojených národnov vyhlásený za Medzinárodný rok svetla a organizátori veria, že jubilejný **5. ročník fotosúťaže** bude ešte úspešnejší. Podmienky budú uverejnené na stránke organizátorov. Dobré svetlo!

**Pavol Rapavý**



3. miesto v kategórii Ako rozhodne nesvietiť získala Kateřina Göttlichová za seriál fotografií Signal festival Praha 2014.





3. miesto v kategórii Ako rozhodne nesvetiť získal Michal Bareš za seriál fotografií *My si na vás posvitíme!*

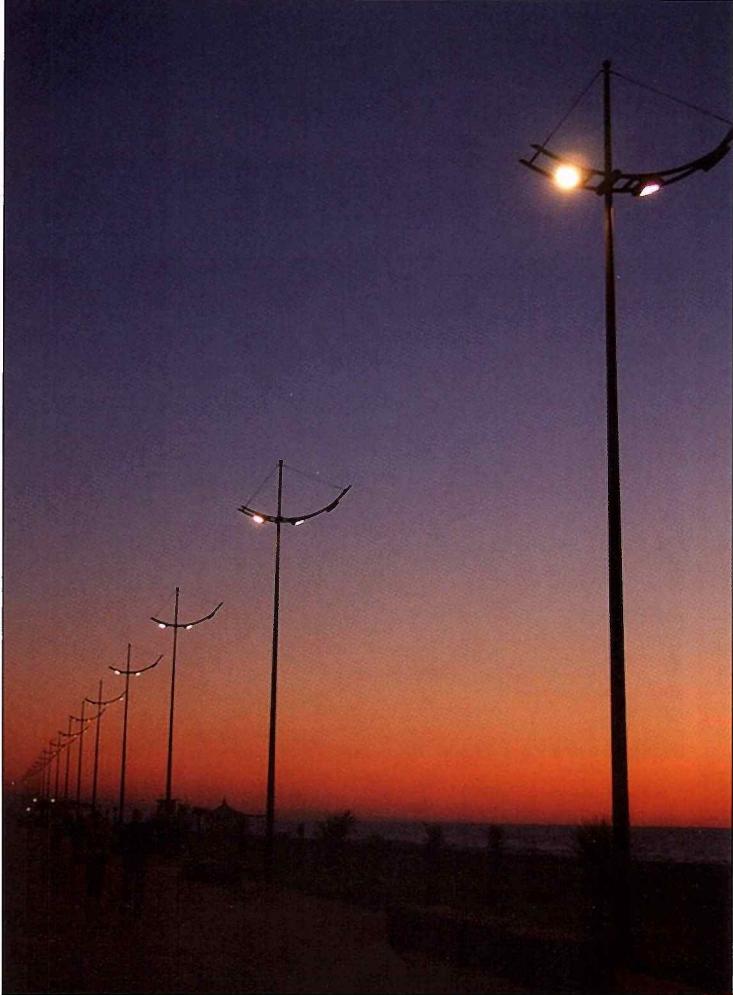


1. miesto v kategórii Variácie na tému svetlo a tma získal Peter Majkut za fotografiu *USS v pozadí*.



3. miesto v kategórii Variácie na tému svetlo a tma získal Tibor Csörgei za fotografiu *Večerná hmla* v Bratislave.

Petr Horálek za fotografiu  
*Môj vysnéný pokojíček*  
získal 2. miesto v kategórii  
Variácie na tému svetlo  
a tma.



V kategórii Správne svetlo bola udelená len jedna cena – druhá. Získala ju Eleonóra Žúrková za fotografiou *Svetime si na cestu*.



3. miesto v kategórii Variácie na tému svetlo a tma získal Peter Mrva za fotografiu *Mesiac (a Mars)*.

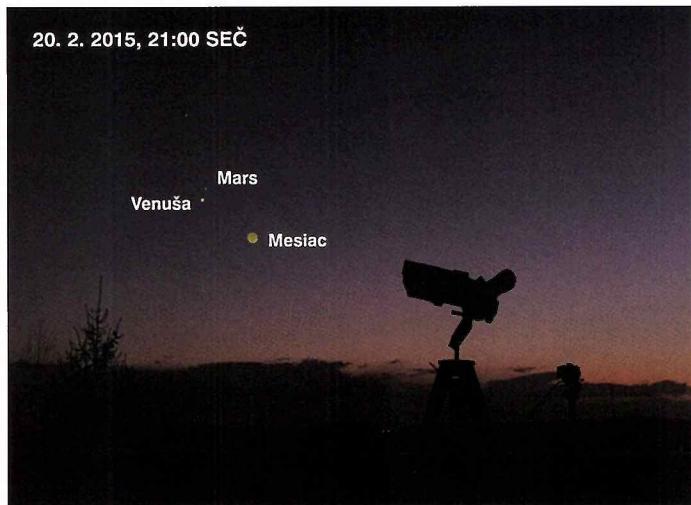


Február – marec 2015

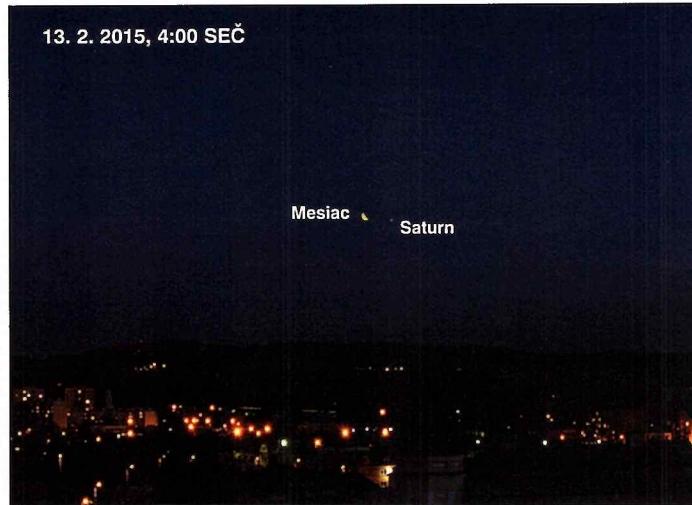
Všetky časové údaje sú v SEČ

# Obloha v kalendári

20. 2. 2015, 21:00 SEČ



13. 2. 2015, 4:00 SEČ

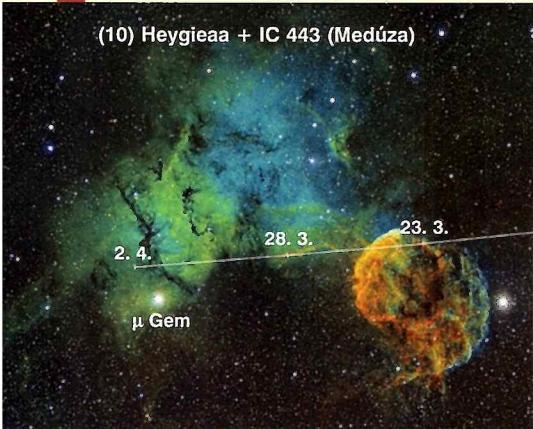


**N**oci sa skracujú, ich dĺžka bude už krátko pred jarnou rovnodenosťou 20. 3. rovnaká ako deň. Merkúr iste nájdeme ráno v polovici februára a brilantná Venuša ozdobí večernú oblohu. Mars sa začne večer pomaličky kloniť k západnému obzoru, Jupiter v opozícii poteší počas celej noci a Saturn s jeho prstencami si vychutnáme v druhej polovici noci.

Caká nás niekoľko celkom zaujímavých konjunkcií a kométa Lovejoy prichystala pekné predstavenie, bude na hranici viditeľnosti volným okom a teda výborným objektom aj pre triédre či malé dalekohľady. Skrátka však prídu tí, čo majú radi meteory, toto obdobie je tradične bez výraznejšej aktivity.

