

Číslo 4

\*

august – september 2017

\*

Ročník 48

\*

Cena 2,00 €

# KOZMOS

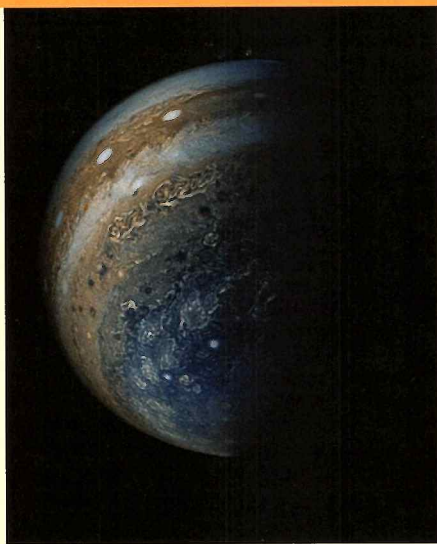
## Jupiter zo sondy Juno

**Čo potrebujete  
vedieť o oblakoch**

**Podarilo sa odfotiť  
čiernu dieru?**

**Kam tečie kozmická Čierna rieka (2)**

**Kozmické šošovky a rýchlosť rozpínania vesmíru**



Snímka Jupitera získaná kozmickou sondou Juno 19. mája 2017 pri vzdalovaní sa od planéty po jej šiestom tesnom priblížení zo vzdialenosti 46 900 km nad vrcholmi oblakov. Sonda bola nad 65,9 stupňom južnej šírky, s krásnym výhľadom na južné polárne oblasti planéty. Obrázok bol upravený, aby sa zvýšili farebné rozdiely, zobrazujúce úžasnú premenlivosť Jupiterovej búrlivej atmosféry. Výsledkom je neskutočný svet žiarivých farieb, jasnosti a kontrastov. Štyri biele oválne búrky, známe ako „String of Pearls“, sú viditeľné v hornej časti fotografie. Zaujímavé je, že jedna oranžovo sfarbená búrka je viditeľná v oblasti pásov, zatiaľ čo iné búrky majú skôr krémovú farbu. Originalne obrázky získané kamerou JunoCam sú k dispozícii verejnosti na adrese: [www.missionjuno.swri.edu/junocam](http://www.missionjuno.swri.edu/junocam).

## Hvezdárne sveta

### Kráľovská hvezdáreň v Madride

Peter Poliak s. 28 – 29

## Servis Kozmosu

Slnecná aktivita (apríl – máj 2017) Ivan Dorotovič s. 39

POZORUJTE S NAMI  
Obloha v kalendári (august – september 2017) Pripravil Pavol Rapavý s. 42 – 45

Kalendár úkazov a výročí (august – september 2017) Pavol Rapavý s. 45

Tabuľky východov a západov (august – september 2017) Pavol Rapavý s. 45

## Sci-fi poviedka

### Mesačné srdce

Branislav Majerník s. 46 – 47

## Slnecná sústava

### Jupiter – najstaršia planéta s možným kvapalným jadrom a snežením v atmosfére

Ján Svoreň s. 3 – 6

Možno nie sme prví s. 22

### Slnecné klásky (3)

Milan Rybanský s. 38 – 39

Mesiačik s členkou s. 48

### Hľadanie vody na Marse: Takmer nekonečný príbeh

Michal Ač, zdroj: Astronomy s. 30 – 33

## Extrasolárne sústavy

Temná minulosť Hviezdy smrti s. 7

### Spektroskopické dráhy exoplanetárnych sústav získali už aj Slováci

Zoltán Garai, Theodor Pribulla s. 16 – 17

Tabbina hviezda krátko pred premenou? s. 26

## Meteorológia

### Čo potrebujete vedieť o oblakoch

Anna Pribullová s. 34 – 36



## Podujatia a Album pozorovateľa

Slovenskí študenti najlepši v Prahe  
Ladislav Hric, Mária Hricová Bartolomejová s. 37

Celoslovenské finále 27. ročníka vedomostnej súťaže Čo vieš o hviezdach?  
Drahoslava Výbochová s. 40

Bezovec 2017  
Ladislav Hric s. 41

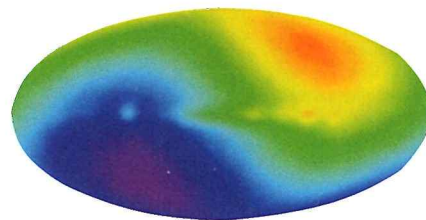
Ako relaxuje profesor astrofyziky?  
Ladislav Hric s. 41

Hvezdáreň a planetárium Medzev oslavuje dvadsať rokov s. 47

## Kozmológia

### Kam tečie kozmická Čierna rieka?

Bild der Wissenschaft s. 12 – 14



## Stelárna astronómia...

Aká je skutočná hmotnosť Mliečnej cesty s. 7

Interakcie tmavej a obľúbenej hmoty s. 8

Rýchle vzplanutia plynu, prvý raz objavené na bielom trpaslíkovi s. 8

Čo riadi pohyb Mliečnej cesty vesmírom? s. 9

Oscilácie iných hviezd s. 9

Podarilo sa odfotiť čiernu dieru? Der Spiegel s. 10 – 11

Little Friend: pozoruhodná hviezdna maternica s. 15

Záhada rýchleho zloztníka s. 15

Tajomstvo „vlasatej“ galaxie NGC 4696 s. 18

Ako vyzerajú semienka protoplanét? s. 18

Nová teória gravitácie prežila prvý test s. 19

Zárodok gigantickej galaxie s. 19

Kozmické šošovky a rýchlosť rozpínania vesmíru s. 20 – 21

Mimoriadne zriedkavá galaxia s. 22

Nová populácia hviezd s. 23

Ani staré galaxie nie sú jalové s. 23

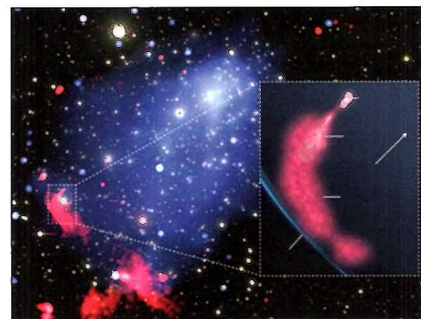
Ako vznikajú superjasné supernovy? s. 24

Pripela slabá supernova k zrodu Slnecnej sústavy? s. 24

Pulzujúci biely trpaslík s. 25

Najvzdialenejšie hviezdy Mliečnej cesty s. 25

Rádiové relikty z fosilných elektrónov s. 27



**KOZMOS** populárno-vedecký astronomický časopis Odborní posudzovatelia tohto čísla: Mgr. Anna Pribullová, PhD. a RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. \* **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, RNDr. Ladislav Hric, CSc. – vedecký redaktor, Michal Ač – redaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklarová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail [kozmos@nexta.sk](mailto:kozmos@nexta.sk) \* **Redakčný kruh:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., Mgr. Ladislav Druga, doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD., RNDr. Drahomír Chochoľ, DrSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, RNDr. Milan Rybanský, DrSc. Predseda redakčného kruhu: doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. \* **Vychádza:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciam. \* **Cena** jedného čísla 2,00 € (54,00 CZK). Pre abonentov ročne 10,80 € (290 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). \* **Predplatitelia:** V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 840 306 090, na Slovensku L.K. Permanent s.r.o., p.p. 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/234 092 851, e-mail: [predplatne@predplatne.cz](mailto:predplatne@predplatne.cz). P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. \* Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeč Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. \* EV 3166/09

\* **Tlač:** Dolis, s.r.o. \* Zadané do tlače 16. 7. 2017 \* ISSN 0323 – 049

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

# Jupiter

– najstaršia planéta s možným kvapalným jadrom a snežením v atmosfére

Sonda Juno skúmajúca najväčšiu planétu Slnecnej sústavy začína chrliť výsledky. Keďže ide napospol o horúce novinky sprevádzané nádhernými obrázkami, ponúkame vám ich prehľad aj v tomto čísle Kozmosu. A tak sa, prosím, zoznámte s vnútrom Jupitera, snežením v jeho mohutnej atmosfére i poznatkami o veku tohto giganta.



## Záhadne polárne štruktúry



Obrázok južného pólu Jupitera vytvorený Gabrielom Fisetom na základe údajov z kozmickej sondy Juno.

Umelé farby sú použité na zvýraznenie kontrastných skupín v atmosfére Jupitera. Obrázok ukazuje, ako je atmosféra planéty naplnená malými, okrúhlymi vírivými búrkami, ktoré nie sú podobné slávnej Veľkej červenej škvrne Jupitera. Originálna snímka bola získaná z výšky 52 200 km nad oblakmi planéty. Juno prelietava pri každom obehu Jupitera nad pólmi planéty, ktoré sú takto podrobne skúmané prvý raz. Mozaika poveternostných útvarov v blízkosti pólů sa nepodobá štruktúram v atmosfére žiadneho telesa v Slnecnej sústave, ktoré sme mali možnosť doteraz skúmať.



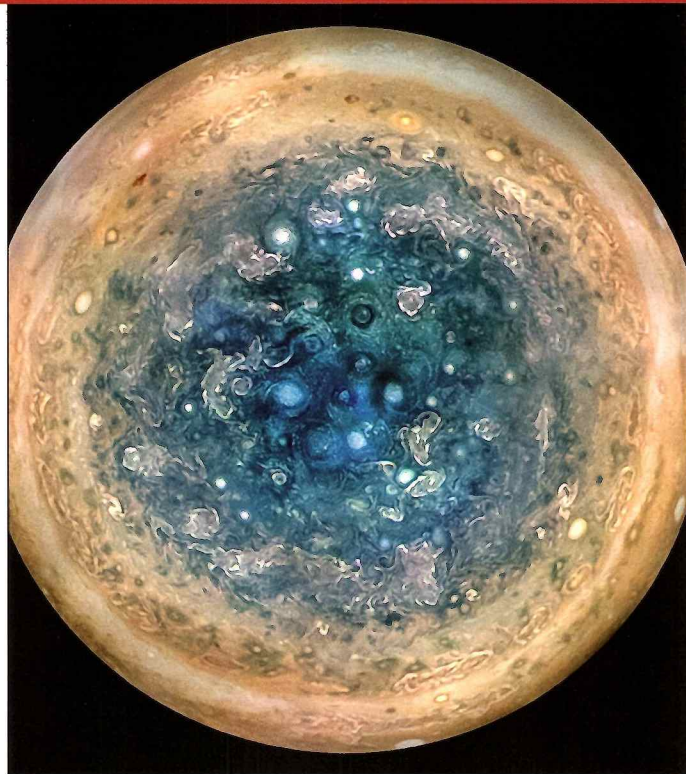
Oblačné víry na Jupiteri, zobrazené na obrázku z kamery JunoCam spracované Romanom Tkačenkom.



Jupiterove oblačné víry vyzerajú ako umelecké dielo na obrázku kamery JunoCam spracovanom Ericom Jorgensenom. Umelé farby sú použité na zvýraznenie detailov v zložitej štruktúre oblakov Jupitera. V ľavom hornom rohu je jedna z ôsmich bielych oválnych búrok známych spoločne ako „reťaz perál“.

Pred Junom nijaká družica nesnímkovala detailne póly Jupitera. Tieto tajomné oblasti sú krásne a bizarné, pričom v polárnych oblastiach neexistujú žiadne zóny a pásy, tak typické pre menšie jovigrafické šírky. V polárnej oblasti je vidieť škvrny cyklón a anticyklón, ktoré sa otáčajú okolo pólov – na prvý pohľad to vyzerá ako meteorické krátery, ale, samozrejme, je to všetko atmosféra. Nie je jasné, čo presne riadi tieto polárne atmosférické víry, z ktorých niektoré majú šírku až 1 400 km. Pri nasledujúcich priblíženiach bude Juno zisťovať, ako sa tieto útvary menia, či sú stabilné v dlhých časových intervaloch, alebo sa len objavia na nejaký čas a zase zaniknú.

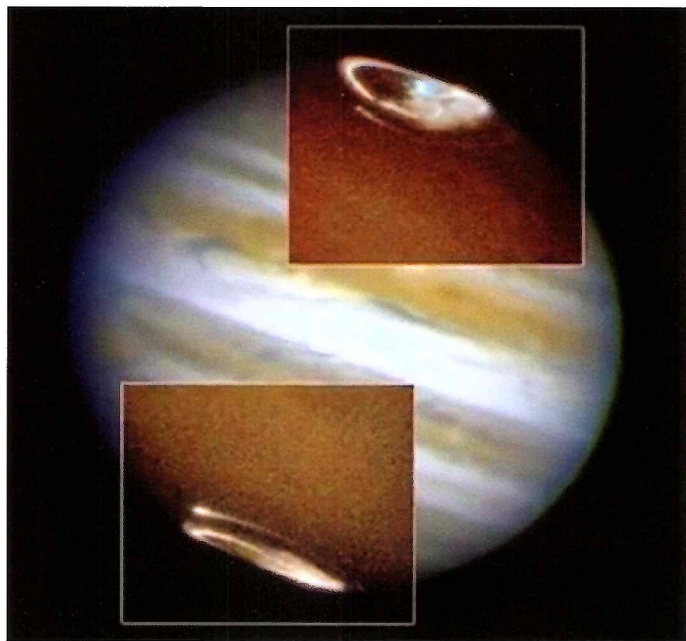




Južný pól Jupitera z výšky 52 000 km vo farebne zvýraznenej mozaike obrázkov z kamery JunoCam. Niektoré cyklóny dosahujú šírku až 1 400 km.

### Polárne žiary a mohutné magnetické pole

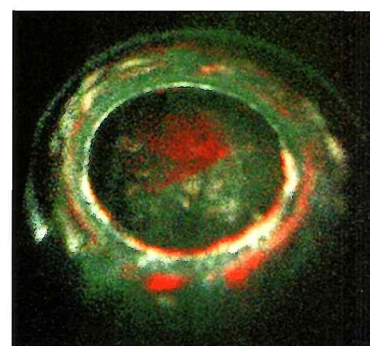
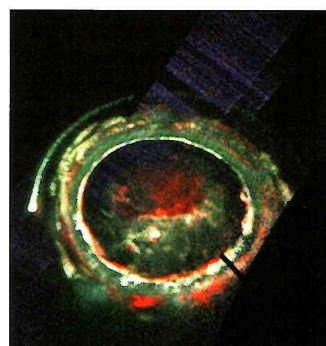
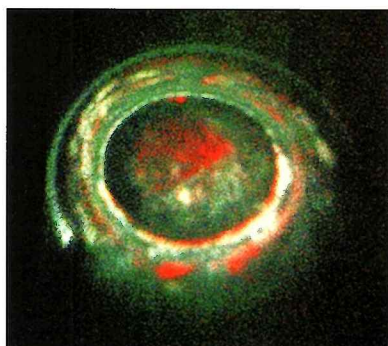
Podľa prvých publikovaných vedeckých výsledkov sa silné polárne žiary obrej planéty zásadne líšia od polárnych žiar na Zemi.



Fotomontáž: Jupiter s polárnymi žiarami.

Merania počas prvých preletov tiež ukazujú, že magnetické pole Jupitera je takmer dvakrát silnejšie oproti doteraz uznávaným hodnotám. A údaje odvodené z presného merania pohybu sondy naznačujú, že vo vnútri Jupitera ešte stále prebiehajú mohutné presuny hmoty.

Južné polárne žiary Jupitera na snímkach sondy Juno pre zvýraznenie vo falošných farbách, kde červené odtiene patria emisiám z väčšej hĺbky atmosféry Jupitera a zelené a biele patria emisiám z vyšších oblastí.

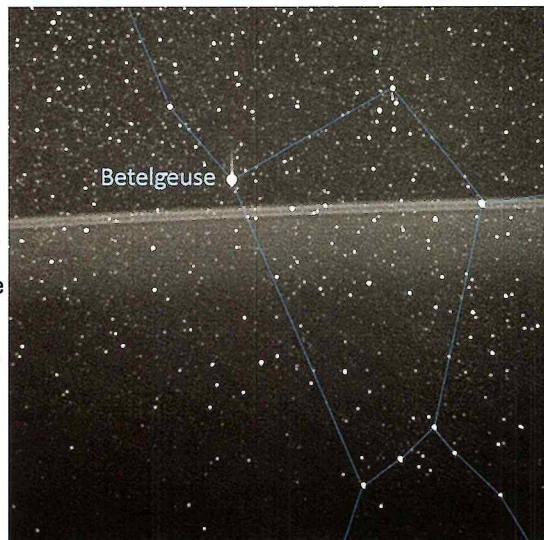


Polárne žiary na Zemi sú spôsobené interakciou nabitých častíc prúdiacich zo Slnka so zemským magnetickým poľom. Vedci vedeli, že slnečný vietor je hlavným hnacím motorom aj u polárnych žiar na Jupiteri a tiež, že vplyv má aj rýchla rotácia Jupitera. Ale Juno dalo šancu študovať tento fenomén v nebyvalých detailoch. Zistilo sa napr., že častice spojené s polárnou žiarou Jupitera sa zdajú byť odlišné alebo sa minimálne chovajú odlišne od tých, ktoré sú zodpovedné za polárne žiary v atmosfére Zeme.

### Prstence Jupitera

Už dlhšie je známe, že všetky obrie planéty v Slnčnej sústave majú prstence, aj keď sústava prstencov Jupitera, Urána a Neptúna je len slabým odvarom mohutnej sústavy ľadových prstencov Saturna. Geometria dráhy Juna nám však umožnila unikátny bočný pohľad na prstence Jupitera.

Kamera na palube kozmickej sondy Juno zachytila slabé prstence Jupitera 27. augusta 2016 počas prvého priblíženia sondy k planéte. Je to prvý pohľad na prstence zvnútra. Jasná hviezda nad hlavným prstencom je Betelgeuse a pás Orionu je viditeľný vpravo dole.



Prstence Jupitera boli objavené v roku 1979 kozmickou sondou Voyager 1. Prstenec prachu bol počas snímkovania vzdialený 64 000 kilometrov od Juna. Rovnako ako na tomto obrázku vyzerá obloha aj z „povrchu“ Jupitera. Na rozdiel od prstencov Saturna tvorených kryštálkami ľadu sa predpokladá, že prstence Jupitera sú zložené z prachových zrníek - pozostatkov po nárazoch asteroidálnych telies na malé, väčšinou kamenné, mesiace Jupitera.

### Vnútro Jupitera

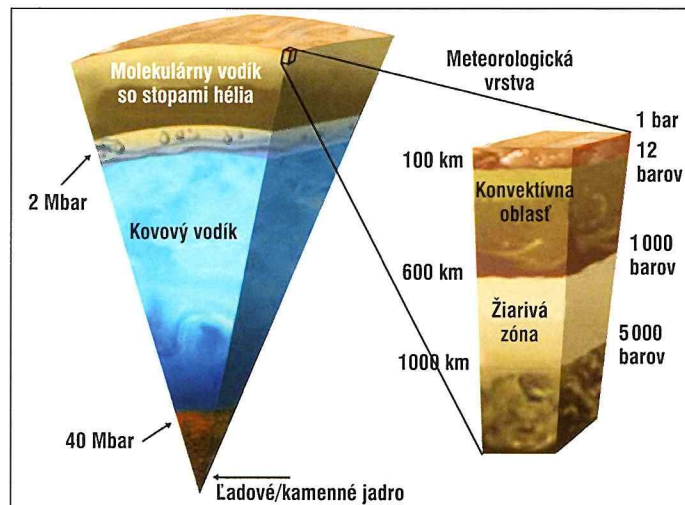


Schéma možnej vnútornej štruktúry Jupitera (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa).

V súčasnosti platné hypotézy predpokladali, že Jupiter má buď relatívne kompaktné jadro jeden- až desaťkrát masívnejšie ako Zem, alebo žiadne jadro. Ale ani jedna z týchto hypotéz nezodpovedá gravitačným údajom, ktoré zhromaždila sonda Juno od júla 2016. Jadro vyzerá veľmi neurčito a môže byť oveľa väčšie, než ktokoľvek predpokladal. Nemožno vylúčiť dokonca ani to, že jadro môže byť čiastočne rozpustené.

## Sneženie na Jupiteri

Juno získalo zábery obrovských oblakov, ktoré dosahujú výšku až 80 kilometrov. Oblaky sú veľmi chladné a materiál, ktorý z nich vypadáva, je určite zmrznutý. Je to pravdepodobne väčšinou zmrznutý amoniak s prímiesami vodného ľadu, odlišný od snehu na Zemi. Proces vypadávania čiastočiek z oblakov je teda buď sneženie, alebo krupobitie.



Malé svetlé oblaky vodného ľadu a/alebo ľadu amoniaku. Na snímke južnej tropickej zóny Jupitera nasnímanej Junom 19. mája 2017 zo vzdialenosti 12 858 km. Dobré bočné osvetlenie spôsobilo, že bolo viditeľných nezvykle veľa vrcholov oblakov.

## Najstaršia planéta už môže počítať vek

Jadro Jupitera bolo 20-krát hmotnejšie ako Zem už 1 milión rokov po vzniku Slnka. Astronómovia konečne vedia, aký starý je Jupiter.

Jupiter je najstaršou planétou Slnčnej sústavy a jej pevné jadro sa vytvorilo skôr ako došlo k úplnému rozptýleniu slnečnej prahmloviny. Teoretické práce, ktoré sa opierali o percentuálne zastúpenie jednotlivých typov materiálov (plynný, ľadový a kamenný) v telesách Slnčnej sústavy predpokladali, že Jupiter vznikol veľmi rýchlo po sformovaní Slnka, ale presný vek planéty bol tajomstvom.

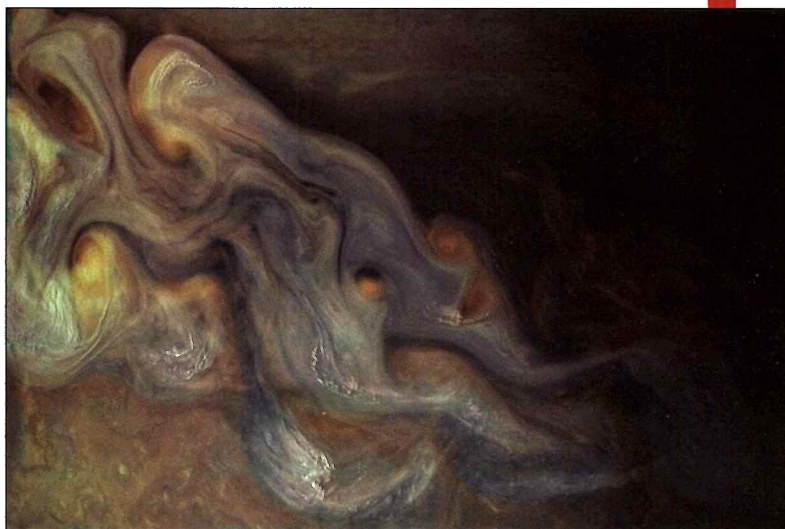


Jupiter je nielen najväčšia ale aj najstaršia planéta Slnčnej sústavy.

V článku publikovanom 12. júna 2017 v časopise Proceedings of the National Academy of Sciences vedci datovali vznik a rast Jupitera analýzou veku železných meteoritov, ktoré padli na Zem. Tieto vekové hranice sa stanovili meraním množstva izotopov molybdénu a volfrámu. Bolo zistené, že meteority pochádzajú z dvoch odlišných zdrojov, ktoré boli priestorovo oddelené 2 až 3 milióny rokov, začínajúc asi 1 milión rokov po vytvorení Slnčnej sústavy. Najpravdepodobnejším mechanizmom pre toto účinné oddelenie je vytvorenie Jupitera, otvorenie medzery na disku formujúcich sa planét a zabránenie výmene materiálu medzi týmito dvomi zdrojovými oblasťami. Na udržanie týchto dvoch oblastí v oddelenom režime je potrebné, aby Jupiterove jadro malo hmotnosť aspoň 20-násobku hmotnosti dnešnej Zeme. Rast Jupitera sa potom spomalil – minimálne 3 až 4 milióny rokov trvalo, kým Jupiter dosiahol 50-násobok hmotnosti Zeme (Jupiter je v súčasnosti asi 318-krát väčší ako Zem).

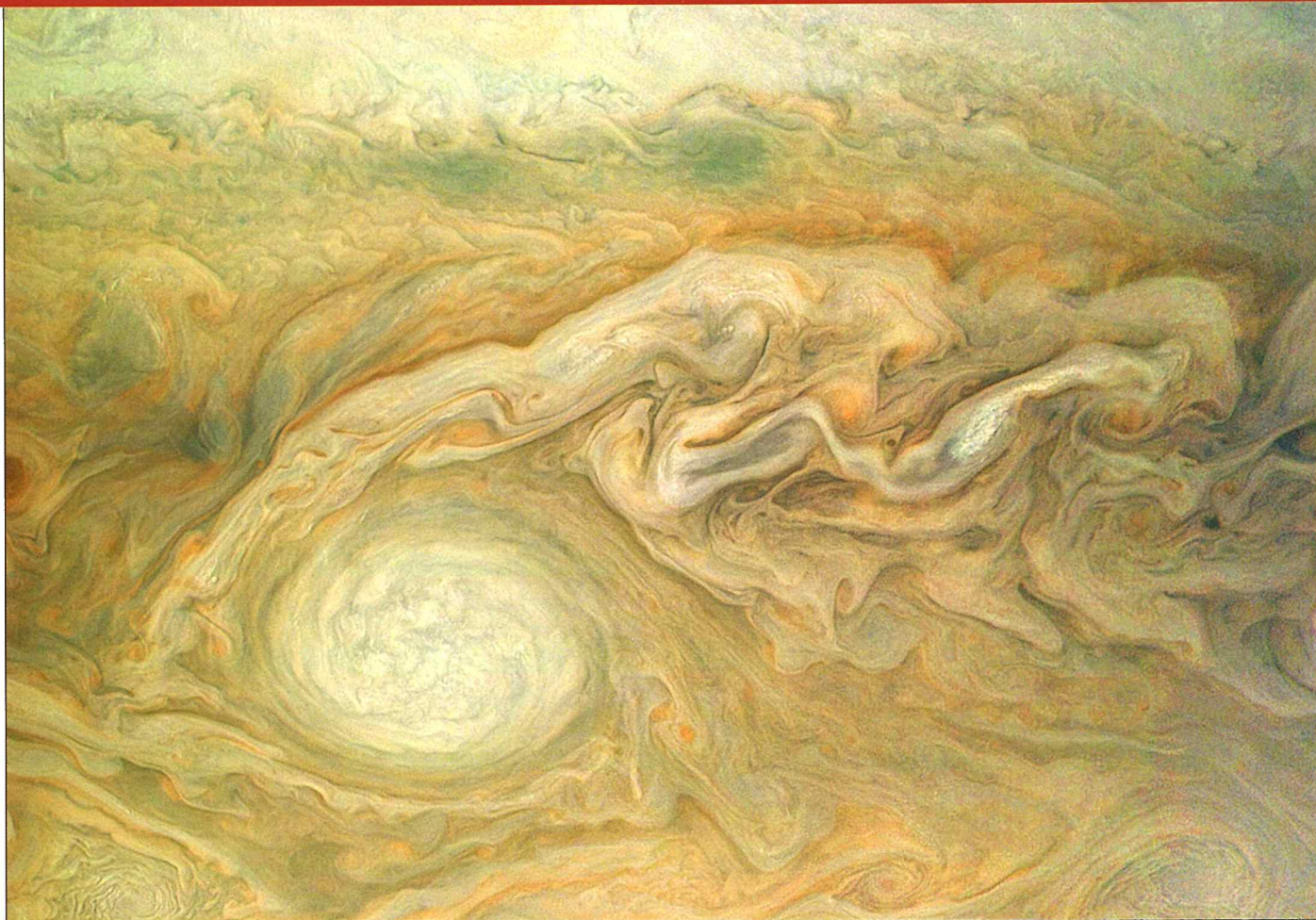
## Prelet číslo 6

19. mája 2017 preletela sonda Juno šiesty raz v blízkosti Jupitera, približne 3 500 km nad hornou hranicou oblakov.



Fotografia získaná sondou Juno 19. mája 2017 z výšky 8 500 km ukazuje vysoko sa vznášajúce biele oblaky zložené z ľadu a/alebo amoniaku. V niektorých oblastiach sa zdá, že tieto oblačné systémy tvoria krížujúce sa úzke pásy silného vetra a cyklóny so studenou prednou časťou.



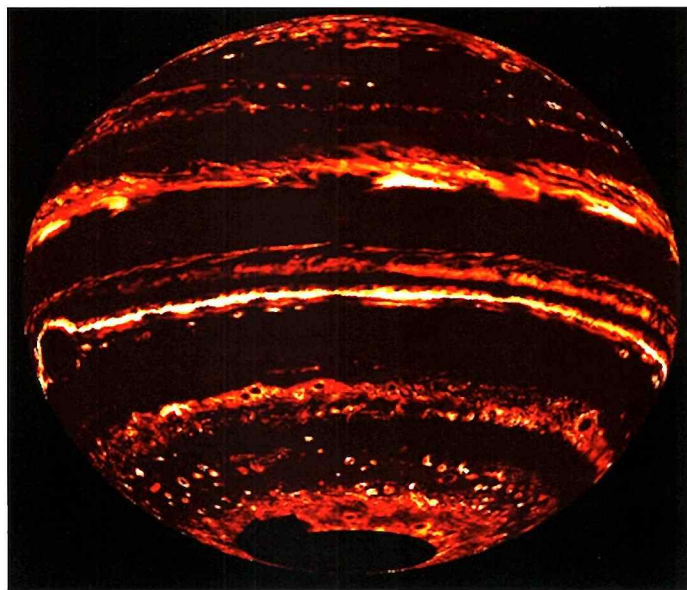


Jupiterova malá červená škvrna na farebne vylepšenej fotografii. Originál získaný kamerou JunoCam pri štvrtom prelete 2. februára 2017 a spracovaný Bjornom Jonssonom.

## Nastolené otázky

Sonda Juno mapovala koncentráciu vody a amoniaku hlboko v atmosfére Jupitera. Údaje zhromaždené počas prvých niekoľkých prechodov ukázali, že množstvo amoniaku sa od miesta k miestu veľmi líši – objav, ktorý prekvapil vedcov. Väčšina vedcov predpokladala, že akonáhle sa urobí rozbor hlbšie v Jupiterovej atmosfére, všetko bude dokonale zmiešané, ale zistilo sa, že sú tam oblasti odlišujúce sa významne koncentráciou jednotlivých zložiek atmosféry.

Na základe prvých získaných výsledkov sa zdá, že naše predstavy o planétach typu Jupitera sú veľmi zjednodušené. Ani v súčasnosti uznávané teórie ich vzniku a stavby nemusia byť v súlade so skutočnosťou.



Infračervené vyžarovanie z Jupitera zaznamenané sondou Juno.

Prvé analýzy pozorovaní Jupitera sondou Juno zobrazujú najväčšiu planétu v Slnecnej sústave ako komplexný, obrovský, turbulentný svet s polárnymi cyklónmi veľkosti Zeme, búrkovými systémami, ktoré prechádzajú hlboko do srdca plynového obra a so silným štruktúrovaným magnetickým poľom, ktoré môže naznačovať, že bolo vytvorené bližšie k povrchu planéty, než sa predtým predpokladalo. V poslednej dekáde mája boli publikované v prestížnom časopise Science prvé dve vedecké práce analyzujúce výsledky z prvých preletov Juna v blízkosti Jupitera, vrátane meraní počas približovania sa k Jupiteru v júni 2016. Ďalšie výsledky boli publikované v 44 článkoch v časopise Geophysical Research Letters.

Veľkou výzvou na ďalšie skúmanie sú fakty zistené v južnej polárnej oblasti. Ako to už vo vede býva, jedno zistenie prináša aspoň 2 ďalšie otázky. Tu máme naporúdzi nasledovné:

- Ako vznikli obrovské víry v polárnych oblastiach Jupitera, ktoré sú husto zoskupené a navzájom sa dotýkajú?
- Sú tieto víry stabilné?
- Prečo severný pól Jupitera nevyzerá ako južný pól?
- Ide o dynamický systém, a vidíme len jednu fázu, a v nasledujúcom roku budeme sledovať, ako zmizne, alebo je to stabilná konfigurácia a tieto víry sa krúčia na mieste?
- Prečo pás v blízkosti rovníka preniká hlboko dole do atmosféry, zatiaľ čo v iných jovicentrických šírkach sa zdajú byť pásy vyvíjané iným spôsobom?
- Prečo je výskyt amoniaku tak premenlivý a atmosféra Jupitera nie je dokonale premiešaná?
- Prečo je magnetické pole Jupitera nepravidelné a až 10-krát silnejšie ako zemské magnetické pole?
- Prečo je proces tvorby polárnych žiar na Jupiteri odlišný od pozemského?

Treba si uvedomiť, že misia je len na začiatku. Zatiaľ sme vo fáze, keď získané údaje ukazujú, ktoré naše doterajšie teórie neplatia. Ale ešte nemáme dost údajov, aby sme mohli sformulovať nové hypotézy. Treba veriť, že ich Juno získa počas nasledujúcich preletov v blízkosti Jupitera. A o tom vás budeme, samozrejme, informovať.

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

Obrázky použité v článku sú prevzaté z materiálov NASA/JPL-Caltech/SwRI.

## Temná minulosť Hviezdy smrti

**Americkí astronómovia z Chicagskej univerzity objavili planetárnu sústavu, ktorá pripomína tú našu. Zvlášť ich zaujalo nezvyčajné zloženie Slnku podobnej materskej hviezdy. Z jej chemického zloženia vyčítali, že niekoľko svojich detí – planét – už skonzumovala.**

Objav naznačuje, že dejiny planetárnych sústav sú neraz brutálne. Neznamená to však, že Slnko už čoskoro prehltnie Merkúr, Venušu či Zem.

Kto sledoval sci-fi seriál Star Wars vie, že na tejto vojne sa zúčastnila aj Hviezda smrti, ktorá dokázala zničiť celé planéty. V tomto prípade má Hviezda smrti označenie HIP68468 a pomôže vedcom hlbšie pochopiť vývoj planetárnych systémov. Potešilo ich najmä to, že HIP68468 je dvojníkom (nie dvojitom) Slnka.

*Poznámka: Predbežne poznáme niekoľko desiatok dvojníkov Slnka. Hviezdy s mimoriadne podobnými fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami, ktoré sa však sformovali v rozličných kolískach, v odlišných oblakoch prachu a plynu. Dvojča Slnka, teda hviezdu, ktorá sa sformovala v tom istom oblaku ako Slnko, ale hra gravitácie súrodencov neudržala pokope, však zatiaľ naši iba jedno.*

Hviezda HIP68468 je od nás vzdialená 300 svetelných rokov. Našli ju v rámci projektu, ktorého cieľom je objavovať planetárne sústavy okolo dvojníkov Slnka. Sústavy okolo osamelých hviezd sa skúmajú ľahšie a možno ich porovnávať s cieľom objaviť v ich formovaní spoločné znaky.

Vedci skúmajú aj osud našej sústavy pomocou simulácií na počítačoch. Zistili napríklad, že o niekoľko miliárd rokov v dôsledku prítlačlivých aj odstredivých gravitačných „hier“ planét môže Merkúr splynúť so Slnkom. Hviezdu HIP68468 zastihli už po tom, čo sa v jej okolí podobná udalosť prihodila.

Prvú exoplanétu v rodine HIP68468 objavili 3,6-metrovým ďalekohľadom na La Silla v Čile ešte v roku 2015. O niečo neskôr objavili aj ďalších, najmenej dvoch kandidátov na planéty. Oba krúžia po prekvapujúco blízkych obežných dráhach.

Vedci sú presvedčení, že tieto planéty sa nesformovali tam, kde krúžia, ale v odľahlejších oblastiach sústavy. Ďalšie planéty boli možno zo sústavy už vyhostené, alebo ich skonzumovala materská hviezda.

Zloženie HIP68468 naznačuje, že ide skôr o druhý prípad. Obsahuje 4-krát viac lítia, ale aj oveľa viac iných prvkov, ako by sa očakávalo od hviezdy vo veku 6 miliárd rokov. Ide najmä o kovy vzdorujúce vysokej teplote, ktoré sa vyskytujú najmä v terestrických planétach.

V horúcich jadrách hviezd, takých ako HIP68468, či Slnko, sa lítium už zväčša spálilo a preto sa v ich atmosférach takmer nevyskytuje. Naopak, v planétach sa lítium stále nachádza, pretože pri ich relatívne nízkej vnútornej teplote neprebiehajú termojadrové reakcie. Keď hviezda takúto planétu prehltnie, planetárne lítium sa rozplynie v jej atmosfére.

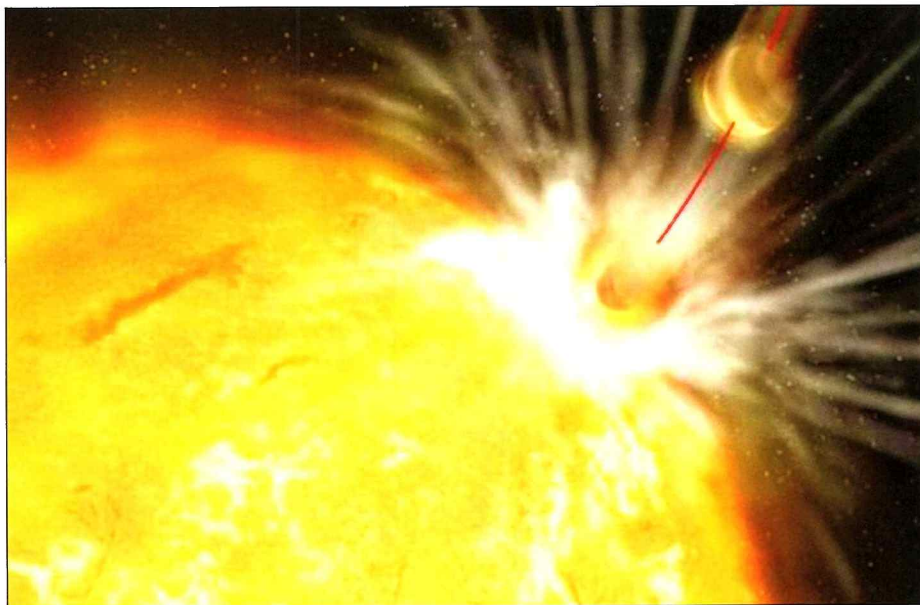
Vedci vypočítali, že v atmosfére hviezdy HIP68468 rozptýlený materiál bývalej planéty (vrátane lítia) má hmotnosť šiestich Zemi.

Tím z Chicaga monitoruje priebežne viac ako 60 dvojníkov Slnka s cieľom objaviť pri nich exoplanéty. Na dobrej pomoci im bude Giant Magellan Telescope (Obrí Magellanov ďalekohľad), ktorý dokončujú v Čile. Tento prístroj dokáže objaviť viac Zemi podobných planét okolo dvojníkov Slnka.

Obrí Magellanov ďalekohľad umožní vedcom ešte podrobnejšie študovať zloženie atmosfér exoplanét a ďalších údajov, pomocou ktorých dokážeme rekonštruovať históriu planetárnych sústav. História zaznamenanú v zložení materských hviezd.

**University of Chicago Press Release  
E. G.**

<https://phys.org/news/2016-12-astronomers-dark-planet-eating-death-star.html>



Hviezda HIP68468, vzdialená 300 svetelných rokov, je dvojníkom nášho Slnka. Podľa všetkého prehltnie jednu alebo viac planét svojej sústavy.



## Aká je skutočná hmotnosť Mliečnej cesty?

Odpoveď: naša Galaxia má  $4,0 \times 10^{11}$  až  $5,8 \times 10^{11}$  hmotnosti Slnka ( $M_{\odot}$ ). Inými slovami: ak hmotnosť Slnka vynásobíme 400 až 580 miliardami, dostaneme hmotnosť našej Galaxie. (Slnko má hmotnosť 2 noniliónov kilogramov, čo je dvojka so sprievidom 30 núl), alebo inakšie: 330 000 hmotností Zeme.

Doteraz najpresnejší odhad hmotnosti Galaxie zahŕňa hmotnosť našej Galaxie v okruhu 125 kiloparsekov od jej centra (1 kiloparsek = cca  $3 \times 10^{16}$  km). Ak by sme polomer predĺžili na 300 kiloparsekov, hmotnosť Galaxie by sa zväčšila na  $9 \times 10^{11} M_{\odot}$ .

Odvážiť hocjakú galaxiu, teda čo najpresnejšie zmerať/odhadnúť jej hmotnosť, je dosť ťažké. Veď každý hviezdny ostrov netvorí iba hviezdy, planéty, mesiace, asteroidy, plyny a prach, ale aj značný podiel tmavej hmoty, záhadnej látky, ktorá ešte nebola priamo detegovaná. Vedci môžu vypočítať jej množstvo iba nepriamo: z gravitačného vplyvu na viditeľné objekty.

Gwendolyn Eadyová z McMaster University skúma hmotnosť Mliečnej cesty a jej tmavej zložky už dve desaťtisky rokov. Meria rýchlosti pohybu a polohy guľových hviezdokôp, obiehajúcich okolo jadra Mliečnej cesty. Obežné dráhy týchto zhlukov hviezd ovplyvňuje gravitácia Galaxie, ktorej významnou zložkou je tmavá hmota.

Celková rýchlosť guľových hviezdokôp je súčtom radiálnej rýchlosti a rýchlosti vlastného pohybu.

Astronómom sa však zatiaľ nepodarilo presne zmerať rýchlosti vlastného pohybu všetkých guľových hviezdokôp v našej Galaxii. Preto Eadyová vyvinula spôsob, ktorý umožňuje kombináciu údajov, ktoré sú určené presnejšie s údajmi, ktorých hodnota je určená približne na vypočítanie hmotnosti celej Galaxie.

Eadyová využila štatistickú metódu, ktorá sa nazýva „Hierarchická Bayesiánska analýza“. Metóda umožňuje kombinovať úplné a neúplné údaje získané s rôznymi chybami (s rôznymi mierami neurčitosti) spolu so samotnými chybami do jedného, síce veľmi zložitého, avšak komplexného štatistického modelu. Takže: pri najnovších výpočtoch autori zohľadnili fakt, že údaje sú síce nameranými hodnotami o polohách a rýchlostiach guľových hviezdokôp, ale nie vždy skutočnými hodnotami.

Nový prístup pomáha spresniť údaje o skutočných polohách a rýchlostiach hviezdokôp v modeli, ktorý zohľadňuje 572 nových parametrov.

Bayesiánska štatistická metóda síce nie je nová, ale jej použitie v astronómii je ešte iba v plienkach. Eadyová verí v schopnosť tejto metódy, pretože otvára pred vedcami veľa nových možností. Eadyová: Na prahu éry Big Data (čoraz väčších súborov údajov) je pri analýze množstva údajov nevyhnutné zdokonaľovať štatistické metódy najmä v astronómii, kde narábame neraz s neúplnými údajmi, prípadne s údajmi s rozličným stupňom neurčitosti. Bayesiánske hierarchie sa vo viacerých vedeckých disciplínach osvedčili, v astronómii ich však iba začíname využívať.

**McMaster University Press Release  
E. G.**

<https://phys.org/news/2017-01-scientists-true-mass-milky.html>

## Interakcie tmavej a obyčajnej hmoty

**Kde? V mini-špirálových galaxiách. Tento nečakaný objav vyplynul zo štatistických analýz galaktických minišpirál. Podľa vedcov zo SISSA (Medzinárodná škola pre pokročilé štúdie) v Terste sa „minišpirály“ sice podobajú na našu Galaxiu, sú však tisíckrát menšie. Paolo Salucci a Ekaterina Karukes sa nazdávajú, že minišpirály môžu pri vysvetľovaní hmoty a tmavej energie otvoriť cestu k novej fyzike. Zaobídeme sa vraj aj bez štandardného modelu častíc!**

Taliani prvý raz preštudovali minigalaxie štatisticky. Ide o metódu, ktorá dokáže vygumovať „individuálnu“ variabilitu akéhokoľvek objektu s cieľom získať v rámci danej triedy čo najpresnejšie charakteristiky.

„Študovali sme 36 galaxií, čo je dostačujúci počet pre štatistické výskumy,“ vraví Salucci. „Našli sme tak chýbajúci článok medzi štruktúrou obyčajnej, teda svietiacej hmoty (hviezdy, prach, plyn) a tmavej hmoty.“

Tmavá hmota je jedným z veľkých mystérií fyziky: nakoľko neemituje elektromagnetické



Malá špirálová galaxia na snímke VLT Survey Telescope.

žiarenie, nemôžeme ju vidieť ani pomocou najdokonalejších prístrojov. Prezrádzajú ju iba gravitačné efekty, ktorými sa prejavuje. Málokto dnes pochybuje o tom, že tmavá hmota a tmavá energia naozaj dovedna tvoria viac ako 90 % hmoty vesmíru.

„Väčšinu tmavej hmoty by podľa všeobecne akceptovaných hypotéz mali tvoriť nebaryonické WIMP-y,“ pripomína Karukes. „Tieto slabšie interagujúce hypotetické masívne častice tmavej hmoty, ktoré by s normálnou, baryonickou hmotou nemali interagovať, s výnimkou gravitácie. Naše pozorovania však tento predpoklad nepotvrdzujú!“

Salucci a Karukes tvrdia, že štruktúry tmavej hmoty viditeľnú hmotu na svoj spôsob napodobňujú!

„Ak je svietiacia hmota s určitou hmotnosťou v nejakej galaxii mimoriadne kompaktná, znamená to, že aj tmavá hmota bude mimoriadne kompaktná. Naopak, ak je viditeľná hmota roz-

ptýlenejšia ako v iných galaxiách, potom sa takisto bude správať aj tmavá hmota,“ vysvetľuje Salucci.

Ide o veľmi silný efekt, ktorý nemožno vysvetliť použitím štandardného modelu častíc. Napriek tomu, že ide o najznámejšiu teóriu fyziky, ktorá vysvetľuje, ako základné stavebné časti hmoty interagujú s tromi hlavnými prírodnými silami.

Aj keď tento model vysvetľuje mikrosvet veľmi dobre, zlyháva pri snahe vyrovnáť sa so štvrtou silou, ktorou je gravitácia. Existencia tmavej hmoty a energie presvedča vedcov o tom, že treba objaviť a využívať inú fyziku.

Salucci je presvedčený, že ich objav otvorí hľadanie novej fyziky: „Efekty podobné tým, ktoré sme zaznamenali v súbore 36 galaxií, sme objavili aj pri najväčších špirálových galaxiách. Napospol ide o signály astrofyzikálnych procesov v galaxiách, ktoré môžeme vysvetliť aj pomocou štandardného modelu. Pri minišpirálach to však neplatí. Pritom našich 36 minišpirál je iba vrcholom ľadovca, prejavom fenoménu, ktorý podľa všetkého objavíme vo všetkých hviezdnych ostrovoch.“

Salucci verí, že práve tento fenomén vedcom pomôže objaviť aj to, čo zatiaľ nevidia.

SISSA Press Release

E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-unexpected-interaction-dark-ordinary-mini-spiral.html>

## Rýchle vzplanutia plynu, prvý raz objavené na bielom trpaslíkovi

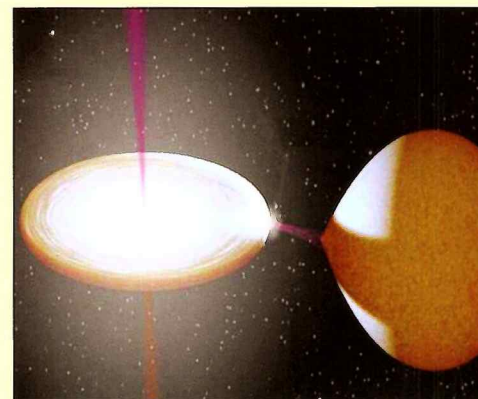
Kolektív astronómov z Oxfordskej univerzity publikoval v prestížnom svetovom časopise veľmi zaujímavé výsledky analýzy pozorovaní, ktoré boli získané už začiatkom roka 2016. Predmetom štúdia bola najjasnejšia a najlepšie pozorovaná trpasličia nova SS Cyg. Trpasličie novy sú dnes veľmi často študované objekty, nakoľko vykazujú nepravidelné a veľmi zaujímavé zmeny jasnosti, spôsobené zmenou fyzikálnych podmienok v dvojhviezdnej sústave daného objektu. Ide teda o dvojhviezdy, kde primárnou zložkou je biely trpaslík, na ktorý prúdi hmota z povrchu sekundárnej zložky. Sekundárnou zložkou je červená hviezda hlavnej postupnosti spektrálneho typu G až M. V okolí bieleho trpaslíka sa formuje akréčný disk. Rozlišujeme tri základné skupiny trpasličích nov – Z Cam, SU Ura a SS Cyg. Posledná skupina sa vyznačuje orbitálnymi periódami dlhšími ako 3 hodiny, vykazuje vzplanutia s intervalom 30 až 100 dní a s trvaním 3 až 10 dní. Tolkó hovorí fenomenológia na základe doterajších pozorovaní, no vo februári 2016 trvalo zvláštne vzplanutie trpasličej novy SS Cyg viac ako 3 týždne. Počas výbuchu boli pozorované rýchle rádiové záblesky a ku koncu výbuchu zasa zvláštne správanie s intenzívnym zjasnením. Neuveriteľne rýchle vzplanutia plynu v dvojhviezdnej sústave bieleho trpaslíka boli detegované vedcami prvý raz. Takéto prekvapujúce aktivity v prvom rade pripomínajú, že naše súčasné chápanie správania hviezd a ich vlastností ešte nie je úplné.

Trpasličie novy, ako sme už naznačili v úvode (so Slnku podobnou hviezdou obiehajúcou okolo bieleho trpaslíka) sú dobre známe pre ich opakujúce sa zjasnenia nižšej intenzity (nazvané „vzplanutia“), ale ešte nikdy predtým nebolo pozorované správanie, ktoré sa prejavuje ako celý rad rýchlych vzplanutí. Vzplanutia boli predtým pozorované v prípade bielych trpaslíkov, neutrónových hviezd, a dokonca v prípade obrovských čiernych dier sídliačich v rôznych galaxiách. Takéto hviezdy sa živia hlavne plynom ich sprievodných hviezd. Ten vytvára okolo primárnych zložiek akréčne disky, kde je nahromadené veľké množstvo plynu a udržuje sa prostredníctvom gravitačných síl. Z času na čas tieto hviezdy „vyvrhnú“ trochu plynu vo forme výtryskov úzkych kuželovitých tvarov.

### Zaujímavá trpasličia nova SS Cyg

Prvé pozorovania aktivity SS Cyg vo februári 2016 boli považované za atypické vzplanutie, ale neskôr analýza odhalila zvláštne, rýchle záblesky. Najfascinujúcejšie a najneočakávanejšie správanie bolo pozorované v rádiových vlnách pri konci vzplanutia, keď sa zjavil „obří“ záblesk. Trval menej ako 15 minút a mal energiu väčšiu ako milión najväčších vzplanutí na Slnku. Úroveň vzplanutia v rádiovéj oblasti zaznamenaného počas záblesku je nevidaná v systémoch trpasličích nov a zodná skôr s tým, aká sa očakáva z výtryskov.

Dr. Kunal Mooley, astrofyzik a výskumný pracovník z Oxfordskej univerzity, ktorý viedol výskum, povedal: „Mnoho veľmi zaujímavých astrofyzikálnych prác je založených na štúdiu SS Cyg. Najnovšia detekcia rýchlych rádiových zábleskov – obzvlášť rýchly a jasný záblesk na konci vzplanutia je veľmi neobvyklý – demonštruje, že v hre môže byť aj nová fyzika. Očakávali sme, že uvidíme vzplanutia s malými zmenami, ale nie rýchle, kuželovité vrcholy aktivity s pozorovaným obrovským množstvom energie,



ktorá sa uvoľní v rozpätí desiatich minút. Nič také nebolo predtým pozorované v systémoch trpasličích nov. Aby sa veci pohli dopredu, mali by teoretici spolupracovať s pozorovateľmi, aby našli odpoveď na to, prečo sa tieto rýchle vzplanutia objavili v SS Cyg. Pre pochopenie procesu akrécie a vypudenia plynu v systémoch s bielym trpaslíkom – hlavne u trpasličích nov – by mali byť vykonané podobné štúdie aj na ďalších astrofyzikálnych systémoch.“

SS Cyg, prvý raz objavená pred sto rokmi, je odvtedy stredobodom intenzívnych štúdií astronómov. Hviezda neustále poskytuje nové pohľady do fyzikálnych procesov, spojených s dvojhviezdny systémom bieleho trpaslíka. Napríklad aj takých, aké boli nedávno zistené tímom Dr. Mooleya. Členovia tímu Dr. Mooleya teraz robia v Oxforde ďalšie analýzy a pracujú na záveroch o správani trpasličích nov, aby potvrdili, že prebiehajúce fyzikálne procesy sú schopné vyvolať aj intenzívne výtrysky.

L. H.

Viac aj na:

<https://phys.org/news/2017-01-rapid-gas-flares-white-dwarf.html#jCp>



# Čo riadi pohyb Mliečnej cesty vesmírom?

V pohybe sme aj vtedy, keď stojíme. Zem spolu s nami rotuje okolo vlastnej osi rýchlosťou na rovníku 0,444 km/s. Slnko obieha okolo stredu Mliečnej cesty rýchlosťou 236 km/s. A naša Galaxia, spolu s galaxiou Andromeda a ďalšími galaxiami Lokálnej skupiny, uháňa (s prihliadnutím na rozpínanie kozmu) rýchlosťou 630 km/s.

Áká sila poháňa púť našej Galaxie časopriestorom?

Donedávna si vedci mysleli, že nás priťahuje nejaká hustejšia oblasť kozmu rovnako, ako zemeguľa priťahuje Newtonovo jablko. Do úvahy pripadalo zoskupenie šiestich kôp galaxií, vzdialených 150 miliónov svetelných rokov: Veľký Atraktor. Dnes sa väčšina vedcov prikláňa k názoru, že našu Galaxiu priťahuje skôr zoskupenie 24 kôp galaxií, vzdialených od Veľkého Atraktora 500 miliónov svetelných rokov; nazvali ho Shapley Concentration (Shapleyho superkopa galaxií).

Koncom minulého roku opísali izraelskí vedci z Hebrew University of Jerusalem donedávna neznámu, hoci obrovskú oblasť v našom mimogalaktickom susedstve, ktorá je takmer prázdna. Kopy galaxií sa v nej nevyskytujú. Tento ostrov prázdnoty generuje odstredivú silu, pôsobiacu na našu Lokálnu skupinu galaxií opačne ako Shapleyho zhustenie.

„Počas trojrozmerného mapovania pohybu galaxií priestorom sme zaznamenali, že Galaxia sa vzdaluje od veľkej, predtým neznámej oblasti s nízkou hustotou. Nakoľko táto oblasť pôsobí

odstredivo, nazvali sme ju Dipólový odpudzovač (Dipol Repeller),“ vysvetľuje profesor Jehuda Hoffman. „Takže Shapleyho superkopa/zhustenie nás priťahuje, Dipólový odpudzovač nás odpudzuje. Súhra pôsobenia oboch objektov významne ovplyvňuje náš pohyb, a teda i našu momentálnu polohu.“

Existenciu oblasti s extrémne nízkou hustotou predpovedali už dávnejšie. Skutočnosť, že sa v nej nevyskytujú kopy galaxií, a možno ani galaxie, však vyplynula až z údajov domyselného a pomerne nákladného projektu.

