

# KOZMOS

2010  
ROČNÍK XLI.  
1,49 €

4



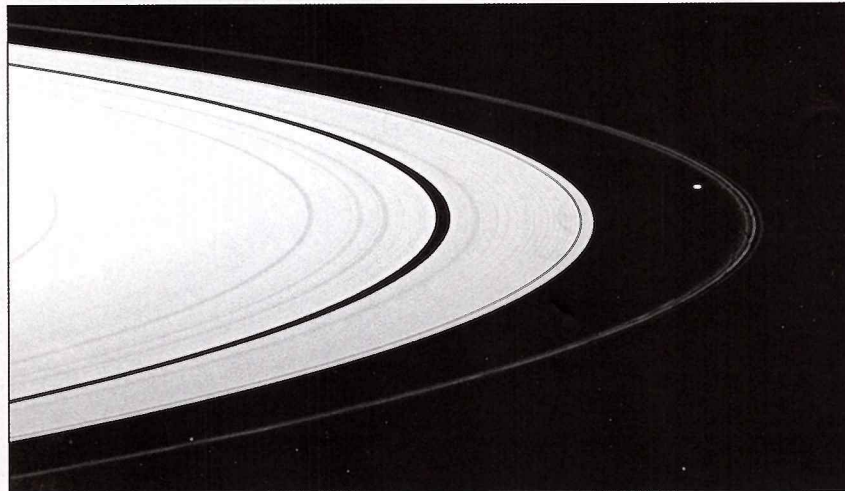
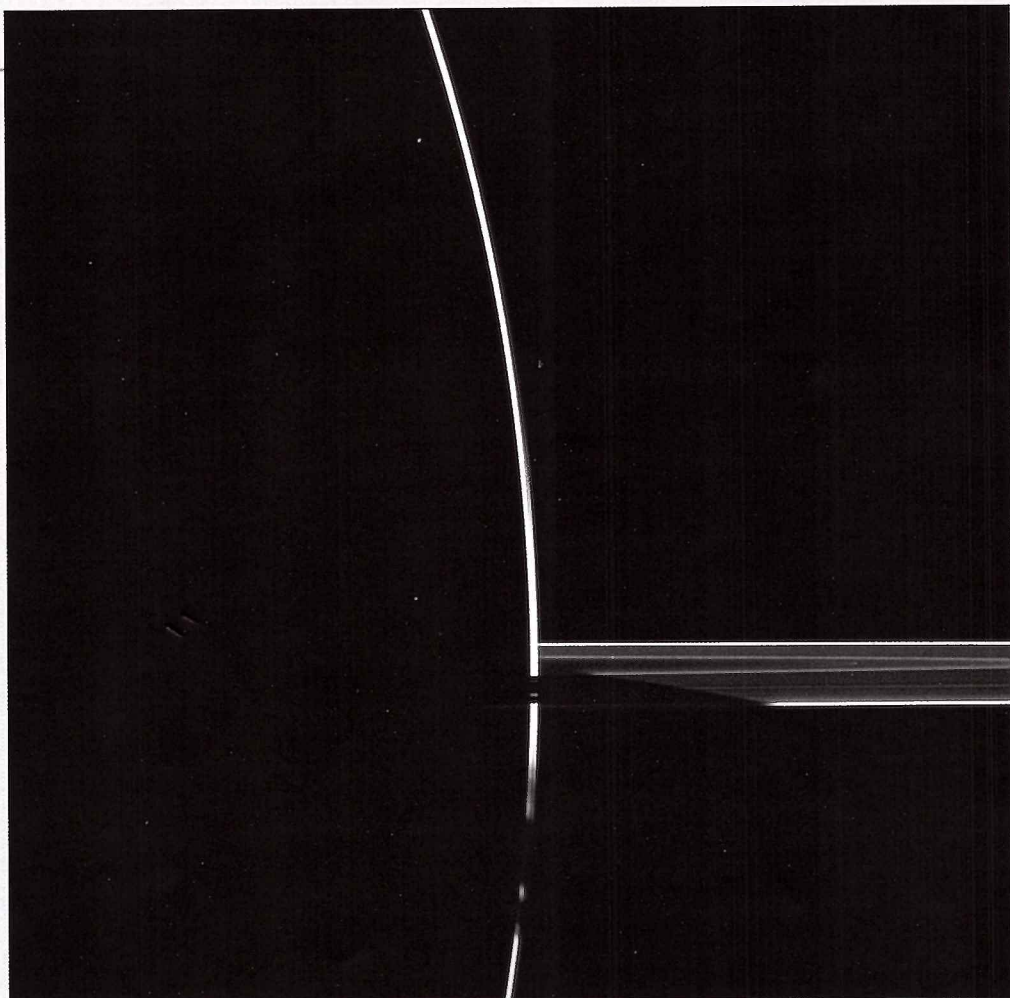
- Celoštátny slnečný seminár
- Filmové štúdio SDO
- Je Slnko výnimočná hviezda?
- Chondrity z Thorsbergu
- Slovenský meteorit Košice
- Najhorúcejšie oblasti vesmíru

# Nové snímky z kráľovstva prsteňov

Počas posledného roku získala sonda Cassini, krúžiaca okolo Saturna, tisíce fotografií. Dnes uverejňujeme niekoľko z tých, ktoré sa dostali do užšieho výberu pre veľkú, reprezentatívnu publikáciu.

## Cassini nad nočnou stranou Saturna →

Slnko spoza Saturna presvecuje najvrchnejšiu časť jeho atmosféry a do istej miery osvetľuje aj časť jeho prstencov. Tieň obrej planéty prekrýva do istej miery aj Saturnove prstence, (vpravo v strede). Tieň prstenca B zo strany privrátenej k Slnku zatienňuje čiastočne oblúk Saturnovho limbu. Sonda Cassini exponovala túto dramatickú snímku počas preletu nad nočnou stranou Saturna 13. februára 2010 zo vzdialenosti 373 000 kilometrov. Rozlíšenie 19 km na pixel.

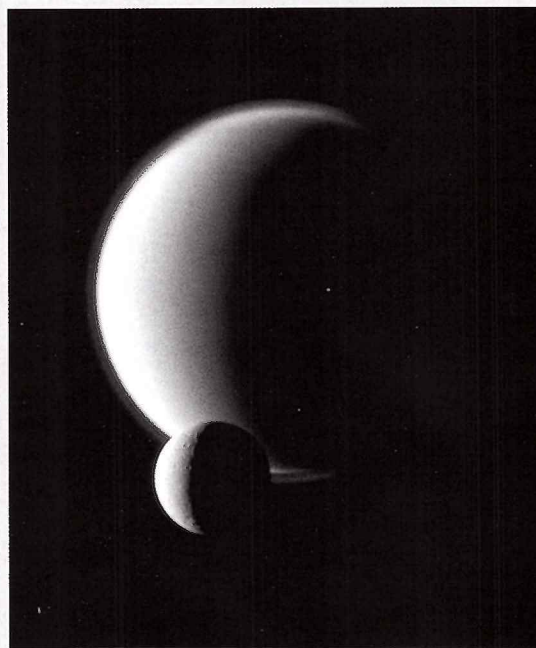


## Prometheus medzi prstencami ↑

Saturnov prstenec A je v porovnaní s prstencom F, ktorý „pasie“ malý mesiac Prometheus neobyčajne jasný. Prometheus, s priemerom 86 kilometrov, periodicky mení prúdy zniek v prstenci, čo sa najzreteľnejšie prejavuje na jeho vonkajšom okraji. Cassini exponovala snímku zo vzdialenosti 322 000 kilometrov od Promethea. Rozlíšenie 19 km na pixel.

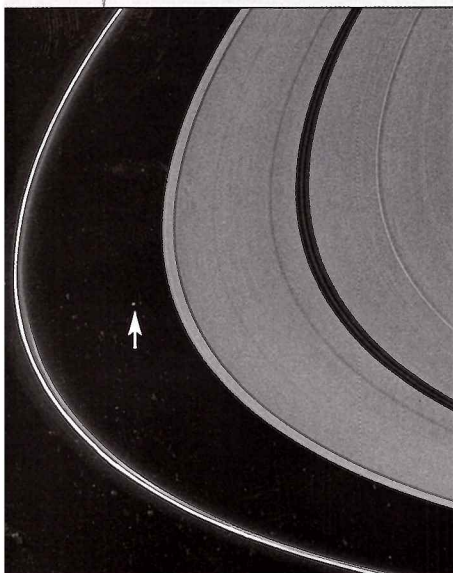
## ← Atlas: stratený medzi hviezdami

Saturnov mesiačik Atlas má priemer 30 kilometrov. Okolo planéty krúži v Rocheho medzere medzi prstencami A a F (označený šípku). Sonda exponovala snímku zo vzdialenosti 2,3 milióna kilometrov. Rozlíšenie: 14 km na pixel.



## Dione a Titan

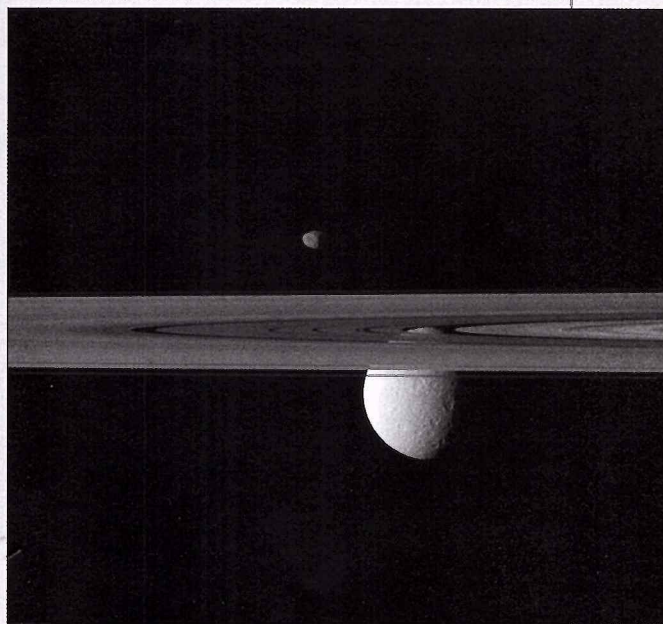
Mesiac Dione (priemer 1123 km) a Titan (priemer 5150 km) vo chvíli, keď sa z pohľadu sondy Cassini ocitli v čiastočnom zákryte. Dione má spomedzi všetkých mesiacov Saturna najvyššiu hustotu, 1,4g/cm<sup>2</sup>. Oproti ostatným, ľadovým mesiacom obsahuje najviac pevných hornín. Sonda exponovala snímky zo vzdialenosti 2,2 miliónov kilometrov od Dione a 3,6 milióna kilometrov od Titanu. Pri Dione je rozlíšenie 13 km na pixel, pri Titane 21 km na pixel.





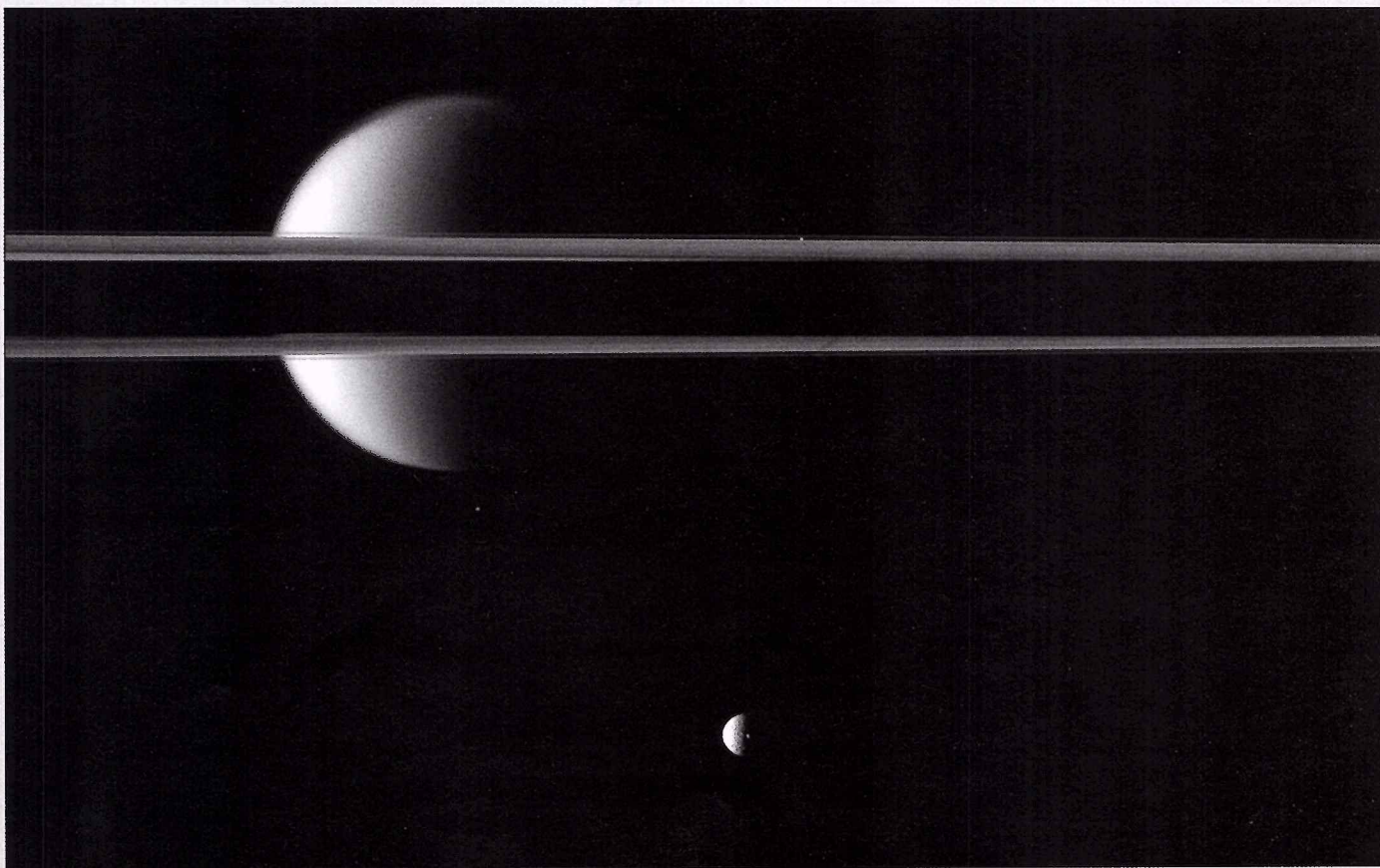
### Rhea a Epimetheus

Sonda exponovala oba mesiace na pozadí Saturna vo chvíli, keď sa, každý na svojej dráhe „míňali“: Rhea zo vzdialenosti 1,2 milióna, Epimetheus zo vzdialenosti 1,6 milióna kilometrov. Rhea má priemer 1528 kilometrov, Epimetheus 113 kilometrov. Povrch Rhey je husto posiaty krátermi, medzi ktorými sú pozdĺžne, biele pláne, väčšinou okolo trhlín. Pláne podľa všetkého pokrýva srieň z vodných pár unikajúcich trhlinami zvnútra mesiaca.



### Rhea a Janus

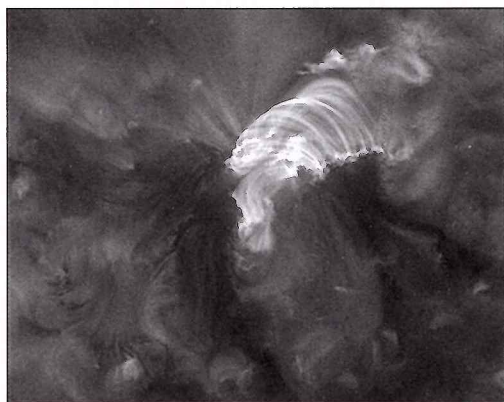
Malý mesiac Janus (priemer 179 km) sa zdanlivo pohybuje nad Saturnovými prstencami, ale v skutočnosti sa nachádza za nimi, vo vzdialenosti 1,1 milióna kilometrov od sondy. Druhý najväčší mesiac Saturnovej rodiny, Rhea (priemer 1528 km), bol v momente expozície v ešte väčšej vzdialenosti, 1,6 milióna kilometrov. Prstenec Rheu čiastočne prekrýva.



### Titan rozpolený prstencom Saturna

Na snímke vidíme tri mesiace Saturna. Najväčší Titan (priemer 5150 km) je v polovici prekrytý prstencom. Vpravo dole je mesiac Mimas (priemer 396 km). Mesičik Atlas, možno iba s lupou, rozlíšite nad prstencom F.

## Obálka



Posterupčné slučky, ktoré pozorovalo SDO/AIA v čiare 19,3 nm 17. mája 2010.

(K článku Milana Rybanského *SDO – filmové štúdio*, kde hlavnú úlohu hrá Slnko na str. 28 – 31)

## Aktuality

- 2. ob. Nové snímky z kráľovstva prsteňov (+1. str)
- 3. ob. Mapy povrchu Dione
- 3 Záhada Jupiterových mesiacov; Prometheus obalený prachom
- 4 Voda v diskoch mladých hviezd
- 5 Prvé priame spektrum z exoplanéty; ALMA: revolučný prístroj astronómie
- 6 Prvá snímka tmavého spolupútnika hviezdy Epsilon Aurigae; Zvácný úlovok satelitu CoRoT
- 7 Lovci čiernych dier s novým rekordom; Ako čierne diery konzumujú hviezdy
- 8 Orión v infračervenom svetle
- 12 Tmavá hmota vo vzdialených galaxiách
- 13 Zvláštny objekt v galaxii M82
- 20 Klúč k predpovediam vzplanutí na Slnku?

## Rubriky

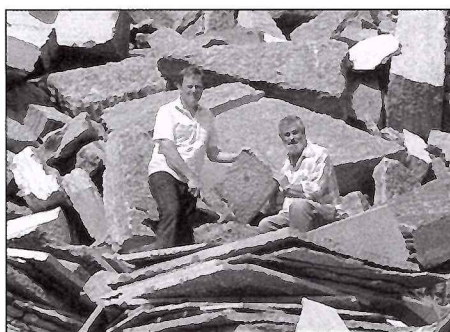
- ALBUM POZOROVATEĽA
- 26 Pozorovanie na diaľku – nová možnosť pre astrofotografy i lovcov planétok / Štefan Kürti  
PODUJATIA
- 27 Asteroid Štiavnica – pamätník  
Ulrike Babiakovej / Pavol Rapavý
- 40 Star Party 2010 – meteory.sk / Ján Horňák  
POZORUJTE S NAMI
- 36 Obloha v kalendári / Pavol Rapavý
- 39 Kalendár úkazov a výročí  
(august – september 2010) / Pavol Rapavý  
SLNEČNÁ AKTIVITA
- 40 Slnčná aktivita (apríl – máj 2009)  
/ Milan Rybanský

## Rôzne

- KOZMONAUTIKA
- 28 IKAROS napnul plachty smerom k Venuši  
/ Tomáš Příbyl
- NOVÉ KNIHY
- 28 Hviezdny tulák / Milan Rybanský

## Témy čísla

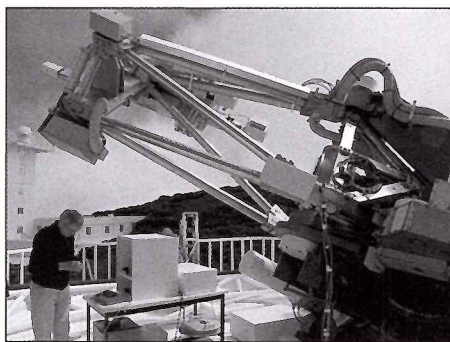
- 9 Kopy galaxií, najhorúcejšie oblasti vesmíru / Hans Böhringer
- 14 Chondrity z Thorsbergu



- 16 Slovenský meteorit Košice  
/ Ján Svoreň, Juraj Tóth



- 17 Je Slnko výnimočná hviezda?
- 21 Moderné slnečné ďalekohľady na Kanárskych ostrovoch a v USA  
/ Ivan Dorotovič



- 24 20. celoštátny slnečný seminár Papradno  
/ Július Koza



- 29 SDO – filmové štúdio, kde hlavnú úlohu hrá Slnko / Milan Rybanský
- 32 Prvý meteorit pozorovaný v kozmickom priestore / Ján Svoreň
- 33 Quo vadis, americká kosmonautiko?  
/ Tomáš Příbyl

# KOZMOS

## Populárno-vedecký astronomický časopis

Vydáva: Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum.  
Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hviezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87.

Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Ing. Teodor Pintér.

Redakcia: Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklorová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka.  
Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail kozmos@nexta.sk

Redakčný kruh: doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochoľ, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Leonard Korňoš, PhD, doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD, RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc.

Predsedá redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc.  
Tlač: Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava.  
Vychádza: 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciamy.  
Cena jedného čísla 1,49 €. Pre abonentov ročne 7,97 € vrátane poštovného.

Objednávky na predplatné prijíma každá pošta a doručovateľ Slovenskej pošty. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlaču, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: zahranična.tlac@slposta.sk.

Predplatitelia: V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. EV 3166/09

Zadané do tlače 10. 7. 2010

ISSN 0323 – 049X

# Záhada Jupiterových mesiacov

Ganymedes a Callisto, dva zo štvorice veľkých mesiacov Jupitera, sú dvojčikami. Sformovali sa v rovnakom čase, majú podobné zloženie, veľkosť, ale vizuálne sa odlišujú. Z údajov sond Voyager a Galileo vyplýva, že ani ich vnútra sa nepodobajú. Prečo? Nad tým si planetológovia lámu hlavy už vyše tridsať rokov.

Najnovšia štúdia túto záhadu objasňuje.

Posledné ťažké bombardovanie asteroidmi pred 3,8 miliardami rokov Callisto pomerne ušetrilo. O to horšie dopadol Ganymedes: 5200 veľkých impaktorov, asteroidov, komét a planetezimál spôsobili, že sa jeho hmota dôkladne a do veľkej hĺbky pretavila. Po preformovaní (aj preto, že ho zasiahlo ďalších 2000 impaktorov), chladol iba pomaly. Vedci zo Southwest Research Institute tento proces popisujú takto: „Pevné horniny Ganymeda klesli do jeho jadra tak ako kus čokolády v pohári roztopenej zmrzliny. Callisto zasiahlo oveľa menej (asi 2600) a oveľa menších impaktov, takže mesiac sa pretavil iba čiastočne.“

Vedci vyhotovili model, ktorý znázorňuje, ako silná gravitácia Jupitera priťahla pred 3,8 miliardami rokov impaktory ku Ganymedovi a Callisto. Každý impakt zmiešal horniny povrchu s ľadom. Dôsledok: na povrchu sa vytvorila vrstva vody, roztavené horniny klesli do jadra mesiacov.

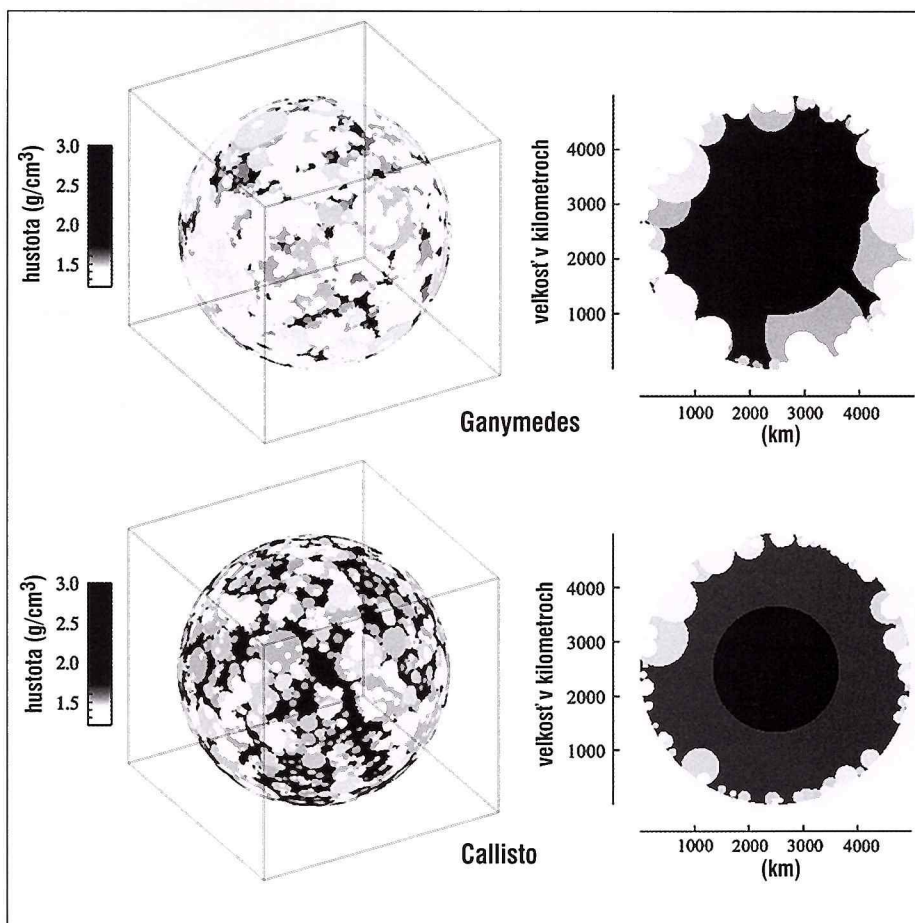
Ganymedes obieha kolo Jupitera po bližšej obežnej dráhe ako Callisto, takže ho zasiahlo už počas prvej fázy bombardovania dvakrát toľko impaktorov. Navyše: impaktory, ktoré zasiahli Ganymeda, mali vyššiu priemernú rýchlosť, takže procesy preformovania mesiacov prebiehali podľa odlišných scénárov.

Planetológovia vedia, že Ganymedes a Callis-

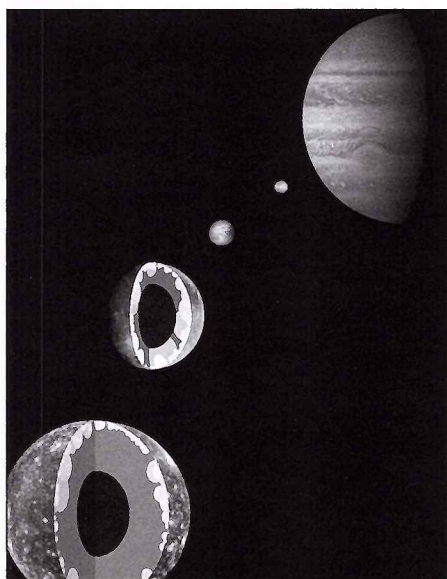
to sa sformovali v tom istom čase. V oboch mesiacoch sa zachovali dôkazy o ranom vývoji Slnecnej sústavy. Odpoveď na otázku, prečo sa časom premenili na také rozdielne telesá, je jedným z klasických problémov porovnávacej planetológie, vedy, ktorá skúma, prečo niektoré objekty Slnecnej sústavy, hoci majú podobné fyzikálne vlastnosti, sa tak radikálne odlišujú.