Určite si do kalendára poznamenajme piatok 20. marca, po štyroch rokoch bude aj od nás pozorovateľné čiastočné zatmenie Slnka.

(10) Heygiea + IC 443 (Medúza)



## Planéty

Merkúr vychádza na začiatku februára len začiatkom občianskeho súmraku, jeho fáza je malá a jasnosť len 4,6 mag. Podmienky sa však zlepšujú, v polovici februára sa nad obzor dostáva už na konci astronomického súmraku ako objekt 0,3 mag.

24. 2. je v najväčšej západnej elongácii (26,8°) a s jasnosťou 0 mag ho iste nájdeme. V ďalších dňoch sa uhlovo k Slnku približuje, a aj keď jeho jasnosť stúpa, v polovici marca sa začne strácať v rannom súmraku. Podobne vhodné podmienky ráno však budú až v polovici októbra. Pri elongácii bude mať uhlový priemer len 7'', bude z neho osvetlených 58 %. Neskôr sa fáza pomaly zväčšuje a jasnosť rastie.

17. 2. sa k nemu priblíži tenký kosáčik Mesiaca a podobná situácia sa zopakuje aj 19. 3., no už uhlovo bližšie k Slnku a teda na značne presvetlenej oblohe.

Venuše (-3,9 až -4,0 mag) bude obdobou večnej a nočnej oblohy, uhlovo sa od Slnka vzdáľuje, koncom marca zapadne viac ako tri hodiny po Slnku počas astronomickej noci. Jej fáza sa zmenšuje, no uhlový rozmer rastie, pretože sa k nám priblíži z 1,51 na 1,20 AU.

Východne od Venuše sú aj ďalšie planéty a tak sa pri svojom pohybe po oblohe k nim bude postupne približovať. 1. 2. si zarandí s Neptúnom a v dalekohľade s dosťatočným zorným poľom ich uvidíme súčasne, pretože ich bude deliť len 0,8°. 22. 2. sa ešte tesnejšie snúbí s Marsom a začiatkom apríla aj s Uránom.

20. 2. sa k Venuši a Marsu pridruží aj kosáčik Mesiaca s popolavým svitom a vytvorí skutočne zaujímavé skrášlenie večnej oblohy. Ak to nestihнемe, alebo bude zamračené, podobná situácia sa zopakuje aj 22. 3. aj keď už nižšie nad obzorom.

Mars (1,2 – 1,4 mag) sa z Vodnára cez Ryby presunie až do Barana. Podmienky jeho viditeľnosti sa zhoršujú, koncom marca zapadne už v polovici nautického súmraku. Uhlovo sa približuje k Slnku, od Zeme sa vzdáľuje a jeho uhlový priemer klesne až na 4''. Iste však zaujme jeho tesná konjunkcia s Venušou 22. 2., ktorá sice nastáva pod obzorom, no aj večer

budú od seba len 0,5° a zvlášť v dalekohľade iste potesia. Skvelé bude aj približenie s Uránom 11. 3. Konjunkcie s Mesiacom, aj za asistencie Venuše sú opísané vyššie.

Jupiter (-2,6 až -2,3 mag) sa 4. 2. presunie z Leva do Raka a o dva dni neskôr je v opozícii, a teda pozorovateľný po celú noc. Koncom marca sa jeho nočná viditeľnosť však už skráti a zapadne v druhej polovici noci, nečelú hodinu pred koncom astronomického súmraku.

Krátko pred opozíciou je k Zemi najbližšie, jeho uhlový priemer dosiahne 46,4'', a tak v dalekohľade budeme môcť dobre pozorovať mierne spoľtený kotúčik a útvary v jeho možnej atmosféri. Už malý dalekohľad ukáže jeho štyri najjasnejšie mesiace. Všetky tri konjunkcie s Mesiacom (4. 2., 3. 3. a 30. 3.) nastávajú vo vzdialosti len 6°, no vzhľadom na jeho jasnosť zaujmú už na prvý pohľad.

## Prechody Veľkej červenej škvŕny centrálnym poludníkom Jupitera (Jupiterov systém II)

1. 2., 17:49	14. 2., 3:37	27. 2., 19:13	15. 3., 2:3
2. 2., 3:44	14. 2., 23:28	28. 2., 5:09	15. 3., 22:2
2. 2., 23:35	15. 2., 19:20	1. 3., 1:00	16. 3., 18:1
3. 2., 19:27	16. 2., 5:15	1. 3., 20:52	17. 3., 4:1
4. 2., 5:22	17. 2., 1:07	3. 3., 2:39	18. 3., 0:0
5. 2., 1:13	17. 2., 20:58	3. 3., 22:30	18. 3., 19:5
5. 2., 21:05	19. 2., 2:45	4. 3., 18:21	20. 3., 1:4
6. 2., 16:56	19. 2., 22:36	5. 3., 4:17	20. 3., 21:3
7. 2., 2:52	20. 2., 18:27	6. 3., 0:08	22. 3., 3:2
7. 2., 22:43	21. 2., 4:23	6. 3., 20:00	22. 3., 23:1
8. 2., 18:34	22. 2., 0:14	8. 3., 1:47	23. 3., 19:0
9. 2., 4:30	22. 2., 20:06	8. 3., 21:38	25. 3., 0:5
10. 2., 0:21	23. 2., 6:01	9. 3., 17:30	25. 3., 20:4
10. 2., 20:12	24. 2., 1:53	10. 3., 3:25	27. 3., 2:2
11. 2., 6:08	24. 2., 21:44	10. 3., 23:17	27. 3., 22:2
12. 2., 1:59	25. 2., 17:35	11. 3., 19:08	28. 3., 18:1
12. 2., 21:50	26. 2., 3:31	13. 3., 0:55	30. 3., 0:5
13. 2., 17:42	26. 2., 23:22	13. 3., 20:46	30. 3., 20:5

Merkúr

Venuša

Mars

Jupiter

Saturn

Urán

Neptún

1. 2. – 1. 3. – 1. 4.

1. 3. 2015

30"

## Zákryty hviezd Mesiacom (február – marec 2015)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
1. 2.	18 45 24	D	10846	3,6	+43S	132	88	-37
1. 2.	19 51 56	R	10846	3,6	-66S	241	102	124
2. 2.	3 57 45	D	11308	5,1	+61S	113	-16	-100
6. 2.	19 27 39	D	16965	5,4	-88S	119	12	39
6. 2.	20 32 28	R	16965	5,4	+73S	280	37	73
6. 2.	21 20 43	R	16998	6,0	+11S	218	121	471
6. 2.	23 55 23	D	17129	5,5	-73N	100	105	13
7. 2.	1 16 18	R	17129	5,5	+74N	313	81	-86
12. 2.	1 14 18	R	21196	6,1	+77N	298	42	36
22. 2.	17 55 45	D	2241	6,7	+29S	131	52	-222
25. 2.	17 47 25	D	5668	5,7	+72N	63	97	33
27. 2.	19 59 28	D	8622	5,7	+47N	47	119	86
27. 2.	22 56 58	D	8779	6,2	+14S	166	-38	-292
28. 2.	0 28 33	D	8917	6,8	+64N	64	13	-53
2. 3.	21 48 56	D	13390	6,8	+72S	115	91	-82
9. 3.	23 4 22	R	20111	6,9	+58S	256	91	106
15. 3.	3 9 18	R	25902	6,5	+78S	254	72	86
15. 3.	3 9 38	R	25906	7,0	+70S	246	74	95
29. 3.	20 52 31	D	12934	6,4	+82S	110	77	-97

Predpovede sú pre polohu  $\lambda_0 = 20^\circ\text{E}$  a  $\phi_0 = 48,5^\circ\text{N}$  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.