Vedci z Racah Institute of Physics pri Hebrew University spolu s kolegami z USA a Francúzska si prenajali Hubblov vesmírny ďalekohľad; chceli vytvoriť trojrozmerné „flow field“, teda pole prúdov galaxií. Toky galaxií sú priamou odpoveďou na rozloženie hmoty ďaleko od oblastí, ktoré sú relatívne prázdne, ale nie príliš vzdialené od oblastí s vysokou koncentráciou hmoty. **V týchto prúdoch galaxií je zakódovaná veľkoškálová štruktúra kozmu.**

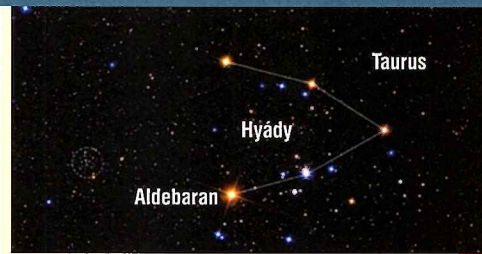
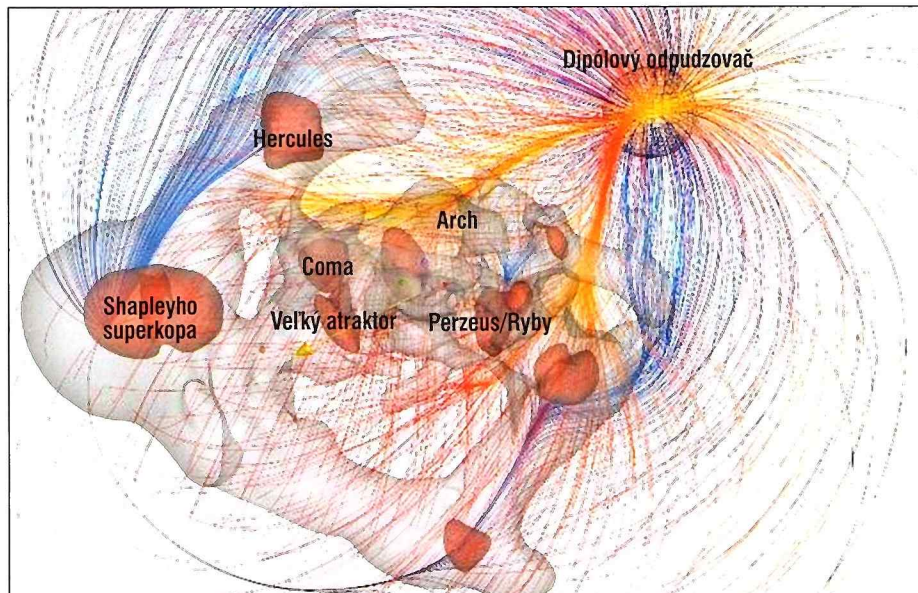
S prihliadnutím na rozpínanie vesmíru vedci študovali rýchlosti galaxií okolo Mliečnej cesty. Potom skombinovali rozdielne súbory údajov týchto rýchlostí s prísnyimi štatistickými analýzami ich vlastností. Vypočítali tak rozloženie tmavej hmoty i jasných galaxií v oblastiach s vysokou hustotou, ktoré zhluky hmoty priťahujú, ako aj v oblastiach s nízkou hustotou, ktoré ich odpudzujú.

Dipólový odpudzovač im umožnil vypočítať smer oboch pohybov Mliečnej cesty a ich magnitúdy. Očakávajú, že výkonnejšie prístroje (optické, infračervené i rádiové) onedlho objavia v ostrove prázdnoty niekoľko galaxií. Taký objav môže jednoznačne potvrdiť existenciu Dipólového odpudzovača.

Nature  
E. G.

<https://phys.org/news/2017-01-galaxy-space.html>

Políčko z videa, ktoré prezentuje rozloženie hmoty ako trojrozmernú, veľkoškálovú štruktúru uzlov a filamentov/vláčien kozmickej siete. Pohyb Lokálnej skupiny galaxií vzhľadom na mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CMB) ukazuje žltá šípka. Vývoj prúdnic (streamlines) závisí od rozloženia zhlukov hmoty. Naplno rozvinuté prúdnicie vytvárajú obraz, v ktorom dominuje jeden atraktor („priťahovač“) a jeden repeller („odpuďovač“). Vývoj prúdnic antiprúdu je znázornený podobne: antiprúd je odpudzovaný Veľkým atraktorom a priťahovaný Dipólovým repellerom. Inú prezentáciu prúdu a antiprúdu ponúka zahustenie prúdnic na zhustky/zhluky hmoty susediace s Repellerom (modročierne farba) a prúdnic v blízkosti Veľkého atraktora (oranžová farba). Priťahlivý/atraktívny prúd sa vyvíja najmä v rovine veľkých superhustôt: Perzeus/Ryby, Lepus a Hercules. Odstredivý antiprúd sa vyvíja v kolmej rovine, ktorá je zhruba totožná so supergalaktickým rovníkom. Video odhalilo bezmála rovnaký smer vektora rýchlosti našej Lokálnej skupiny (LS) a Dipol Repelleru. Vektor rýchlosti Lokálnej skupiny sa však od vektora Shapleyho atraktora značne odlišuje. Tak sme sa dozvedeli, do akej miery Repeller a Atraktor ovplyvňujú maximá a minimá gravitačného potenciálu.



Otvorená hviezdokopa Hyády v súhvezdí Býka je jednou z najbližších hviezdokôp. Pomocou vesmírnej sondy Kepler študujú vedci Slnku podobné oscilácie dvoch hviezd v kope s cieľom spresniť údaje o ich vlastnostiach.

## Oscilácie iných hviezd

Astronómia už dávnejšie dokáže merať a analyzovať nielen oscilácie Slnka, ale aj iných hviezd. Vieme, že Slnko pulzuje v dôsledku tlakových vln, generovaných turbulenciami v horných vrstvách našej hviezdy, kde dominujú konvekčné pohyby plynu. Helioseizmológia je veda, ktorá tieto oscilácie študuje s cieľom preniknúť do procesov, prebiehajúcich vnútri Slnka, ale aj iných hviezd.

Vedci už oddávna zaznamenávajú zmeny jasnosti hviezd, najmä premenných cefeíd, pomocou ktorých kalibrujú vzdialenosti vo vesmíre. Oveľa ťažšie je zaznamenávať oscilácie vo hviezdach, ktoré sa na Slnko podobajú, kde oscilácie generuje konvekcia nehlboko pod povrchom. A to je pole pôsobnosti astroseizmológov.

Otvorené hviezdokopy sú pomerne dobre preskúmané. Z údajov o nich sa stelárnici dozvedeli veľa o evolúcii hviezd, o ich rotácii, hmotnosti, veku a mnohých ďalších vlastnostiach. Astroseizmológia ponúka vedcom overenie a spresnenie týchto údajov pomocou alternatívnej metódy. Pri hviezdach hlavnej postupnosti v otvorených kopách však zatiaľ neboli pri využívaní tejto metódy úspešní.

Troja vedci z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), David Latham, Carol Bierlyová a Robert Stefanik sa dostali do tímu, ktorý pomocou oživej sondy Kepler (K2) celkom úspešne meral aj variácie hviezd hlavnej postupnosti. Ako vieme, sonda Kepler dokáže mimoriadne citlivo monitorovať zmeny jasnosti skúmaných hviezd.

Svoju predĺženú misiu začala K2 monitorovaním hviezd kopy v Hyádach, vzdialenej 155 svetelných rokov. Celé tri mesiace každé tri minúty merala jasnosť všetkých hviezd v kope. Astronómia zaznamenali malé zmeny jasnosti s rozličnými periódami. Pri dvoch hviezdach, podstatne väčších ako Slnko, objavili zmeny jasnosti s periódou 10 minút! Vzhľadom na ich intenzitu usúdili, že ide o prejav podobných oscilácií ako na Slnku. CfA tak získal významné prvenstvo.

Nakoľko sú Hyády významnou štandardnou hviezdokopou, vedecký tím tento zhluk hviezd monitoroval 35 rokov. Preto vedci vedeli, že obe veľké hviezdy v tejto kope galaxií sú osamelé. (Nie sú zložkami dvojhviezdy ani zložitejšej sústavy.) Navyše, obe hviezdy mimoriadne rýchlo rotujú (za menej ako 2 dni; Slnku jedna otočka okolo vlastnej osi trvá 25,38 dňa). Rýchla rotácia prezrádza, že tieto dve hviezdy sa odlišujú od ostatných, pomaly rotujúcich hviezd v kope. Už v najbližších rokoch nás objavy helioseizmológov môžu príjemne prekvapiť.

CfA Press Release

E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-solar-like-oscillations-stars.html>



Parabolické antény sústavy obrieho rádioteleskopu ALMA v púšti Atacama, Čile.

## Podarilo sa odfotiť čiernu dieru?

Fotografiu čiernej diery v jadre našej Galaxie exponovala v apríli tohto roku doteraz najväčšia sústava ďalekohľadov v dejinách astronómie EHT (Event Horizon Telescope). Snímka, ak sa podarí, by mohla vyvrátiť všeobecnú teóriu relativity. Jedným zo zúčastnených rádioteleskopov je aj skvelá ALMA, sústava 66 obrovských rádioantén v Čile.

Rozlišovacia schopnosť prepojených obriech rádioteleskopov je neslýchaná: dokázali by rozlíšiť a odfotiť pomaranč na povrchu Mesiaca. Alebo: z francúzskeho pobrežia by rozlíšili hodnotu mince na vrchole Trumpovho mrakodrapu v New Yorku.

15. apríla 2017 talianska astronómka Vanda Impellizzeri čakala v riadiacom centre na povel z Massachusetts: z Cambridge pri Bostone presne o 17. hodine, ako bolo dohodnuté, vyšlú

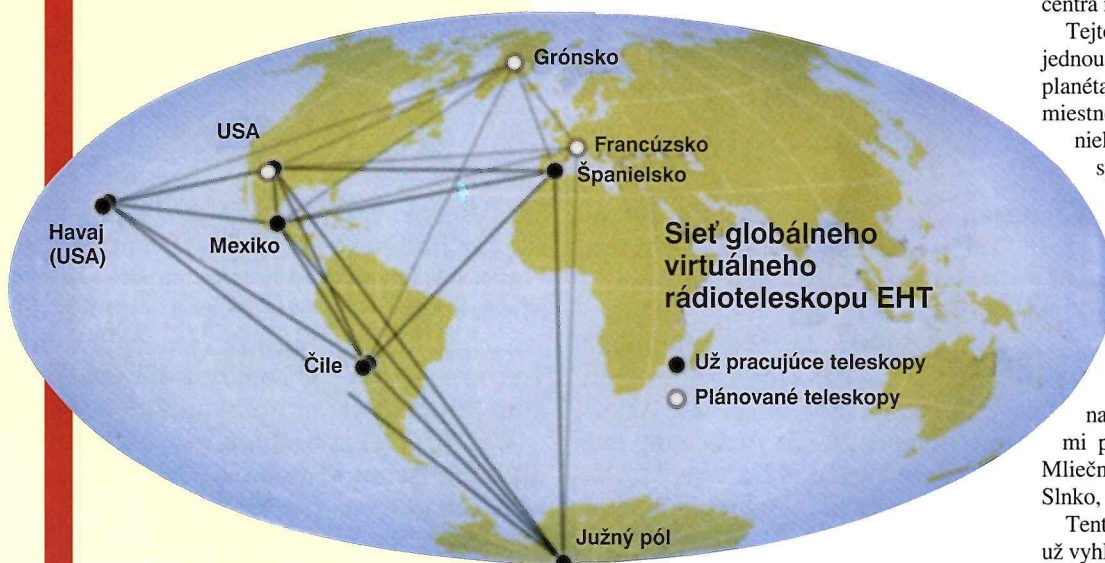
očakávaný signál. Poveternostné podmienky nad všetkými zúčastnenými observatóriami boli ideálne.

Antény ôsmich ozrutných rádioteleskopov na piatich kontinentoch zamierili na jediný bod na oblohe. Taliani riadia zo strediska v púšti Atacama najimpozantnejší z týchto prístrojov. ALMA je najnákladnejším ďalekohľadom pozemskej astronómie za vyše miliardu eur. Sústavu tvorí 66 veľkých rádioantén, riadených z kontrolného centra na planine Chajnantor.

T tejto noci sa však gigantická ALMA stala iba jednou zo súčiastok prístroja veľkého ako naša planéta: sedem ďalších rádioteleskopov, rozmiestnených od Havajských ostrovov po Španielsko, od Arizony až po Južný pól, vytvorili spolu s ALMA jediný megateleskop EHT. (Pozri mapku). Cieľom je nepatrný bod v súhvezdí Strelca a fotografia, tisíckrát ostrejšia ako najlepšia snímka z vesmírneho Hubblovho ďalekohľadu (HST).

Oblasť nad napnutou tetivou kozmického Strelca fascinuje vedcov už oddávna. Práve tam, za huňatými záclonami prachu a plynu a za vibrujúcimi oblakmi plazmy, skrýva sa najzáhadnejší objekt Mliečnej cesty: čierna diera, nie väčšia ako Slnko, ale s hmotnosťou okolo 4 miliónov Slnk.

Tento objekt s najväčšou energiou v Galaxii je už vyhladnutý. Naša čierna diera prejavuje slabú



aktivitu, drieme, pretože v ostatnom čase niet v jej okolí dostatok kozmického krmiva: hviezd, planét, oblakov prachu a plynu, ktoré by mohla nabalovať. Keď však niečo zachytí, časť úlovky uniká z jej gravitačného mlyna v podobe žiarenia, a časť sa prepadne za horizont udalostí, do vnútra čiernej diery, z ktorej už niet úniku.

Astronómovia sú presvedčení, že v strede galaxií hniezdia supermasívne čierne diery s hmotnosťami niekoľkých miliónoch až miliárd hmotností Slnka. Zatiaľ však iba hádajú, čo sa tieto ozruté formujú, ako sa krmia, aký vplyv majú na vývoj galaxií, v ktorých hniezdia.

Odpovede na tieto otázky hľadajú aj s pomocou globálneho rádioteleskopu. Sú presvedčení, že prístroj nazrie nielen za medzigalaktické závoje prachu a plynu, ale aj pod obálku plazmy okolo čiernej diery. Čo tam uvidí? Veď z čiernej diery nemôžu uniknúť ani fotóny. Preto je neviditeľná. Ako ju teda budeme fotografovať?

Astronómovia obľubujú neriešiteľné problémy. Preskúmali, na ktorých frekvenciách spektra by bolo možné do hniezda čiernej diery preniknúť. Prvé okno objavili v rádiovovej oblasti na 1,3-milimetrovej vlnovej dĺžke.

Takéto žiarenie nedokáže absorbovať ani atmosféra Zeme, ani galaktický prach. Do značnej miery ho prepúšťa aj pulzujúca plazma okolo čiernej diery. Navyše žiarenie, generované horúcou plazmou, je v gravitačnom poli čiernej diery zakrivené presne tak, aby vznikol charakteristický kruhový tieň. Čiernu diery nezviditeľní magický trik prírody, ale ľudský dôvtip.

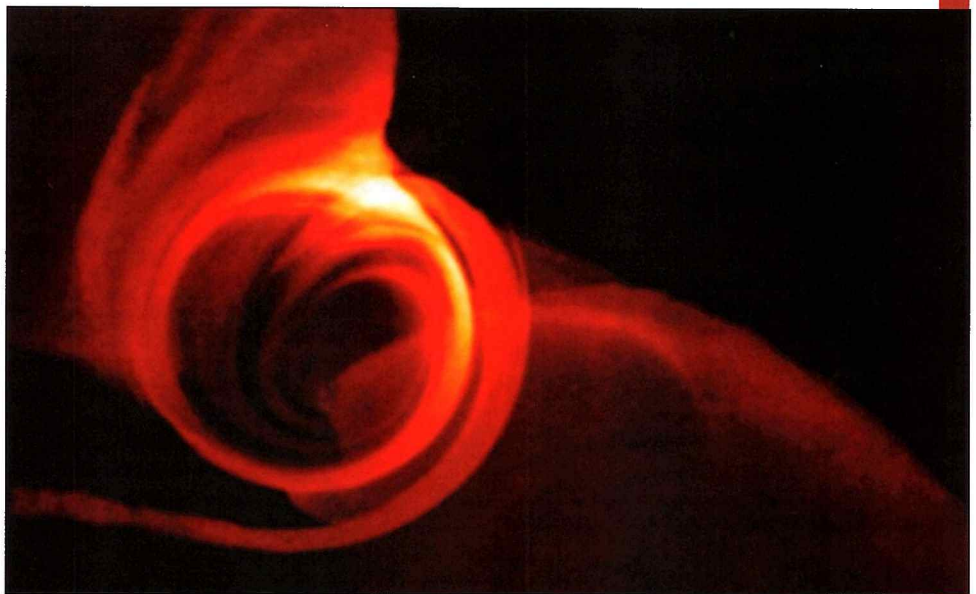
Objekt Sgr A\* (čiže čierna diera v jadre Galaxie) môže cez pootvorené okno exponovať iba dostatočne výkonný ďalekohľad. Rozlíšiť detaily na takom malom objekte vo vzdialenosti 26 000 svetelných rokov dokáže iba prístroj veľký ako Zem. Ani tento problém však nebol neprekonateľný. Vedci poprepájali veľké rádioteleskopy na viacerých kontinentoch. A údaje, ktoré tento globálny prístroj získa, dokážu pomocou rafinovaných algoritmov premeniť na obraz.

Šéfovia EHT si mimoriadne zakladajú na tom, že sa im podarilo zapojiť do experimentu aj posádku rádioteleskopu na južnom póle. Zvýšenú rozlišovaciu schopnosť však musia vyvažovať trepezlivosťou. Množstvo získaných údajov je totiž také obrovské, že satelity ich nedokážu dopraviť do oboch výpočtových stredísk EHT (Max Planck Institute für Radioastronomie v Bonne a Haystack Observatory v Massachusetts). Musia preto počkať na antarktický jar, keď sa obnoví letecká doprava na južný pól.

Zriadenie EHT si vyžadovalo aj diplomatickú pružnosť. Na všetkých ôsmich teleskopoch museli vedci urobiť isté úpravy. „Namiesto toho, aby sme postavili nový prístroj, prebudovali sme už existujúce,“ pripomína Sheperd Doeleman, šéf EHT.

Všetky prístroje vybavili mimoriadne presnými atómovými hodinami, pomocou ktorých dokážu s presnosťou nepatrných zlomkov sekundy korelovať jednotlivé údaje.

Do 15. apríla tohto roku sa mali posádky ôsmich rádioteleskopov dohodnúť na piatich dňoch spoločného, paralelného pozorovania. Krátko pred vypršaním lehoty, uprostred apríla tohto roku, nastala vytúžená „stabilita fáz“. Nad všetkými observatóriami bolo dobré počasie. Iba



Takto by mohla vyzeráť čierna diera v jadre Mliečnej cesty (simulácia).

na južnom póle ešte bojovali s technickými problémami. Posádka v kontrolnej miestnosti ALMA napokon spustila program, podľa ktorého počas noci všetky antény na planine začali „tancovať“ podľa presne vypracovanej choreografie.

V septembri do oboch výpočtových stredísk dorazia aj údaje z južného pólu. Prvé fotografie čiernej diery však zverejnia najskôr začiatkom budúceho roka.

Dimitrios Psaltis z University of Arizona vraj už vie, ako bude prvá fotografia čiernej diery vyzeráť. Na jednom z najvýkonnejších počítačov sveta nasimuloval tento fyzik plazmu, ktorá pulzuje okolo čiernej diery Sgr A\*. Vznikol obraz, pripomínajúci štrúdlu narychlo namolanú hrubým štetcom. Tento obraz možno pomocou grafických techník využívaných v priemysle hier ľubovoľne obracať či otáčať.

Ani jedinečná rozlišovacia schopnosť EHT nedokáže zviditeľniť všetky jemnosti Psaltisových simulácií. Fotografia bude pripomínať skôr rozostrený prstenec. Tento prstenec bude na jednej strane, tam, kde sa hmota krúžiaca okolo čiernej diery približuje k Zemi, svetlý. Na opačnej strane, kde sa hmota od nás vzdaluje, bude iba slabo svetielkovať. Obrazom samotnej čiernej diery bude tmavý disk, ktorý tento prstenec zarámuje.

Existenciu takéhoto prstenca teoreticky predpovedali už pred 44 rokmi. Odvtedy sa fyzici usilujú uvidieť ho na vlastné oči a preskúmať. Tento prstenec im konečne ponúkne príležitosť otestovať Einsteinovu teóriu relativity tam, kde by už nemusela platiť: v gravitačnom poli čiernej diery.

Podľa Einsteinovej teórie by mal byť črtajúci sa tieň kruhový. Významnejšie odchýlky od kruhovej formy by naznačovali neplatnosť všeobecnej teórie relativity. Fyzici by konečne našli miesto, ktoré by sa stalo východiskom k odhaleniu posledných tajomstiev gravitácie.

Aj keby sa tak nestalo a Einstein by opäť mal pravdu, z prvej snímky čiernej diery môžu vedci vyčítať iné vzrušujúce detaily. Zaujímajú ich najmä špeciálne „výtrysky“, ktoré unikajú zo supermasívnych čiernych dier vo chvíli, keď konzumujú nabalovanú hmotu. **Tieto tenučké lúče**

častíc, ktoré čierne diery vyplývajú do vzdialenosti tisícok svetelných rokov, zaraďujú vedci medzi najfascinujúcejšie javy vo vesmíre. Už preto, že ide o výrony s najvyššou energiou.

Pozorovania naznačujú, že výtrysky súvisia s krmivom čiernej diery. Nakoľko čierna diera Sgr A\* momentálne hladuje, nie je isté, či aj pri nej sa tieto „jety“ objavujú. A ak, tak budú veľmi slabé.

Oveľa sľubnejším sa zdá byť preto čierna diera v galaxii M27. Objekt, na ktorý sa vedci zamerali koncom apríla, hneď po odphotografovaní čierneho srdca Mliečnej cesty. Táto eliptická galaxia v súhvezdí Panny je 2000-krát vzdialenejšia od Zeme ako stred našej Galaxie, jej čierna diera je však vyše tisíckrát hmotnejšia. Preto by nemal byť jej tieň na snímke EHT oveľa menší ako tieň pri Sgr A\*.

K najaktívnejším susedkám Mliečnej cesty patrí galaxia M87. Jej výtrysky odphotografovali koncom apríla.

V budúcnosti sa EHT zameria aj na ďalšie galaxie. Vedci sú zvedaví najmä na kvazar OJ 287, aj keď je taký vzdialený, že jeho tieň sa nebude dať rozlíšiť. Vedcov pri tomto kvazare (kvazar – aktívne jadro galaxie, ukrývajúce čiernu diery) zaujalo, že jeho energiu generujú hneď dve čierne diery; okolo spoločného ťažiska obehujú za 12 rokov. Globálny EHT by mohol ukázať, do akej miery pohyb oboch gigantov deformuje okolitý časopriestor.

V strede záujmu v najbližších rokoch však zostanú objekty tohtoročnej kampane: „O Sgr A\* a M87 toho ešte veľa nevieme,“ vraví fyzik Michael Johnson z Harvard University. Už dnes sa teší na to, že onedlho fotografie čiernych dier nahradia filmy. Pretože tieto objekty, najmä Sgr A\*, sú mimoriadne dynamické, rýchlo sa menia.

V najbližšom okolí čiernej diery sa každú polhodinu prejavujú dôsledky rútiacej sa hmoty. Nie je vylúčené, že nabudúce sa v priebehu jedinej noci podarí nafilmovať, ako pulzujúca plazma tancuje okolo kruhového tieňa. Johnson: „Chcem na vlastné oči vidieť, ako čierna diera žije a dýcha.“

Der Spiegel  
E. G.

# Kam tečie kozmická Čierna rieka (2)

„S Kopernikom sa človek dostal na šikmú plochu,“ napísal v roku 1887 Friedrich Nietzsche vo svojom filozofickom traktáte *Ku geneológii morálky*. „A teraz sa rúti čoraz rýchlejšie smerom zo stredobodu vesmíru... Kam? Do ničoty...?“

Naozaj, ešte nie tak dávno boli ľudia presvedčení, že Zem je stredobodom vesmíru. Jedinečným miestom pod Božou ochranou. Dnes vieme, že planét s parametrami Zeme musia byť vo vesmíre milióny. Pred sto rokmi sa aj astronómovia nazdávali, že Mliečna cesta je jediným hviezdным ostrovom vo vesmíre. Hlboké prehliadky oblohy to všetko postavili na hlavu. V našom vesmíre je najmenej bilión galaxií. Nič nie je pevné, všetko je v pohybe. Aj názory, hypotézy a teórie...

Tajomstvo tejto kozmickej dynamiky sme zatiaľ ani zďaleka nepochopili. Naopak: na obzore etablovanej vedy sa objavujú čoraz vážnejšie turbulencie. Napríklad: nevedno, aká sila núti miliardy galaxií pohybovať sa jedným smerom kamsi za horizont pozorovateľného vesmíru. Ba čo viac: zdá sa, že vesmír rotuje.

Medzi prvými vycítil existenciálny rozmer týchto neuveriteľných procesov práve Friedrich Nietzsche. Vo svojom spise „*Veselá veda*“ sa vyjadril k radikálnej zmene svetonázoru: „Kam smerujeme? Kam sa rútime...? Dopredu, nazad, kamsi bokom, do všetkých strán? Rozlišujeme ešte, čo je hore a čo dole? Neblúdime v akejsi nekonečnej ničote? Nedesí nás tento prázdny priestor...? Nemierime do tmy, proti noci, proti čoraz dlhšej noci?“

## Všetko sa hýbe

Medzičasom dokázali vedci väčšinu pohybov v kozmickej noci presne kvantifikovať: Zem obieha okolo Slnka rýchlosťou 29,78 km/s. Spolu so Slnkom krúži Zem okolo stredu Mliečnej cesty rýchlosťou 236 km/s. Okolo Galaxie obehne raz za 220 miliónov rokov.

To však nie je všetko. Našu Galaxiu, spolu so

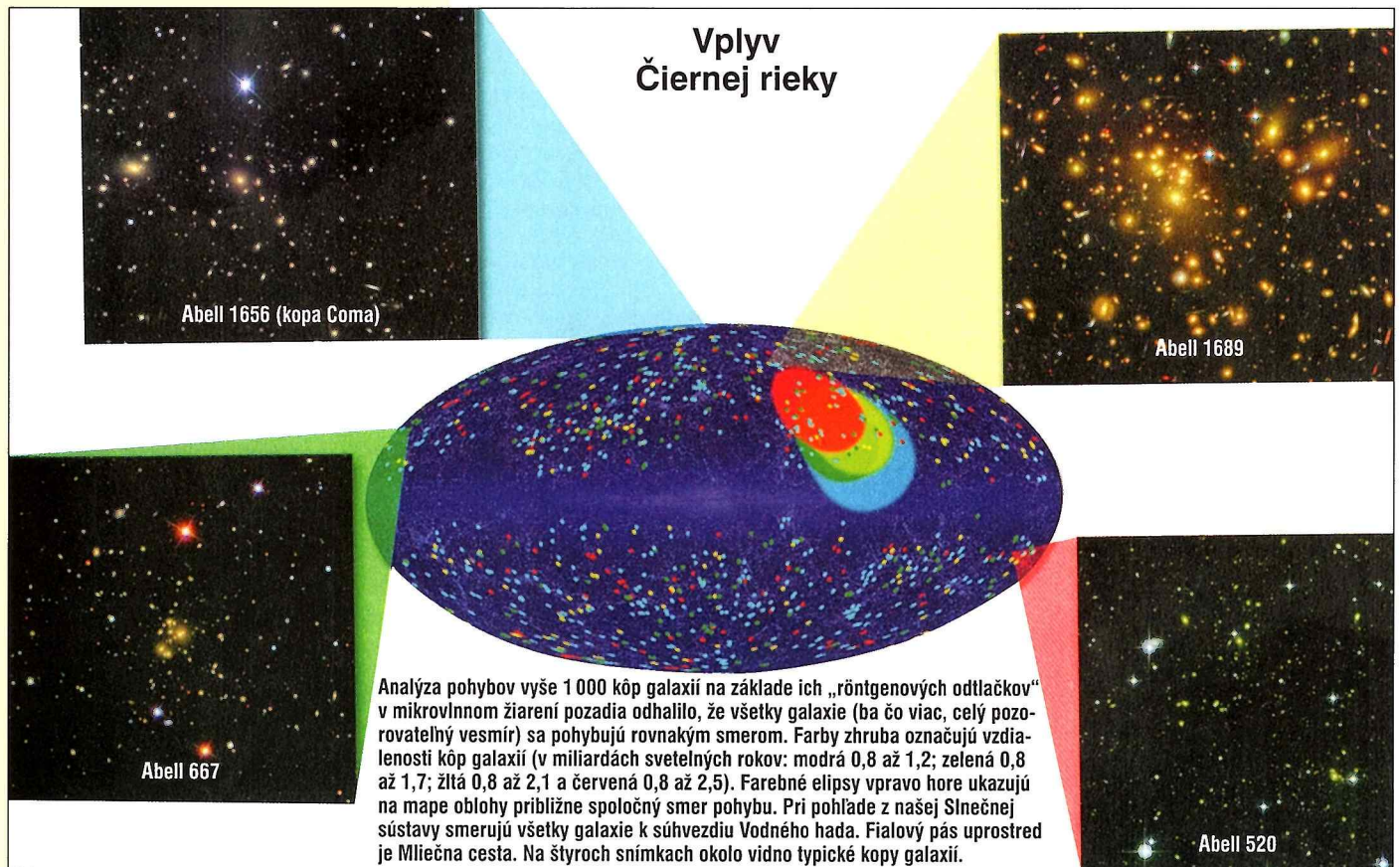
susednými galaxiami, vťahuje akási sila rýchlosťou 630 km/s smerom k Veľkému atraktorom.

Veľký atraktor je superkopa galaxií, ktorá leží smerom k súhvezdiám Kentaura a Hydry, vzdialená 150 miliónov svetelných rokov. Za Veľkým atraktorom, vo vzdialenosti 500 miliónov svetelných rokov od Zeme, skrýva sa ďalšia, ešte väčšia – Shapleyho superkopa galaxií. To všetko navzájom súvisí s rozpínaním kozmu, ktoré začalo hneď po big bangu.

V priebehu rokov objavili vedci aj ďalšie, naozaj záhadné príčiny pohybu. Milióny galaxií, do vzdialenosti 3 miliárd svetelných rokov, rúti sa rýchlosťami 700 až 1000 km/s smerom k súhvezdiu Vodného hada. Tento pohyb zaznamenali Alexander Kašlinskij, Harald Ebeling a Fernando Atrio-Barandela ešte v roku 2008.

Senzačný objav podopreli o dva roky neskôr ďalšími, oveľa presnejšími údajmi. Kašlinskij nazval tento prúd galaxií Čiernou riekou, ktorej pramene i ústie sú zatiaľ celkom neznáme.

Vedci sa pokúsili objaviť „odtláčok“ kôp galaxií v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia. Zmerali polohy 1000 kôp, ktoré v ostatných



desaťročia objavovali röntgenové satelity ROSAT, XMM a Chandra.

Vieme, že extrémne horúca intergalaktická plazma emituje röntgenové žiarenie. Röntgenové fotóny odovzdávajú počas nespočetných zrážok časť svojej energie chladným fotónom žiarenia pozadia. Tie nadobudnú o čosi vyššiu energiu.

Tento efekt už v rokoch 1969 a 1972 predpovedali sovietski kozmológovia Rašid Sunjajev a Jakov Zeldovič. (Neskôr podľa nich tento efekt aj pomenovali Sunjajevovým-Zeldovičovým, v skratke SZ.) Keďže SZ efekt nie je závislý od vzdialenosti kopy galaxie, jeho hodnota sa meria veľmi ťažko.

SZ efekt má dve zložky: termický SZ efekt (TSZ), ktorý generuje samotná kopa galaxií, a kinematický SZ efekt (KSZ). Kinematický SZ efekt vzniká trením pohybujúcej sa kopy galaxií, predierajúcej sa žiarením kozmického pozadia. Hodnota KSZ predstavuje asi desaťtinu celkovej hodnoty SZ efektu.

### Záhľadný smer prúdu

KSZ efekt objavil Kašlinského tím na mape oblohy WMAP-3. Údaje namerala sonda WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) v priebehu prvých troch rokov svojej činnosti. Vedci z údajov vypočítali šokujúci fakt, že **röntgenové kopy galaxií, rozložené po celej oblohe, sa pohybujú jedným smerom – k súhvezdiu Vodného hada.** Toto miesto na oblohe sa predbežne dá vymedziť iba ako oblasť s priemerom 20°. Pozn.: ploche s priemerom 20° zodpovedá plocha cca 1 600 mesačných splnov.

Nakoľko KSZ efekt je extrémne slabý a z údajov ho dokážeme vyložiť iba štatisticky, nemožno zatiaľ presvedčivo dokázať, že náš vesmír naozaj ovláda táto Čierna rieka.

V roku 2013 zverejnili presnejšie údaje o rozložení teploty kozmického žiarenia pozadia, ktoré namerala európsky satelit Planck. Oficiálna publikácia tímu Planck však zdorazňuje, že **najnovšie údaje predpokladaný model pohybu kôp galaxií vyvracajú.**

„Pomocou najrozličnejších štatistických prostriedkov vylučujú údaje z Plancka s vysokou pravdepodobnosťou Čiernu rieku,“ tvrdí Carlos Hernandez-Monteagudo z Centra pre fyzikálne štúdie kozmu v španielskom Teruele. Astrofyzik Hernandez je hlavným autorom Planckovej publikácie. Čiernu rieku považuje za výplod fantázie, spôsobený chybami v údajoch. Podľa Hernandeza kolegovia nesprávne filtrovali údaje.

Kašlinskij a jeho tím sa ostro ohradili. Uverejnili článok, kde už v úvode upozornili na chyby v analýze údajov z Plancka. „Z oficiálnych analýz údajov kolegovia z Plancka SZ efekty vyfiltrovali,“ napísal Barandela. „Preto hľadaný efekt nenašli, preto dospeli k nesprávnemu záveru.“

Medzičasom Barandelov tím podrobne analyzoval tak údaje z Plancka, ako aj všetky súbory dát zo sondy WMAP počas celého deväť rokov trvajúceho zberu údajov. **Zistili, že údaje z WMAP sú v úplnej zhode s údajmi z Plancka.** Kašlinskij: „Signál z WMAP sa objavuje aj v meraniach z Plancka.“

Navyše: Nakoľko Planck použil citlivejšiu metódu merania ako WMAP a využil aj ďalšie frekvencie, mohli vedci otestovať i vlastné, dávnejšie analýzy. **Ukázalo sa, že tepelný**

**TSZ-efekt, ktorý dokáže kinematický KSZ-efekt nielen rušiť, ale aj predstierať, sa objavuje pri žiarení s frekvenciou 220 GHz.** Pri nižších frekvenciách sa jednoducho stráca.

Oproti WMAP využíval Planck kanál 217 GHz, takže TSZ signál zmerať nemohol. Kašlinskij: „Takže my sme chybu neurobili. KSZ efekt naozaj existuje. Pravdepodobnosť, že merania boli náhodné, neprevyšuje hodnotu 0,1 %.“

Kašlinskij ďalej upozorňuje, že smer signálu Čiernej rieky sa zhoduje so smerovaním dipólu v žiarení kozmického pozadia. Možnosť, že ide o náhodu, odhaduje na 1:50. Nie je však vylúčené, že dipól bol nesprávne interpretovaný. (Pozri rámeček.)

### Temný prameň

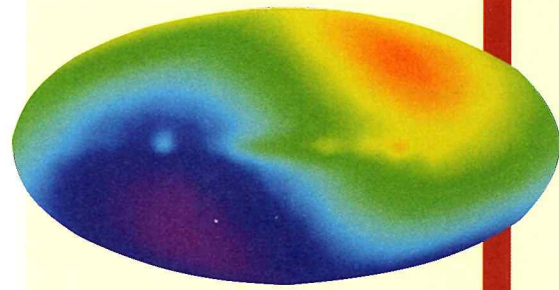
Ak nie je Čierna rieka kozmickou ilúziou, podmienenou systematickými chybami merania či nesprávnou interpretáciou údajov, vynára sa otázka, kam táto rieka „tečie“. Presnejšie: Aká sila, pôsobiaca krížom cez ozrutné priestory vesmíru, tak neodolateľne priťahuje rozptýlené kopy galaxií? To zatiaľ nik netuší. A nik zdroj tej sily nemôže (a ani nebude môcť) pozorovať. Pretože leží za hranicami pozorovateľného vesmíru.

Nakoľko má náš vesmír konečný vek a rozpína sa počas ostatných miliárd rokov čoraz rýchlejšie, dnes by mal byť tento horizont od nás vzdialený zhruba 45 miliárd svetelných rokov! Za týmto rozhraním nebudú môcť ani najgigantickejšie pozemské ďalekohľady budúcnosti nikdy nič skúmať. Z takých veľkých vzdialeností sa nemôže k Zemi dostať nijaké svetlo.

Ibaže: vesmír sa rozprestiera aj za týmto horizontom, pretože je oveľa väčší ako ten viditeľný; možno je naozaj nekonečný. Kašlinskij predpokladá, že **kdesi za rozhraním viditeľnosti sa nachádza gigantické zoskupenie hmoty. Jeho gravitácia dokáže priťahovať rozptýlené kopy galaxií z nášho horizontu a spôsobuje, že sa všetky pohybujú rovnakým smerom.** Ak by sa to dokázalo, potom by bol vesmír ako celok oveľa nehomogénnejší, akým sa zdá byť z našej perspektívy. Spochybnilo by to dokonca aj štandardný model, ktorý stojí na absolútnej homogenite a izotropii. Štandardný model by bol síce naďalej použiteľný vo vnútri horizontu pozorovateľnosti, ale celkovo by bola jeho platnosť limitovaná!

Niektoré modely predpovedajú nepravidelné rozloženie hmoty v celom vesmíre. Vyplýva to aj z niektorých verzií kozmickej inflácie. Podľa tohto scenára, ktorý je vlastne iba jedným z možných „štandardných rozšírení“ štandardného modelu, sa vesmír na počiatku rozpínal exponenciálne. Jednoduchšie: zväčšil sa priam drasticky. To by vysvetľovalo nielen pozorovanú rovnorodosť/homogenitu, ale aj iné kozmické záhady. Tak ako keď sa záhyby na pokrčenej košeli ťahom z dvoch strán zarovnávajú, podobne aj inflácia mohla pôvodne nepravidelnosti „vyžehliť“. Alebo ich vytesniť za horizont.

Vesmír nemusí byť globálne homogénny, aj keď z nášho obmedzeného horizontu pozorovania tak vyzerá. Kozmológ Michael Turner už v roku 1991 špekuloval o úplne iných pomeroch za horizontom viditeľného vesmíru. To isté urobili aj Stephen Hawking a jeho kolegovia v roku 2010.



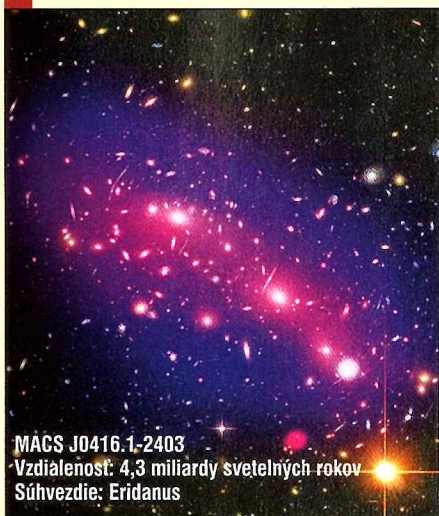
**Asymetria vo vesmíre: Mapa celej oblohy v oblasti mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia na vlnovej dĺžke 5,7 milimetra (na frekvencii 53 GHz) ukazuje v rozložení teploty jeden dipól. (Legenda: červená/modrá = +/- 0,003 K oproti priemernej teplote 2,73 K, značenej zelenou farbou.) Mapu zostavili na základe údajov misie COBE, ktorá trvala štyri roky. Uprostred elipsy sa zobrazili rušivé vplyvy Mliečnej cesty.**

### Pochybnosti okolo kozmického dipólu

Podľa Alberta Einsteina sú pohyby relatívne, nijaký absolútny vzťahový rámec neexistuje. Mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia sa však dokáže obmedzeniam teórie relativity vyhnúť bez toho, aby ju spochybnilo. Žiarenie kozmického pozadia je úplne rovnorodé/homogénne, má jeden dipól. Jeho existenciu obyčajne odvodzujú z pohybu celej Slnecnej sústavy oproti žiareniu kozmického pozadia: 370 km/s s prihliadnutím na to, že „more fotónov prvotného svetla“ je všade rovnorodé. (Ak pohyb našej sústavy okolo stredu Galaxie a pohybu Mliečnej cesty v lokálnej skupine galaxií odpočítame, dosahuje Slnecná sústava rýchlosť až 600 km/s). V smere pohybu je žiarenie pozadia o niečo teplejšie, dosahuje zhruba 0,003 K. V opačnom smere je táto hodnota nižšia. Táto skutočnosť môže naznačovať prejav Dopplerovho efektu. (Ide o obdobu javu, ktorý v roku 1842 v Prahe opísal fyzik Christian Doppler v akustike: siréna policajného kočičara zavýja buď vyššie, alebo nižšie, v závislosti od toho, či sa k nám vozidlo približuje, alebo sa vzdaluje).

„Nie je vylúčené, že časť dipólu nie je Dopplerovým efektom, ale bola tam odjakživa,“ upozorňuje astrofyzik Alexander Kašlinskij. Lokálne pohyby, napríklad smerom k Veľkému atraktoru a Shapleyho superkope galaxií, by sme mali pripisovať pôsobeniu gravitácie iba sčasti, pretože približne rovnakým smerom „tečie“ aj Čierna rieka. Pozorujeme dipól a vysvetľujeme ho relatívnym pohybom, ale čo ak je vyvolaný tokom tmavej hmoty?

Kašlinského kolega Fernando Atrio-Barandela to vníma rovnako: „Referenčný systém žiarenia pozadia nemusí byť v súlade s kludovým stavom hmoty. Vzhľadom na kludový systém by mohla byť skupina lokálnych galaxií bez pohybu. V takom prípade by bol dipól súčasťou žiarenia pozadia a nie dôsledkom pohybu Slnecnej sústavy, ktorý je vzhľadom k nej relatívny.“ Mliečna cesta by v takom prípade mohla byť súčasťou Čiernej rieky. A, pochopiteľne, aj Zem.



MACS J0416.1-2403  
Vzdialenosť: 4,3 miliardy svetelných rokov  
Súhvezdie: Eridanus



MACS J0152.5-2852  
Vzdialenosť: 4,4 miliardy svetelných rokov  
Súhvezdie: Fornax



MACS J0717.5-3745  
Vzdialenosť: 5,4 miliardy svetelných rokov  
Súhvezdie: Aurigae

Horúce a obrovské: Najväčšími štruktúrami vesmíru, ktoré drží pokope gravitácia, sú kopy galaxií. Plyn v nich dosahuje teploty niekoľkých miliónov K a žiari v röntgenovej oblasti (červená). Každá kopa galaxií obsahuje aj veľké množstvo tmavej hmoty (modrá).

Možno Čierna rieka otvára jedinečnú šancu: „Mohla by sa stať oknom k stavu univerza pred jeho inflačnou expanziou a zároveň poodhaliť efekty kvantovej kozmológie,“ nazdáva sa Barandela.

Ibaže ak pripustíme existenciu Čiernej rieky, spochybníme naše predstavy o kozmickej inflácii. Ak inflácia trvala dlhšie ako nepatrný zlomok sekundy, vesmír by sa tak razantne rozvinul, že by musel byť aj ďaleko za dnešným horizontom homogénny. Aj keby sa vo veľkých

náhodná kozmická počiatková podmienka, ktorej dôsledkom by bola Čierna rieka.

Podľa Kašlinského by k Planckovým anomáliám mohol existovať kvalitatívny vzťah. Vedec však pochybuje: „Hoci o tom oddávna rozmýšľam, nie je mi jasné, ako by sa dal takýto vzťah kvantifikovať a ktoré anomálie by sme museli zohľadniť. Rotujúci vesmír v tomto prípade nič nevysvetľuje.“

### Prázdnota, či náhoda?

škálach vyskytli väčšie koncentrácie hmoty, bez ktorých by Čierna rieka nefungovala, boli by asi príliš vzdialené. Nemohli by teda gravitačne ovplyvňovať malý, nami pozorovateľný segment vesmíru.

„Pre najjednoduchšie modely inflácie by to bol problém,“ vraví Kašlinskij. „Väčšiny inflačných modelov sa to však vôbec netýka.“

### Susediace vesmíry a tmavá energia

Vreco sa roztrhlo aj s alternatívnymi vysvetleniami. Laura Mersini-Houghton z University of North Carolina špekuluje o kvantových prepojeniach s inými vesmírmi. José Beltrán Jiménez a Antonio L. Maroto z Madrid University diskutujú o rozličných vzťahových systémoch medzi hmotou a tmavou energiou, ktorá (ako sa nazdávame) riadi zrýchľujúce sa rozpínanie kozmu.

Po tom, ako sa hmota v mladom vesmíre odpútala od žiarenia, mohol relatívny pohyb tmavej energie viesť k spoločnému pohybu hmoty vo vzťahu k fotónom kozmického žiarenia pozadia.

To by sugestívne vysvetľovalo aj isté veľkoškálové anomálie v údajoch WMAP a Plancka. Ako by k tomu mohlo dôjsť, španielski astrofyzici netušia. Bola by to najskôr akási

Kozmológovia rozmýšľajú aj o možnosti existencie oblastí s nižšou hustotou v škále niekoľkých miliárd svetelných rokov. Takáto redšia oblasť by sa rozpínala rýchlejšie, pretože by obsahovala menej hmoty s „brzdícou“ gravitáciou. Nie je vylúčené, že vo vzdialenosti 1,5 miliardy svetelných rokov takúto oblasť od nás čosi vytláča. To by bol skutočný pohybový efekt. Lenže ani pre túto hypotézu, ktorá nie je v súlade so štandardným modelom, nemáme zatiaľ hodnoverné indície.

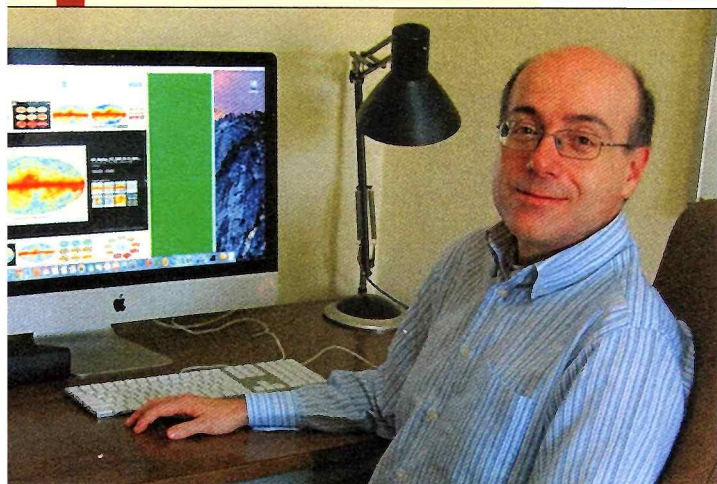
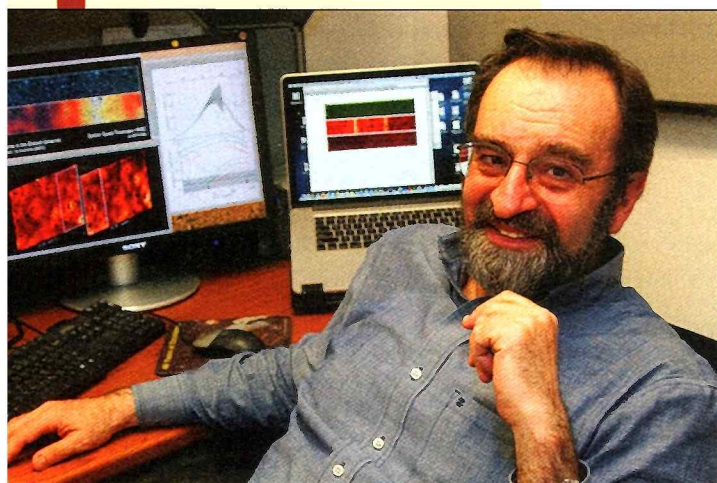
V snahe za každú cenu presvedčiť skeptických kolegov o existencii Čiernej rieky Barandela hľadá nové, presvedčivejšie argumenty: „Predovšetkým potrebujeme väčší súbor údajov. Bez nezávislých indícií nás podaktorí kolegovia budú ignorovať. A nám sa zatiaľ nepodarilo preukázať, či išlo o štatistický výnimku, alebo o nezvyčajnú systematickú chybu merania.“

Náhodou síce nemožno vylúčiť, v tomto prípade je však veľmi nepravdepodobná. Barandela neverí, že išlo o chybné merania: „K rovnakým výsledkom sme dospeli tak na základe meraní WMAP ako aj Plancka. Napriek tomu, že na palube satelitov nepracujú tie isté prístroje a tímy, ktoré satelity riadia, používajú iné metódy merania.“

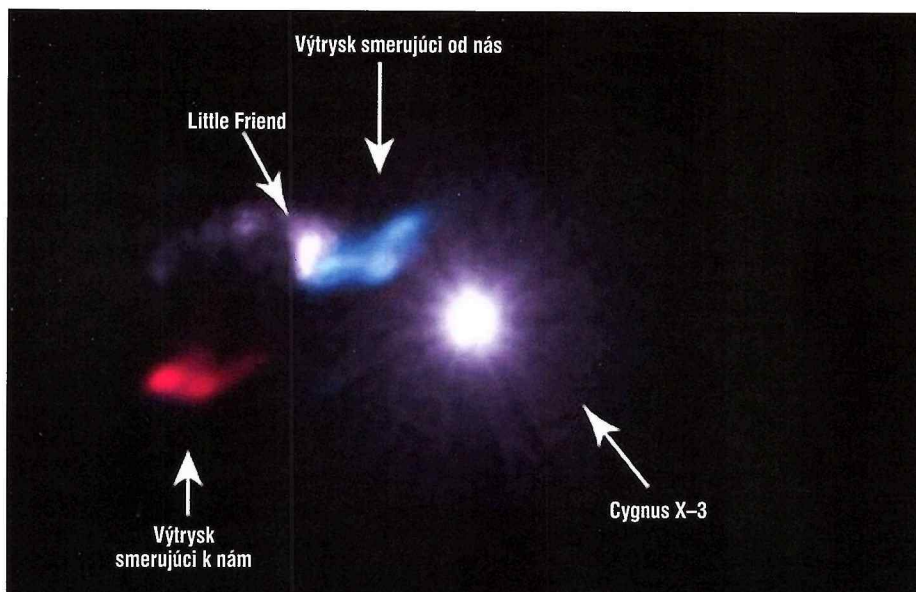
Koncom roku 2016 zverejnili všetky údaje z Plancka. Možno z nich vedci chýbajúce indície vylovia. Potrebovali by však oveľa väčší katalóg galaxií. Harald Eberling z Havajskej univerzity už má plán: „Dodatočné pozorovania všetkých našich röntgenových kôp významne spresnili spektroskopický odhad ich vzdialeností.“ V záujme dosiahnutia tohto cieľa trávi Eberling čoraz viac času na najväčších observatóriách sveta.

Pátranie po Čiernej rieke pokračuje.

Bild der Wissenschaft  
E. G.



Kozmickí inšpektori: Alexander Saša Kašlinskij (hore) a Fernando Atrio-Barandela skúmajú veľkoškálové pohyby kôp galaxií. Počas bádania nadabli na Čiernu riekou.



V malom oblaku prachu a plynu (vľavo), blízko dvojhviezdy Cygnus X-3 sa nedávno sformovala nová hviezda. Obláčik odráža žiarenie dvojhviezdy. Dvojhviezda má dve zložky: masívnu hviezdu a čiernu dieru (alebo neutrónovú hviezdu), ktorá ju pomaly konzumuje. Cygnus X-3 je röntgenová dvojhviezda, vzdialená 20 000 svetelných rokov. Vľavo hore od dvojhviezdy vidíme prachoplynový obláčik, nazývaný Little Friend. Prítomnosť novej hviezdy prezradil výtrysk (vľavo dole). Prachoplynové oblaky, v ktorých dozrievajú hviezdy, nazývame Bokove globule. V tomto prípade ide o prvú röntgenovú a súčasne doteraz najvzdialenejšiu Bokovu globulu. Snímka vznikla kombináciou snímky röntgenového satelitu Chandra a rádioteleskopu SMA.

## Little Friend: pozoruhodná hviezdna maternica

**Pred štrnástimi rokmi objavil satelit Chandra záhadný zdroj röntgenových emisií neďaleko iného, dávnejšie známeho zdroja, dvojhviezdy Cygnus X-3. Pred štyrmi rokmi iný tím zistil, že záhadný slabý zdroj je obláčikom prachu a plynu. Nazvali ho Little Friend (Malý priateľ).**

Malý priateľ naozaj nie je veľký, má priemer iba 0,7 svetelného roka. Tento oblak však pôsobí ako zrkadlo, odrážajúce časť emisií vygenerovaných zdrojom Cygnus-3 smerom k Zemi.

Z analýzy údajov z roku 2013 vyplynulo, že Little Friend má 2 až 24-krát vyššiu hmotnosť ako Slnko. Znamená to, že oblak je vlastne Bokovou globulou. Malou, hustou kozmickou maternicou, v ktorej sa formujú nové hviezdy.

Malého priateľa preskúmali aj pomocou rádioteleskopu SMA (Smithsonian's Submillimeter Array) na Havajských ostrovoch. Osem rádiových antén detegovalo v zdroji molekuly oxidu uhoľnatého (CO). Detekcia definitívne podoprela hypotézu, že ide o Bokovu globulu. SMA okrem toho detegovala aj dva výtrysky z vnútra Malého priateľa (pozri obrázok 2), čo dokazuje, že mladá hviezda sa prebudila k životu.

Astronómovia obyčajne skúmajú Bokove globule pomocou analýzy rádiových emisií, ktoré globule produkujú, a rozborom viditeľného svetla, ktoré blokujú.

„V prípade Little Friend môžeme skúmať medzihviezdnu maternicu novou metódou, pomocou röntgenového žiarenia,“ vraví Ria Corrales z Massachusetts Institute of Technology.

Vlastnosti dvojhviezdy Cygnus X-3 a jej blízkosť k Malému priateľovi ponúkla vzácnu možnosť neobyčajne presne zmerať vzdialenosť. Už od začiatku 70. rokov 20. storočia zaznamenávajú vedci pri tejto dvojhviezde pravidelné variácie röntgenového žiarenia s periódou 4,8 hodiny. Vďaka tomu, že Little Friend funguje ako röntgenové zrkadlo, prejavuje sa rovnakými variáciami, ibaže s nepatrným posunom. (Pretože dráha žiarenia odrazeného od Malého priateľa je dlhšia ako vzdialenosť Cygnus X-3/Zem.)