Štúdia vedcov zo Southwest Research Institute vysvetľuje aj vzťah medzi evolúciou Jupiterových mesiacov a migráciou vonkajších planét Slnecnej sústavy. Do istej miery podporuje aj teóriu sformovania sa Mesiaca po zrážke Zeme s veľkým impaktorom.

Southwest Research Institute Press Release  
a časopis Natur Geoscience



Zloženie mesiacov Ganymeda a Callisto. (Horný pás Ganymedes; dolný pás Callisto). Vľavo je zviditeľnená hustota na povrchu ako funkcia šírky a dĺžky. Vpravo môžeme porovnať rozloženie materiálu v priereze oboch mesiacov. Čierna farba reprezentuje čistú skalu uprostred jadra. Sivá zmes ľadu a hornín, biela čistý ľad. Všimnite si, že jadro Ganymeda je podstatne väčšie ako jadro Callisto.



Jupiter (vpravo) a Galileove mesiace (Io, Europa, Ganymedes a Callisto). V priereze vidíte vnútro Ganymeda a Callisto preformované po dopade mnohých ľadových planetezimál počas veľkého bombardovania pred 3,8 miliardami rokov. Rozličné odtiene znázorňujú hustotu. Tmavý odtieň jadro z hornín (hustota 3 g/cm<sup>3</sup>); sivý odtieň zmes ľadu a hornín (hustoty od 1,8 až 1,9 g/cm<sup>3</sup>); biele plochy zviditeľňujú čistý ľad bez prímiesí.

## Prometheus obalený prachom

Sonda Cassini, ktorá krúži v Saturnovom kráľovstve už šesť rokov, obletela a fotografovala skoro všetky z jeho 61 mesiacov a mesačikov. Každý je iný. Mesiac Prometheus s priemerom 119 kilometrov pokrýva hrubý koberec prachu zo Saturnovho prstena F. Prometheus na premenlivej dráhe sa pohybuje v ňom i mimo neho. Na snímke Promethea s doteraz najvyšším rozlíšením vidíte impaktné krátery, ktoré sú takmer po okraj naplnené prachom.

Ešte pred prístátím prvých sond na Mesiaci sa vedci nazdávali, že prachom sú naplnené aj mesačné „moria“ a krátery. Prach pokrýva aj povrch Mesiaca, ale jeho vrstva nepresahuje niekoľko centimetrov či decimetrov. Prachové moria na Prometheu sú podstatne hlbšie.

Cassini Press Release



Saturnov mesiac Prometheus v doteraz najvyššom rozlíšení.

# Voda v diskoch mladých hviezd

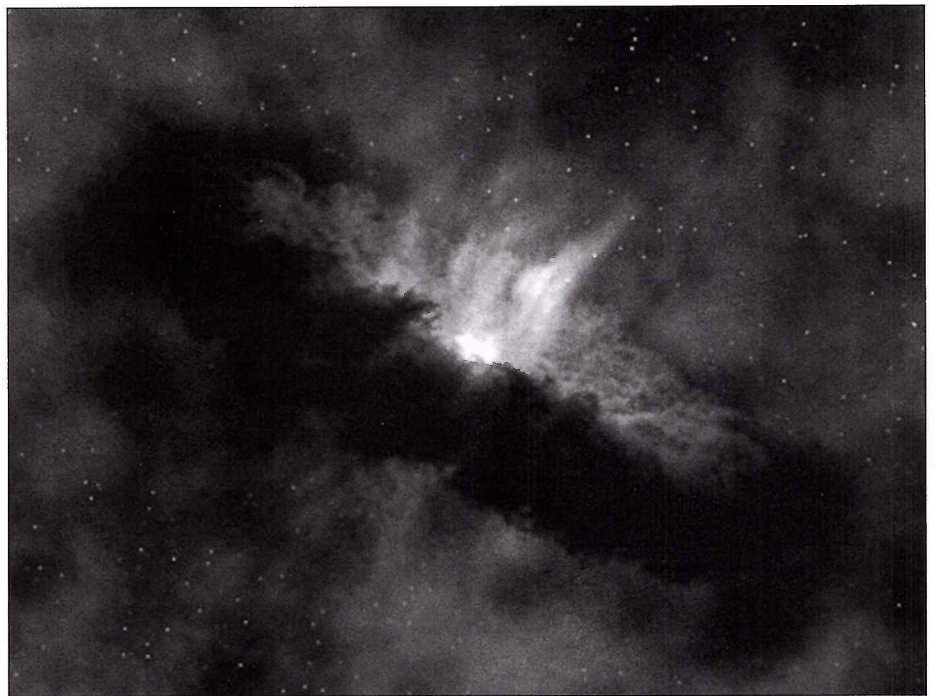
Mladá Slnčná sústava bola zhlukom molekúl. Iba na málo miestach nebola vystavená tvrdému ultrafialovému žiareniu zo Slnka. Podľa najnovších teoretických modelov stala sa vodná para štítom, ktorý chránil molekuly vo vnútri disku, kde sa formovali planéty.

Vďaka vodnej pare v diskoch sa zachovala voda, z ktorej sa neskôr vytvorili oceány na Zemi. Vďaka vodnej pare vznikli na Zemi (ale možno aj na iných telesách) podmienky, v ktorých mohol vzniknúť a vyvíjať sa život. Vodná para, podobne ako ozónová vrstva, je mimoriadne účinným štítom, pod ktorým nerušene prebiehajú biochemické reakcie.

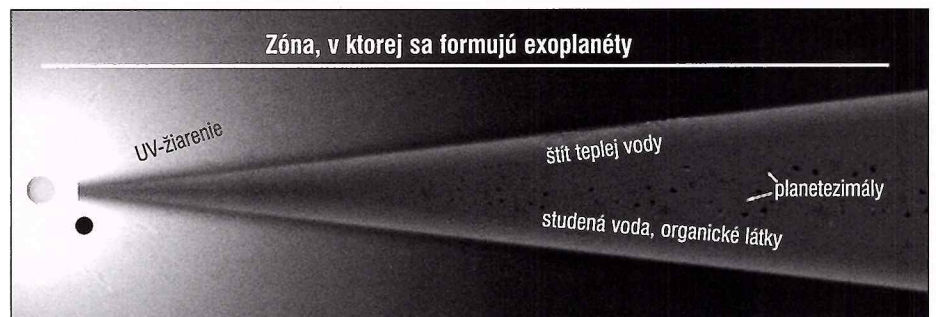
Ted Bergin z Michiganskej univerzity prepočítal, ako dlho a v akom množstve sa môže uchovávať voda vo vnútorných oblastiach mladých planetárnych sústav. Výsledok je ohromujúci: voda, ktorá sa fotochemicky nerozpadla pod účinkom UV-žiarenia, by vyplnila niekoľko tisícok pozemských oceánov!!!

Keď sa hviezda rodí v prehustenom, kolabujúcom mračne prachu a plynu, časť materiálu sa sformuje do disku, ktorý okolo nej obieha. V pôvodnom mračne sa vyskytuje veľa molekúl. Vo chvíli, keď hviezda vzplanie, žiarenie ich začína rozkladať. Molekuly sú krehké. Ultrafialové žiarenie ich deštruuje.

Ultrafialové fotóny nabúrajú molekuly vody ( $H_2O$ ), oddelia z nich dva atómy vodíka. Oстане jednoduchý atóm kyslíka. V dôsledku toho by sa okolo mladých hviezd malo vyskytovať iba isté,



Ilustrácia znázorňuje prachoplynový disk v obale vodnej pary, ktorá chráni molekuly v disku pred rozpadom, spôsobeným UV-žiarením.



Prierez prachoplynového disku, krúžiaceho okolo mladej hviezdy. Podobne, ako ozónová vrstva chráni život na Zemi pred žiarením z kozmu, štít vodnej pary chráni zónu, v ktorej sa formujú planéty, pred ničivým pôsobením ultrafialového žiarenia.

limitované množstvo molekúl vody. A tu zrazu pozorovatelia ohlásili obrovské kvantá molekúl vody a OH-radikálov vo vnútorných oblastiach diskov. Zatiaľ iba pri niektorých hviezdach.

Podľa prvých vysvetlení túto „nadbytočnú vodu“ priviezli do diskov kométy. Ukázalo sa, že táto hypotéza stojí na tenkom ľade.

Berginov tím zistil, že vodná para vo vnútornom disku je dostatočne hustá, takže sa dokáže rovnako rýchle obnovovať ako ju UV-žiarenie rozkladá. Vedci vypracovali modely pre hviezdy s rozličnou svietivosťou a disky s rozličnými teplotami. Ukázalo sa, že vrstvy vody, ktoré obaľujú disk, dokážu žiarenie absorbovať. Tam, kde sa tento vodný štít udrží, môžu pod ním prebiehať aj zložitejšie chemické reakcie. Tento objav najlepšie vysvetľuje fakt, že aj v najstarších meteoritoch nachádzame organické materiály, potrebné na vznik života.

Ako sme už spomenuli, voda v diskoch by naplnila tisíce oceánov.

Kam sa táto voda podeje, keď hviezda zostarne a sformujú sa planéty? Zdá sa, že do vzdialenosti 1 AU od hviezdy žiarenie vodu po istom čase rozloží.

Vo vzdialenosti 3 AU (tam, kde krúžia telesá

pásu asteroidov) nízke teploty umožňujú kondenzáciu vody, ktorá sa v podobe ľadových zrní ukladá v disku. Nie je to iba teória: astronómovia v posledných rokoch objavili niekoľko asteroidov, ktoré sa čo do zloženia podobajú kométam, ale krúžia okolo Slnka v páse asteroidov.

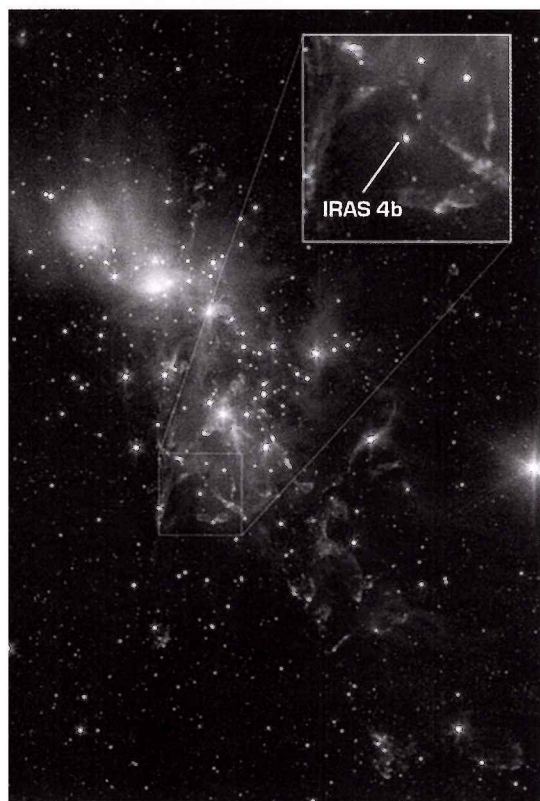
Boli to práve ľadové asteroidy, ktoré dopravili na Zem vodu? Asi áno, pretože voda v oceánoch Zeme obsahuje vysoký podiel deutéria oproti vodíku, čo je dôkazom, že sa voda sformovala v chladnejších oblastiach našej Slnčnej sústavy.

Takže je celkom možné, že časť vody, ktorú pijeme, vznikla už pred 4 miliardami rokov.

Nie všetci túto teóriu odobrujú. Skeptici tvrdia, že pozemská voda vznikla v neskoršom štádiu formovania Slnčnej sústavy. Podľa nich sa terestrické planéty sformovali z hrudiek pevného materiálu. Iba na takomto povrchu sa neskôr mohla skondenzovať voda.

Tak, alebo onak, objav vody vo vnútorných oblastiach diskov pomôže upresniť naše predstavy o formovaní planét v prachoplynových diskoch, obklopujúcich mladá hviezdy.

University of Michigan Press Release



Vodnú paru detegoval Spitzerov vesmírny ďalekohľad v okolí mladej hviezdy NGC 1333-IRAS 4B.

## Prvé priame spektrum z exoplanéty

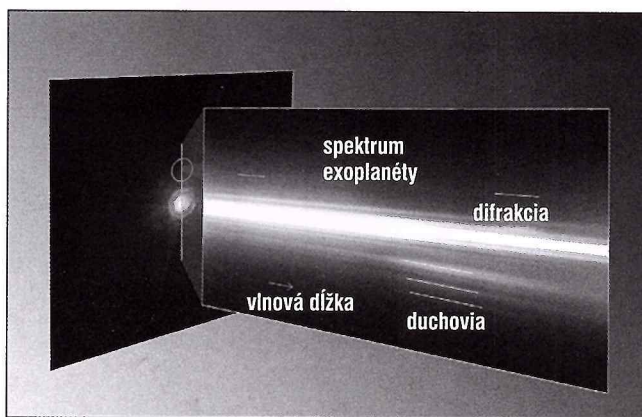
Spektrum planéty je čosi ako odtlačok prsta. Dajú sa z neho vyčítať kľúčové informácie o chemických prvkoch v atmosfére. Bez takýchto údajov možno o formovaní a vývoji planét iba špekulovať.

Počas študovania planetárneho systému veľmi mladej, jasnej hviezdy HR 8799, ktorá vo väčšej mierke pripomína našu Slnčnú sústavu, získali vedci z medzinárodného tímu prvé priame spektrum exoplanéty. Jednej z troch, ktoré krúžia okolo HR 8799, vzdialenej 130 svetelných rokov. Hviezda má 1,5 hmotnosti Slnka.

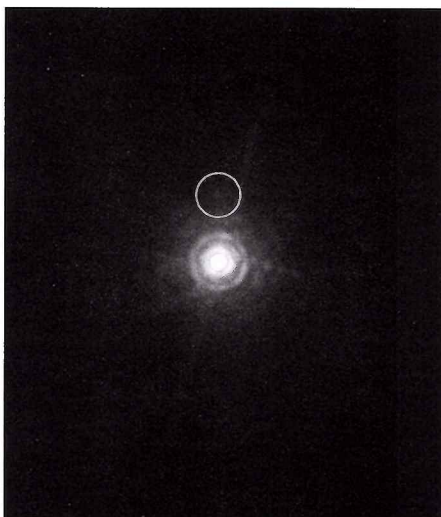
Tri obrie planéty, s hmotnosťami  $7J_1$  až  $10J_1$ , objavil iný tím už v roku 2008. Plynoví obri krúžia okolo materskej hviezdy po obežných dráhach 20 až 70-krát vzdialenejších ako obežná dráha Zeme od Slnka. V systéme objavili aj dva pásy malých objektov, pripomínajúcich pás asteroidov a Kuiperov pás v Slnčnej sústave.

Vedcov zaujala najmä stredná planéta, desaťkrát hmotnejšia ako Jupiter, s povrchovou teplotou  $800^\circ\text{C}$ . Expozícia trvala viac ako 5 hodín, pričom vedci dokázali izolovať spektrum planéty zo svetla materskej hviezdy.

Ide o prvé spektrum exoplanéty, obiehajúcej normálnu, Slnku podobnú hviezdu, navyše získané pomocou pozemského ďalekohľadu. Doteraz získané spektrum získali vedci (porovnaním svetla pred zákrytom a po ňom) pomocou vesmírneho ďalekohľadu počas „exoplanetárneho zákrytu“, v čase, keď bola exoplanéta za hviezdou. Túto metódu možno použiť iba vtedy, keď je orientácia obežnej dráhy exoplanéty optimálne (vzhľadom k pozorovateľovi) sklonená, čo je extrémne zriedkavé. Metóda, ktorú použil medzinárodný tím s využitím ďalekohľadu VLT/ESO, je nezávislá na orientácii obežnej dráhy.



Ak uvážime, že svetlo hviezdy je niekoľko tisíckrát jasnejšie ako odrazené svetlo planéty, ide o pozoruhodný úspech. Prirovnáť to možno k získaniu údajov o zložení sviece, vzdialenej 2



Jasná a veľmi mladá hviezda HR 8799 a jedna z troch obrích planét (v krúžku), ktoré okolo nej obiehajú. Zakrúžkovaná exoplanéta sa dostane do učebníc astronómie. Ide o prvú exoplanétu, z ktorej sa podarilo získať priame spektrum.

kilometre, pri ktorej svieti žiarovka s výkonom 300 W.

Objav umožnil infračervený prístroj NACO s mimoriadne účinnou adaptívnou optikou, prepojený s VLT. Ešte detailnejšie snímky a spektrá obrích exoplanét sa očakávajú od SPHERE, prístroja ďalšej generácie, ktorý prepoja s VLT a EELT (European Extremely Large Telescope) v roku 2011.

Prvé priame spektrum z exoplanéty vedcov prekvapilo. „Čiary v spektre nezodpovedajú teoretickým modelom,“ vraví Wolfgang Brander, člen tímu. „Potrebovali by sme oveľa podrobnejšie údaje o oblakoch prachu v atmosfére, alebo sa zmieriť s tým, že atmosféra má celkom iné zloženie, ako sa predpokladalo.“

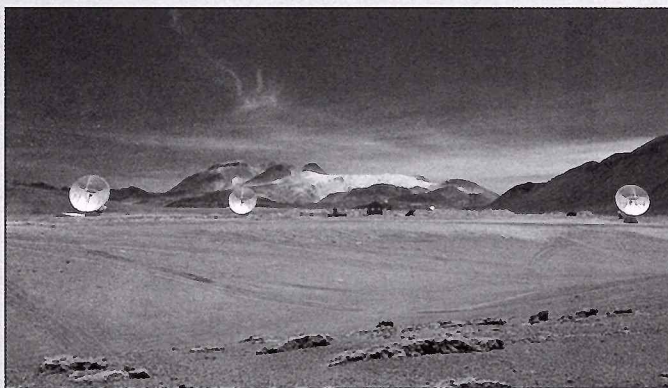
V najbližšom čase sa astronómia sústredia na zvyšné dve exoplanéty systému. Ak budú rovnako úspešní, budú mať v rukách cennú korisť: spektrá troch exoplanét v tej istej planetárnej sústave.

Už v roku 2004 sa podarilo pomocou kombinácie VLT/NACO získať spektrum planéty s hmotnosťou  $5J_1$ , obiehajúcej okolo hnedého trpaslíka. V tomto prípade však vedci usúdili, že obe telesá sa sformovali zároveň a vytvorili malú dvojhviezdu. Kváziplanetárny objekt sa teda neformoval z materiálu v protoplanetárnom disku.

ESO Press Release

## ALMA: revolučný prístroj astronómie

V Čile, na planine Chajnator, vo výške 5000 metrov n. m. onedlho uvedú do prevádzky revolučné astronomické zariadenie: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). Inžinierom sa podarilo zaradiť do systému tretiu 12-metrovú anténu (pozri obrázok). Zariadenie dokáže získavať snímky chladného vesmíru z doteraz nevídaným rozlíšením. Prvé snímky už inžinieri analyzujú a zároveň testujú špeciálny softver. Keď bude ALMA skompletizovaná, bude mať najmenej 66 takýchto antén, ktoré spoločne vytvoria „interferometer“, fungujúci ako jediný, gigantický teleskop, skúmajúci oblohu v oblasti milimetrových a kratších vlnových dĺžok žiarenia.



Prvé snímky získal prístroj pomocou dvoch antén, ale iba zostava troch a viacerých antén dokáže výkon dramaticky zvýšiť. Okrem iného aj tým, že na výsledok

snímania nebudú mať turbulencie v atmosfére prakticky nijaký vplyv.

Prvým významným terčom ALMA sa stal kvazar QSO B1921-293, známy jasnými emisiami na

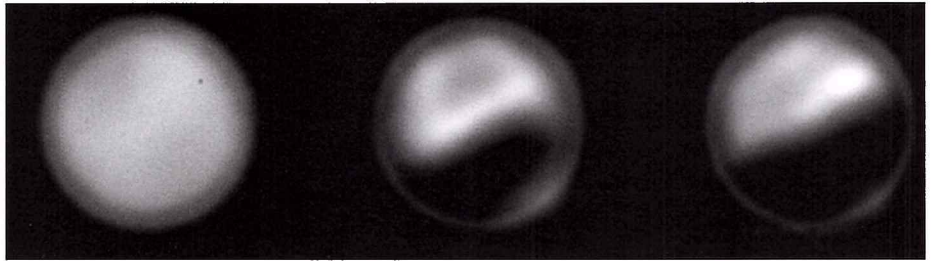
veľmi dlhých vlnových dĺžkach, vrátane milimetrových a submilimetrových, na ktoré sa ALMA zameriava. Signály namerané z tohto objektu boli mimoriadne stabilné, astronómia boli nadšení.

V budúcom a ďalších rokoch budú na planine Chajnator inštalovať niekoľko ďalších antén. Prvé vedecké výsledky sa očakávajú koncom roku 2011. V nasledujúcich rokoch budú antény pribúdať, až kým prístroj nedosiahne plánovaný výkon, na ktorý je potrebných najmenej 66 antén.

ALMA je spoločným projektom Európy, Severnej Ameriky, Východnej Ázie a Čile. Je to najväčší astronomický projekt súčasnosti. Revolučný ďalekohľad bude tvoriť sústava 66 antén s priemerom 12 a 7 metrov.

ESO Press Release

# Prvá snímka tmavého spolupútnika hviezdy Epsilon Aurigae



Prvá snímka zákrytu dvojhviezdy Epsilon Aurigae. Unikátny prístroj MIRC, vyvinutý v Michiganskej univerzite, zaznamenal tieň menšej, „neviditeľnej“, prachom zahalenej hviezdy na kotúči väčšej hviezdy. Tento úkaz sa opakuje raz za 27 rokov.

V Kozmose 2/2010 (pod titulkom „Záhada starej hviezdy pred rozlúštením“) sme písali o hviezde Epsilon Aurigae, piatej najjasnejšej na severnej oblohe. Astronómovia ju pozorujú už dávno a nechápali, prečo je jej jasnosť slabšia ako by, vzhľadom na hmotnosť, mala byť.

Navyše nebolo jasné, prečo sa jasnosť Epsilon Aurigae raz za 27,1 rokov zníži počas 500 dní zhruba o polovicu. Pomocou vesmírneho ďalekohľadu Spitzer zistili, že periódický pokles jasnosti, ktorý sa opakuje zhruba po uplynutí 27 rokov, spôsobuje tmavý spolupútnik, hviezda B, opásaná masívnym diskom, ktorý jasnosť centrálnej hviezdy tlmí. Teraz sa podarilo tento záhadný tmavý objekt prvý raz priamo pozorovať.

Vedci z Michiganskej univerzity fotografovali Epsilon Aurigae počas zákrytu. Na snímkach sa prvý raz objavil tvar tieňa tmavej, diskom za-

halenej hviezdy. Podľa pôvodnej teórie mala okolo centrálnej hviezdy obiehať malá hviezda B, pričom rovina jej disku a obežnej dráhy by mali ležať na zornej línii pozemských pozorovateľov. Predpoklad sa potvrdil. Táto neobyčajne vzácna súhra okolností umožnila aj priame pozorovanie i jeho tieňa, posúvajúceho sa po kotúči hviezdy Epsilon Aurigae.

Niž podobného zatiaľ astronómovia nezaznamenali. Pozorujú relatívne blízku dvojhviezdu v dramatickom štádiu vývoja. Hviezda B stráca veľké množstvo hmoty, ktorá sa formuje okolo nej do disku. Nejde teda o disk, ktorý sa sformoval z periodicky vyvrhovanej hmoty Epsilon Aurigae. Donedávna sa predpokladalo, že hviezda B krúži okolo centrálnej hviezdy za vonkajším okrajom jej disku.

Posledné pozorovania ukázali, že disk je oveľa plochejší, ako naznačovali infračervené snímky z ďalekohľadu Spitzer. Unikátnu snímku získali vedci vďaka prístroju MIRC (Michigan Infra-Red Combiner). MIRC využíva interferometriu a kombinuje svetlo zachytené štyrmi ďalekohľadmi systémom CHARA (Georgia State University) a zväčší ho tak, že výsledná snímka sa vyrovná snímkam zo 100-násobne väčšou rozlišovacou schopnosťou, akú má Hubblov vesmírny ďalekohľad.

MIRC umožnil vedcom študovať nielen tvar, ale aj charakteristiku povrchu oboch hviezd. Na starších snímkach, hoci z najväčších ďalekohľadov, videli obe hviezdy iba ako zhuk svetelných bodov. Stelárnici získali prístroj, ktorý im umožní oveľa podrobnejšie pozorovania objektov aj vo vzdialenejších systémoch.

Nature

## Vzácnny úlovok satelitu CoRoT

Satelit CoRoT, zameraný na objavovanie zákrytových exoplanét a stelárnu seizmológiu, objavil prvú „normálnu“ exoplanétu (CoRoT 9b), ktorú môžu vedci študovať podrobne, v doteraz nevídanom rozlíšení. Exoplanéta obieha okolo Slnku podobnej hviezdy, vzdialenej od Zeme 1500 svetelných rokov. Objav, na ktorom sa podieľalo 60 vedcov, prirovnávajú čo do významu k objavu tzv. Rosettskej dosky, ktorá zásadným spôsobom prispela k rozlúšteniu egyptských hieroglyfov (vďaka gréckemu textu pod hieroglyfmi).

Planéta o pätinu menšia ako Jupiter krúži okolo svojej hviezdy po podobnej dráhe ako Merkúr okolo Slnka. Tak ako obrie planéty v našej Slnčnej sústave, aj CoRoT 9b sa skladá najmä z vodíka a hélia, ale prístroje zaznamenali aj výskyt ďalších prvkov a zlúčenín s celkovou hmotnosťou 20-násobku hmotnosti Zeme, vrátane vody a hornín.

Pri pohľade zo Zeme sa CoRoT 9b objaví pred materskou hviezdou každých 95 dní. Tranzit trvá 8 hodín. Vďaka tomu získavajú vedci po každom obehu ďalšie informácie. Podľa doterajších údajov sa zdá, že vlastnosti tohto plynového obra sa zhodujú s vlastnosťami väčšiny doteraz objavených exoplanét s parametrami plynových obrov.

Podľa planetológov tento objav otvára novú disciplínu – výskum chladných a stredne teplých atmosfér exoplanét. Pre vedcov sa otvorilo okno

pre štúdium chémie v podmienkach nízkych teplôt.