**Saturn** (0,5 – 0,3 mag) v Škorpiónovi vychádza 2,5 hodiny po polnoci, nočná viditeľnosť sa však zlepšuje a koncom marca sa nad obzor dostane už pred 23. hodinou. 14. 3. je v zastávke a začne sa medzi hviezdami pohybovať späťne. Jeho vlastný pohyb si môžeme všimnúť v porovnaní s hviezdou  $\beta$  Sco, od ktorej je na začiatku februára stupeň severne. Jeho vzdialenosť od nás sa zmenší z 10,28 na 9,35 AU, a tak jeho rovníkový uhlový priemer vzrástie zo 16,2 na 17,7''. Prstence sú široké, pozorujeme ich zo severnej strany, ich šírka sa zväčšuje a koncom marca bude 16,8''. Už v malom dalekohľade uvidíme aj jeho najväčší mesiac Titan (8,8 – 8,6 mag), ktorý 25. 3. pred 360. rokmi objavil Ch. Huygens. Titan už pred ním videl Ch. Wren a J. Hevelius, no ako Saturnov satelit ho správne identifikoval až on. Určil jeho obežnú dobu a objav oznamil až po roku.

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 13. 2. a 13. 3., Saturn bude 1,5° južne od Mesiača v okolí poslednej štvrti.

**Urán** (5,9 mag) je v Rybách a začiatkom marca zapadne dve hodiny pred polnocou. Jeho večerná viditeľnosť sa však skracuje a ešte pred koncom tohto obdobia sa stratí na svetlej súmrakovej oblohe, pretože 6. 4. je v konjunkcii so Slnkom. V dalekohľade ho uvidíme ako malý kotúčik s priemerom 3,4''. Zaujímavé však budú jeho konjunkcie s Venušou a Marsom.

V pomerne tesnom priblížení bude s Mesiacom 22. 2. a 21. 3. Prvá konjunkcia nastáva pod obzorom, druhá počas dňa, no je výhodnejšia.

**Neptún** (8,0 mag) vo Vodnárovi je možné pozorovať na večernej oblohe len v prvých februárových dňoch. Jeho viditeľnosť sa rýchlo zhoršuje, napokolko 26. 2. je v konjunkcii so Slnkom a o deň neskôr od nás najdalej (30,96 AU). Na rannej oblohe ho naj-

deme až koncom marca aj to len počas nautického súmraku. V prvý februárový deň si v dalekohľade pozrieme jeho konjunkciu s Venušou a Mesiac sa k nemu zdanivo priblíži 19. 2. a 19. 3.

**Jarná rovnodenosť** nastane 20. 3. o 23:46, ekplikálna dĺžka Slnka je 0°, vstupuje do znamenia Barana (je však v súhvezdí Rýb). Slnko vychádza na východe (vo východnom bode) a zapadá na západe. Deň a noc sú však vplyvom astronomickej refrakcie rovako dlhé už dva dni pred dátumom rovnodenosti.

**Uplné zatmenie Slnka** 20. 3. bude od nás pozorovateľné len ako častočné, no v celom priebehu. Viac informácií je v samostatnom príspievku na s. 46.

### Trpasličie planéty

(1) Ceres (9,1 – 9,2 – 9,1 mag) v Strelcovi má zlepšujúce sa podmienky pozorovateľnosti, uhlovo sa od Slnka vzdaľuje.

Začiatkom februára vychádza 1,5 hodiny pred Slnkom, koncom marca už 3 hodiny po polnoci. Jej deklinácia je záporná a tak sa dostane len nevysoko nad obzor.

(134340) Pluto (14,4 mag) v Strelcovi je možné nájsť na rannej oblohe, podmienky po januárovej konjunkcii so Slnkom sa zlepšujú. Začiatkom februára vychádza až k ránu, no koncom marca je už jeho elongácia 87° a nad obzor sa dostane už 2 hodiny po polnoci.

Pred 85. rokmi, 18. 2. 1830, bola dlho hľadaná „planéta X“ objavená. Našiel ju Clyde W. Tombaugh 33 cm astrografom Lowellovo observatória vo Flagstaffe (Arizona) na platiach exponovaných 23. a 29. 1. 1930. Bola 0,5° východne od δ Gem asi 6° od

### Fázy Mesiača

spln	4. 2., 0:09	5. 3., 19:05
posledná štvrt	12. 2., 4:50	13. 3., 18:48
nov	19. 2., 0:47	20. 3., 10:36
prvá štvrt	25. 2., 18:14	27. 3., 8:43

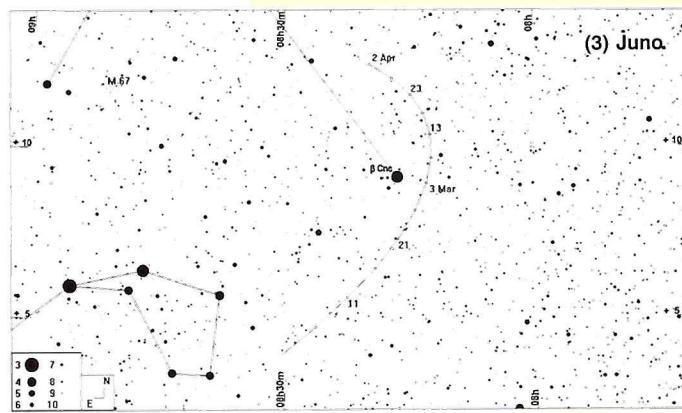
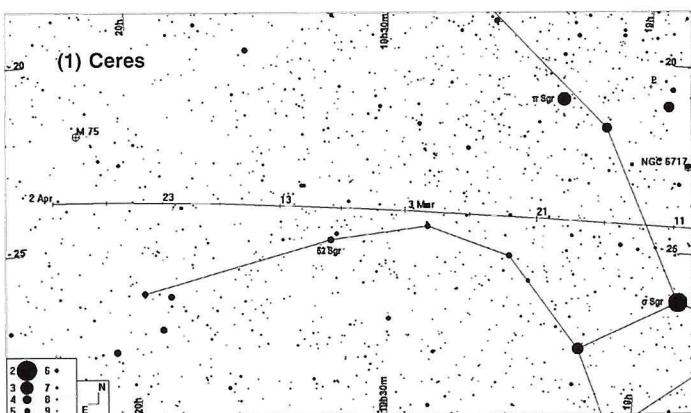