Meranie posunu periodických variácií medzi dvojhviezdou a Little Friend astronómom umožnilo spresniť vzdialenosť medzi Zemou a Cygnus X-3 na 24 000 svetelných rokov. Nakoľko jednou zo zložiek dvojhviezdy je masívna hviezda s krátkym životom, vedci sa nazdávajú, že sa musela sformovať v oblasti, kde sa dodnes formujú hviezdy. **Takéto oblasti sa však vyskytujú len v špirálových ramenách Mliečnej cesty. Ibaže, chyba lávky: Cygnus X-3 leží mimo špirálových ramien našej Galaxie.**

„Zaskočilo nás to,“ vraví Michael Dunham z CfA (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics). „Objavili sme čosi nezvyčajné. Netušíme, aký mechanizmus vyhostil dvojhviezdu z miesta, kde sa sformovala, na miesto, kde ju teraz skúmame.“

Presun dvojhviezdy mohla spôsobiť najskôr supernova, po ktorej sa sformovala buď čierna diera, alebo neutrónová hviezda. Výbuch vyhostil dvojhviezdu z jej kolísky. Vzhľadom na to, že Cygnus X-3 a Malý priateľ sa sformovali blízko seba, vedci vypočítali, že dvojhviezda bola „vykopnutá“ rýchlosťou 180 až 900 km/s.

SMA Press Release  
E. G.

<http://astronomynow.com/2016/11/22/a-stellar-circle-of-life-near-cygnus-x-3/>

## Záhada rýchleho zlostníka

Rapid burster by sme mohli preložiť ako rýchly výbušník, pri troche fantázie aj cholerik či zlostník. Astronómovia tak označujú dvojhviezdu, ktorej zložkami sú normálna a neutrónová hviezda (pozostatok po kolapse masívnej hviezdy). Vyznačuje sa tým, že gravitácia neutrónovej hviezdy očesáva zo svojej susedky plyn. Ten sa skrúca do akrečného disku, ktorý špiráluje k povrchu neutrónovej hviezdy.

Väčšina dvojhviezd s neutrónovou hviezdou priebežne emituje veľké množstvá röntgenového žiarenia. Prístroje však okrem toho zaznamenávajú aj krátke, sporadické vzplanutia röntgenového žiarenia, objavujúce sa každých niekoľko hodín či dní. Tieto náhle a mimoriadne intenzívne röntgenové vzplanutia už desaťročia predstavujú jednu zo záhad stelárnej astronómie. Čosi podobné zaznamenali iba pri jedinom z mnohých typov dvojhviezd.

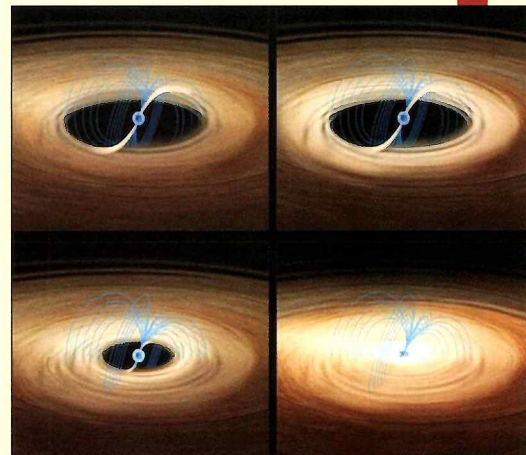
Z najnovšej štúdie vyplýva, že rýchle rotujúce magnetické pole neutrónovej hviezdy strháva plyn zo susednej hviezdy. Ten sa formuje do akrečného disku, z ktorého špiráluje smerom k povrchu neutrónovej hviezdy.

Pri tomto type dvojhviezdy sa plyn akrečného disku dočasne akumuluje najmä v jeho vnútornej a centrálnej časti (obrázok vľavo hore). Počas tejto fázy prenikne k povrchu hviezdy iba nepatrné množstvo plynu.

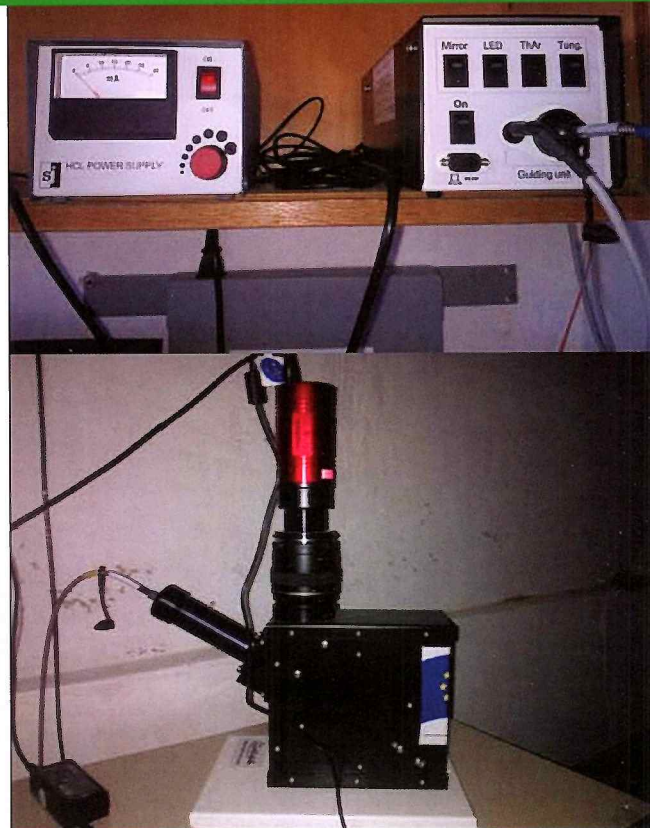
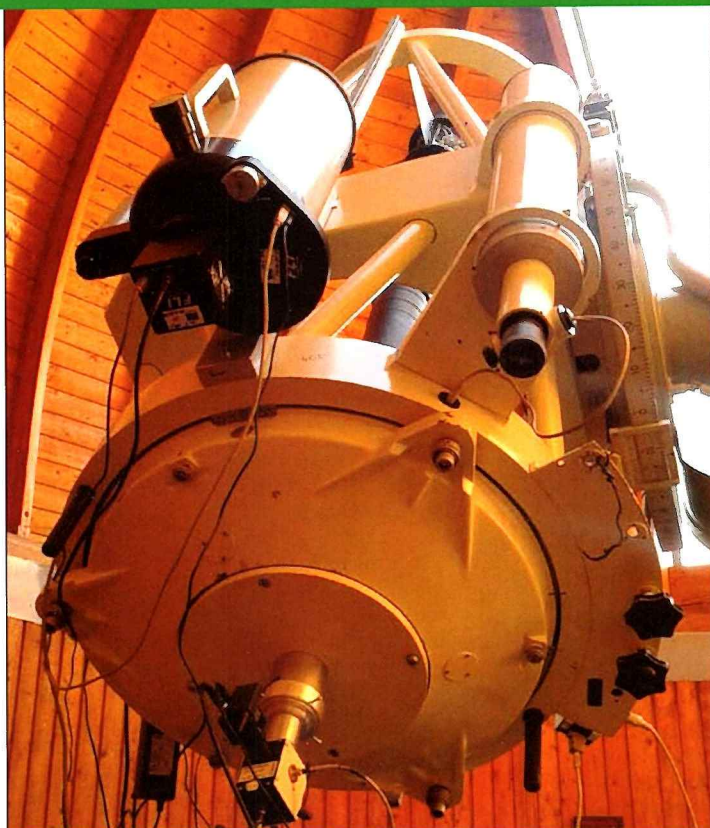
V disku sa však postupom času nabalí toľko plynu, že rotuje čoraz rýchlejšie (obrázok 2). Keď sa rýchlosť rotácie disku vyrovná a prevýši rýchlosť rotácie hviezdy, dôjde k spontánnemu uvoľneniu nahromadenej hmoty smerom k hviezde (obrázky 2 a 4). Tento proces sa prejavuje ako vzplanutie.

Objav dokazuje existenciu javu, ktorú vedci nazvali „vzplanutie typu II“. Objav umožnili tri vesmírne röntgenové ďalekohľady: XMM-Newton/ESA, NuSTAR a Swift/NASA.

NASA Press Release  
E. G.



Štyri ilustrácie objasňujú akreciu plynu do neutrónovej hviezdy v dvojhviezde MXB 1730-335. Tento typ dvojhviezdy označujeme ako „rapid burster“, po slovensky azda „rýchly zlostník“.



Obrázok č. 1. Zrkadlový ďalekohľad Astronomického ústavu SAV s priemerom hlavného zrkadla 0,6 m. Pointačná jednotka spektrografa sa nachádza v Cassegrainovom ohnisku (vľavo). Kalibračná jednotka spektrografa je umiestnená v pracovni (vpravo hore) a samotný spektrograf je umiestnený pod schodmi do kupoly (vpravo dole).

Foto: T. Pribulla a Z. Garai

## Spektroskopické dráhy exoplanetárnych sústav získali už aj Slováci

**Objaviť a študovať exoplanéty nebolo a ani dnes nie je ľahkou (ani lacnou) záležitosťou. Hľadanie exoplanét si totiž vyžaduje kvalitné prístroje, veľké množstvo pozorovacieho času, ale aj sofistikované algoritmy. Možnosti menších observatórií sa však od objavu prvej exoplanéty výrazne zlepšili: CCD detektory sú citlivejšie a lacnejšie, počítače a potrebný softvér dostupnejšie. Jednoduché spektrogrfy sa rozšírili aj medzi astronómov amatérov. Aj vďaka tomu sa stala táto oblasť astrofyziky populárnou a po počítačových ťažkostiach zaznamenala obrovský vývoj.**

Jednou z hlavných metód hľadania a štúdia exoplanét v súčasnosti je metóda merania radiálnych rýchlostí. Je to nepriama metóda, keďže pozorujeme zmeny radiálnej rýchlosti materskej hviezdy vyvolané oběhom hviezdy okolo spoločného ťažiska s exoplanétou. Radiálnu rýchlosť, čiže rýchlosť v smere zorného lúča, je možné určiť z posunu spektrálnych čiar (Dopplerov jav). Ak radiálne rýchlosti hviezdy v závislosti od času vyjadríme graficky, dostaneme tzv. krivku

radiálnych rýchlostí materskej hviezdy. Z nej vieme určiť minimálnu hmotnosť exoplanéty. Skutočnú hmotnosť planéty zistíme, len ak dochádza k tranzitom, ktoré umožňujú určiť sklon dráhy. Metóda radiálnych rýchlostí bola prvou efektívnou metódou hľadania exoplanét. Podľa portálu [www.exoplanet.eu](http://www.exoplanet.eu), k 1. 5. 2017 bolo použitím tejto metódy objavených viac ako 700 exoplanét v 534 planetárnych sústavách.

Nevýhodou metódy merania radiálnych rýchlostí bola až donedávna jej nedostupnosť pre malé observatóriá. Do roku 2013 vlastne nebola na Slovensku v prevádzke žiaden stelárny spektrograf. To sa zmenilo v roku 2013, keď bol pre 60 cm ďalekohľad Astronomického ústavu SAV (Observatórium Stará Lesná; pavilón G1) zakúpený strednedisperzný ešeleťový spektrograf eShel od francúzskej spoločnosti Shelyak ([www.shelyak.com](http://www.shelyak.com)). Výhodou prístroja je, že svetlo pozorovaných objektov je privádzané do spektrografa optickým vláknom. Na ďalekohľade je umiestnená iba pointačná jednotka, riadiaco-kalibračná jednotka je v pozorovacej miestnosti (obrázok č. 1). Samotný spektrograf je pod schodmi do kupoly, kde je pomerne stabilná teplota, čo je kľúčové pre presnosť radiálnych rýchlostí, ktoré sú určené z napozorovaných spektier. Cenou za stabilné radiálne rýchlosti je nižšia účinnosť oproti spektrografom umiest-

neným priamo v ohnisku ďalekohľadu. Spektrograf je využívaný na pozorovanie hviezd do zhruba 11. magnitúdy.

### Exoplanéty v G1

Prvé merania radiálnych rýchlostí materských hviezd tranzitujúcich a netranzitujúcich exoplanét boli uskutočnené pomocou tohto prístroja v rámci testov v rokoch 2013 a 2014 s cieľom zistiť stabilitu systému radiálnych rýchlostí. Merania ukázali, že limit presnosti radiálnej rýchlosti pre jasné hviezdy je zhruba 50 m/s (na špičkových svetových prístrojoch zhruba 1 m/s). Komplexnejšie analýzy exoplanét na báze dát získaných týmto prístrojom neboli doteraz vykonané, preto sme si na tieto účely vybrali tri tranzitujúce exoplanéty – HAT-P-2b, WASP-14b a XO-3b. Materské hviezdy boli vybrané vzhľadom na veľkú amplitúdu radiálnych rýchlostí, dostatočnú jasnosť a polohu na oblohe. Všetky tri planetárne sústavy sú veľmi zaujímavé aj preto, že sú to krátkoperiodické exoplanéty obiehajúce po výstredných dráhach. Je preto možné, že tieto exoplanéty boli účastníkmi migračných procesov. Aby sme porovnali presnosť našich radiálnych rýchlostí, prevzali sme aj niektoré publikované radiálne rýchlosti HAT-P-2, WASP-14 a XO-3, ktoré boli získané na iných submetrových, metrových alebo dvojmetrových ďalekohľadoch, tiež vybavených ešeleťovým spektrografom. Výsledky porovnania presnosti radiálnych rýchlostí ukazujú, že náš prístroj je použiteľný na spektroskopické štúdium krátkoperiodických masívnych exoplanét. V prípade planetárnej sústavy HAT-P-2 bola týmto prístrojom dosiahnutá priemerná presnosť 170 m/s, v prípade WASP-14 to bola 220 m/s a v prípade XO-3 260 m/s. Táto presnosť je dobre porovnateľná s presnosťou radiálnych rýchlostí získaných na iných submetrových a metrových



Obrázok č. 2. Sfázované radiálne rýchlosti XO-3. Merania (červené štvorce) sú preložené modelom spektroskopickkej dráhy (modré krivky). Model bol počítaný z radiálnych rýchlostí XO-3, získaných iba z Observatória Stará Lesná (hore), získaných iba z OHP (uprostred) a získaných zo všetkých observatórií (dole). Na obrázku sú znázornené i rezidua preloženia (O-C) v km/s.

ďalekohľadoch. V porovnaní s dvojmetrovmi ďalekohľadmi dáva náš prístroj chyby radiálnych rýchlostí o jeden rád väčšie. Hlavnými príčinami tohto rozdielu je menší priemer nášho ďalekohľadu (a teda aj menší signál), menšie spektrálne rozlíšenie, ale aj nedostatočná stabilita spektrografu. Náš spektrograf je umiestnený v miestnosti, kde je približne stabilná teplota (zmena teploty za noc je zvyčajne menšia ako  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ale teplota v nej nie je regulovaná. Na väčších observatóriách sú spektrografy umiestnené v teplotne stabilnom prostredí. Napríklad spektrograf SOPHIE (Observatórium Haute-Provence /OHP/; 1,93 m ďalekohľad) je umiestnený v izolovanej krabici, kde teplota je udržiavaná s presnosťou  $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Spektrograf HARPS (Observatórium La Silla; 3,6 m ďalekohľad) je dokonca umiestnený vo vákuu, aby sa vylúčil vplyv zmien tlaku na stabilitu systému. Zatiaľ čo náš spektrograf umožňuje získať kalibračné snímky iba pred a po expozícii hviezdy, spektrograf SOPHIE umožňuje aj simultánne získanie hviezdnych a kalibračných spektier, čo prispieva k presnosti meraní.

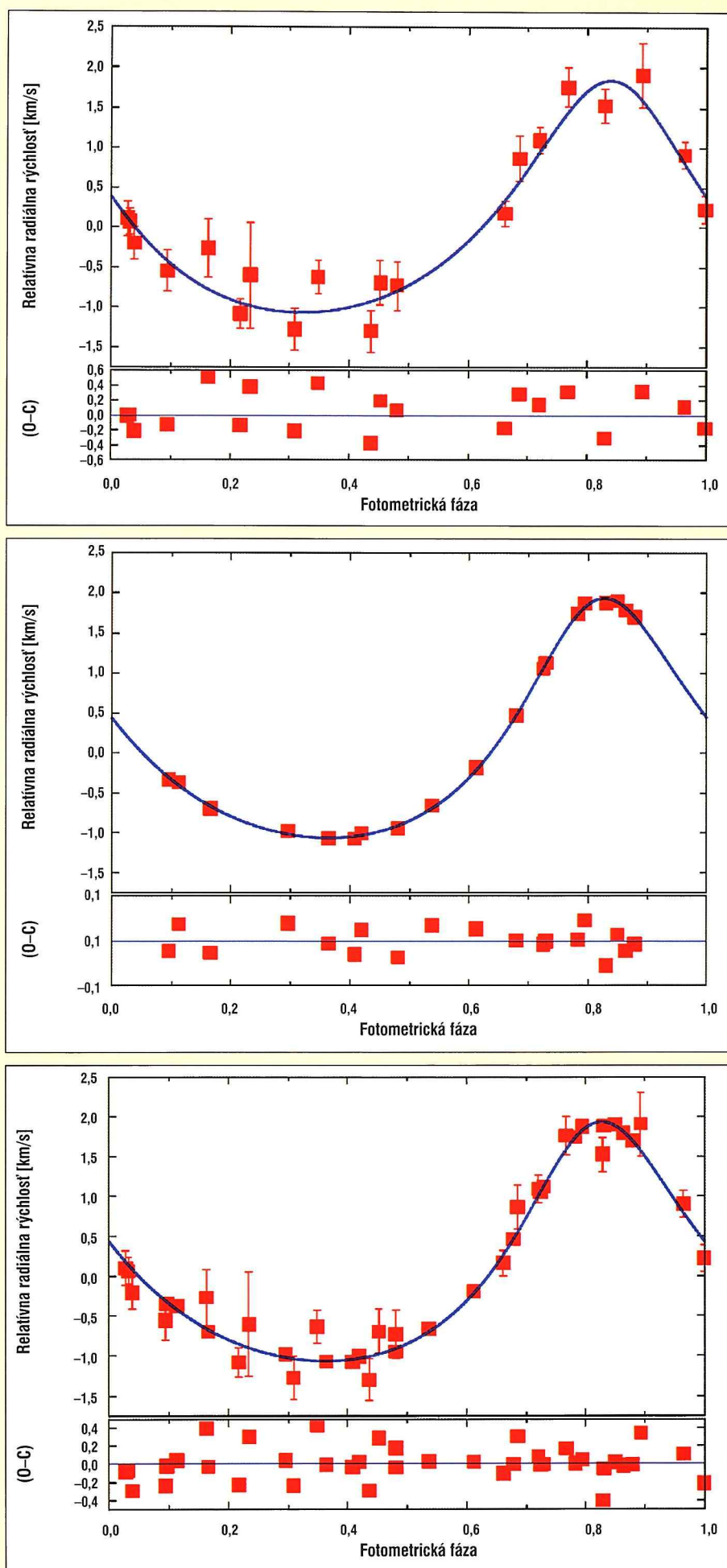
### Limity malých ďalekohľadov

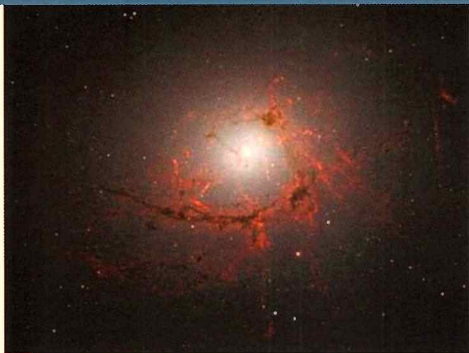
Aj napriek týmto nevýhodám môžeme povedať, že naše radiálne rýchlosti je možné použiť na účely modelovania parametrov dráh exoplanét, čo ukazujú aj výsledné modely. Ako príklad si zoberme modely systému XO-3 (obrázok č. 2). V prvom prípade sú spektroskopickou dráhou preložené naše radiálne rýchlosti, v druhom prípade radiálne rýchlosti získané spektrografom SOPHIE a v treťom prípade všetky tieto radiálne rýchlosti. Môžeme dospieť k záveru, že všetky modely na tomto obrázku sú podobné. Podobné sú aj amplitúdy radiálnych rýchlostí. Na druhej strane, výraznejšie rozdiely sú v rozptylech radiálnych rýchlostí okolo modelu – kým v prípade našich dát je to do  $\pm 500\text{ m/s}$ , v prípade radiálnych rýchlostí z OHP je to iba do  $\pm 50\text{ m/s}$ .

Na záver ale poznamenáme, že ani použitím omnoho väčšieho ďalekohľadu by sme sa nemohli dostať na úroveň presnosti spektrografu SOPHIE. Presnosť radiálnych rýchlostí totiž závisí aj od presnosti disperzného riešenia, čo je v prípade spektrografu eShel na úrovni zhruba 30 až 50 m/s a čo je dané najmä spektrálnym rozlíšením. Pod tento limit by sme sa nemohli dostať ani v tom prípade, keby sme použili omnoho väčší ďalekohľad alebo dali náš spektrograf do termálneho krytu. Detailný popis problematiky a podrobné výsledky týchto zaujímavých meraní sme pred nedávnym publikovali v odbornom časopise *Astronomische Nachrichten* (Garai a kol. 2017, AN 338, 35).

ZOLTÁN GARAI,

Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica;  
Slovenská ústredná hviezdáreň, Hurbanovo  
THEODOR PRIBULLA,  
Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica





„Vlasatá galaxia“ NGC 4696.

## Tajomstvo „vlasatej“ galaxie NGC 4696

**Eliptická galaxia NGC 4696 je nádherný kozmický šperk. Jej jasné jadro je poskrúcané v systéme tmavých, špirálujúcich, vlasy pripomínajúcich vláknien. Vyplývalo to z najnovších pozorovaní tohto hviezdneho ostrova prístrojmi Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu.**

NGC 4696 je súčasťou kopy galaxií Centaurus, vzdialenej 150 miliónov svetelných rokov. Kopy tvorí niekoľko stoviek galaxií, ktoré udržia v pokope gravitácia, podľa všetkého vrátane tmavej hmoty. NGC 4596 je najjasnejšou galaxiou v kope. Najjasnejšie galaxie jednotlivých kóp zaraďujú astronómovia do zvláštnych katalógov.

V spoločstve najjasnejších galaxií vyniká NGC 4696 mimoriadnou štruktúrou. Už dávnejšie astronómovia zaznamenali poskrúcané vlákna vlajúce z „tela“ galaxie, ktoré pripomínajú veľký kozmický otáznik.

Medzinárodný tím pod vedením University of Cambridge túto kozmickú šticu preskúmal. Každé z týchto prachových vláknien má šírku 200 svetelných rokov a 10-krát vyššiu hustotu ako okolitý plyn. Tieto vlákna sa k sebe približujú a špirálujú dovnútra, k jadrú galaxie. Vedci však zistili, že tvar a smerovanie vláknien ovplyvňuje aj samotné jadro.

Nečudo: v jadre NGC 4696 hniezdi superhmotná čierna diera. Práve ona zásobuje vnútorné oblasti galaxie energiou, ktorá zohrieva plyn a vytláča prúdy horúcej hmoty z galaxie. Tieto horúce prúdy plynu, smerujúce z jadra von, deformujú vlákna, vtáňované gravitáciou jadra z okolia. Tieto procesy generuje najmä magnetické pole, ktoré rozličným spôsobom formuje hmotu vo vláknach.

Uprostred galaxie sa vlákna skrúcajú a zavíjajú dovnútra v akejsi zvláštnej špirále. Špirálujúca hmota sa približuje k superhmotnej čiernej diere tak blízko, že gravitácia čierneho giganta z nej nasáva hmotu a hltavo ju konzumuje.

Hlbšie pochopenie povahy „vlasatých galaxií“ (galaxií s vláknami) naznačuje, prečo je tak veľa masívnych galaxií v našom susedstve zdanlivo mŕtvych. Napriek tomu, že majú „na sklade“ obrovské množstvá plynu a prachu, nové hviezdy sa v nich už nerodia. Vedci v nich objavujú zväčša iba staré, umierajúce hviezdy. Jednou z týchto jalových galaxií je aj galaxia NGC 4696. Možným dôvodom jej jalovosti by mohli byť premenlivé štruktúry silného magnetického poľa, ktoré materiál v galaxii premiešava, brzdia a rozptyľujú, čím znemožňujú formovanie protoplanét.

HST/ESA Press Release

E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-tangled-threads-cosmic-oddy.html>

## Ako vyzerajú semienka protoplanét?

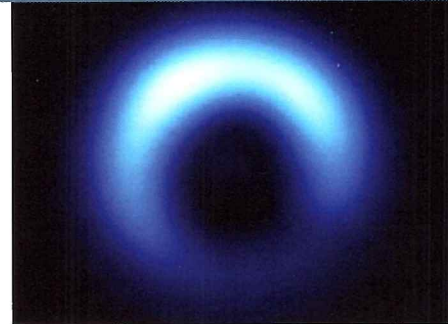
**Sústava ďalekohľadov Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA), určená na výskum najvzdialenejšieho vesmíru, po prvý raz zmerala rozmery miniatúrnych zrníek prachu okolo mladej hviezdy. Vedcov ich rozmery prekvapili: zrnká sú oveľa menšie, ako doteraz predpokladali.**

Planetológovia učia, že planéty sa formujú z plynu a zrníek prachu, hoci celý proces zatiaľ celkom nechápu. Jednu z najväčších záhad vyjadruje otázka: Ako sa zrnká s veľkosťou mikrometrov zliepajú do telesa skalnatej planéty s priemerom 10 000 kilometrov? Najväčšou prekážkou pochopenia tohto procesu bola neschopnosť zmerať veľkosť základných zrníek.

Vedci z Heidelberg University a National Astronomical Observatory v Japonsku sa rozhodli tento problém vyriešiť. Podľa ich teórie by malo byť rádiové žiarenie okolo mladých hviezd rozptyľované čiastočkami prachu. Tento rozptyl by sa mal prejavovať unikátnymi spôsobmi polarizácie tohto žiarenia. Vedci upozornili, že miera polarizácie žiarenia by nám mala umožniť zmerať veľkosť zrníek prachu oveľa presnejšie ako doteraz využívané metódy.

Teóriu otestovali na mladej hviezde HD 142527 pomocou sústavy ALMA. A naozaj: v prachovom disku hviezdy sa objavili unikátne polarizačné obrazce. V disku, ako sa predpokladalo, prevažuje radiálna polarizácia. Na jeho okraji nadobúda polarizácia tangenciálnu zložku kolmú na radiálnu zložku polarizovaného žiarenia.

Porovnaním pozorovanej miery a smeru polarizácie žiarenia s teoretickými predpoveďami vedci zistili, že veľkosť prachových zrníek nepresahuje 150 mikrometrov. Pomocou polarizácie sa tak po prvý raz podarilo určiť skutočnú veľkosť



Prachový disk okolo mladej hviezdy HD 142527, zaznamenaný sústavou ALMA.

zrníek prachu. S prekvapujúcim poznatkom: zrnká prachu sú v skutočnosti 10-krát menšie, ako sa predpokladalo!

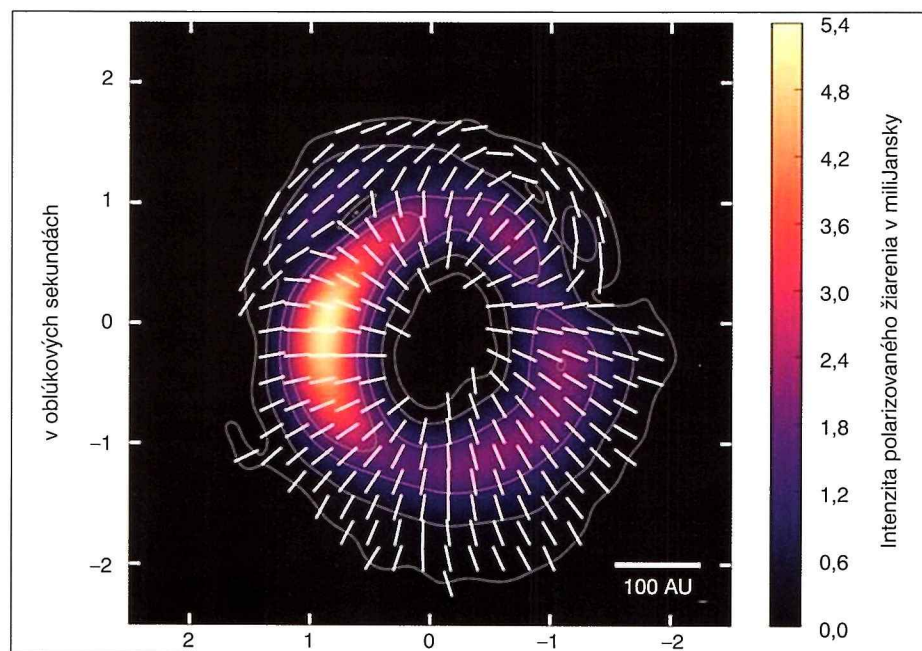
Donedávna veľkosť zrníek prachu určovali priamo, teda analýzou rádiových emisií. S predpokladom, že tieto zrnká sú sférické (gulaté). Vedci zistili, že hlavným procesom, ktorý vyvoláva polarizáciu, je rozptyl emisií tepelného žiarenia samotného prachu na iných prachových časticách sústredných v disku okolo hviezdy. Z analýzy všetkých údajov vyplývalo, že zrnká prachu nie sú gulaté, ale majú najrozličnejšie tvary. Sú to vlastne zlepenec zrníek nepravidelných tvarov s rozličnými veľkosťami.

Z makroskopického pohľadu sa takéto zrnká môžu zdať veľké. Z mikroskopického pohľadu však každá malá čiastočka „veľkého zlepenca“ rozptyľuje rádiové vlny po svojom, pričom vznikajú unikátne spôsoby polarizácie žiarenia.

Polarizované žiarenie emitovaných rádiových vln z celkovej energie žiarenia hviezdy HD 142527 predstavuje iba niekoľko percent. Iba mimoriadna citlivosť ALMA umožnila zaznamenať slabučké signály poskytujúce údaje o veľkosti a tvare prachových zrníek.

Vedci tak urobili prvý krok vo výskume evolúcie kozmického prachu pomocou polarimetrie. Už v blízkej budúcnosti sa viaceré teórie evolúcie kozmických telies môžu zásadne zmeniť.

National Astronomical Observatory in Japan;  
Astrophysical Journal  
E. G.



Polarizačné obrazce, ktoré zaznamenali ďalekohľady ALMA okolo mladej hviezdy HD 142527. Kontúry znázorňujú celkovú intenzitu emisií prachu, farebná stupnica vyjadruje intenzitu polarizovaných emisií. Biele čiarky naznačujú smer polarizácie. Uhlové rozlíšenie rádioteleskopu bolo 71×61 AU.

# Zárodok gigantickej galaxie

Astronómovia skúmajúci kopy protogalaxií z obdobia pred vyše 10 miliardami rokov objavili v strede tejto kopy zárodok veľkej galaxie, ktorá sa začína formovať. Nazvali ju Spiderweb Galaxy (galaxia Pavúčia sieť). Jej kolískou je neobyčajne hustý oblak molekulového plynu.

V blízkom vesmíre sa galaxie zväčšujú kaniibalizmom okolitej hmoty a gravitačným splyňovaním v kopách. V tejto kope kŕmi dospievajúcu galaxiu chladný plyn, v ktorom zárodok galaxie vykličil. Španielski vedci z Center for Astrobiology zistili, že v tomto prípade nejde o osamelú galaxiu, ale o zhlukujúce sa protogalaxie. V čase, keď tento proces prebiehal, mal vesmír sotva 3 miliardy rokov.

Pomocou prístrojov Australia Telescope Compact Array (ATCA) a Janského Very Large Array (VLA) zaznamenali v zhlukujúcej sa kope galaxií oxid uhoľnatý (CO). Objav tohto plynu naznačuje aj prítomnosť veľkého množstva molekulárneho vodíka, ktorý sa zle deteguje. Vedci zistili, že tento gigantický trojrozmerný oblak vodíka má hmotnosť 150 miliárd hmotnosti Slnka. Neprekvapilo ich však iba množstvo plynu, ale najmä jeho mimoriadne nízka teplota: pod mínus 200 °C. Takýto chladný plyn je najvhodnejšou surovinou pre tvorbu nových hviezd.

Vysoký podiel CO svedčí o tom, že oblak postupne obohacovali blízke supernovy v konečnom štádiu života ich progenitorov, starších hviezd. V jadrách týchto hviezd, ktoré zanikli výbuchom, sa sformovali aj uhlík a kyslík.

Pomocou údajov z ATCA odvodili vedci veľkosť plynového oblaku. Údaje z VLA ich však zaskočili: väčšinu plynu totiž neobjavili priamo v galaxiách, ale medzi nimi!

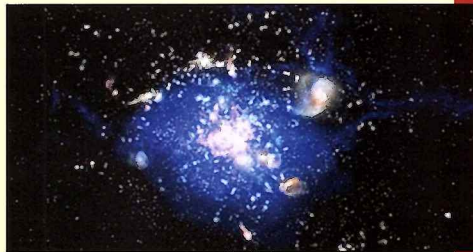
Po analýze údajov sa ukázalo, že oblak ozrutného molekulového plynu je 3-krát väčší ako Mliečna cesta!

Dávnejšie pozorovania oblaku Pavúčia sieť v UV oblasti spektra pomocou HST ukázali prekryvanie oblastí s vysokou koncentráciou vodíka a CO a svedčia o búrlivej hviezdotvorbe takmer vo všetkých oblastiach vyplnených plynom. Vedci sú presvedčení, že z tohto splyňujúceho systému sa raz sformuje jediná, gigantická galaxia.

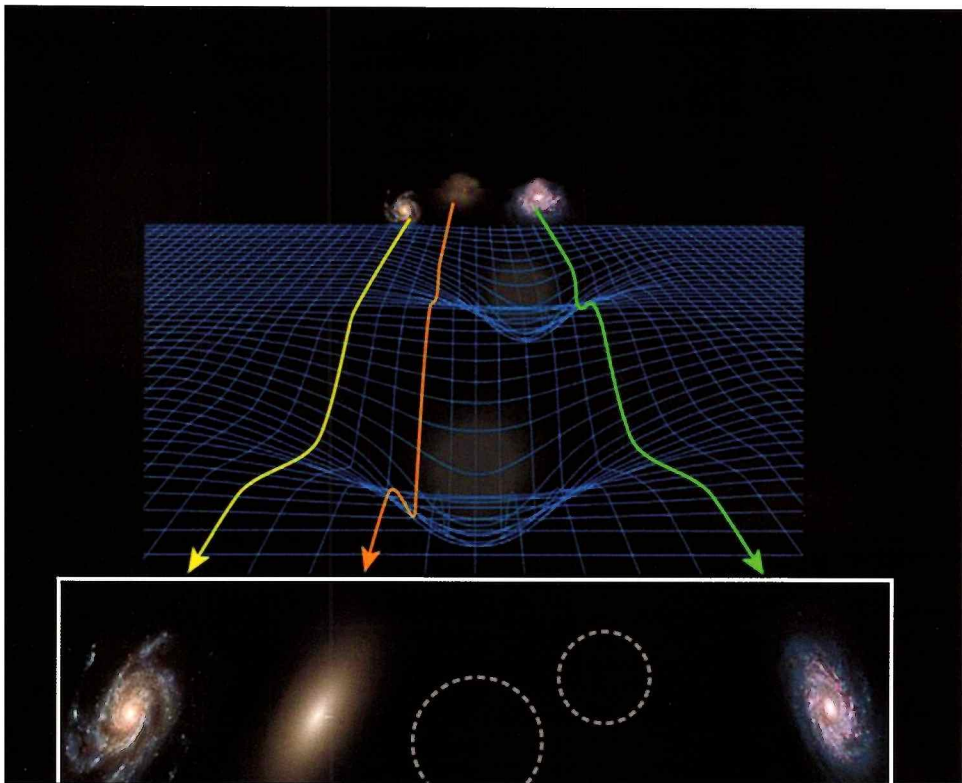
Objav vedcov fascinuje. Po prvý raz sa im podarilo pristihnúť masívnu galaxiu v kope pri tom, ako rastie. Galaxie v dnešnom vesmíre rastú a dozrievajú iným spôsobom.

National Radio Astronomy Observatory  
E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-embryonic-cluster-galaxy-immersed-giant.html>



Obrázok ilustruje kozmický „oceán“ veľmi chladného plynu, v ktorom objavili zárodok kopy galaxií, vzdialený vyše 10 miliárd svetelných rokov. Na obrázku vidíme, ako sa osamelá supergalaxia formuje uprostred gigantického oblaku plynu.



Gravitácia galaxií deformuje priestor, takže svetlo, ktoré ním putuje, je na rôzny spôsob poohýbané. Z takto deformovaného svetla dokážu vedci určiť rozloženie hmoty okolo galaxií až do stokrát väčšej vzdialenosti, ako je priemer tej-ktorej galaxie.

## Nová teória gravitácie prežila prvý test

Holandský tím po prvý raz otestoval teóriu Erika Verlindeho (University of Amsterdam) pomocou šošovkujúceho efektu gravitácie. Podľa Verlindeho teórie/hypotézy by sa zo známej hmotnosti viditeľnej hmoty mala dať odvodiť celková sila gravitácie okolo toho-ktorého objektu. Napríklad okolo galaxie.

Margot Brouwerová z rovnakej univerzity so svojim tímom merala rozloženie gravitácie okolo viac než 33 000 galaxií. Ukázalo sa, že rozloženie hmoty je v dobrej zhode s Verlindeho teóriou.

Gravitácia galaxií ohýba časopriestor tak, že nadobúda vlastnosti ozrutnej gravitačnej šošovky. Deformovaný časopriestor ohýba aj svetlo vzdialených objektov. Galaxie v pozadí, ležiace mimo ohniska ďaleko za galaxiami v popredí (fungujúcimi ako prírodná šošovka), sa pozemskému pozorovateľovi javia rozmazané. Tento efekt dokážeme odmerať a zo získaných údajov odvodiť rozloženie gravitácie okolo skúmanej galaxie v popredí.

Z údajov na veľké prekvapenie vyplynulo, že do vzdialeností 100 polomerov tej-ktorej galaxie je gravitácia oveľa silnejšia, ako predpovedá Einsteinova teória. Existujúca teória by platila iba vtedy, ak by pripočítali aj vplyv neviditeľných častíc záhadnej tmavej hmoty.

Erika Verlindeho výsledok testu astrofyzikov

nadchol. Ukázalo sa, že jeho teória vysvetľuje nielen mechanizmus pôsobenia gravitácie (i s jeho alternatívou k Einsteinovej teórii), ale aj pôvod záhadnej extragravitácie, ktorú predbežne pripisujeme tmavej hmote. Verlindeho nová teória dokáže odvodiť silu gravitácie okolo skúmaného objektu iba z hmotnosti viditeľnej hmoty.

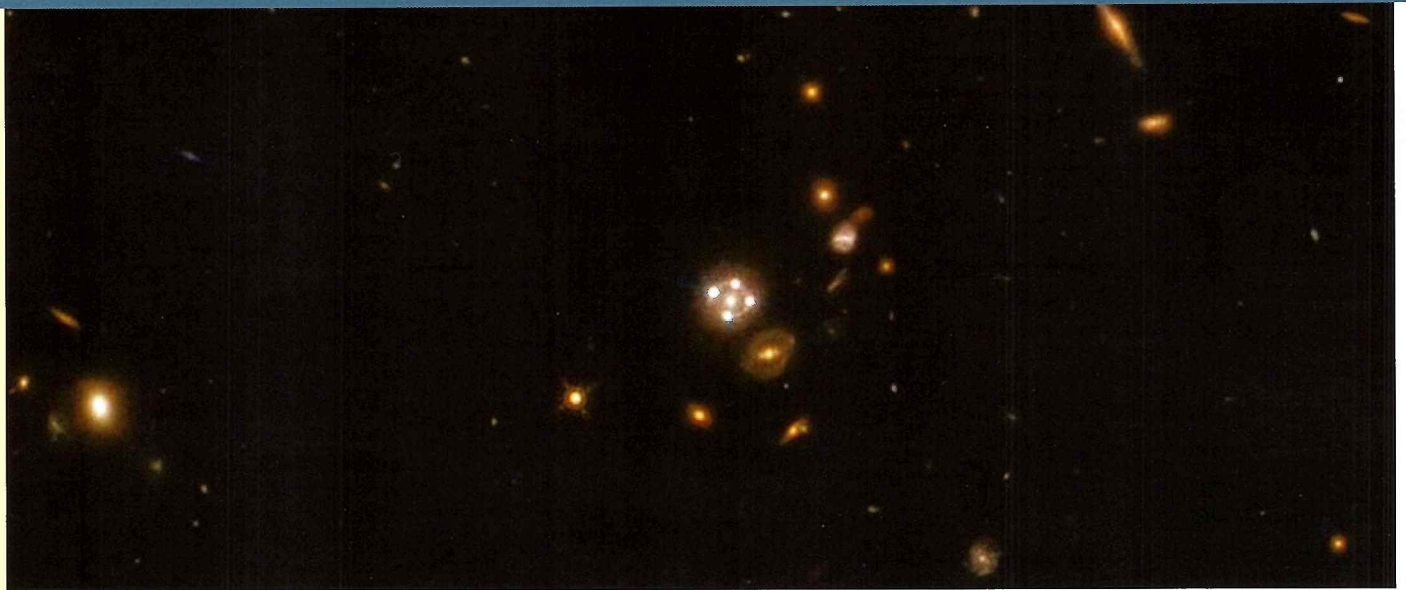
Tím M. Brouwerovej určil gravitáciu pomocou známej hmotnosti viditeľnej hmoty Verlindeho metódou pre 33 613 galaxií. Vedci potom porovnali túto Verlindeho predpoveď gravitácie s jej meraním pomocou gravitačných šošoviek. Test dokázal, že Verlindeho predpoveď je v senzáčnej zhode s pozorovaným rozložením gravitácie. Zdá sa, že tmavá hmota dokáže vysvetliť aj extragravitáciu silu.

Pri určovaní gravitácie pomocou gravitačných šošoviek je hmotnosť tmavej hmoty voľný parameter, ktorého hodnota musí byť spresnená na základe meraní. Verlindeho teória ponúka priamu predpoveď bez voľných parametrov.

*Poznámka: Verlindeho teóriu možno využívať pri skúmaní izolovaných, sférických a statických systémov, lenže vesmír je dynamický a komplexný. Zďaleka nie všetky pozorovania môže nová Verlindeho teória vysvetliť, takže mapovanie tmavej hmoty má ešte svoje muchy. Brouwerová: „Veríme, že nová teória sa bude ešte vyvíjať, ide však o to, či a ako ju dokážeme spoľahlivo testovať. Prvé výsledky testovania sú viac ako povzbudivé.“*

Royal Astronomical Society  
E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-verlinde-theory-gravity.html>



Využitím kopy galaxií ako gravitačnej šošovky uskutočnili vedci nezávislé meranie Hubblovej konštanty, čo je zároveň mierou rýchlosti rozpínania sa vesmíru. Táto doteraz najpresnejšia hodnota Hubblovej konštanty je v zhode s predchádzajúcimi meraniami pomocou cefeíd a supernov. S jedinou výnimkou: hodnota, nameraná satelitom Planck/ESA, je významne nižšia!! Planck však získal údaje monitorovaním mladého vesmíru, prejavujúceho sa dodnes v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia. Tento rozpor zatiaľ vedci nedokážu vysvetliť.

# Kozmické šošovky a rýchlosť rozpínania vesmíru

*Poznámka: Na projekte HOLICOW (H0 Lenses in COSMOGRAIL's Wellspring – fonetický preklad skratky znie Svätá krava) participovali vedci z Inštitútu Maxa Plancka pre astrofyziku, Mníchovskej univerzity a inštitútu ASIAA na Tajvane. Počas projektu okrem HST využívali aj pozemské ďalekohľady Keck, VLT/ESO, Subaru, Gemini, Victor M. Blanco, CfH a vesmírny ďalekohľad Spitzer/NASA. Dodatočne použili aj menšie ďalekohľady Euler (1,2 m) a MPG/ESO (2,2 m).*

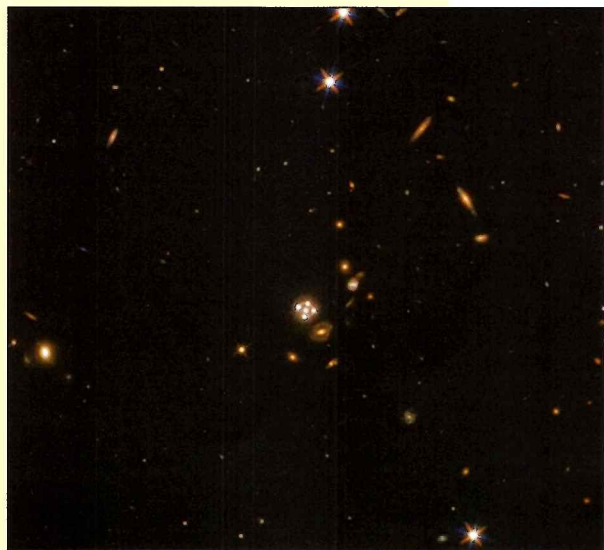
Meranie sa vydarilo. Hodnota nezávisle zmeranej konštanty je v Lokálnom vesmíre v úplnej zhode s hodnotou konštanty, ktorú určili dávnejšie pomocou premenných hviezd (cefeíd) a supernov ako referenčných bodov.

Ukázalo sa však, že Hubblova konštanta ( $H_0$ ), nameraná dvomi nezávislými metódami, nie je v zhode s údajmi satelitu Planck, ktorý ju nedávno meral v mladom vesmíre pozorovaním kozmického mikrovlnného žiarenia pozadia, pozostatku po big bangu. (Pozri poznámku na konci článku.)

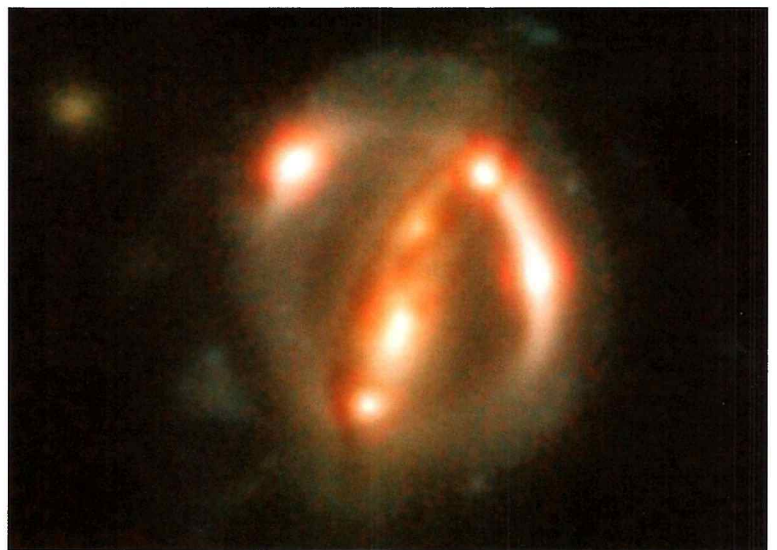
Astronómov výsledok merania rozladil, pre-

tože prijatý teoretický model univerza opäť čosi spochybnilo. Tento nesúlad akoby pootvoril dvere k novej fyzike. Preto sa zmiešaný tím rozhodol pre ešte dokonalejšiu metódu merania.

Cieľom projektu sa stali masívne kopy galaxií medzi Zemou a veľmi vzdialenými kvazarom – superjasnými aktívnymi jadrami galaxií. Ozrutná hmotnosť zhluku galaxií svetlo najvzdialenejších kvazarov zakrivuje. Vzniká tak prírodný ďalekohľad – gigantická gravitačná šošovka. Zakrivovanie svetla zo vzdialených zdrojov vytvára ich najrozličnejšie obrazy, ktoré sú viac či menej deformované. Niekedy ich vidíme ako rozsiahle



Šošovkovaný kvazar a jeho okolie: Objekt HE0435-1223 uprostred širokouhlej snímky je jedným z piatich najlepšie šošovkovaných kvazarov. Galaxia v popredí vytvorila štyri bežmála symetricky rozložené virtuálne obrazy vzdialeného kvazaru.

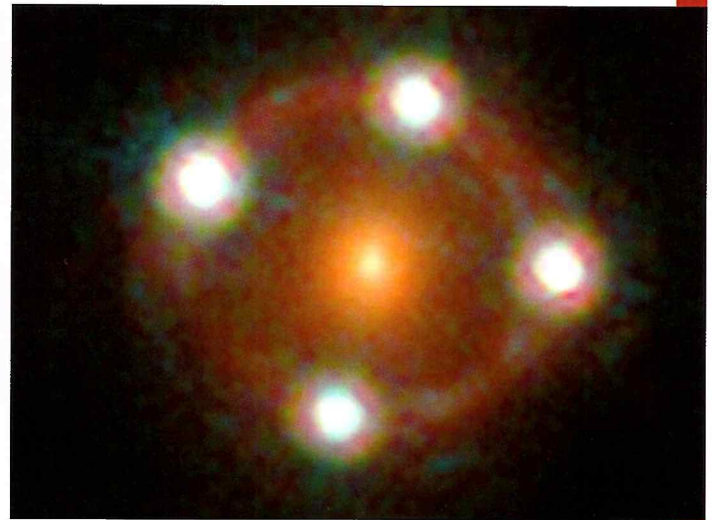
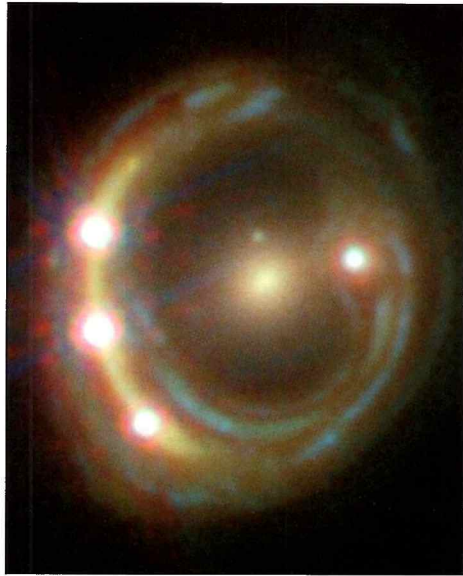


B 1606+656 je jeden z piatich doteraz najlepšie šošovkovaných kvazarov. Dve galaxie v popredí deformovali svetlo vzdialenejšej hostiteľskej galaxie kvazaru do svetlých oblúkov.



Montáž zviditeľňuje päť šošovkovaných kvazarov a galaxie v popredí z projektu H0LiCOW. Pomocou týchto objektov dokázali astronómovia nezávisle a doteraz najpresnejšie zmerať Hubblovu konštantu. Vypočítali, že vesmír sa rozpína rýchlejšie, ako to vyplýva z prijatého kozmologického modelu.

RX1131-1231 patrí tiež medzi päť najlepšie šošovkovaných kvazarov. Galaxia v popredí rozmazala obraz kvazaru v pozadí do bieleho oblúka (vľavo) a vytvorila štyri jeho virtuálne obrazy, z toho tri vľavo, v oblúku.



HE0435-1223 patrí tiež do päťice najlepšie šošovkovaných kvazarov. Galaxia v popredí vytvorila štyri takmer symetricky rozložené obrazy vzdialeného kvazaru.

oblúky, inokedy ako rozmazané kotúčiky, väčšinou v nepárnom počte obrazov.

Kopa galaxií v úlohe šošovky nedokáže totiž vytvoriť dokonalé, okrúhle deformácie, pretože galaxie a kvazary nie sú v zornom lúči obrazu kvazarov ideálne zoradené. Svetlo z kvazaru v pozadí teda putuje ku gravitačnej šošovke po rozlične dlhých dráhach.

Ak sa jasnosť kvazaru v pozadí zmení (zosilnie alebo pohasne), astronómovia na jeho virtuálnych obrazoch (môže ich byť niekoľko) nezaznamenajú pokles jasnosti súčasne. Každý kotúčik zmení jasnosť v závislosti od dĺžky dráhy svetla putujúceho od kvazaru k šošovke. Tieto časové rozdiely majú priamy vzťah k hodnote Hubblovej

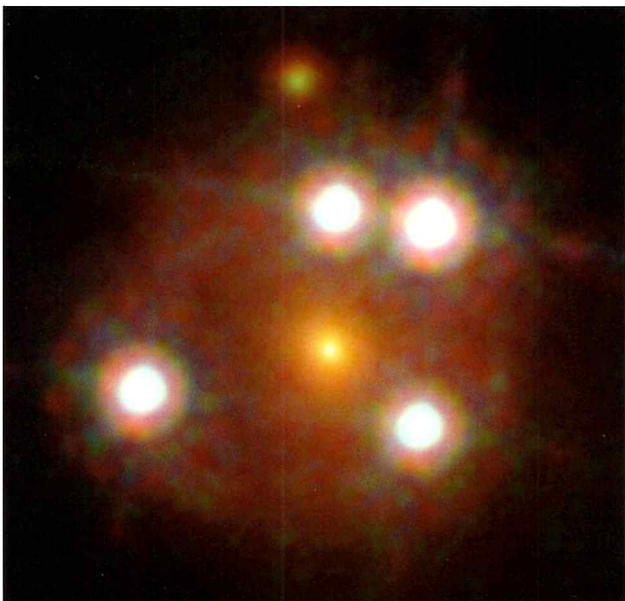
konštanty. Vedci považujú túto metódu za najjednoduchšiu a najpresnejšiu spôsob merania konštanty, pričom využíva iba geometriu a všeobecnú teóriu relativity.

Presné meranie časových posunov medzi jednotlivými snímkami spolu s počítačovým modelovaním umožnili vedcom odvodiť Hubblovu konštantu s doteraz nevídanou presnosťou 3,8 %. Bez presnej hodnoty Hubblovej konštanty by sme sa nedozvedeli, či naše predstavy o vesmíre, zloženom z tmavej energie, tmavej hmoty a normálnej hmoty sú už správne, alebo ešte čosi podstatné nechápeme.

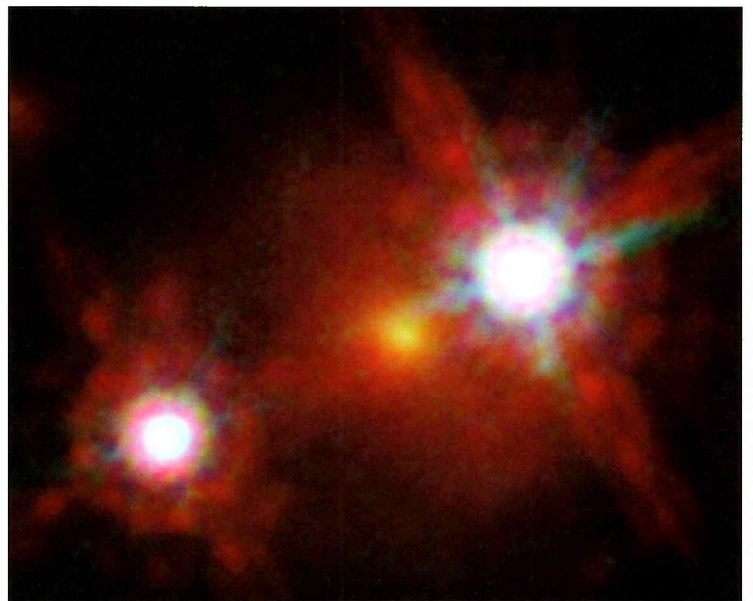
*Poznámka: Tím H0LiCOW zistil, že hodnota Hubblovej konštanty ( $H_0$ ) je  $71,9 \pm 2,7$  km/s na megaparsek. V roku 2016 iný tím pomocou Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu určil, že  $H_0 = 73,24 \pm 1,74$  km/s na megaparsek. V roku 2015 satelit Planck (ESA) zmeral hodnotu s doteraz najvyššou presnosťou:  $H_0 = 66,93 \pm 0,62$  km/s na megaparsek. V tomto prípade však išlo o  $H_0$  v mladom vesmíre, krátko po big bang. Hodnotu z Plancka určili vedci po vyhodnotení údajov mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CMB).*

HST Press Release  
E. G.