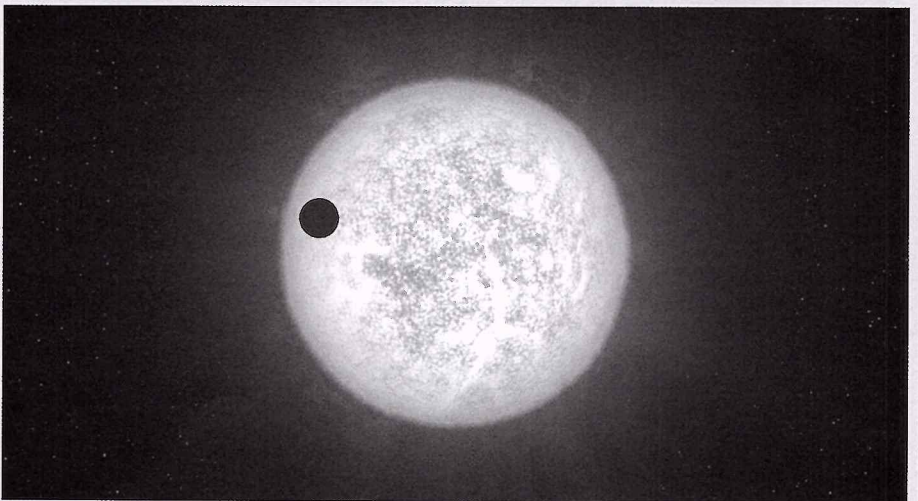
Z vyše 400 doteraz objavených exoplanét iba 70 objavili pomocou metódy tranzitu. Satelit CoRoT je v porovnaní s inými prístrojmi výnimočný tým, že je schopný objavovať touto metódou exoplanéty v 10-násobne väčšej vzdialenosti ako iné prístroje.

Exoplanéta CoRoT 9b má vďaka polohe, na rozdiel od väčšiny „horúcich jupiterov“, ktoré krúžia okolo svojich hviezd po oveľa bližších obežných dráhach, miernu klímu. Rozsah teploty plynov na jej povrchu sa odhaduje od plus 160 po mínus 20 °C, pričom zmeny teplôt medzi dňom a nocou sú minimálne.

Satelit CoRoT, ktorý riadi francúzska vesmírna agentúra CNES, identifikoval exoplanétu po 145 dňoch pozorovania v lete 2008. Následné údaje získali vedci pomocou 3,6-metrového ďalekohľadu ESO na observatóriu La Silla v Čile.

Tento ďalekohľad, vybavený mimoriadne citlivým spektrografom HARPS, je obľúbeným prístrojom lovcov exoplanét. Počas tranzitov dokáže zmerať zmeny jasnosti hviezdy i priemer, hmotnosť a hustotu exoplanéty. Exoplanéta CoRoT 9B má 80% hmotnosti Jupitera.

ESO Press Release



Kombináciou pozorovaní zo satelitu CoRoT a spektrografu HARPS, objavili prvú exoplanétu, ktorú budú môcť študovať do hĺbky. Objav otvoril novú disciplínu astronómie. Na ilustrácii vidíte exoplanétu CoRoT 9b počas tranzitu pred kotúčom materskej hviezdy.



# Lovci čiernych dier s novým rekordom

Astronómovia objavili najvzdialenejšiu čiernu dieru. S hmotnosťou 15 Slnk ide o druhú najmasívnejšiu čiernu dieru v kategórii stredných (stelárnych) hmotností. Okolo nej krúži masívna hviezda, ktorá sa čoskoro tiež premení na čiernu dieru.

Stelárne čierne diery s hmotnosťami až 10-násobku Slnka vyskytujú sa aj v našej Galaxii. (Nemýľme si ich so supermasívnymi čiernymi dierami v jadrách galaxií, ktoré majú milión- až miliardkrát väčšiu hmotnosť ako Slnko.)

V iných galaxiách sa v stelárnej kategórii vyskytujú aj ťažšie váhy: 15-krát hmotnejšie ako Slnko. Astronómovia zatiaľ objavili iba tri, všetky v blízkych galaxiách Lokálnej skupiny.

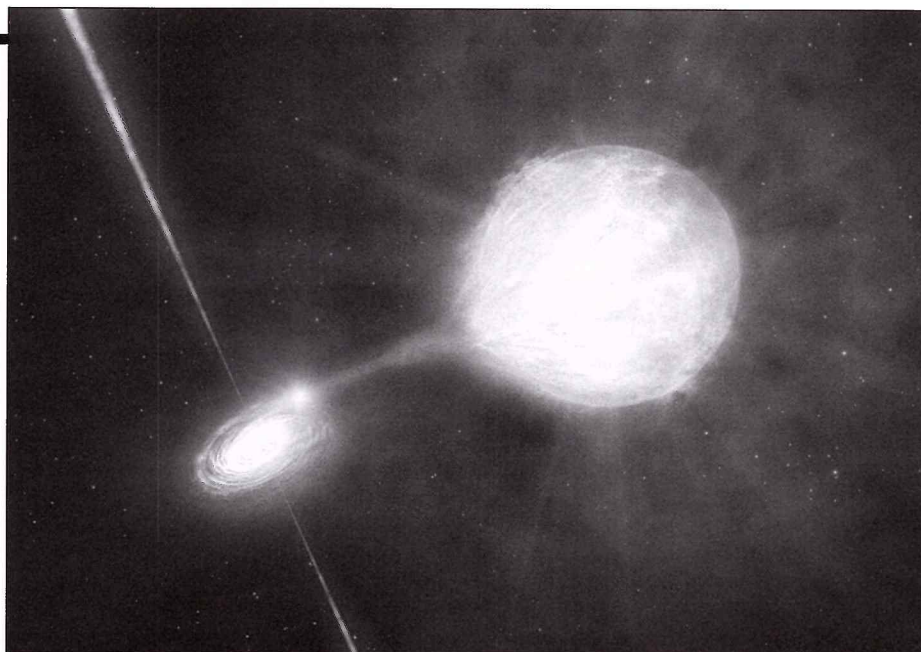
Najnovšiu objavili v oveľa väčšej vzdialenosti: v špirálovej galaxii NGC 300, vzdialenej 6 miliárd svetelných rokov. Je to predbežne najvzdialenejšia stelárna čierna diera. A zároveň prvá, ktorú objavili mimo Lokálnej skupiny galaxií.

Spolupútnikom tejto čiernej diery je Wolf-Rayetova hviezda, s hmotnosťou 20 Slnk. Wolf-Rayetove hviezdy sú hviezdy na sklomku života. Počas agónie, skôr než vybuchnú ako supernovy, zbavujú sa postupne vonkajších vrstiev. Po výbuchu sa premenia na čierne diery.

V roku 2007 röntgenový detektor na palube satelitu Swift monitoroval okolie najjasnejšieho röntgenového zdroja v NGC 300. (Zdroj už predtým objavil röntgenový satelit XMM-Newton.) Detektory zaznamenali mimoriadne intenzívne emisie röntgenového žiarenia. Tento úkaz býva často znakom toho, že v pozorovanej oblasti sa skrýva čierna diera.

Nové pozorovania pomocou prístroja FORS2, prepojeného s ďalekohľadom VLT/ESO, podotvrdili. Čierna diera a Wolf Rayetova hviezda, vzájomne v binárnom systéme, obiehajú spoločne ťažisko s periódou 32 hodín. Čierna diera počas tohto tanca očesáva horné vrstvy Wolf-Rayetovej hviezdy.

Objav v radoch lovcov čiernych dier spôsobil



Takto znázornil výtvarník gravitačný tanec stelárnej čiernej diery (vľavo) a masívnej Wolf-Rayetovej hviezdy. O milión rokov sa aj hviezda, po tom, čo vybuchne ako supernova, premení na čiernu dieru. Obe čierne diery po niekoľkých miliardách rokov splynú do jediného, masívnejšieho objektu.

senzáciu. Dve supermasívne telesá v takom tesnom gravitačnom objatí doteraz nezaznamenali. Ako sa takýto tesný systém formuje, je aj pre stelárov z háhada.

Astronómov vzrušuje najmä vzťah medzi čiernou dierou a galaktickou chémiou. „Zaznamenali sme, že väčšina najmasívnejších čiernych dier sa objavuje v menších galaxiách, ktoré obsahujú menej 'ťažkých' chemických prvkov,“ vraví astrofyzik Paul Crowter zo Sheffieldskej univerzity. „Vo väčších galaxiách, napríklad v našej Mliečnej ceste, kde sa ťažšie prvky vyskytujú vo väčšom množstve, formujú sa skôr menej hmotné čierne diery.“ Astronómovia sú skrátka presvedčení, že vyššia koncentrácia ťažších chemických prvkov ovplyvňuje evolúciu masívnych hviezd. Urýchľuje nabaľovanie hmoty a tým skracuje ich životnosť. V takýchto podmienkach masívne hviezdy rýchlejšie dozrievajú do podoby, keď vybuchnú ako supernovy a premenia sa na čierne diery.

Wolf-Rayetova hviezda v galaxii NGC 300 sa za menej ako milión rokov premení na čiernu dieru. Ak sústava prežije druhú explóziu (neroz-

padne sa), oba objekty časom splynú. Vtedy sa uvoľní gigantické množstvo energie v podobe gravitačných vln. Dovtedy však uplynie niekoľko miliárd rokov.

Bizarné dvojčky v NGC 300 sa stali razom najzaujímavejším terčom pre LIGO a Virgo, detektory (citlivé interferometre) gravitačných vln. Gravitačné vlny podľa Einsteinovej všeobecnej teórie relativity sú záhyby v tkanine časopriestoru. Doteraz neboli zaznamenané. Vzhľadom na predbežne nízku citlivosť súčasných detektorov by bol optimálnym cieľom čo najsilnejší generátor gravitačných vln. Takým by bolo splynutie dvoch čiernych dier. Ale aj čoraz tesnejší „kozmickej valčík“ oboch telies, spojený s kanibalizmom, je pre vedcov vzrušujúcim úkazom.

Vzhľadom na to, že gravitačné splynutie masívnych dvojčiek v NGC 300 je v nedohľadne, vedci by radi objavili ďalšie páriky s týmto osudom. Úplnou senzáciou by bolo pozorovať záver kanibalského tanca a jeho dôsledky v priamom prenose.

ESO Press Release

## Ako čierne diery konzumujú hviezdy

Vo väčšine galaxií hniezdi masívna čierna diera. Ak sa do jej blízkosti dostane hviezda, slapové sily generované gravitáciou čiernej diery, ju deštruuju. Čierna diera väčšinu hmoty rozpadnutej hviezdy pohltí. Hoci je v centrách galaxií extrémne veľa hviezd, ku kanibalizmu dochádza v priemere raz za tisíc rokov.

Hviezdy obiehajú okolo centra galaxií po dráhach, ktoré sa pod vplyvom početných gravitačných interakcií menia. Po „blízkom stretnutí“ dvoch hviezd sa jedna môže premiestniť na bližšiu, druhá na vzdialenejšiu obežnú dráhu. Po niekoľkých takýchto interakciách sa hviezda môže ocitnúť za kritickou hranicou.

Áká vzdialenosť od čiernej diery je pre hviezdy kritická? To záleží od mnohých okolností, ale

najviac od fyzikálnych parametrov čiernej diery i tej-ktorej hviezdy. Pre hviezdy podobné Slnku v centre našej Galaxie, (kde hniezdi supermasívna čierna diera s hmotnosťou 4 miliárd Slnk), je kritickou vzdialenosťou 112 miliónov kilometrov, teda tri štvrtiny vzdialenosti Slnko – Zem.

Čo sa deje s hviezdou, ktorá sa premiestni za túto hranicu? Slapové sily ju najskôr spoštia, premenia na „rotujúce vajce“, ktoré sa nakoniec rozpadne. Podľa teórie väčšinu hmoty z rozpadnutej hviezdy čierna diera nasaje a sformuje do akrečného disku, ktorý okolo nej špiráluje. Hmota v disku sa pohybuje čoraz rýchlejšie, takže časť hmoty, krúžiaca v jeho vonkajšom okraji, nadobudne takú vysokú rýchlosť, že zo zajatia môže uniknúť.

Hmota, ktorá sa v disku udrží, obieha čiernu dieru čoraz rýchlejšie. Zároveň dramaticky narastá aj jej teplota, takže žiari na rozličných vlnových dĺžkach. Najsilnejšie optické vzplanutia v disku sú jasnejšie ako 100 miliárd Slnk, ale husté mračná prachu okolo čiernej diery optický signál podstatne zoslabujú. Na infračervených a röntgenových vlnových dĺžkach však dramatické vzplanutia môžeme zaznamenať.

Dramaticky vzplanúť môžu aj takzvané „spiace supermasívne čierne diery“, ktoré spia preto, lebo už dlho nepolapili do gravitačnej pasce nijakú hviezdu. Nemajú teda dost hviezdneho krmiva. Tento spánok trvá až dovtedy, kým „neulovia a neskonzumuju“ ďalšiu hviezdu. Preto vedci hľadajú v centrách masívnych dier výrazné vzplanutia – dôkazy toho, že čierna diera tam je a opäť sa prebudila.

Astronomy

# Orión v infračervenom svetle

Nový ďalekohľad VISTA/ESO umožnil získať dramatické snímky, ktoré odkryli viaceré tajomstvá hmloviny Orión. Infračervené oči VISTA prenikli hlboko do gigantických oblakov prachu, kam optické ďalekohľady nepreniknú, a zviditeľnili zvláštne správanie mladých, veľmi aktívnych, ale donedávna neznámych, zahalených hviezd.

VISTA (The Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy) je najnovším prírastkom Observatória ESO na hore Mount Paranal, v Čile. Ide o najväčší ďalekohľad pre prehliadky oblohy, ktorý mapuje oblohu v infračervenej oblasti spektra. Veľké zrkadlo (4,1 m), širokouhlý záber a mimoriadne citlivé detektory, to všetko robí z VISTA unikátny prístroj. Potvrdili to už prvé fotografie.

Veľká hmlovina v Orióne je obrovská maternica hviezd, vzdialená 1350 svetelných rokov. Od dávna bola vďačným terčom optickej astronómie. Vo viditeľnom svetle však vidíme iba jej povrch. Hviezdy sa formujú hlboko v zahusťujúcich sa oblakoch, cez ktoré dokážu preniknúť iba detektory citlivé na dlhšie vlnové dĺžky.

Veľká hmlovina v Orióne je na optických snímkach nádherná, s typickým stredom, ktorý pripomína netopiera. Zaujímavé je aj jej okolie. V centre hmloviny sú štyri jasné, horúce, mladé hviezdy, tvoriace obrazec Lichobežník/Trapezium, ktoré intenzívnym UV-žiarením vymetajú okolitý priestor a spôsobujú žiarenie plynu.

Oblasť nad centrom, plnú mladých hviezd, v optickom svetle nevidíme. Tieto hviezdy ešte vždy nabaľujú hmotu z okolitých oblakov a zároveň vypudzujú prúdy plynu rýchlosťou až 700 000 kilometrov za hodinu. Tam, kde sa tieto prúdy zrážajú s okolitým plynom, vyvolávajú emisie nabených molekúl a atómov.

Podobné hviezdy vidíme aj pod centrom hmloviny, ale tie žiaria oveľa slabšie. Práve tieto

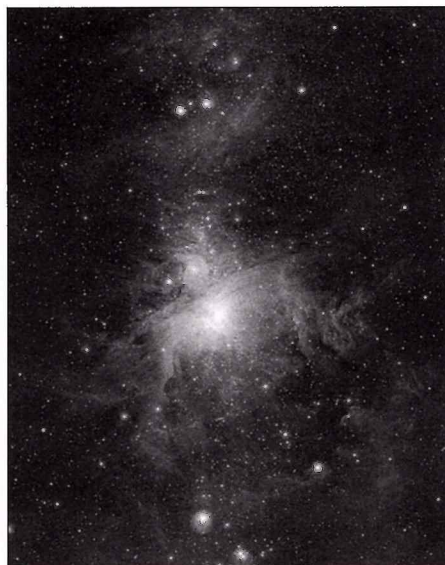


**Hmlovina Orión v infračervenom svetle. Snímku získal najnovší ďalekohľad VISTA/ESO na hore Paranal v Čile.**

hviezdy však astronómov najviac zaujali. Proces formovania hviezd totiž nie je dodnes celkom jasný. Hviezdy nabaľujú hmotu z okolia, ale krátko po vznietení jadrových reakcií, keď sa balík hmoty premení na hviezdu, začne žiarenie okolitú hmotu deštruovať a vytláčať. Ako za týchto podmienok pokračuje ďalšie nabaľovanie hmoty, bez ktorého by sa masívnejšie hviezdy neformovali, vysvetľujú zatiaľ iba hypotézy.

Hmlovinu prvý raz opísal v polovici 18. storočia francúzsky lovec komét Messier a zaradil ju do svojho chýrneho katalógu pod číslom 42. Číslo 43 pridelil menšej hmlovine nad centrálnou časťou. William Herschel neskôr geniálne vytušil, že hmlovina by mohla byť „chaotickým materiálom, z ktorého vznikajú hviezdy“. Jeho hypotéza sa potvrdila: výkonnejšie ďalekohľady objavili v hmlovine početné mladé hviezdy, ktorých UV-žiarenie „rozsvietilo“ veľké oblaky prachu a plynu.

ESO Press Release



Porovnajte hmlovinu Orión (Messier 42) v infračervenej a vizuálnej oblasti spektra. Vľavo, na optickej snímke, vidíte fantastické tvary oblakov plynného vodíka, ktorý žiari pôsobením UV-žiarenia hviezd, ukrytých vo vnútri oblakov. Vpravo, na infračervenej snímke VISTA, sa objavili nové štruktúry, vrátane početných hviezd blízko centra i aktívne oblasti nad centrom, z ktorých prúdi plyn.

# Kopy galaxií, najhorúcejšie oblasti vesmíru

Medzi galaxiami sa skrýva neuveriteľná energia. Väčšina hmoty vesmíru. Až v poslednom čase sa astronómom pomocou najmodernejších vesmírnych röntgenových ďalekohľadov podarilo rozlúštiť tajomstvo najmohutnejších procesov v kozme.

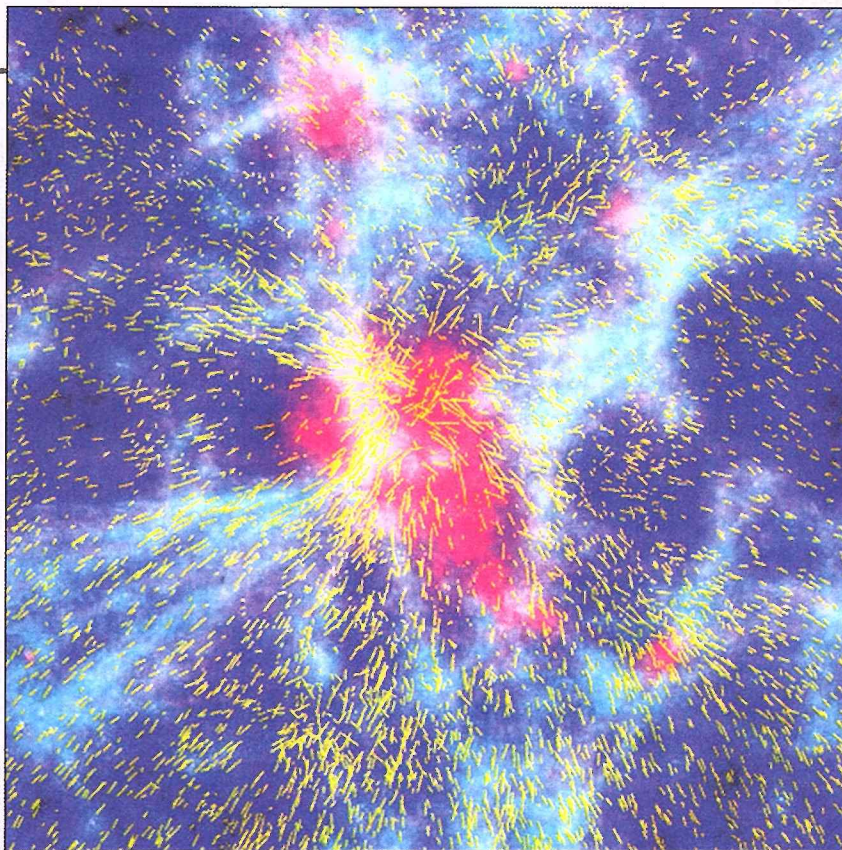
100 kilometrov nad povrchom Zeme krúžia dva röntgenové satelity: Chandra a XMM-Newton. Hans Böhringer z Inštitútu Maxa Plancka pre mimozemskú fyziku študuje pomocou týchto satelitov najhmotnejšie objekty vesmíru: kopy galaxií. Tvoria ich stovky až tisíce galaxií najrozličnejších veľkostí a tvarov. Ich priemer dosahuje 10 miliónov svetelných rokov, hmotnosť od 100 až po 1000 miliárd hmotností Slnka. Astrofyzici ich považujú za najfantastickejšie prírodné laboratóriá. Práve v nich získavajú údaje o štruktúre vesmíru.

## Vesmírne rekordy

Kopy galaxií sú držiteľkami viacerých kozmických rekordov. Nijaký iný objekt nedokáže zakriviť svetlo tak, ako práve ony. Popri kvazaroch sú najjasnejšími objektmi v kozme. Ich žiarivý výkon v röntgenovej oblasti spektra je  $10^{36}$  až  $10^{39}$  joulov za sekundu. To je výkon 300 supernov v priebehu jedného roka!

Zdrojom tohto röntgenového žiarenia je horúci plyn medzi galaxiami, ktoré tvoria kopu. Astronómovia hovoria o médiu medzi kopami (Intercluster medium/ICM). Toto médium tvoria

Takto vyzeral podľa počítačového modelu vesmír pred 10 miliardami rokov. Žlté čiarky znázorňujú pohyby galaxií. Červené oblasti zviditeľňujú oblasti s najvyššou, tmavomodré s najnižšou hustotou. Záplava údajov z röntgenových satelitov i z pozemských ďalekohľadov v budúcnosti podobné dynamické modely podstatne vylepší.



ionizované atómy vodíka a hélia. Zdrojom röntgenového žiarenia sú najmä urýchlené elektróny, presnejšie kvázikolízie elektrónov a iónov v plazme. Táto plazma, desaťkrát horúcejšia ako plazma v jadre Slnka, je najhorúcejšou plazmou vo vesmíre. Jej teplota dosahuje až 100 miliónov stupňov Celzia. Taký horúci bol vesmír počas prvej minúty po big bangu.

Fakt, že zdrojom väčšiny röntgenového žiarenia nie sú galaxie, ale plyn medzi nimi, objavili vedci už začiatkom 70. rokov. (Objav prvého röntgenového satelitu Uhuru.) Prvý takýto zdroj však objavili už v roku 1966 v kope galaxií v súhvezdí Panny. Presnejšie: detegovali röntgenové žiarenie najväčšej galaxie tejto kopy. M 87 je obrovská eliptická galaxia, vzdialená 50 miliónov svetelných rokov. Jej gravitácia riadi najbližšiu kopy galaxií, na periférii ktorej sa nachádza naša Mliečna cesta.

## Obrovské energie

Najvyššie teploty vo vesmíre sú pozostatkou po procese formovania galaktických kôp, keď sa

hmota v ozrutných oblakoch pôvodného plynu začala zahusťovať. Gigantická hmotnosť kôp galaxií priťahuje k sebe susedné skupiny a kopy galaxií. K priamym zrážkam galaxií dochádza iba zriedkavo. Kolízie jednotlivých hviezd sú ešte vzácnejšie. Galaxie sa však pohybujú okolo centra gravitácie ako mušky okolo lampy. Niektoré rýchlosťou 2000 kilometrov za sekundu. V tejto vírivke sa zrážajú oblaky plynu. Tvoria sa nárazové vlny s vysokou energiou, ICM je čoraz horúcejšie. Tieto zrážky kôp galaxií sú po big bangu najenergetickejšími procesmi vo vesmíre. Počas takejto kolízie sa uvoľňuje energia  $10^{57}$  joulov.

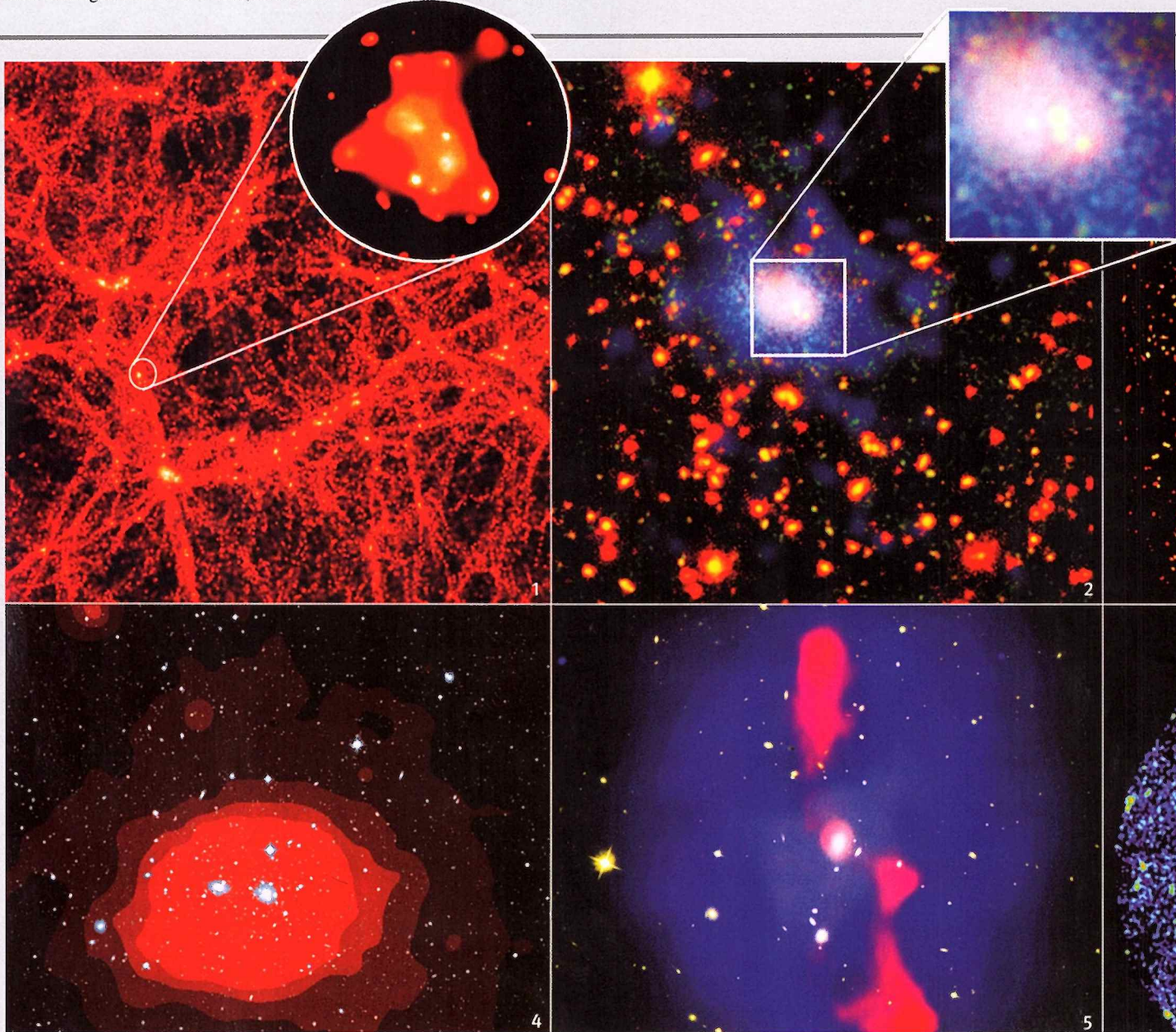
Tieto procesy dokážu astronómovia študovať iba v röntgenovom okne. Optické ďalekohľady ich neregistrujú, a to napriek tomu, že hmota ICM je 5- až 6-krát väčšia ako viditeľná hmota (hviezdy a plyn). ICM predstavuje teda najväčšie, elektromagnetickým žiarením detegovateľné zoskupenie hmoty. Nie div, že práve ICM najlepšie charakterizuje celkovú štruktúru galaktických kôp.