### Efemerida (1) Ceres

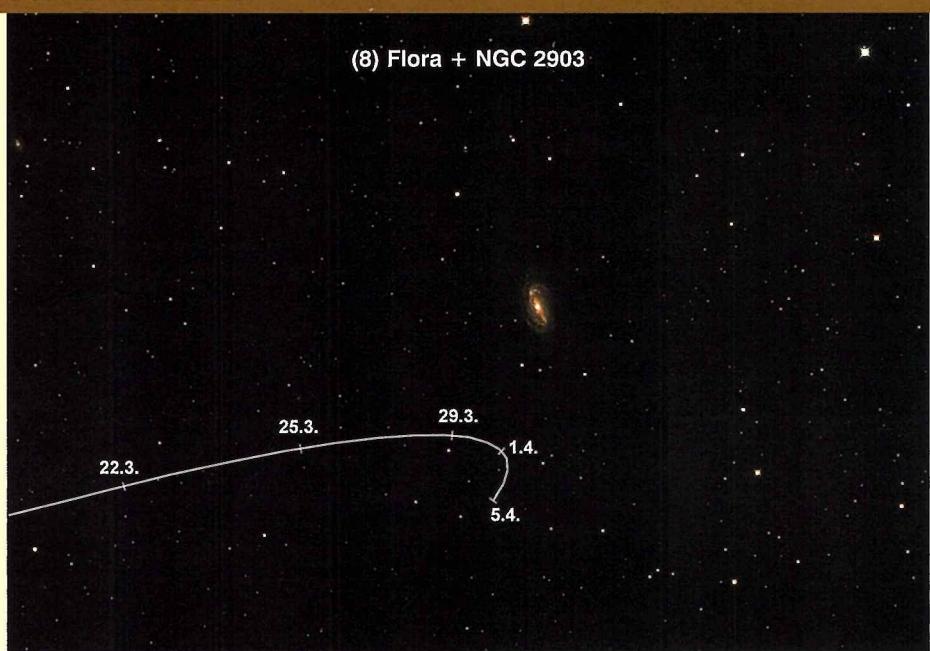
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	18 <sup>h</sup> 39,7 <sup>m</sup>	-24°17,6'	9,1	32,6
11. 2.	18 <sup>h</sup> 56,4 <sup>m</sup>	-24°17,9'	9,1	38,9
21. 2.	19 <sup>h</sup> 12,5 <sup>m</sup>	-24°13,9'	9,2	45,4
3. 3.	19 <sup>h</sup> 28,0 <sup>m</sup>	-24°06,5'	9,2	51,9
13. 3.	19 <sup>h</sup> 42,7 <sup>m</sup>	-23°57,2'	9,1	58,6
23. 3.	19 <sup>h</sup> 56,5 <sup>m</sup>	-23°47,5'	9,1	65,4
2. 4.	20 <sup>h</sup> 09,2 <sup>m</sup>	-23°39,9'	9,1	72,4

### Efemerida asteroidu (3) Juno

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	08 <sup>h</sup> 30,4 <sup>m</sup>	+03°57,0'	8,2	165,2
11. 2.	08 <sup>h</sup> 22,4 <sup>m</sup>	+05°38,6'	8,3	159,9
21. 2.	08 <sup>h</sup> 16,4 <sup>m</sup>	+07°22,6'	8,6	150,5
3. 3.	08 <sup>h</sup> 13,0 <sup>m</sup>	+09°00,6'	8,8	140,3
13. 3.	08 <sup>h</sup> 12,6 <sup>m</sup>	+10°26,9'	9,1	130,5
23. 3.	08 <sup>h</sup> 14,9 <sup>m</sup>	+11°38,3'	9,3	121,1
2. 4.	08 <sup>h</sup> 19,9 <sup>m</sup>	+12°33,8'	9,5	112,4

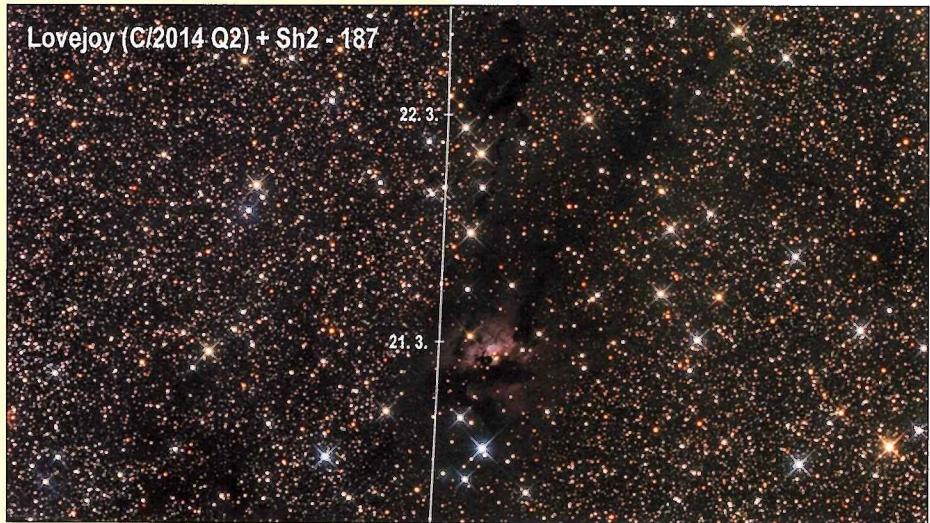


## (8) Flora + NGC 2903

Efemerida kométy Lovejoy  
(C/2014 Q2)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 2.	02 <sup>h</sup> 18,3 <sup>m</sup>	+39°10,7'	5,8	93,8
6. 2.	02 <sup>h</sup> 05,0 <sup>m</sup>	+43°12,1'	6,0	88,4
11. 2.	01 <sup>h</sup> 54,4 <sup>m</sup>	+46°26,8'	6,3	83,8
16. 2.	01 <sup>h</sup> 46,0 <sup>m</sup>	+49°09,6'	6,6	79,8
21. 2.	01 <sup>h</sup> 39,4 <sup>m</sup>	+51°30,6'	6,9	76,3
26. 2.	01 <sup>h</sup> 34,3 <sup>m</sup>	+53°36,7'	7,2	73,3
3. 3.	01 <sup>h</sup> 30,4 <sup>m</sup>	+55°32,8'	7,6	70,6
8. 3.	01 <sup>h</sup> 27,5 <sup>m</sup>	+57°22,3'	7,9	68,4
13. 3.	01 <sup>h</sup> 25,5 <sup>m</sup>	+59°07,6'	8,2	66,4
18. 3.	01 <sup>h</sup> 24,2 <sup>m</sup>	+60°50,7'	8,5	64,8
23. 3.	01 <sup>h</sup> 23,5 <sup>m</sup>	+62°33,2'	8,8	63,5
28. 3.	01 <sup>h</sup> 23,4 <sup>m</sup>	+64°16,0'	9,1	62,5
2. 4.	01 <sup>h</sup> 23,6 <sup>m</sup>	+66°00,2'	9,5	61,8

Lovejoy (C/2014 Q2) + Sh2 - 187



predpovedanej polohy, a teda objav bol aj šťastnou náhodou. Objav oficiálne oznamili 13. marca v deň nedožitých 75. narodenín zakladateľa observatória Percivala Lowella. Pomenovanie Pluto dostala 1. 5., okrem iného malo pripomínať iniciálky zakladateľa observatória. Neskoršie bolo objavených ďalších 16 predobjavových pozorovaní, z ktorých najstaršie je z 20. 8. 1909.

## Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (3) Juno (1.2.; 8,2 mag), (71) Niobe (4.2.; 10,6 mag), (89) Julia (5.2.; 10,4 mag), (8) Flora (15.2.; 9,1 mag), (354) Eleonora (5.3.; 9,6 mag), (7) Iris (6.3.; 8,9 mag),

(17) Thetis (8.3.; 10,8 mag), (511) Davida (16.3.; 10,8 mag), (44) Nysa (22.3.; 9,4 mag).

Najjasnejšia je Vesta (7,7 – 8,0 mag), ktorá je však uholovo blízko Slnka a tak ráno ju môžeme nájsť veľmi nízko nad obzorom až koncom tohto obdobia. Lepšie je na tom (3) Juno, nakoľko je 1. 2. v opozícii. Z Hydry sa premiestní do Raka a je v tomto období najjasnejším, dobre pozorovateľným asteroidom.

(10) Hygiea má začiatkom februára 10,8 mag a v priebehu dvoch mesiacov zoslabne až na 11,5 mag. V Blížencoch však opíše elegantnú slučku a od polovice marca bude na zaujímavom pozadí, čo by mohlo inšpirovať aj astrofotografov.

(8) Flora skončí svoju púť pri špirálovej galaxii NGC 2903 (8,8 mag).

## Kométy

Zdá sa, že nás čaká dobré obdobie s viditeľnosťou kométy v dosahu binokulárov, možno aj na hranici viditeľnosti voľným okom. Toto milé prekvapenie pripraví kométu Lovejoy (C/2014 Q2), ktorá v poloviči decembra nečakane zjasnela a prekonala aj tie najoptimistickejšie predpovede.