<http://spacetelescope.org/news/heic1702/>



WF12033-4723 je jedným z piatich najlepšie šošovkovaných kvazarov. Galaxia v popredí vytvorila štyri zdanlivé obrazy kvazaru, tentoraz nerovnomernejšie rozložené.



HE1104-1805, posledný z päťice doteraz najlepšie šošovkovaných kvazarov. Galaxia v popredí (uprostred snímky) vytvára po oboch stranách dva jasné obrazy vzdialeného kvazaru.

## Mimoriadne zriedkavá galaxia

Galaxiu PGC 1000714 možno pozorovať len na Južnej oblohe, ale iba pomocou najväčších ďalekohľadov. Pohybuje sa vo vzdialenosti 359 svetelných rokov. Ani najväčší znalci galaxií doteraz nič podobné neskúmali: prekvapilo ich, že okolo vajcovitého jadra rozlíšili nie jeden, ale dva okrúhle prstence.

Vedcom z University of Minnesota sa najprv zdalo, že ide o ďalšiu galaxiu typu Hoag, ktoré sú extrémne zriedkavé. Iba jeden z tisícov hviezdnych ostrovov patrí do tejto galaktickej triedy. Typické pre galaxie tohto typu je, že medzi okrúhlym jadrom a prstencom nepozorujú vedci nijaké prepojenie.

Vedci celé roky snímky tejto čudnej galaxie (získané na jednotlivých i kombinovaných vlnových dĺžkach) zhromažďovali a analyzovali. S cieľom odhadnúť vek dvoch hlavných útvarov – vonkajšieho prstenca a centrálneho útvaru. Zistili, že modrý, mladý prstenec má zhruba 0,13 miliardy rokov, centrálna jadro 5,5 miliardy rokov.

Najväčším prekvapením prvej fázy pozorovania však bol objav ďalšieho, vnútorného prstenca! Pri galaxiách typu Hoag doteraz nijaký druhý prstenec neobjavili.

Vnútorný, červený prstenec zviditeľnili tak, že zo získaných snímok odpočítali (odstránili) model jadra. Iba tak sa im podarilo pozorovať a zmerať utajenú štruktúru.

„Galaxie s modrým prstencom a centrálnym, červeným útvarom sme už viackrát pozorovali. Väčšina z nich patrí do triedy Hoagových objektov. Galaxia PGC 1000714 má však čosi naviac: difúzny červený vnútorný prstenec, čo je naozajstne unikát“, nadšene hovorí Patrick Treuthardt, člen tímu objaviteľov z Minnesota University.

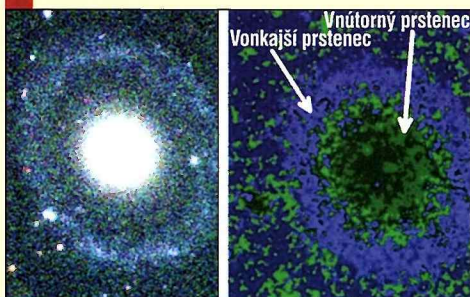
Galaktické prstence sú oblasťami, kde sa v kolidujúcich oblakoch plynu formujú hviezdy. Odlišné farby vonkajšieho a vnútorného prstenca prezrádzajú, že na tomto hviezdnom ostrove sa odohrali dve nezávislé obdobia formovania. Z jednoduchých snímok však vedci nedokážu vyčítať, ako sa prstence v tejto bizarej galaxii sformovali. Potrebovali by preskúmať a porovnať niekoľko takýchto galaktických exotov.

Nakolko tvary galaxií môžu byť produktom vnútorných i vonkajších interakcií, nie je vylúčené, že vonkajší prstenec môže byť produktom „galaktickej lúpeže“. Galaxia PGC 1000714 si jednoducho „uchmatla“ časť blízkej, trpasličej galaxie. História vnútorného, červeného prstenca dokážu vedci rekonštruovať až po analýze infračervených snímok s vyšším rozlíšením.

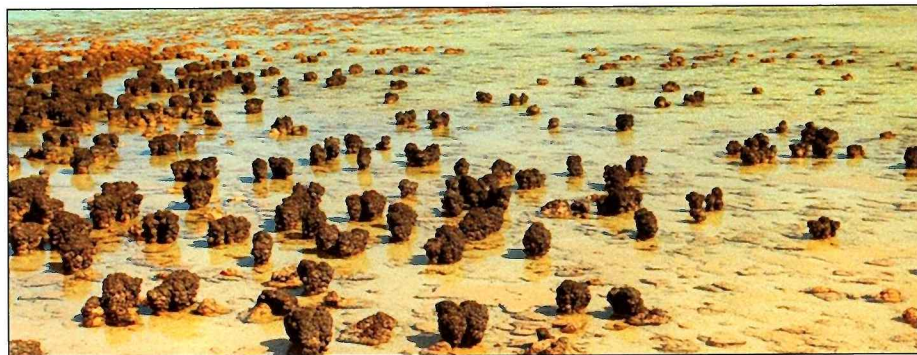
Objav je významným príspevkom k pochopeniu procesov formovania galaxií.

Royal Astronomical Society  
E. G.

<https://phys.org/news/2017-01-extremely-rare-galaxy.html>



Na snímke vľavo vidíte galaxiu PGC 1000714. Na obrázku vpravo vidíme farebnú, indexovú mapu B-I, na ktorej sa dajú jednoznačne rozlíšiť vonkajší, modrý i difúzny, vnútorný, zelenkavý prstenec okolo centrálného útvaru/jadra galaxie.



Prekambričné stromatolity, sformované v pobrežnom šelfe Austrálie pôsobením prokaryotických mikroorganizmov, ktoré mali veľkú zásluhu na obohatení atmosféry kyslíkom.

## Možno nie sme prví

**Platí, že komplexný život sa vyvinul počas 4,5 miliardy rokov trvajúcej existencie Zeme iba raz. Navyše zrejme išlo o extrémne zriedkavú, v podstate náhodnú udalosť. Podľa najnovších objavov sa však podmienky na vznik a vývoj zložitejších živých organizmov vytvorili najmenej raz (možno niekoľkokrát) predtým, ako sa sformovali prvé mnohobunkové organizmy našej evolučnej vetvy, končiace hominidmi a človekom.**

Naozaj na Zemi už pred miliardami rokov existovali formy života, ktoré ničím nepripomínali tie dnešné? Ale pekne po poriadku: Zem má zhruba 4,5 miliardy rokov. 700 miliónov rokov po jej vzniku sa na Zemi objavili dve z troch ríš života, ktoré pozorujeme aj dnes: baktérie a archej.

Tieto jednoduché jednobunkové organizmy preživali miliardy rokov, až kým sa (zhruba pred 1,75 miliardami rokov) neobjavila tretia ríša života: eukaryoty (ich hlavným znakom je bunka s jadrom a organelami oddelenými od jadra membránami). Medzi eukaryoty zaraďujeme všetky zložitejšie organizmy vrátane húb, rastlín, zvierat a ľudí.

Dodnes nie je jasné, ako sa sformoval zložitejší život. Podľa uznávanej hypotézy archej konzumovali bunky baktérií. V niektorých prípadoch sa v takto splynutých bunkách vytvoril symbiotický vzťah, vďaka ktorému dokázali spolupracovať a vytvárať čoraz zložitejšie, komplexnejšie štruktúry. Podľa alternatívnej hypotézy sa v baktériách vyvinuli mitochondrie, ktoré sa starajú o jej energetické hospodárstvo.

Bez ohľadu na to, ktorá hypotéza je pravdivá, eukaryoty mohli vzniknúť iba vtedy, keď už atmosféra Zeme mala dostatok kyslíka. Tento prvok sa začal tvoriť pred miliardami rokov vďaka cyanobaktériám (siniciám). Jeho množstvo v atmosfére však rástlo pomaly. No pred 1,6 miliardami rokov ho bolo toľko, že sa mohol sformovať komplexný život.

Biológovia z University of Washington nedávno dokázali, že na Zemi bolo dost kyslíka už v období medzi 2,4 až 2 miliardami rokov, potom sa však jeho množstvo náhle znížilo. Znamená to, že prísady potrebné na komplexný život na Zemi existovali dávno pred dobou, z ktorej sa

zachovali fosílie prvých mnohobunkových organizmov.

Najstaršie fosílie mikroorganizmov majú zhruba 1,75 miliardy rokov. Neznamená to však, že neexistovali skôr.

Astrobiológ Roger Buick: „Dnes vieme, že staršie fosílie zložitejších organizmov sa jednoducho nemohli zachovať, hoci vznikli, vegetovali a stali sa ekologicky významnými. Dodnes však nemáme nijaký dôkaz na báze DNA, že včasnejší komplexný život na Zemi naozaj existoval.“

Prečo sa tento hypotetický život nezachoval až podnes, ak už raz vznikol a vyvíjal sa? Spôsobilo to prudký pokles podielu kyslíka v atmosfére. Čo tento pokles spôsobilo?

Americkí vedci analyzovali stopy selénu, uväzneného vo vrstve usadenín v období 2,4 až 2 miliardy rokov s cieľom zistiť, do akej miery sa tento prvok v dôsledku prítomnosti kyslíka zmenil (zoxidoval). Oxidácia zanecháva po sebe stopy v podobe podielu izotopov selénu uchovaných v horninách.

„Traduje sa, že históriu kyslíka na Zemi možno vyjadriť príbehom: spočiatku nijaký, potom trochu, potom potopa,“ pripomína R. Buick. „Dnes však vieme, že počas obdobia, ktoré trvalo najmenej 250 miliónov rokov, bolo v atmosfére Zeme kyslíka dosť. Prinajmenšom vzhľadom na možnosť vzniku viacbunkových organizmov.“

Pravdaže, 250 miliónov rokov je príliš krátky čas na to, aby sa vyvinuli zložitejšie organizmy v celej ich zázračnej, premenlivej rôznorodosti. A ak aj tento proces nastal, náhly pokles hladiny kyslíka ich postupne zahubil.

Už pred 50 rokmi niektorí vedci tvrdili, že minimálne raz už v histórii mladej Zeme nastal vzostup hladiny kyslíka v atmosfére. Tentoraz sa potvrdilo, že mali pravdu. Ba čo viac: ich nasledovníci dokázali toto obdobie preštudovať do detailu. Netušia iba jedno: čo spôsobilo rýchlu nadprodukcii kyslíka a čo ju neskôr rovnako rýchlo zastavilo.

„Obdobie selénu je výnimočné,“ upozorňuje Eva Stuecken zo St. Andrews University v Škótsku. „Pred ním i po ňom bolo všetko inakšie.“

Nech je tak, alebo onak, nikdy sa nedozvieme, či zložitejší život vznikol a vyvíjal sa ešte pred obdobím, kedy vznikali prvé eukaryoty, uchované ako dnešné fosílie. Vieme však, že podmienky na vznik komplexnejšieho života sa na Zemi vytvorili najmenej dvakrát.

National Academy of Sciences  
E. G.

<http://www.sciencealert.com/complex-life-could-have-existed-on-earth-at-least-once-before>

# Nová populácia hviezd

**Nasledujúci objav zmenil názor na pôvod guľových hviezdokôp. Sú to zhluky zhruba milióna hviezd, ktoré sa sformovali na počiatku histórie Mliečnej cesty.**

Astronómovia z Liverpool John Moores University sa podieľajú na Sloanovej digitálnej prehliadke. Spolupracujú aj na projekte APOGEE (Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment), ktorý zhromažďuje údaje o vyžarovaní v infračervenej oblasti spektra státisícov hviezd v našej Galaxii.

Počas skúmania hviezd smerom k centru Galaxie objavili novú populáciu hviezd, predtým pozorovaných iba v guľových hviezdokopách. Tieto hviezdy kedysi boli zložkami hviezdokôp,

ktoré sa počas búrlivého formovania stredú Galaxie rozsykali. Mliečna cesta v tom čase mala 10-krát viac guľových hviezdokôp ako dnes.

Objav významne prispieje k pochopeniu prvých fáz vývoja nášho hviezdneho ostrova. Hviezdy v centre Galaxie sme donedávna nedokázali rozlíšiť, pretože ich zahaľovali husté záclony prachu. Okno do vnútra Mliečnej cesty sa do istej miery otvára iba v infračervenej oblasti, pretože prach infra-fotóny až tak dôkladne neabsorbuje. A vedci okolo APOGEE používajú prístroj, ktorému sa v tejto oblasti nevyrovná nič.

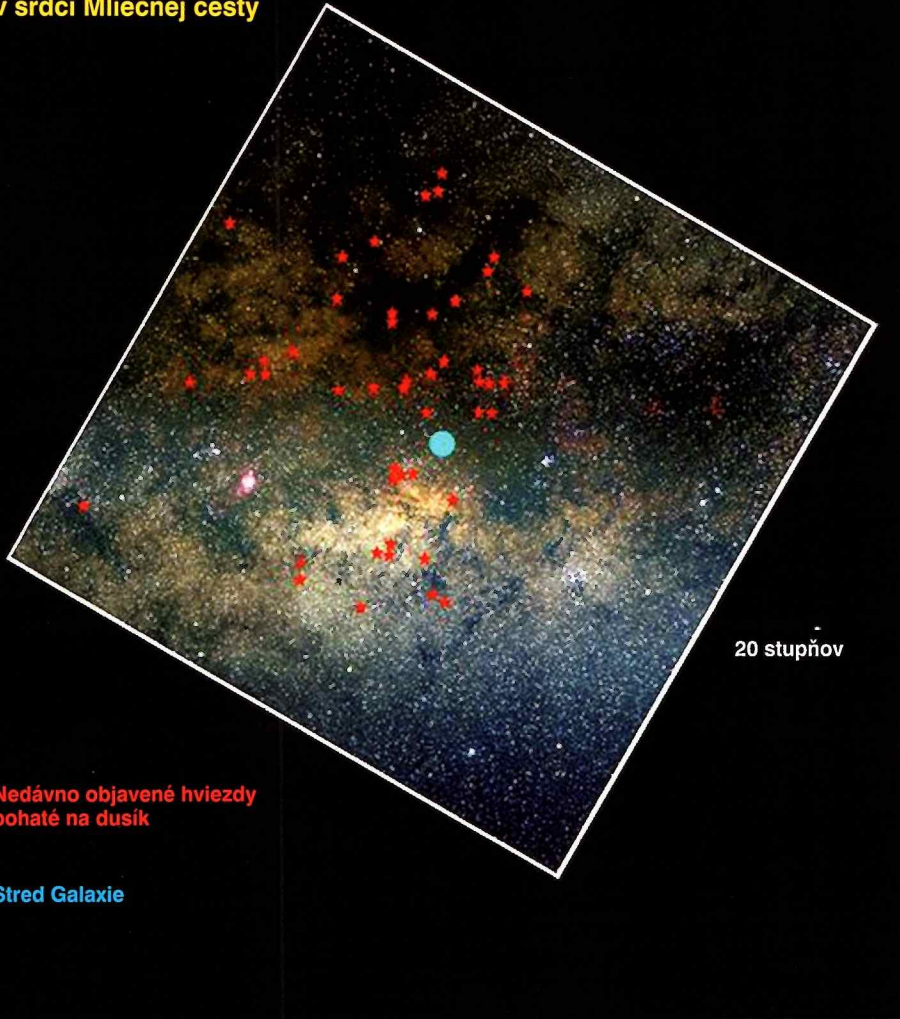
Richardo Schiavon, vedúci projektu: „Z našich údajov dokážeme odvodiť chemické zloženie tisícok hviezd, medzi nimi značný počet takých, ktoré sa od populácie uprostred Galaxie podstatne odlišujú najmä vysokým podielom dusíka. Tieto hviezdy sú podľa všetkého vedľajším produktom prvej etapy formovania hviezd na počiatku vzniku Galaxie.“

Royal Astronomical Society

E. G.

<http://astronomynow.com/2016/11/23/newly-discovered-stars-shed-light-on-milky-ways-formation/>

## Nová rodina hviezd v srdci Mliečnej cesty

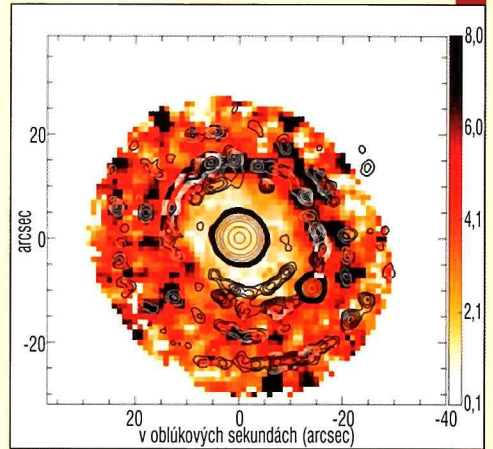
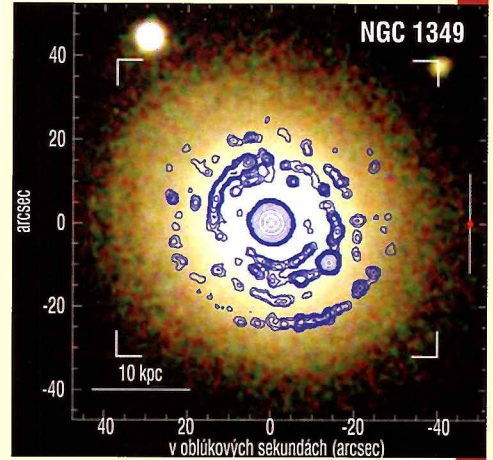


★ Nedávno objavené hviezdy bohaté na dusík

● Stred Galaxie

20 stupňov

Optická snímka znázorňuje vnútorných 20 stupňov Mliečnej cesty pri pohľade zo Zeme. (Pre porovnanie: Zdanlivý uhlový priemer Mesiaca na oblohe je 30'.) Táto oblasť oblohy je vzhľadom na vysokú hustotu stredú Galaxie extrémne prehustená. Navyše, medzi stredom Galaxie a Zemou je mimoriadne veľa hviezd. Tmavé škvrny na snímke zviditeľňujú oblasti, kde žiarenie zo stredú Galaxie blokuje prach. Kruh uprostred označuje polohu stredú Galaxie, červené hviezdy označujú polohy hviezd objavených v rámci APOGEE (ide o doteraz neznámu populáciu hviezd).



Galaxia NGC 1349 prekrytá kontúrami špirálovitých oblastí hviezdotvorby (hore). Na obr. dole predstavujú farebné oblasti priestorové rozloženie ekvivalentnej šírky čiary H $\alpha$  v Ångströmoch s vyznačenými rovnakými kontúrami špirálovitých oblastí hviezdotvorby v tej istej galaxii ako na obr. hore.

## Ani staré galaxie nie sú jalové

Oblasti HII, kde sa rodia hviezdy, označujeme ako modré, pretože v nich hniezdia masívne, modré hviezdy s krátkym životom. Vyskytujú sa najmä v diskoch špirálových galaxií. Naopak, v eliptických a šošovkových galaxiách (považovaných za prvotné, najstaršie) dominujú staré, červenkasté hviezdy. Donedávna sme ich vnímali ako mŕtve maternice, v ktorých sa už hviezdy nerodia.

Portugalskí vedci v rámci projektu CALIFA (The Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey) nedávno objavili vo viditeľnom svetle na perifériách troch starých galaxií zvláštne špirálové útvary. Vo všetkých našli príznaky rastu. Objav týchto štruktúr podnietil aj zvedavosť ďalších tímov.

Polychronis Papaderos z University of Porto objav komentoval takto: „Zväčšovanie štruktúr odpísaných ako 'staré a mŕtve' v blízkom, lokálnom vesmíre, mimo zásobníkov chladného plynu, nevyhnutného pre formovanie mladých hviezd, je záhadou.“

Astronomy and Astrophysics

E. G.

<http://astronomynow.com/2016/11/22/spiral-like-patterns-of-star-formation-discovered-in-old-galaxies/>

## Ako vznikajú superjasné supernovy?

Medzinárodný vedecký tím simuloval brutálnu kolíziu supernovy s okolitým plynom. Nebol to riedky plyn rozptýlený v medzihviezdnom priestore, ale plynové obálky, ktorých sa umierajúca hviezda na sklonku života ešte pred výbuchom postupne zbavuje. Kolízia materiálu vyvrhnutého supernovou s plynom uvoľnených obálok sa prejaví extrémne jasným vzplanutím svetla, ktoré postupne pohasína.

Mnohé supernovy, objavené počas ostatných desiatich rokov, mali o tri rády vyššiu jasnosť ako normálne supernovy známych typov. Vedci z Kavli Institute for the Physics and Mathematics označili tieto úkazy ako Superluminous Supernovae (SLSNe).

Niektoré z týchto supernov majú v spektre vodík, v iných niet po vodíku ani stopy. Tie druhé, chudobné na vodík, zaraďujeme medzi supernovy typu I (SLSNe-I). Superjasné supernovy do značnej miery sponchýňujú teóriu vývoja hviezd. (Treba priznať, že ani mechanizmy prebiehajúce v normálnych supernovách zatiaľ celkom nechápeme.)

Elena Sorokina zo Sternberg Astronomical Institute (členka inštitútu Kavli) spolu s kolegami (Nomoto, Blinnikov, Tolstov) sa pokúsila vysvetliť široký rozsah pozorovaných svetelných kriviek zo SLSNe-I. V scenári, v ktorom sa na výbuch spotrebuje oveľa menej energie ako pri ostatných modeloch.

Model z Kavli s minimálnym výdajom energie

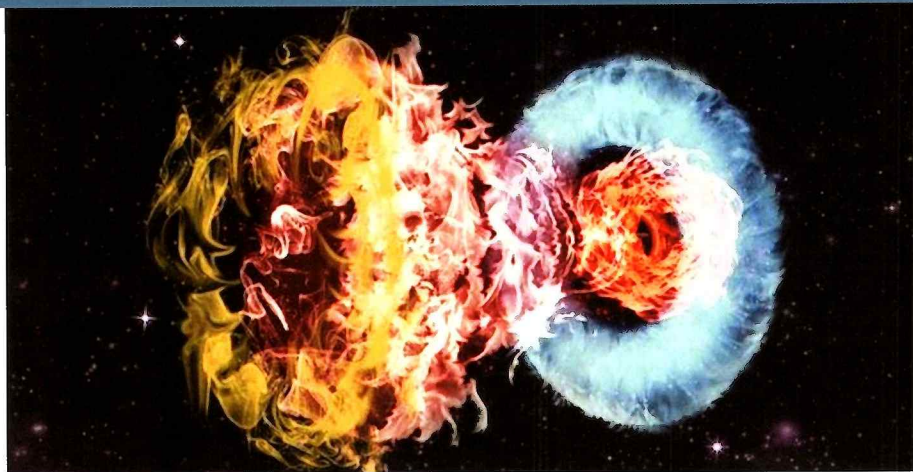
## Prispela slabá supernova k zrodu Slna a sústavy?

Pred 4,6 miliardami rokov čosi podráždilo prachoplynový oblak, v ktorom sa neskôr zrodila Slna a sústava. Oblak skolaboval a uprostred vzniklo protoslnko opásané diskom, kde sa neskôr formovali planéty. Postláčať takýto oblak a prinútiť ho ku kolapsu mohla aj supernova. Hviezda, ktorá ukončila svoj život mohutným výbuchom. Autori tejto hypotézy nemali donedávna v rukách ani ten najmenší dôkaz.

Vedci z University of Minnesota sa zamerali na izotopy atómov s krátkou dobou života v mladej Slna a sústave. Vzhľadom na ich krátku životnosť by mohli byť produktom supernovy. Hojnosť výskytu týchto izotopov v mladej Slna a sústave vypočítali z produktov ich rozpadu v meteoritoch. Vďaka meteoritom sa dozvedáme, z akého materiálu sa Slna a sústava sformovala.

Yong-Zhong Qian z University of Minnesota je presvedčený, že tento primordiálny (prvotný) materiál vytvorila naozaj supernova. Relatívne malá a s nízkou hmotnosťou.

Qian je znalcom tvorby izotopov v superno-



predpokladá, že hviezda, progenitor supernovy, sa ešte pred výbuchom niekoľkokrát zbaví väčšieho množstva hmoty. Odvrhnuté obálky vytvoria okolo zomierajúcej hviezdy štruktúru pripomínajúcu vrstvy cibule. Tak sa napokon prejavujú takmer všetky masívne hviezdy na sklonku života. Odvrhnuté obálky sú zväčša riedke, rozstrapkané, takže svetlo generované väčšinou supernov prakticky neovplyvňujú.

Niekedy sa však stáva, že iba niekoľko rokov pred veľkou explóziou sa hviezda zbaví veľkého množstva hmoty. Takáto obálka je oveľa hustejšia. Nárazové vlny, dôsledok zrážky výbuchom odvrhnutej hmoty s hustou obálkou, vygenerujú silné vzplanutie, oproti ktorému je jasnosť normálnej, „nahej“ supernovy (bez predtým vyvrhnutej obálky) zanedbateľná.

Scenár „interagujúcich supernov“ vysvetľuje nielen rýchlo či pomaly pohasínajúce SLSNe-I, ale aj zdanlivé správanie sa celej plejády jasných

objektov. V skutočnosti to môžu byť normálne supernovy explodujúce v mimoriadnom prostredí.

Zvláštnosťou je aj chemické zloženie oblakov v okolí SLSNe-I. Normálny hviezdny vietor sa skladá najmä z častíc vodíka. (Všetky termonukleárne reakcie prebiehajú v jadre hviezdy, vonkajšie vrstvy sú „vodíkové“.)

V prípade SLSNe-I to neplatí. Hviezda – progenitor superjasej supernovy spotrebuje pred výbuchom všetok vodík a väčšiu časť hélia. Preto vo vyvrhnutej hmote detegujeme najmä uhlík a kyslík. Hviezda teda exploduje zahalená do hustej obálky oxidu uhoľnatého (CO).

Tento objav je výzvovou pre teóriu vývoja hviezd.

Kavli Press Release

E. G.

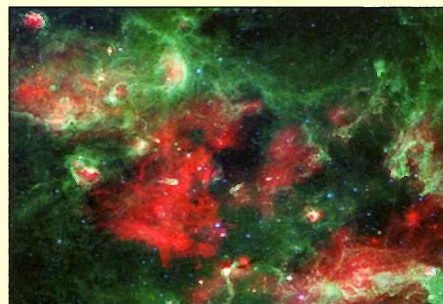
<https://phys.org/news/2016-11-violent-collision-massive-supernova-gas.html>

vách. V minulosti opísal niekoľko mechanizmov prebiehajúcich v supernovách s nerovnakými hmotnosťami. Qianov tím sa postupne vzdal pôvodného predpokladu, podľa ktorého formovanie Slna a sústavy spustila superhmotná supernova. Pozostatkom po takom výbuchu by mal byť súbor špecifických, vedľajších produktov; tie však v meteoritoch nenašli.

Vedci predpokladajú, že zotopy objavené v meteoritoch môžu byť produktmi iba slabšej supernovy s hmotnosťou najvyšš 12 Slnk. Svoj výskum začali overovaním koncentrácie izotopu  $^{10}\text{Be}$  s krátkou dobou života, ktoré má 4 protóny (preto je v Mendelejevovej tabulke na 4. mieste) a 6 neutrónov. Takéto izotopy sa v meteoritoch hojne vyskytujú.

Hojnosť  $^{10}\text{Be}$  v meteoritoch bola donedávna sama osebe záhadou. Viacerí vedci sa nazdávali, že  $^{10}\text{Be}$  vytvorilo spájanie atómov vyvolané

Pred 4,6 miliardami rokov náhle skolaboval veľký oblak prachu a plynu. Tak podľa teórie vznikla Slna a sústava. Čo tento kolaps spôsobilo? Oblak vzratal podobne ako oblaky vzdialené 4 500 svetelných rokov v súhvezdí Labute.



Pomocou nových modelov supernov vedci ukázali, ako mohlo  $^{10}\text{Be}$  vzniknúť termonukleárnymi reakciami vyvolanými interakciou neutrín s izotopom hélia  $^4\text{He}$  (neutrino spallation of helium) v obálke supernovy. Vo veľkom i v malom množstve. Overenú všadeprítomnosť tohto izotopu berýlia v meteoritoch však vysvetľuje iba výbuch malej supernovy.

Objav otvára nový smer výskumu prvotného materiálu v Slna a sústave.

Qian: „Model supernovy s malou hmotnosťou nevysvetľuje iba hojnosť výskytu  $^{10}\text{Be}$ , ale aj ďalších izotopov s krátkym životom:  $^{41}\text{Ca}$ ,  $^{107}\text{Pd}$  a niekoľkých ďalších. Materiál, ktorý týmto spôsobom vzniknúť nemohol, pochádza z iných procesov a zdrojov.“

Qianova skupina sa zameriava na zvyšné záhady okolo jadier s krátkym životom v meteoritoch. Prvým krokom bude overenie ich vlastnej teórie hľadanim  $^7\text{Li}$  a  $^{11}\text{B}$ , ktoré vznikali súčasne s  $^{10}\text{Be}$  termonukleárnou reakciou vyvolanou interakciou neutrín s jadrmi hélia.

University of Minnesota Press Release

E. G.

<http://astronomynow.com/2016/11/29/did-a-low-mass-supernova-trigger-formation-of-solar-system/>



M. Bertenová aj. uvedli, že oblast výbuchu supernovy **iPTF13bvn** třídy Ib objevené 16. 6. 2013 snímkoval *HST* před výbuchem, takže na snímku je vidět předchůdce supernovy. Ukázalo se, že jde o dvojhvězdu, která obsahovala původně dvě složky o počátečních hmotnostech  $20 M_{\odot}$  a  $19 M_{\odot}$ , jež kolem společného těžiště obíhaly v periodě 4,1 d. Výměna hmoty mezi složkami způsobila, že v čase výbuchu měla původně primární složka hmotnost už jen  $3,7 M_{\odot}$ , zbavila se veškerého vodíku, takže se změnila v héliovou hvězdu. Její poloměr se přitom zvětšil na  $32 R_{\odot}$ . Naproti tomu sekundár se stal Wolfovou-Rayetovou hvězdou o hmotnosti  $34 M_{\odot}$ , svítivosti  $234 kL_{\odot}$  a efektivní teploty  $44 kK$ , která explodovala jako supernova Ib.

Podobně C. Raskin aj. studovali **vznik supernov Ia** splynutím dvou bílých trpaslíků typu CO, což vede k osově souměrnému výbuchu tvaru přesýpacích hodin. Použili k tomu výpočetní kód *CASTRO* (*Compressible ASTROphysics*), jenž vyžaduje spolupráci 200 tis. procesorových jader a postupné krokování výpočtu po 0,1 milisekundě. Výsledek je ovlivněn jednak poměrem hmotností obou bílých trpaslíků před výbuchem, dále pak škálovou tloušťkou společného disku, množstvím vzniklého radionuklidu  $^{56}\text{Ni}$  a centrální hustotou zbytku jádra splynutých trpaslíků. Autoři poskytli k ověření na reálných pozorováních výpočty vzhledu světelné křivky a změn spektrálních profilů.

R. Scalzo aj. shromáždili pozorovací **údaje o 337 supernovách třídy Ia** ve vzdálenostech  $<2$  Gpc a zjistili, že  $25 - 50\%$  z nich *vybuchlo, aniž by příslušný bílý trpaslík dosáhl Chandrasekharovy meze!* To má závažné důsledky pro používání supernov Ia jako standardních svíček pro kosmologický žebřík vzdáleností. Podobně D. Maoz zjistil, že vůbec není jasné, zda převážná část supernov Ia vzniká výbuchem samotného bílého trpaslíka poblíž Chandrasekharovy meze, anebo spíše splynutím dvou podměrečných bílých trpaslíků, které dosáhnou, či dokonce přesáhnou tuto mez v okamžiku splynutí. Autor dokonce preferuje možnost, že téměř všechny supernovy Ia vznikají splynutím dvou bílých trpaslíků v kontaktní dvojhvězdě. Podobně P. Ruiz-Lapuente poukázal na nesmírnou pestrost projevů supernov Ia, které bývají podměrečné i nadměrečné ve svítivosti, takže ve skutečnosti může jít o celou řadu různých explozivních scénářů, což využívání supernov jako standardních svíček zpochybňuje.

N. Soker aj. se pokusili vysvětlit výbuch supernovy **2011fe** (*UMA*; výbuch 24. 8.; maximum 10 mag; třída Ia; galaxie M101 „*Větrník*“; vzdálenost 7 Mpc), jenž se lišil od standardního scénáře přebytkem uhlíku (98 %!) v nejrychleji prchajících zplodinách exploze. Ukázali, že ve standardní dvojici bílého trpaslíka a červeného veleobra se bílý trpaslík těsně před výbuchem vnořil do nitra veleobra, takže se roztočil na vysoké obrátky a tím zabránil své explozi, protože odstředivá síla zabránila zhroucení bílého trpaslíka na neutronovou hvězdu. Vývoj supernovy po výbuchu prokazoval však řadu dalších zvláštností: nebyl souměrný, nenašel se žádný cirkumstelární materiál ozářený výbuchem, a rozsah hodnot hmotnosti průvodce bílého trpaslíka byl velmi úzký. To podle autorů znamená, že bílý trpaslík vybuchl se zpožděním až 10 mld. let a po dobu 2 mld. let v něm probíhala krystalizace, jež vedla k silnému obohacení vnějších vrstev trpaslíka (odhadovaná hmotnost  $0,045 M_{\odot}$ ) právě o uhlík. P. Mazzali aj. sledovali supernovu pomocí *HST* od časů 13. dnů před výbuchem až po 41. den po výbuchu v pásmech FUV až NIR a poukázali na velmi pomalý náběh k maximu optické jasnosti, neboť zabral celkem 19 d.

J. Smidt aj. se věnovali přibývajícím případům **hypernov třídy Ib/c**, jež obvykle následují v krátkém intervalu po vzplanutí zábleskového zdroje záření gama (GRB) a dosahují, jak název naznačuje, rekordních zářivých výkonů. K objasnění jejich existence použili simulaci pomocí programů *RAGE* a *SPECTRUM* vyvinutých v laboratořích *Los Alamos*. Uvažovali o vůbec nejstarších hmotných ( $25 - 50 M_{\odot}$ ) **hvězdách populace III** složených pouze z vodíku a hélia, které musely existovat už v čase  $\approx 200$  mil. let po velkém třesku. Mohly existovat ještě i na začátku období reionizace vesmíru, tj. v čase do 500 mil. let po Velkém třesku. K jejich objevu by měl přispět budoucí teleskop **JWST**, jenž má být vypuštěn v r. 2018. K odhalení, jak obohacování vesmíru produkty výbuchů supernov ovlivnilo vznik dalších pokolení hvězd (populace II a I), by pak měla stačit *přehlídka oblohy pomocí infračervené družice WISE*, která by mohla pozorovat hvězdy ve stáří 1,2 – 1,6 mld. let po Velkém třesku.

### 3.4. Radiové a rentgenové pulsary

Díky práci D. Leahyho a M. Abdallaha se podařilo podstatně zlepšit údaje o rentgenové dvojhvězdě **HZ Her/Her X-1**. Autoři využili družice *RXTE* (*Rossi X-ray Timing Explorer*) k přesnějšímu odhadu poloměru průvodce degenerované hvězdy v rozmezí  $3,7 - 4,3 R_{\odot}$ . Vzdálenost soustavy od nás se zpřesnila na 6,1 kpc. Pak neozářená polokoule průvodce má efektivní teplotu  $\approx 7,8 kK$  a metalicitu nepatrně nižší než je metalicita Slunce. Hmotnost hvězdy se pohybuje kolem  $2,3 M_{\odot}$  a neutronová hvězda má hmotnost v rozmezí  $1,3 - 1,7 M_{\odot}$ . Neutronová hvězda je pulsarem s impulsní periodou 1,2 s a obě složky kolem sebe obíhají v periodě 1,7 d.

P. Brook aj. sledovali radioteleskopy na observatořích Hartebeesthoek v Jižní Africe a v Parkesu v Austrálii v letech 1988 – 2012 tvary impulsního profilu a rotační periodu pulsaru **PSR J0738-4042** (impulsní perioda 0,375 s; sekulární zpomalování  $-1,15 \cdot 10^{-14} \text{ s}^{-2}$ ; vzdálenost 11 kpc). Na obou stanicích zaznamenávali po celou dobu změny profilu pulsů i kolísání sekulárního brzdění a v září 2005 nezvyklé náhlé zkrácení jeho periody rotace, přičemž se na profilu pulsů objevila nová složka, která se vůči profilu pulsů posouvala v čase. Tento typ změn lze podle názoru autorů vysvětlit pravděpodobným výskytem disku s troskami materiálu po výbuchu supernovy kolem neutronové hvězdy, jež dopadají zpětně do magnetosféry pulsaru. Zkrácení rotační periody v září 2005 nejspíš způsobila srážka planety s neutronovou hvězdou. Planetka o hmotnosti  $\approx 10^{12}$  kg se přitom vypařila a plyn se ionizoval vinou pronikavého záření pulsaru, což ovlivnilo profil impulsu pulsaru. Navíc na záznamech impulsů autoři odhalili podobné – byť slabší – efekty také v letech 1992 a 2010. To přidává uvedenému vysvětlení na věrohodnosti.

Neméně zajímavé jsou i osudy pulsaru **B1259-63** (impulsní perioda 0,05 s; stáří 300 kr; vzdálenost 2,3 kpc – nikoliv 1 kpc, jak se dosud uvádělo; zářivý výkon  $220 L_{\odot}$ ), jenž je členem zákrytové dvojhvězdy s hvězdou hlavní posloupnosti **LS 2883** ( $\approx 20 M_{\odot}$ ; sp. třída pozdní Oe, resp. raná Be, takže je zdrojem silného hvězdného větru;  $60 kL_{\odot}$ ). Pulsar kolem ní obíhá v periodě 3,4 r po dráze s velkou poloosou  $>390$  mil. km a s nezvykle vysokou výstředností 0,87, takže v apastru se od *LS 2883* vzdaluje na 7 au.

Na základě soustavných měření po dobu 23 let totiž R. Shannon aj. ukázali, že oběžná hvězda o poloměru  $10 R_{\odot}$  rotuje ekvatoreální rychlostí 280 km/s, což představuje 70 % rychlosti kritické, při níž by se rozpadla odstředivou silou. Následkem rychlé rotace hvězda ztrácí hmotu tempem  $4 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/r$  a vytváří kolem sebe rovníkový exkreční disk, do něhož pulsar vstupuje na dobu asi 100 dnů v okolí periastra své protáhlé eliptické dráhy. Tehdy jsou jeho impulsní profily nepozorovatelné, ale soustava vykazuje silné spojité radiové záření i záření vysokých energií. To vše vede k růstu oběžné doby pulsaru, ale také k precesi jeho orbitální roviny,

kteřá svírá s osou rotace hvězdy úhel  $\approx 35^\circ$ . Celá soustava vykazuje rychlý vlastní pohyb, který zpětně poukazuje na její vznik v mladé hvězdné asociaci Cen OB1, jejíž centrum má souřadnice 1258-6228 (galaktické souřadnice  $l = 303,7^\circ$ ;  $b = 0,5^\circ$ ), a jež na obloze zabírá plochu  $4 \times 4^\circ$ . Vlastní pohyb pulsaru má složky  $-0,006''/r$  v rektascenzi a  $-0,004''/r$  v deklinaci. To odpovídá příčné rychlosti pulsaru 60 km/s vůči těžišti asociace a úniku z jejího centra před 300 kr, ve shodě se stářím určeným z decelerace rotační periody pulsaru. Předchůdce pulsaru měl počáteční hmotnost  $\approx 30 M_\odot$  a vzniklá neutronová hvězda dostala přitom počáteční rychlost  $\approx 100$  km/s vůči těžišti asociace.

Snad vůbec nejpodivuhodnější chování pulsaru odhalili A. Papitto aj. v široké mezinárodní spolupráci astronomů z Evropy, Severní Ameriky a Austrálie. Koncem března 2013 objevila družice INTEGRAL (ESA) přechodný rentgenový zdroj IGR J1824-2452 v kulové hvězdokupě M28 (Sgr; 8 mag; 5,5 kpc; 550  $kM_\odot$ ; 12 Gr), v níž byl už dříve objeven celý tucet milisekundových rádiových pulsarů. O nich víme, že vznikají z dvojhvězd, v níž jednu složku tvoří rotující neutronová hvězda, a druhou málo hmotná hvězda vyplňující svůj Rocheův lalok. Odtud přes Lagrangeův bod  $L_1$  proudí plyn v úzkém paprsku k povrchu neutronové hvězdy, čímž ji roztáčí na vysoké obrátky. Vzniká tak rentgenová dvojhvězda typu LMXB, a když dodávka plynu ustane, změní se na milisekundový rádiový pulsar, o jehož usměrněné protilehlé výtrysky rádiového záření se postará rotující magnetické pole neutronové hvězdy.

Koho by napadlo, že u jednoho objektu budeme pozorovat střídavě obě polohy: *zhruba měsíc se neutronová hvězda chová jako milisekundový rentgenový pulsar, a pak přibližně na týden se změní na milisekundový rádiový pulsar*. Tyto režimy se opakovaně, byť nepravidelně, střídají. Rentgenový zářivý výkon v energetickém pásmu 0,3 – 10 keV se podle měření družice Swift pohybuje na úrovni řádu  $10^{29}$  W. Pomocí družice Newton se podařilo změřit jeho impulsní periodu 3,9 ms. Z dlouhodobého sledování v tomto režimu se autorům podařilo určit, že kolem pulsaru obíhá sekundární složka o hmotnosti  $>0,17 M_\odot$  v periodě 11 h. Koncem dubna 2013 však začalo rentgenové záření slábnout, a naopak se v téže poloze objevilo impulsní rádiové záření se shodnou impulsní periodou i oběžnou periodou. Autoři proto prohlédli archivní záznamy z družic Chandra, Newton, Swift a INTEGRAL, jakož i záznamy z rádioteleskopů GBT, ATCA, Parkes a WSRT. Zjistili, že od července 2002 do konce května 2013 se překlopení chování pulsaru odehrála mnohokrát. To lze vysvětlit kolísáním tempa přetoku hmoty na neutronovou hvězdu. Pokud je tato hodnota vyšší než  $10^{-14} M_\odot/r$ , pozorujeme pulsující rentgenový signál, ale jakmile přetok pod tuto hodnotu klesne, objeví se pulsující rádiový signál.

Jeden z prvních objevených pulsarů B0531+21 v Krabí mlhovině (Tau; impulsní perioda 0,034 s; zářivý výkon  $5 \cdot 10^{31}$  W; vzdálenost 2 kpc) je zároveň jedním z mála, u nichž známe přesné datum jeho narození: při výbuchu supernovy počátkem července r. 1054. Byl objeven jako pulsar již v r. 1968 a v r. 1969 se ukázalo, že pulsuje i ve viditelném oboru spektra. V r. 1993 se podařilo objevit pulsace také v oboru záření gama ( $\approx 10$  GeV) a v r. 2008 i při energiích  $>25$  GeV. Dnes lze tedy pozorovat jeho impulsy v rozsahu přes 16 řádů energie fotonů elektromagnetického spektra. Nyní však více než stohlavý mezinárodní tým (J. Aleksic aj.) pracující s teleskopy MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov: 2 zrcadla o průměru 17 m na ostrově La Palma; 2,2 km n.m.) uveřejnil zprávu, že pozorovali pulsy až do energií 400 GeV. K tomu mohli přidat také pozorování družicí Fermi, jež měří až do energií  $>300$  GeV. Během jedné otočky neutronové hvězdy jsou vidět ve skutečnosti dva pulsy; první ve fázi  $-0,017 - 0,026$ , a druhý ve fázi  $0,377 - 0,422$ . Pulsy pocházejí z protilehlých směrů magnetického dipólu. V záznamech však objevili i vysokoenergetické záření v ostatních fázích rotace, což je fakticky jakési přemostění mezi oběma magnetickými póly. Autorům se nezdařilo najít kloudné fyzikální vysvětlení pro tak vysoké energie v impulsích a stejně záhadná je i existenci zmíněného přemostění.

L. Zampieri aj. využili k přesnému změření rotační periody pulsaru v Krabí mlhovině rychlého čítače fotonů Iqueye, který připojili k 3,6 teleskopu NTT na La Silla (ESO). Tím dokázali určovat fáze impulsu s přesností  $\pm 1 \mu s$  a délku rotační periody s přesností na 0,5 pikosekundy. Zjistili tak, že v lednu 2009 se optický impuls předbíhal proti rádiovému o 240  $\mu s$ , kdežto v prosinci téhož roku jen o 160  $\mu s$ .

Již dlouho je známo, že některé pulsary vykazují čas od času náhlé skoky (zkrácení rotační periody), zatímco prakticky všechny pulsary svou rotační periodu dlouhodobě (sekulárně) prodlužují vlivem brzdění vnějšími silami. Skoky zatím nemají jednoznačně přijaté vysvětlení, i když se většinou soudí, že jádro neutronové hvězdy je supratekuté a rotuje rychleji než kůra hvězdy. Čas od času se stane, že kůra se skokem přizpůsobí této rychlejší rotaci. Mezi nejčastěji skákající pulsary patří právě pulsar v Krabí mlhovině a dále pulsar Vela X (J0835-4510) v souhvězdí Plachet. S. Sasmaz Mus aj. však objevili v pětiletém archivu rentgenové družice RXTE u anomálního pulsaru AXP 1E 1841-045 (=SNR Kes 73; impulsní perioda 11,8 s) během necelého roku nejprve skok v periodě s relativní velikostí  $-5 \cdot 10^{-6}$ , a následně „antiskok“, tj. prodloužení periody s relativní velikostí  $6 \cdot 10^{-7}$ . Jde o vůbec první případ antiskoku u pulsarů. To je tedy nečekaná komplikace, která by znamenala, že v tomto případě supratekuté jádro neutronové hvězdy rotuje pomaleji než kůra, anebo je všechno jinak. Anomální pulsary totiž rotují pomalu vinou extrémně vysoké indukce magnetického dipólu řádu až 100 GT.

E. Bellm aj. změřili díky rentgenovým družicím magnetickou indukci  $7 \cdot 10^8$  T na povrchu binárního pulsaru GRO J1008-57 (impulsní perioda 94 s; vzdálenost 6 kpc), který nabírá hmotu od hmotného průvodce sp. třídy B0, kolem něhož obíhá v periodě 248 d. Jde o nejvyšší hodnotu indukce pro tento typ pulsaru s velmi hmotným průvodcem.

T. Tauris a E. van den Heuvel studovali možný scénář vzniku milisekundového pulsaru J0337+1715 (impulsní perioda 2,7 ms; vzdálenost 1,3 kpc), o němž jsem psal již v odst. 2.7. tohoto přehledu, že jde o hierarchickou soustavu, tvořenou neutronovou hvězdou a dvěma bílými trpaslíky. Kolem neutronové hvězdy o hmotnosti  $1,44 M_\odot$  obíhá bílý trpaslík o hmotnosti  $0,2 M_\odot$  v periodě 1,6 d. Druhý bílý trpaslík o hmotnosti  $0,4 M_\odot$  se pohybuje kolem barycentra těsné dvojice v periodě 327 d. Všechny tři hvězdy započaly svou společnou existenci před 10,5 mld. let s počátečními hmotnostmi  $10 M_\odot$ ;  $1,1 M_\odot$  a  $1,4 M_\odot$ , přičemž první a druhá složka zpočátku obíhaly kolem barycentra v periodě 2,3 let, zatímco třetí složka v periodě 11 let.

První složka se vyvíjela nejrychleji, takže jako první opustila hlavní posloupnost a vinou silného rozpínání nakonec zalila celou trojhvězdu společnou plynnou obálkou. V brzdícím prostředí se během 2 mil. let snížily oběžné periody prvních dvou složek na 2,5 d a třetí složky na 17 d. Po druhé výměně hmoty mezi prvními dvěma složkami, tj. za 25 mil. let po vzniku trojhvězdy, vybuchla první (původně suverénně nejhmotnější složka) jako supernova a její husté jádro se zhroutilo na neutronovou hvězdu. Tak došlo ke vzniku rentgenové dvojhvězdy s nízkou hmotností průvodce ( $0,2 M_\odot$ ) a oběžnou periodou 1,5 d, zatímco třetí složka rovněž ztrácející hmotu se vzdálila a obíhala v periodě 250 d. Za 5,5 mld. let od vzniku se dráhy přežívajících složek 2 a 3 změnila na kruhové,

takže systém je nyní už dlouhodobě velmi stabilní. Pouze efektivní teplota vzdáleného bílého trpaslíka vytrvale klesá – za posledních 5 mld. let vychladl z tehdejších 18 kK na pouhé 4,3 kK. Podle S. Ransona aj. se soustava dobře hodí pro **ověřování silného principu ekvivalence** v obecné teorii relativity. Ve skutečnosti lze tuto teorii podle názoru autorů ověřovat s vysokou přesností právě pomocí relativně vzácných tripletů, kterých lze v Galaxii objevit necelou stovku. Zatímco např. Einsteinův silný princip ekvivalence lze v hierarchickém tripletu Země-Měsíc a Slunce ověřovat s relativní přesností 0,1 %, *hierarchické triplety pulsarů mohou přesnost tohoto ověřování zvýšit o plné dva řády.*

Jak ukázali E. Fonseca aj., může k ověřování obecné teorie relativity s přesností 0,17 % posloužit také pulsar **B1534+12** sledovaný již 22 roků (impulsní perioda 0,038 s;  $1,33 M_{\odot}$ ; vzdálenost 105 pc), jehož průvodce o nepatrně vyšší hmotnosti je rovněž neutronovou hvězdou. Obě složky obíhají kolem barycentra soustavy v periodě 10 h po výstředné dráze ( $e = 0,27$ ) o délce velké poloosy  $>1$  mil. km. Relativistické zpoždění signálů na povrchu pulsaru dosahuje snadno měřitelné hodnoty 2,1 ms.

U. Pen aj. pozorovali jasný pulsar **0834+06** (impulsní perioda 1,3 s; 640 pc) avantgardní metodou pozorování rozptylu jeho signálů na interstelárních mračnecích skvrnkovou interferometrií VLBI mezi 305m radioteleskopem v Arecibu a 100m radioteleskopem v Green Banku (délka základny 2,5 tis. km). Příslušné interstelární mračno bylo od Slunce vzdáleno 415 pc. Vzdálenosti mezi interstelárními skvrnkami činily kolem 5 au. Dosáhli tak neuvěřitelného lineárního rozlišení u pulsaru ( $18 \pm 2$ ) km, čili *úhlového rozlišení 50 obl. pikovteřin (!)*, o dva řády lepšího než u standardní rádiointerferometrie VLBI.

L. Pavanová aj. objevili kolimované výtrysky u pulsaru **IGR J1101-6103** („*Majáková mlhovina*“; *SNR MSH 11-61A*; vzdálenost 7 kpc; zářivý výkon  $10^{30}$  W) v mlhovině pulsarového větru, které směřují kolmo ke směru vlastního pohybu pulsaru, jenž se vůči těžišti SNR děje nadzvukovou rychlostí ( $>1$  tis. km/s). Taková možnost *prudkého nakopnutí neutronové hvězdy* při výbuchu supernovy byla teoretiky předvídána, a tady se jasně potvrdila. K výbuchu supernovy došlo zhruba před 15 tis. lety. Nikdo však neočekával, že i při změřené vysoké rychlosti úprku neutronové hvězdy z místa, kde zůstal SNR, vzniknou výrazné **vysokoenergetické výtrysky**, navíc ve směru kolmém k prodírání neutronové hvězdy interstelárním prostředím. Výtrysky mají délku  $>11$  pc; energetické částice v nich se pohybují rychlostmi  $\approx 0,8c$  šroubovitě po plášti precesního kužele o vrcholovém úhlu  $9^\circ$  a v precesní periodě 66 let. Výtrysky pozorovala jen rentgenová družice *Chandra*. SNR a pulsarová mlhovina hvězdného větru byla pozorována radioteleskopem *ATCA* na frekvenci 2 GHz (150 mm). Naprostou záhadou však zůstává, proč se neutronová hvězda pohybuje prostorem ve směru, který tak dramaticky nesouhlasí se směrem osy jejího magnetického dipólu.

Vysoká stabilita rotačních period milisekundových pulsarů umožňuje v principu zaznamenávat **gravitační vlny** šířící se vesmírem. V široké mezinárodní spolupráci IPTA (*International Pulsar Timing Array*) osmi radioastronomických observatoří v USA, Evropě, Indii a Austrálii se tak již před deseti lety začalo sledovat na 50 milisekundových pulsarů s cílem objevit variace period vyvolané průchodem gravitačních vln kolem pulsarů. Podle T. Dolche aj. přicházejí nejstabilnější signály od binárního milisekundového pulsaru **PSR J1713+0747** (impulsní perioda 4,5 ms;  $1,3 M_{\odot} + 0,3 M_{\odot}$ ; vzdálenost 1,1 kpc), u něhož se podrobně studují případná krátkodobé zakolísání periody v intervalech od 1 h do 24 h.

J. Swiggum aj. využili dosud nejcitlivější přehlídky **PALFA** (*Pulsar Arecibo L-band Feed Array*) v pásmu 1,4 GHz, pomocí 305m radioteleskopu, jež pokryla galaktické délky v intervalech  $32^\circ - 77^\circ$  a  $168^\circ - 214^\circ$  pro pulsary s galaktickou šířkou  $<5^\circ$  k odhadu celkového počtu standardních rádiových pulsarů v Galaxii: 82 – 143 tisíc. Milisekundových pulsarů může být 9 – 100 tisíc. Odvážnější odhady se pohybují kolem 107 tis. standardních a 15 tis. milisekundových pulsarů.

P. Caraveová upozornila na významný pokrok v počtu objevených milisekundových pulsarů, které vysílají impulsy také v pásmu gama. Když byly pulsary objeveny, tak v první dekádě 70. let minulého století jsme znali jen dva osamělé pulsary s měřitelnou složkou impulsů v pásmu gama, tj. pulsar v Krabí mlhovině (**B0531+21**; impulsní perioda 0,034 s) a pulsar *Vela* (**B0833-45**; 0,089 s). Přesto právě tyto případy přispěly významně k pochopení fyzikální struktury neutronových hvězd a vlastností jejich magnetosfér. Pak však v r. 1975 přišel naprosto nečekaný objev objektu **Geminga** (*Gem, 0633+1746*) zářící výhradně v oboru záření gama. Teprve od r. 1991 však víme díky družici *ROSAT*, že jde o vysokoenergetický pulsar s impulsní periodou 0,237 s. V té době byl už znám i jeho optický protějšek jako objekt 25 mag. Teprve v r. 1997 se podařilo objevit i jeho rádiovou impulsní složku. *Geminga* tedy dnes slouží jako Rossetská deska pro rozluštění záhady, proč osamělé neutronové hvězdy vysílají usměrněné svazky zářivé energie v celém rozsahu elektromagnetického spektra. Pokroky techniky umožnily do r. 2011 objevit už celou stovku takových případů v naší Galaxii. Mezi nimi čím dál tím častěji figurují jak osamělé, tak i binární milisekundové pulsary. V současné době je takto energetických pulsarů známo již 150 a dlouhodobá měření ukazují na to, že toky vysokoenergetické složky záření gama se dlouhodobě výrazně mění. Interpretace těchto měření nepochybně přispěje k lepšímu pochopení struktury a vývoje rychle rotujících neutronových hvězd a jejich interakce s pulsarovými mlhovinami vytvářenými hvězdným větrem.