## Röntgenové vesmírne ďalekohľady

Od roku 1999 krúžia okolo Zeme dva výnimočné röntgenové ďalekohľady, ktoré s neslýchanou presnosťou získavajú údaje o horúcom vesmíre. Chandru (na snímke hore) vyniesol na obežnú dráhu raketoplán Columbia. Chandra sa pohybuje na obežnej dráhe vo výškach od 10 000 po 140 000 kilometrov. Chandra robí snímky s doteraz najvyšším rozlíšením (0,5 oblúčovej sekundy).

Ďalekohľad XMM-Newton, röntgenové multizrkadlo (na snímke dole), má iba desatinu rozlišovacej schopnosti Chandry. Jeho tri ďalekohľady poskladané z 58 tenkých 70-centimetrových štvorcových zrkadiel, získavajú najpresnejšie spektrá. Aj XMM-Newton vypustili v roku 1999. Raketa Ariane-5G ho vyniesla na obežnú dráhu s parametrami 7000 až 114 000 kilometrov. Tento ďalekohľad bude pracovať možno až do roku 2018.



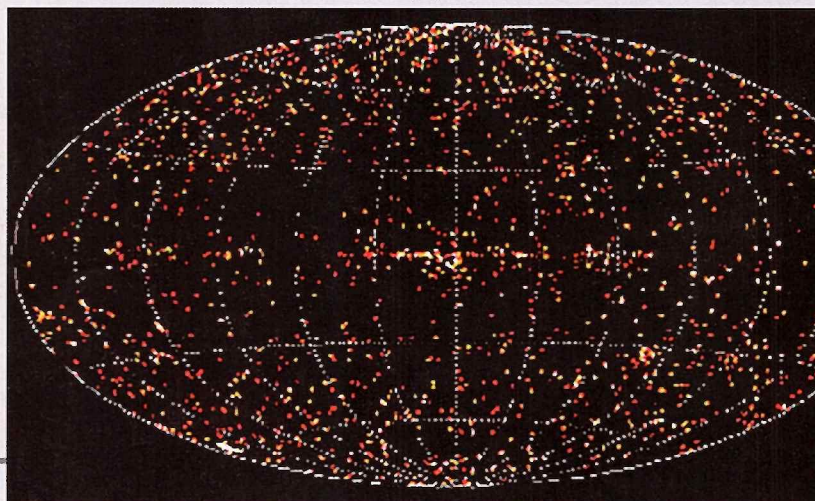


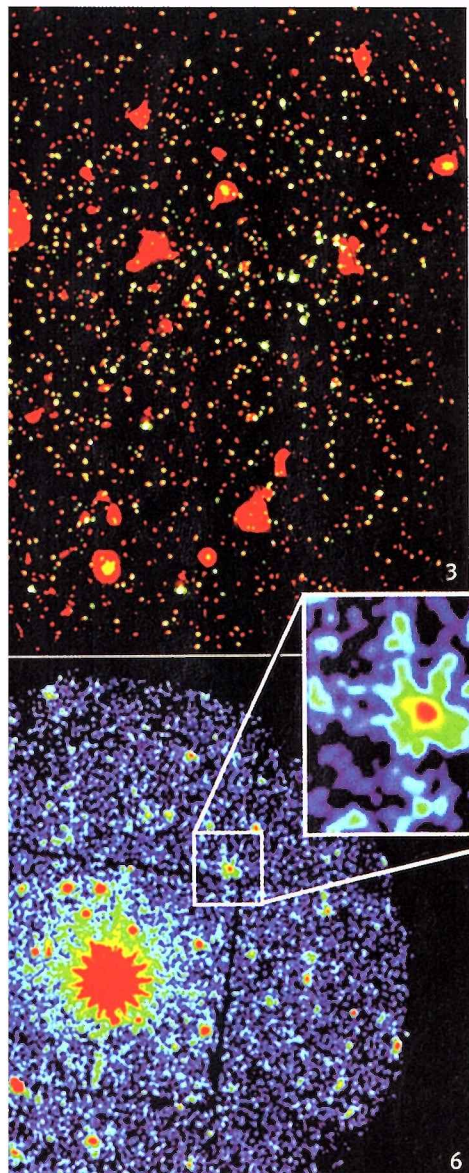
Kopy galaxií vytvárajú tkaninu kozmu. Na obrázku 1 vidíte časť kozmickej tkaniny, ktorú na základe meraní vytvoril počítač. Oblasť v krúžku je reálna fotografia. Kopy galaxií intenzívne žiaria v röntgenovej oblasti. Na snímkach 2 a 5 je toto žiarenie zviditeľnené modrou, na snímkach 3 a 4 červenou farbou. Štyri kolidujúce galaxie v kope CL0958+4702 v súhvezdí Veľký voz. Snímka 3 je z archívu röntgenového satelitu XMM-Newton, ktorý obsahuje vyše 2000 aktívnych galaxií a 100 galaktických kôp. Na snímke 4 je kopa galaxií v súhvezdí Vlasy Bereniky vo viditeľnom svetle (biele škvrnky). Na snímke 5 je kopa galaxií MS0735,6+7421, tiež vo viditeľnom svetle (biele škvrnky). Na snímke 6 je kopa galaxií XMMU J2235,3-2557, jedna z najvzdialenejších kôp galaxií vo vesmíre.

### Röntgenová astronómia

Pred energetickým žiarením, pred protónmi s energiou 0,1 až 250 kiloelektrónvoltov a žiarením v oblasti vlnových dĺžok  $10^{-8}$  až  $10^{-12}$  metrov s energiami nás chráni atmosféra a magnetosféra Zeme. Našťastie, inakšie by sa život na Zemi neujal. Röntgenová astronómia sa preto mohla rozvinúť až vtedy, keď vedci dopravili sondy s prístrojmi na obežnú dráhu okolo Zeme. Éru röntgenových ďalekohľadov začali v roku 1962 sondy OSO (Orbiting Solar Observatory) a sonda Uhuru, vypustená v roku 1970. O osem rokov vypustením sondy Einstein (HEAO-2) bolo už možné získavať aj röntgenové snímky. Koncom 20. storočia vznikol prvý röntgenový atlas oblohy, zostavený zo snímkov sondy ROSAT (1990 až 1999). Vlajkovými loďami röntgenovej astronómie sú vesmírne ďalekohľady XMM-Newton a Chandra. O dva roky vypustia na palube ruského gama satelitu zariadenie eROSITA. Prístroj bude monitorovať horúci plyn v 100 000 kopách galaxií i záhadnú tmavú energiu. Koncom budúceho desaťročia vyletí na obežnú dráhu aj americko-japonský vesmírny ďalekohľad IXO. Ďalekohľad bude mať 100-násobne vyššiu rozlišovaciu schopnosť ako XMM-Newton.

Vesmír vysokých energií: v katalógu 2XMM je dnes bežná 300 000 zdrojov röntgenového žiarenia. Medzi nimi tisíce kôp galaxií.





javili už polovici 70. rokov. Medzičasom ju používajú ako teplomer pri meraní teploty ICM. V polovici 90. rokov objavil japonský satelit ASCA ďalšie ťažké prvky. Dnes vieme, že zdrojom týchto prvkov sú explózie hviezd na sklonku ich života.

Kyslík a horčík dodávajú najmä supernovy typu II. Tak sa končí život supermasívnych hviezd. Železo, kremík a síru produkujú najmä supernovy typu Ia. Tie sú záverečnou fázou života bielych trpaslíkov, ktorí si nabrali z hviezdy-spolupútника v dvojhviezde kritické množstvo hmoty. Z podielu ťažkých prvkov v ICM dokážu vedci rekonštruovať evolúciu hviezd a galaxií, čo pripomína prácu archeológov.

Explózie typu II sa odohrávali najmä na počiatku formovania galaktických kôp. V tom čase boli ešte hviezdy mladé. Prvky z týchto zdrojov sú rozptýlené rovnomernejšie ako v prípade supernov typu Ia, ktoré aj dnes podchvíľou vybuchujú a ovplyvňujú zloženie média.

V prehustených centrálnych oblastiach kopy galaxií sa ICM obohacuje aj hmotou rozpadajúcich sa hviezd. Z hmoty 2 miliárd hmotností Slnka pripadá v okruhu 30 000 svetelných rokov 6 miliónoch hmotností Slnka na železo.

Röntgenové satelity HEAO-1 a 2 (High Energy Astronomy Observatory) objavili už koncom 70. rokov niekoľko stoviek kôp galaxií. Rozhodujúci prelom však urobil až satelit ROSAT v 90. rokoch, ktorý vyhotovil prvú celooblohovú mapu v röntgenovej oblasti. V atlase ROSAT All-Sky Survey nájdeme až 10 000 kôp galaxií, z ktorých 2000 už vedci preskúmali. Ukázalo sa, že nie sú v priestore rovnomerne rozptýlené, ale zhlukujú sa do útvarov pripomínajúcich štruktúry mydlovej peny, podobne ako to pozorujeme vo veľkých škálach pri superkopách galaxií, formujúcich sa okolo ozrutných dutín prázdnoty.

Počet röntgenových kôp so vzdialenosťou klesá. Za hranicou 7,5 miliardy svetelných rokov sme objavili iba niekoľko galaktických kôp. Do vzdialenosti 3,5 miliardy svetelných rokov však až 1000. Vo veľkých vzdialenostiach sa kopy galaxií rozlišujú oveľa ťažšie, ale je zrejme, že počet najhmotnejších (viac ako miliarda hmotností Slnka) a najsvietivejších sa so vzdialenosťou až trojnásobne znižuje. Tento fakt považujú vedci za dôkaz hierarchického formovania sa galaktických kôp. Inými slovami: väčšie kopy sa sformovali z menších. Najprv sa zoskupovali

hviezdy, z nich sa sformovali galaxie, z galaxií kopy galaxií, z kôp galaxií superkopy.

### Lacná prehliadka oblohy

Celé roky bol najvýznamnejším zdrojom údajov ROSAT Faint Source Catalogue, ktorý obsahoval 150 000 röntgenových zdrojov. Od roku 2007 máme ešte objemnejší katalóg: 2XMM, zostavený z údajov röntgenového satelitu XMM-Newton. Tento vesmírny ďalekohľad má tri prístroje, ktoré zaznamenávajú zdroje náhodne. Satelit sa každých 10 sekúnd zameria na iný cieľ na oblohe, ďalekohľady zatiaľ stihnú urobiť snímky a vyslať ich na Zem. Do roku 2010 zmapuje XMM-Newton všetky rozlíšiteľné zdroje na celej oblohe.

Údaje z 2XMM sú zadarmo. Pri jeho realizácii sa spojili sily 10 európskych inštitútov. Vedci v katalógu nájdú 280 000 röntgenových zdrojov. Skutočný počet je o niečo nižší, pretože niektoré zdroje sú registrované viackrát. Ale aj tie majú svoju hodnotu, pretože dokazujú, že sa svetelnosť niektorých zdrojov prudko mení. Niekedy v priebehu 100 sekúnd aj  $10^9$ -krát. Niekoľko tisíc zdrojov v katalógu 2XMM predstavujú röntgenové kopy galaxií.

Najvzdialenejšiu röntgenovú kopy galaxií objavili vedci z Inštitútu Maxa Plancka pre mimozemskú fyziku (MPE). Bola to vlastne náhoda. V roku 2005 monitoroval XMM-Newton neďalekú galaxiu NGC 7313 celých dvanásť hodín. Zachytil aj fotóny zo vzdialenej kopy galaxií, ktorú dnes v katalógu nájdeme s označením XMMU J2235,3-2557. Vedci z tejto kopy zachytili 280 fotónov, v priemere jeden fotón za 150 sekúnd. (Kvôli porovnaniu: tento výkon sa dá porovnať s ľudským okom, ktoré by dokázalo zachytiť rovnaký počet fotónov zo 100-wattovej žiarovky vo vzdialenosti Mesiaca.)

O niečo neskôr pozorovali vedci túto galaxiu vo viditeľnom svetle pomocou VLT/ESO ďalekohľadu v Čile. Fotografie ich šokovali: videli na nich obrovskú, rozvinutú štruktúru kopy galaxií vo vesmíre, ktorý mal sotva tretinu súčasného veku. To dovtedy nikto nepovažoval za možné.

### Kozmické poznávacie čísla

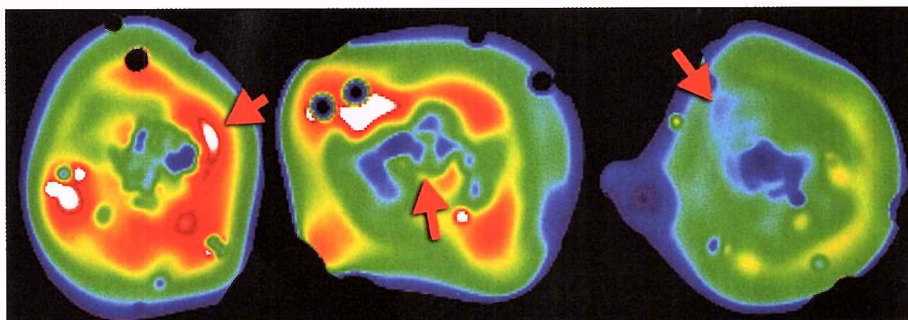
Röntgenová astronómia týmto objavom významne pomohla kozmológom. Zo štúdií vyplýva, že vzdialené i blízke kopy galaxií majú veľa spoločného. Ich štruktúry, bez ohľadu na veľkosť, nie sú identické, ale podobné. Tá podobnosť

Treba pripomenúť, že aj röntgenová astronómia môžu študovať iba malú časť hmoty kôp galaxií, lebo sú tvorené najmä tzv. tmavou hmotou, ktorá nevyžaruje nijaké elektromagnetické žiarenie. Podľa súčasných predstáv hniezdia galaxie v kolískach tmavej hmoty, ktorá vyplňa aj priestor medzi nimi.

Tmavú hmotu tvoria podľa všetkého neznáme častice, ktoré vznikli počas big bangu. Náhodné zhustky týchto častíc sa stali jadrami, okolo ktorých sa galaxie neskôr sformovali. Kozmológovia odhadujú, že 78 až 87 % hmoty v kope galaxií tvorí práve tmavá hmota. Nanajvýš jednu pätinu hmoty tvoria známe častice, protóny, neutróny a elektróny. 11 až 14 % tvorí ICM. A iba 2 až 6 % pripadá na hviezdy, planéty a žiariaci plyn v galaxiách. Väčšina hmoty vo vesmíre si uchováva svoje tajomstvo.

### Intergalaktická archeológia

Najmodernejšie röntgenové ďalekohľady sú také citlivé, že dokážu v ICM rozlíšiť aj stopové prvky. Mimoriadne zreteľne sa v röntgenovom spektre prejavuje emisná čiara železa, ktorú ob-



Entropia troch kôp galaxií, ktorá zodpovedá určitým teplotám. Vľavo: rýchla kopa galaxií (modrá) generuje v plyne horúcu nárazovú vlnu, označenú šípkou. Uprostred: relatívne chladný plyn v kope galaxií, ktorá sa po kolízii rozpadá. Vpravo: chladný (svetlomodrý) plyn v jednej kope galaxií.

však nie je veľká. Astronómovia študovali pomocou satelitov XMM-Newton a Chandra 11 galaktických kóp (s hmotnosťami od 200 po 1100 hmotností Slnka), vo vzdialenostiach 6 až 8 miliárd svetelných rokov. Výsledok pozorovania je pozoruhodný: hmotnosť vzdialených kóp sa dala vypočítať iba vtedy, keď zohľadnili hmotnosti a gravitačné pôsobenie bližších kóp. Objav pomohol spresniť kozmické parametre: vek, rozmery, strednú hustotu, podiel normálnej hmoty a tmavej hmoty a ich energií i výkyvy hustoty primordiálneho plynu.

K rovnakým výsledkom dospeli aj konkurenti Nemcov, ktorí zmerali parametre odlišnými metódami. Dnes vieme, že hustota hmoty, vrátane hmoty tmavej, predstavuje tretinu kritickej hodnoty, pri ktorej je vesmír vo veľkých škálach „plochý“. Zvyšné dve tretiny tvorí tmavá energia, ktorá rozpínanie vesmíru urýchľuje.

Vedci pomocou galaktických kóp vedia vysvetliť aj to, prečo sa v mladom vesmíre vytvárali zhustky, nehomogenity. Vyplýva to z počtu kóp galaxií, ktorý so vzdialenosťou klesá. Fyzikálnym parametrom pre zahusťovanie je Sigma-8. Je to údaj vyjadrujúci silu premien v takmer rovnomerne rozptýlenom prvotnom plyne. Čím silnejšie boli fluktuácie, tým rýchlejšie sa formovali kopy galaxií. Sigma-8 vyjadrujú hodnoty 0,55 až 0,83. Nakoľko počet kóp závisí od vlastností tmavej energie, údaje z röntgenových satelitov boli aj v tomto prípade na dobrej pomoci.

Nedávno sa röntgenovým astronómom dokonca podarilo novým spôsobom určiť Hubblovu konštantu. Ide o hodnotu, ktorá udáva, ako rýchlo sa vesmír v súčasnosti rozširuje: každou sekundu sa priestor (s priemerom 2 megaparseky) medzi kopami galaxií zväčšuje o 72 ± 8 kilometrov. (Jeden megaparsek má 3,26 miliónov svetelných rokov.)

### Zvyšok ohnivej gule

Američania z Alabamskej univerzity namerali pri monitorovaní 38 kóp galaxií vzdialených 1,4 až 9,3 miliardy svetelných rokov údaje, z ktorých vyplynulo, že hodnota Hubblovej konštanty je 77 (s presnosťou 15 %). To je v dobrej zhode z hodnotami, nameranými inými metódami. Američania pritom nepoužili bežnú metódu odhadu vzdialeností pomocou „štandardných sviec“, ale takzvaný SZ efekt, ktorý objavili ruskí astronómovia Rašid Suňajev a Jakov Zeldovič už v roku 1969. Táto metóda vychádza z toho, že horúca ICM odovzdáva studeným fotónom krátkovlnného žiarenia kozmického pozadia časť svojho tepla.

Toto extrémne rovnomeré žiarenie je pozostatkom po vesmíre, ktorý bol 380 000 rokov po big bangu ohnivou guľou. V tom čase sa stal vesmír viditeľným. Zvyškové, reliktné žiarenie prvého svetla môžeme dnes merať pomocou rádioteleskopov v oblasti mikrovln.

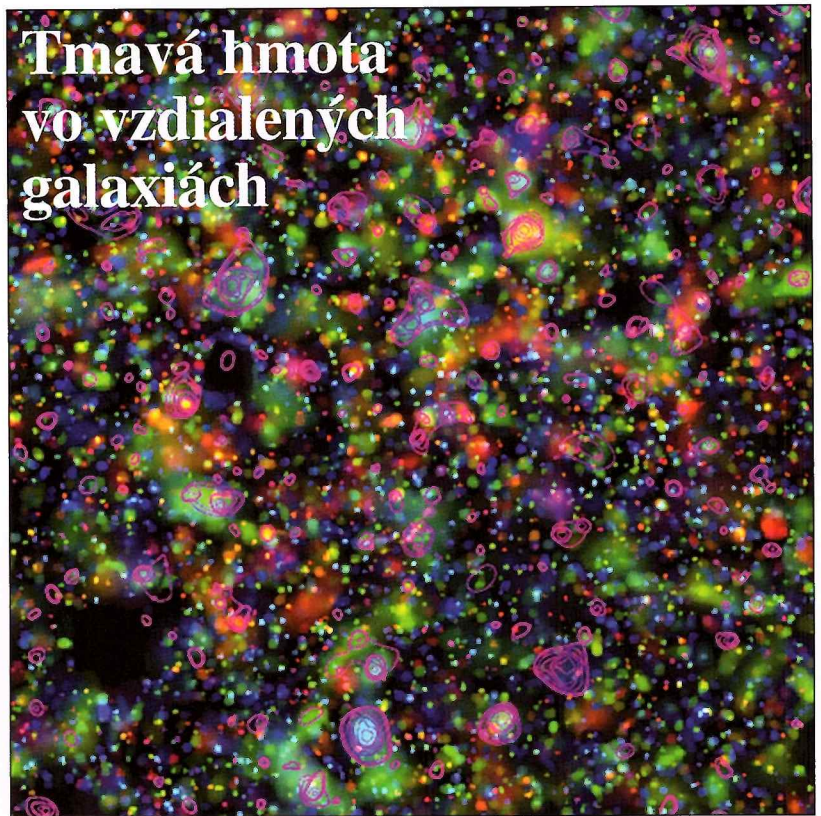
Dôsledkom výkyvov hustoty v primordiálnom plyne sa menila aj teplota žiarenia kozmického pozadia. Iba o niekoľko tisícín stupňa! Tam, kde fotóny žiarenia kozmického pozadia interagujú s elektrónami ICM s vysokou energiou, štatisticky od nich získajú trochu energie. Tieto lokálne oteplenia reliktného žiarenia dokážu rádioteleskopy zmerať! Práve takto boli objavené mnohé galaktické kopy.

SZ efekt nezávisí od vzdialenosti. Preto môžu astronómovia zmerať teplotu ICM, pomocou geometrických metód odhadnúť vzdialenosti kóp a nezávisle odvodiť aj hodnotu Hubblovej konštanty. To všetko prispieva k odpovedi na otázku, ako vesmír vznikol a ako sa vyvíjal.

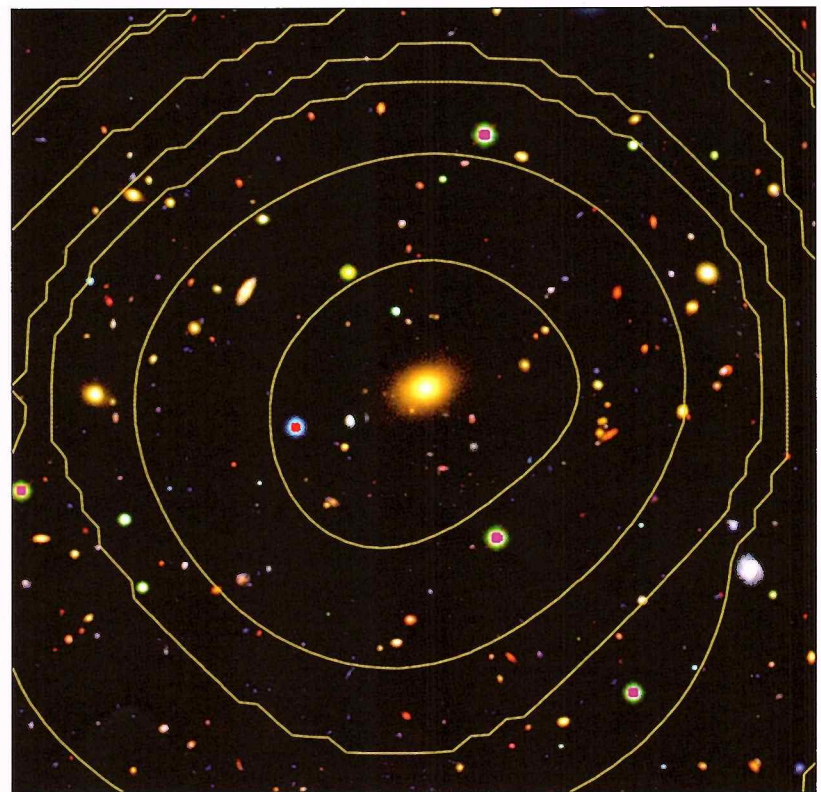
Moderná kozmológia už vyrástla z plienok. Na základné otázky už dokáže odpovedať jasnými, matematicky podloženými konceptmi.

HANS BÖHRINGER

## Tmavá hmota vo vzdialených galaxiách



Na snímke vidíte hustotu galaxií v poli COSMOS, aj s farbami, ktoré vyjadrujú červený posun. Modrá farba znázorňuje objekty s malým, červená s vysokým červeným posunom. Ružové škvrny zviditeľňujú röntgenové emisie, tak ako ich zachytil vesmírny ďalekohľad XMM-Newton. COSMOS (Cosmic Evolution Survey) je prehliadka oblohy zameraná na formovanie a evolúciu galaxií ako funkcie kozmického času (červený posun) a veľkoškálových štruktúr. Snímka pokrýva dva štvorcové stupne oblohy a zviditeľňuje aj objekty, ktoré ani vesmírne, ani najväčšie pozemské ďalekohľady nedokážu rozlíšiť.



Snímka objasňuje, ako sa pomocou röntgenových emisií určuje, ktorá galaxia v kope leží v centre. Snímku pozadia získal ďalekohľad Subaru. Žlté „vrstevnice“ vymedzujú röntgenové emisie podľa údajov zo satelitu XMM-Newton. Centrálna galaxia kopy je veľká galaxia uprostred snímky.