Kométu objavil 17. 8. 2014 v Birkdale austrálsky astronom amatér Terry Lovejoy ako objekt 14,8 mag na CCD snímkach získaných len 20 cm dalekohľadom. Perihéliom prešla 30. 1. a jej pozorovacie podmienky na severnej pologuli sú zlepšujú, jej deklinácia sa vzrášuje, od polovice februára bude dokonca cirkumpolárna. Táto kométa nie je vo vnútornej Slnčnej sústave po prvýkrát, jej upresnená obežná doba je 13 395 rokov.

Aj keď začiatkom mesiaca už bude po maxime jasnosti, ktoré bolo na prelome prvých januárových dekad, bude skvelým objektom nočnej oblohy. Je to zatiaľ najjasnejšia kométa, ktorú pravdepodobne v tomto roku uvidíme, a na skutočne tmavej oblohe ju nájdeme aj bez dalekohľadu. Medzi hviezdami sa po-hybujete severne, koncom mája bude len stupeň od Polárky.

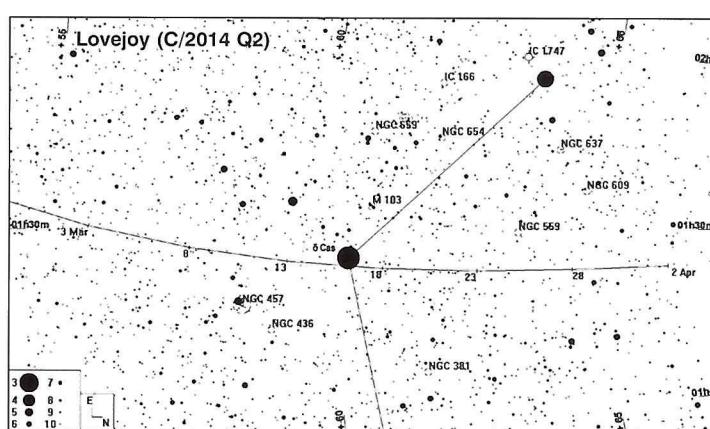
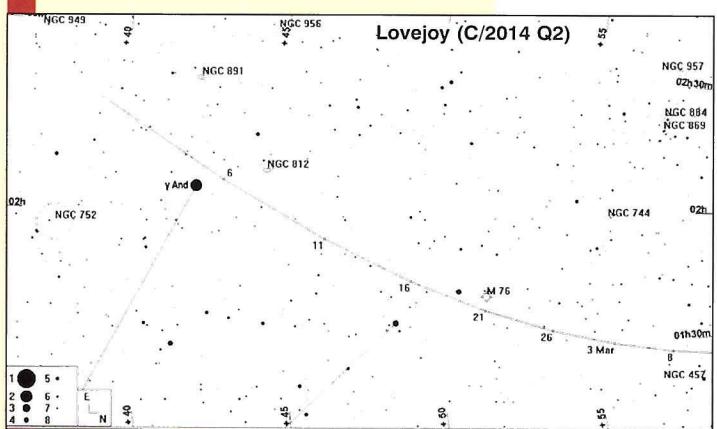
5. 2. prejde 0,6° východne od γ And a 20. 2. 26° od fotogenickej planetárnej hmliviny M 76 (10,1 mag), ktorá je známa aj pod menom Malá činka. V marci sa bude premieť na hustejšie časti Mliečnej cesty v Kasiopeji s viacerými otvorenými hviezdokopami a 15. 3. prejde tesne vedľa δ Cas (2,6 mag).

Možno až k jasnosti 10 mag sa dostanú dve perio-dické kométy 88P/Howell a 15P/Finlay, no keďže aktuálnejšie pozorovania absentujú, je predpoveď veľmi problematická.

## Meteory

Počas februára a marca nie je v činnosti žiadny aktívnejší meteorický roj, na ktorý si budeme musieť počkať až do polovice apríla, keď začnú byť aktívne Lyridy.

Pavol Rapáv



## Kalendár úkazov a výročí (február – marec 2015)

dátum SEČ

1. 2.	6,7	Merkúr najbližšie k Zemi (0,65546 AU)
1. 2.	asteroid (3) Juno v opozícii (8,2 mag)	
1. 2.	18,7 konjunkcia Venuše s Neptúnom (Venuša 0,8° južne)	
3. 2.	110. výročie narodenia (1905) V. Gutha	
4. 2.	0,2 Mesiac v splne	
4. 2.	asteroid (71) Niobe v opozícii (10,6 mag)	
4. 2.	7,3 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,9° severne)	
5. 2.	asteroid (89) Julia v opozícii (10,4 mag)	
5. 2.	180. výročie (1835) narodenia F. Winneckeho	
6. 2.	8,8 Jupiter najbližšie k Zemi (4,34623 AU)	
6. 2.	19,3 Jupiter v opozícii	
6. 2.	7,5 Mesiac v apogeu (406 150 km)	
8. 2.	95. výročie narodenia (1920) J. Gomoriho	
11. 2.	7,5 Merkúr v zastáve, začne sa pohybovať priamo	
12. 2.	4,8 Mesiac v poslednej štvrti	
13. 2.	0,1 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,5° južne)	
14. 2.	25. výročie (1990) „portrétu planéti“ Voyagerom 1	
14. 2.	30. výročie (1985) štartu sondy Solar Maximum Mission	
15. 2.	asteroid (8) Flora v opozícii (9,1 mag)	
15. 2.	80. výročie (1935) narodenia R. Chaffeeho	
15. 2.	80. výročie narodenia (1935) W. L. W. Sargenta	
17. 2.	5,4 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2,5° južne)	
17. 2.	50. výročie (1965) štartu Rangeru 8	
18. 2.	85. výročie (1930) objavu Pluta (C. Tombaugh)	
19. 2.	0,8 Mesiac v nove	
19. 2.	8,5 Mesiac v perigeu (356 992 km)	
19. 2.	Čínsky novy rok	
19. 2.	12,0 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 2,8° južne)	
21. 2.	1,5 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,2° južne)	
21. 2.	2,0 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,7° južne)	
21. 2.	90. výročie (1925) narodenia T. Gehrelsa	
22. 2.	7,3 konjunkcia Venuše s Marsom (Venuša 0,4° južne)	
22. 2.	0,3 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,4° severne)	
23. 2.	70. výročie (1945) narodenia S. Gerasimenkovej	
24. 2.	17,6 Merkúr v náváčište západnej elongácií (26,8°)	
24. 2.	plutino (90482) Orcus v opozícii (47,1 AU; 19,2 mag)	
25. 2.	18,2 Mesiac v prvej štvrti	
27. 2.	3,1 Neptún najďalej od Zeme (30,95709 AU)	
3. 3.	6,8 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 6,1° severne)	
4. 3.	19,8 konjunkcia Venuše s Uránom (Venuša 0,1° severne)	
5. 3.	8,5 Mesiac v apogeu (406 386 km)	
5. 3.	asteroid (354) Eleonora v opozícii (9,6 mag)	
5. 3.	19,1 Mesiac v splne	
6. 3.	asteroid (7) Iris v opozícii (8,9 mag)	
6. 3.	21,2 Merkúr v afeliu (0,4667 AU)	

## 2 % pre astronómiu a rok svetla...

Slovenský zväz astronómov je už niekoľko desaťročí pojivom pre nadšencov astronómie i priestorom, kde sa stále hľadajú nové možnosti, ako verejnosti priblížiť vesmír. Posledné roky, keď začína rezonovať vo svete problematika svetelného znečistenia a tmavého oblohu s hviezdami už v mestách ľahko zažijete, sa SZA zviditeľnilo mnohými aktivitami na ochranu tohto vzácneho kultúrneho dedičstva. A tak popri vlastných pozorovaniach, pozorovaniach pre verejnosť, populárizačných prednáškach z astronómie, kozmonautiky či fyziky, organizovaní exkurzii po astronomických pamätkach, spoluúčasti členov na olympiádach, či súťažiach (i medzinárodných), o ktorých vás SZA informuje na svojej stránke, je práve propagácia tmavej oblohy klúčom ku všetkému.