Jak uvedli T. Johnson aj., díky aparatuře *LAT* družice *Fermi* se zdařilo objevit již **40 vysokoenergetických milisekundových pulsarů**. Jejich dlouhodobé sledování umožňuje daleko lépe než u klasických rádiových pulsarů zjišťovat geometrii výtrysků v různých oborech elektromagnetického spektra vyvolaných silným dipólovým magnetickým polem neutronové hvězdy. Tak se podařilo najít výtrysky, které jsou uvnitř emisního kužele v podstatě prázdné a většina toku pochází z pláště emisního kužele. Současně se potvrzuje synchronizace signálů v pásmu gama a v pásmu rádiových vln.

To, co však teoretiky překvapilo zásluhou téže družice *Fermi*, jsou naprosto rozdílné oblasti vzniku rádiového a gama záření. Rádiové signály vznikají těsně nad výstupy magnetického dipólu neutronové hvězdy v hustém plazmatu tvořeném elektronovými-pozitronovými páry. Naproti tomu **vysokoenergetické záření gama** objevené družicí *Fermi* již u 150 pulsarů, které většinou podobně jako prototyp *Geminga* vůbec nezáří rádiově, pochází z oblasti vysoko nad rovníkem neutronové hvězdy, přičemž rotační a magnetická osa spolu prakticky vždy svírají ostrý úhel.

To však ještě není konec příběhu, jak ukázali B. Stappers aj. při soustavném sledování binárního milisekundového pulsaru **PSR J1023+0038** (*Sex*; 17 mag; rotační perioda 1,7 ms; 592 obrátek/s; hmotnost průvodce  $0,2 M_{\odot}$ ; oběžná perioda 5 h; kruhová dráha o poloměru  $>100$  tis. km; vzdálenost 1,4 kpc), protože rádiový signál pulsaru v rozsahu frekvencí 0,3 – 5 GHz (vlnové délky 0,06 – 1,0 m) v polovině června 2013 zmizel, zatímco ve stejnou dobu se intenzita signálu v pásmu záření gama zpaternásobila! S. Tendulkar aj. pozorovali pulsar pomocí rentgenové družice **NuSTAR** (*Nuclear Spectroscopic Telescope Array*; rozsah energií

3 – 79 keV) od doby těsně před tímto zvratem až do října 2013. Zpočátku dosahoval rentgenový zářivý výkon pulsaru  $7 \cdot 10^{25}$  W, ale v době zvratu stoupl až na  $1 \cdot 10^{27}$  W, a do října poklesl na  $6 \cdot 10^{26}$  W. Zvrat byl způsoben vznikem akrečního disku kolem neutronové hvězdy.

G. Leung aj. našli v datech družice *Fermi* pulsní signály v oboru energetického (>25 GeV) záření gama již pro 12 milisekundových pulsarů. Mezi nimi vyniká pulsar **Vela** (*J0835-4510*; 24 mag; impulsní perioda 89 ms; vzdálenost 300 pc), kde během více než pěti let pozorování družicí *Fermi* byly v impulsech vzácně zaznamenány fotony záření gama s energiemi až 90 GeV.

H. An aj. shrnuli dosavadní výsledky pozorování rentgenové družice **NuSTAR**, která v pásmu energií 3 – 79 keV dosahuje o dva řády lepšího úhlového rozlišení než všechny předešlé družice pro toto energetické pásmo. Od svého vypuštění v červnu 2012 tak objevila 4 magnetary, 2 pulsary roztáčené jednosměrným dopadem materiálu z průvodců, a kataklyzmickou proměnnou dvojhvězdu **AE Aqr** (12 mag; bílý trpaslík + K4-5 V;  $0,01 R_{\odot} + 0,8 R_{\odot}$ ;  $0,6 + 0,4 M_{\odot}$ ; oběžná perioda 10 h; velká poloosa dráhy 1,6 mil. km; vzdálenost 90 pc). Červený trpaslík zásobuje bílého trpaslíka dodávkou vodíku tempem  $7 \cdot 10^{10}$  kg/s! Družice také potvrdila, že poblíž centra Galaxie se nachází přechodný magnetar SGR J1745-29 a odhalila, že tento objekt pulsuje v rentgenovém pásmu s periodou 3,8 s, což je pravděpodobně rotační perioda silně magnetické neutronové hvězdy. Podle N. Rea dokážeme laboratorně vytvořit magnetická pole maximálně o indukci 100 T. Naproti tomu na povrchu některých magnetarů dosahuje indukce silných magnetických polí řádu až 100 GT!

A. Kong aj. studovali pomocí rentgenových družic s vysokým úhlovým rozlišením a také obřími optickými dalekohledy neidentifikovaný zdroj **2FGL J1653-0159** v katalogu družice *Fermi* a tak objevili, že jasnost zdroje v rentgenové i optické oblasti periodicky kolísá ve shodné periodě 75 min. Odtud usoudili, že jde o *binární milisekundový pulsar s malou hmotností průvodce* ( $<0,1 M_{\odot}$ ), který v této periodě obíhá kolem neutronové hvězdy, a mocným zářením pulsaru je doslova vysáván. Těmto objektům se začalo říkat **černé vdovy** podle drobných pavouků, kde samička po kopulaci posnídá samečka. Pulsar sice nevysílá rádiové záření, ale autoři na základě pozorování v pásmu gama, rentgenovém a optickém odhadli, že rotační perioda neutronové hvězdy činí asi 2 ms. Pokud se tato hodnota nakonec potvrdí, je zmíněný pulsar zatím nejkompaktnější černou vdovou, jejíž rychlá rotace je výsledkem jednosměrného dopadu vysávané látky průvodce na povrch neutronové hvězdy.

Podle H. L. Chena aj. bylo zatím v Galaxii objeveno na tři tucty černých vdov, ale přibývá i podobných binárních pulsarů, kde má vysávaný průvodce hmotnost  $>0,1 M_{\odot}$ . Tato nová podskupina rychle rotujících binárních pulsarů se v astrofyzikálním žargonu nazývá podle velkého australského smrtelně jedovatého pavouka *Latrodectus hasselti*, jehož samička má na hřbetě nápadnou červenou skvrnu ve tvaru přesýpacích hodin. Také ona po kopulaci drobnějšího samečka sežere. Tak vznikl těžko přeložitelný anglický název pro zmíněné pulsary s hmotnějším průvodcem: **redback** (**rudohřbítěk?**).

Dalšího rudohřbítka objevili D. de Martino aj. v podobě rentgenové dvojhvězdy třídy **LMXB** (*Low-Mass X-ray Binary*) **XSS J1227-4859** (vzdálenost 1,9 kpc), která je pozorovatelná v pásmech záření gama, rentgenového i opticky. Po dobu 20 let byla v nízkém stavu a dále zeslábla během roku 2012. Jenže v r. 2014 se náhle vynořil *rádiový pulsar* s impulsní periodou 1,7 ms (588 obr/s!) a navíc se podařilo pozorovat spektrum průvodce, kterým je hvězda, jejíž spektrální třída kolísá mezi F5 V a G5 V, což svědčí o proměnném ozařování průvodce pulsarem. Již značně otrhaný průvodce o hmotnosti  $<0,1 M_{\odot}$  obíhá kolem neutronové hvězdy s hmotností  $1,4 - 3 M_{\odot}$  v periodě necelých 7 h po dráze skloněné pod úhlem  $55^{\circ}$  k zornému paprsku. To znamená, že otrhávání průvodce probíhá přerušovaně; v nízkém stavu mizí akreční disk kolem neutronové hvězdy a přenos z disku na povrch neutronové hvězdy ustává. S ohledem na velkou hmotnost neutronové hvězdy je možné, že pozorujeme *rudohřbítka* již na sklonku jeho zásobování pulsaru vodíkovým plynem.

J. Schroeder a J. Halpern studovali parametry zákrytového binárního pulsaru **PSR J2215+5135** (impulsní perioda 2,6 ms; zářivý výkon  $6 \cdot 10^{27}$  W; vzdálenost 3 kpc; hmotnost průvodce  $0,2 M_{\odot}$ ; oběžná doba 4,2 h), což jim umožnilo změřit rekordní hmotnost neutronové hvězdy  $1,75 M_{\odot}$ . Jde zároveň o nejnovější přírůstek do nově definované skupiny *rudohřbítků*.

### 3.5. Hvězdné zdroje rentgenového a gama záření

R. MacDonaldová aj. sledovali po dobu 10 let světelnou křivku zákrytové rentgenové dvojhvězdy **V4641 Sgr** souběžně v rentgenovém pásmu a opticky. Dvojhvězda se v době, kdy je rentgenově tichá, nachází ve dvou odlišných optických stavech. Po 85 % rentgenově tiché fáze má opticky stabilní světelnou křivku, a jen během 15 % trvání fáze jeví krátkodobá zjasnění. Autoři využili měření ze stabilní světelné křivky k určení podstatně správnější hodnoty vzdálenosti soustavy od nás:  $(6,2 \pm 0,7)$  kpc a odtud pak odvodili nové fyzikální parametry dvojhvězdy. Rentgenový zákryt trvá 1,6 h a obě složky obíhají kolem barycentra soustavy v periodě 2,8 d po kruhové dráze o poloměru 12 mil. km. Primární složkou je hvězdná černá díra o hmotnosti  $6,4 M_{\odot}$  a sekundární složka patří mezi obry sp. třídy B9 III ( $5,3 R_{\odot}$ ;  $2,9 M_{\odot}$ ; 10 kK) s rychlou ekvatoreální rotací 211 km/s.

M. Bachetti aj. využili rentgenové družice *NuSTAR* k určení povahy dvou extrémně zářivých rentgenových zdrojů v galaxii **M82** (*Uma*; vzdálenost 3,6 Mpc). Zdroj **ULX M82 X-1** dosahuje v pásmu energií 0,3 – 10 keV zářivého výkonu  $10^{34}$  W, zatímco přechodný zdroj **M82 X-2** nanejvýš  $2 \cdot 10^{33}$  W. Z toho autoři usoudili, že zatímco X-1 představuje dvojhvězdu, v níž hmotnější složka je hvězdnou černou dírou, v případě X-2 stačí k vysvětlení rentgenového výkonu neutronová hvězda o hmotnosti  $1,4 M_{\odot}$ . V obou případech ovšem akrece hmoty na degenerovanou složku přesahuje výrazně (až o dva řády) teoretickou Eddingtonovu mez, je je definována jako rovnováha mezi silou vyzařování a gravitací objektu. Jakmile degenerovaná složka dvojhvězdy překročí tuto mez, vede to k silnému hvězdnému větru či spíše hvězdné vichřici.

E. Aliusová aj. pomocí aparatury **VERITAS** (*Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System*; Mt. Hopkins, Arizona) zjistili, že ve směru k rentgenovému zdroji **Cygnus-X**, který patří mezi velmi aktivní oblasti vzniku hvězd, se nachází již dříve objevený plošný zdroj **MGRO J2019+37**, jenž je ve skutečnosti dvojitý. Skládá se z jasné plošné složky **VER J2019+368** o úhlovém průměru  $1^{\circ}$ , a z mnohem slabší téměř bodové složky **VER J2016+371**, odpovídající pozůstatku po supernově **CTB 87**. Slabá složka září v pásmu energií paprsků gama 0,65 – 10 TeV. Její zářivý tok poměrně rychle klesá s rostoucí energií fotonů gama. Pravděpodobně jde o záření větru pulsaru, který se nachází uvnitř **SNR CTB 87**. Naproti tomu jasná plošná složka zahrnuje i mladý pulsar

**J2021+3651** a kolébku hvězd **Sh 2-104**. Její energetické spektrum pokrývá pásmo 1 – 30 TeV a s rostoucí energií fotonů klesá povlnově. Jde fakticky o jeden z nejtvrdějších zdrojů záření gama na celé obloze. Autoři se domnívají, že k záření jasné složky přispívá jak mladý pulsar, tak i zmíněná hvězdná kolébka.

V. Neustroev aj. zjistili, že rentgenový zdroj **Swift J1753-0127**, který vzplanul v r. 2005, měl zpočátku spojité spektrum bez čar, ale optická a ultrafialová pozorování odhalila mezi lety 2012 – 2013 neobyčejně široké a rozdvojené profily emisních spektrálních čar v optickém a ultrafialovém spektru. Přes emise se překládaly úzké absorpce jevící synchronní kolísání vlnových délek vinou Dopplerova jevu. Odtud odvodili oběžnou dobu 2,8 h sekundární složky třídy **LMXB** kolem primární černé díry s hmotností  $<5 M_{\odot}$ . Lineární rychlost oběhu hvězdy dosahuje 380 km/s. Samotná hvězdná černá díra má určitě hmotnost  $<5 M_{\odot}$ , takže jde o zatím nejnížší zjištěnou hmotnost pro hvězdnou černou díru, a jednu z nejkratších oběžných dob pro průvodce černé díry.

A. Devi a K. Singh objevili na základě pozorování rentgenové družice Chandra v eliptické galaxii **NGC 3384** (*Leo*, 11 mag; vzdálenost 11 Mpc) objekt *X-8*, jenž má stálý bolometrický zářivý výkon  $2.10^{32}$  W. Podle autorů jde o záření z akrečního disku kolem hvězdné černé díry, jenž svítí na úrovni 60 % Eddingtonovy meze a černá díra dosahuje hmotnosti  $\approx 30 M_{\odot}$ !

L. Gou aj. změřili s vysokou přesností extrémně rychlou rotaci hvězdné černé díry **Cyg X-1**, neboť její spin  $a > 0,983$ . Objekt je členem rentgenové dvojhvězdy třídy **HMXB** (*High-Mass*; vzdálenost 1,9 kpc;). Druhým členem soustavy je hvězda **HDE 226868**, jež patří mezi modré veleobry sp. třídy O9.7 Iab (efektivní teplota 31 kK;  $20 R_{\odot}$ ;  $15 M_{\odot}$ ;  $400 kL_{\odot}$ ; stáří  $\approx 5$  Mr). Obě složky obíhají kolem barycentra soustavy po přibližně kruhových drahách o poloměru 0,2 au v periodě 5,6 d, takže hmotnost černé díry se dá odtud odhadnout na  $15 M_{\odot}$ . Černá díra je obklopena silně zářícím akrečním diskem a připomíná tak černé díry v galaxiích s aktivním jádrem (třída AGN). Proto ji astrofyzikové řadí mezi *mikrokvasary*. Jde patrně o dosud nejlépe prozkoumanou hvězdnou černou díru vůbec.

### 3.6. Astrofyzika neutronových hvězd a černých děr

V r. 1977 přišli K. Thorne a A. Žytková s domněnkou, že když se v těsné dvojhvězdě sejde červený obr či veleobr s neutronovou hvězdou, tak se k sobě obě hvězdy budou vlivem různých efektů postupně přibližovat a nakonec během stovek let splynou (na objekt *T-Ž*) a neutronová hvězda se po spirále dostane do kontaktu s jádrem obra či veleobra. Pokud součet hmotností jádra a neutronové hvězdy převyší *Tolmanovu-Volkoffovu-Oppenheimerovu mez* ( $1,5 - 3,0 M_{\odot}$ ), tak se obě tělesa zhroutí na hvězdnou černou díru. Jestliže však na tuto mez nedosáhnou, tak v centru veleobra bude spočívat utopená hustá neutronová hvězda, zatímco veleobr by se mohl navenek tvářit, že se mu nic zvláštního nestalo. Povrch neutronové hvězdy však mívá teplotu  $>1$  GK, takže v obalu veleobra počnou probíhat exotické termonukleární reakce, jejichž zplodiny se projeví ve spektru objektu. E. Levesqueová aj. pozorovali v r. 2014 v *Malém Magellanově mračnu* spektrum červeného veleobra s nečekaně vysokou hmotností **HV 2112** a s nápadným přebytkem Li a některých těžších prvků. Jde zatím o nejlepšího kandidáta na objekt *T-Ž*. Oba astrofyzikové se objevu dožili; A. Žytková se po 37 letech od předpovědi podílela na objevu jako spoluautorka.

Q. Cheng a Y. W. Yu zjistili pomocí modelových výpočtů, že zrodí se horká rychle rotující neutronová hvězda se může vzápětí během desítek minut proměnit v **magnetar**. Za předpokladu, že kompaktní hvězda vykazuje diferenciální rotaci podobně jako Slunce, které na rovníku rotuje nejrychleji, a směrem k pólům klesá jeho rotační rychlost až o 40 %, vzniká v kompaktní neutronové hvězdě *dipólové magnetické pole o indukci řádu 10 MT*. To pak indukuje vinou diferenciální rotace *toroidální magnetické pole o indukci až 10 TT*. Během několika minut se tak na povrchu *zesílí dipólové magnetické pole až na 100 GT*. Takto zmagnetovaná neutronová hvězda prodlouží svou rotační periodu na  $\approx 5$  ms, neboť vyzáří *gravitační vlny* vinou asymetrie způsobené vnitřním toroidálním magnetickým polem. Autoři tvrdí, že díky tomuto mechanismu lze vysvětlit, proč neutronové hvězdy vznikající během záblesků záření gama (*GRB*) i supersvítivé supernovy se mohou stát milisekundovými pulsary.

H. Tong zjistil, že pozorované náhlé zpomalení rotační periody magnetaru **1E 2259+586** (tzv. *antiskok*) způsobil silný hvězdný vítr z rychle rotující neutronové hvězdy, který snižuje energii rotace hvězdy, takže se zdánlivě skokem zpomalí. Ve skutečnosti jde o plynulé brzdění, jenže měření rotační periody neprobíhají nepřetržitě, takže proto vznikl dojem náhlého skoku. Y. Huang a J. Geng však usoudili, že antiskok mohla způsobit *srážka malého tuhého tělesa o hmotnosti  $\approx 10^{18}$  kg* (planetesimála?) s neutronovou hvězdou o hmotnosti  $1,4 M_{\odot}$  a rotační periodě 7 s, jejíž magnetická indukce činí 6 GT. (Za magnetary se považují neutronové hvězdy s indukcí  $>4,4$  GT.). K podobnému závěru o srážce s retrográdně se pohybujícími planetesimálami dospěl nezávisle J. Katz. Přitom tento magnetar vzdálený od nás  $\approx 4$  kpc předtím vykázal klasické skoky (zrychlení rotace způsobené impulsem vnitřní suprakapaliny neutronové hvězdy na její tuhou kůru) v letech 2002 a 2007. Antiskoky se pozorují též u klasického magnetaru **SGR 1900+14**. U objektu **PSR J1846-0258**, jenž představuje rozhraní mezi klasickými pulsary a magnetary, došlo k výraznému zpomalení rotace během jeho zjasnění, v souladu s představou o brzdění zesíleným hvězdným větrem.

S. Olausen a V. Kaspiová vydali **katalog magnetarů**, který obsahuje zatím jen 26 položek. Jejich předchůdci jsou hmotné hvězdy sp. třídy O, jež se vyskytují poblíž galaktické roviny ve škálových výškách  $<10 - 31$  pc.

X. F. Zhao a H. Y. Jia poukázali na extrémně vysokou hodnotu gravitačního červeného posuvu na povrchu neutronové hvězdy **PSR J0348+0432** (*Tau*; rotační perioda 0,04 s; vzdálenost 2,1 kpc), kolem níž obíhá bílý trpaslík o poloměru 45 tis. km a hmotnosti  $0,17 M_{\odot}$  v periodě 2,4 h ve vzdálenosti 0,8 mil. km. Z gravitačního červeného posuvu ve spektru neutronové hvězdy 0,35 – 0,41 z vyplývá poloměr neutronové hvězdy 12,1 – 13,0 km a rekordní hmotnost  $2,0 M_{\odot}$ . Opět se tak ukázalo, že *hmotnost neutronových hvězd může být až o 80 % vyšší než Chandrasekharova mez*.

P. Freire a T. Tauris ukázali, že rychle rotující bílí trpaslíci mohou překročit **Chandrasekharovu mez** ( $\approx 1,4 M_{\odot}$ ), aniž by se gravitačně zhroutili na neutronové hvězdy. Jakmile však skončí akrece plynu z jejich průvodců, tak se začnou brzdít a zhroutí se rovnou na milisekundové pulsary. Náhlé uvolnění vazebné gravitační energie způsobí, že takové pulsary mají velmi protáhlé eliptické dráhy kolem barycentra soustavy. Zdá se, že takové soustavy vskutku existují, neboť v r. 2013 byly objeveny milisekundové pulsary **PSR J1946+3417** a **J2234+06**, které mají krátké impulsní periody  $\approx 3$  ms a hmotnosti průvodců  $0,24 M_{\odot}$ . Obíhají kolem barycentra soustavy v periodách  $\approx 30$  d po drahách s výstředností 0,13, což je v souladu s modelovými výpočty obou autorů pro gravitační zhroucení hmotných bílých trpaslíků typu ONeMg na neutronovou hvězdu, aniž by došlo k výbuchu supernovy. Odložení hroucení

způsobuje okolnost, že velmi hmotný bílý trpaslík je akrecí plynu roztočen na vysoké obrátky a tím se vyhne běžnějšímu výbuchu supernovy třídy II (kolapsar).

Obdobně H. Falcke a L. Rezzolla přišli s domněnkou, že záhadné **rychlé rádiové záblesky (FRB)** mohou pocházet od mimořádně hmotných neutronových hvězd, jež odolávají okamžitému zhroucení na hvězdnou černou díru proto, že velmi rychle rotují. I tyto objekty se po tisících až milionech let postupně zbrzdí a pak se náhle zhroutí na černé díry jako tzv. **blitzary**, přičemž vyzařují jak zmíněné kratičké rádiové záblesky, tak silné gravitační vlny.

### 3.7. Zábleskové zdroje záření gama (GRB)

K. Wiersema aj. sledovali v optickém oboru podrobně dosvit **GRB 121024A** (poloha 0442-1217; vzdálenost 3,3 Gpc) pomocí aparatur GROND (*Gamma-Ray burst Optical/Near-infrared Detector*) na La Silla a FORS 2 (*Focal Reducer/low dispersion Spectrograph*) u VLT ESO. Objevili tak silnou lineární polarizaci dosvitu v čase od 3,6 h až do 4. dne po začátku vzplanutí a k tomu navíc kruhovou polarizaci optického a blízkého infračerveného záření v čase od 3,0 h do 3,8 h po začátku vzplanutí. Autoři doložili, že za tuto nečekaně vysokou polarizaci není odpovědná interakce záření výbuchu s cirkumstelárním prostředím, ale že jde o vlastnost relativistických úzce kolimovaných výtrysků. Jejich geometrii se podařilo spolehlivě určit a tím poukázat na velmi pravidelně *uspořádané magnetické pole* centrálního zdroje odpovědného za celý úkaz. Jde o obdivuhodný experimentální výkon rozsáhlého mezinárodního týmu 40 spoluautorů, když uvážíme, že optická jasnost objektu slábla během měření z 20 mag v pásmu R, přičemž polarimetrická měření jsou náročnější na poměr signálu k šumu než klasická spektroskopie.

D. Perley aj. pozorovali **GRB 130427A** v rozsahu 13 řádů energií elektromagnetického záření, tj. od decimetrových rádiových vln až po energetické záření gama. Pomocí optického teleskopu *Gemini-N* se podařilo určit i vzdálenost objektu 1,2 Gpc, takže není divu, že šlo o nejjasnější zdroj *GRB* za posledních 29 let. Jeho dosvit se podařilo sledovat od 300 s až do 130. dne po vzplanutí. Podle A. Maselliho aj. a C. Dermera aj. trvalo vzplanutí gama 20 s, ale jeho chvost v tomto pásmu pozorovali celých 20 h. Dva **extrémně energetické fotony** (73 a 98 GeV) přiletěly 19 a 225 sekund po začátku vzplanutí. M. Bernardini aj. se domnívají, že za neobvyklou jasností tohoto *GRB* stojí *mimořádně silné magnetické pole neutronové hvězdy řádu 1 TT (!)*, takže jde o extrémní magnetar. Napájení neutronové hvězdy akrecí průvodce magnetar roztáčí tak dlouho, až odstředivá síla na povrchu neutronové hvězdy zabrání další akreci. Konkrétně tato neutronová hvězda má rotační periodu 0,02 s. Zmíněný *GRB* proto může sloužit jako *kalibrační objekt pro magnetary*, které získávají svou energii akrecí materiálu od svého průvodce. K nám tak relativně blízké objekty jsou ovšem velmi vzácné.

Následně B. Liu aj. ohlásili, že družice *Fermi* pozorovala u **GRB 131231A** (vzdálenost 1,9 Gpc) v čase 520 s po začátku vzplanutí foton o energii 62 GeV, což autoři vysvětlují jako *synchrotronové záření elektronů v dopředné rázové vlně výbuchu*. Většina (80 %) *GRB* objevovaných přehlídkovou družicí *Swift* se ovšem nachází ve vzdálenostech >2,4 Gpc a průměrná vzdálenost činí dokonce 3,2 Gpc.

A. Levane aj. se zabývali vnořující se **třetí populací GRB** s mimořádně dlouhými vzplanutími v oboru záření gama trvajícíchmi řádově desítky minut. Poprvé byl takový případ pozorován v podobě **GRB 970315** o trvání >23 min. Další tři se odehrály v prosinci 2010, prosinci 2011 a v říjnu 2012 ve vzdálenostech 1,9 – 3,0 Gpc. Ve všech případech měla *světelná křivka v oboru gama jiný průběh než souběžná optická křivka*. Všechny pozorované objekty se nacházely v *kompaktních modrých galaxiích s překotnou tvorbou hvězd*. Zatím se neví, co je příčinou tak anomálních úkazů. Možná jde o hroucení obřích hvězd, anebo o slapové požírání hvězd intermediálním černými děrami o hmotnostech řádu  $10^5 M_{\odot}$ .

R. Lunnan aj. sledovali pomocí přehlídkového teleskopu *PanSTARRS-1* výskyt **ultrasvitivých supernov** s nízkým zastoupením vodíku ve 31 mateřských galaxiích vzdálených od nás 0,4 – 3,0 Gpc. Zjistili, že tyto supernovy se přednostně nalézají v málo svítivých (<700  $M_{\odot}$ ) modrých galaxiích, kde na hvězdnou složku připadá <200  $M_{\odot}$ . Tyto galaxie se však vyznačují rychlým tempem tvorby hvězd. Ve shodě s citovanou prací A. Levana aj. autorům vyšlo, že právě v takových galaxiích se přednostně vyskytují dlouhotrvající objekty *GRB* a rychle rotující *magnetary*.

A. de Ugarte Postigo aj. pořídili poprvé v historii spektrum dosvitu krátkotrvajícího **GRB 130603B** a našli v něm emisní i absorpční čáry s červeným posuvem  $z = 0,36$ , tj. ze vzdálenosti 1,2 Gpc od nás. Obecně vzato se spektrum dosvitu podobá spektrům tzv. **kilonov**, čímž se významně posílila domněnka, že krátkotrvající vzplanutí *SGRB* jsou dokladem splynutí dvou kompaktních hvězd.

S. Schulzemu aj. se podařilo ve spolupráci téměř 60 autorů podrobně sledovat vývoj **GRB 120422A** (poloha 0907+1401) po dobu 270 dnů od prvotního vzplanutí. Z optického dosvitu vyplynula vzdálenost 1,0 Gpc, což znamená, že tento úkaz patří mezi ony vzácnější případy, kdy lze sledovat i relativně slabší zdroje *GRB*; v tomto případě byl maximální izotropní zářivý výkon v pásmu gama  $1 \cdot 10^{42}$  W, takže šlo o přechodný objekt mezi slabými (< $3 \cdot 10^{41}$  W) a silnými (> $3 \cdot 10^{42}$  W) *GRB*. Během prvních 5 sekund se vyzářilo v tomto pásmu 90 % energie v pásmu gama a zbytek v druhé vlně, která započala 45 s po začátku vzplanutí a trvala 20 s. Úhrnná vyzářená izotropní energie tak dosáhla hodnoty  $4,5 \cdot 10^{42}$  J. Protože relativně blízké zdroje se pozorují vzácně, (v průměru jeden za tři roky), naskytla se tak výjimečná příležitost zjistit, zda v tomto případě bude v poloze zdroje následovat výbuch supernovy. Do fotometrických a spektroskopických pozorování se postupně zapojily velké dalekohledy *VLT*, *Keck*, *Gemini-N+S*, *GTC*, *Magellan*, *Hale*, *NOT* a *CAHA*.

Z těchto měření vyplynulo, že 1,4 h po začátku vzplanutí měl centrální zdroj poloměr 700 mil. km a povrchovou teplotu 190 kK. Zhruba 5 dnů po vzplanutí gama se začal optický dosvit zjasňovat a 9. den po vzplanutí už spektroskopie jasně prokázala, že objekt vybuchl jako supernova **2012bz**. Nejpozději od 19. dne se spektrum začalo podobat ostatním supernovám spjatými s předchozími vzplanutími *GRB*. Pozdní světelnou křivku ovlivnilo vyvržení  $0,4 M_{\odot}$  radioaktivního  $^{56}\text{Ni}$ . Supernova dosáhla maxima v pásmu V:  $6,3 \text{ GL}_{\odot}$  (o 30 % svítivější než prototyp *SN 1998bw*) 17. den po vzplanutí gama. Její plynné obaly o hmotnosti  $4,7 M_{\odot}$  se rozpínaly rychlostí  $\approx 20$  tis. km/s a celková kinetická energie zplodin výbuchu dosáhla hodnoty  $3 \cdot 10^{45}$  J. Jelikož pozorování v rentgenové až rádiové oblasti spektra probíhala souběžně, mohli autoři dospět k závěru, že také u přechodných objektů *GRB* se nevytvorí ultrarelativistické výtrysky, které jsou typické pro vzdálenější – a tedy v průměru svítivější *GRB*. Svědčí o tom také nízký zářivý výkon dosvitu v pásmu mikrovl.

Vzápětí ukázali R. Ruffini aj., že pokud se *těsná dvojhvězda skládá z obnaženého centra hmotné složky tvořeného atomovými jádry*

*Fe, C a O, a jejím průvodcem je neutronová hvězda, končí její vývoj dramaticky rychle během několika minut. Nejprve hvězda složená z takto těžkých prvků vybuchne jako extrémně svítivá supernova a její jádro se zhroutlí na neutronovou hvězdu. Vzápětí zplodiny výbuchu dopadnou na povrch druhé neutronové hvězdy, čímž se její hmotnost zvýší nad kritickou horní mez, takže se nutně zhroutlí na hvězdnou černou díru. To vede k druhému mocnému výbuchu v podobě hypernovy (dlouhotrvajícího magnetaru), přičemž se izotropně vyzáří energie řádu  $10^{45} - 10^{47}$  J. Celá tato posloupnost událostí, kdy první výbuch indukuje ještě gigantičtější explozi, proběhne během několika stovek sekund! Autorům se již dříve zdařilo nalézt asi deset případů relativně blízkých (<2,4 Gpc) hypernov, které vybuchly  $\approx 2,8$  mld. let po Velkém třesku, ale nyní získali rozbořením multispektrálních měření jasného **GRB 090423** (poloha 0955+1809) důkaz, že hypernovy vybuchovaly už v dávné minulosti vesmíru, protože z červeného posuvu optického protějšku vzplanutí ( $z = 8,2$ ) vyplývá, že příslušná *hypernova vybuchla pouhých 650 mil. let po Velkém třesku* a její izotropně vyzářená energie dosáhla řádu  $10^{46}$  J. Odtud též mohli odhadnout počáteční hmotnost hmotné složky na  $\approx 50 M_{\odot}$  a její životnost na <10 Mr. Jelikož se nyní ukazuje, že duplicita hvězd roste s jejich hmotnostmi, byl tak fakticky objeven *nový mechanismus indukovaného vzniku hvězdných černých děr*.*

Další velmi dlouhotrvající **GRB 130925A** (poloha 0244-2609) objevený družicí *Swift* svítil v pásmu gama asi 5,5 h, takže J. Greiner aj. mohli snadno sledovat optický a blízký infračervený dosvit pomocí automatického 2,2m teleskopu *GROND* na La Silla. Optická a infračervená světelná křivka byla proti záření v pásmech keV až MeV zpožděna o 300 – 400 s, ale trvala jen 500 s. P. Evans aj. rozlišili na světelné křivce v pásmu vysokých energií tři fáze. První epizoda trvala v pásmu 15 – 350 keV čtvrt hodiny a kromě družice *Swift* ji sledovaly též družice *INTEGRAL* a *Fermi*. Půl hodiny po začátku vzplanutí se odehrála druhá epizoda, která trvala rovněž půl hodiny. Třetí epizoda započala 65 minut po vzplanutí a ztratila se v šumu pozadí až po několika týdnech. Celý úkaz se odehrál v anonymní spirální galaxii s nízkým tempem tvorby hvězd <1  $M_{\odot}/r$  vzdálené od nás 1,8 Gpc v čase 10 mld. let po Velkém třesku.

Jak uvedl J. Fynbo, tak jasný *GRB* se vyskytne na obloze pouze několikrát za století. Podle A. Masselliho aj. činil jeho maximální zářivý výkon  $3 \cdot 10^{46}$  W a A. Levan aj. dospěli k úhrnné hodnotě vyzářené energie celého vzplanutí  $1 \cdot 10^{47}$  J. T. Vestrand aj. zjistili, že v prvních dvou hodinách po začátku exploze měly všechny multispektrální světelné křivky týž tvar, což odpovídá interakci dopředné rázové vlny s cirkumstelárním materiálem. Vznik **rázové vlny** souvisí s prudkým rozpínáním oblaku vysoce relativistických částic, takže fotony záření gama mají energie řádu 1 – 1 000 GeV. S velkým zpožděním skutečně přišlo na 70 fotonů s energiemi až 128 GeV. Multispektrální světelné křivky zmíněného unikátu zveřejnili také M. Ackermann aj. (družice *Fermi*), R. Preece aj. (podrobnosti průběhu prvních 2,5 s synchrotronového pulsu) a A. Levan aj. (*ACS HST*). Posledně jmenovanému autorskému kolektivu se podařilo po skončení úkazu rozlišit zpětně přínos hlavních složek optické světelné křivky. Tak dokázali, že ve spektru se podařilo odhalit příspěvek od hypernovy **SN 2013cq**, která se velmi podobá tvarem spektrální křivky a zářivým výkonem prototypu hypernov *GRB 980425/SN 1998bw* při rychlosti rozpínání plynné obálky 15 tis. km/s. Supernova vybuchla v disku ve vzdálenosti  $\approx 4$  kpc od jádra mateřské galaxie s poměrně nízkým tempem tvorby hvězd (1  $M_{\odot}/r$ ). Galaxie se svými parametry až nápadně podobá mateřské galaxii prototypu *SN 1998bw*.

E. Levesqueová zdůraznila, že díky těmto extrémně svítivým a dlouhotrvajícím *GRB* lze sledovat výskyt velmi hmotných a krátcežijících hvězd v blízkém i vzdáleném vesmíru. Dlouhá vzplanutí *GRB* je prozradí v samotném závěru hvězdných existencí, když se jejich hmotná jádra hroutí gravitací na hvězdné černé díry. Tak se zároveň dozvídáme i o vlastnostech mateřských galaxií, v nichž se takto vzácné oběžní hvězdy přednostně vyskytují. Autorka soudí, že po vypuštění obřího kosmického teleskopu *JWST* bude díky tomu možné zkoumat vývoj vesmíru od času 270 mil. po velkém třesku.

Naproti tomu krátká (trvání <2 s) vzplanutí gama (**SGRB**) vznikají podle E. Bergera splýváním dvojhvězd s kompaktními složkami (dvě neutronové hvězdy, resp. hvězdná černá díra s neutronovou hvězdou). Krátká vzplanutí byla poprvé pozorována v r. 2005. Nejsou doprovázena výbuchem supernovy, ale mohou se v závěru splynutí složek nakrátko stát mocným **zdrojem gravitačních vln**. V tom také spočívá jejich důležitost pro kosmologii, studium kolimovaných úzkých relativistických výtrysků a struktur materiálu v okolí takto aktivních zdrojů.

T. Laskar aj. zpracovali pozorování **GRB 120521C** (poloha 1417+4208) v pásmech záření gama, rentgenového, optického, blízkého infračerveného i rádiového, takže se jim zdařilo popsat zevrubně průběh a fyzikální parametry celého úkazu díky dlouhému dosvitu. Především určili spolehlivě vzdálenost objektu 3,9 Gpc, a odtud i vyzářenou energii kolimovaného výtrysku a kinetickou energii exploze  $3 \cdot 10^{43}$  J. Zlom rádiového toku přišel 7. den po výbuchu, čemuž odpovídá vrcholový úhel rozevření svazku 3°. Autoři dále uvedli, že i další dva zdroje *GRB* z let 2005 a 2009, které se nacházely v obdobné vzdálenosti, vykazovaly podobné chování dosvitu; jen zmíněný zlom přišel o něco později, takže vesměs šlo o poměrně úzké výtrysky. Autoři též uvádějí, že lze očekávat obdobné chování *GRB* až do vzdáleností 4,1 Gpc, tj. pro stáří asi 700 mil. let po Velkém třesku.

A. Belobodorov aj. se domnívají, že nejběžnějšími předchůdci běžných (trvání >2 s) *GRB* jsou hmotné **Wolfovy-Rayetovy hvězdy** a jím příbuzné objekty s extrémně silným hvězdným větrem. Tlakové vlny ve větru způsobí, že energetické (GeV) fotony záření gama vznikají inverzním Comptonovým jevem během chladnutí horkého plazmatu, takže tyto fotony přicházejí se zpožděním řádu minut. Příkladem jsou např. **GRB 080916C** nebo **GRB 130427A**, u nichž současně přicházely fotony GeV a optické. Podobně Q. Tang aj. uvedli, že družice *Fermi* zaregistrovala 5 hodin po vzplanutí **GRB 130907A** (poloha 1424+4537; vzdálenost 2,7 Gpc; izotropně vyzářená energie  $3 \cdot 10^{47}$  J !) foton záření gama s energií 54 GeV. Tak energetické fotony nedokáže generovat synchrotronové záření přímo; zřejmě jde o *inverzní Comptonův jev*, kdy relativisticky urychlené elektrony se rozptylují na synchrotronově urychlených fotonech záření gama. Družice *Fermi* zaznamenala do února 2014 podobně pozdní fotony s energiemi >100 MeV již u 60 *GRB*.

## 4. Mezihvězdná látka

M. Barlow aj. objevili v *Krabí mlhovině* pomocí infračerveného kosmického teleskopu *Herschel* emisní spektrální čáry **hydridu argonu**  $^{36}\text{ArH}^-$  na frekvencích 0,62 a 1,23 THz (vlnové délky 0,24 a 0,49 mm). Je to vůbec první případ, kdy byly v mezihvězdném prostoru objeveny atomy vzácných plynů, které se vyznačují velkou neochotou tvořit chemické sloučeniny. Spektrální čáry byly

překvapivě silné a na rozdíl od pozemských podmínek, v nichž se nejčastěji vyskytuje  $^{40}\text{Ar}$ , jde o nuklid, který podle teoretických výpočtů vzniká explozivní syntézou během výbuchu velmi hmotných hvězd v podobě supernov třídy II.

Podle H. Müllera aj. tvoří *hydridy základní složku interstelární chemie*. Mezi nimi vévodí hydrid síry (**sulfanylium**)  $\text{SH}^+$ , ačkoliv již zmíněná družice *Herschel* ho neobjevila. Podařilo se to však pozemním aparaturám *ALMA* a 30m parabolické anténě *IRAM* (Pico Veleta; 2,8 km n.m.; Sierra Nevada, Španělsko), když zkoumaly dlouhovlnné infračervené spektrum tzv. **Orionovy příčky**, což je útvar o úhlových rozměrech přibližně  $15'' \times 120''$ , jenž se nachází zhruba  $60''$  jihozápadně od proslulého *Trapezu* v mlhovině v *Orionu*. Příčka představuje vysoce ionizovanou frontu a autorům se podařilo objevit dvě spektrální čáry posunuté k vyšším frekvencím vůči laboratorním hodnotám pro  $\text{SH}^+$  ( $\approx 346$  GHz). Jelikož všechny ostatní parametry čar bezvadně odpovídají zmíněnému hydridu, usoudili autoři, že laboratorní hodnota je ve skutečnost chybná. Tak se jednak vysvětlilo, proč *Herschel* neuspěl, a na druhé straně potvrdilo, že vskutku je *sulfanylium* hlavní molekulovou složkou v aktivních oblastech hvězdných kolébek.

Také M. Agúndez aj. využili výborných parametrů antény *IRAM* ke dlouhodobému studiu (sezóny 2002 – 2008) rozsáhlých (poloměr 84 kau) prachových obálek kolem uhlíkové hvězdy (miridy) **IRC+10216** (= *CW Leo*; var 11 – 15 mag; 6 – 16  $kL_{\odot}$ ; spektrum C9,5e; 2,2 kK; 830  $R_{\odot}$ ; 0,8  $M_{\odot}$ ; vzdálenost 130 pc), v nichž už dříve bylo objeveno přes 80 molekul. Autoři identifikovali velké množství spektrálních čar v atmosférických spektrálních oknech 0,9 – 3,0 mm (frekvence 100 – 333 GHz). Objevili tak naprosto exotické molekuly  $\text{C}_5\text{S}$  (frekvence 81 – 85 GHz),  $\text{MgCCH}$  (89 – 99 GHz); *NCCP* (81 – 97 GHz) a  $\text{SiH}_3\text{CN}$  (90 – 109 GHz).

C. Gryová a E. Jenkins zjistili, že *Slunce se nachází uprostřed lokálního oblaku plynu*, jehož strukturu prozradily ultrafialové absorpční čáry Mg II, Fe II a H I. Jeho centrální část sahá izotropně do vzdálenosti 9 pc od Slunce, pak následuje roztržená oblast do vzdálenosti 20 pc, ale zvýšená hustota interstelárního plynu se pozoruje až do vzdálenosti 50 pc od Slunce. V krychlovém centimetru interstelárního oblaku se v blízkosti Slunce nachází 1 atom H I v objemu  $10 \text{ cm}^3$  a na jeho periferii v objemu  $30 \text{ cm}^3$ .

E. Schlafly aj. využili přehlídkového 1,8m dalekohledu PanSTARRS-1 (*Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System*; Mt. Haleakala, Maui) k sestavení homogenního katalogu více než 230 bližších molekulových mračen v naší Galaxii. Měřili v pěti standardních barevných filtrech jasnosti hvězd, jež se nacházejí ve směru zorného paprsku blíže než mračna. Dosavadní údaje o vzdálenostech těchto chladných mračen byly totiž zatíženy až padesátiprocentními systematickými chybami, což nová metoda zlepšila na  $\pm 10\%$ , zatímco přesnost náhodných chyb klesla na  $\pm 5\%$ . Tak se podařilo změřit **vzdálenosti mračen od Slunce** v rozsahu 0,1 – 2,4 kpc. Znamá mračna v souhvězdích *Hadonoše*, *Orla*, *Herkula* a *Býka* se nacházejí ve vzdálenostech  $< 200$  pc, zatímco nejvzdálenější je skupina čtyř mračen Maddalena (2,1 – 2,4 kpc) poblíž hlavní roviny Galaxie v galaktických šířkách  $-2,5^\circ - 0,4^\circ$ . Nejbližší mračno **MBM 40** ve vysoké galaktické šířce  $45^\circ$  je od nás vzdáleno jen 64 pc, zatímco mračna **MBM 46 a 47** v galaktické šířce  $-36^\circ$  jsou 490 pc a 475 pc daleko.

Díky úspěchu kosmické sondy *Stardust* (NASA) se podařilo zkoumat laboratorně nejenom vzorky prachu z okolí dvou komet, ale také **interstelární prachové částice**. K jejich detekci v zachytném aerogelu se spojilo více než 30 tisíc dobrovolníků v projektu *Stardust@Home*. Jejich společné úsilí přineslo podle A. Westphala aj. důkazy, že *7 ze zkoumaných prachových částiček má interstelární původ*, jelikož se od ostatních zrněk prachu liší významně svým chemickým složením, krystalickou strukturou, ale i trajektorií dráhy při zachycení aerogelem. Současně se ale ve všech případech liší od částic, které astronomové sledují na dálku spektroskopicky, anebo od teoretických modelů složení mezihvězdného prachu.

A. Belloche aj. zjišťovali pomocí aparatury *ALMA*, zda se v v obřím (poloměr 23 pc; hmotnost 3  $MM_{\odot}$ ) molekulovém mračnu a zdroji překotné tvorby hvězd **Sgr B2** vzdáleném od centra Galaxie jen 120 pc vyskytují aminokyseliny, které považujeme za stavební kameny pro vznik života. Ve vzorcích uhlíkatých chondritů se totiž údajně našly aminokyseliny interstelárního původu. Díky technickým parametrům *ALMA* se autorům podařilo objevit rozvětvenou **molekulu iso-propylkyanidu** (*i-C3H7CN*). Právě takto rozvětvené molekuly mohou posloužit jako stavební kameny pro aminokyseliny.

## 5. Galaxie a kvasary

### 5.1. Hvězdokupy

Jak uvedli C. Mellis aj., je už zcela jisté, že vzdálenost otevřené hvězdokupy **Plejády** (= *M45*; *Tau*)  $d = (120,2 \pm 1,5)$  pc změřená astrometrickou družicí *HIPPARCOS* je jednoznačně chybná. Autoři totiž změřili vzdálenost *Plejád* radiointerferometrií *VLBI* a obdrželi hodnotu  $d = (136,2 \pm 1,2)$  pc, která je v uspokojivé shodě s váženým průměrem předešlých pozemních měření  $d = (133,5 \pm 1,2)$  pc. Příčina povážlivé systematické chyby měření z družice *HIPPARCOS* stále není známa.

V. Straižys aj. uvedli, že vzdálenost otevřené hvězdokupy **M29** (*Cyg*; 6,6 mag) byla až dosud velmi nejistá, protože v tom směru cloní jasnosti hvězd neznámé množství mezihvězdné látky. Autoři proto změřili její vzdálenost pomocí vícebarevné fotometrie ve vilniusském systému barevných filtrů. Proměřili tak barevné indexy 260 hvězd až do 18 mag a odtud stanovili přesnou hodnotu mezihvězdné extinkce až 3 mag. Obdrželi tak zlepšenou hodnotu vzdálenosti hvězdokupy ( $1,5 \pm 0,15$ ) kpc a její menší stáří pouze 5 mil. let.

Proslulá umělá družice *Swift* sloužící především k objevování zábleskových zdrojů záření gama se podle M. Siegela hodí i k výzkumu **otevřených a kulových hvězdokup**, protože její ultrafialový a optický teleskop *UVOT* má široké zorné pole ( $17^\circ$ ), vysokou citlivost v blízké části spektra UV a rozlišovací schopnost 2,3". Pomocí tohoto přístroje dokázali ve hvězdokupách snadno rozlišit mladé i středně staré hvězdy hlavní posloupnosti, modré loudaly i horké bílé trpaslíky a zkonstruovat tak jejich barevné diagramy. Odvodili tak vzdálenost otevřené hvězdokupy **M67** (*Cnc*; 6 mag) 910 pc, stáří 4 mld. let a sluneční metalicitu. Podobně určili přesnější parametry otevřené hvězdokupy **NGC 188** (*Cep*; 8 mag): 1,9 kpc; 5 mld. let a metalicitu  $+0,1$  (vyšší než sluneční) a **NGC 2539** (*Pup*; 7 mag): 1,3 kpc; 630 mil. let; sluneční metalicita. Podobně zkoumali také starou kulovou hvězdokupu **M79** (*Lep*; 9 mag), vzdálenou od nás 13 kpc, starou téměř 12 mld. let a tudíž s velmi nízkou metalicitou  $-1,55$ . Hvězdokupa je od nás tak daleko, že se pomocí *UVOT* nepodařilo zobrazit tamější hvězdy hlavní posloupnosti ani větev červených obrů. Zato jsou dobře viditelné modrá horizontální větve a asymptotická větve červených obrů (AGB).



## Pulzujúci biely trpaslík

Vedci objavili v horúcej hélíovej atmosfére bieleho trpaslíka PG 0112+104 neradiálne oscilácie. Pri stanovenej teplote 30 000 K ide o najhorúcejšieho pulzujúceho bieleho trpaslíka s atmosférou tvorenou He.

PG 0112+104 má sotva 0,5  $M_{\odot}$ . Bohaté oscilačné spektrum g-módov nižších rádov ukazuje jednoznačne rozštiepenie frekvenčného spektra spôsobené rotáciou, ktoré môže byť použité na preskúmanie prípadných zmien rotačnej periódy smerom do hĺbky hviezdy.

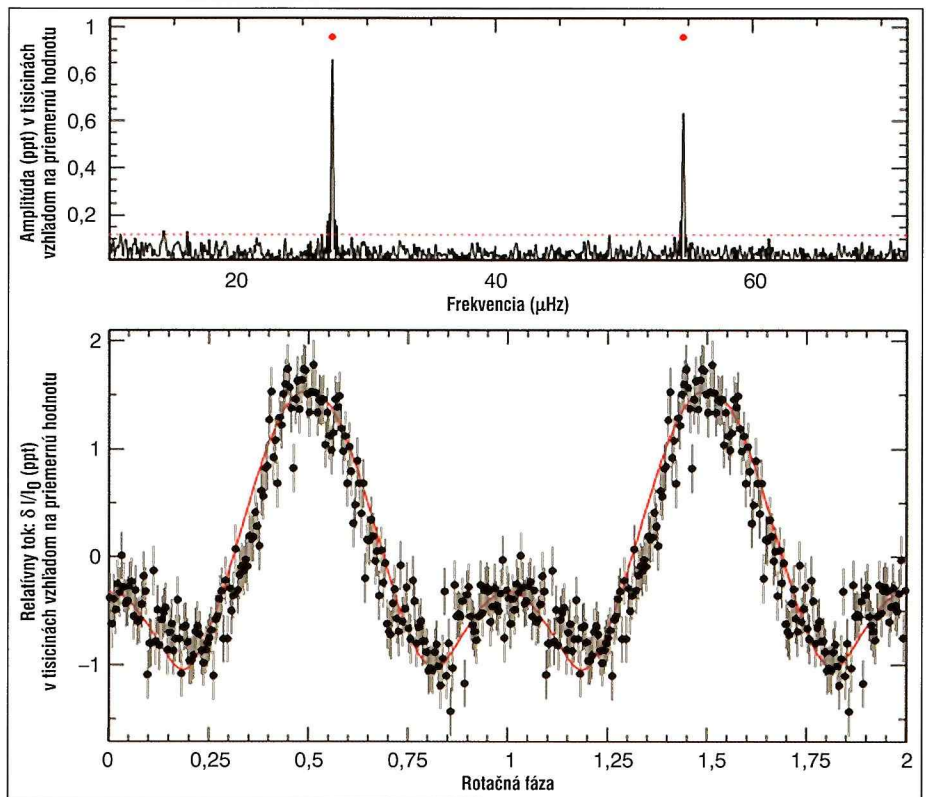
Pôvodne bol objekt zaradený ako biely trpaslík s atmosférou He (DB). Keď sa zistilo, že jasnosť objektu sa mení vplyvom neradiálnych pulzácií, bol preklasifikovaný ako variabilný biely trpaslík (DBV).

Pulzy bieleho trpaslíka PG 0112+104 pozorovali vlni v lete počas predĺženej misie vesmírneho ďalekohľadu Kepler (K2) počas 78,7 dňa.

Vedci zaznamenali 11 nezávislých pulzačných módov, pričom väčšina z nich bola detegovaná ako jednoznačné módy v súlade s rotačnou periódou povrchu objektu.

Relatívne malá amplitúda pulzov hviezdy, ktorá bola určená iba z meraní Keplerovým ďalekohľadom, znamená, že pulzujúcich bielych trpaslíkov môže byť viac, avšak pozorovania z povrchu Zeme neumožňujú určenie týchto nevýrazných pulzácií. PG 0112+104 sa stal prvým pulzujúcim bielym trpaslíkom, ktorého fotometrický signál bol v súlade s nameranou periódou rotácie povrchu: 10,17 hodín. (Išlo o fotometrický záznam škvry putujúcej po kotúči trpaslíka.)

Analýza svetelnej krivky ukázala, že premen-



Horný panel ukazuje nízkofrekvenčnú Fourierovu transformáciu PG 0112+104, v ktorej boli identifikované dve výrazné maximá (vyznačené červenými bodkami), ktoré predstavujú fotometrickú moduláciu pre rotačnú periódu a jej prvú harmonickú zložku. Spodný panel ukazuje svetelnú krivku z pozorovaní ďalekohľadu K2 binovanú do 200 bodov, náfázovanú na rotačnú periódu 10,17404 h. Červená krivka predstavuje model svetelnej krivky pre jednoduchú škvry. (ppt = parts per thousand, t.j. tisícina.)

livý fotometrický signál spôsobuje horúca škvry na povrchu hviezdy. Vedci odhadujú, že fotometrický signál ovplyvňuje prerozdelenie toku žiarenia v UV oblasti slabým magnetickým poľom spojeným pravdepodobne pre svetlo nepriepustnou, tmavou oblasťou niekde na povrchu hviezdy.

Aký význam má meranie rotácie hviezd pre

pochopenie stelárnej evolúcie? Rotácia ovplyvňuje fyzikálne procesy prebiehajúce vo vnútri hviezdy i na jej povrchu: konvekciu, difúziu, ale i činnosť dynam, generujúcich silné magnetické poľa.

University of North Carolina  
E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-pulsations-hot-helium-atmosphere-white-dwarf.html>

## Najvzdialenejšie hviezdy Mliečnej cesty

Zhruba 300 000 svetelných rokov od Zeme sa nachádza jedenásť najvzdialenejších hviezd našej Galaxie. Objavili ich za okrajom špirálového disku Mliečnej cesty. Tieto hviezdy podľa všetkého nie sú „naše“: sformovali sa v trpasličej galaxii Sagittarius. Navyše, pohybujú sa v prúde hviezd, dlhom milión svetelných rokov (desaťnásobok priemeru Galaxie).

„Zmapované prúdy hviezd sú v porovnaní s gigantickými hviezdznymi riekami vo vzdialenom vesmíre iba akýmisi potôčkami“, vraví Marion Dierickx z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA).

Sagittarius je jedna z desiatok minigalaxií v okolí Mliečnej cesty. Počas ostatných miliárd rokov okolo nej niekoľkokrát obehla. A počas každého obehu ju gravitácia našej Galaxie pripravila o niekoľko desiatok hviezd.

Vedci z CfA využili počítačové modely a simulovali pohyby trpasličej galaxie Sagittarius v ostatných 8 miliárdach rokov. Rýchlosť jej

pohybu i uhly občasného priblíženia menili tak, aby čo najlepšie zodpovedali súčasným pozorovaniam.

Zo simulácií vyplynulo, že v tomto období



Na počítačovom obrázku červený oblúk zviditeľňuje disk Mliečnej cesty a červený bod označuje polohu trpasličej galaxie Sagittarius. Sivé krúžky predstavujú hviezdy, ktoré Sagittarius pod vplyvom opakovaných gravitačných kolízií postrácal. Päť z jedenástich najvzdialenejších hviezd naša Galaxia „ukradla a zaradila medzi svoje hviezdy“.

prešla minigalaxia Sagittarius stredom našej Galaxie niekoľkokrát.