Pochopenie podstaty tmavej hmoty je jedným z hlavných cieľov kozmológie. Jednou z metód jej výskumu je využitie vzťahu medzi hmotnosťou a svietivosťou vo vzdialených kopách galaxií. Z analýzy údajov, získaných pomocou gravitačných šošoviek sa dá vypočítať hmotnosť obvyčajnej (baryonickej) hmoty i celková hmotnosť v kope (súčet baryonickej a tmavej hmoty).

Tento vzťah sa zatiaľ podarilo určiť iba v blízkych kopách galaxií. Medzinárodná spolupráca Intititútu Maxa Plancka pre mimozemskú fyziku (MPE), Astrofyzikálneho laboratória v Marseille (LAM) a Národného laboratória Lawrence Berkeleya (Berkeley Lab) umožnila určovať vzťah medzi baryonickou a tmavou hmotou aj vo veľmi vzdialených a malých štruktúrach.

Vedci využili najmä súbor údajov z kôp galaxií, zdrojov röntgenového žiarenia, ktoré získal vesmírny ďalekohľad XMM-Newton. Najviac týchto galaxií objavil Newton v oblastiach röntgenových emisií s rozmermi menšími ako 1 oblúčková minúta. V tejto škále sa vesmírnemu ďalekohľadu XMM-Newton nič nevyrovná. Iba s jeho pomocou sa vedcom podarilo objaviť a charakterizovať aj veľmi malé štruktúry, ktoré sa sformovali ešte v mladom vesmíre.

Gravitačné šošovky, masívne objekty v zornom lúči medzi pozemským pozorovateľom a vzdialeným objektom za nimi, zakrivujú priestor i svetlo zo vzdialených zdrojov. Čím je gravitačná šošovka hmotnejšia, tým viac zakrivuje priestor. Preto sa vyznačuje obraz vzdialených objektov istým skreslením, je deformovaný. Meranie týchto deformácií je kľúčom k určovaniu hmoty gravitačných šošoviek, ktorými sú neraz kopy galaxií.

Ak je účinok gravitačnej šošovky slabý, deformácia je taká nepatrná, že sa nedá pozorovať priamo. Iba zmeraním skreslení tvaru viacerých vzdialených galaxií (v kope) možno štatisticky vyjadriť priemernú deformáciu, spôsobenú masívnym objek-

tom, ktorý sa nachádza medzi nimi a pozorovateľom. Výpočet hmotnosti zo štatisticky vypočítaného skreslenia zobrazovaného objektu vyžaduje mimoriadne presné určenie stredy šošovkovanej (zobrazovanej) hmoty.

Vzdialené kopy galaxií majú vysoký červený posun ( $z$ ), preto nie je ľahké určiť, ktorá z nich leží v strede. Pri určovaní je vedcom na dobrej pomoci najmä röntgenové žiarenie kopy.

Ak sa astronómom podarí určiť pomocou röntgenových emisií stred zobrazovanej kopy galaxií, aj slabé šošovkovanie im umožní vypočítať celkovú hmotnosť vzdialených skupín a kôp galaxií (gravitačnej šošovky) s oveľa väčšou presnosťou ako doteraz.

Po zmeraní svietivosti každej zo skúmaných kôp porovnali údaje o ich hmotnostiach, odvodené zo slabého šošovkovania. Tak získali podiel hmotnosť/svietivosť celej kolekcie kôp, čím dramaticky rozšírili počet vzdialených, malých galaxií s vysokou hodnotou červeného posunu. Po porovnaní údajov získaných zo vzdialených a blízkych galaxií sa ukázalo, že vzťah medzi hmotou a svietivosťou je v oboch skupinách rovnaký. Odvodiť pomer celkovej hmotnosti (baryonická plus tmavá hmota) a vypočítať tak množstvo baryonickej hmoty už nebolo ťažké.

Slabé šošovkovanie sa stalo významným nástrojom merania evolúcie galaxií a galaktických kôp.

Vznik a evolúciu galaxií možno rekonštruovať porovnaním rozdielov hustoty v horúcom, mladom vesmíre. Tieto rozdiely sa dajú rozlíšiť ako teplotné rozdiely (variácie) v mikrovlnnom žiarení kozmického pozadia. Nepatrné variácie teploty v mikrovlnnom pozadí sú odtlačkami tmavej hmoty. Tá bola akýmsi lešením, v ktorom sa vyvíjali dnes vzdialené galaxie. Vďaka gravitačnému šošovkovaniu dokážu dnes vedci presne zmerať, ako sa tmavá hmota od samého začiatku vyvíjala.

Štúdie vzdialených kôp galaxií prispievajú k pochopeniu podstaty tmavej hmoty i toho, ako interaguje s normálnou, viditeľnou hmotou. Ďalším cieľom výskumu je aj lepšie pochopenie tmavej energie, ktorá generuje čoraz rýchlejšie rozpínanie vesmíru. Vedci zatiaľ netušia, či je tmavá energia konštantná, alebo dynamická. Alebo hádam ide iba o ilúziu, ktorú spôsobujú limity všeobecnej teórie relativity?

Pokroky v skúmaní tmavej hmoty a tmavej energie naznačujú, že vedci už onedlho môžu nájsť na tieto otázky uspokojivé odpovede.

Newton Press Release

## Zvláštny objekt v galaxii M82

M82 je relatívne blízka galaxia. Zvláštny objekt v tejto galaxii objavili rádioastronómovia z Jordell Bank Observatory. Objekt sa objavil náhle a nemení sa. Vedci v našej Galaxii doteraz nič podobného nepozorovali.

V galaxii M82, vzdialenej 10 miliónov svetelných rokov, sa formuje mimoriadne veľa hviezd. Túto „plodnosť“ vyvolala kolízia s masívnou špirálovou galaxiou M81, ktorá sa odohrala pred niekoľkými miliónmi rokov. Nové hviezdy, najmä tie v centrálnej oblasti, sú masívne, ale majú krátky život, končiaci sa výbuchom supernovy. V galaxii M82 explodujú v priebehu storočia 3 až 4 supernovy. Odvrhnuté obálky sa šíria do okolitého priestoru rýchlosťou okolo 10 000 kilometrov za sekundu.

Zvláštny objekt vzplanul náhle, preto ho najskôr považovali za supernovu. Jasnosť supernov sa však (aj v rádiovej oblasti) veľmi rýchle znižuje. Zvláštny objekt, objavený v máji 2009, si však po celé mesiace udržal rovnakú jasnosť.

Zostava rádioteleskopov MERLIN monitorovala objekt 50 dní po vzplanutí. Prístroje zaznamenali zmenu polohy explóziou vyvrhnutého materiálu, čo znamená, že ich rýchlosť mnohonásobne prevyšuje rýchlosť pohybu materiálu vyvrhnutého z normálnej supernovy. Také hodnoty namerali iba pri výtryskoch, ktoré prýšťa z akrečných diskov, krúžiacich okolo masívnych čiernych dier.

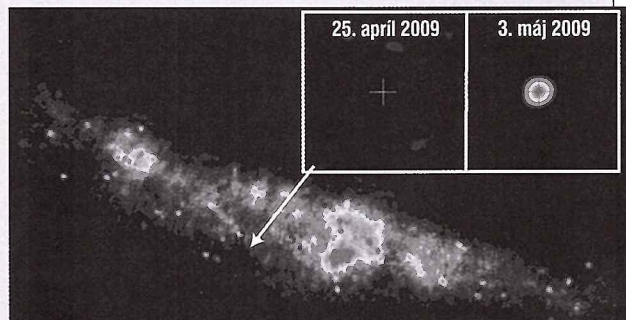
Aj v jadre M82, ako vo väčšine veľkých galaxií, hniezdi masívna čierna diera. Poloha zvláštného objektu, niekoľko oblúčkových sekúnd od jadra, svedčí o tom, že nie je súčasťou centrálného, skolabovaného jadra M82.

Vedci usúdili, že by to mohol byť mimogalaktický mikrovkazar, prvý z týchto objektov, ktorý sa podarilo detegovať rádioteleskopom. Už dávnejšie boli v našej Galaxii objavené röntgenové dvojhviezdy s výtryskami, ktoré generujú neznáme mechanizmy v akrečnom disku kolabujúcej hviezdy, jednej zo zložiek systému. Taká hviezda nasáva zo svojho spolupútника hmotu. Zvláštny objekt z galaxie M82 je však jasnejší ako ktorýkoľvek náprotivok v Mliečnej ceste. Žiaril o celé mesiace dlhšie ako ktorýkoľvek zdroj v röntgenovej dvojhviezde, a v materskej galaxii sa nachádza v polohe, v akej sa doteraz nepodarilo objaviť ani jediný zdroj röntgenového žiarenia.

Mimoriadna jasnosť a nezvykle dlhá životnosť objektu svedčia o tom, že je súčasťou systému neznámeho typu, ktorého hlavnou zložkou je masívna čierna diera. Takéto objekty sú vo vesmíre extrémne vzácne. V našej Galaxii nie je známy ani jediný.

Vedci z Jordell Bank spracúvajú údaje zo sústavy 20 rádioteleskopov rozmiestnených po celej Zemi, ktoré získavajú údaje z centra M82. Po ich spracovaní získajú predstavu o tom, ako nový rádiový zdroj vyzerá.

Jordell Bank Press Release



Poloha mikrovkazaru v galaxii M82. Rádiový zdroj v priebehu týždňa nevidane zjasnel, ale na rozdiel od supernov, celé mesiace takmer nezmenil jasnosť. Rozlíšenie 40 oblúčkových milisekúnd na pixel. (10-centová minca zo vzdialenosti 100 km.)

Snímka znázorňuje, ako sa pomocou röntgenových emisií určuje, ktorá galaxia v kope leží uprostred skupiny. Presné určenie centrálného objektu je dôležité pre štúdie, ktoré využívajú slabé gravitačné šošovkovanie na meranie celkovej hmotnosti (vrátane tmavej hmoty jednotlivých kôp galaxií). Snímku exponoval ďalekohľad Subaru. Žlté „vrstevnice“ znázorňujú gravitačnou šošovkou deformované röntgenové emisie odvodené z údajov satelitu XMM-Newton. Veľká galaxia v strede snímky je centrálnou galaxiou skupiny.

# Chondrity z Thorsbergu

**Pred 470 miliónmi rokov sa v páse planetoidov zrazili dva asteroidy a rozpadli sa na márne kúsky. Istý geológ túto udalosť na základe vzoriek z južného Švédska zrekonštruoval.**

Svetločervený vápenec z kameňolomu pri mestečku Thorsberg v južnom Švédsku je už celé storočia obľúbeným stavebným materiálom. Z platní bohatých na fosílie vyrábajú schody i preklady nad dverami. Robotníci, ktorí platne píli, niekoľkokrát do roka objavujú v kameni zvláštne ložiská cudzorodej hmoty: čierne, okrúhle alebo pozdĺžne hrudky s priemerom 1 až 20 centimetrov. Sú veľmi nápadné, ale kamenári ich považovali za kaz. A tak ich vyhadzovali na haldu.

V poslednom čase narábajú robotníci s hrudkami najvyššie opatrne. Ukázalo sa, že sú to „fosílné meteority“, ktoré podľa mineralóga Birgera Schmitza z Lundskej univerzity dopadli na Zem v druhohorách, v ordoviku, pred 440 až 490 miliónmi rokov. Fosílné meteority sú mimoriadne zriedkavé. V zbierkach i donedávna bolo iba zopár. Schmitz však v kameňolome Thorsberg našiel najmenej 90 kusov: „Tolko meteoritov na takej malej ploche ma šokovalo,“ spomína. Podľa výpočtov počas 2 miliónov rokov (tak dlho sa ukladala 4 metre hrubá vrstva kriedy) muselo na Zem dopadnúť 100-násobne viac meteoritov ako normálne.

## Niekoľko miliónov hirošimských bômb

Schmitz, spolu s kolegami, kozmickú drámu postupne zrekonštruovali. „Meteority sú pozostatkom po najväčšej kozmickej dráme, ktorá sa v našej Slnecnej sústave počas poslednej miliardy rokov odohrala. Pred 470 miliónmi rokov sa medzi Jupiterom a Marsom zrazili dva asteroidy. Ten väčší mal priemer 150 až 200 km, priemer menšieho odhadli na 5 km. Energia takejto zrážky sa vyrovná niekoľkým miliónom atómových bômb, ktoré zničili Hirošimu. Keď menšie teleso narazilo a preniklo do väčšieho, oba vybuchli. Malý asteroid sa vyparil, veľký sa rozpadol na milióny kusov.



**Vo platniach vápenca z kameňolomu pri švédskom meste Torsberg objavil mineralóg Birger Schmitz vyše 90 fosílnych meteoritov.**

Explózia poznamenala každý kusok triešte: pôsobením extrémneho tlaku, ktorý netrval viac ako niekoľko sekúnd, sa niektoré nerasty premenili, iné sa vo vysokej teplote roztavili a po stuhnutí obalili sklovitou hmotou. Oblak triešte sa pohyboval blízko oblasti, odkiaľ gravitačný prak Jupitera mení dráhy tam prítomných telies. Množstvo malých kolízií usmernilo triešť i väčšie kúsky do tejto nestabilnej zóny, odkiaľ ich Jupiter katalpuloval do vesmíru. Väčšinu triešte usmernil do vnútra Slnecnej sústavy.

Zhruba 50 000 rokov po kolízii začali meteority dopadať na Zem. Mnohé dopadli do plytkého mora,

ktoré v tom čase zalievalo dnešnú Škandináviu. Tmavé kamene klesli ku dnu, kde ich postupne prekryli nánosy. Meteority poznamenala erózia, ale ich štruktúra sa zachovala, tak ako pri odumretých živých organizmoch, ktoré sa na dne mora ukladali. Niektoré fosílné meteority si dokonca zachovali aj obal sklovitej, pretavenej kôry, ktorá sa vytvorila po vstupe do zemskej atmosféry.

V mnohých hrudkách objavili svetlé guľičky. Tieto „chondry“ sú typické pre istý druh primitívnych meteoritov – chondrity. Tvoria ich prakticky nezmenený, pôvodný materiál slnecnej prahmloviny, z ktorej sa pred 4,5 miliardami

rokov sformovala Slnecná sústava. Najväčšie objekty z oblaku triešte doputovali do našich končín niekoľko miliónov rokov po zrážke. Vedci predpokladajú, že zhruba 2000 kusov s väčším priemerom ako 100 metrov dopadlo na povrch Zeme. Niekoľko z nich mohlo mať priemer aj 10 kilometrov. Taký bol aj asteroid, ktorý pred 65 miliónmi rokov spôsobil vymretie dinosaurov.

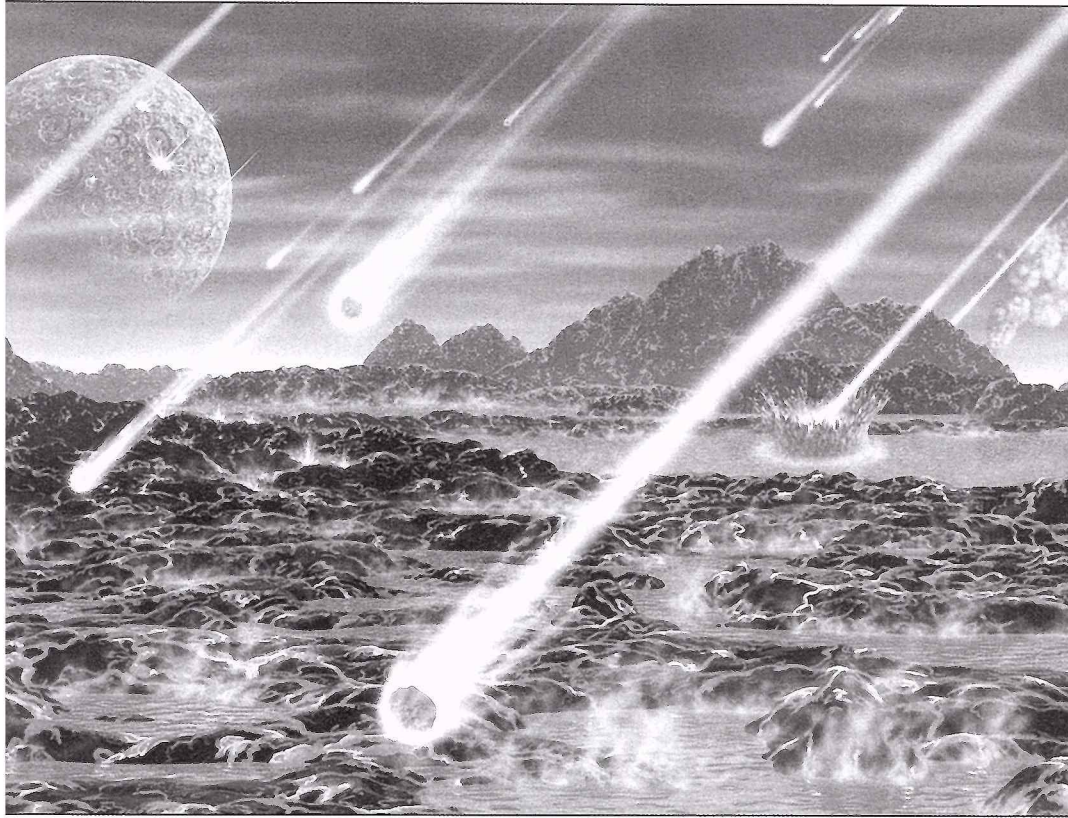
## Po moriach sa valili cunami

Dôkazy o masívnom bombardovaní Zeme získal škótsky geológ John Parnell z Univerzity v Aberdeene. Nedávno zverejnil štúdiu, v ktorej píše, že okraje všetkých, v tom čase porozpájaných kontinentov, rozhybali mohutné otrasy. Na povrch dnešného Estónska, ktoré v tom čase bolo pod morom, dopadlo niekoľko telies s priemerom 30 metrov. Z pobreží dnešnej Číny, Argentíny a Anglicka sa odlomili obrovské kryhy kontinentálneho šelfu a premiešali sa s usadeninami na morskom dne. Početné impakty na okrajoch kontinentov vyvolali gigantické zemetrasenia. Po zanorených svahoch kontinentov sa spúšťali gigantické lavíny, v oceánoch sa vzdúvali cunami.

Smrtizovu teóriu o zrážke asteroidov mnohí neprijali. Pätnásť rokov trvalo, kým mineralóg zhromaždil toľko dôkazov, že skeptickí kolegovia jeho teóriu odobrili. Najsilnejším dôkazom je fakt, že všetky meteority z Thorsbergu pochádzajú z jedného telesa. Potvrdili to zrníčka odolného minerálu chromit, ktorý sa vo fosílnych meteoritoch uchoval v nezmenenom stave celé milióny rokov.

V drobných kúsočkoch chromitu, nie väčších ako zlomok milimetra, sa uchovali aj nepatrné otlaky malého, impaktujúceho telesa. Výsledky chemickej analýzy boli jednoznačné: všetky meteority z Thorsbergu sú L chondrity. Písmeno L (low iron) označuje meteority s nízkym obsahom železa, čo je príznačné pre chondrity. Už od 60. rokov sa vie, že všetky L chondrity pochádzajú z jediného veľkého telesa, ktoré sa po kolízii rozpadlo pred (zhruba) 500 miliónmi rokov. Mario Trieloff a jeho kolegyňa Jekaterina Korotčanceva z Heidelbergskej univerzity medzi-





Takto mohlo vyzerat bombardovanie Zeme meteoritmi v ordoviku, ktoré podľa všetkého urýchlilo evolúciu.

tým čas zrážky spresnili a podopreli tak Schmitzovu teóriu. Ich odhad: k zrážke došlo pred 470 miliónmi rokov. Dnes už nik nepochybuje, že bombardovanie L chondritmi spôsobilo rozpad veľkého materského telesa.

Švédskym geológom sa podarilo spresniť aj odhad, ako dlho triešť putovala na Zem. Zo stôp vzácnych plynov sa dá vyčítať, ako dlho bol ten-ktorý meteorit vystavený kozmickému žiareniu a slnečnému

vetru. Prvé chondrity so zrnčkami chrómu putovali iba 50 000 rokov. Najväčším oneskorencom (chondritom, ktoré uviazli v najmladších vrstvách) to trvalo až milión rokov.

L chondrity, ktoré dnes na Zem dopadajú, neboli však súčasťou pôvodného oblaku triešte. Aj ony sú síce úlomkami z pôvodného materského telesa, ale na svoju púť sa vydali až neskôr, po neskorších kolíziách, ktoré ich oddelili od väčších telies.

Vedci medzičasom preskúmali viaceré impaktné krátery z ordoviku. Geológ Karl Alwmark z Lundskej univerzity, preskúmal materiál impaktom vyvrhnutý materiál okolo krátera v južnom Švédsku. Našiel v ňom množstvo chondritov so zrnčkami chrómu, ktorých chemické parametre sú vo vzácnej zhode z tými z Thorsbergu. Ďalšie chondrity so zrnčkami chrómu objavil v Estónsku, vo vápencových balvanoch, ktoré sa po dopadne odlomili z pobrežia. Vedci sa nazdávajú, že chondrity, ktoré dodnes dopadajú na Zem, by mohli patriť k nevýraznej rodine meteoritov, označovanej ako Gefion.

### Urýchlenie evolúcie

Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že toto ordovické bombardovanie nepriaznivo ovplyvnilo život na Zemi. Obrovské oblaky kozmického i pozemského prachu zatemnili atmosféru, priemerné

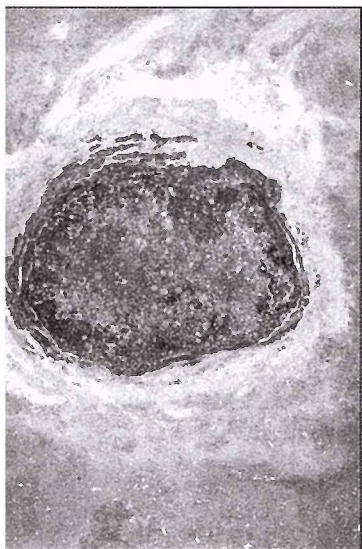
teploty sa výrazne znížili. Menšie i väčšie impakty, ktoré 20 miliónov rokov dopadali na rôzne časti Zeme spôsobili, že zasiahnuté oblasti sa stali na dlhý čas neobývateľnými. Lavíny bahna, zosúvajúc sa zo svahov kontinentov, pridusili život v šelfoch, kde vegetovalo najviac organizmov. Vedci však nenašli nijaké príznaky masového vymierania. Práve naopak: práve v tom čase, keď na Zem začali dopadať prvé chromity a malé meteority, za-

čal strom života neobyčajne rýchlo košatiť. V ordoviku síce žili na Zemi zvieratá, ale ich vývoj bol iba v plienkach. „Už v kambriu sa vyvinula väčšina kmeňov organizmov a vznikli základné štruktúry, ktoré mali najrozličnejšie tvary,“ vysvetľuje Schmitz, „ale rôznorodosť na úrovni druhov, rodov a čeladi bola iba minimálna.“

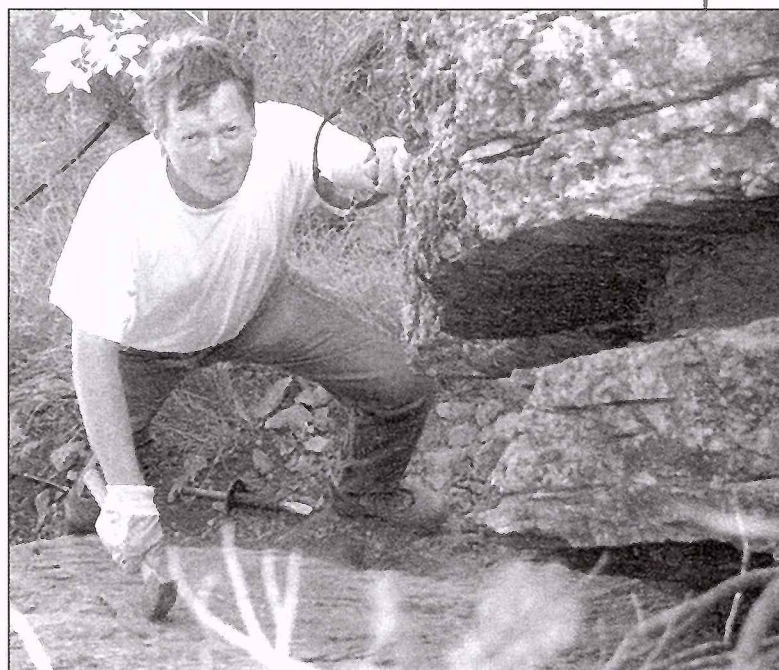
Evolúcia, po búrlivom štarte na začiatku kambria, uviazla. Počet biologických druhov sa znížil. Ekologické systémy boli organizované iba primitívne. Väčšina druhov filtrovala potravu na morskom dne z vody. Schmitz sa nazdáva, že bombardovanie tento ustrnutý život rozrábalo a urýchlilo tým evolúciu. Jednoznačný dôkaz pre toto tvrdenie zatiaľ nejestvuje. Schmitz však trvá na svojom: „Nemôže byť náhoda, že sa explózia života v ordoviku odohrala na Zemi paralelne s bombardovaním.“ Axel Munnecke z University v Erlangene a Norimbergu si však nevie predstaviť, ako by dlhé bombardovanie meteoritmi mohlo evolúciu urýchliť: „Život sa do šírky rozvinul už pred spŕškami meteoritov.“

Schmitz chce skeptikov presvedčiť a predostrieť im ďalšie dôkazy. Neponáhľa sa: „Pätnásť rokov mi trvalo, kým som kolegov presvedčil, že spŕška meteoritov v ordoviku súvisí so zrážkou dvoch asteroidov. A uplynie možno ďalších pätnásť rokov, kým sa teória urýchlenia evolúcie potvrdí.“

Bild der Wissenschaft



Aj táto tmavá hrudka uprostred sivastého vápencu s priemerom 20 cm dokazuje, že pred 470 miliónmi rokov došlo v páse asteroidov k zrážke dvoch veľkých telies.



Švédsky mineralóg Birger Schmitz.



## Slovenský meteorit Košice

28. februára 2010 o 23:24:46 SEČ osvetlil veľmi jasný meteor – bolid – nočnú oblohu nad Strednou Európou. Napriek neskorej nočnej hodine množstvo ľudí v okruhu niekoľkých stoviek kilometrov hlásilo nezvyčajne jasný úkaz. Prebiehal práve finálový zápas olympijského turnaja v hokeji. Svetlo z bolidu prelietajúceho atmosférou osvetlilo ulice a cez okná preniklo do bytov. Na niektorých miestach východného Slovenska a severného Maďarska bolo počuť dunenie podobné hromu alebo výbuchu, čo naznačovalo uvoľnenie energie v podobe zvukových vln.