S novým rokom sa otvárajú dvere do Medzinárodného roka svetla IYL 2015, ktorý stavia svetlo, na pomyselný piedestál: bez neho nie je možný život na Zemi, je inšpiráciou pre umelcov a fascináciou pre vedcov. Nové optické technológie prevratným spôsobom menia naš život. Zároveň však upozorňuje na význam trny, a preto astronomicke aktivity a tiež problematika svetelného znečistenia má v tom svoj nezastupiteľný základný pilier, podobne ako v Medzinárodom roku astronómie 2009. Presvedčíť sa o tom môžete na stránke IYL, kde už teraz vidieť mnoho ak-

cí, ktoré súvisia práve s astronómou. Významne je zastúpená napr. aktivita Globe at Night. Na Slovensku, aj s našou iniciatívou, sa tiež pripravujú viaceré akcie k roku svetla, všetko, samozrejme, bez štátnych dotácií, len z projektov a zdrojov z 2 %.

O to viac potrebujete SZA tento rok vašu pomoc. Opäť je tu veľká príležitosť ukázať verejnosti túto pre mnohých tajomnú skrytú dimeniu našej existencie. Pomaly sa asi budú lámať lody v tomto smere aj na Slovensku, ktoré sa konečne stane členom ESA. Témou kozmu tak azda začne rezonovať aj v našej spoločnosti a hádam ju aj hodnotu posunie niekam ďalej. Lebo od konzumu k trvalo udržateľnému rozvoju, k ekologickému myšlieniu, sa ide po ceste, ktorú postavila astronómia, pretože prostredníctvom nej hľadáme svoje miesto na Zemi a vo vesmíre. Ona je zároveň i to pomyselné svetlo na tej ceste, to správne svetlo, ktoré vám svieti len na cestu, nie na hviezdy... a av ich stále na tejto ceste životom vidieť.

Dakujeme vám za vašu podporu.

Daniela Rapavá

meno: Slovenský zväz astronómov  
IČO: 00470503  
právna forma: občianske združenie  
sídlo: Tomášovská 63,  
979 01 Rimavská Sobota  
číslo účtu: 5716075/5200



## Tabuľky východov a západov (február – marec 2015)

### Slnko

		Súmrak					
		Občiansky		Nautický		Astronomický	
		záč.	kon.	záč.	kon.	záč.	kon.
1. 2.	7:09	16:38	6:36	17:12	5:58	17:50	5:22 18:26
6. 2.	7:02	16:46	6:29	17:20	5:52	17:57	5:16 18:33
11. 2.	6:55	16:54	6:22	17:27	5:45	18:04	5:09 18:40
16. 2.	6:46	17:03	6:14	17:35	5:38	18:11	5:01 18:47
21. 2.	6:37	17:11	6:05	17:43	5:30	18:19	4:53 18:55
26. 2.	6:28	17:19	5:57	17:50	5:21	18:26	4:44 19:03
3. 3.	6:18	17:27	5:47	17:58	5:11	18:34	4:34 19:10
8. 3.	6:08	17:34	5:38	18:05	5:01	18:41	4:24 19:18
13. 3.	5:58	17:42	5:28	18:13	4:51	18:49	4:14 19:27
18. 3.	5:48	17:49	5:17	18:20	4:40	18:57	4:03 19:35
23. 3.	5:38	17:57	5:07	18:28	4:29	19:05	3:52 19:44
28. 3.	5:28	18:04	4:56	18:35	4:18	19:13	3:40 19:52

### Mesiac

		Východ							
		Východ	Západ						
		14:37	5:06						
1. 2.		14:37	5:06						
6. 2.		19:35	7:47						
11. 2.			10:00						
16. 2.		4:32	14:13						
21. 2.		7:43	20:42						
26. 2.		10:52	1:19						
3. 3.		15:28	4:55						
8. 3.		20:29	7:07						
13. 3.		0:31	10:00						
18. 3.		4:28	15:34						
23. 3.		7:22	21:59						
28. 3.		11:24	1:44						

### Jupiter

		Východ							
		Východ	Západ						
		16:58	7:40						
1. 2.		16:58	7:40						
6. 2.		16:34	7:19						
11. 2.		16:11	6:58						
16. 2.		15:48	6:36						
21. 2.		15:25	6:15						
26. 2.		15:02	5:54						
3. 3.		14:39	5:34						
8. 3.		14:16	5:13						
13. 3.		13:55	4:52						
18. 3.		13:33	4:31						
23. 3.		13:12	4:11						
28. 3.		12:51	3:51						

### Merkúr

		Východ							
		Východ	Západ						
		2:30	11:36						
1. 2.		2:30	11:36						
6. 2.		2:12	11:17						
11. 2.		1:54	10:58						
16. 2.		1:36	10:39						
21. 2.		1:17	10:20						
26. 2.		0:58	10:01						
3. 3.		0:39	9:42						
8. 3.		0:19	9:23						
13. 3.		0:00	9:03						
18. 3.		23:37	8:44						
23. 3.		23:16	8:24						
28. 3.		22:56	8:04						

### Urán

		Východ							
		Východ	Západ						
		9:21	22:07						
1. 2.		9:21	22:07						
6. 2.		9:01	21:49						
11. 2.		8:42	21:30						



ekliptika

## Zatmenie Slnka 20. marca 2015

Naposledy bolo zatmenie Slnka od nás pozorovateľné 4. 1. 2011 s fázou 0,8 a ďalšie bude až 10. 6. 2021 s fázou len 0,1.

Úplné zatmenie Slnka 20. 3. s fázou 1,045 bude trvať 2 min 47 s. Je to 61. zatmenie zo sérii Saros 120, ktorej dĺžka je 1262,11 roka. Saros 120 má 71 zatmení, z ktorých prvé bolo 27. 5. 933 a posledné nastane 7. 7. 2195.

Maximálna dĺžka zatmenia nastane v Nórskom mori, asi 400 km východne od Islandu. Z pevniny ho bude možné pozorovať len zo Špicbergov (2 min 30 s) a Faerských ostrovov (2 min 23 s).