Na obežnú dráhu trpaslíka mali rozhodujúci vplyv počiatočná rýchlosť a prvý uhol priblíženia. Keď sa simulácie začali, galaktický trpaslík bol 10-miliárdkrát hmotnejší ako Slnko. Vedci vypočítali, že v období medzi štartom a dneškom stratila táto malá galaxia tretinu hviezd a 9/10 tmavej hmoty. Dokazujú to tri hviezdne prúdy, ktorých čelo sa nachádza milión svetelných rokov od stredu našej Galaxie. Ba čo viac: všetky tri prúdy prenikli až za vonkajší okraj hala Mliečnej cesty a predstavujú jednu z najväčších pozorovateľných štruktúr na oblohe.

Okrem toho päť z jedenástich najvzdialenejších hviezd v našej Galaxii má také polohy a rýchlosti, že ich kolískou mohla byť iba minigalaxia Sagittarius. Ďalších šesť hviezd sa zrejme sformovalo v inej trpasličej galaxii.

Mapovanie v rámci Sloanovej digitálnej prehľadky oblohy detegovalo iba jeden z troch prúdov, ktoré simulácie predpovedali. Až ďalekohľady ďalšej generácie, najmä Large Synoptic Survey Telescope, ktorý rozlíši oveľa viac slabých hviezd, azda dokáže identifikovať aj ďalšie predpovedané prúdy.

CfA Press Release  
E. G.

<http://astronomynow.com/2017/01/16/farthest-stars-in-milky-way-might-be-ripped-from-another-galaxy/>



Tabbina hviezda na infračervenej snímke z prehliadky 2MASS (vľavo) a na ultrafialovej snímke (vpravo).

## Tabbina hviezda krátko pred premenou?

Vesmírny ďalekohľad Kepler pátra po hviezdach, ktorých jasnosť sa periodicky mení: slabne a pohasína, aby sa vzápätí opäť zvýšila. Svetlo z hviezdy KIC 846852, známej ako Tabbina hviezda, však neprestáva lovcov exoplanét udívať: pokles jej jasnosti sa neobjavuje periodicky a netrvá rovnako dlho. Túto záhadu sa pokúšajú vysvetliť astronómovia, astrofyzici, amatéri, spisovatelia sci-fi i konšpirátori. Čo spôsobuje nepravidelné kolísanie jasnosti? Bizarný pás asteroidov, alebo štruktúry, vytvorené mimozemšťanmi?

Najnovšie vysvetlenie zverejnili profesori Karín Dahmen, Richard Weaver a ich doktorand Mohammed Sheik z University of Illinois.

Tabbina hviezda, vzdialená 1276 svetelných rokov, je štandardnou hviezdou typu F v súhvezdí Labute. Jej nezvyčajná svetelná krivka (graf, vyjadrujúci jasnosť objektu ako funkciu času alebo fázy) ukazuje intenzívne poklesy jasnosti o 20 %, ale aj početné slabšie pohasnutia medzi nimi.

Weaver: „Pri zákrytoch je najdôležitejšia ich periodicitá. V prípade Tabbinej hviezdy pohasnutia, či už krátke, alebo dlhé, nie sú periodické. Objavujú sa v nepredvídateľných intervaloch. Dlhého to bola najväčšia záhada okolo svetelnej krivky tejto hviezdy.“

Illinoiský tím pri skúmaní menších, nepravidelných zmien svetelnej krivky Tabbinej hviezdy využil štatistickú analýzu. Objavili model, ktorý je v pozoruhodnom súlade s bežne využívaným

„lavínovým štatistickým modelom“: slabšie pohasnutia možno priradiť k vplyvu malých zosuvov, ktoré predstavujú štatistický šum a spúšťajú sa v prestávkach medzi zosunmi veľkých, hučiacich lavín, porovnateľných s veľkým poklesom jasnosti.

Slabé pohasnutia sa prejavujú v prekvapujúco širokej palete rozsahov, zodpovedajúcim jednoduchému rozdeleniu.

Z údajov jednoznačne vyplynulo, že zmeny jasnosti nespôsobujú objekty obiehajúce okolo hviezdy, ale samotná hviezda. Tabbinu hviezdu sme teda zastihli v kritической fáze postupnej premeny.

„Lavíny“ majú dve hlavné vlastnosti: veľkosť a trvanie. Veľkosť lavíny závisí od hodnoty poklesu energie emitovanej hviezdou počas pohasínania.

Sheik: „Skúmame štatistické rozloženie jednotlivých fluktuácií. Všetky tieto procesy sa správajú podľa štatistických mocninových vzťahov, keď je zmena jednej veličiny lineárnou funkciou zmeny druhej veličiny (power laws). Iba preto dokážeme nezávisle interpretovať úkazy a overovať ich konzistentnosť s modelom.“

Mocninové vzťahy majú zaujímavú vlastnosť: prejavujú sa rovnako v najrozličnejších škálach. Ak sa zameriate na krátke časy a malé škály, dostanete rovnaké typy štatistického rozloženia ako pri veľkých škálach a dlhších časoch. Mocninové vzťahy vyjadrujú samopodobnosť (selfsimilarity) systému v širokej palete rozsahov a časových intervalov.

Štatistika malých pohasnutí Tabbinej hviezdy je v dobrej zhode s predpoveďami teórie.

Vedci zistili, že prerušovanie udalostí veľkými udalosťami, sú príznačné najmä pre systémy na prahu fázovej premeny. Všimli si to napríklad pri dynamike deformácií nanokryštálov, pri štatistike udalostí kovových skiel, pri zrnitých materiáloch i pri zemetraseniach na oveľa väčších, až 12 rokov trvajúcich škálach.

Podobné striedanie „lavín“ pozorovali aj pri

dejoch v mozgu, ktoré vyvolávajú neuróny, v magnetických systémoch i v systémoch meniacich skupenstvo.

Dahmen: „Čosi podobné pozorujeme aj v iných systémoch, blížiacich sa k fáze premeny. Všimli sme si, že ten-ktorý systém sa môže prejavovať malými i veľkými udalosťami, ktoré však majú odlišnú dynamiku. Príkladom takýchto premien sú magnetické systémy, riadené magnetickým poľom, alebo pomalou, postupnou deformáciou o niečo odolnejších materiálov. V takom prípade sa proces prejavuje najskôr jemným, ale postupne čoraz hlasnejším praskotom, až napokon materiál s veľkým rachotom pukne a rozlomí sa.“

Malé udalosti pri analýze Tabbinej hviezdy pripomínajú jemný praskot lámajúceho sa materiálu, ktorý postupne silnie. Slabé i silné udalosti sú dôkazom „slabnutia dozrievajúceho mechanizmu“ na prahu veľkej premeny.

Ak je to naozaj tak, ako sa bude Tabbina hviezda v najbližšom čase meniť a ako dlho bude táto premena trvať? Weaver: „To sa dozvieme až po analýze ďalších údajov. Prezradia nám, o akú premenu pôjde. Zatiaľ môžeme iba špekulovať.“

Načim poznamenať, že nepravidelné pohasnutia hviezdy (napriek hypotéze o vnútornom zdroji prejavu) nevylučujú ani zákryty inými telesami. Či už kométami, asteroidmi, alebo planetárnou triedou... Z doteraz analyzovaných údajov však vyplýva, že **pohasnutia, veľké i malé, generuje samotný vnútrojšok hviezdy.**

V najbližších rokoch použijú vedci tieto analýzy aj pri iných hviezdach. Chcu sa dozvedieť, ako táto štatistika fluktuácií funguje pri známych hviezdach. Inými slovami: budú využívať štatistiku signálov v svetelnej krivke vybraných hviezd, aby lepšie pochopili dynamické procesy v ich vnútroch.

Physical Review Letters  
E. G.

<https://phys.org/news/2016-12-avalanche-statistics-tabby-star-phase.html>

# Rádiové relikty z fosílnych elektrónov

**V kope galaxií Abell 3411-3412 objavili rádiovú galaxiu s chvostom. Detegovali v nej aj oblasť rozptýlených rádiových emisií. Objav potvrdzuje, že rádiové galaxie generujú energetické elektróny, ktoré záhadné emisie vysvetľujú.**

V kopách galaxií sa vyskytujú najrozličnejšie zdroje rádiových emisií: od aktívnych jadier galaxií (AGN), ktoré neraz vnímame ako „chvostnaté“ rádiové galaxie s rozpadnutými lalokmi, až po ozrutné oblasti difúzných rádiových synchrotrónových emisií. Tie ostatné očividne nesúvisia s niektorou z galaxií, ale s celou kopou. Potenciálne interakcie týchto dvoch zdrojov zaujímajú čoraz viac vedcov.

Difúzne rádiové emisie v kopách sa prejavujú buď ako halo, alebo ako relikty (zvyšky). Oba typy emisií sú spájané s dynamickými udalosťami, napríklad s gravitačným splyvaním dvoch kôp galaxií. Halá sú asi produktom turbulencií v strede kopy.

Relikty generujú nárazové vlny vyvolané splyvaním galaxií v kopách a prejavujúce sa v médiu vo vnútri kopy. Relikty detegujeme ako emisie v škále megaparsekov na periférii kôp.

Zdroje elektrónov, produkujúce vo vnútri kôp rádiové emisie pri prechode nárazových vln prostredím, neboli donedávna zaznamenané. Dokazuje to aspa, že zdrojom elektrónov emitujúcich rádiové vlny sú aktívne galaxie? Do istej miery áno...

**Pôvod elektrónov, generujúcich relikty, bol donedávna najvýznamnejším problémom fyziky kôp galaxií.** Z röntgenových pozorovaní vieme, že rádiové relikty sa prejavujú ako nárazové vlny s malým Machovým číslom. Tieto vlny však majú mimoriadne malé zrýchlenie. Vedci si preto nedokázali predstaviť, že by práve ony produkovali najjasnejšie zo známych rádiových relikto. Najmä ak by jediným zdrojom elektrónov bol zdroj/oblasť elektrónov s nízkou energiou v priestore medzi kopami.

Podľa teórie by sa nárazové vlny, generované kanibalizmom galaxií v kopách, mali objaviť v 40 až 70 % kôp. Vedci však doteraz spomedzi niekoľkých tisícok preskúmaných kôp galaxií objavili iba 60 s požadovanými vlastnosťami. Zdá sa, že kanibalizmus kôp a s ním spojené nárazové vlny sú síce dôležitou, nie však nevyhnutnou podmienkou vzniku relikto.

Vedci preto hľadajú iný mechanizmus, generujúci zásobu energetických elektrónov, prítomných len v niektorých oblastiach kopy. Mechanizmus, ktorý by zároveň dokázal vysvetliť aj vzácnosť výskytu relikto bez ohľadu na počet

gravitačných splynutí. Opätovne urýchľované zásoby elektrónov sa podľa všetkého tvoria v rozpadajúcich sa zvyškoch niektorých rádiogalaxií uprostred kôp.

Tieto zdroje môžu generovať populácie elektrónov schopných dosiahnuť požadovanú jasnosť v rádiových oblastiach. Pravdaže, až po prechode nárazovej vlny s malým Machovým číslom. Zároveň by boli aj vysvetlením malého počtu relikto v kolidujúcich, splyvajúcich galaxiách.

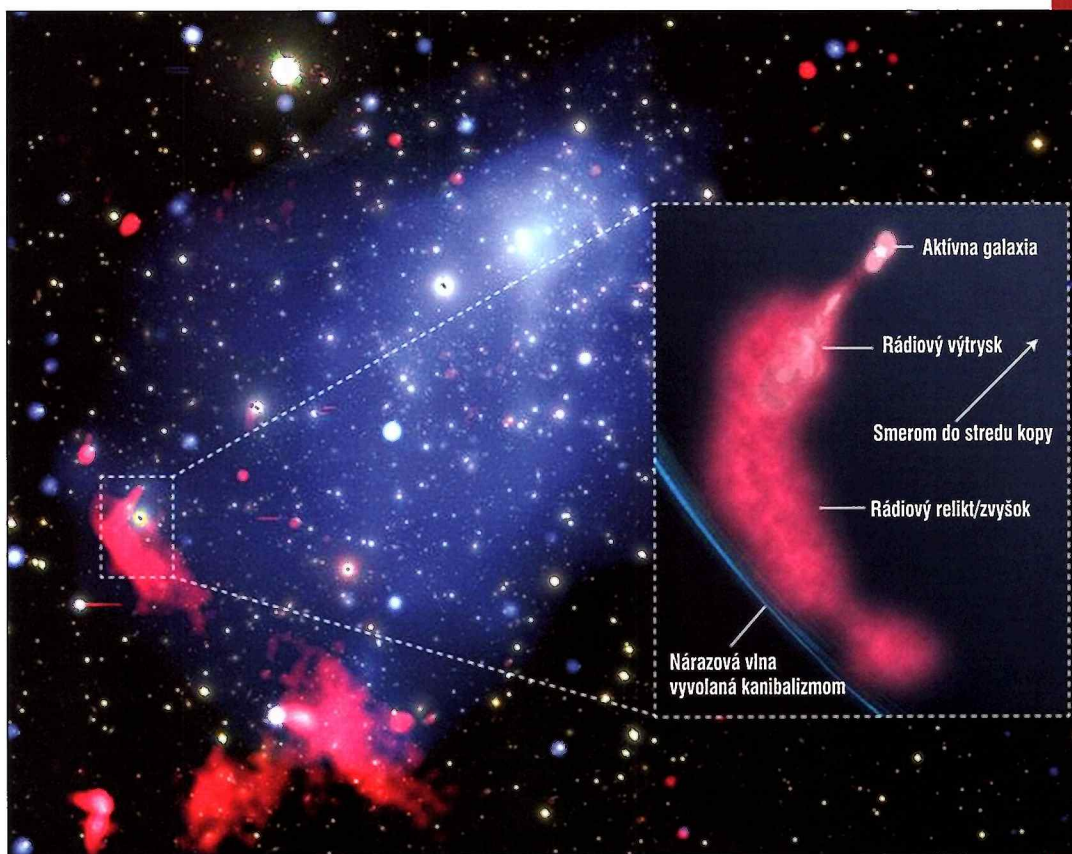
Potvrdenie zdroja elektrónového osiva je dôležité z viacerých príčin. Efekty projekcie neumožňujú totiž spoľahlivo overiť, či je rádiová galaxia spojená s reliktom, objektom v popredí, alebo v pozadí. Navyše: väčšina preskúmaných rádiogalaxií, prepojených rádiovými reliktmí, sa vo viditeľnej oblasti neprejavuje.

Optimálnym objektom na preverenie týchto teórií sa ukázala byť kopa galaxií Abell 3411-3412. Jedna z rádiových galaxií v tejto

**isté, že relikť osiali elektrónmi laloky zvyškov galaxií v jadre kopy. Skvelý dôkaz prepojenia medzi AGN a rádiovým reliktom!**

Zdroj zásoby elektrónov nám podhalil presný mechanizmus zrýchľovania objavujúci sa v reliktoch. Vedci sa ich preto zamerajú na výskyt relikto v ďalších aktívnych jadrách galaxií. Vieme, že v Lokálnom vesmíre (*červený posun*  $z = 0,01$ ) sa v kopách galaxií vyskytuje jedna, nanajvýš dve rádiové galaxie s chvostom. Najmä v hustých, kompaktných kopách.

Ak tento poznatok skombinujeme so získanými údajmi veľkého počtu kôp galaxií (v ktorých prebieha gravitačný kanibalizmus), jednoznačne nám vyplynie, že by sme v nich mali objaviť oveľa viac ako 60 relikto. Najskôr sa skrývajú v starších sústavách, kde už rádiové emisie pre starnutie elektrónov zoslabli natoľko, že ich môžeme detegovať iba na nízkych rádiových frekvenciách. Takéto detekcie umožňujú



Kombinovaná, poskladaná snímka kopy galaxií Abell 3411-3412 (v pozadí) a ilustrácia predpokladaných konfigurácií (v rámečku).

kope má presne také spektrum, aké by mala mala malá galaxia s reliktom. Ide iba o druhý prípad, keď v známej galaxii, zložky kopy, dokázali prítomnosť rádiového reliktu.

**Naznačuje to, že zdrojom požadovaného „elektrónového osiva“ (seed) je naozaj aktívne jadro galaxie (AGN).**

Vedci demonštrovali zmenu emisných čiar v bode, kde sa elektróny rádiových galaxií „s chvostom“ po prekonaní nárazovej vlny opäť urýchľujú. V takom prípade sa spektrálny index sponštuje, pretože častice plazmy na konci chvosta urýchlil prechod nárazovej vlny. V rovnakom čase sa vplyvom nárazovej vlny zvyšuje aj polarizácia žiarenia.

**Vedci objavili oba tieto efekty. Je takmer**

prístroje LOFAR a MWA, priam stvorené na skúmanie ďalších AGN (naozaj sú zdrojom elektrónov pre relikty?), ako aj mechanizmov ich zrýchľovania.

Takéto prehliadky umožnia prvé veľkoškálové štatistické štúdie prepojenia medzi AGN, halami a reliktmí v kopách galaxií. Získame tak prvé odvodené charakteristiky dynamiky kôp získané z meraní v rádiových oblastiach. Na svete by bola pozorovateľsky najlacnejšia inventúra vývoja veľkoškálových štruktúr vo vesmíre. Ale až po analýze údajov rádiových prehliadok ďalšej generácie.

Natur Astronomy  
E. G.

<http://www.nature.com/articles/s41550-016-0014>

# Kráľovská hvezdáreň v Madride

Prakticky v centre mesta, na malej vyvýšenine na okraji rozľahlého a veľmi pekného mestského parku Parque del Buen Retiro, stojí staručká madridská Kráľovská hvezdáreň – **Real observatorio de Madrid**. Táto hvezdáreň začala písať svoju históriu v roku 1790, teda ešte v dobe, keď boli na týchto miestach vytvorené vhodné podmienky na bezproblémové sledovanie oblohy. Práca zariadenia bola zameraná na pozorovanie objektov na oblohe, zisťovanie a poskytovanie dôležitých údajov pre cestovateľov a námorníkov a neskôr sa sústredila jej činnosť na získavanie poznatkov z oblastí solárneho výskumu, fyziky hviezd, nebeskej mechaniky a magnetizmu Zeme, ktoré boli následne využívané i v geofyzike, geodézii, kartografii a meteorológii.

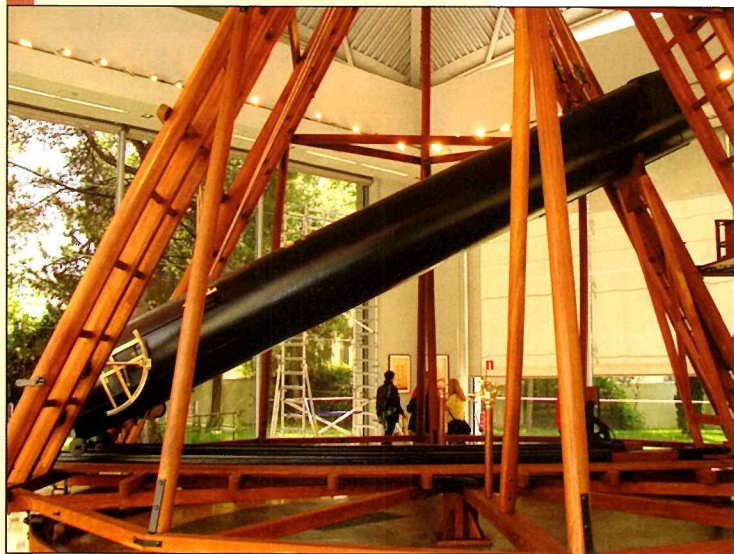


Hlavná budova hvezdárne.



Foucaultovo kyvadlo.

Replika veľkého ďalekohľadu F. W. Herschela z 18. storočia.



Pohyb ďalekohľadu bol zabezpečený pomocou valcov, koľajníc, ozubených súčastok, kladiek a silných lán.



## Foucaultovo kyvadlo

Prvé, s čím sa návštevníci hvezdárne stretnú a oboznámia, je Foucaultovo kyvadlo. Je umiestnené vo vestibule hlavnej budovy a hneď upúta pozornosť. Toto pomerne jednoduché zariadenie prakticky dokumentuje rotáciu Zeme okolo svojej osi. Pozostáva z dlhého tenkého drôtu uchyteného vysoko v stropě na otáčavom závěse, dostatočne ťažkého závažia a na podlahe v kruhu po jednotlivých stupňoch rozostavených drevených valčekov. Princíp spočíva v tom, že kyvadlo si voči hviezdám a okolitému vesmíru zachováva stále rovinnú rovňu, ale naopak, voči predmetom, ktoré sú pevne spojené so Zemou, sa vplyvom rotácie Zeme jeho rovina kyvu stáča. Následne potom vzniká situácia, že kyvadlo po-

stupne rúca jednotlivé drevené valčeky postavené na podlahe, čím dokumentuje, o koľko stupňov sa jeho dráha vychýlila. Táto pomôcka je pomenovaná po francúzskom astronómovi a fyzikovi Jeanovi Bernardovi Léonovi Foucaultovi (1819 – 1868), ktorý v roku 1851 ako prvý pomocou kyvadla názorne demonštroval rotáciu Zeme v parížskom Panteóne.

### Ďalekohľady F. W. Herschela

Značný priestor v expozícii kráľovskej hvezdárne je venovaný geniálnemu konštruktérovi astronomických ďalekohľadov, anglickému astronómovi a optikovi nemeckého pôvodu, sírovi Friedrichovi Williamovi Herschelovi (1738 – 1822). Zaoberal sa brúsením zrkadiel a zostrojil množstvo ďalekohľadov. V roku 1781 objavil planétu Urán, neskôr aj jej dva mesiace (Titania, Oberon) a tiež dva mesiace planéty Saturn (Mimas, Enceladus). Venoval sa aj pozorovaniu hmlovín a hviezdokôp a vtedajší Messierov katalóg rozšíril približne o 2000 objektov. V roku 1789 dokončil stavbu obrovského ďalekohľadu, ktorý sa na päťdesiat rokov stal najväčším teleskopom na svete. Bolo to doslova majstrovské dielo. Železný tubus bol uložený na silnej drevenej konštrukcii. Horizontálny i vertikálny pohyb ďalekohľadu bol zabezpečený pomocou valcov, koľajníc, ozubených súčiastok, kladiek a silných lán. Kovové zrkadlo malo priemer 620 mm, ohnisková vzdialenosť bola 7620 mm. Kovové zrkadlá sa vyrábali zo zliatiny meďi, cínu a antimónu. Dlhé a namáhavo sa potom brúsili a leštili. Historické dokumenty udávajú, že pre tento ďalekohľad boli vyrobené dve zrkadlá, ktoré sa vzájomne vymieňali počas údržby a úpravy niektorého z nich. Obe sa zachovali. Jedno originálne kovové zrkadlo je vystavené ako vzácny exponát priamo tu v madridskej hvezdári a druhé sa nachádza v Múzeu vedy v Londýne. V Madride zašli ešte ďalej a v samostatnej hale, postavenej práve na tento účel, vystavujú repliku tohto obdivuhodného technického unikátu. Človek má zvláštny pocit keď stojí pri tomto veľkom teleskope a predstavuje si dobu, v ktorej vznikol. Určite zaujímavá je aj ďalšia replika, síce oveľa menšieho zrkadlového ďalekohľadu s priemerom zrkadla 178 mm v drevenom tubuse, no historicky tiež veľmi cenného a významného. Je to totiž kópia dobového teleskopu, pomocou ktorého v roku 1781 objavil F. W. Herschel planétu Urán.

### Meridiánový kruh

V starej budove na pôvodnom mieste ešte stále dôstojne stojí círculo meridiáno – krásne vypracovaný a dobre zachovaný mosadzný ďalekohľad vyrobený v roku 1853. Ďalekohľad je nastavený v smere miestneho poludníka, otáča sa len na vodorovnej osi, ktorá je uložená v línii východ – západ. Je spojený s veľkými, presne delenými kruhmi. Pri takomto nastavení sa potom zvislé vlákno kríža v ohnisku okulára zdanlivo premieta na sféru ako poludník. Dalo by sa povedať, že je to v podstate pasážnik vo väčšom vydaní. Ďalekohľad v minulosti dlhé roky slúžil na pozorovanie prechodu hviezd cez miestny poludník. Zaznamenávala sa výška pozorovanej hviezdy na oblohe a presný čas pre-

chodu. Dnes je to veľmi pekný a hodnotný muzeálny exponát.

### Nový pavilón vedy

Celá prehliadka hvezdárne, ktorá prebieha v organizovaných skupinách a trvá zhruba 90 minút, končí v novej modernej hale nazvanej Sala de Ciencias de la Tierra y del Universo, čo v preklade znamená – Pavilón vedy o Zemi a vesmíre. Je tu zaznamenaná história a postupný vývoj a výsledky výskumov v štyroch



Originálne kovové zrkadlo z veľkého ďalekohľadu F. W. Herschela.



vedných oblastiach – astronómie, geofyziky, geodézie a kartografie. Expozícia teda nie je zameraná len na výskum vesmíru, ale dokumentuje aj vedecké bádanie nasmerované priamo na našu Zem, ktoré je realizované i ďalšími vednými obormi v oblasti prírodných vied. Obsahuje jedinečnú zbierku písomných dokumentov, máp a prístrojov vytvorených a používaných v spomenutých vedeckých oblastiach v období 19. a 20. storočia.

I keď Madrid nie je práve najvýznamnejšie centrum astronomickej činnosti, myslím, že je dobré upozorniť hlavne záujemcov o astronómiu na to, že okrem svetoznámych atrakcií, ako sú napríklad Národné múzeum Prado, Národná galéria Reina Sofia alebo futbalový klub Real Madrid, existuje v tejto španielskej metropole i niečo také, ako astronomické múzeum v areáli historickej Kráľovskej hvezdárne, ktoré disponuje veľmi cennými exponátmi. A komu by to bolo po návšteve hvezdárne málo, môže si ešte trochu astronómie pridať, nakoľko v inej časti mesta je všetkým záujemcom k dispozícii pekné, moderné a nedávno zrekonštruované planetárium – Planetario de Madrid.

Text a foto:  
Mgr. PETER POLIAK

Takýmto ďalekohľadom objavil F. W. Herschel v roku 1781 planétu Urán.



Meridiánový kruh.



Pavilón vied o Zemi a vesmíre.

# Hľadanie vody na Marse: Takmer nekonečný príbeh

**Aký bol Mars pred miliardami rokov? Mal oceány, jazerá a rieky, alebo sa už narodil taký suchý a zmrznutý, ako je teraz? Ak tam voda bola, kam zmizla, a akú teraz môže mať formu? Čo je vlastne pod povrchom Marsu? Tieto otázky boli na začiatku dlhého hľadania, ktoré sa začalo pozorovaním Marsu zo Zeme, a neskôr vyslaním prvých družíc, ktoré sa dostali k nášmu záhadnému planetárnemu susedovi veľmi blízko. Robotické vozítka (rovery) potom začali skúmať planétu nielen na povrchu, ale aj zvnútra.**

Mars v predstave umelca: pred 4 miliardami rokov bol skôr modrou než červenou planétou.

Ilustrácia: ESO/M. Kornmesser, N. Risinger, SKYSURVEY.ORG

Americký Mariner 4 poslal v roku 1964 svoje prvé snímky povrchu Marsu, ktoré urobil zblízka. Preletel aj cez niekoľko miest, kde mali byť slávne umelé vodné kanály, ktoré na prelome 19. a 20. storočia „objavil“ a spopularizoval bostonský astronóm (a podnikateľ) Percival Lowell. Na rozdiel od Lowella však Mariner nenašiel vôbec nič. Vlastne to ani nebolo prekvapenie. Čo však bolo oveľa horšie: sonda nenašla nijaké stopy po vode. Namiesto toho videla iba pustý povrch plný impaktných kráterov.

Pôvodná správa o geológii Marsu z Marineru 4 dokonca vyznela v tom zmysle, že červená planéta nikdy nemala oceány pozemského typu. Vďaka týmto informáciám sa naše vedecké predstavy o Marse ako o planéte podobnej Zemi zmenili. Začali prevládať triezve názory hlásajúce, že podľa toho, čo o Marse vieme zistiť, je to skôr teleso podobné na Mesiac než na modrú Zem.

## Revolúcia pohľadu na červenú planétu

Marinery 6 a 7 na fotografiách síce zaznamenali viaceré unikátne charakteristiky marsovského terénu, tie sa však nijako nepodobali na kanály. Tak to bolo až chvíľ, než sa na obežnej dráhe Marsu v roku 1971 usadil Mariner 9.

Vtedy prežil náš pohľad na Mars revolúciu. Mariner 9, prvá sonda v histórii, ktorá sa dostala na obežnú dráhu cudzej planéty, poslal na Zem snímky Valles Marineris. V blízkosti tohto mohutného údolia boli vidieť obrovské odtokové vodné kanály, oveľa väčšie než na Zemi, zjavne vytvorené katastrofickými povodňami. Iné snímky ukazovali menšie staré údolia, tvar ktorých naznačoval, že kedysi mohli byť zaplnené dažďovou vodou či snehom.

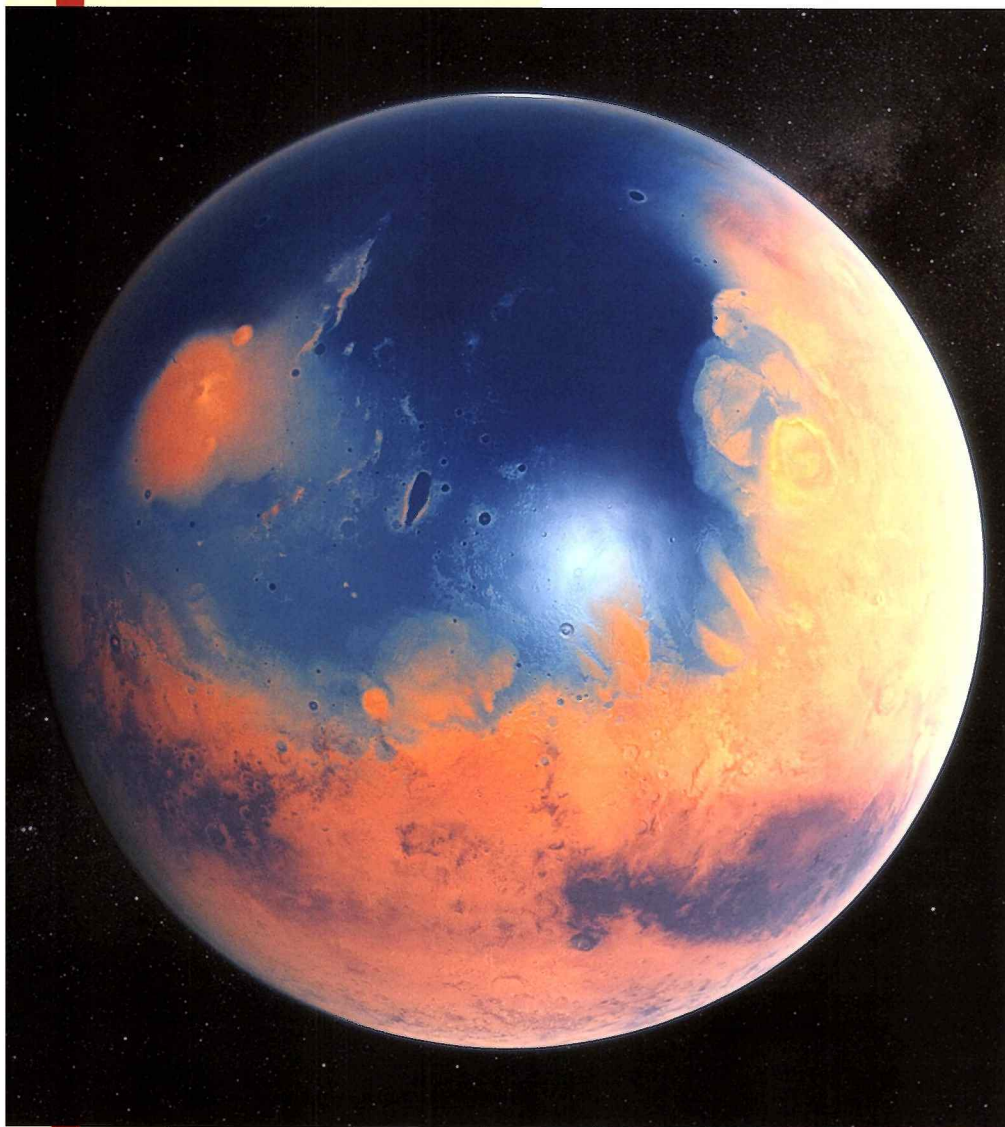
Nasledovala éra slávnych Vikingov. Tie v rokoch 1976 – 1980 našli na severných pláňach ešte viac žľabov a údolných systémov, ktoré ukázali na existenciu dávneho oceánu. Misia Pathfinderu, ktorý v roku 1997 pristál pri ústí Ares Vallis, jedného z gigantických odtokových kanálov, priniesla svedectvo o tamojších skalách a okruhliakoch, s ktorými si kedysi evidentne pohrávali gigantické záplavy.

Ešte viac zmenila náš pohľad na červenú planétu sonda Mars Global Surveyor (MGS) v rokoch 1997 – 2006, vybavená modernými kamerami s vysokým rozlíšením. Kamera MOC (Mars Orbiter Camera) ukázala na svahoch v stredných zemepisných šírkach malé kanály, ktoré sa zdali byť zaplnené vodou ešte v období posledných desiatok či stoviek tisíc rokov, teda z hľadiska geologického času prakticky včera. MOC taktiež našla prvý jasný dôkaz niekdajšej trvalej prítomnosti tečúcej vody na marsovskom povrchu: zachovanú riečnu deltu v kráteri Eberswalde. Deltá sa zvyčajne formujú v miestach, kde rieka ústi do jazera alebo oceánu. V tomto prípade sa rieka pravdepodobne vlievala do jazera, utvoreného v kráteri.

## Čučoriedky z Marsu

Zloženie marsovských hornín poskytuje morfológický dôkaz niekdajšej prítomnosti vody, ako aj toho, že dávny svet Marsu býval oveľa vlhkejší, než sme si vôbec mohli myslieť. Hydratované minerály z Marsu na Zemi priniesli meteority (hydrát je látka, ktorej molekuly obsahujú vodu). Prítomnosť tohto typu minerálov na červenej planéte potvrdili aj spektroskopické pozorovania, urobené z obežnej dráhy aj z povrchu.

Termálny emisný spektrometer na palube sondy MGS zachytil z orbity krištáľový hematit (oxid železa) na Meridiani Planum. Pretože hematit sa formuje vo vlhkom prostredí, planinu Meridiani vybrali ako miesto pristátia pre rover Opportunity, aby mohol tento minerál preskúmať zblízka. Opportunity, ktorý na Mars dorazil v roku 2004, našiel nielen hematit, ale taktiež





množstvo ďalších mineralogických dôkazov, že v tejto oblasti planéty kedysi naozaj bola na povrchu aj pod ním voda.

V kráteri Eagle našiel rover Opportunity pieskovcové horniny bohaté na zlúčeniny síry, ktoré sa zrejme formovali v tečúcej vode. Rover taktiež našiel „čučoriedky“ – stvrdnuté tmavé hematitové guľôčky, ktoré sa zrejme vytvorili v časoch, keď povrchové vody mali kontakt s pieskovcom.

V kráteri Endurance Opportunity vypátral ďalšie pieskovcové útvary, ktoré kedysi tvorili súčasť jazerej plynčiny. Hornina bohatá na síru sa formovala z blata na dne jazera a stvrkla vtedy, keď jazero vyschlo a dostala sa na vzduch.

Pri ďalšom putovaní, tentoraz po okraji krátera Endeavour, Opportunity opäť narazil na zaujímavé minerály. Tie ukazovali, že sa nielen zrodili v hydrotermálnom prostredí, ale boli tam aj dlhodobo uložené. Naozaj vzrušujúci objav, keď uvážime, že na Zemi hydrotermálne prostredie vytvára vynikajúcu oázu pre mikrobiálny život.

### Víťazstvo krátera Gusev

„Konkurz“ na pristávacie miesto pre druhý rover, Spirit, vyhral kráter Gusev. Vedci ho vybrali vďaka morfológickým znakom na južnom a severnom okraji krátera, ktorý nesie zjavné stopy po dávnom veľkom údolí nazvanom Ma'adim Vallis. Vedci usúdili, že kedysi tam mohlo byť veľké jazero. Keď však Spirit v roku 2004 v kráteri pristál, nenašiel tam nijaké dôkazy, ktoré by hovorili o niekdajšej prítomnosti jazera. Namiesto toho sa rover doslova potkýnal o veľké množstvo vulkanického materiálu, ktorý mohol byť svedkom udalosti, keď obrovské potoky lávy likvidovali akékoľvek stopy po jazernom prostredí.

Keď však Spirit pomaly opustil dno krátera a smeroval ku Columbia Hill a Husband Hill, pod kolesá sa mu dostali hydratované sulfáty a opál, čiže opäť minerály, svedčiace o dávnej hydrotermálnej aktivite, ktorá sa v týchto skalách

odohrávala. Bol to ďalší dôkaz o obývateľnom prostredí, ktoré vládlo na dávnom Marse. Navyše kremík je vynikajúci materiál, ktorý by v sebe mohol zachovať stopy niekdajšieho mikrobiálneho života. Práve vďaka tejto možnosti je Columbia Hill medzi horúcimi kandidátmi na pristátie pre marsovský rover, ktorý by mal v roku 2020 zhromažďovať vzorky hornín s cieľom dopraviť ich späť na Zem v rámci spolupracujúcej misie.

Spektrometer CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars) na palube sondy NASA Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) skenuje marsovský povrch vo viditeľnom a infračervenom svetle. Tieto vlnové šírky sa výborne hodia na pátranie po mineráloch obsahujúcich vodu, pretože vodné molekuly v kryštalických štruktúrach mnohých druhov minerálov pre nich vytvárajú vhodné záchytné body. CRISM už zachytila hydratované íly, ktoré sú na červenej planéte veľmi rozšírené, ako aj sulfáty a karbonáty; tie sa tiež nachádzajú prakticky po celom Marse.

Geologický rámec každého z týchto objavov nám hovorí veľa o tom, ako sa v tamjších špecifických pomeroch vytvárali vodné zásoby. Jednou z takýchto oblastí je kráter Gale, ktorý od augusta 2012 skúma rover Curiosity. Vnútri krátera leží 5,5 kilometra vysoký vrch s navrstvenými sedimentmi hornín, známy ako Mount Sharp. Spektroskopické analýzy CRISM ukazujú, že jeho spodné vrstvy obsahujú hydratované íly a hydratované sulfáty, takže sa niekedy museli dostať do kontaktu s vodou. Zloženie tejto vody sa pritom časom menilo, pretože íly a sulfáty sú usadeniny, vznikajúce v rozdielnych podmienkach (neutrálnych, alebo kyslých). Hora Mount Sharp teda ležala v dávnom jazere, ktoré zaplňalo kráter. Na dôvažok, steny krátera Gale sú pokryté množstvom malých údolí, ktoré pravdepodobne vytvorila tečúca voda.

Rover Curiosity začal svoju púť na skale, ktorú vytvorili sedimenty. Je súčasťou najväčšieho údolia severozápadnej časti krátera Gale s ná-

**Vľavo vidíme, ako Mars vyzerá dnes, vpravo (v predstave umelca) je tá istá oblasť v období, keď oceán pokrýval možno až 20 percent povrchu planéty.**

Ilustrácia:

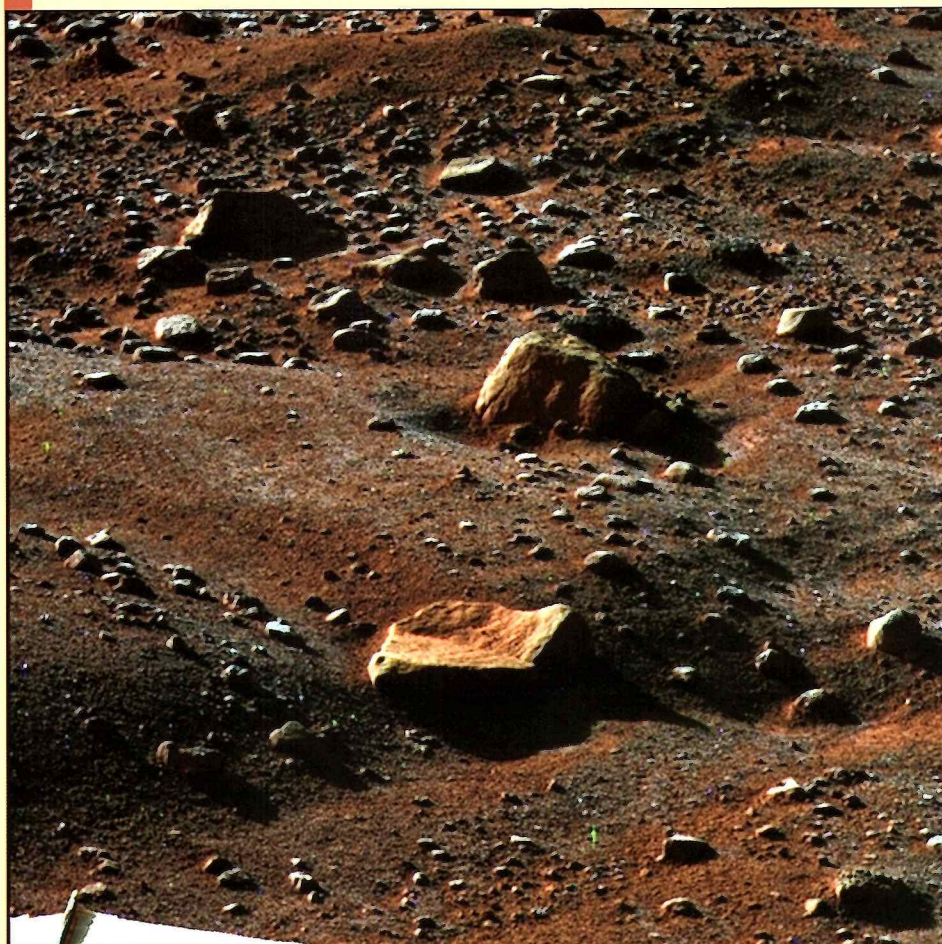
NASA/Villanueva/Mumma/Gallagher/Feimer a ďalší



**Phoenix objavil na severných pláňach Marsu iba centimeter pod povrchom vodný ľad, ktorý sa začal počas niekoľkých nasledujúcich solov (marsovských dní) odparovať.**

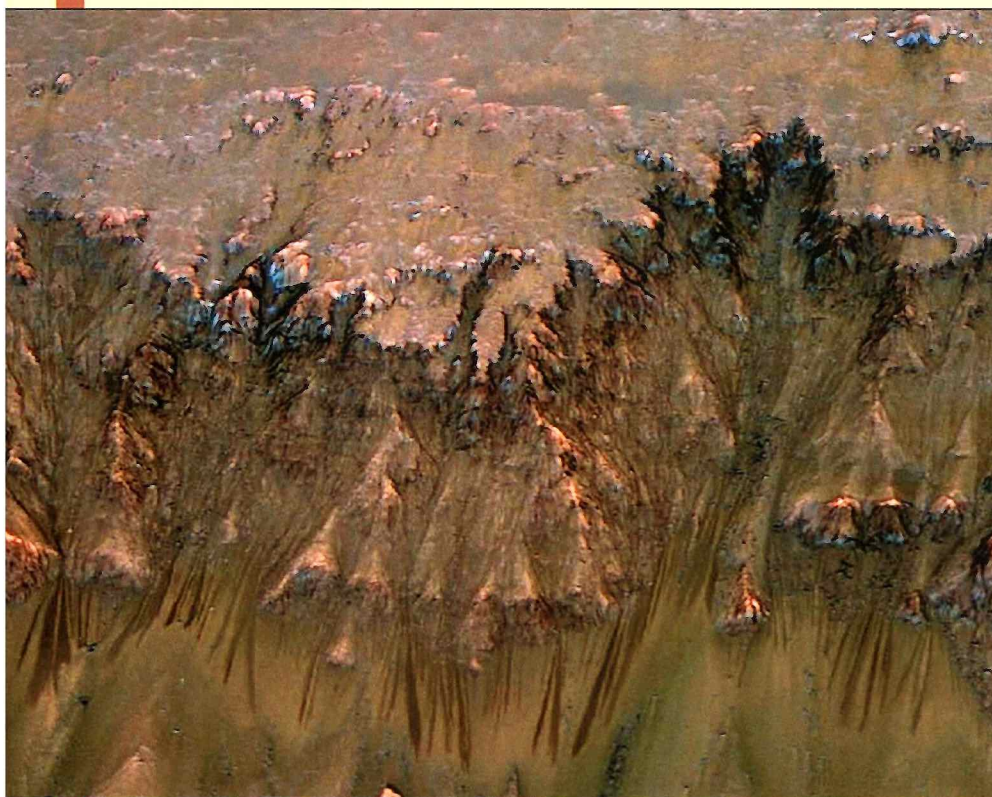
Foto: NASA/JPL-CALTECH





Jeden z posledných záberov Phoenixu pred ukončením misie v novembri 2008. Vidno na ňom krajinu pokrytú ľahkou námrazou pri východe Slnka (v nepravých farbách).

Foto: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona/Texas A&M University



Takto vyzerajú vývery tečúcej slanej vody (tmavé pružky), ktoré sa v lete objavujú na svahoch kaňonov.

Foto: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

zvom Peace Vallis. Rover rýchlo našiel množstvo dôkazov o tom, že táto skala naozaj vznikla vďaka usadeninám, ktoré prinášala voda, tečúca cez údolie. Na ceste z Peace Vallis k Mount Sharp Curiosity narazil na dôkazy prítomnosti solí, svedčiace o tom, že v kráteri Gale bolo pred 3,8 až 3,3 miliardami rokov množstvo jazier a riek.

Ďalšie potenciálne miesto na život?

### Zmrznutí v čase

Severná polárna čiapočka Marsu je najbohatším súčasným zdrojom vody. Ľudia vedeli o čiapočkách (na oboch póloch) už od 17. storočia, keď ich prvý raz pozorovali svojimi ďalekohľadmi Giovanni Cassini a Christiaan Huygens. (Keby ste sa niekedy pozreli na červenú planétu trebárs aj tým najslabším ďalekohľadom, všimli by ste si ich aj vy.) Prakticky odvtedy bolo možné sledovať, že polárne čiapočky sa každoročne zväčšujú a zmenšujú podľa toho, ako sa menia zásoby povrchového ľadu podľa ročných období.

Časť polárneho ľadu, ktorý zostáva zachovaný aj v lete, sa volá reziduálna čiapočka, zatiaľ čo ľad, ktorý mizne a znovu sa zjavuje, sa volá sezónny. Vedci uvažovali o tom, že ľad môže vytvárať voda. Nasvedčovali by tomu pozorovania sezónnych zmien na južnom póle, urobené sondami Mariner 6 a 7, no rovnako tak to mohol byť ľad tvorený aj oxidom uhličitým. Ukázalo sa, že správne sú obe možnosti. Na povrchu je aj zmrznutá voda, ako aj oxid uhličitý, no druhá zložka predsa len prevažuje. Na jar, keď začínajú teploty narastať, sa ľad odparí – mení sa priamo z pevnej zložky na plynú bez toho, aby prešla kvapalnou fázou; veľmi zriedkavá výnimka môže nastať v prípade ideálnych teplotných a tlakových podmienok. Vtedy môžu vzniknúť lavíny tvorené uvoľnenými úlomkami, ako aj unikátne marsovské terénne útvary známe ako „pavúky“. Ďalšie krajinné charakteristiky však zostávajú skryté pod povrchovým ľadom.

Vikingy videli na severných pláňach Marsu obrovské polygonálne (mnohouholníkové) útvary. Na Zemi sa polygonálny terén utvára v prítomnosti podpovrchového ľadu, ktorý sa periodicky topí a tuhne. Veľa marsovských oblastí s týmito útvarmi má zvýšenú koncentráciu vodíka, čo vyplynulo z údajov spektrometra pracujúceho v rádiovom spektre gama na palube MGS (detekcia vodíka na povrchu býva dobrým signálom prítomnosti vody).

V roku 1997 pristál lander Phoenix v oblasti severných plání Marsu, ktoré pokrývajú podobné polygóny. Robotická ruka Phoenixu vyryla okolo svojho marsovského domu tucet rýh, a prakticky v každej našla stopy ľadu. V niektorých rýhách sa dokonca ukázali plátky takmer čistého vodného ľadu, schované iba niekoľko centimetrov pod povrchom.

Šťastnou náhodou vedci objavili aj iný spôsob, ako preskúmať tento podpovrchový ľad: poslúžili pri tom nové impaktné krátery; sondy ich našli na marsovskom povrchu stovky, pričom bolo jasné, že vznikli relatívne nedávno. V roku 2008, keď sonda MRO pozorovala niekoľko týchto kráterov vo vyšších geografických šírkach, zaznamenala v nich čudný svetlomodrý materiál. Ďalšie výskumy ukázali, že išlo o takmer čistý vodný ľad, taký, aký našiel Phoenix, a tiež sa skrýval



pod veľmi tenkou vrstvou pôdy. Radarové „oči“ sond, prenikajúce pod povrch, taktiež našli vodný ľad.

Vikingy urobili snímky terénnych marťanských útvarov v stredných zemepisných šírkach, ktoré vyzerali rovnako ako útvary, ktoré na Zemi vytvárajú pohybujuce sa ľadovce. Údaje z radaru SHARAD na palube MRO potvrdili, že tieto útvary sa skladajú z takmer čistého vodného ľadu a sú iba niekoľko metrov pod povrchovou vrstvou úlomkov. SHARAD taktiež objavil dve veľké úložiská zložené z takmer čistého vodného ľadu, ktoré sú iba niekoľko metrov pod povrchom marsovských severných plání, s objemom porovnateľným s Lake Superior (najväčšie jazero v sústave severoamerických Veľkých jazier s objemom vyše 12 000 km<sup>3</sup> vody).

### Letné záplavy, zimný sneh?

Aj keď tečúcu vodu na Marse dnes priamo nevidíme, existujú náznaky, že na povrchu sa predsa len niekedy môže na krátko vyskytnúť. Opakované snímkovanie úžlabín kamerou MOC ukázalo v niektorých korytách nový tekutý materiál, pravdepodobne pochádzajúci zo zosuvov pôdy spôsobených malým množstvom vody z topiacich sa alebo povrchových zásob. Vo výskume pokračovala sonda MRO. V roku 2010 si študent University of Arizona Lujendra Ojha všimol na snímkach z MRO čudné tmavé pružky, ktoré sa v lete pri teplotách okolo mínus 23 °C v rovníkových oblastiach objavovali na strmých stenách kráterov či kopcov, pričom po zimnom ochladení sa strácali. Nemohla by to byť voda?

Prítomnosť kvapalnej vody na povrchu Marsu a jej stekanie z kopcov, prípadne po vnútorných stenách kráterov, vyzerala ako veľmi nepravdepodobná, najmä pre nízky tlak a teploty hlboko pod bodom mrazu; skôr by to mohol byť zosuv piesku a kameňa. Prelom však priniesli nové údaje zo spektrometra na MRO, ktoré na mieste mnohých čudných tmavých „kanálikov“ ukázali prítomnosť solí, známych ako perchloráty; z pozemských laboratórií vieme, že perchloráty vedú zabrániť zamrznutiu kvapalín až do teploty okolo 70 °C pod nulou (perchloráty fungujú podobne ako keď v zime solíme cesty a chodníky, aby sa sneh a ľad roztopili). To by umožnilo tečúcej vode zachovať si na krátky čas svoju stabilitu aj v podmienkach, vládnuce na Marse.

Tieto chemické zlúčeniny detegoval na Marse už modul Phoenix, rover Curiosity a možno dokonca aj sondy Viking. Prekvapujúca bola skôr ich prítomnosť na miestach, pripomínajúcich čerstvé stopy tečúcej vody. Ťažko povedať, kde sa nachádza jej zdroj, môže vytekať z priestoru pod povrchom, môže ísť o jav, pri ktorom perchloráty absorbujú vodnú paru z tenkej atmosféry a potom sa rozpusťia, pričom po nich zostane tenký pramienok vody. V každom prípade štatistické výpočty na základe dát z MRO naznačujú prítomnosť až 95 miliónov litrov kvapalnej vody, ktorá je však rozptýlená na širokých plochách a skôr než klasické mláky pripomína vrstvu rozmočenej soli.

Vyparovanie vody v marsovskej atmosfére nie je nič nové; s pomocou spektroskopie ho objavil v roku 1867 anglický astronóm William Huggins. Počas nasledujúcich niekoľkých dekád vyšla v časopise Science séria článkov, v ktorých



Oblaky tvorené vodným ľadom nad Syrtis Major.

Foto: NASA/JPL

objav potvrdzovali ďalší astronómovia. Éra Vikingov priniesla zistenie, že atmosférické oblaky sú zložené z vodného ľadu, rovnako ako na Zemi. Tieto oblačné systémy v marsovskej atmosfére dostávajú slabučkú modrastú farbu, zatiaľ čo oblaky zvráteného prachu sú ružové.

Dlhodobé monitorovanie marsovskeho počasia prístrojmi sondy MGS (kamera MOC) a sondy MRO odhalilo, že vodné oblaky majú tendenciu vznikať nad topografickými prekážkami, napríklad nad vysokými končiarimi vulkánu Tharsis na západnej pologuli. V lete, keď je atmosféra naplnená vodou vyparenou zo severnej polárnej čiapočky, sa z nich formujú výrazné zóny nad rovníkovými usernamei.

Phoenix, ktorý má na palube kanadskú meteorologickú stanicu, podnikol prvé hĺbkové štúdium oblakov z povrchu Marsu. S použitím LIDAR-u sledoval ľadové kryštáliky padajúce z oblakov, čo bol prvý dôkaz snehu na planéte

napriek tomu, že sneh nikdy nedopadol na povrch (vyparil sa v suchej atmosfére pod oblakmi).

Z nádejného sveta, ktorý oplýval vodou a mal jazerá a rieky, sa Mars vyvinul na prašnú suchú planétu, kde vládne mráz a vietor. Napriek tomu čím viac sa na tento svet pozeráme, tým viac vody vidíme. Je to veľmi, veľmi dôležité. Na Zemi je to tak, že všade tam, kde je voda, je aj život, a platí to aj v prípade najsuchších púští a zmrznutých ľadovcov, dokonca aj vnútri oblakov.

Možnože na Marse naozaj existuje, uzamknutý pod pancierom červeného prachu, mikrobiálny život. Čaká iba na to, kým ho nájdeme.

Hlavný zdroj: *Astronomy* 7/2017

M. A.



# Čo potrebujete vedieť o oblakoch

Masové používanie digitálnych fotoaparátov, najmä odkedy sú bežnou súčasťou mobilných telefónov a smartfónov, spôsobilo fotografický boom. Dostupnosť internetu a sociálne siete umožnili takmer okamžité zdieľanie aktuálnych fotografií a videí pre široké vrstvy záujemcov. Okrem rozvoja nových druhov fotografií a videí zachytávajúcej autora pri rôznych druhoch viac či menej úctyhodných a duchaplných činností, tzv. selfies, či výstupov z GoPro-hero kamier, sa rozvíja aj dokumentovanie javov, ktoré sa vyskytujú v atmosfére. O existencii niektorých z nich ľudia ešte pred tridsiatimi rokmi pochybovali, ďalšie boli predpovedané na základe výpočtov a modelov, no neboli zdokumentované. O prejavoch iných boli dostupné iba opisy očitých svedkov. Najmä tie najnebezpečnejšie – búrky či tromby (tornáda), dráždili zvedavosť celých skupín dobrodruhov, ale aj seriózných vedcov. Na internetových stránkach tzv. lapačov búrok (stormchasers) možno nájsť unikátne zábery búrkových javov, ktoré boli niekedy získané aj za cenu ohrozenia života či zdravia autora.