Kvôli oblačnosti a dažďovým prehánkam nepracovali v dobe preletu bolidu optické záznamové zariadenia Európskej bolidnej siete (riadená dr. P. Spurným z Astromického ústavu AV ČR) v Čechách a na Slovensku (Modra, Lomnický štít) a ani Slovenskej videosiete na pozorovanie meteorov (Univerzita Komenského v Bratislave). Na prvý pohľad sa zdalo, že nebudú dostupné žiadne vedecké dáta o prelete nezvyčajne jasného telesa medziplanetárnej hmoty. Napriek oblačnosti pracovali rádiometrické senzory na 7 automatických bolidových stanicach v ČR (6) a v Rakúsku (1) a dr. Spurný mohol presne určiť čas, trvanie a približnú jasnosť bolidu, ktorý bol viac ako 1000-krát jasnejší ako Mesiac v splne.

1. a 3. marca sa objavili videozáznamy zo súkromných bezpečnostných kamier z dvoch miest v Maďarsku (Órkény – Fazzi Daniella a Vass Gábor; Telki – kontaktné osoby Szarneczky Krisztián, Kiss László), ktoré priamo zachytili prelet bolidu a dali sa použiť na výpočet jeho dráhy. Prostredníctvom dr. J. Tótha a amatérskeho spolupracovníka T. Czörgeia sa kalibračné údaje vykonané Antalom Igazom a spolupracovníkmi z Maďarskej astronomickej asociácie (MCSE – [www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)) dostali k dr. J. Borovičkovi z AsÚ AVČR, Ondřejov, ktorý je jedným z najlepších špecialistov vo svete na určenie dráhy bolidov z videozáznamov. Ten po detailnej analýze a výpočtoch určil trajektóriu letu. Teleso letelo nad Slovenskom zo západu na východ. Vo výške 35 km nad povrchom došlo k najväčšej explózií, pri ktorej sa veľká časť telesa rozpadla. Ale malá časť hmoty sa postupne brzdila a dopadla na zem vo forme meteoritov západne od Košíc. Všetky predchádzajúce mediálne zverej-



Pátracia skupina a prvé dva nálezy.



Najväčší úlomok má 2,19 kg.



Úlomok označený ako Cw.

nené informácie o údajných meteoritoch (obec Bretka, Rožňava, nádrž Ružín, východne od Košíc) sa nezakladali na pravde alebo precíznych výpočtoch. Seizmológ dr. P. Kalenda z Ostravy na základe seizmických dát zo Slovenska nezávisle potvrdil trajektóriu dr. J. Borovičku.

Dr. J. Tóth a dr. L. Kornoš z Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK v Bratislave 12. marca konfrontovali svedectvá ľudí, ktorí videli alebo počuli prejavy bolidu, s predbežne vypočítanou spádovou oblasťou.

Definitívne potvrdenie výpočtov priniesla až prvá spoločná expedícia (AsÚ SAV – doc. J. Svoreň a FMFI UK – dr. J. Tóth) po roztopení snehu v okolí obce Vyšný Klátov, kde 20. marca našiel dr. J. Tóth prvý meteorit. Nasledovali ďalšie expedície vedeckých pracovníkov a doktorandov FMFI UK, AsÚ SAV, AsÚ AV ČR. Celkovo sa našlo 64 meteoritov s hmotnosťami od 0,5 gramu po 2,19 kg.

Prvý meteorit bol analyzovaný na FMFI UK jadrovými fyzikmi (prof. P. Povinec) na prítomnosť kozmogénnych izotopov, ktoré jednoznačne potvrdili mimozemský pôvod. Ďalšia promptná analýza určila, že ide o obyčajný chondrit typu H5 (dr. J. Haloda z Českej geologickej služby), čo znamená, že ide o najbežnejší typ kamenných meteoritov. Z komerčného hľadiska majú malú cenu, ale z vedeckého hľadiska ide o veľmi výnimočný prípad. Na svete je nájdených okolo 40 000 meteoritov, ale z toho len 14 má doteraz určenú dráhu, takže vieme, z ktorej časti Slnecnej sústavy k nám prišli. Meteorit „Košice“, po oficiálnom schválení a katalogizovaní, bude 15. prípadom meteoritu s rodokmeňom, prvým na Slovensku. Od posledného pozorovaného pádu meteoritu na Slovensko, ktorého dráha sa vtedy nedala určiť, prešlo 115 rokov.

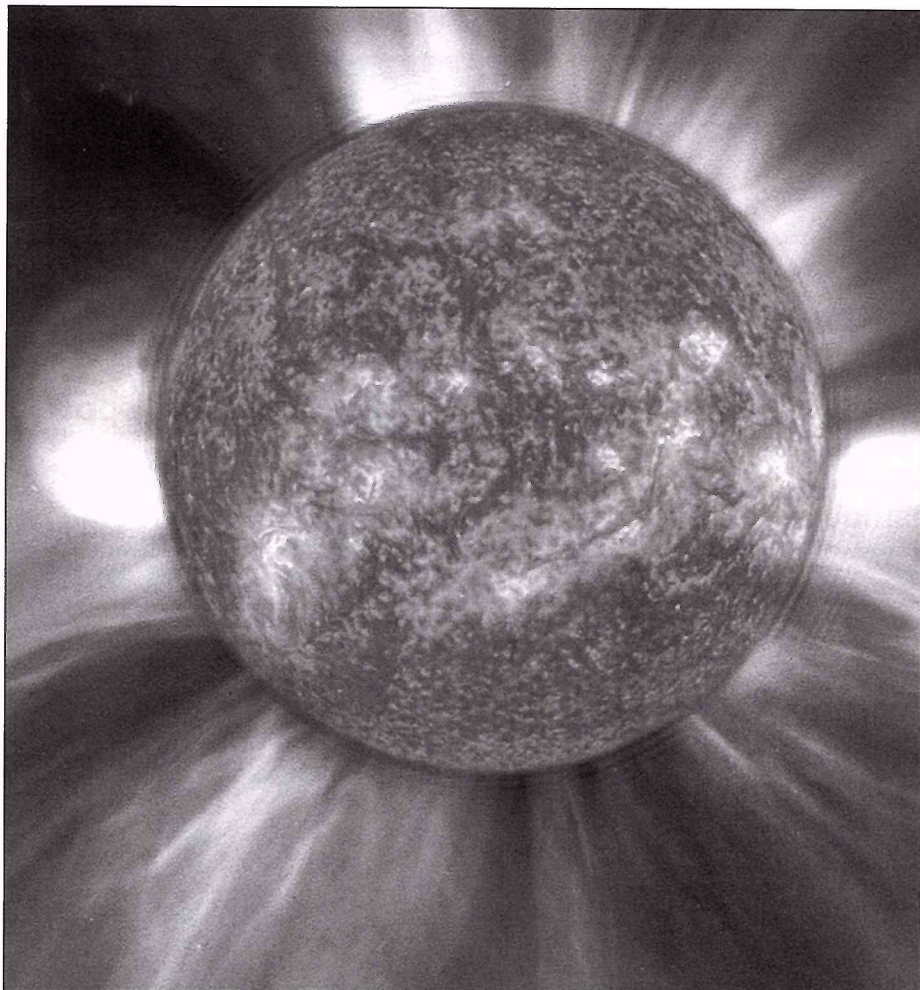
Tento prípad si zaslúži pozornosť aj pre príkladnú spoluprácu vedeckých inštitúcií troch krajín. Prípad je nadnárodný, hoci teleso si „vybralo“ miesto dopadu na Slovensku. Zber a nakladanie s meteoritmi upravuje zákon č. 287/1994 a nadväzná vyhláška MŽP SR č. 213/2000 o chránených nerastoch, ktorá oprávňuje na túto činnosť iba štátne a príslušné akademické inštitúcie. V prípade náhodného nálezcu je potrebné označiť miesto (GPS súradnice, náčrt do mapy), spraviť fotodokumentáciu a kontaktovať Astronomický ústav SAV, alebo Katedru astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK. Nálezca dostane symbolickú odmenu a jeho meno bude uvedené pri vystavenom meteorite v múzeu.

Meteority budú uložené v Slovenskom národnom múzeu a profesionálnych astronomických inštitúciách AsÚ SAV Tatranská Lomnica a Katedry astronómie, fyziky Zeme a meteorológie FMFI UK v Bratislave, kde bude prebiehať ich ďalší výskum.

**Doc. RNDr. JÁN SVOREŇ, DrSc.,  
AsÚ SAV Tatranská Lomnica  
RNDr. JURAJ TÓTH, PhD.,  
KAFZM FMFI UK v Bratislave**

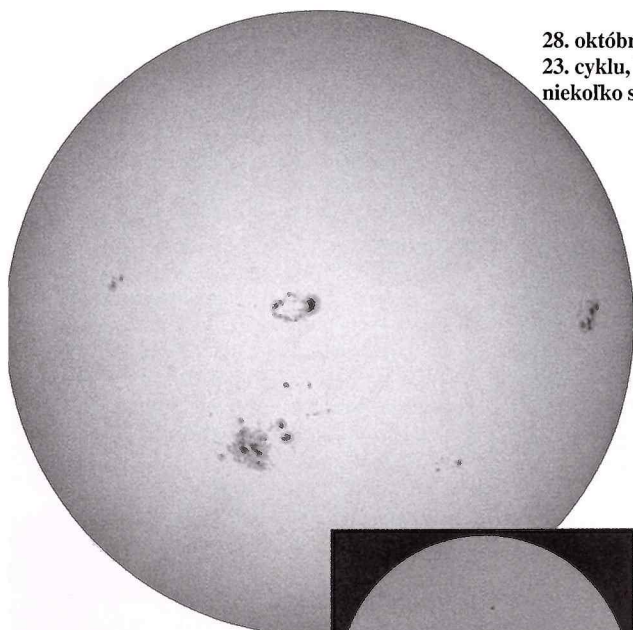
[http://www.ta3.sk/12\\_sk.php?part=news\\_events&cont=meteorit](http://www.ta3.sk/12_sk.php?part=news_events&cont=meteorit)

# Je Slnko výnimočná hviezda?

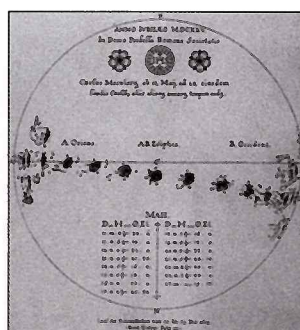
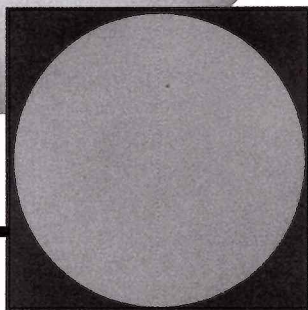


Miliardu ton plynu rozptýlil do priestoru veľký výtrysk koronálnej hmoty. Úkaz zaznamenali 8. januára 2002, blízku vrcholu 23. slnečného cyklu.

28. októbra 2003, po vrchole 23. cyklu, bolo ešte na Slnku niekoľko skupín škvrn.



2. februára 2010 zaznamenali na Slnku iba jedinú, nepatrnú škvrnu. Posledný 24. slnečný cyklus sa predlžuje.



Vzácný záznam slnečných škvŕn putujúcich kotúčom Slnka, ktoré v roku 1611, v takmer rovnakom čase ako Galilei, zaznamenal Christoph Scheiner.

Donedávna sa tradovalo, že Slnko je obyčajná hviezda, akých sú milióny. Napriek tomu sa astronómom podarilo nájsť iba niekoľko hviezd s podobnými parametrami. Skutočného dvojníka ešte hľadajú.

Teoretické modely Slnka sa neustále menia. Slneční fyzici priebežne, na základe nových údajov, zdokonaľujú predstavy o našej hviezde, ktorá dosiahla stredný vek. Mnohí z nich sú presvedčení, že ide o normálnu, priemernú hviezdu. Tí istí vedci však jedným dychom upozorňujú, že naša hviezda je unikátna, zvláštna.

Najčastejšie otázky, ktoré si solárnici kladú: Do akej miery možno Slnko považovať za normálnu hviezdu spektrálneho typu G? Je Slnko, vzhľadom na svoje parametre, predurčené na vznik a vývoj života, alebo je naša evolúcia výsledkom súhry šťastných náhod? A napokon, ak je Slnko naozaj priemernou hviezdou, kde má medzi stovkami miliárd hviezd v našej Galaxii dvojníka?

Astronómovia hľadajú dvojníka Slnka celé desaťročia. Porovnávajú so Slnkom fyzikálne a chemické parametre tisícov hviezd. Podľa starej definície treba slnečného dvojníka hľadať medzi hviezdami spektrálneho typu G, bez ohľadu na ich vek. Dnes sa slniečkari zhodujú na tom, že dvojník by mal mať nielen rovnaký vek, ale aj zhruba rovnakú hmotnosť, chemické zloženie a teplotu.

## Slnečné škvrny

Väčšinu z toho, čo dnes o Slnku vieme, nám prezradili premenlivé magnetické sily, prejavujúce sa v priebehu 11-ročného slnečného cyklu. Počas posledných 100 rokov zaznamenali pozorovatelia 40- až 50-tisíc slnečných škvŕn. Ich počet počas jedenásťročného cyklu stúpa a klesá. Posledný, dvadsiaty štvrtý z doteraz pozorovaných jedenásťročných cyklov, sa začal s ročným oneskorením. Počas roku 2008 nezaznamenali solárnici počas 260 dní ani jedinú viditeľnú škvrnu. Až v júni a v júli 2009 sa po poslednom minime objavila slabučká slnečná aktivita.

Typická slnečná škvrna má 2- až 3-krát väčší priemer ako naša Zem. Posádka San Fernando Observatoriy v Kalifornii zaznamenala v tom roku (2009) iba tri škvrny menšie ako Zem. Počas normálneho solárneho maxima sa každý deň vynoria desiatky slnečných škvŕn.

Prvé záznamy o slnečných škvŕnách sa objavili už v 4. storočí pred našim letopočtom. V roku 1610 pozoroval škvrny putujúce slnečným kotúčom Galileo Galilei. Stalo sa tak 30 rokov predtým, ako sa slnečné škvrny počas Maunderovho minima nadobro stratili. Maunderovo minimum trvalo 70 rokov, od roku 1645 do roku 1715.

O dvesto rokov neskôr sa nemeckému astronómovi Heinrichovi Schwabemu podaril objav. Schwabe hľadal planétu medzi Merkúrom a Slnkom. Počas pozorovaní si všimol, že počet škvŕn na Slnku sa cyklicky mení, pričom maximum sa opakuje zhruba raz za 10 rokov.

Po roku 1760 zaznamenali vedci 23 takýchto cyklov. „V marci 2007 som predpovedal, že 24.

cyklus sa najmenej o jeden rok oneskorí," vraví Roger Ulrich, solárny fyzik z Kalifornskej univerzity. „Stalo sa: prekonali sme aj solárne minimum z roku 1905. Iba počas Maunderovho minima trval cyklus dlhšie. Som však presvedčený, že nastáva obdobie narastajúcej slnečnej aktivity.“

Mimoriadne dlhé slnečné minimum nastolilo otázku, či solárnici rozumejú procesom prebiehajúcim vo vnútri Slnka. Najväčšie pochybnosti sa objavujú v súvislosti s magnetickými poľami.

Magnetické polia vznikajú v slnečnom vnútre. Dynamické toky plazmy generujú elektrické prúdy, ktoré fungujú ako aktívne slnečné dynamo. Z tohto procesu sa rodia magnetické polia.

Slnko tieto magnetické polia koncentruje, kúskuje i mieša. Narušené polia umožňujú stúpajúcim a klesajúcim balíkom plazmy schopnosť prenášať energiu. Tento proces sa nazýva konvekcia. Tam, kde magnetické polia preniknú nad povrch Slnka, fotosféru, teplota sa oproti okoliu zníži o 1500 °C. Taká oblasť vyžaruje menej energie a vyzerá tmavšie. Zviditeľní sa slnečná škvrna.

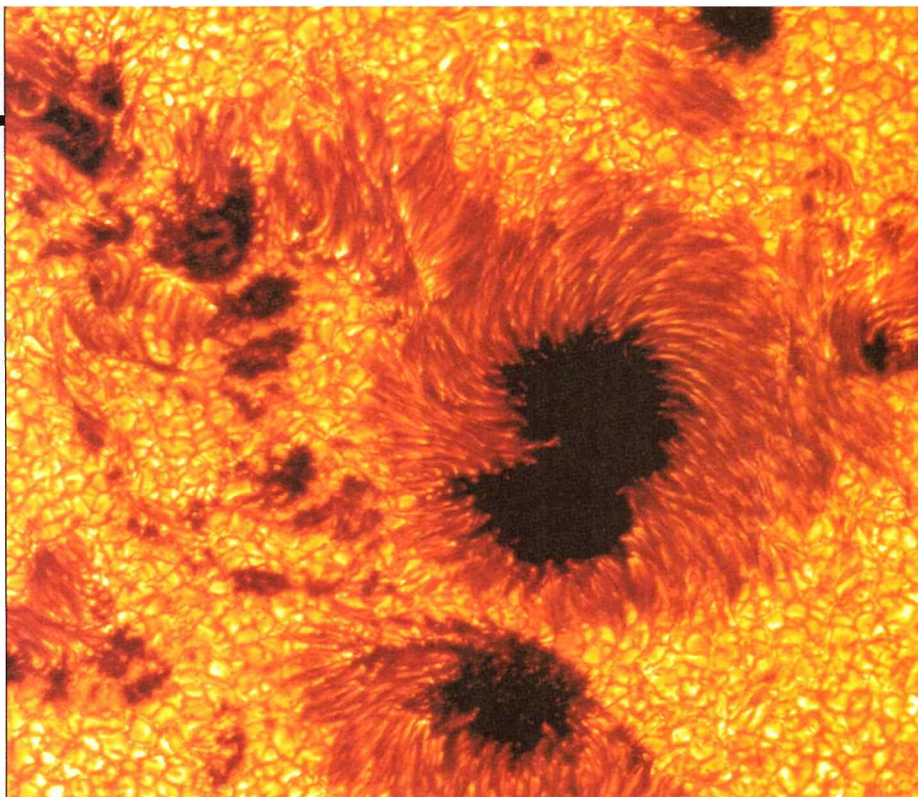
Podľa teórie dynamo hlavnou zložkou magnetického poľa je dipólové pole generované pohybujúcou sa vodivou plazmou v oblasti rovníka. S týmto poľom súvisí výskyt škvŕn. Toroidné pole pripomína veľký gumenú pleumatiku, poskrúcanú vo vnútri Slnka. Tam, kde sa slučka z magnetického poľa vynorí nad fotosférou, objaví sa dvojica škvŕn.

Pod povrchom Slnka však prebieha oveľa viac procesov. Prúdy plazmy, pohybujúce sa z východu na západ, takzvané torzné oscilácie, sa pomaly premiestňujú zo stredných širok smerom k rovníku i k obom pólom.

Táto migrácia má obvykle 17-ročnú periódu. V roku 2009 však slneční fyzici Rachel Howe a Frank Hill z Národného slnečného observatória (NSO) v Tucsone (Arizona) zistili, že zonálna migrácia najstaršieho cyklu sa výrazne spomalila. Prúd sa premiestňuje smerom k rovníku pomalšie ako v predchádzajúcom cykle, pričom narastajúci čas je v zhode s predlžujúcim sa minimom.

### Ďalšie Maunderovo minimum?

Či oba javy navzájom naozaj súvisia, ukáže čas. Riaditeľ NSO Mark Giampapa ako prvý



Skupinu slnečných škvŕn môže tvoriť až niekoľko desiatok škvŕn. Uprostred každej škvŕny je tmavá oblasť, umbra, ktorá býva až o 1500 °C chladnejšia ako fotosféra a tmavšia ako okolité oblasti, nazývané penumbra.

vyslovil názor, že sme sa (asi) ocitli na prahu nového minima typu Maunder, alebo vstupujeme do takzvaného veľkého slnečného maxima. Giampapa sa osobne nazdáva, že to bude nové Maunderovo minimum. „Naše údaje o slnečných škvŕnách získaných po roku 1980 naznačujú, že ide v priemere o dlhotrvajúci trend slabnúcej sily magnetického poľa v slnečných škvŕnách,“ tvrdí Giampapa. Aký to bude mať dopad na Zem? Giampapa upozorňuje, že po maxime v roku 1998, sa globálne teploty začali znižovať.

Hill s Giampapom nesúhlasí. Neverí, že vstupujeme do Maunderovho minima. Tvrdí, že predĺženie minima mohli vyvolať vedľajšie akcie dynamo v konvekčnej zóne Slnka. Hill dodáva, že ak by sa aj ukázalo, že Maunderovo minimum nastane, na Zem to veľký vplyv mať nebude: „Počas veľkého minima poklesnú priemerné teploty nanajvýš o 1 °C.“ Niektorí solárnici nami-

etajú, že klimatické mechanizmy Zeme generujú priebežne aj také zmeny teploty, aké slneční fyzici a klimatológovia nedokážu zatiaľ v celej ich zložitosti pochopiť.

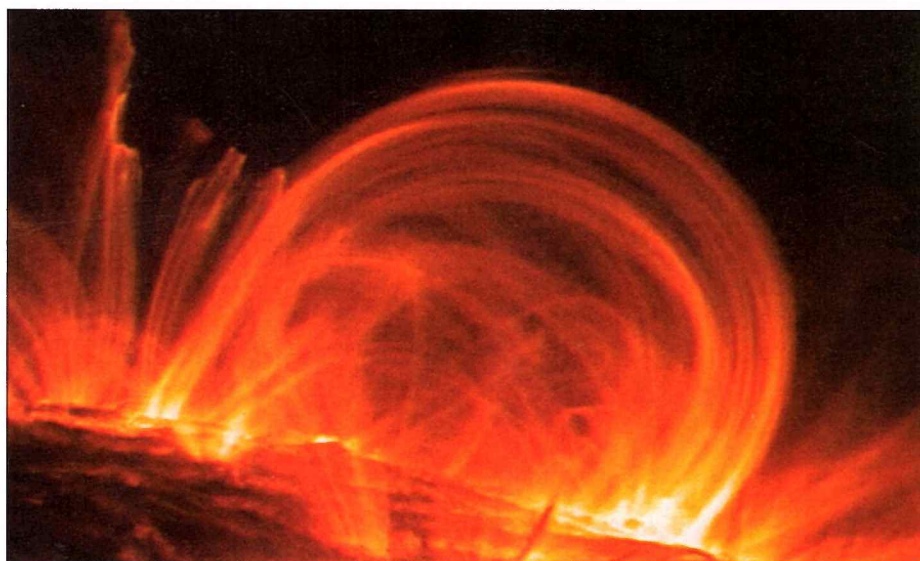
Anglický matematik Steve Tobias z Univerzity v Leedsi (Veľká Británia) upozornil na fakt, že atmosféra Slnka rotuje v rozličných slnečných šírkach a hĺbkach rôzdielnymi rýchlosťami. A práve táto „diferenciálna rotácia“ generuje toroidné magnetické pole, produkujúce slnečné škvŕny. Zmeny rozdielnej rotácie môžu slnečné dynamo oslabiť až tak, že v istej chvíli formovanie aktívnych oblastí jednoducho utíchnu. Nastane Maunderovo minimum.

### Ako fungujú iné hviezdy?

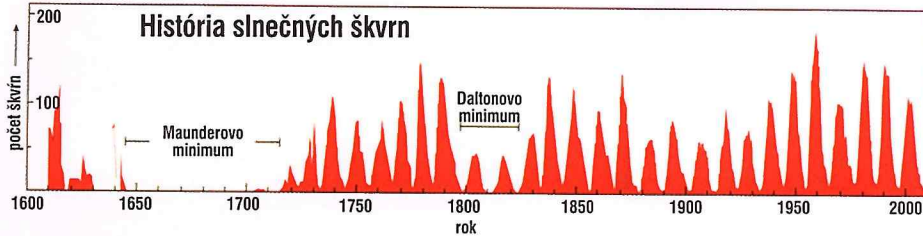
Vedci objavili dôkazy cyklov, pripomínajúcich Maunderovo minimum, aj na iných hviezdach s parametrami Slnka. Giampapov tím študoval otvorenú hviezdokopu M67 v súhvezdí Raka, vzdialenú 2700 svetelných rokov od Zeme. Vedci predpokladajú, že mimoriadne minimá sa na Slnku podobných hviezdach opakujú pravidelne a prejavujú sa v priebehu 10 až 15 % ich hviezdneho života.

Nikto nepochybuje, že Slnko v priebehu posledných 10 000 rokov prekonalo niekoľko Maunderových mínim. Jürg Beer, fyzik z Eawagovho výskumného ústavu vo Švajčiarsku, využil rádioaktívne prvky berýlium-10 a uhlík-14 vo vzorkách polárneho ľadu a zrekonštruoval slnečnú históriu počas posledných 10 000 rokov. Ukázalo sa, že minimá sa neobjavovali periodicky. Objavovali sa však zhruba každých 200 rokov.

Magnetické dynamo Slnka, ktoré riadi výskyt krátkych cyklov slnečnej aktivity (a možno aj veľké minimá), však ukrýva aj ďalšie záhady. Práve preto pozorovatelia aj teoretici túžia nájsť dvojníka Slnka. Dvojníka zatiaľ nenašli. Našli však niekoľko desiatok hviezd s veľmi podobnými parametrami. Objaviť hviezd s podobným chemickým zložením, aké má Slnko, nie je kumšt.



Slučky horúceho plynu vynárajúce sa nad fotosférou. Prakticky celú slnečnú aktivitu generujú magnetické sily pôsobiace pod povrchom i nad ním.

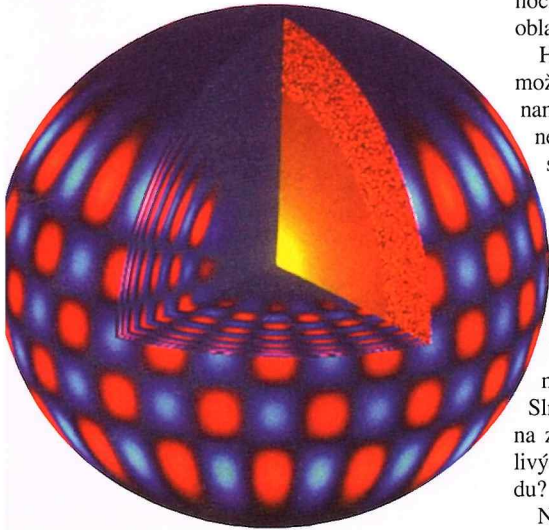


Typický slnečný cyklus trvá 11 rokov, ale každý je iný. Ilustrácia znázorňuje priemerný počet škvŕn od roku 1611. Počas Maunderovho minima sa prakticky nijaká škvŕna neobjavila.