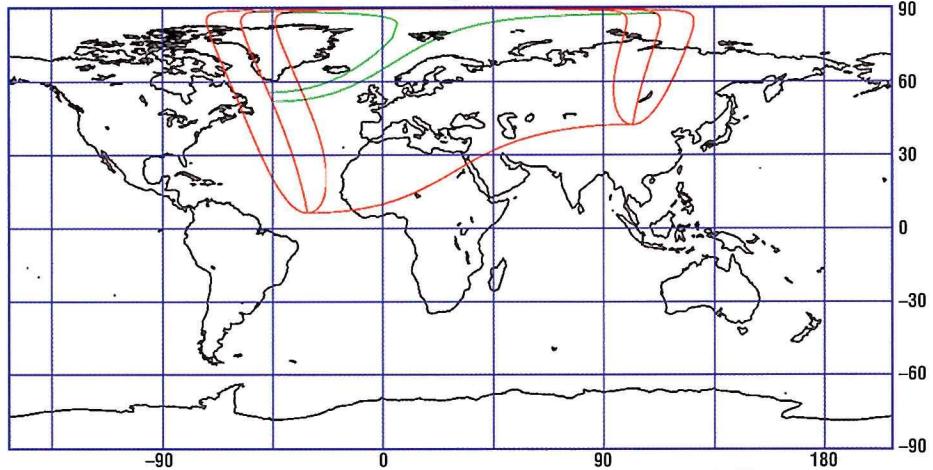
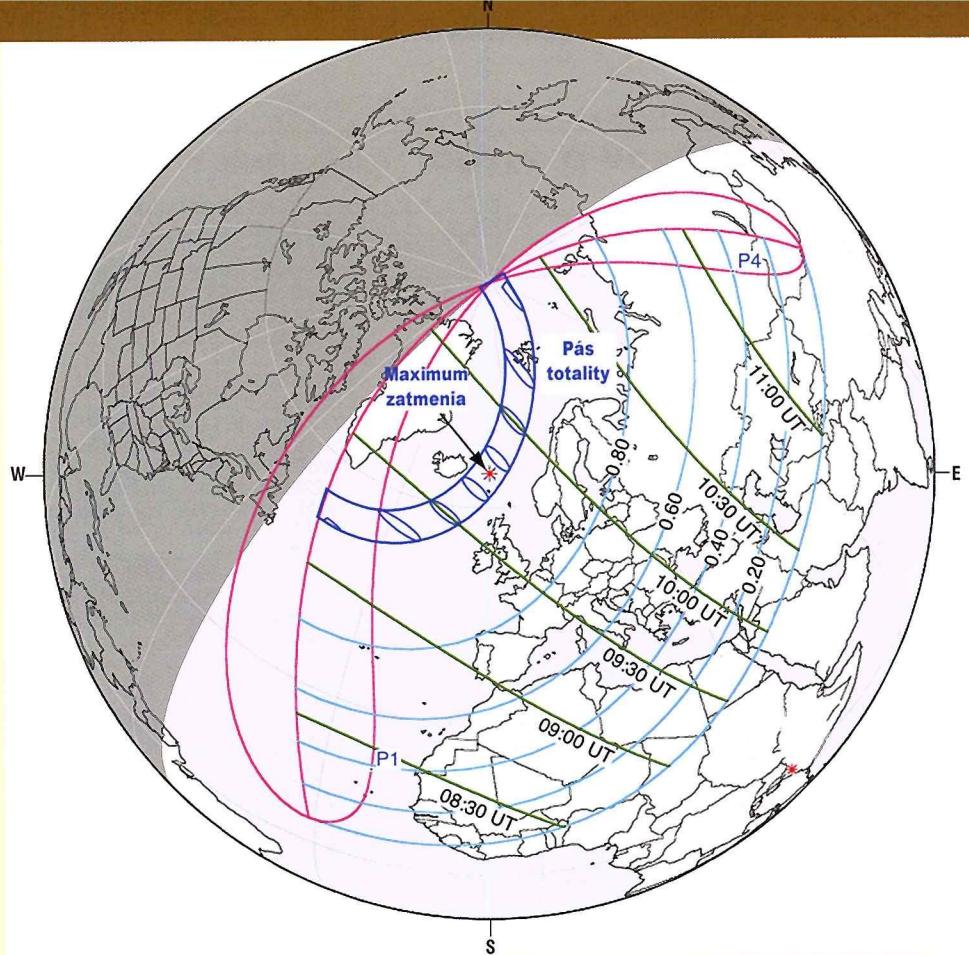
Z nášho územia bude zatmenie pozorovateľné v celom priebehu len ako čiastočné s fázou okolo 0,69 (v jednotkách priemeru slnečného disku). Najväčšia fáza bude v západnej časti Slovenska. Priebeh zatmenia pre vybrané miesta je v tabuľke.

Pri pozorovaní volhým okom musíme použiť dostatočne tmavý filter (zváračské sklo), často odporúčané diskety sú nevhodné, pretože prepúšťajú infračervené žiarenie. Ideálna je vizuálna fólia Astrosolar a možno niekde v šuplíku nájdete aj špeciálne okuliare. Pohodlné a bezpečné je pozorovanie v projekcii, pri pozorovaní ďalekohľadom je potrebné filter umiestniť pred objektív, nakoľko v blízkosti ohniskovej roviny sa prehrieva, hrozí jeho prasknutie a väzne poškodenie zraku.

Pri fotografovaní je vhodnejšie použiť fotografickú fóliu Astrosolar, ktorá umožňuje použitie kratších expozícií. Fotoaparátmi s kratšími ohniskami je možné exponovať z pevného statívu celý priebeh zatmenia v rovnakých intervaloch (napr. 5 min) a získať tak „postupok“. Pri zvolení vhodného popredia výsledok určite poteší. Fotografovaním dlhými ohniskami alebo v ohnisku ďalekohľadu získame sériu jednotlivých fáz zatmenia.

Pavol Rapavý

miesto	1. kontakt SEČ	poz. uhol	výška	maximum SEČ	výška	2. kontakt SEČ	poz. uhol	výška	fáza
Banská Bystrica	9 41 5	265	34	10 50 14	39	12 1 26	45	41	0,680
Bardejov	9 44 38	266	34	10 53 48	39	12 4 37	45	40	0,671
Bratislava	9 37 41	265	33	10 46 45	39	11 58 15	46	42	0,688
Čadca	9 41 18	265	33	10 50 29	39	12 1 43	46	40	0,696
Dunajská Streda	9 37 56	265	33	10 47 0	39	11 58 27	45	42	0,683
Humenné	9 45 14	266	35	10 54 22	40	12 5 2	44	41	0,659
Komárno	9 38 28	266	34	10 47 32	40	11 58 54	45	42	0,673
Košice	9 44 2	266	35	10 53 10	40	12 3 59	44	41	0,661
Levice	9 39 42	266	34	10 48 49	40	12 0 6	45	42	0,677
Liptovský Mikuláš	9 42 4	265	34	10 51 15	39	12 2 22	45	41	0,683
Martin	9 41 8	265	33	10 50 18	39	12 1 31	46	41	0,688
Michalovce	9 45 2	267	35	10 54 8	40	12 4 49	44	41	0,656
Nitra	9 39 7	265	33	10 48 14	39	11 59 36	45	42	0,683
Nové Zámky	9 37 43	266	34	10 46 41	41	11 58 1	44	43	0,659
Poprad	9 42 57	266	34	10 52 7	39	12 3 7	45	41	0,676
Prešov	9 44 19	266	35	10 53 28	40	12 4 17	44	41	0,666
Prievodza	9 40 20	265	33	10 49 29	39	12 0 46	46	41	0,686
Rimavská Sobota	9 41 52	266	34	10 51 0	40	12 2 3	44	41	0,666
Spišská Nová Ves	9 43 19	266	34	10 52 29	40	12 3 26	45	41	0,672
Trenčín	9 39 39	265	33	10 48 48	39	12 0 9	46	41	0,693
Trnava	9 38 30	265	33	10 47 36	39	11 59 2	46	42	0,688
Veľký Krtíš	9 40 45	266	34	10 49 52	40	12 1 3	45	42	0,670
Zvolen	9 40 54	266	34	10 50 3	40	12 1 15	45	41	0,678
Žiar nad Hronom	9 40 27	265	34	10 49 35	39	12 0 50	45	41	0,680
Žilina	9 40 58	265	33	10 50 8	39	12 1 23	46	41	0,693



Ak budete mať štastie, ešte pred začiatkom zatmenia v koronografie alebo chromosférickom ďalekohľade možno uvidíte Mesiac na pozadí protuberancie.



Prednáška RNDr. Jiřího Grygara pre prešovskú verejnosť pri príležitosti 30. výročia otvorenia planetária.

## Výročie Hvezdárne a planetária v Prešove

23. – 24. október 2014 sa vo Hvezdárni a planetáriu v Prešove niesol v znamení oslavy 30. výročia otvorenia budovy planetária a 66. výročia založenia hvezdárne.