Nové vydanie rozšíreného Medzinárodného atlasu oblakov Svetovej meteorologickej organizácie nájdete na

<https://www.wmocloudatlas.org/>

Obr. 1. Stratus volutus (vrstevnatý valcovitý oblak).

Zdokumentované boli také oblaky a javy, ktoré nebolo možné na základe klasifikácií jedinej a hlavnej autority na určovanie oblakov a iných javov v atmosfére – Medzinárodného atlasu oblakov Svetovej meteorologickej organizácie (WMO) – identifikovať a zaradiť. V radoch meteorológov sa preto už dlhšiu dobu hovorilo o potrebe nového vydania tejto publikácie, ktorá by reflektovala súčasný stav fotografickej techniky aj poznatkov.

23. marca 2017, pri príležitosti Svetového dňa meteorológie, bolo nové vydanie tohto atlasu v digitálnej podobe sprístupnené verejnosti. Čím môže táto publikácia zaujať bežného čitateľa? Čo prináša nové vydanie atlasu oblakov?

## Klasifikácia oblakov a iných javov v atmosfére

Už Aristoteles vo svojom diele *O úlohe oblakov v kolobehu vody v prírode* vyzdvihol význam oblakov. Oblaky a javy vo vzduchu sa pomenovávali aj v minulosti, avšak bez systému. Spočiatku sa im pripisovali nadprirodzené funkcie, no postupne si ľudia uvedomovali súvis medzi výskytom niektorých z nich a typickým vývojom počasia. Tieto zistenia sa odrážali napr. v ľudových pranostikách („zámký z oblakov sa stavajú – bude búrka“).

Za priekopníka klasifikácie oblakov sa považuje Luke Howard, meteorológ-amatér (1801 – 1841), ktorý vo svojom diele *The Essay on the Modification of Clouds* rozdelil oblaky podľa tvaru na tri základné skupiny – riasa (z latinčiny Cirrus – Ci), kopa (Cumulus – Cu) a vrstva (Stratus – St).

Oblaky sa môžu rozdeľovať podľa rôznych ďalších kritérií – zloženia, či výšky, podľa výskytu pri prechode atmosférických frontov, či mimo nich.

Podľa výšky sa oblaky delia na vysoké, stredné a nízke, a v rámci týchto kategórií sa pre meteorologické správy a zobrazenie na synoptických mapách aj kódujú číslami 1 – 9. Okrem určenia jednotlivých druhov oblakov na oblohe sa odhaduje pokrytie oblohy oblakmi (v osminách pre účely synoptickej meteorológie)

a výška základne najnižších oblakov (odhaduje sa alebo sa meria pomocou ceilometrov či aerologických meraní).

Podľa súčasnej klasifikácie sa rozoznávajú **desať základných druhov** oblakov, ktorým sa priradujú rôzne tvary (napr. ak má riasa tvar háčikov, priradí sa jej prívlastok háčikovitá – Cirrus uncinus Ci un). Ďalšími charakteristikami oblakov sú **odrody**, ktoré vyjadrujú spôsob usporiadania oblaku na oblohe a mieru priepustnosti slnečného žiarenia prechádzajúceho oblakom (napr. ak sú v súvislej vrstve oblakov také pravidelné okrúhle medzery, že oblak pripomína veľkú plást alebo sieť, ide o odrodu lacunosus – vyskytuje sa napríklad oblak Cirrocumulus lacunosus Cc lac). Výskyt niektorých oblakov sprevádzajú **zvláštnosti/osobitosti** – výbežky zo základne oblaku rôznych tvarov, zrážky vypádajúce z oblaku (často sa pod základňou niektorých oblakov vyskytujú zrážkové pásy, ktoré predstavujú osobitosť nazývanú virgou), útvary na hornej hranici búrkových oblakov (ak tvarom pripomínajú nákovu, hovoríme o osobitosti – incus) alebo ďalšie **spríevodné oblaky** (napr. nad búrkovými a kopovitými oblakmi sa niekedy vyskytuje ďalší v tvare čiapky – pileus, či v tvare závoja – velum). Pre každý druh oblakov sa vyskytujú iba niektoré tvary, odrody, zvláštnosti a spríevodné oblaky.

## Ako vznikajú oblaky?

Oblakom sa nazýva sústava kvapôčok vody, kryštálikov ľadu alebo ich zmesi vo vzduchu. Oblaky vznikajú pri takých procesoch, keď vodná para, ktorá nie je vo vzduchu viditeľná, zmení skupenstvo na kvapalinu alebo ľad – pri ochladzovaní vzduchu pri výstupných pohyboch, či vyžarovaním. Oblaky však môžu meniť svoj tvar a výšku – vznikajú aj premenou jedných oblakov na iné. To, či je táto premena neukončená alebo ukončená, sa prejavuje v tvorbe názvov týchto oblakov. Oblak Cumulonimbus, ktorý vznikol z kopovitého druhu Cumulus a označí ako Cumulonimbus cumulogenitus. Ak však premena stále prebieha, nazve sa termínom Cumulonimbus cumulonutatus.

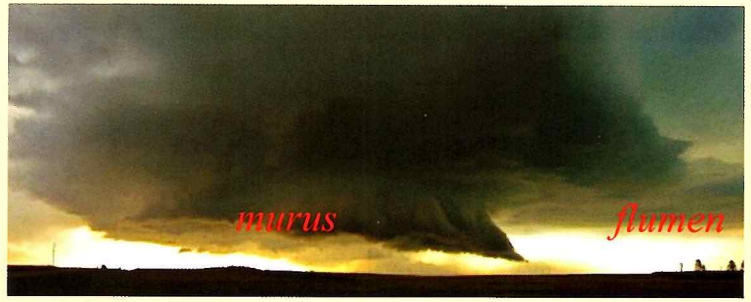
Osobitná pozornosť sa v klasifikácii oblakov venuje **orografickým oblakom**, ktoré sa síce zaraďujú podľa základnej klasifikácie, avšak od oblakov vznikajúcich mimo horských oblastí sa môžu výrazne líšiť. Vznik týchto oblakov súvisí s vynúteným vzostupom vzduchu na náveternej strane horskej prekážky a so zvlnením prúdenia alebo jeho zvrátením na záveternej strane pohoria. Typickým príkladom oblakov, ktoré súvisia so zvlnením prúdenia za prekážkou, sú oblaky Altocumulus lenticularis (vyvýšená kopa v tvare šošoviek).



*Alto cumulus stratiformis perlucidus translucidus cavum*



*Cumulonimbus praecipitatio murus flumen*



*Alto cumulus undulatus asperitas*



*Cumulonimbus capillatus praecipitatio murus cauda flumen tuba*



Obr. 2. Oblaky s vybranými osobitosťami.

Zdroje: <https://www.wmocloudatlas.org>, vľavo dolu <https://spis.korzar.sme.sk/c/20485248/nad-popradskym-zimnym-stadionom-bolo-rozpravkove-nebo.html>

## Javy vo vzduchu

Súčasťou medzinárodného atlasu oblakov je aj popis ďalších javov, ktoré vznikajú vo vzduchu no medzi oblaky sa nezaraďujú.

V priebehu historického vývoja klasifikácie oblakov a javov vo vzduchu alebo tesne pri povrchu sa oblaky zaraďovali medzi javy vznikajúce kondenzáciou vodnej pary vo vzduchu – **hydrometeory** – alebo sa uvádzali osobitne. Stavby, pri ktorých sa vyskytuje znížená horizontálna dohľadnosť spôsobená kvapôčkami vody či ľadovými kryštálkami, sa klasifikujú ako hmla či dymno. Medzi hydrometeory patria padajúce zrážky vo formách dažďa, mrholenia, snehu, a mnohé ďalšie; usadené zrážky – rosa, inovaf atd.; zvržený sneh, ale aj tromby.

**Litometeory** sú tvorené pevnými čistočkami vo vzduchu, ktoré však nie sú vodné. Ak takéto čistočky obmedzujú dohľadnosť, hovorí sa o zákale. Litometeormi sú napríklad piesočné víry či búrky.

Atmosférické elektrické prejavy sa nazývajú **elektrometeormi**. Najznámejším je búrka s bleskami a hromami, pôsobivými sú aj polárne žiary. Menej známym elektrometeorom je oheň sv. Eliáša, ktorý sa prejavuje praskaním a svetielkovaním ako výboj v okolí ostrých vyvýšených predmetov – beskozvodov, kostolných veží, či krídiel lietadiel.

Najkrajšie divadlo na oblohe poskytujú optické javy – **fotometeory**. Vznikajú interakciou svetla a čistočiek atmosféry vo forme odrazu, lomu, rozptylu a interferencie žiarenia. Patria sem halové javy (svetlé kruhy, oblúky, nepravé slnká, jasné stĺpy), ktoré vznikajú odrazom a lomom svetla na ľadových kryštálikoch vo vzdu-

chu. Fotometeorom je pomerne často sa vyskytujúca dúha, ale aj gloriola či koróna.

## Čo priniesol nový atlas

Na príprave nového vydania sa podieľali: Komisia WMO pre prístroje a metodiku merania CIMO, Observatórium Hong Kong – nový atlas je dostupný na internetovej stránke observatória – a Spoločnosť pre určovanie/uznanie oblakov Cloud Appreciation Society, UK <https://cloudappreciationsociety.org>.

Podľa nového atlasu sa oblaky zaraďujú medzi hydrometeory. V platnosti zostáva ich rozdelenie podľa výšky. Neuvádza sa termín orografické oblaky, hovorí sa o vplyve orografie na tvorbu oblakov.

Nadalej sa oblaky rozdeľujú na 10 základných druhov. Pribudol však nový valcovitý tvar oblakov – **volutus** (obr. 1). Rozdelenie odrôd, je oproti predchádzajúcim vydaniám, nezmenené. Pribudli však viaceré osobitosti oblakov (obr. 2):

**Asperitas (drsný)** – pre oblaky s výrazným zvlnením základne.

**Cavum (medzera, diera)** – vzniká v tých miestach oblačnej vrstvy, kde zamrznú prechladené kvapky vody a vypadávajú k povrchu (často sa pod dierou v oblaku pozoruje virga).

**Murus (stena)** – zníženie základne sústav búrkových oblakov (superciel) v častiach s navýraznejším výstupom vzduchu.

**Cauda (chvost)** – nízky oblačný pás za zrážkovým pásom konvektívnej búrkovvej supercely.

**Flumen (tok)** – pás nízkych oblakov signalizujúci vtok vzduchu do konvektívnej búrkovvej supercely.

V klasifikácii sa uvádza nová kategória **špeciálnych oblakov**, ktoré sa formujú vplyvom

často miestnych faktorov (obr. 3; na nasledujúcej strane). Podmienky, ktoré spôsobujú alebo ovplyvňujú vznik oblaku, sú zahrnuté v jeho názve:

**Flammagenitus** – vznikajúci nad ohňom, požiarom.

**Homogenitus** – vznikajúci ľudskou činnosťou.

**Aircraft condensation trails** – kondenzačné stopy za lietadlom.

**Homomutatus** – meniaci sa ľudskou činnosťou.

**Cataractagenitus** – vznikajúci nad vodopádmi.

**Silvagenitus** – vznikajúci nad lesom.

Oblaky vyšších vrstiev atmosféry predstavujú zvláštnu kategóriu. Medzi ne boli ako osobitná skupina doplnené polárne stratosférické oblaky tvorené najmä kyselinou dusičnou a vodou, podmienky ich výskytu a tvary.

Pokiaľ sa vyskytujú, pre každý druh oblakov sa uvádzajú ďalšie klasifikačné kategórie spolu s názornými príkladmi. Veľká časť atlasu je venovaná tomu, ako správne určovať charakteristiky oblakov. Pri každom druhu oblakov je uvedený aj obrázkový symbol, ktorý mu zodpovedá v schémach určených na klasifikáciu (tie už boli súčasťou predchádzajúcich vydání atlasu). Osobitne sa uvádza určovanie oblakov z meteorologických družíc a lietadiel.

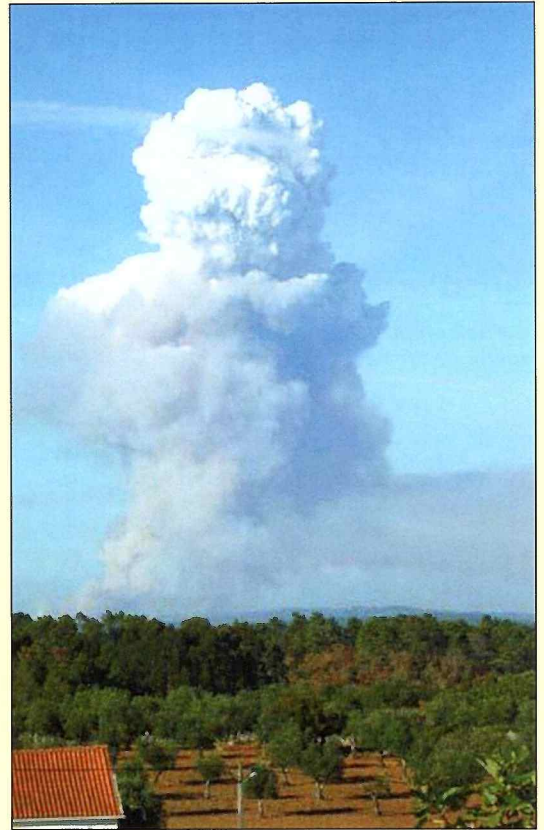
Listy atlasu s fotografiami oblohy a popisom javov a oblakov sú interaktívne – kliknutím na zvláštnosť alebo jav v popise listu sa tento zobrazí v červenom ráme na fotografii. Pre každý list je uvedený opis podmienok získania snímky,



*Cirrocumulus stratiformis homomutatus*



*Cumulus flammagenitus*



*Cumulus mediocris homogenitus*



*Stratus fractus silvagenitus*



Obr. 3. Špeciálne oblaky.

Zdroj <https://www.wmcloudatlas.org/>

synoptickej situácie, aerologický diagram a družicová snímka.

Na rozdiel od predchádzajúcich vydaní (posledné je z roku 1987) je výrazne rozšírená fotodokumentácia, klasifikácia a opis iných atmosférických javov ako oblaky. V atlase sa dajú nájsť informácie o takých zriedkavo pozorovaných javoch, akými sú výboje vo vyšších vrstvách atmosféry Transient Luminous Events (TLES) – Sprites, Jets, ELVES, o ktorých sa už písalo aj v časopise Kozmos. Z fotometeorov je v atlase opísaný napr. u nás málo známy jav Alpenglühen – alpská žiara. Čitateľ si na základe fotografií vie predstaviť piesočnú búrku či trombu.

Súčasťou atlasu je galéria, novinkou je terminologický slovník. Pri určovaní oblakov je užitočným prostriedkom na porovnávanie fotografií

oblakov. Sú tu tiež linky na predchádzajúce vydania atlasu a história klasifikácie oblakov.

### Záver

Nové vydanie Medzinárodného atlasu oblakov určite prispeje k skvalitneniu práce pozorovateľov na meteorologických stanicích, pretože je v rovnakej forme dostupný pre každého z nich (doposiaľ mali meteorológovia k dispozícii rôzne tlačené vydania, niekedy iba s čiernobielymi fotografiami) a taktiež preto, lebo obsahuje kvalitnú fotodokumentáciu a komplexnejší opis a klasifikáciu javov, ktoré sa v atmosfére vyskytujú. Charakteristiky oblakov a oblačnosti na väčšine meteorologických staníc určuje pozorovateľ. Správne určovanie oblakov a oblačnosti je dôležité tak pre leteckú dopravu, ako aj pre predpoveď počasia, modelovanie obehu vody v prí-

rode či pre odhady vývoja klímy. Pre každého záujemcu o atmosféru a javy, ktoré sa v nej vyskytujú, poskytuje atlas vhodnú interaktívnu pomocku, ktorá mu umožní naučiť sa rozoznávať základné druhy oblakov a pomôcť so správnym zaradením a pomenovaním pozorovaného javu vo vzduchu na profesionálnej úrovni.

Galéria nového Medzinárodného atlasu oblakov však predstavuje aj pastvu pre oči každému, kto si v ňom chce iba zalistovať a potešiť sa pohľadom na krásu, ktorú nám príroda denne ponúka.

Nech sa páči: <https://www.wmcloudatlas.org/>.

Anna Pribullová

# Slovenskí študenti najlepší v Prahe

Českí kolegovia, organizátori astronomickej olympiády v Česku, získali od Ministerstva školstva ČR grant na usporiadanie výukového pobytu pre najlepších študentov, účastníkov astronomickej olympiády. Na základe našich predchádzajúcich dobrých výsledkov v tejto medzinárodnej súťaži stredoškólov pozvali aj nás a našich študentov, aby sa zúčastnili na tomto medzinárodnom workshope z astronómie a astrofyziky, ktorý sa konal od 3. do 10. júla 2017 na Fakulte matematiky a fyziky (FMF) Karlovej univerzity v Prahe.

Bol to vlastne už druhý workshop, nakoľko minulý rok založili túto tradíciu v Estónsku, kam pozvali len českých študentov a ich vedúcich. Workshop v Prahe mal už široký medzinárodný záber, nakoľko sa ho zúčastnili okrem Čechov aj Slováci, Estónci, Poliaci a Maďari. Celkove 33 najlepších študentov z fyziky a astronómie sa stretlo na pôde Matematicko-fyzikálnej fakulty UK nad Vltavou, aby si zmerali sily, a aby sa aj niečo naučili a pripravili sa na Medzinárodnú olympiádu z astronómie a astrofyziky (IOAA), ktorá bude tohto roku až v novembri v Thajsku. Česi a Estónci navyše využili tento workshop tiež na užší výber svojich študentov na IOAA. My sme mali našich študentov už vybraných z celoslovenského finálového kola, ktoré prebehlo už v apríli, podobne ako iné roky v Piešťanoch.



Obr. 4 – Diplom pre absolútneho víťaza.

zaradili na posledný deň aj prehliadku „Astronomická Praha“ s profesionálnou sprievodkyňou, takže študenti bližšie poznali pôsobisko Johannesu Keplera, Tycha de Brahe, Alberta Einsteina a ďalších vedeckých veľikánov, ktorí sa zapísali do histórie astronómie. Študenti si veľmi pochvalovali obsah workshopu, nováčikom pomohol priblížiť atmosféru na medzinárodných súťažiach; tým skúsenejším prehĺbil ich znalosti a súčasne ukázal, v ktorých oblastiach si ešte potrebujú doplniť vedomosti.

Záver workshopu - podobne ako na IOAA - patril vyhodnoteniu výsledkov a odovzdávaniu diplomov. S našimi študentmi sme boli veľmi spokojní, nakoľko si obhájili povest, ktorá nám už niekoľko rokov patrí. Naša Janka Švrčková, študentka Gymnázia L. Novomestského v Senici, skončila na piatom mieste a získala diplom za najlepšie riešenie dátovej analýzy. Veríme, že sa podobne bude snažiť aj na IOAA v Thajsku. Absolútnym víťazom celej súťaže sa stal náš olympionik Martin Okánik z Gymnázia J. G. Tajovského v Banskej Bystrici, takže do Thajska pôjde ako jeden z favoritov olympiády. Ani sa spolu s nami dlho netešil z úspechu, nakoľko sa ponáhlal na vlak domov, aby sa stihol pobaliť do Indonézie, kam odchádzal o pár dní ako účastník slovenskej výpravy na Medzinárodnú fyzikálnu olympiádu.

Českým kolegom patrí vďaka nielen za pozvanie, ale aj za vysokú odbornú úroveň podujatia. Škoda, že im to nebudeme môcť v dohľadnej dobe odplatiť, nakoľko na Slovensku sa zatiaľ od Ministerstva školstva financií do vzdelávania talentovanej mládeže nedočkáme. Veď aj účasť na Astronomickej olympiáde, ktorú organizuje Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV, si niektorí študenti hradia aj z vlastných finančných prostriedkov.

RNDr. Ladislav Hric, CSc.,  
RNDr. Mária Hricová Bartolomejová,  
Výkonný výbor AO na Slovensku



Účastníci workshopu v aule na FMF Karlovej univerzity v Prahe počas otváracieho príhovoru.



Tím Estónska sa predstavuje ostatným účastníkom.



Planetárium v Hradci Králové, kde študenti riešili časť praktických úloh.

# Slnčné klásky (3)

Pokračujeme v zbieraní „kláskov“ po žatve Dr. Grygara. Ako sme už vysvetlili v prvej časti, ide o prehľad pokroku vo výskume Slnka za 11 rokov (2004 až 2014) na základe materiálov, ktoré publikuje v našom časopise Dr. Grygar pod názvom „Žeň objavů“ – a my zbierame klásky. Dnes to bude z obrovského „lánu“ slnečnej aktivity.

Prípadné komentáre sú písané kurzívou.

## Slnčná aktivita

Pod slnečnou aktivitou, alebo slnečnou činnosťou, rozumieme pomerne nejasne definovaný súbor premenných úkazov na Slnku. Prvým zaznamenaným úkazom boli slnečné škvrny (Galileo, 1609), ďalej objav, že početnosť výskytu slnečných škvŕn sa mení cyklicky (Schwabe, 1830), slnečné erupcie – najprv v bielom svetle (1859), neskôr v emisných čiarach, spikule a protuberancie, magnetické pole škvŕn (Hale, 1908), rádiové žiarenie (1943), premenné röntgenové a ultrafialové žiarenie (výškové rakety V2, po 1945), časticové žiarenie, ejekcie korónálnej hmoty (CME, okolo 1974 – projekt Apollo), neutrína (1956).

Tradičným a najpoužívanejším meradlom úrovne (indexom) slnečnej aktivity je Wolfovo číslo (relatívne číslo slnečných škvŕn). Od roku 1947 sa na tento účel používa aj rádiové žiarenie Slnka na frekvencii 2800 MHz. V tejto časti preberieme iba pokrok s ohľadom na tieto dva indexy. Ostatným premenným úkazom budú venované zvláštne kapitoly. Týka sa to najmä erupcií a slnečnej koróny.

Tradičným a najpoužívanejším meradlom úrovne (indexom) slnečnej aktivity je Wolfovo číslo (relatívne číslo slnečných škvŕn). Od roku 1947 sa na tento účel používa aj rádiové žiarenie Slnka na frekvencii 2800 MHz. V tejto časti preberieme iba pokrok s ohľadom na tieto dva indexy. Ostatným premenným úkazom budú venované zvláštne kapitoly. Týka sa to najmä erupcií a slnečnej koróny.

## Slnčná konštanta

Aj napriek celoživotnému úsiliu amerického astronóma Ch. G. Abbota sa nepodarilo zistiť zmeny v slnečnom vyžarovaní (TSI – Total Solar Irradiance). Do roku 1985, keď pomocou meraní na družici SMM sa zistili variácie na úrovni 0,1 % v závislosti od úrovne slnečnej aktivity, uvádzalo sa, že žiarivý výkon vo vzdialenosti 1 AU má hodnotu  $2,00 \pm 0,04 \text{ cal / (min.cm}^2\text{)}$ , čo je  $1395 \pm 28 \text{ W/m}^2$ . Dnes sa táto veličina meria pomocou prístrojov umiestnených na

družiciach. Za normál dnes považujeme  $1367 \text{ W/m}^2$ .

Podľa D. Premingera v cykloch slnečnej aktivity 21 až 23, keď už máme k dispozícii presné dáta TSI, boli všetky variácie spôsobené magnetickou aktivitou Slnka. I. Vieir premeral variácie TSI za posledných 11 500 rokov podľa výskytu rádionuklidu  $^{14}\text{C}$  v mineráloch. Zistil, že dlhodobé zmeny nepresiahli  $1 \text{ W/m}^2$ .

TSI sa dnes regulárne meria na rôznych družiciach: SOHO – aparátúra VIRGO od roku 1996, SORCE – SIM od roku 2003. Potvrďuje sa, že zmeny napriek premennosti slnečnej aktivity sú na úrovni najviac 1 promile. V absolútnej hodnote tieto merania nesúhlasia, čo sa vysvetľuje chybami v kalibrácii prístrojov.

## Slnčné škvrny

V učebniciach sa väčšinou uvádza, že objaviteľom slnečných škvŕn bol Galileo Galilei pri prvom použití ďalekohľadu v roku 1610 (?1609 – 1611) a že vznikol spor o prioritu s Ch. Schneiderom a D. Fabriciom. Avšak už v roku 1607 pozoroval slnečnú škvrnu J. Kepler v Prahe skárou medzi škrídlami, ktorá slúžila vo funkcii diery v kamere obscura. Nesprávne sa domnieval, že ide o prechod Merkúra pred slnečným diskom.

A. V. Helden uvádza, že mnoho anonymných pozorovateľov v Európe videlo slnečné škvrny voľným okom už oveľa skôr. Napríklad v roku 807 n.l. Videl ich aj Marco Polo, ako publikoval v roku 1319 pri opise cesty do Číny. V starých čínskych správach sa nachádza záznam o pozorovaní škvŕn na Slnku už v roku 28 pred n.l. Aj J. Vaquero upozornil na zápis o pozorovaní z 19. – 21. augusta 1612, keď Galileo videl škvrnu na Slnku voľným okom.

Od čias Galilea sa na mnohých miestach vykonávali pozorovania slnečných škvŕn pomocou orientovaných kresieb cez ďalekohľad premietnutých obrazov slnečného disku. Mnohí bádatelia sa dnes zaoberajú vyhľadávaním a štatistickým vyhodnocovaním takýchto historických kresieb.

## Cyklus slnečnej aktivity

Nemecký astronóm (pôvodne lekárnik) S. H. Schwabe (1789 – 1875) vytrvalo a pravidelne zakresľoval slnečný disk v rokoch 1825 – 1867 a takým spôsobom sa pokúšal objaviť hypotetickú planétu Vulkán, ktorá mala obiehať Slnko ešte vo vnútri dráhy Merkúra a spôsobovať stáčanie jeho perihélia. Planétu neobjavil, ale zistil, že počet pozorovaných škvŕn sa mení v perióde okolo 11 rokov.

Stáčanie perihélia Merkúra objasnila až všeobecná teória relativity.

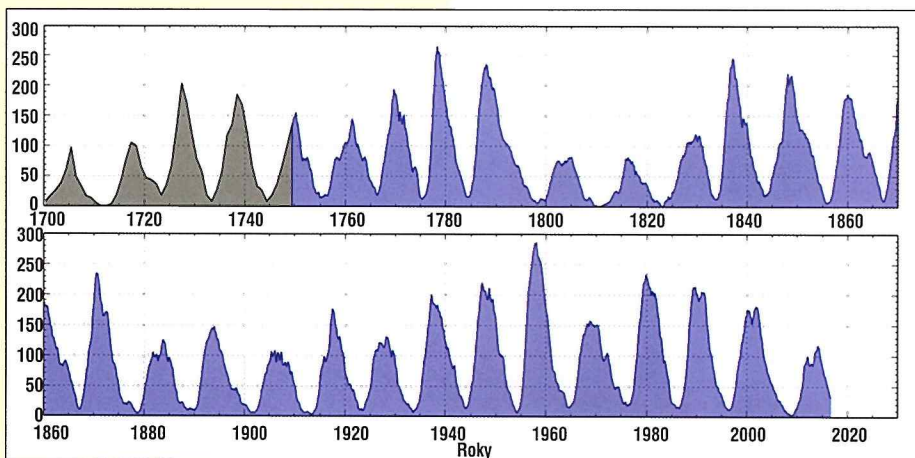
R. Wolf, ktorý na Schwabeho pozorovania nadviazal, zaviedol v roku 1848 tzv. relatívne číslo slnečných škvŕn (Wolfovo číslo – W), ktoré sa dodnes používa na zhodnotenie úrovne slnečnej aktivity.

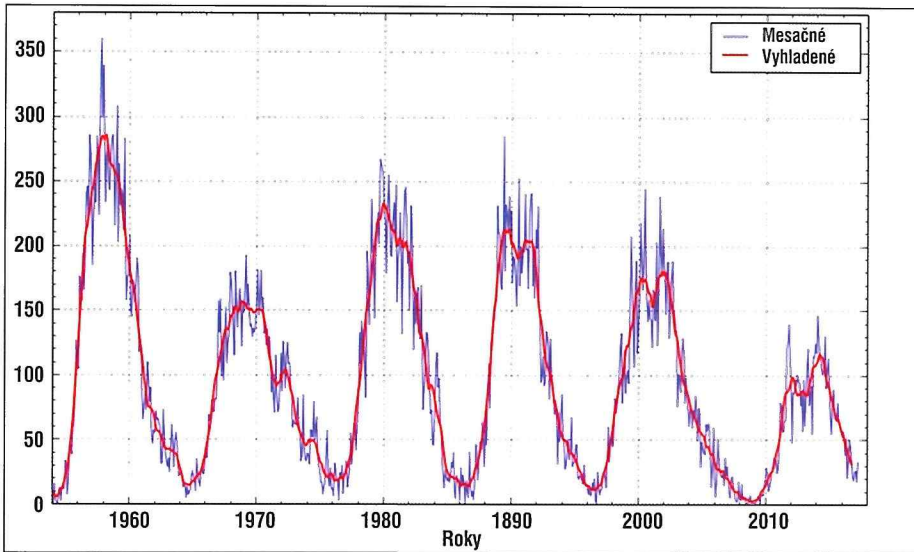
$W = k(10g + f)$ , kde g je počet skupín



Obr. 1. Kópia titulnej strany traktátu Ch. Scheinera z roku 1630. Medveď a ruža boli v erbe vojvodu Orsiniho, ktorý tieto pozorovania sponzoroval.

Obr. 2. Graf priebehu slnečnej aktivity podľa Wolfových čísel za celú dobu pozorovaní – 13-mesačný kĺzavý priemer ročných hodnôt (podľa <http://sidc.be/silso>).





Obr. 3. Priebeh slnečnej aktivity za posledných 6 cyklov – mesačné priemerné hodnoty a vyhladené s oknom 13 mesiacov (podľa <http://sidc.be/silso>).

slnečných škvrn,  $f$  počet jednotlivých škvŕn a  $k$  koeficient, ktorý zohľadňuje vlastnosti pozorovacieho ďalekohľadu.

R. Arlt zdigitalizoval všetky kresby, ktoré S. H. Schwabe získal. Išlo celkovo o 8486 kresieb a 135 000 škvŕn. Preštudoval aj kresby 6300 škvŕn, ktoré získal J. Staudacher v rokoch 1749 – 1796. Tento svojimi polstoročnými pozorovaniami pokryl údajmi cykly 0 až 4; (cyklus 0: 1744 – 1755). Výsledkom snažení týchto a mnohých ďalších bádateľov bola rekonštrukcia priebehu slnečnej aktivity v minulosti (obr. 2 a 3).

Podľa L. Schmieda závisí poloha hlavného maxima cyklu viac na početnosti než na veľkosti škvŕn.

*Poznámka: SÚH Hurbanovo vydala knižku L. Schmieda „Štatistické a grafické prehľady slnečnej činnosti od roku 1610“.*

S. H. Schwabe skončil s pozorovaniami v roku 1848 a od toho času ich určoval R. Wolf, a ako ukázali R. Leussuová a i., tento prechod je zatažený systematickou chybou; dáta určované do roku 1848 treba zmenšiť o pätinu. F. Sánchez-Bajo a i. odvodili siderickú periódu rotácie Slnka podľa kresieb slnečných škvŕn, ktoré získal W. Bond na Harvardovom observatóriu v rokoch 1847 – 1849. Podľa autorov je táto perióda 25,88 dňa (?) a v zásade sa nemenila za posledných 160 rokov.

*Pravdepodobne ide o nejakú chybu. Siderická perióda rotácie Slnka na rovníku, určená z pozorovaní rôznych tracerov za viac ako 160 rokov, je 24,52 – 25,05 dňa.*

I. Usoskin a i. upozornili, že pri mimoriadne dlhom cykle 1784 – 1799 ide v skutočnosti o dva cykly, ktoré pre medzery v pozorovaniach pokladali za jeden. Podarilo sa vyhľadať niekoľko kľúčových pozorovaní, a tak sa podarilo dokázať, že cyklus s počiatkom v roku 1784 sa skončil už v roku 1793 a naviazal na neho ďalší krátky cyklus 1793 – 1800.

Priemerná dĺžka cyklu aktivity za posledných 27 cyklov bola  $10,9 \pm 1,2$  roku, s krajnými hodnotami 9 a 14 rokov. Amplitúda slnečných cyklov kolíše v 90-ročnej perióde.

Z. Mouradis pripomenul, že R. Wolf našiel aj dlhšiu periódu slnečnej činnosti, ktorá trvá

5 štandardných cyklov. Okrem toho sa niekedy objavujú náznaky existencie veľkých mínim s periódou 109 rokov.

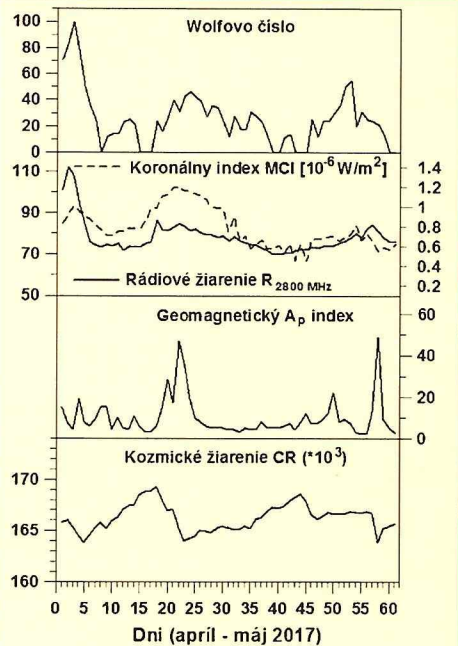
M. Xapsos a E. Burke objavili existenciu dlhej periódy – zhruba 6 tisíc rokov podľa merania obsahu  $^{14}\text{C}$  v letokruhoch veľmi starých stromov. Dobrým základom pre históriu slnečnej činnosti sú v súčasnosti dáta o výskyte rádionuklidov  $^{14}\text{C}$  a  $^{10}\text{Be}$  za posledných 9,4 tisíc rokov, získaných v ľadových jadrách z vrtných sond z Arktídy a Antarktídy, ktoré uverejnil K. McCracken a i. Celkom autori odhalili 15 významných periód v rozmedzí 40 – 2320 rokov. Za tú dobu sa odohralo 26 veľkých mínim, podobných Daltonovmu (1795 – 1830), Maunderovmu (1650 – 1715) Spörerovmu (1420 – 1540) a Wolfvemu (1280 – 1340). Stabilnou je aj Gleissbergova perióda 87 rokov. Keď Hale objavil magnetickú povahu slnečných škvŕn, ukázalo sa, že polarity vedúcich škvŕn v skupine na severnej a južnej pologuli Slnka sú opačné a striedajú sa počas dvoch cyklov – Haleho cyklus trvá 22 rokov.

A. Vecchio a i. objavili dvojročnú moduláciu slnečnej činnosti, ktorá sa prejavila v kolísaní toku slnečných neutrín a galaktického kozmického žiarenia v dátach z rokov 1974 – 2001. Podľa autorov je to spôsobené interakciou magnetického momentu neutrín so slnečnými magnetickými poľami.

G. Anufriev a i. porovnávali vzorky mesačného regolitu, privezeného posádkou Apolla 16 v novembri 1976 z Mora hojnosti, so vzorkami, ktoré priviezla sonda Luna 24 v auguste 1976 z Mora nepokojev. Vzorky z Apolla sú staré 90 miliónov rokov, vzorky z Luny až 600 miliónov rokov. Z podielu zastúpenia jadier  $^3\text{He}/^4\text{He}$  vo vzorkách určili, ako sa menila intenzita slnečného vetra za dlhé obdobie. Takto boli odhalené dve obdobia so silným tokom slnečného vetra – pred 80 a 470 miliónmi rokov. Prvé z maxim je známe z pozemskej paleodendrológie.

*O ďalších vlastnostiach škvŕn a cyklu ich výskytu si pohovoríme v ďalšej časti.*

Milan Rybanský

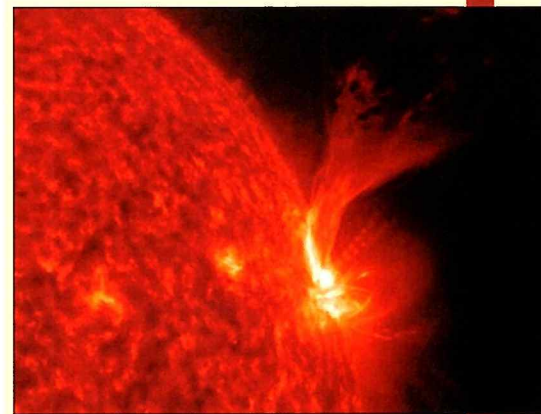


## Slnečná aktivita

V priebehu slnečnej aktivity (SA) nastal nepatrný nárast v porovnaní s predchádzajúcim dvojmesačným obdobím, najmä začiatkom apríla. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 0 – 100, ale iba počas 20 dní tohto obdobia bola jeho hodnota vyššia ako 30. Zaznamenali sme 11 dní bez prítomnosti škvŕny na disku Slnka. Erupčná aktivita mierne stúpila, po dlhšom období sa vyskytli aj erupcie typu M. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali výraznejšie zvýšené hodnoty ( $>25$ ) planetárneho  $A_p$  indexu iba 22. apríla a 28. mája, počas 33 dní bola však hodnota tohto indexu nižšia ako 10. Úroveň kozmického žiarenia je primeraná fáze slnečného cyklu.

Po 4 mesiacoch bez mohutnejšej erupcie (od konca novembra 2016 sa vyskytovali len erupcie typu C) sa Slnko „zobudilo“ 1. apríla 2017, keď v priebehu nasledujúcich 41 hodín (do 3. apríla) nastalo v aktívnej oblasti 2644 až 7 erupcií typu M. Táto séria začala 1. apríla o 21:35 UT erupciou typu M4.4, pokračovala 2. apríla erupciami M5.3, M2.3, M2.1 a M5.7 a končila 3. apríla erupciami M1.2 a M5.8. Tri z nich boli mohutnejšie ako M5 a posledná v sérii, ktorá nastala 3. apríla o 14:19 UT, bola najmohutnejšia erupcia od 23. júla 2016 (vtedy nastala erupcia typu M7.6).

Ivan Dorotovič



Slnečná erupcia typu M5.8 dňa 3. apríla 2017. (NASA SDO/AIA; <https://watchers.news/2017/04/03/moderately-strong-m5-8-solar-flare-erupts-from-region-2644/>)

## Celoslovenské finále 27. ročníka vedomostnej súťaže **Čo vieš o hviezdach?**

Pre svoju malebnú krásu v údolí životodarnej rieky láka krajské mesto Nitra svojich návštevníkov v každom ročnom období.

Začiatkom júna privítala Nitra finalistov celoslovenskej vedomostnej súťaže „Čo vieš o hviezdach?“. Táto súťaž už 27 rokov každoročne nachádza svojich priaznivcov. Organizátorom súťaže je Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove. Súťaž prebieha na okresných a krajských úrovniach, ktoré zabezpečujú okresní organizátori a krajské hviezdárne. Súťaží sa v troch vekových kategóriách a do finále súťaže postupujú z každej kategórie traja víťazi krajských kôl.

V dňoch 6. – 8. júna sa v priestoroch Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre stretli finalisti, aby si zmerali vedomosti s rovesníkmi z celého Slovenska. Súťaž prebiehala v priateľskej atmosfére. Zadania pre súťažiacich pripravili odborní pracovníci a spolupracovníci Slovenskej ústrednej hviezdárne. Súťažiaci riešili astronomické príklady, slepú mapu a historický test. Neoddeliteľnou súčasťou súťaže bola ústna časť, v ktorej súťažiaci odpovedali na vlastnoručne vylosované otázky. Odborná porota pracovala v zložení: Mgr. Peter Dolinský zo Slovenskej ústrednej hviezdárne v Hurbanove, Mgr. Stanislav Kaniansky z KHAP M. Hella Hviezdárne v Banskej Bystrici, RNDr. Zdeněk Komárek z Hviezdárne v Michalovciach, Mgr. Valentín Korínek z Hviezdárne v Partizánskom. Predsedom poroty bol RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., zo Slovenskej ústrednej hviezdárne v Hurbanove.

### 1. kategória

(žiaci základných škôl 4. – 6. ročník a 1. ročník 8-ročného gymnázia)

1. miesto – Martin Fehérváry, Vrábľa
2. miesto – Jozef Jabczun, Prešov
3. miesto – Simona Šimočková, Trenčín

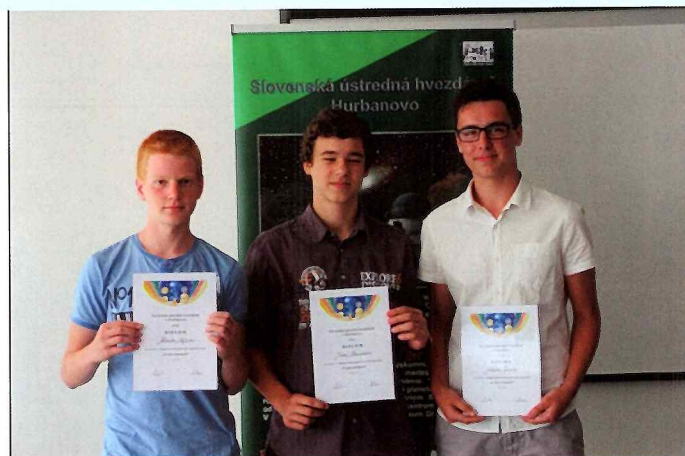


Víťazi 1. kategórie.

### 2. kategória

(žiaci základných škôl 7. – 9. ročník a 2. – 4. ročník 8-ročného gymnázia)

1. miesto – Ján Plavnický, Novosad okr. Trebišov
2. miesto – Kamil Huljak, Rajec
3. miesto – Jakub Popovič, Vojčice okr. Trebišov



Víťazi 2. kategórie.

### 3. kategória

(žiaci stredných škôl, gymnázií a 5. – 8. ročník 8-ročného gymnázia)

1. miesto – Jozef Lipták, Zvolen
2. miesto – Jana Švrčková, Senica
3. miesto – Andrej Kancko, Lučenec



Víťazi 3. kategórie.

Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove víťazov odmenila hodnotnými knihami z vlastnej edície a darčekomými poukážkami na nákup astronomických techník. Odmenou pre najlepších finalistov je aj možnosť účasti na jednom z letných sústrezení mladých astronómov Slovenska.

Pre súťažiacich bol pripravený sprievodný program. Večer navštívili majestátny Nitriansky hrad a absolvovali krátku prehliadku pamätihodností mesta. Pracovníci Katedry fyziky Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre, RNDr. Aba Teleki, CSc. a Mgr. Boris Lacsný, PhD., zabezpečili ráno pred súťažou zaujímavé prednášky spojené s fyzikálnymi experimentmi.

Víťazom blahoželáme a všetkým rodičom, učiteľom, vedúcim astronomických krúžkov, ktorí sa venujú mládeži, vedú a usmerňujú ich kroky v oblasti astronómie ďakujeme za priazeň.

Tešíme sa na stretnutie pri ďalších podujatiach.

Celá výsledková listina a fotogaléria zo súťaže sa nachádza na [www.suh.sk](http://www.suh.sk).

**Drahoslava Výbochová**

Foto: Peter Dolinský



Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo, mesto Piešťany a MsKS Piešťany vás pozývajú na 11. ročník medzinárodného filmového festivalu Astrofilm, ktorý sa bude konať v dňoch od 17.10. do 19.10. 2017 v Kultúrno-spoločenskom centre Fontána v Piešťanoch.

Témou 11. ročníka Astrofilmu bude kozmonautika pri príležitosti 60. výročia vypustenia prvej umelej družice Zeme a zatmenie Slnka, keďže v tomto roku bude tento úkaz pozorovateľný v USA a jeho pozorovania sa zúčastnia aj niektorí naši kolegovia.

Festival je určený nielen odborníkom v oblasti astronómie, ale hlavne širokej verejnosti.

Vstup je voľný!

Program bude zverejnený na:

[www.astrofilm.sk](http://www.astrofilm.sk)

[www.facebook.com/astrofilm](https://www.facebook.com/astrofilm)





Dr. Jan Janík, PhD., z Masarykovej Univerzity v Brne prednáša o komplexnej štúdii otvorenej hviezdokopy NGC 2281. Pozorne ho sleduje aj Dr. Štefan Gajdoš, PhD., z Univerzity Komenského v Bratislave.

## Bezovec 2017

Už tradične v prvom júnovom víkendě sa konala medzinárodná konferencia na Bezovci pod záštitou Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV, Hvezdárne a planetária M. R. Štefánika v Hlohovci a Trnavského samosprávneho kraja. 42 účastníkov si vypočulo vedecké a odborné referáty astronómov z piatich krajín. Okrem „recidívnych“ prednášateľov zo Slovenska a z Českej republiky prijali pozvanie aj astronómovia z Ukrajiny, Maďarska a Estónska.

Veľmi prínosná bola účasť emeritného riaditeľa observatória v Tartu z Estónska – Dr. Lauritsa Leedjärva. Aj keď s Lauritsom Leedjävom spolupracujeme už mnoho rokov, na Bezovci bol prvý raz. Nakoľko sa mu konferencia zapáčila, je možné, že svoju účasť zopakuje. Na konferencii mali svojich zástupcov mnohé významné univerzity zo Slovenska a z Českej republiky, zastúpený bol aj Astronomický ústav SAV a samozrejme, aj niektoré hviezdárne, na ktorých prebieha výskum v oblasti stelárnej astrofyziky.

Bolo by zbytočné na tomto mieste vymenovávať názvy prednášok, či mená jednotlivých prednášateľov, čo je však pozoruhodné, je tradícia týchto konferencií na Bezovci. Tento rok to bol už 59. ročník astronomických akcií na Bezovci, ktorých tradíciu založil nestor slovenskej astronómie Dr. Elemér Csere, ktorého 100. výročie narodenia si pripomíname celý tento rok. Veľkou výzvou pre organizátorov bude však budúci rok, keď 60. výročie konferencií na Bezovci bude vyžadovať výber účastníkov aj z radov prednášateľov, nakoľko kapacitné možnosti na Bezovci sú limitované. Samozrejme, prednosť dostanú astronómovia, ktorí udržiavajú túto mimoriadnu tradíciu, prednášatelia s mimoriadne zaujímavými novinkami z astrofyziky a kozmológie, ale aj mladí začínajúci študenti astronómie a taktiež aj pozvaní hostia zo zahraničia. Bol už stanovený aj predbežný termín na 1. – 3. júna 2018, takže rukavica je už hodená a organizátori čakajú na smelých astronómov, ktorí ju zodvihnú.

Ladislav Hric,  
SÚH Hurbanovo



Dobrá nálada účastníkom konferencií na Bezovci nikdy nechýbala, a tak to bolo aj tohto roku.



Poslucháči koncertu zaplnili budovu brnianskeho planetária na Kravej hore.

## Ako relaxuje profesor astrofyziky?

Prof. RNDr. Zdeňka Mikuláška, CSc., nie je potrebné našim čitateľom predstavovať, nakoľko v prvom tohtoročnom čísle nášho časopisu (KOZMOS 48, 1/2017, str. 19 - 22) sme uverejnili pomerne vyčerpávajúci rozhovor s ním, a tak pochybnosti o jeho láske k hviezdám by nemali existovať. Napriek množstvu otázok, na ktoré ochotne odpovedal, jednu vec sme v rozhovore zamlčali. Že jeho druhou veľkou láskou je hudba. Preto ma neprekvapilo, že keď som prijal jeho pozvanie na oslavu 70. narodenín, bolo to všetko len o hudbe. 15. mája Zdeněk dovŕšil 70 rokov a 21. mája venoval koncert všetkým svojim priateľom a známym. K jeho životopisu treba dodať, že je zakladateľom a umeleckým vedúcim súboru „Komorní dechová harmonie Brno“ od roku 1994. Od tej doby hralo v tomto komornom telese množstvo, dnes už svetoznámych, hudobníkov, takže aj keď profesor astrofyziky môže relaxovať hudbou, nie je to len koníček, ale dnes už aj profesionálna láska. Na koncerte 21. mája, ktorý sa mimochodom konal v budove planetária na Kraví hore v Brne sa zúčastnilo viacero známych hudobných profesionálov. Za všetkých spomeniem aspoň riaditeľa Českej filharmónie Davida Marečka, ktorý časť koncertu aj oddirigoval.

Nakoľko profesor Mikulášek bol niekoľko rokov aj členom redakčnej rady nášho časopisu, želim mu aj v mene kolektívu časopisu KOZMOS, aby mu hudba znela ešte dlhé roky pri objavovaní krás vesmíru.

Ladislav Hric, SÚH Hurbanovo



Časť koncertu v podaní Davida Marečka, riaditeľa českej filharmónie. Tu si profesor Mikulášek sadol medzi poslucháčov.



Dôkaz, že hudba môže byť aj sladká.

August – september 2017

Všetky časové údaje sú v SEČ

# Obloha v kalendári



Noci sa nám príjemne predlžujú, po jesennej rovnodennosti budú konečne dlhšie ako dni. Mliečna cesta sa klenie vysoko nad obzorom, z planét potešia všetky, u niektorých nastanú zaujímavé zoskupenia, ktoré budú pekným spestrením oblohy. Za úplným zatmením Slnka 21. 8. je nutné vycestovať do USA, no zatmenie Mesiaca 7. 8. si užijeme aspoň čiastočne aj od nás. Situácia s jasnejšími kométami sa skomplikovala a aj počas tradičných Perzeíd bude pozorovanie nočnej oblohy rušiť Mesiac.

## Planéty

Merkúr zapadne ešte pred polovicou nautického súmraku ako objekt 0,4 mag a v ďalších dňoch sa jeho viditeľnosť zhoršuje. 12. 8. je v zastávke, začne sa pohybovať späť a 26. 8. je v dolnej konjunkcii. Po nej sa presunie na rannú oblohu a podmienky pozorovateľnosti sa budú už veľmi rýchlo zlepšovať. 12. 9. dosiahne najväčšiu západnú elongáciu (17,9°) a geometrické podmienky sú dobré. Pri elongácii vychádza s jasnosťou -0,3 mag už počas astronomického súmraku viac ako 1,5 hodiny pred Slnkom. Podobne vhodné podmienky budú až pred koncom roka. Po elongácii sa podmienky už miernejšie zhoršujú, v polovici poslednej septembrovej dekády vychádza po začiatku nautického súmraku a bude mať -1,2 mag.

Mesiac, a tak počas brieždenia si všimnime Merkúr (-0,9 mag) a Mars, vyššie tenučký Mesiac s Regulusom a Venušu.

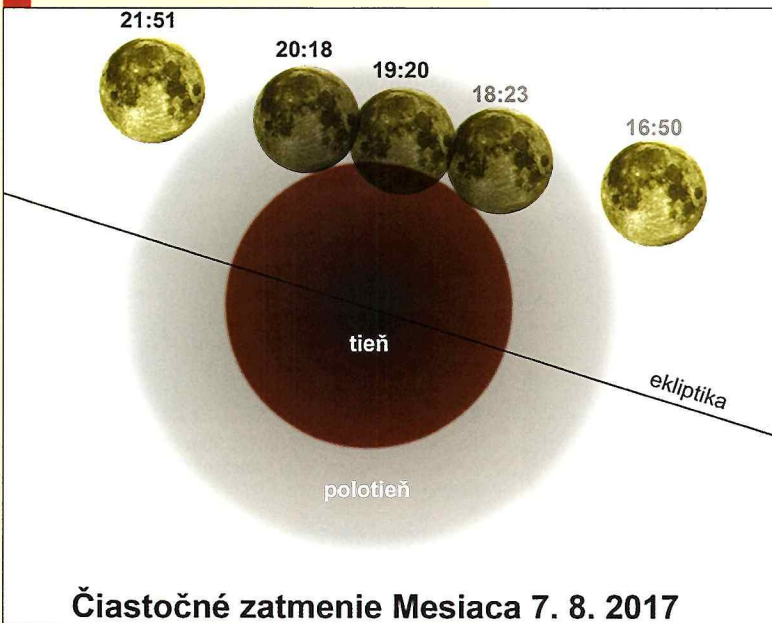
**Venuša** (-4,0 až -3,9 mag) bude ozdobou rannej oblohy, vychádza počas celého tohto obdobia ešte počas astronomického noci. Uhlovo sa mierne k Slnku približuje, vzdialenosť od nás sa však zväčšuje, a tak jej zdanlivý uhlový priemer poklesne zo 14 na 11". Konjunkcie s Mesiacom nastanú 19. 8. a 18. 9., možno zaujmú aj fotografy, veď jasná Venuša a kosáčik Mesiaca nad obzorom sú vždy fotogenické.

**Mars** (1,8 mag) bol koncom júla v konjunkcii so Slnkom a je teda nepozorovateľný, 5. 8. je od nás najďalej (2,6582 AU). Jeho ranná viditeľnosť sa zlepšuje len pozvoľna. Na prelome mesiacov vychádza len na začiatku nautického súmraku, asi hodinu pred Slnkom, no koncom septembra už koncom astronomického noci a nájdeme ho v blízkosti Venuše. Jeho priblíženia k Marsu a Regulusovi 5. 9. budú na presvetlenej oblohe, no podstatne lepšie na tom bude jeho tesná konjunkcia s Merkúrom 16. 9. Mesiac sa k Marsu priblíži 18. 9. len na 0,7", no ešte pod obzorom a tak ráno po ich východe to už nebude ono...

5. 9. pred východom Slnka si, najlepšie triédrom, pozrime jeho konjunkciu (1,4 mag) s Marsom (1,8 mag) a Regulusom. Vyššie nad obzorom bude jasná Venuša. Veľmi tesná konjunkcia (0,1") týchto dvoch planét nastane 16. 9. v noci, a tak si ich vychutnajme po ich východe v ďalekohľade. 18. 9. sa k Merkúru priblíži aj

**Jupiter** (-1,9 až -1,7 mag) v Panne je na večernej oblohe, no jeho viditeľnosť sa postupne kráti a koncom septembra zapadne už necelú hodinu po Slnku začiatkom nautického súmraku. V polovici septembra sa bude presúvať asi 3' ponad Spikou. Pohľad naň už malým ďalekohľadom nikdy nesklame. Sú viditeľné jeho štyri najjasnejšie mesiace a pri väčšom zväčšení zaujme jeho mierne sploštený kotúčik a útvary v jeho búrlivej atmosfére.