Takých hviezd je plno. Astronómovia však túžia nájsť hviezdy, ktoré by mali nielen rovnaký vek, ale aj rovnakú hmotnosť a magnetické cykly.

Jedna z najbližších hviezd, Alfa Centauri A, je takmer dvojníkom Slnka. Je zložkou trojhviezdneho systému, vzdialeného 4,36 svetelných rokov. Je však o 1,5 miliardy rokov staršia ako Slnko: má už 6 miliárd rokov.

Giampapov tím študuje pomocou ďalekohľadu VLT/ESO (Čile) v hviezdokope M67 pätnásť Slnku podobných hviezd. Hviezdokopa je pre



**Helioseizmológia odhaľuje štruktúru a dynamiku Slnka meraním zvukových vln, generovaných pod povrchom. Vystupujúci plyn znázorňuje modrá, klesajúci červená farba.**

taký výskum priam ideálnym laboratóriom, pretože vek (3,8 až 4,8 miliárd rokov) a chemické zloženie jej hviezd sú podobné Slnku. Po šiestich rokoch pozorovania sa ukázalo, že žiadna z pozorovaných hviezd nemá cyklus trvajúci aspoň 6 rokov.

Hviezdy v hviezdokope M67 majú isté výkyvy svietivosti. Slnko je oveľa pokojnejšie. Slnečné cykly prebiehajúce na nich sú napriek tomu podobné. Ibaže naša hviezda sa nachádza približne v polovici svojho života. Vodík bude spaľovať ešte 4,5 miliardy rokov, ale narastajúca svietivosť spôsobí, že Zem sa stane neobývateľnou oveľa skôr. Možno už o 500 000 rokov.

### Najlepšie miesto pre život?

Slnko nemusí byť najvhodnejšou hviezdou pre vznik a vývoj života v jeho sústave. Napríklad hviezdy spektrálneho typu K, ktoré majú o 20 % nižšiu hmotnosť, nespália vodík tak rýchlo ako Slnko. Vzhľadom na to žijú dlhšie a majú dl-

hodobu stabilné zelené zóny, v ktorých sa na povrchu planét vyskytuje voda v tekutom skupenstve. Život sa tam, teoreticky, môže udržať 40 až 50 miliárd rokov.

Chladné hviezdy spektrálneho typu M tvoria 75 % celkového počtu hviezd v Galaxii. Žijú dlho, vodíkové palivo spaľujú pomaly. Planéty v zelených zónach obiehajú okolo nich po takých blízkych obežných dráhach, že sú k materským hviezdám prívratene stále rovnakou stranou. Na jednej pologuli panuje večný deň, na druhej večná noc. Na takých planétach sú najvhodnejšími oblasťami pre život pásy na rozhraní svetla a tmy.

Hviezdy typu K a M však majú, vzhľadom na možnú existenciu života, aj nevýhody. Ich dynamá sú oveľa výkonnejšie, produkujú viac magnetickej energie. Príliš silné magnetické polia sú nebezpečné. Vedci zaznamenali v roku 1859 doteraz najväčšiu slnečnú erupciu nabitých častíc, ktorá vznikla počas slnečnej superbúrky. Polárna žiara bola vtedy taká silná, že aj spáči na juhu Spojných štátov si mysleli, že je už ráno. Podobné erupcie sú na hviezdach so silnejšími magnetickými poľami oveľa častejšie a silnejšie. V budúcnosti sa môžu objavovať častejšie aj na Slnku. Takže vedci si položili otázku: Možno na základe evolúcie Slnka a z jeho často búrlivých cyklov povedať, že ide o normálnu hviezdu?

Na túto otázku dokážu vedci odpovedať až vtedy, keď lepšie preskúmajú nielen slnečné vnútro, ale aj vnútro iných hviezd. Helioseizmológia skúma vnútorné štruktúry Slnka a jeho dynamiku meraním zvukových vln, ktoré naša hviezda generuje. Najspolahlivejšie údaje dodáva GONG (Global Oscillation Network Group).

Asteroseizmologickou obdovou GONGu je Stellar Oscillations Network Group (SONG). Toto zariadenie bude zaznamenávať oscilácie povrchu najbližších jasných hviezd. Tvorí ho sústava 8 nových ďalekohľadov, rozmiestnených na



**Vo hviezdokope M67 objavili 15 hviezd, ktoré majú podobný vek, hmotnosť a zloženie ako Slnko. Ani jedna z nich nemá kratší ako 6-ročný cyklus.**

piatich kontinentoch vrátane územia Spojených štátov a Havajských ostrovov.

SONG pokryje celú oblohu počas 24 hodín. Prvý prístroj siete, umiestnený na Kanárskych ostrovoch, zaznamená prvé svetlo už v roku 2011. Iba takéto zariadenia umožnia vedcom v dohľadnom čase potvrdiť, či hviezdy podobné Slnku majú aj podobné cykly aktivity ako naša hviezda a či sa aj na nich vyskytujú Maunderove minima.

### HIP 56048: prvý dvojník Slnka?

Jorge Meléndez z Univerzity v Porte (Portugalsko) je šéfom tímu, ktorý hľadá dvojníkov Slnka. Študujú 75 % Slnku podobných hviezd z Hipparchovho katalógu, v ktorom ich je asi milión. Prekvapilo ich, že čo do aktuálneho chemického zloženia sa Slnko od väčšiny týchto hviezd odlišuje.



**HIP 56948, tmavá hviezda v súhvezdí Draka (označená šípkou), zo všetkých hviezd podobných Slnku najviac pripomína Slnko. Dvojníkom Slnka však nie je.**

Tento fakt do istej miery vysvetľuje skutočnosť, že Slnko neobsahuje dosť prvkov, ktoré sa vyparujú iba pri vysokých teplotách. Vyparili sa už dávno a premenili sa na prach, z ktorého sa sformovali planetezimály a napokon aj terestrické planéty: Merkúr, Venuša, Zem a Mars. Podobné chemické zloženie má iba 15 % hviezd z Menéndezovho súboru. Práve tieto hviezdy môžu mať vlastné planetárne systémy.

Hviezdou, ktorá má najviac vlastností dvojníka Slnka je hviezda HIP 56948. Tento objekt 9. magnitúdy je vzdialený 217 svetelných rokov. Nachádza sa v súhvezdí Draka.

Skutočného dvojníka môže objaviť vesmírny ďalekohľad Kepler. Počas 4 roky trvajúcej misie preskúma 100 000 hviezd v poli veľkom 100 štvorcových stupňov. Citlivé prístroje dokážu zaznamenať aj jednotlivé škvŕny prechádzajúce kotúčmi hviezd.

Vedci očakávajú, že Kepler objaví najmenej 100 potenciálnych dvojníkov Slnka. Kým ich dôkladne preštudujú, uplynú roky. Až potom sa dozvieme, či naše Slnko je normálna, alebo výnimočná hviezda. Ak je výnimočná, objav jeho dvojníka by sa mohol stať prelomom nielen slnečnej, ale aj stelárnej astronómie.

Astronomy, jún 2010

# Kľúč k predpovediam vzplanutí na Slnku?

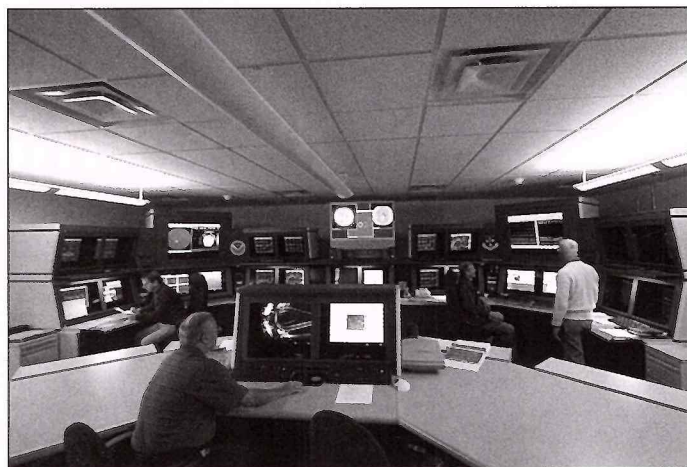
Už dávno sa solárnici pokúšajú dešifrovať príznaky, ktoré by napomohli spresniť predpovede vzplanutí na Slnku. Ide o mohutné výrony slnečnej hmoty a energie, ktoré nasýtia vrchnú atmosféru Zeme nabitými časticami do takej miery, že narušia činnosť satelitov, ba čo viac, vyradia z prevádzky aj pozemské technológie, bez ktorých je moderná spoločnosť ochromená. Vedci z Centra pre predpovede kozmického počasia (SPWC) pri NOAA vyvinuli techniku, ktorá takéto predpovede umožňuje. Dva až tri dni pred vzplanutím.

Kľúč k predpovediam objavili v tvaroch slučiek trubíc premenlivých magnetických polí, vynárajúcich nad povrch Slnka niekoľko dní pred vzplanutím. „Po prvý raz dokážeme dva až tri dni pred vzplanutím povedať, kde sa vzplanutie objaví a ako dlho bude trvať,“ vyhlásila Alysha Reinardová, solárna fyzik z NOAA.

Nová technika je dvakrát pres-

nejšia ako bežné metódy. Prvé overené predpovede začne Centrum pre predpovede kozmického počasia (SWPC) zverejňovať pred najbližším solárnym maximom, ktoré sa očakáva v roku 2013. Vedci momentálne sledujú komplexné oblasti, v ktorých sa objavujú slnečné škvrny i ďalšie príznaky, ktoré naznačujú, kedy a kde sa vzplanutia môžu objaviť.

Slnečné vzplanutia sú náhle výrony hmoty a žiarenia energie a svetla z magnetických polí škvrn. Počas vzplanutia dosahujú fotóny vo všetkých smeroch rýchlosť svetla. Do atmosféry Zeme, vzdialenej 150 miliónov kilometrov, preniknú po 8 minútach. Najväčšie škody môžu spôsobiť na satelitoch, ktoré krúžia okolo Zeme na vzdialených dráhach. Ide najmä o satelity Global Positioning System (GPS), ktoré riadia čas, určujú polohu (s presnosťou plochy futbalového ihriska), pomáhajú poľnohospodárom,



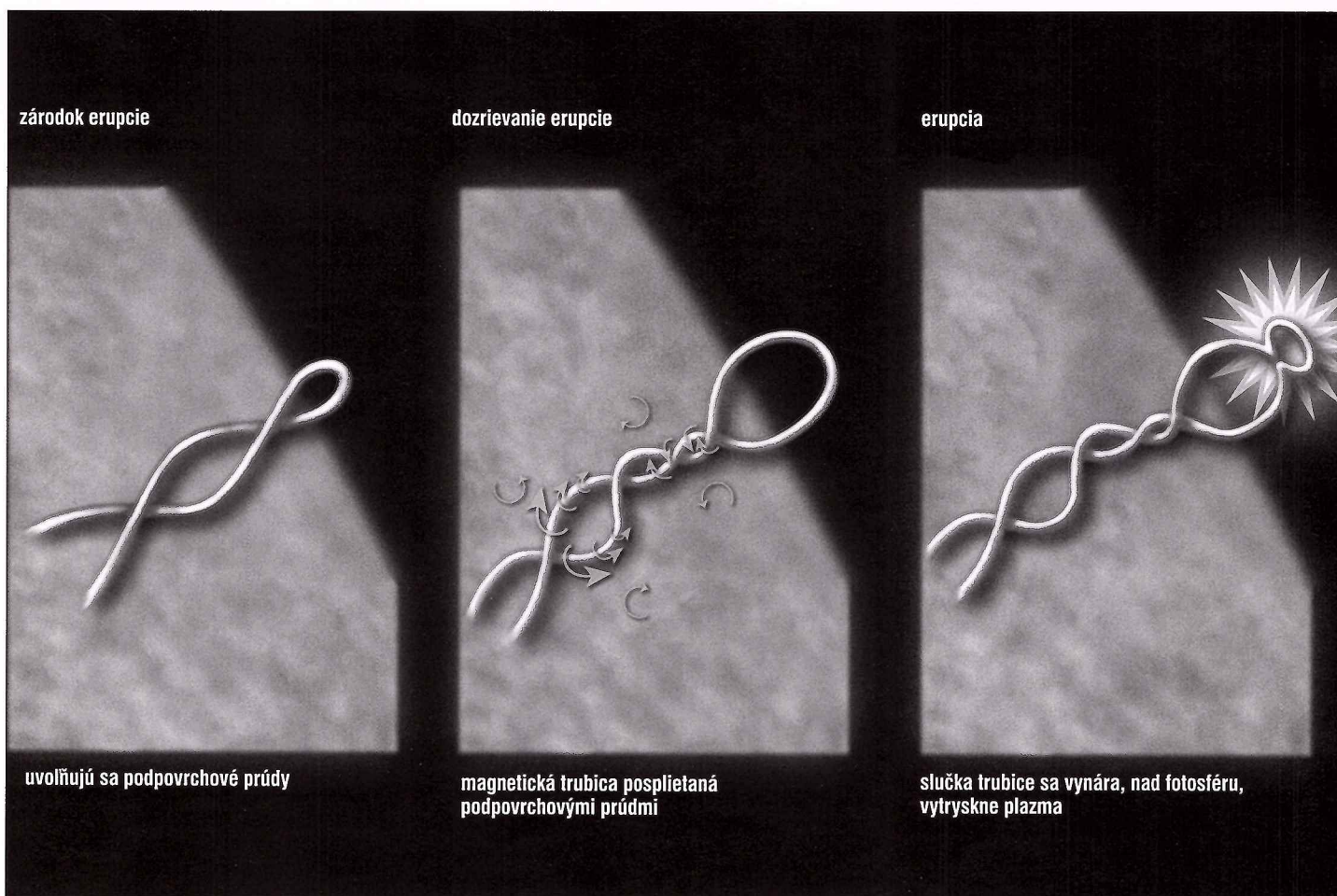
Centrum pre predpovede kozmického počasia v Boulder, Colorado, USA.

naftárom, vojakom, letcom, bankárom, navigátorom, meteorológom i iným. Ich výpadok môže spôsobiť škody vo výške biliónov dolárov.

Alysha Reinardová a Justin Henthorn z Univerzity v Ohu vypracúvajú detailné mapy viac ako 1000 zoskupení slnečných škvrn, nazývaných „aktívne oblasti“. Mapy sa vyhotovujú na základe údajov solárnych zvukových vln, ktoré monitoruje Globálna osci-

lačná sieť pri Národnej vedeckej nadácii (USA).

Vedci si všimli, že vo všetkých oblastiach sa pred vzplanutím objavujú rovnaké príznaky. Slučka zauzlenej trubice magnetického poľa sa spod povrchu Slnka občas vynorí, vyvolá vzplanutie a vzápätí zmizne. Sú presvedčení, že tvary vynárajúcich sa slučiek sú natoľko typické, že podľa nich možno vzplanutia pomerne spoľahlivo predpovedať. NOAA Press Release



Slučky pospľietaných magnetických polí sa spod povrchu Slnka občas vynoria a spôsobia erupciu.

## 2.1. Extrasolární planety

D. Sasselov připomněl, že za 13 let od objevu první exoplanety metodou radiálních rychlostí bylo touto metodou nalezeno 270 exoplanet. V poslední době přibývá rychle tranzitujících exoplanet, jejichž počet už překročil 45 objektů. Přímé optické zobrazování exoplanet ve viditelném světle je však nesnadné pro velký nepoměr (10 řádů) v jasnosti mateřské hvězdy a obří exoplanety. Mnohem větší naději má zobrazení exoplanet v infračerveném oboru spektra, kde se nepoměr snižuje až na 7 řádů. E. Nielsen aj. využili adaptivní optiky VLT ESO a MMT v Arizoně k pokusům o **přímé zobrazení obřích exoplanet** u 60 hvězd hlavní posloupnosti. Negativní výsledek znamená, že méně než pětina hvězd má exoplanety s hmotnostmi  $>4 M_J$  ve vzdálenostech 20 – 100 AU od mateřské hvězdy. Podobně je velmi málo exoplanet s hmotností v rozsahu 0,5 – 13  $M_J$  ve vzdálenostech 18 – 75 AU.

Teprve v průběhu roku 2008 došlo k průlomům, když se P. Kalasovi aj. zdařilo pomocí HST v intervalu 1,7 r. pořídit v r. 2004 a 2006 obrazy exoplanety u blízké jasné hvězdy **Fomalhaut** (PsA; 1,4 mag; sp. A3 V; 2  $M_{\odot}$ ; stáří  $\approx$  200 mil. r.; 8 pc). Při snímkování v daleké červené oblasti spektra (0,8  $\mu\text{m}$ ) autoři použili speciální zástin centrální hvězdy a tak odhalili exoplanetu *b* o hmotnosti  $<3 M_J$  ve vzdálenosti 119 AU od hvězdy a 18 AU od vnějšího okraje cirkumstelárního pásu prachu. Exoplaneta se v mezidobí posunula ve směru proti pohybu hodinových ručiček tempem 0,8 AU/r, v přepočtu rychlostí 4 km/s, z čehož vyplývá oběžná doba 870 let a excentricita dráhy  $e = 0,1$ . Současně v témže 5906. čísle časopisu *Science* z 28. 11. 2008 vyšlo sdělení C. Maroise aj., kteří pomocí teleskopů *Keck* a *Gemini N* zobrazili během 4,25 roku od července 2004 dokonce tři exoplanety u hvězdy **HR 8799** (5  $L_{\odot}$ ; 1,5  $M_{\odot}$ ; stáří  $\approx$  60 mil. r.; 39 pc). Všechny obíhají proti směru hodinových ručiček po řadě ve vzdálenostech 24, 38 a 68 AU od hvězdy v oběžných dobách 100, 190 a 460 roků, přičemž jejich hmotnosti se pohybují v rozmezí 5 – 13  $M_J$ .

W. Rice aj. se zabývali otázkou, proč pozorujeme *absolutně velmi málo exoplanet typu „horkých jupiterů“*, obíhajících ve vzdálenostech do 0,1 AU od mateřské hvězdy, přestože např. vůbec první objevená exoplaneta u hvězdy hlavní posloupnosti *51 Peg b* patří do této kategorie. Ukázali, že životnost těchto exoplanet je silně omezena faktem, že se exoplanety dostávají do blízkosti mateřské hvězdy z místa svého vzniku **dostředivou migrací**, jenže každá mateřská hvězda je obklopena magnetosférickou dutinou. Jakmile exoplaneta vstoupí do dutiny, migrace se sice zastaví, ale zato začne narůstat výstřednost její dráhy a během řádově  $10^5$  let je tak exoplaneta zničena.

G. Torres aj. shrnuli, že již počátkem r. 2008 byly k dispozici údaje o 23 exoplanetách, získané z **přesné fotometrie pomocí tranzitů exoplanet** přes kotouček mateřské hvězdy. Vesměš šlo z důvodů výběrového efektu o exoplanety v minimálních vzdálenostech od mateřské hvězdy v rozmezí 0,023 – 0,07 AU, tj. v periodách 1,2 – 5,6 d s poloměry 0,4 – 1,8  $R_J$ ; efektivními teplotami 650 – 2 200 K a hmotnostmi 0,08 – 8,7  $M_{\odot}$ . Metoda tranzitů poskytuje úhrnem správnější i přesnější údaje o povaze exoplanet i příslušných mateřských hvězd než metoda radiálních rychlostí. Podobně jako při studiu těsných dvojhvězd je ovšem nejvýhodnější sledovat celou soustavu oběma metodami, které se navzájem výborně doplňují, neboť se navíc zčásti překrývají.

G. Walker aj. využili přesné fotometrie z družice *MOST* ke sledování změn jasnosti jasnější složky dvojhvězdy  **$\tau$  Boo** (sp. F7 V + M2 V; 15 pc). Složku  $\tau$  Boo A (4,5 mag; 6,3 kK; 1,3  $R_{\odot}$ ; 3,4  $L_{\odot}$ ; 1,3  $M_{\odot}$ ; stáří  $\approx$  2 Gr) obíhá exoplaneta o hmotnosti 4,4  $M_J$  ve vzdálenosti 0,05 AU v periodě 3,3 d. Spektroskopie hvězdy prokázala proměnnost vápníkové čáry *K* (Ca II), takže příslušná aktivní oblast na hvězdě je zřetelně ovlivňována obíhající exoplanetou.

A. Pál aj. popsali vlastnosti jedné z nejteplejších exoplanet, která obíhá v periodě 2,2 d kolem hvězdy **HAT-P-7 = Kepler-2** (Cyg; 10,5 mag; sp. F6 V; 6,4 kK; 1,8  $R_{\odot}$ ; 1,5  $M_{\odot}$ ;  $Z = +0,26$ ; 320 pc) po kruhové dráze o poloměru 5,7 mil. km. Exoplaneta *b* o hmotnosti 1,8  $M_J$ , poloměru 1,4  $M_J$  a hustotě 93 % vody je na přivrácené straně ke hvězdě rozpálena na „hvězdnou“ teplotu 2,7 kK.

P. Barge aj. objevili první exoplanetu **CoRoT-Exo-1b** pomocí družice *CoRoT*, která v každém zorném poli monitoruje změny jasnosti 12 tis. hvězd. Mateřská hvězda (Mon; 13,6 mag; sp. G0 V; 1,1  $R_{\odot}$ ; 0,95  $M_{\odot}$ ; 480 pc) je překvapivě chudá na kovy. Exoplaneta ji obíhá v dosud nejkratší známé periodě 1,5 d po kruhové dráze o poloměru 3,75 mil. km. Při poloměru 1,5  $R_J$  má hmotnost 1,0  $M_J$ , což odpovídá hustotě 40 % hustoty vody. Exoplaneta vykazuje slapově vázanou rotaci a je vinou blízkosti k mateřské hvězdě zřetelně nafouklá a teplota její atmosféry na straně přivrácené ke hvězdě dosahuje 1,9 kK. Následkem nepatrného přenosu energie mezi přivrácenou a odvrácenou polokoulí exoplanety je možné pozorovat i v optickém oboru změny jasnosti dané různými fázemi exoplanety při jejím oběhu kolem mateřské hvězdy.

Mezitím F. Bouchy aj. a R. Alonso aj. studovali další takto objevenou exoplanetu **CoRoT-Exo-2b**, obíhající po kruhové dráze o poloměru 4,2 mil. km kolem aktivní hvězdy sp. třídy G7 V (Aql; 290 pc) v periodě 1,7 d. Exoplaneta o hmotnosti 3,3  $M_J$  má poloměr 1,5  $R_J$ , hustotu o 30 % vyšší než voda a teplotu atmosféry na přivrácené straně ke hvězdě 1,5 kK. Rotační osa exoplanety je odkloněna o 7° od rotační osy hvězdy. S. Aigrain aj. a C. Moutou aj. publikovali první výsledky pozorování exoplanety u hvězdy **CoRoT-Exo-4** (sp. F; 1,2  $R_{\odot}$ ; 1,2  $M_{\odot}$ ; rotační per. 8,9 d), která obíhá kolem mateřské hvězdy po kruhové dráze v periodě 9,2 d (s přesností na 5 platných cifer), což je zatím nejdelší perioda pro tranzitující exoplanetu. V tomto případě jde o obří plynou exoplanetu s hmotností 0,7  $M_J$  a poloměrem 1,2  $M_J$ .

D. Anderson aj. objevili na jižní polokouli exoplanetu *b* u hvězdy **WASP-5** (Phe; 12 mag; sp. G4 V; 5,7 kK;  $Z = 0$ ; 1,0  $R_{\odot}$ ; 1,0  $M_{\odot}$ ; stáří  $\approx$  3 Gr;  $\approx$  300 pc). Exoplaneta o hmotnosti 1,6  $M_J$ , poloměru 1,1  $R_J$  a hustotě o 60 % vyšší než voda obíhá kolem mateřské hvězdy po kruhové dráze o poloměru 4,1 mil. km v periodě 1,6 d. Její atmosféra je na přivrácené straně ke hvězdě ohřata na teplotu 1,7 kK.

R. Noyes aj. odvodili metodou tranzitů parametry horkého jupiteru u hvězdy **HAT-P-6** (poloha 0032+3730; vzdálenost 260 pc; 10,5 mag; poloměr 1,5  $R_{\odot}$ ; sp. F; teplota 6,6 kK; svítivost 3,6  $L_{\odot}$ ; hmotnost 1,3  $M_{\odot}$ ; metalicita -0,13; stáří 2,3 Gr). Horká exoplaneta o poloměru 1,3  $R_J$  a hmotnosti 1,1  $M_J$  obíhá kolem hvězdy po kruhové dráze se sklonem 86° v periodě 3,9 d ve vzdálenosti 0,05 AU, takže její průměrná hustota činí 0,5 hustoty vody v pozemských podmínkách.

D. Wilson aj. se věnovali pozorování tranzitujícího horkého jupiteru u hvězdy **WASP-4** (G7 V; 12,5 mag – nejjasnější „majitelka“ horkého jupiteru na jižní polokouli; 5,5 kK; 1,15  $R_{\odot}$ ; 0,9  $M_{\odot}$ ; vzdálenost 300 pc). Zákryty trvají 2,2 h při sklonu dráhy 89°, takže exoplaneta obíhá mateřskou hvězdu ve vzdálenosti 0,02 AU (3,5 mil. km), má poloměr 1,4  $R_J$  a hmotnost 1,2  $M_J$ , tj. hustotu 42 % hustoty Jupiteru. Velká blízkost k mateřské hvězdě ohřívá její atmosféru na teplotu 1,8 kK.

J. Setiawan aj. posílili podezření, že mladá (8 mil. let) proměnná hvězda **TW Hya** (typ T Tau) má skutečně exoplanetu na vnitřním okraji cirkumstelárního disku ve vzdálenosti jen 0,04 AU od hvězdy. Exoplaneta o hmotnosti 10  $M_J$  obíhá v periodě 3,6 d. Tím by bylo potvrzeno, že i *tvorba velmi hmotných exoplanet by se mohla stihnout o řád rychleji*, než se dosud myslelo na základě studia vývoje Jupiteru a Saturnu ve Sluneční soustavě. Naproti tomu N. Huélamo aj. se domnívají, že uvedená pozorování jsou spíše důkazem výskytu tmavých a světlých skvrn na povrchu zmíněné proměnné hvězdy.