Tí, ktorí túto inštitúciu poznajú od jej začiatkov, vedia o jej úspechoch aj občasných zaváhaniach, boli pri jej významných mslníkoch, ktoré zanechávajú väčšie či menšie stopy na všetkých, čo vkoľo do jej útrob so zvedavosťou a túžbou poznávať vesmír. Vždy to najviac poznáme na tvárach detí, ktoré prichádzajú zo škôl na exkurziu, či navštievujú naše krúžky, pretože tie sú najúprimnejšie. Potom často prichádzajú aj dospelí na ich prianie, a neskôr ich znova stretávame na ďalších podujatiach, ktoré sú určené už tým skôr narodeným.

Stretávajú sa tu aj tí, ktorých prvé dotyky s astronomiou začínali ešte v budove hvezdárne na Hlavnej ulici v dome JUDr. Alexandra Duchoňa (zakladateľa novodobých dejín astronómie v Prešove) a neskôr na vodárenskej veži. Boli to členovia Klubu mladých astronómov, z ktorých nie všetci sú dnes astronómia, ale v každom prípade nadobudli veľmi kladný vzťah k prírodným vedám a mnohí z nich v tejto oblasti dodnes pracujú. Ticho som súhlasila s Paškom Rapavým, keď na našej jubilejnej oslave povedal, že tieto stretnutia sú pre mnogých kraje a významnejšie než stretnutia pomaturitné. Mimochodom, klub bol založený v roku 1968 a pri jeho začiatkoch stál predovšetkým PaedDr. Juraj Humeňanský. Členovia vtedajšieho klubu sa v nasledujúcom období veľmi aktívne podieľali na činnosti hvezdárne. Pôsobenie klubu pokračovalo aj po výstavbe planetária.

Po rokoch práce s mládežou prišli aj prvé výsledky. Napríklad planétka Prešov, ktorú „daroval“



Príhovor zakladateľky a bývalej riaditeľky Mgr. Štefánie Lenzovej.



Príhovor generálneho riaditeľa Slovenskej ústrednej hvezdárne Mgr. Mariána Vidovenc.

svojmu rodnému mestu RNDr. Štefan Gajdoš – ako jej spoluobjaviteľ. Symbolické prevzatie tohto vzácneho daru zažila naša organizácia pri príležitosti 55. výročia založenia Ludovej hvezdárne v Prešove.

Veľmi užitočná symbióza vznikla aj medzi našou organizáciou a RNDr. Petrom Begem, ktorý po rokoch prežitých v astronomickom klube si stále nachádza cestu k hvezdárni. Prostriedkom na udržanie tohto vzťahu je mu kniha, a vďaka jeho spisovateľskej aktivite sme za predchádzajúce roky rozšírili nás edičný fond o päť zaujímavých titulov. Ako príklad spomeniem poslednú publikáciu *Hviezdy tulák*.

V máji roku 2014 prišlo ďalšie nezabudnuteľné prekvapenie od bývalého člena klubu Zdenka Grajcaru, ktorý daroval hvezdárni a planetáriu slnečný ďalekohľad LUNT LS80THa. V roku 2014 bol zakúpený aj 30-centimetrový ďalekohľad, čo bolo pre pozorovacie zámeru a celkovú modernizáciu doslova nevyhnutné.

Na oslavách prešovského hvezdárenského jubilea sa zúčastnili viacerí vzáci hostia. Boli to zástupcovia Prešovského samosprávneho kraja aj mesta Prešov, riaditeľa hvezdárne a planetárií z celého Slovenska, ďalej poľskí kolegovia z Młodzieżowego astronomiczneho observatória v Niepolomiciach, z Planetária v Chorzówe, Lycée v Jasle, z Krosna a Planetária v Czestochowej, s ktorými už niekoľko rokov hvezdáreň úspešne spolupracuje.

Spolupráca prešovskej hvezdárne sa za predchádzajúce roky pôsobenia planetária rozšírila aj do oblasti vysokoškolskej a stredoškolskej sféry. Veľmi pozitívna je spolupráca s Prešovskou univerzitou v Prešove s Katedrou F Ma T na Fakulte humanitných a prírodných vied. V rámci spolupráce s Katedrou umenia na Prešovskej univerzite už niekoľko rokov sa uskutočňuje v expozíciích priestoroch planetária výstava Kozmický dizajn, do ktorej bývajú zaangažovaní profesionálni výtvarníci celého východoslovenského regiónu.

Ak pripomienime naše možnosti v oblasti výstavníctva či praktického vzdelávania pre sféru kultúry, tak to v súvislosti so stredným odborným školstvom. Školy s umeleckým zameraním oceňujú možnosť vystavovať práce svojich žiakov v expozíciích priestoroch blízkych ku hviezdam, a pre vzdelávanie v oblasti manažovania turizmu sme atraktívni ako kultúrne pracovisko so štandardnými požiadavkami na náš region a jeho navštievovanosť.

Každý príbeh však musí mať svoj začiatok, a preto by tento výpočet neboli úplný, ak by chýbala osoba najpovolanejšia – zakladateľka a bývalá riaditeľka planetária p. Mgr. Štefánia Lenzová. Jej priania do budúcej činorodej práce a radosť z prítomnosti v priestoroch, ktoré pred tridsiatimi rokmi vybudovala, boli naozaj úprimné. A myslím, že táto radosť bola vzájomná.

Svojím nenapodobiteľným šarmom a majstrovským podaním prednášky „Nad pampou sa blýska aneb Kozmické záření rekordných energií“ umocnil slávostnú atmosféru vzácný host RNDr. Jiří Grygar, CSc., ktorý ju na druhý deň, 24. októbra, prednesol aj pred prešovskou verejnosťou.

**Renáta Kolivošková**

## Deň hvezdárni a planetárií 2015

V minulých rokoch sa vo vybraných astronomických zariadeniach na Slovensku zvykli organizovať Európsky deň planetárií, niekde, kde planetárium nemajú, aj ako Deň astronómie. Táto tradícia bola založená začiatkom 90-tych rokov z iniciatívy pracovníkov planetária z talianskej Brescie.

U nás sa ujala ako akýsi deň otvorených dverí pre verejnosť, ktorý bol i pozvánkou na celý astronomický rok. Verejnosť sa obvykle dozvedela o zaujímavých očakávaných astronomických úkazoch, akcia obsahovala aj pest-

ry program pre deti, často spojený s pozorovaním. Formu tohto podujatia si jednotlivé hvezdárne volili podľa svojich možností. Na väčšej koordinácii a propagácii tejto akcie, ako aj na zjednotení termínu, sa na jeseň minulého roka dohodla Slovenská ústredná hvez-

dáreň v Hurbanove so Slovenským zväzom astronómov a astronomickými zariadeniami na Slovensku. Rozhodli sa rozšíriť túto aktivitu a prezentovať odbornú a popularizačnú činnosť v slovenskej astronómii pod spoločným názvom **Deň hvezdárni a planetárií**.

Termín akcie bol pevne stanovený na poslednú nedelu pred jarnou rovnodennosťou, teda pre tento rok na **15. marec 2015**. Náštevnici širokej siete astronomických zariadení budú mať počas Dňa hvezdárni a planetárií možnosť pozrieť si to najlepšie z astronomických programov a zúčastiť sa prezentácie odbornej činnosti. Určite dostanú informácie o tom, ako pozorovať zatmenie Slnka 20. 3. a dozvedia sa vela zaujímavostí zo záklisia astronómie na Slovensku.

Aktualizované informácie o Dni hvezdárni a planetárií 2015, o zapojení sa jednotlivých organizácií a o všetkých akciách, poriadaných v tento deň, sa dozviete na stránke <http://dhp2015.szaa.org>.

**Tomáš Dobrovodský**



1. miesto v kategórii Ako rozhodne nesvetie získal Vilém Heblík za fotografiu *Kostel v Krouně*.



2. miesto v kategórii Variácie na tému svetlo a tma získal Lubomír Sklenár za fotografiu *Když prší hvězdy*.