Konjunkcie s Mesiacom 25. 8. a 22. 9. nie sú najtes-



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

2. 8. 19:56	11. 8. 22:25	19. 8. 19:06	29. 8. 17:27	7. 9. 19:57
4. 8. 21:35	12. 8. 18:17	21. 8. 20:46	31. 8. 19:07	10. 9. 17:28
5. 8. 17:27	14. 8. 19:56	24. 8. 18:17	2. 9. 20:46	15. 9. 16:39
7. 8. 19:06	16. 8. 21:35	26. 8. 19:56	3. 9. 16:38	17. 9. 18:18
9. 8. 20:46	17. 8. 17:27	28. 8. 21:36	5. 9. 18:17	19. 9. 19:57



## Zákryty hviezd Mesiacom (august – september 2017)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
2. 8.	21 38 11	D	22959	6,4	+41S	147	97	-159
13. 8.	22 58 25	D	3322	4,3	-79N	62	18	110
14. 8.	0 0 41	R	3322	4,3	+89N	254	43	98
15. 8.	0 18 42	R	4405	6,2	+22N	324	120	-81
15. 8.	2 12 54	R	4465	6,2	+77N	269	77	63
15. 8.	23 20 10	D	5596	3,9	-9N	358	-82	281
15. 8.	23 32 26	R	5596	3,9	+17N	332	79	-100
16. 8.	2 28 39	R	5717	6,4	+56N	293	81	29
16. 8.	1 48 9	D	5729	4,7	-53S	116	67	37
16. 8.	2 36 46	R	5729	4,7	+42S	211	25	164
16. 8.	7 5 47	D	5912	0,8	-67N	57	86	33
16. 8.	8 12 44	R	5912	0,8	+66N	284	69	-95
17. 8.	2 15 33	D	6957	5,3	-74N	68	25	107
29. 8.	19 22 15	D	22520	5,0	+21N	29	61	74
4. 9.	22 45 24	D	30159	5,2	+31N	9	17	126
7. 9.	20 59 13	R	451	6,3	+35S	204	37	144
11. 9.	0 28 16	R	4154	5,9	+46N	302	122	-23
12. 9.	0 31 10	R	5370	6,0	+56N	295	88	22

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

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

nejšie no vzhľadom na jasnosť oboch telies iste zaujmú.

**Saturn** (0,3 až 0,5 mag) v Hadonosovi je nad obzorom v prvej polovici noci. Zapadá necelú hodinu po polnoci, do konca septembra sa jeho viditeľnosť skrúti a zapadne už pred 21. hodinou. Jeho vlastný pohyb medzi hviezdami je malý, 25. 8. je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. Svetí pokojným žltkastým svetlom a na dostatočne tmavej oblohe ho uvidíme na pozadí Mliečnej cesty. V ďalekohľade sú viditeľné jeho mohutné prstence, ktoré sú široko roztvorené, zakrývajú dokonca južnú časť disku. V blízkosti Saturna nájdeme aj jeho najväčší mesiac Titan, ako aj ďalšie štyri (Dione, Japetus, Rhea, Tethys). Konjunkcie s Mesiacom nastanú 3. 8., 30. 8. a 29. 9., minimálna vzdialenosť bude len okolo 3°.

**Urán** (5,8 až 5,7 mag) v Rybách vychádza v neskorších večerných hodinách, jeho viditeľnosť sa zlepšuje a v polovici októbra bude v opozícii. 3. 8. je stationárny, začne sa pohybovať späť. Nájdeme ho stopeň severne od o Psc (4,3 mag). Aj keď ho môžeme vidieť aj bez ďalekohľadu, bezpečne ho zidentifikujeme už v triédri. V ďalekohľade ho uvidíme ako pokojne svietiaci modrastý kotúčik s priemerom 3,5". Mesiac sa k nemu zdanlivo priblíži len na 5° a navyše bude vo veľkej fáze.

**Neptún** (7,8 mag) je vo Vodnárovi, vychádza ešte skôr ako Urán, už počas nautického súmraku. 5. 9. je v opozícii a teda nad obzorom počas celej noci. Na jeho pozorovanie už potrebujeme aspoň triéder. V ďalekohľade bude ako malý kotúčik s priemerom 2,4".

Konjunkcie s Mesiacom vo veľkej fáze nastanú 10. 8. a 6. 9.

**Denný zákryt Aldebarana** 16. 8. si môžeme za dobrých podmienok vychutnať v ďalekohľade, jas oblohy je vhodné potlačiť žltým filtrom. Podrobnosti sú uvedené pri zákrytoch. Ďalšia tesná konjunkcia 12. 9. nastáva populudní pod obzorom, a tak večer po ich východe už bude Mesiac 5° vľavo.

**Mesiac** sa bude 18. 9. ráno presúvať v blízkosti Regula, ktorý bude len 10' od severného rožku Mesiaca.

29. 8. a 28. 9. je Mesiac v prvej štvrti a súčasne aj v blízkosti apogea, je uhlový rozmer bude 29,7'. Posledná štvrt a perigeum nastane 13. 9., Mesiac bude mať 32,6' a zložením fotografií získame porovnanie zmeny jeho zdanlivého priemeru.

**Čiastočné zatmenie Mesiaca 7. 8.** neuvidíme v celom jeho priebehu a aj to len na svetlej oblohe. Mesiac vychádza ešte krátko pred západom Slnka a už bude mať spodný okraj ponorený v zemskom tieni. Maximálna fáza nastáva v polovici občianskeho súmraku a koniec počas súmraku nautického. Aj keď to nie sú podmienky optimálne, užijeme si ho, nakoľko

ďalšie zatmenie, tentokrát úplné, uvidíme v celom priebehu až 27. 7. 2018. Pri fotografovaní použijeme objektív s dlhšími ohniskami.

**Úplné zatmenie Slnka 21. 8.**, ktoré je najvýznamnejším úkazom v tomto roku, od nás neuvidíme ani ako čiastočné. Za jeho pozorovaním je potrebné vycestovať do USA, maximálna fáza 2 min 40 s bude na území Kentucky. Je to zatmenie série saros 145, ktorého predošlé zatmenie bolo 11. 8. 1999 a jeho pás totality prechádzal len kúsok južne od nášho územia.

**Jesenná rovnodennosť**, začiatok astronomickej jesene, nastane 22. 9. o 21:01. Slnko je presne na nebeskom rovníku, dni sa budú skracovať a noci predlžovať. V dôsledku refrakcie sú však dni rovnako dlhé ako noci až niekoľko dní po rovnodennosti.

## Trpasličie planéty

(1) **Ceres** (8,9 až 8,8 mag) sa presunie z Blížencov do Raka a podmienky jej pozorovateľnosti sa zlepšujú. Vychádza 1,5 hodiny po polnoci, koncom septembra už pred polnocou.

(134340) **Pluto** (14,2 mag) v Strelcovi je na tom dobre, možnosti pozorovania sa oproti minulému obdobiu zmenili len málo. Koncom septembra zapadne 1,5 h pred polnocou. Jeho pohyb medzi hviezdami sa spomaluje, na prelome mesiacov bude len 3' južne od čerenej hviezdy SAO 187816 (6,4 mag).

## Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (25) Phocaea (1,8.; 10,0 mag), (419) Aurelia (9,8.; 10,5 mag), (804) Hispania (22,8.; 10,8 mag), (89) Julia (8,9.; 9,0 mag), (354) Eleonora (11,9.; 10,8 mag), (344) Desiderata (19,9.; 10,9 mag).

(4) Vestu nájdeme v Levovi len začiatkom augusta večer nízko nad západným obzorom. Bude mať 8,1 mag a jej viditeľnosť sa bude zhoršovať, uhlovo sa približuje k Slnku a 27. 9. ich bude deliť len 5'.

Prijemne zjasnie (7) Iris v Baranovi, koncom septembra bude mať 7,7 mag. K 8. mag sa približí aj (2) Pallas, no pohybuje sa južne a jej deklinácia klesá. Na konci tohto obdobia bude mať 8,2 mag, no kulminuje vo výške len necelých 20'.



## Fázy Mesiaca

spln	7. 8. 19:11	6. 9. 8:03
posledná štvrt'	15. 8. 2:15	13. 9. 7:25
nov	21. 8. 19:30	20. 9. 6:30
prvá štvrt'	29. 8. 9:13	28. 9. 3:54

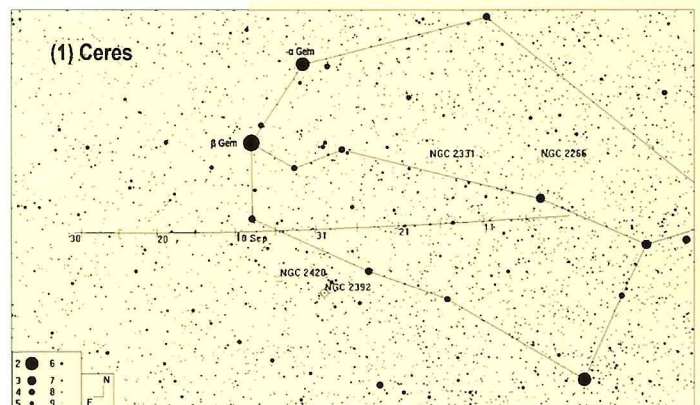


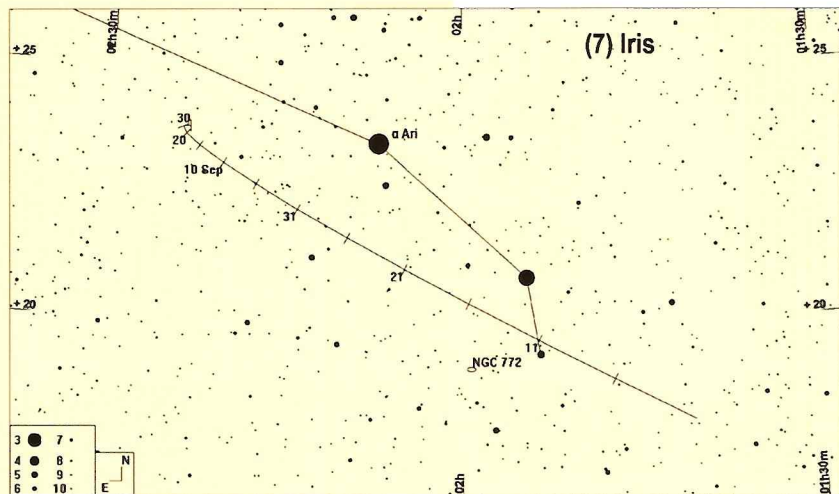
## Efemerida (1) Ceres

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	6 <sup>h</sup> 39,2 <sup>m</sup>	+24°13,0'	8,9	29,8
11. 8.	6 <sup>h</sup> 57,3 <sup>m</sup>	+24°13,4'	8,9	35,3
21. 8.	7 <sup>h</sup> 15,0 <sup>m</sup>	+24°08,0'	8,9	40,9
31. 8.	7 <sup>h</sup> 32,4 <sup>m</sup>	+23°57,5'	8,9	46,6
10. 9.	7 <sup>h</sup> 49,5 <sup>m</sup>	+23°43,2'	8,9	52,4
20. 9.	8 <sup>h</sup> 05,6 <sup>m</sup>	+23°26,4'	8,8	58,4
30. 9.	8 <sup>h</sup> 21,1 <sup>m</sup>	+23°08,6'	8,8	64,7

## Efemerida (134340) Pluto

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	19 <sup>h</sup> 14,8 <sup>m</sup>	-21°35,3'	14,2	158,6
11. 8.	19 <sup>h</sup> 13,9 <sup>m</sup>	-21°38,0'	14,2	148,8
21. 8.	19 <sup>h</sup> 13,2 <sup>m</sup>	-21°40,5'	14,2	139,1
31. 8.	19 <sup>h</sup> 12,5 <sup>m</sup>	-21°42,7'	14,2	129,2
10. 9.	19 <sup>h</sup> 12,1 <sup>m</sup>	-21°44,7'	14,3	119,4
20. 9.	19 <sup>h</sup> 11,8 <sup>m</sup>	-21°46,3'	14,3	109,6
30. 9.	19 <sup>h</sup> 11,7 <sup>m</sup>	-21°47,6'	14,3	99,8





**Efemerida asteroidu (4) Vesta**

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	10 <sup>h</sup> 40,3 <sup>m</sup>	+13°29,5'	8,1	28,2
11. 8.	10 <sup>h</sup> 58,3 <sup>m</sup>	+11°43,1'	8,1	23,5
21. 8.	11 <sup>h</sup> 16,3 <sup>m</sup>	+09°52,6'	8,0	18,8

**Efemerida asteroidu (7) Iris**

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	01 <sup>h</sup> 40,5 <sup>m</sup>	+17°57,7'	9,2	98,8
6. 8.	01 <sup>h</sup> 47,2 <sup>m</sup>	+18°46,8'	9,1	101,8
11. 8.	01 <sup>h</sup> 53,4 <sup>m</sup>	+19°33,3'	9,0	104,9
16. 8.	01 <sup>h</sup> 59,3 <sup>m</sup>	+20°16,9'	8,9	108,1
21. 8.	02 <sup>h</sup> 04,7 <sup>m</sup>	+20°57,4'	8,8	111,5
26. 8.	02 <sup>h</sup> 09,5 <sup>m</sup>	+21°34,5'	8,6	114,9
31. 8.	02 <sup>h</sup> 13,7 <sup>m</sup>	+22°07,7'	8,5	118,6
5. 9.	02 <sup>h</sup> 17,2 <sup>m</sup>	+22°36,8'	8,4	122,4
10. 9.	02 <sup>h</sup> 20,0 <sup>m</sup>	+23°01,3'	8,3	126,4
15. 9.	02 <sup>h</sup> 22,0 <sup>m</sup>	+23°20,7'	8,1	130,7
20. 9.	02 <sup>h</sup> 23,1 <sup>m</sup>	+23°34,6'	8,0	135,1
25. 9.	02 <sup>h</sup> 23,3 <sup>m</sup>	+23°42,2'	7,8	139,8
30. 9.	02 <sup>h</sup> 22,7 <sup>m</sup>	+23°43,1'	7,7	144,6

**Efemerida kométy PanSTARRS (C/2015 ER61)**

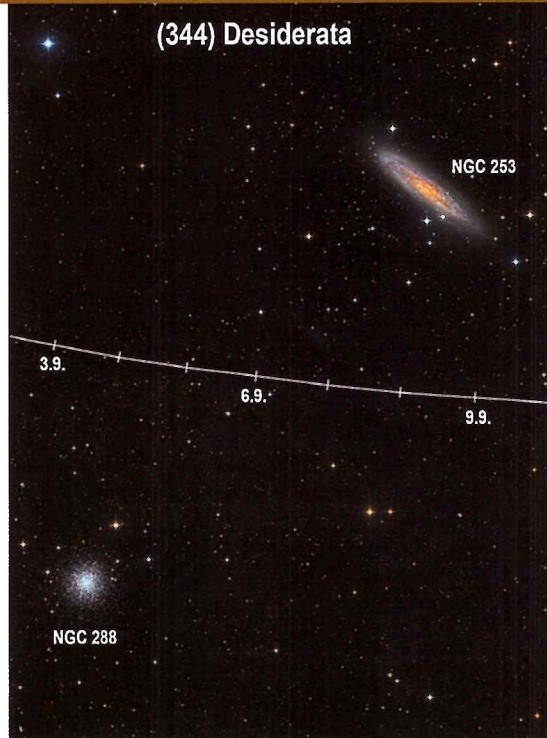
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 8.	03 <sup>h</sup> 28,0 <sup>m</sup>	+22°41,6'	9,9	73,4
6. 8.	03 <sup>h</sup> 34,9 <sup>m</sup>	+22°57,9'	10,0	76,6
11. 8.	03 <sup>h</sup> 41,0 <sup>m</sup>	+23°10,6'	10,2	80,0
16. 8.	03 <sup>h</sup> 46,2 <sup>m</sup>	+23°20,0'	10,3	83,6
21. 8.	03 <sup>h</sup> 50,6 <sup>m</sup>	+23°26,1'	10,5	87,4
26. 8.	03 <sup>h</sup> 54,0 <sup>m</sup>	+23°29,3'	10,6	91,4
31. 8.	03 <sup>h</sup> 56,6 <sup>m</sup>	+23°29,5'	10,7	95,6
5. 9.	03 <sup>h</sup> 58,2 <sup>m</sup>	+23°26,8'	10,8	100,1
10. 9.	03 <sup>h</sup> 58,9 <sup>m</sup>	+23°21,4'	11,0	104,8
15. 9.	03 <sup>h</sup> 58,7 <sup>m</sup>	+23°13,1'	11,1	109,8
20. 9.	03 <sup>h</sup> 57,6 <sup>m</sup>	+23°02,0'	11,2	114,9
25. 9.	03 <sup>h</sup> 55,6 <sup>m</sup>	+22°48,1'	11,3	120,3
30. 9.	03 <sup>h</sup> 52,8 <sup>m</sup>	+22°31,2'	11,4	125,9

**Kométy**

Lepšie obdobie na pozorovanie komét je už za nami, tentokrát sa musíme uskromniť...

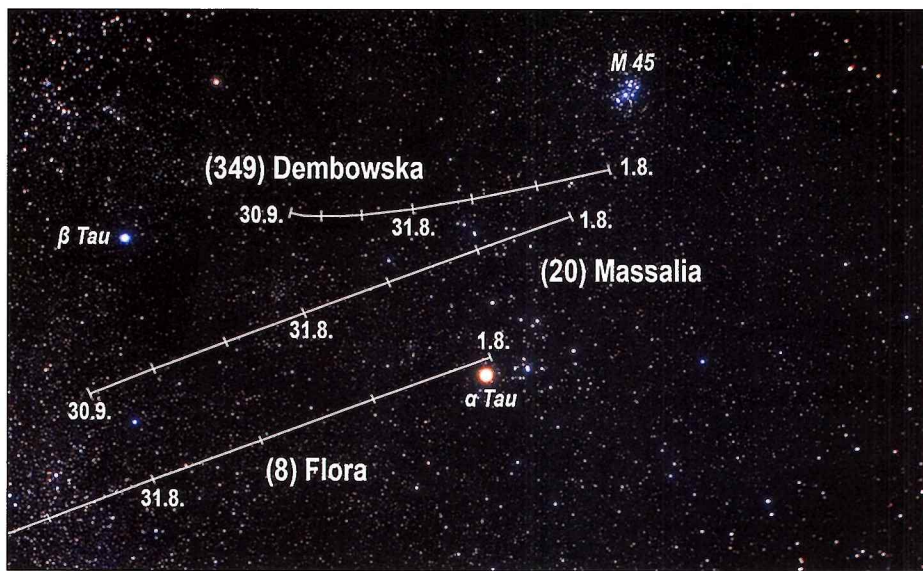
PanSTARRS (C/2015 ER61) sa od Slnka vzdaluje, no jej vzdialenosť od Zeme je takmer konštantná. Bude jedinou kométou, ktorá bude v dosahu aj menších ďalekohľadov, nájdeme ju v Byčkovi. V polovici augusta sa bude presúvať popod Plejády s jasnosťou niečo pod 10 mag čo by mohlo inšpirovať astrofotografy.

Medzi hviezdami opíše elegantnú slučku, na pre-

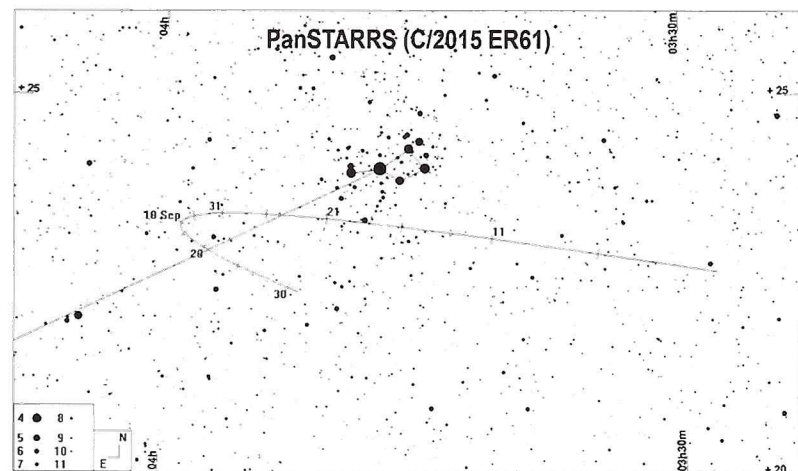


lome prvých septembrových dekad je stacionárna a začne sa pohybovať západne.

Začiatkom augusta má 8 mag kométa Johnson (C/2015 V2), no jej deklinácia je -32° a na konci občianskeho súmraku je len tesne nad obzorom. Jej deklinácia klesá a tak bude pekným objektom pre pozorovateľov podstatne južnejšie.



(324) Bambergia + NGC 6383



## Meteory

Počas týchto dvoch mesiacov nie sú na pozorovanie meteorov vhodné podmienky.

Začiatkom augusta sú len krátke po maxime južné roje, ktorých prepočítaná frekvencia prevyšuje 30 meteorov za hodinu. Mesiac je po prvej štvrti a tak je možné pozorovať aspoň po polnoci. V činnosti sú už aj obľúbené expedičné Perzeidy, ktorých tradičné maximum je premenlivé (od 12. 8. v popoludňajších hodinách až do ranných hodín 13. 8.) Pozorovacie podmienky však nie sú najpriaznivejšie, nakoľko Mesiac je pred poslednou štvrtou a nad obzor sa dostane už po

21. hodine koncom astronomického súmraku. Frekvencia Perzid je dostatočne vysoká a tak je možné pozorovať aj pri čiastočnom rušení svitom Mesiaca. Je vhodné si však vybrať dobré pozorovacie miesto bez svetelného znečistenia a s dobrou priehľadnosťou. Vzhľadom na rušenie Mesiacom sú vhodnejšie podmienky počas maxima  $\kappa$  Cygnid, no u nich je frekvencia veľmi nízka.

Lepšie na tom nebudú ani  $\alpha$  Aurigidy a len o niečo menej aktívne septembrové Perzeidy.

Pavol Rapavý

## Meteorické roje (august – september 2017)

Roj	Aktivita	Max.	$\lambda_{sol}$	$\alpha$ [°]	$\delta$ [°]	$V_{inf}$	r	ZHR
antiheliónový zdroj (ANT)	10. 12. – 10. 9					30	3,0	4
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	28. 7.	125,0°	341°	-30°	35	3,2	5
južné $\delta$ Akvaridy (SDA)	12. 7. – 23. 8.	30. 7.	127,0°	340°	-16°	41	2,5	25
$\alpha$ Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	30. 7.	127,0°	307°	-10°	23	2,5	5
Perzeidy (PER)	17. 7. – 24. 8.	12. 8.	140,0°	48°	+58°	59	2,2	150
$\kappa$ Cygnidy (KCG)	3. 8. – 25. 8.	17. 8.	145,0°	286°	+59°	25	3,0	3
$\alpha$ Aurigidy (AUR)	25. 8. – 5. 9.	1. 9.	158,6°	91°	+39°	66	2,5	6
septembrové $\epsilon$ Perzeidy (SPE)	5. 9. – 21. 9.	9. 9.	166,7°	48°	+40°	64	3,0	5

## Kalendár úkazov a výročí (august – september 2017)

dátum	SEČ
1. 8.	105. výročie (1912) narodenia A. Eichlera
2. 8.	18,9 Mesiac v apogeu (405 027 km)
3. 8.	8,8 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 3,0° S)
3. 8.	10,8 Urán v zastávke, pohybuje sa späť
4. 8.	kometá 2P/Encke v opozícii (1,288 AU)
4. 8.	10. výročie (2007) štartu marsovskej sondy Phoenix
5. 8.	12,2 Mars najďalej od Zeme (2,6582 AU)
5. 8.	80. výročie (1937) narodenia B. Marsdena
6. 8.	350. výročie (1667) narodenia J. Bernoulliho
7. 8.	19,2 Mesiac v splne
7. 8.	19,3 zatmenie Mesiaca
8. 8.	40. výročie (1977) zániku vesmírnej stanice Salut 5
9. 8.	asteroid (419) Aurelia v opozícii (10,5 mag)
9. 8.	135. výročie (1872) prvej fotografie spektra Vegy (H. Draper)
10. 8.	0,4 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,6° N)
10. 8.	1230. výročie (787) narodenia Abu Maa'sara
11. 8.	asteroid (25) Phocaea v opozícii (10,0 mag)
11. 8.	140. výročie (1877) objavy mesiaca Deimos (A. Hall)
12. 8.	7,3 Merkúr v zastávke, pohybuje sa späť
12. 8.	maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 150)
12. 8.	120. výročie (1897) narodenia O. von Struvea
12. 8.	150. výročie (1867) narodenia S. K. Kostinského
13. 8.	9,9 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 4,7° N)
15. 8.	2,3 Mesiac v poslednej štvrti
15. 8.	125. výročie (1892) narodenia L. de Broglieho
15. 8.	130. výročie (1887) narodenia P. W. Merilla
16. 8.	8,7 denný zákrý Aldebarana
17. 8.	140. výročie (1877) objavy mesiaca Phobos (A. Hall)
17. 8.	maximum meteorického roja $\kappa$ Cygnidy (ZHR 3)
18. 8.	14,3 Mesiac v perigeu (366 125 km)
19. 8.	4,6 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 2,8° N)
20. 8.	40. výročie (1977) štartu Voyagera 2
21. 8.	4,0 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 2,1° N)
21. 8.	19,5 úplné zatmenie Slnka
21. 8.	19,5 Mesiac v nove
22. 8.	asteroid (804) Hispania v opozícii (10,8 mag)
23. 8.	19,6 Merkúr najbližšie k Zemi (0,6169 AU)
23. 8.	90. výročie (1927) narodenia L. Kresáka
23. 8.	130. výročie (1887) narodenia F. A. Candra
25. 8.	16,6 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 2,5° S)
25. 8.	16,1 Saturn v zastávke, pohybuje sa priamo
26. 8.	21,6 Merkúr v dolnej konjunkcii
29. 8.	9,2 Mesiac v prvej štvrti
30. 8.	12,5 Mesiac v apogeu (404 309 km)
30. 8.	25. výročie (1992) objavy 1992 QB1 (1. objekt Kuiperovho pásu)
30. 8.	15,5 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,8° S)

31. 8.	180. výročie (1837) narodenia É. J. M. Stephana
1. 9.	maximum meteorického roja $\alpha$ Aurigidy (ZHR 6)
1. 9.	155. výročie (1862) narodenia R. Kövesligethyho
4. 9.	15,5 Neptún najbližšie k Zemi (28,9384 AU)
4. 9.	16,9 Merkúr v zastávke, pohybuje sa priamo
5. 9.	2,1 konjunkcia Merkúra s Marsom (Merkúr 3,2° S)
5. 9.	6,4 Neptún v opozícii
5. 9.	13,8 konjunkcia Marsu s Regulusom (Mars 0,7° N)
5. 9.	40. výročie (1977) štartu Voyagera 1
6. 9.	7,1 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,2° N)
6. 9.	8,1 Mesiac v splne
8. 9.	asteroid (89) Julia v opozícii (9,0 mag)
8. 9.	50. výročie (1967) štartu Surveyora 5
9. 9.	13,6 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 4,8° N)
9. 9.	maximum meteorického roja septembrové $\epsilon$ Perzeidy (ZHR 5)
10. 9.	160. výročie (1857) narodenia J. E. Keelera
11. 9.	asteroid (354) Eleonora v opozícii (10,8 mag)
11. 9.	110. výročie (1907) narodenia A. F. Bogorodského
11. 9.	140. výročie (1877) narodenia J. Jeansa
12. 9.	11,3 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (17,9°)
12. 9.	14,3 konjunkcia Aldebarana s Mesiacom (Aldebaran 21° N)
12. 9.	100. výročie (1917) narodenia T. Kolbenhayera
13. 9.	7,4 Mesiac v poslednej štvrti
13. 9.	17,1 Mesiac v perigeu (369 859 km)
16. 9.	19,7 konjunkcia Merkúra s Marsom (Merkúr 0,1° N)
17. 9.	50. výročie (1967) narodenia P. Pravca
17. 9.	160. výročie (1857) narodenia K. E. Ciolkovského
18. 9.	0,9 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,2° N)
18. 9.	4,6 konjunkcia Mesiaca s Regulusom (Regulus 0,4° N)
18. 9.	20,7 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,7° N)
18. 9.	23,6 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 0,8° N)
19. 9.	asteroid (344) Desiderata v opozícii (10,9 mag)
20. 9.	6,5 Mesiac v nove
22. 9.	10,7 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 3,0° S)
22. 9.	21,0 jesenná rovnodennosť, začiatok astronometrickej jesene
22. 9.	85. výročie (1932) narodenia A. Rükla
23. 9.	180. výročie (1837) narodenia A. Gautiera
25. 9.	25. výročie (1992) štartu Marsu Observer
26. 9.	75. výročie (1942) narodenia T. Mžeša
27. 9.	1,7 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 2,9° S)
27. 9.	10. výročie (2007) štartu sondy Dawn
27. 9.	7,9 Mesiac v apogeu (404 346 km)
28. 9.	3,9 Mesiac v prvej štvrti
28. 9.	160. výročie (1857) narodenia E. Mählera
29. 9.	200. výročie (1817) narodenia V. V. Kuneša
29. 9.	40. výročie (1977) štartu Salut 6
3. 10.	12,8 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,5° N)
5. 10.	17,7 konjunkcia Venuše s Marsom (Venuša 0,2° N)
5. 10.	19,7 Mesiac v splne
6. 10.	19,3 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 4,9° N)

## Tabuľky východov a západov (august – september 2017)

### Slnko

	Súmrak							
	Vých.	Záp.	Občiansky		Nautický		Astronomický	
	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 8.	4:15	19:17	3:38	19:54	2:50	20:41	1:51	21:39
6. 8.	4:21	19:09	3:46	19:45	3:00	20:31	2:04	21:26
11. 8.	4:28	19:01	3:53	19:36	3:09	20:20	2:17	21:12
16. 8.	4:35	18:52	4:01	19:27	3:18	20:09	2:28	20:58
21. 8.	4:42	18:43	4:08	19:17	3:27	19:58	2:40	20:44
26. 8.	4:49	18:33	4:16	19:06	3:36	19:47	2:51	20:31
31. 8.	4:56	18:23	4:23	18:56	3:44	19:36	3:01	20:18
5. 9.	5:03	18:13	4:31	18:45	3:52	19:24	3:11	20:05
10. 9.	5:10	18:03	4:38	18:34	4:00	19:13	3:20	19:53
15. 9.	5:17	17:53	4:45	18:24	4:08	19:01	3:29	19:40
20. 9.	5:24	17:42	4:52	18:13	4:15	18:50	3:37	19:29
25. 9.	5:31	17:32	5:00	18:03	4:23	18:39	3:46	19:17
30. 9.	5:38	17:21	5:07	17:52	4:30	18:28	3:53	19:06

### Mesiac

	Východ	Západ
1. 8.	14:08	23:58
6. 8.	18:21	2:55
11. 8.	20:55	8:17
16. 8.	23:48	14:14
21. 8.	4:03	18:38
26. 8.	9:52	20:59
31. 8.	14:45	23:55
5. 9.	18:01	3:48
10. 9.	20:27	9:41
15. 9.		15:10
20. 9.	5:19	18:06
25. 9.	10:44	20:28
30. 9.	14:52	

### Merkúr

	Východ	Západ
1. 8.	6:51	20:06
6. 8.	6:53	19:47
11. 8.	6:45	19:25
16. 8.	6:26	19:00
21. 8.	5:54	18:33
26. 8.	5:11	18:08
31. 8.	4:25	17:47
5. 9.	3:51	17:33
10. 9.	3:36	17:26
15. 9.	3:40	17:24
20. 9.	3:59	17:23
25. 9.	4:26	17:21
30. 9.	4:57	17:17

### Venuša

	Východ	Západ
1. 8.	1:11	16:55
6. 8.	1:16	17:01
11. 8.	1:22	17:05
16. 8.	1:30	17:09
21. 8.	1:39	17:10
26. 8.	1:50	17:10
31. 8.	2:01	17:09
5. 9.	2:13	17:07
10. 9.	2:26	17:03
15. 9.	2:39	16:59
20. 9.	2:53	16:53
25. 9.	3:06	16:47
30. 9.	3:20	16:40

### Mars

	Východ	Západ
1. 8.	4:03	19:18
6. 8.	4:01	19:06
11. 8.	3:59	18:54
16. 8.	3:58	18:42
21. 8.	3:56	18:30
26. 8.	3:54	18:18
31. 8.	3:52	18:05
5. 9.	3:50	17:52
10. 9.	3:48	17:39
15. 9.	3:46	17:26
20. 9.	3:44	17:13
25. 9.	3:41	16:59
30. 9.	3:39	16:45

### Jupiter

	Východ	Západ
1. 8.	10:26	21:41
6. 8.	10:10	21:22
11. 8.	9:55	21:04
16. 8.	9:39	20:45
21. 8.	9:24	20:27
26. 8.	9:09	20:09
31. 8.	8:54	19:52
5. 9.	8:40	19:34
10. 9.	8:25	19:16
15. 9.	8:11	18:58
20. 9.	7:57	18:40
25. 9.	7:43	18:23
30. 9.	7:29	18:05

### Saturn

	Východ	Západ
1. 8.	16:06	0:41
6. 8.	15:46	0:21
11. 8.	15:26	0:01
16. 8.	15:05	23:37
21. 8.	14:45	23:17
26. 8.	14:26	22:57
31. 8.	14:06	22:37
5. 9.	13:47	22:17
10. 9.	13:28	21:58
15. 9.	13:09	21:39
20. 9.	12:50	21:20
25. 9.	12:32	21:01
30. 9.	12:13	20:42

### Urán

	Východ	Západ
1. 8.	21:53	11:37
6. 8.	21:34	11:18
11. 8.	21:14	10:58
16. 8.	20:54	10:38
21. 8.	20:34	10:18
26. 8.	20:14	9:58
31. 8.	19:55	9:38
5. 9.	19:35	9:17
10. 9.	19:15	8:57
15. 9.	18:55	8:36
20. 9.	18:34	8:16
25. 9.	18:14	7:55
30. 9.	17:55	7:35

### Neptún

	Východ	Západ
1. 8.	20:28	7:32
6. 8.	20:09	7:12
11. 8.	19:49	6:51
16. 8.	19:29	6:31
21. 8.	19:09	6:10
26. 8.	18:49	5:50
31. 8.	18:29	5:30
5. 9.	18:09	5:09
10. 9.	17:50	4:49
15. 9.	17:30	4:28
20. 9.	17:10	4:08
25. 9.	16:49	3:48
30. 9.	16:29	3:28

Branislav Majerník

# Mesačné srdce

## O autorovi:

Branislav Majerník sa s poviedkou Mesačné srdce zúčastnil súťaže Martinus Cena Fantázie 2016, kde okrem hlavnej ceny bojoval aj o cenu za najlepšiu sci-fi poviedku. Tento rok túto podsúťaž, v rámci Martinus Ceny Fantázie, zastrešuje spoločnosť Eset. Vznikla tak Eset cena pre najlepšiu sci-fi poviedku, ktorá nahradila doterajšiu Cenu spoločnosti INTEL.

Branislav Majerník vystudoval teoretickú fyziku na MFF UK Bratislava a k sci-fi má veľmi blízko. Poskytuje mu totiž priestor na hľadanie odpovedí, otázok, identity, súvislostí, príčin, zmyslu a reflexií. V minulosti sa niekoľkokrát zúčastnil súťaže Ohnivé pero, ktorá prebieha na stránke slovenského fandomu. Literárnu tvorbu považuje za možnosť prežiť čosi imaginárne a vzdialené a zároveň si intenzívnejšie uvedomovať súčasnosť. LL

Malý Richard sústredene pozeral do nového zrkadlového ďalekohľadu, ktorý dostal od starkej k svojim deviatim narodeninám. Bol upevnený na statíve v záhrade starej mamy, poháňaným hodinovým strojom. Druhý mesiac Novej Zeme, terestriálnej planéty v súhvezdí Orla, vypĺňal pri tristo-násobnom zväčšení obraz Mora Zabudnutia s okrajom hlbokého kaňonu. Richard trpezlivo zaostril okulár. Večer bol napriek oslave tichý, fúkal jemný vietor. Miešal teplý vzduch a vône záhrady so slaným, studenším, od pobrežia.

„Babi, poď sa pozrieť! V tom mori na mesiaci je niečo nakreslené. Je to veľké srdce,“ zvolal smerom k narodeninovým hosťom.

Dospeli, sediaci okolo piknikového stola prestretého pod veľkou slivkou, sa ticho na seba pozreli. Starká s ťažkosťami vstala a podišla k ďalekohľadu. Krátko sa zahľadela cez okulár. Potom zdvihla hlavu a pozrela sa na mesiac v splne. Dlhú chvíľu nepovedala, len hľadala Richarda po vlasoch a potom mu venovala pohľad. Všimol si, že v očiach mala slzy.

„To na mesiaci nakreslil tvoj deda,“ ticho dodala.

\*\*\*

Richard Stonehenge bol vybraný ako astronaut, inžinier špecialista, na prieskumnú výpravu na povrch druhého mesiaca Novej Zeme. Od pristátia hviezdoletu uplynulo len pár rokov. Osadníci úspešne vybudovali prvé kolónie, ktoré sa takmer v ničom nelíšili od starých pozemských dedín. Nová Zem bola kópia tej starej. Výnimkou boli iba dva mesiace namiesto jedného. Prvý, väčší, s atmosférou a vzdialenejší, bol ľudskou nohou nedotknutý. Dva spojovacie raketoplány, ktoré mali kolonisti k dispozícii, nemali taký akčný rádius.

Richard Stonehenge smeroval k druhému mesiacu. Menšiemu a bližšiemu, ktorý sa podobal pozemskému. Mal moria a bol posiaty krátermi. A jeden veľký, hlboký kaňon po poludníku smerujúci od pólu k pólu na rozhraní Mora Zabudnutia a pohoria, ktoré ešte nestihli pomenovať.

Hlboký kaňon bol hlavným cieľom výpravy. Pred dvoma mesiacmi zaregistrovali signál neznámeho pôvodu práve z tohoto kaňonu. Ozval sa ešte dva razy a potom sa odmlčal. Kolóniu to mimoriadne znepokojilo. Prepokladali, že sú tu sami.

Najbližší pozemský hviezdolet mal naplánovaný prilet o dva pozemské roky.

Vedenie kolónie dlho zvažovalo ako sa zachovať. Nakoniec prevládol názor, že z bezpečnostných dôvodov bude potrebné obetovať limitované zásoby paliva spojovacích raketoplánov a vyslať výskumnú výpravu na druhý mesiac. Vybrali trojčlenú posádku, nostalgicky inšpirovaní starými časmi kozmonautiky Zeme a programom Apollo. Našli vhodné štartovacie okno. Raketoplán odštartoval a po troch dňoch letu rýchlou dvanástich kilometrov za sekundu sa dostal na orbitu druhého mesiaca.

Richard Stonehenge sa po prvý raz ocitol voči mŕtvemu svetu. Ako astronaut bol len na obývaných svetoch, alebo orbitálnych komplexoch. V pamäti sa mu vynorili staré zábery pionerských pristátí na pozemskom mesiaci. Situácia sa takmer zopakovala, aj keď teraz na orbite nemuseli zanechať žiaden krúžiaci modul.

Hladko pristáli asi desať kilometrov od hranice kaňona. Bolo treba prehľadať stopäťdesiat kilometrov jeho dĺžky.

K tomu mali pripravené vozidlo a jet-packy. Zariadenia s pevným raketovým palivom, ktoré bolo upravené na pomalé, ale dostatočne bohaté a bezpečné horenie. V šestinovej gravitácii umožňovala pomerne lacno sa nadnášať, čo sa pri zostupe alebo výstupe môže hodiť.

Richard sa chystal spolu s kolegom k výstupu. Stredisko na Novej Zemi ho pred dvoma hodinami potvrdilo. Tretí astronaut mal zostať v raketopláne ako spojka a zabezpečenie. Okno v kokpite raketoplánu zobrazovalo tieň veľkej hory, ktorý sa rozprestrel po kraji mesačného mora a vykrojil

z nej tvar v podobe sochy z Velkonočných ostrovov. Hranica bola ostrá, pretože svetlo nemalo čo rozptyľovať.

Na obzore bol prvý mesiac. Nová Zem sa medzičasom za obzorom stratila. Objaví sa až po tridsiatich ôsmich hodinách. Prvý mesiac visel na čiernom antracite oblohy. Dominovala na ňom azúrovo modrá atmosféra amoniaku a metánu. Len okolo rovníka ho obopínal pás fialkastej farby neznámej látky.

Vyzeral ako drahokam zasadený do obrúčky z purpurového zlata.

Na mesačnom povrchu si pripadal stratený. Rýchlo zaplašil pocity a sústredil sa na nakladanie mesačného vozidla. Skontrolovali široké, plné pneumatiky, náklad jet-packov, zásoby kyslíka.

Prešli ďalšie dve hodiny. Na cestu sa vydali po krátkom odpočinku, doplnení energií a dýchacích plynov v skafandroch.

Šoféroval kolega. Richard sa obzrel a zmocnila sa ho zlý pocit, keď sa mu strácal posledný bod, ktorý ho spájal s jeho novým domovom. Vrátil sa pohľadom k hore a stúpajúcemu valu pri okraji kaňonu.

Po pravej strane sa rozkladal plytký kráter po dávnom dopade meteoritu. Vozidlo sa naklápalo po jeho boku. Raketoplán zmizol za okrajom. Keď sa cesta stala príliš strmou, zosadli. Vytiahli jet-packy a odišli od vozidla. Úspešne naštartovali. Jet-packy chrľili cez dve úzke dýzy prudký tok plynu. Museli vystúpať, aby sa zbavili množstva prachu, ktorý štartom vytvorili. Riadenie bolo sprostredkované dvoma pákami po bokoch. Chvíľu trvalo kým vyladili ťah na vísenie nad povrchom. Potom v jemnom náklone zamierili nad kaňon.

Bol ako hlboká, keloidná jazva na koži. Na bokoch vystupovali ostré hrany čadičových vyvrelín. Zväzky šesťuholníkových prútov vybiehali vysoko nad úroveň okolitého terénu. Vďaka chýbajúcim atmosferickým javom nepodliehali erózii. Vytvárali bizarné útvary podobné vytřčajúcim zväzkom káblov.

Nadviazali vizuálny a hlasový kontakt s raketoplánom.

„Ideme na zostup, letová hladina mínus jeden,“ zahlásili. Prišlo potvrdenie z raketoplánu.

Jemným oblúkom zostúpili do kaňonu a dopredným letom klesali do malej výšky nad povrchom. Ich adrenalin mal opačnú tendenciu. Pridali na rýchlosti.

„Začínam si to užívať,“ zahlásil kolega a začal sa vzdalovať.

Richard chcel zaprotestovať, ale potom len mlčky pokračoval za ním.

„Blížime sa k cieľu, škoda, že nás kaňon tieni a nemáme kontakt s raketoplánom,“ zahlásil po dlhšej naháňačke a rádiovo klude.

Dno sa začínalo strácať a puklina zužovať. Spomalili, až zastali visieť nad hlbokou dierou na dne.

„Vidíš to,“ vzrušene kričal kolega do vysielacky.

Nemusel. Richard jasne videl pravidelný okraj diery, v ktorom sa jemne vinula fosforeskujúca závitnica.

„Toto nie je prirodzené, ale umelé! Pristaneme pri okraji!“

„Nie, musíme sa vrátiť a požiadať raketoplán o zabezpečovanie zhora. Nasnímaj to. Pošleme to domov,“ oponoval Richard.

„Netreba,“ ukázal rukavicou nad seba kolega. Hviezdy viditeľné z prítmnia kaňona zastrel tieň na oblohe s tvarom raketoplánu.

„Chlapi, čo sa stalo?“ zapraskal im v slúchadlách hlas tretieho kolegu.

„Prečo ste vyslali žiadosť o pomoc?“

Richard uvidel nechápavý výraz tváre za priezorom druhého kolegu.

Prv než stihol zareagovať, vyšľahol z diery pod nimi modrastý lúč a keby bolo počuť explóziu, zatrasla by údolím. Raketoplán nad nimi zanikol v podivnej žiare a rozpadol sa na kusy. Ešte stihol zazrieť ako kolegu jeden strhol do diery a potom ho niečo odhodilo na bok.

Padol asi desať metrov od okraja, medzi zbytky raketoplánu, ktoré sa spo-

malene znášali na dno a za okraje kaňonu. S hrôzou vykrikol. Okrem neho to však nikto nemohol počuť. A ani prežiť.

V šoku zmeravený zotrval v polosede neurčité doby, keď ho prebral informačný systém podpory života v skafandri. Zostával mu vzduch na hodinu, energia v klimatizačnom zariadení na tri.

„Musím vyslať správu z vozidla.“

Spomenul si aj na uložené flaše. Ťukol do páčky jet-packu. Fungoval. Opatrne sa vzdialil od diery a vzniesol. Vystúpil nad okraj a vizuálne zamieril k odparkovanému vozidlu na úpäť.

Keď pristál, zapojil nový zásobník kyslíka. Stav batérií bol vyhovujúci. Umožňoval byť pojazdný skoro tri dni. Starostlivo vyberanou cestou sa pomaly spúšťal k miestu prvého pristátia raketoplánu. Tajne dúfal, že tam bude. Podvedomie odmietalo uveriť, že nie.

\*\*\*

V polovici zostupu sa mu odhalilo pôvodné miesto pristátia. Prázdne. Prudšie zabrzdil a zhlboka sa nadýchol.

Pochopil, že pomoc nezavolá. Zásoby dýchacích plynov mal na dvanásť hodín. Nová Zem sa objaví v rádiovom dosahu za tridsať dva hodín podľa času na palubnom počítači lunárneho vozidla. Ak by sa s vozidlom skúsil dostať z rádiového tieňa, musel by sa vrátiť proti smeru otáčania mesiaca a prejsť vyše dve tisíc kilometrov už teraz. V doprednom smere to bolo šesť krát viac. Pri maximálnej rýchlosti vozidla tridsať päť kilometrov za hodinu a danej zásobe vzduchu sa mu ani to nepodarí.

A keby aj Nová Zem informáciu dostala, kto vie, či by sa kolónia rozhodla použiť ďalší raketoplán a zmenšiť strategické zásoby paliva v tak, už teraz, jasne rizikovej misii. Ak by sa aj rozhodla, nemal dost vzduchu.

Bolo mu jasné, že tu zomrie, nedokončí svoje životné dielo.

Druhý raz v zúfalstve vykrikol do mikrofónov skafandra. Jeho signál, možno sotva detegovateľný, dorazí len k povrchu prvého mesiaca.

Uvedomil si, že už neuvidí svoju tehotnú ženu. Keby jej tak mohol poslať aspoň nejaký odkaz. Na ničom inom teraz nezáleží. Odkaz, dielo, spojili sa mu slová.

Napol sily k poslednému nápadu, ktorý mu práve vykličil v mysli.

Z nakloneného vozidla na svahu videl pred sebou takmer rovnú planinu Mora Zabudnutia.

„Už to nebude viac Mora Zabudnutia. Nikto tu na to nezabudne,“ vzpružoval sa.

Zobrazil mapu povrchu mesiaca v stereografickej mriežke na monitori palubného počítača. Zväčšil oblasť na ktorej sa nachádzal. Potom vytiahol dotykové pero, ktoré sa dalo v rukavičkách skafandra pohodlne používať. Nakreslil ním v dostatočnej vzdialenosti od nebezpečného kaňonu, v akčnom rádiuse vozidla, veľké srdce. Zložil všetky flaše s kyslíkom. Energia na tri dni by mala stačiť. Naprogramoval počítač, aby v začiatku dráhy srdca sklopil metrovú parabolu zavesenú na dlhom teleskopickom ramene na úroveň kolies. Vytvorí tak akési pluhové zariadenie, ktoré zvýrazní stopu vozidla v mesačnom prachu.

Zapol autopilota. Vozidlo sa pomaly pohlo z kopca a smerovalo do vzdialenosti pätnásť kilometrov od uhladeného okraja Mora Zabudnutia. Nenasadol naň. Chcel sa zhora pozrieť na dielo, ktoré sa rozhodol vybudovať ako svoj odkaz manželke a ešte nenarodenému potomkovi. Ak to bude chlapec, ponesie jeho meno. A meno jeho deda, pradeda. Dlhé tradície v rodine Stonehenge.

Stonehenge. Ako ten pradávny relikv na starej Zemi, ktorý pretrval doteraz.

V pôvode svojej existencie možno podobný odkaz milovaným osobám. Ako bude ten jeho.

Za polhodinu lunochod dorazil do počiatku svojej budúcej kresby. Zložil improvizovanú radlicu z parabolickej antény a začal svoju orbu. Stopa, ktorú zanechá, by mala pozostávať z postupnej precesie čiar. Aby sa vytvorila jej dostatočná hrúbka, viditeľná z Novej Zeme.

O šesť hodín bola vytvorená prvá uzavretá línia celého srdca.

Richard spokojný s jeho tvarom, ktorý z vyvýšeniny pohodlne obsiahol, začal zostupovať. Zostávalo mu približne šesť hodín života. Za ten čas sa musí presunúť do centra srdca. Cesta ubíhala bolestne. Zadychoval sa a potkynal. Najviac bolela myšlienka, že už svojich nikdy neuvidí. Zomrie opustený. V srdci, ktoré venoval svojej žene.

Za päť hodín sa presunul na plánované miesto. V diaľke videl svoje vozidlo, ako poslušne pokračuje v naprogramovanej ceste. Na smrť unavený si pomaly ľahol do mesačného prachu a rozťahal ruky do tvaru kríža. Nad ním v absolútnom tichu svietili hviezdy a prvý mesiac nemo osvetľoval azúrovo-purpurovým svitom scénu, kde sa láska snažila prekonať smrť.

## Hvezdáreň a planetárium Medzev oslavuje dvadsať rokov

V roku 1997 bola do užívania odovzdaná budova hvezdárne na Štóskej ulici č. 174 v Medzeve, kde sídli hvezdáreň až dodnes. Slávnostne si toto malé výročie chceme pripomenúť 8. 7. 2017 počas Dňa otvorených dverí.

História astronómie v Medzeve siaha do 70. rokov minulého storočia. Najprv Kabinet astronómie pôsobil v priestoroch „starej školy“ na Mariánskom námestí, a až v roku 1997 sa pracovníci hvezdárne presťahovali do novej budovy.

1. 1. 2009 sa hvezdáreň stala súčasťou Kultúrneho centra Údolía Bodvy a Rudohoria, čím stratilo právnu subjektivitu. Od 29. 8. 2013 je v prevádzke malé planetárium, ktoré má kapacitu 20 miest. V súčasnosti je naša hvezdáreň a planetárium jediné zariadenie svojho druhu v okrese Košice-okolie.

V roku 2016 hvezdáreň a planetárium Medzev privítala 5024 návštevníkov z 30 krajín sveta.

Ponúkame prednášky, prezentácie, výstavy, priame pozorovanie oblohy, poriadame Dni otvorených dverí, sťažuje, astronomické detské tvorivé dielne, otvorené hodiny fyziky a iných prírodných vied. Máme Planetárny park a odbornú knižnicu. Zapájame sa do európskych a celosvetových aktivít: Dni planetárií, Dni letectva a kozmonautiky, Týždeň kozmonautiky, Európska noc výskumníkov. Z niektorých podujatí sme robili aj on-line prenosy.

Na pozvanie chodíme počas Dní obcí do škôl s prenosnými ďalekohľadmi, a ponúkame možnosť vidieť oblohu aj záujemcom, ktorí k nám prísť nemôžu.

Sme príjemcami kultúrnych poukazov. Viac o našej činnosti sa dozviete na [www.kcubar.sk](http://www.kcubar.sk).

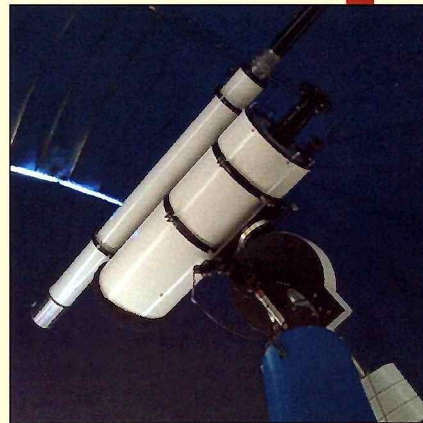
Za prvý polrok 2017 sa nám podarilo uskutočniť viacero podujatí: Svetový deň hvezdárni a planetárií, Deň kozmonautiky a letectva, Besedu a prednášku s pánom Jakobom Kapušom. Veda hrou – keď experiment prekvapí (v spolupráci s RCM Ko-

šice), odbornú súťaž *Čo vieš o hviezdach?* Získali sme financie z Fondu na podporu umenia k dvom projektom: *Vesmír očami detí XXXII.* a *Staň sa ilustrátorom VI.* a z Úradu vlády SR príspevok na projekt *Spoznajme sa a učme sa hrou II.* Ďakujeme, bez tejto pomoci by sme aktivity nevedeli urobiť v takom rozsahu a kvalite.

Návštevy u nás je vhodné si vopred dohodnúť.

Kontakt: Hvezdáreň a planetárium Medzev, Štóska 174, 044 25 Medzev, 0917 178 276.

### Pracovníci hvezdárne a planetária Medzev



Budova a ďalekohľad hvezdárne v Medzeve.

## ASTROOBCHOD.sk

Pohlédněte do hlubin vesmíru  
vlastním dalekohledem!



## ASTROOBCHOD.cz

## Mesačik s čelenkou



Najnovšie snímky mesačika Pan sú zo sondy Cassini, ktorú vedci nasmerovali na jej poslednú púť medzi Saturnove prstence. Najviac na nich upúta čudesný útvar, ktorý sa vinie okolo rovníka. Pri istom pohľade (snímka vpravo) sa zdá, že mesiac má akýsi pokrčený klobúk. Tvoria ho nánosy jemnulinkých častíc ľadu zo Saturnovho prstencu A, ktoré aj slabá gravitácia mesačika dokáže polapiť a stiahnuť na jeho povrch.

Ľadový prach, či skôr púder, sa pomaly vznáša na povrch mesačika a ukladá sa na ňom v relatívne úzkom páse už celé milióny rokov.

Prstence Saturna sú pomerne tenké (s hrúbkou 10 až 100 metrov), takže sa všetky častičky pohybujú v jednej rovine. Preto sa môžu ukladať iba v oblastiach okolo rovníka.

Naukladaný ľadový prach (premiešaný s nevelkým množstvom iných látok) sa miestami vypína do výšky niekoľko kilometrov nad povrch mesačika. Čo drží tento čudesný ľadový val pohromade? Stopy po veľkých zosuvoch, či lavínach na snímkach nevidíme. Vidíme však, že „pohorie“ sa nezospalo ani po dopade viacerých malých asteroidov. Keby valy prachu boli nesúdržné, sypké, impaktné krátery by po

dopadoch asteroidov nevznikali, lebo kolídajúce telesá by sa do nich vnorili.

Väčšinu hmoty mesačika tvorí tvrdý vodný ľad. Najlepšie snímky, s rozlíšením 150 m na pixel, exponovala sonda Cassini zo vzdialenosti 25 000 km. Mesačik Pan (priemer 35 km) objavil v roku 1990 americký planetológ Mark A. Showalter. Nie pomocou ďalekohľadu, ale na archívnych snímkach zo sond Voyager 1 a 2, ktoré obleteli Saturn v rokoch 1980 a 1981.

Pan krúži okolo Saturna v systéme prstencov. Presnejšie v Enckeho medzere prstencu A, ktorý je spomedzi jasných prstencov Pána prsteňov najvzdialenejší. Medzera má šírku 325 kilometrov. Medzeru vytvorila gravitácia mesiaca, ktorá pôsobí ako dokonalý kozmický upratovač.

Na hlavnom, guľatom povrchu mesačika vidíme niekoľko puklín, ktoré sa ťahajú rozličnými smermi. Očividne ide o dôsledky početných kolízií s inými telesami.

Je div, že Pan sa až doteraz udržal pohromade.

NASA Press Release  
E. G.