V každém případě jsou pro řešení otevřeného problému nyní k dispozici výtečné přístroje pro blízkou infračervenou oblast, mezi nimiž zaujímá přední místo vysokodisperzní kryogenní spektrograf **CRIRES** u **VLT UTI** (Antu) pro pásmo 1 – 5  $\mu\text{m}$ . S jeho pomocí se daří studovat podrobnosti v akrečních discích kolem vznikajících hvězd s rozlišením až 1 AU. Z těchto disků ve vzdálenostech 3 – 100 AU od hvězdy mohou totiž pravděpodobně vznikat vzdálené obří exoplanety.

I. Ribas aj. využili tečných zákrytů exoplanety *b* u hvězdy **GJ 436** jednak ke zpřesnění jejích parametrů a jednak k očekávanému objevu druhé exoplanety *c*. Exoplaneta *b* se svou hmotností podobá Neptunu (23  $M_J$ ) a obíhá po dráze s poloosou  $a = 0,03$  AU a  $e = 0,15$  v periodě 2,6 d. Exoplaneta *c* má hmotnost  $>4,7 M_J$  a obíhá po dráze s  $a = 0,045$  AU a  $e = 0,2$  v periodě 5,2 d.

O něco vyšší excentricitu  $e = 0,26$  našli C. Johns-Krull aj. u velmi hmotné (12  $M_J$ ) tranzitující exoplanety **XO-3b** (1,3  $R_J$ ) obíhající mateřskou hvězdu (Cam; 10 mag; F5 V; 2,1  $R_\odot$ ; 2,1  $M_\odot$ ; 260 pc) po dráze s poloosou 0,045 AU a sklonem  $84^\circ$  v periodě 3,2 d. Velkým překvapením se pak stala pozorování B. Loeilleta aj., kteří pozorovali tranzity v trvání 4,2 h mimořádně hmotné exoplanety **HAT-P-2b** u hvězdy **HD 147506** (Her; 8,7 mag; sp. F8 V; 1,4  $R_\odot$ ; 1,3  $M_\odot$ ; rotační rychlost  $>23$  km/s; stáří 2,6 Gr; 135 pc). Exoplaneta vyniká vysokou hmotností 9  $M_J$ , ale malým poloměrem 0,95  $R_J$ , takže má *neuvěřitelně vysokou střední hustotu 12násobku hustoty vody*, což je hustota olova v pozemských podmínkách! Exoplaneta přitom obíhá po protáhlé ( $e = 0,52$ ) dráze s poloosou 0,07 AU v periodě 5,6 d, takže velmi pravděpodobně je její dráha rušena jinou hmotnou exoplanetou.

N. Narita aj. upozornili na další pozoruhodnou tranzitující exoplanetu, která obíhá kolem hvězdy **HD 17156** (Cas; 8 mag; sp. G0 V; 6,1 kK; 1,5  $R_\odot$ ; 1,2  $M_\odot$ ;  $Z = +0,2$ ; stáří 5,7 Gr; 78 pc) v periodě 21 d s velkou výstředností 0,67. Exoplaneta má vysokou hmotnost 3,1  $M_J$  při poloměru 1,2  $R_J$  a v periastru se přibližuje k mateřské hvězdě na pouhých 0,05 AU, zatímco v apastru se vzdaluje až na 0,27 AU. Autoři zjistili, že mateřská hvězda má pravděpodobně rotační osu skloněnou šikmo k oběžné rovině exoplanety pod úhlem  $60^\circ$ , což prodlužuje dobu utlumení výstřednosti dráhy exoplanety slapovými silami nad dobu životnosti celé soustavy. S posledním údajem však nesouhlasí W. Cochran aj., kterým vyšel úhel svíraný oběma osami jen  $9^\circ$ . Tutéž exoplanetu proměřovali také J. Irwin aj. a dále M. Gillon aj., kteří obdrželi podobné parametry a odtud i střední hustotu exoplanety 2,3 – 3,8násobek hustoty vody.

Ještě vyšší výstřednost  $e = 0,74$  má podle J. Langona a G. Laughlina exoplaneta u hvězdy **HD 37605** (Ori; sp. KO 5; 43 pc), která obíhá kolem mateřské hvězdy po dráze s velkou poloosou  $a = 0,26$  AU v periodě 54 d. To znamená, že v apastru je exoplaneta o hmotnosti  $>2,8 M_J$  vzdálena od hvězdy 0,45 AU, kdežto v periastru se ke hvězdě přibližuje na vzdálenost pouhých 10 mil. km. *Její ozáření se tak během oběhu mění v poměru 40:1* a vede dle modelových výpočtů ke vzniku cirkumpolárních oblačných vírů o teplotě až 690 K.

M. Lópezová-Moralesová aj. využili dvojice 6,5m *Magellanových teleskopů* na observatoři *Las Campanas* v Chile k objevu dvou obřích exoplanet u hvězd s vysokou metalicitou **HD 154672** (sp. G3 IV) a **HD 205739** (F7 V). Exoplanety mají po řadě hmotnosti 5  $M_J$  a 1,4  $M_J$ ; výstřednosti  $e$  0,6 a 0,3 jakož i oběžné doby 164 a 280 d. V obou případech se očekává objev dalších exoplanet, které by pomohly vysvětlit vysoké výstřednosti těch již objevených.

O. Tamuz aj. našli pomocí spektrografu **CORALIE** u 1,2m *Eulerova teleskopu* na *La Silla* dvě exoplanety na velmi protáhlých eliptických drahách. Exoplaneta o hmotnosti 1,6  $M_J$  u hvězdy **HD 4113** (Scl; sp. G2 V; 44 pc) obíhá v periodě 1,4 r po dráze s velkou poloosou 1,3 AU a výstředností  $e = 0,90$ . Podle všeho má hvězda ještě hmotnějšího průvodce, tj. buď bílého nebo hnědého trpaslíka, a právě tato okolnost má vliv na vysokou výstřednost dráhy exoplanety. Ve druhém případě jde o hvězdu **HD 156846** (Oph; sp. dG0; 49 pc), kolem níž obíhá exoplaneta nebo hnědý trpaslík o hmotnosti  $>10 M_\odot$  v periodě 360 d po dráze s velkou poloosou 1 AU a výstředností  $e = 0,85$ . I zde má hvězda průvodce – červeného trpaslíka dM4 ve vzdálenosti  $>250$  AU s oběžnou periodou  $>4$  tis. r.

B. Sato aj. našli pomocí 1,9m teleskopu observatoře *Okayama* osm vzdálených exoplanet, obíhající kolem jasných ( $V < 6,5$  mag) obřích hvězd spektrálních tříd G a K s nízkou metalicitou. První z nich o hmotnosti  $>10 M_J$  obíhá kolem hvězdy **18 Del** (sp. G6 III; 40  $L_\odot$ ; 8,5  $R_\odot$ ; 2,3  $M_\odot$ ; 70 pc) po dráze s velkou poloosou 2,6 AU a výstředností  $e = 0,08$  v periodě 2,7 r. Druhá o hmotnosti  $>2,8 M_J$  se nachází u hvězdy  **$\xi$  Aql** (KO III; 69  $L_\odot$ ; 12  $R_\odot$ ; 2,2  $M_\odot$ ; 60 pc) na kruhové dráze o poloměru 0,7 AU a má oběžnou periodu 137 d. Třetí o hmotnosti  $>2,7 M_J$  se nalézá u hvězdy **HD 81688** (KO III-IV; 72  $L_\odot$ ; 13  $R_\odot$ ; 2,1  $M_\odot$ ; 90 pc) na dráze o poloměru 0,8 AU s oběžnou periodou 184 d. Čtvrtá o hmotnosti  $>8,3 M_J$  obíhá kolem hvězdy **HD 104985** (G9 III; 60  $L_\odot$ ; 11  $R_\odot$ ; 2,3  $M_\odot$ ; 100 pc) v periodě 200 d na dráze o poloměru 0,95 AU.

Pátá o hmotnosti  $>4,8 M_J$  patří ke hvězdě **14 And** (KO III; 2,2  $M_\odot$ ), kolem níž obíhá po kruhové dráze ve vzdálenosti 0,8 AU za 186 d. Šestá o hmotnosti  $>5,3 M_J$  se nachází u hvězdy **81 Cet** (G5 III; 2,4  $M_\odot$ ) na dráze o velké poloose 2,5 AU a výstředností 0,2 s periodou 2,6 let. Sedmá s hmotností  $>2,4 M_J$  obíhá kolem hvězdy **6 Lyn** (KO IV; 1,7  $M_\odot$ ) po dráze s velkou poloosou 2,2 AU, výstředností 0,13 a periodou 2,5 r. Konečně poslední s hmotností  $>1,6 M_J$  má mateřskou hvězdu **HD 167042** (K1 IV; 1,5  $M_\odot$ ), kolem níž obíhá po dráze s velkou poloosou 1,3 AU, výstředností 0,1 a periodou 1,1 r. Jelikož všechny mateřské hvězdy směřují ke špičce větve červených obrů, je budoucí osud zmíněných exoplanet nejistý – *pravděpodobně budou pohlceny rozpínající se atmosférou obřích hvězd*.

V listopadu 2008 proslovil v Praze čerstvý nositel Nušlovy ceny České astronomické společnosti I. Hubený přednášku na téma „**Tranzitující exoplanety, klíč k fyzice, chemii a dokonce i meteorologii exoplanet**“, v níž ukázal na rychlý pokrok ve fyzikálně-chemickém výzkumu exoplanet a zejména jejich atmosfér. K tomu cíli se podařilo upravit programy pro výpočet vlastností hvězdných atmosfér i pro chladnější atmosféry exoplanet a ověřovat tak příslušné modely čím dál tím dokonalejšími pozorováními. Na tomto vývoji se kromě autora přednášky významně podílejí i mladší čeští a slovenští astronomové J. Budaj, M. Hrudková a P. Machálek. Následující zprávy jsou potvrzením často až neuvěřitelného pokroku v získávání údajů o exoplanetách, které přitom až na výjimky nelze zatím přímo zobrazit.



Velmi zajímavé údaje poskytlo studium exoplanety u hvězdy **HD 189733** (vzdálenost 19 pc), kde se S. Berdjuginové aj. podařilo na observatoři *La Palma* zaznamenat polarizované rozptýlené záření hvězdy v atmosféře exoplanety s maximy polarizace v obou elongacích. Exoplaneta o hmotnosti  $1,15 M_J$ ; a poloměru  $3,3 R_J$ ; obíhá kolem mateřské hvězdy po kruhové dráze v periodě 2,2 dne se sklonem dráhy  $98^\circ$ . Dostává se tak do zákrytů za hvězdou v trvání 1,5 h. Určili tak minimální hodnotu geometrického albeda exoplanety 14 %, což zároveň poukazuje na přednosti takových pozorování v případech, že při oběhu exoplanety kolem mateřské hvězdy nedochází k tranzitům.

S. Redfield aj. využili spektroskopie u obřího 9,2m teleskopu *HET* k měření zastoupení sodíku v atmosféře *HD 189733b*. Ukázali, že je ho tam třikrát více než u známého prototypu *HD 209458b*. T. Barman aj. a C. Grillmair aj. prokázali pomocí *SST* v infračerveném spektru exoplanety *HD 189733b* také přítomnost vodní páry, ale zato nenašli žádné pásy CO. Voda se však objevila v absorpci až při pozorováních *SST* od června do prosince 2007; předtím tam vidět nebyla, takže zřejmě jde o nepravidelně proměnný úkaz. Podle těchto měření se přenáší teplo z ozářené polokoule exoplanety ( $1,2 \text{ kK}$ ) na temnou polokouli s účinností 45 %. Navíc M. Swain aj. objevili pomocí této *SST* v její atmosféře stopy methanu a pomocí *NICMOS HST* stopy  $\text{CO}_2$ .

A. Vidal-Madjar aj. zjistili na základě ultrafialového spektra exoplanety **HD 209458b** ( $0,7 M_J$ ;  $1,3 R_J$ ; poloosa dráhy 6,7 mil. km; sklon  $87^\circ$ ;  $P = 3,5 \text{ d}$ ) získaného pomocí *HST*, že se horká atmosféra exoplanety měřitelně odpařuje, o čemž se dosud pochybovalo. Podle M. Holmströma aj. lze totiž pozorovat během tranzitu exoplanety absorpci v čáře Ly- $\alpha$ , kterou vysvětlují průchodem energetických iontů atmosférou, v nichž ionty zachytí volné elektrony a vytvoří tak neutrální atomy vodíku. B. Jakson aj. ukázal, že exoplaneta prodělala během miliardy let silné slapové ohřívání mateřskou hvězdou (sp. G0 V;  $1,1 R_\odot$ ;  $1,1 M_\odot$ ; 47 pc), a to je důvod, proč má tak velké rozměry v poměru ke své hmotnosti. J. Rowe aj. upozornili na výsledky měření družice *MOST*, podle nichž má exoplaneta velmi nízké geometrické albedo (0,04), takže je mnohem tmavší než náš Jupiter a v její atmosféře se nevyskytují žádná světlá mračna.

D. Fischerová aj. uveřejnili výsledky osmnáctiletého sledování soustavy exoplanet u hvězdy **55 Cnc** (= *HD 75732* nebo též  $\rho^1 \text{ Cnc}$ ). Potvrdili tak parametry již dříve objevených čtyř exoplanet a nově našli přesné parametry pro 5. exoplanetu:  $a = 0,8 \text{ AU}$ ;  $e = 0$ ;  $P = 260 \text{ d}$ ;  $46 M_Z$ . Jde o dosud *nejpozoruhodnější a nejpočetnější mimosluneční planetární soustavu*, kterou známe, přičemž nejbližší exoplaneta o hmotnosti  $11 M_Z$  obíhá ve vzdálenosti jen  $0,04 \text{ AU}$  (6 mil.km) od mateřské hvězdy (sp. G8/K0 V; 6 mag;  $5,2 \text{ kK}$ ;  $0,6 L_\odot$ ; metalicita  $Z = +0,3$ ;  $0,9 M_\odot$ ; vzdálenost 12,5 pc), zatímco nejvzdálenější o hmotnosti  $3,8 M_J$  je vzdálena 5,8 AU od hvězdy a má vyšší hmotnost než všechny bližší exoplanety dohromady.

S. Raymond aj. usuzují z rozmístění a hmotností objevených exoplanet, že soustava musí obsahovat ještě další 2–3 exoplanety ve stabilní zóně 0,9 – 3,8 AU a možná i za hranicí 10 AU od hvězdy. Jejich názor se celkem dobře shoduje se závěry A. Povedy a P. Laraové, kteří si všimli, že pro vzdálenosti exoplanet v soustavě *55 Cnc* platí obdoba *Titusova-Bodeova zákona* pro planety Sluneční soustavy, pokud nejvzdálenější exoplanetě přiřadíme exponent  $n = 6$ . Pak však chybí exoplaneta pro  $n = 5$ , ale to lze dokonce považovat za analogii se Sluneční soustavou, kde tomuto exponentu vyhovuje dráha trpasličí planety *Ceres*! Hypotetická trpasličí exoplaneta by pak měla mít dráhové parametry  $a = 2 \text{ AU}$  a oběžnou periodu 3,1 r. Autoři dokonce extrapolují zmíněný zákon i pro exponent  $n = 7$ , tj. pro další hypotetickou exoplanetu s dráhovými parametry  $a = 15 \text{ AU}$  a  $P = 62 \text{ r}$ . Dále upozorňují, že *obdobné mocninné zákony platí též pro vzdálenosti hlavních družic Jupiteru, Saturnu a Uranu od mateřských planet*, takže se nakonec zdá, že zmíněné rozdělení vzdáleností sekundárních těles přece jen souvisí se způsobem jejich vzniku z akrečního disku kolem centrálního tělesa.

A. Udalski aj. studovali pomocí spektrografů *FORS* a *UVES VLT ESO* vlastnosti nejlepší kandidátky na tranzitující exoplanetu **OGLE-TR-211**, objeveného v r. 2005 v 5. přehlídce tranzitujících exoplanet aparaturou *OGLE*, určenou primárně pro hledání gravitačních mikročoček. Soustavné hledání tranzitujících exoplanet v rámci programu *OGLE* probíhá od r. 2001 každoročně vždy od února do dubna, ale v r. 2005 poprvé až do června, přičemž se opakovaně s kadencí 16 min snímají 3–4 pole v disku Galaxie v souhvězdí *Lodního křlu* o plošné výměře 1,4 čtv. stupně. Speciální algoritmus pak vybere případy opakovaných poklesů jasnosti hvězd s amplitudou  $< 0,05 \text{ mag}$ , jejichž světelná křivka má tvar „vaničky“ U. Tito kandidáti se následně studují spektroskopicky velkými dalekohledy. Tak byla vytipována tranzitující exoplaneta *OGLE-TR-211*, sledovaná spektroskopicky v letech 2006 a 2007 pomocí *VLT*. Kolem mateřské hvězdy (sp F7-8 V;  $6,3 \text{ kK}$ ;  $1,6 R_\odot$ ;  $1,3 M_\odot$ ) s amplitudou radiálních rychlostí 82 m/s obíhá exoplaneta v periodě 3,7 d a vzdálenosti 0,05 AU. Při hmotnosti  $1,0 M_J$  má poloměr  $1,6 R_\odot$ , takže je podobně jako další horcí jupiteři nafouklá proti standardnímu modelu o pětinu.

B. Gaudi aj. objevili v široké mezinárodní spolupráci 11 observatoří při pozorování světelné křivky gravitační mikročočky **OGLE-2006-BLG-109** v březnu a dubnu dva „zoubky“, které prozradily přítomnost dvou exoplanet u čochující hvězdy o hmotnosti  $0,5 M_\odot$ , vzdálené od nás 1,5 kpc. Exoplanety o hmotnostech  $0,7$  a  $0,3 M_J$  obíhají kolem hvězdy ve vzdálenost 2,3 a 4,6 AU v periodách 5, resp. 14 roků. Metoda je v zásadě velmi citlivá a lze jí tak objevit i exoplanety o hmotnosti Marsu ve vzdálenostech několika AU od mateřské hvězdy. Jak poznamenali A. Udalski aj., je pozoruhodné, že *oběžné doby obou exoplanet připomínajících Jupiter a Saturn vykazují rezonanci 1:2*. R. Malhotraová a D. Minton zkoumali, zda by v této soustavě mohla dlouhodobě přežít v ekosféře exoplaneta typu Země. Většinou by tam díky oběma obřím exoplanetám taková „země“ dlouho nevydržela a byla by patrně vymrštěna velkou rychlostí z dané soustavy. Pouze ve speciálních případech, kdy by měla „země“ hmotnost  $> 0,3 M_Z$  a nacházela se těsně u hvězdy ve vzdálenosti  $< 0,1 \text{ AU}$ , mohla by dlouhodobě přežít.

Ani klasická metoda objevování exoplanet ze změn radiální rychlosti mateřské hvězdy však zřejmě zdaleka nevyčerpa své možnosti. V r. 2005 získali Nobelovu cenu za fyziku T. Hänsch a J. Hall za svůj příspěvek k sestrojení laserového **femtosekundového frekvenčního hřebenu**, jenž dovoluje „pročesávat“ optické spektrum s neuvěřitelnou přesností. Jak uvedli C. H. Li aj., v červnu 2008 začaly u 6,5 m dalekohledu *MMT* (Mt. Hopkins, Arizona) a na observatoři *La Silla* (ESO, Chile) pokusy s využitím tohoto principu při měření radiálních rychlostí hvězd, které umožní *zvýšit přesnost měření radiálních rychlostí z dosavadního 0,6 m/s na 10 mm/s (!), přičemž k objevení „země“ ve vzdálenosti 1 AU od „slunce“ postačí přesnost 50 mm/s*.

A. Cumming aj. se zabývali **statistickými údaji o exoplanetách** na základě přehledky pomocí obřího *Keckova teleskopu*. Z údajů o více než 250 exoplanetách vyplývá, že *metoda radiálních rychlostí objeví při stávající přesnosti měření prakticky každou*

exoplanetu s hmotností  $>5 M_J$  až do vzdálenosti 5 AU od mateřské hvězdy. Oběžné doby pro dosud objevené exoplanety se pohybují v rozmezí  $>1 d - 5,5 r$ . Z hvězd slunečního typu má alespoň 10 % alespoň jednu exoplanetu v rozmezí hmotností  $0,3 - 10 M_J$ . Relativní četnost exoplanet přitom roste pro periody  $>300 d$ . Až pětina hvězd má alespoň jednu obří exoplanetu typu Jupiter ve vzdálenosti do 20 AU.

Do poloviny r. 2008 bylo nejvíce exoplanet (290) pozorováno pomocí cyklických změn radiálních rychlostí mateřské hvězdy; na druhém místě je 50 exoplanet sledovaných metodou tranzitů (tyto soubory se přirozeně z větší části překrývají). Další tři metody dokázaly zatím pozorovat pokaždé kolem půltuctu exoplanet: gravitační mikročochky, pulsary a přímé zobrazení. Velmi vzácně se daří objevit exoplanety pomocí astrometrie (společný vektor nebo vlnovka vlastního pohybu, shodná paralaxa, náznak oběžného pohybu po Keplerově elipse). Nejperspektivnější jsou ovšem metoda tranzitů díky fotometrickým družicím a metoda gravitačních mikročochek, která dokáže odhalit exoplanety i ve velkých vzdálenost od Země.

Jak uvedl J. Papaloizou, bylo v polovině r. 2008 známo už více než 300 exoplanet, z čehož 29 hvězd má alespoň 2 exoplanety. Protože exoplanety mají v době svého vzniku často velké výstřednosti a protože v raném období vývoje jsou hvězdy obklopeny plynnými protoplanetárními disky, dochází k migraci exoplanet směrem ke hvězdám po dobu řádově 10 mil. let. Tak právě vzniká silná podskupina exoplanet – horcí jupiteři. Podle E. Thommese aj. je výskyt plynných disků a vznik obřích plynných exoplanet obecně značnou překážkou pro existenci cizích slunečních soustav podobných té naší.

## 2.2. Hnědí trpaslíci

P. Delome aj. našli v přehlídce CFBDS pomocí teleskopu CFHT rekordně chladného hnědého trpaslíka CFBDS 0059-0114 (Cet; 13 pc) o hmotnosti  $15 - 30 M_J$  o teplotě jen 620 K. Jeho stáří odhadli na  $1 - 5$  mld. roků. Podobně jako u již dříve objeveného hnědého trpaslíka ULAS 0034-0052 o teplotě 670 K se v obou spektrech nalézají široké pásy čpavku, což autory vede k návrhu na zavedení nové spektrální třídy Y. Vzápětí B. Burningham aj. objevili ve vzdálenostech kolem 10 pc další tři ještě chladnější hnědé trpaslíky (ULAS 1017, 1238 a 1335) během soustavné přehlídky pomocí 3,8m teleskopu UKIRT na Mauna Kea. Jejich spektrální klasifikace T8-T9 svědčí o dosud nejnižších efektivních teplotách v rozmezí 550 – 600 K, přičemž jejich hmotnosti spadají do pásma  $15 - 31 M_J$ , zatímco jejich stáří je vskutku rozmanité – od 600 mil. do 5,3 mld. roků.

N. Phan-Bao aj. mapovali pomocí submilimetrové soustavy SMA bipolární výtok plynu z mladého hnědého trpaslíka ISO-Oph 102 (sp. M6.5;  $55 M_J$ ) v mezihvězdném mračnu  $\rho$  Oph (125 pc). Podle pozorování SST je trpaslík obklopen chladným diskem o hmotnosti  $0,08 M_{\odot}$ , prostírajícím se do vzdálenosti 80 AU od vlastního trpaslíka. Aparaturou SMA se podařilo určit hmotnost bipolárního výtrysku  $0,2 m M_{\odot}$ , což je o dva řády méně než u klasických mladých proměnných hvězdy typu T Tau. To by znamenalo, že vznik osamělých hnědých trpaslíků probíhá jako zmenšený protějšek vzniku běžných mladých hvězd.

M. Deleuil aj. objevili hnědého trpaslíka o hmotnosti  $22 M_J$  a poloměru  $1 R_J$  u hvězdy CoRoT-Exo-3 (poloha 1923+0027; 13 mag; sp. F3), kolem níž obíhá v periodě 4,3 d synchronní s periodou jeho rotace. Problémem je však jeho neuvěřitelně vysoká hustota – 26násobek hustoty vody!

T. Schmidt aj. našli pomocí kamery NACO VLT ESO v úhlové vzdálenosti 2,7" od proměnné hvězdy CT Cham (typ T Tau) substelární objekt  $K = 15$  mag, což dává při vzdálenosti hvězdy od nás 165 pc lineární separaci objektů  $>440$  AU. Z infračerveného spektra vyplývá jeho efektivní teplota 2,6 kK; poloměr  $2,2 R_J$  a hmotnost  $17 M_J$ , takže jde pravděpodobně o hnědého trpaslíka, který získává hmotu přenosem z aktivní mladé hvězdy před jejím vstupem na hlavní posloupnost. Další substelární objekt sp. třídy L5 v blízkosti hvězdy 2MASS J1711+4028 (sp. dM4.5) objevili J. Radiganová aj. ve vzdálenosti  $>135$  AU od hvězdy. Soustava má úhrnnou hmotnost  $0,2 M_{\odot}$ , takže průvodce je opět hnědý trpaslík, vyznačující se v přehlídce SDSS shodným vlastním pohybem s červeným trpaslíkem. Stáří soustavy činí  $\approx 3$  mld. roků a výskyt podobných dvojic patrně není žádnou výjimkou.

M. Liu aj. využili archivních snímků HST i fotometrie LGS s adaptivní optikou z Keckova teleskopu k určení parametrů těsné dvojice 2MASS J1534-2952AB (stáří 800 mil. r.; vzdálenost 13,5 pc) s oběžnou periodou 15 roků a souhrnnou hmotností  $0,56 M_{\odot}$ , což znamená, že jde o substelární objekty. Z Keplerova zákona odvodili při pokrytí 50 % oběžné dráhy o poloose 2,3 AU dosti přesné hmotnosti složek  $30$  a  $28 M_J$  a jejich efektivní teploty 1 028 a 978 K. To odpovídá sp. třídě hnědých trpaslíků T5.0 a T5.5.

B. Biller a L. Close ohlásili první trigonometrickou paralaxu pro dvojici hnědého trpaslíka 2MASS 1207A (sp. M8;  $T_{ef} = 2,6$  kK;  $30 M_J$ ) a exoplanety 1207Ab (sp. L7; 1,6 kK;  $8 M_J$ ), mezi nimiž probíhá cílá výměna hmoty prostřednictvím akrečního disku, přičemž exoplaneta obíhá kolem hnědého trpaslíka ve vzdálenosti 50 AU. Z 11 pozičních měření pomocí 1,3m teleskopu CTIO v letech 2006–07 vyšla vzdálenost soustavy od nás 63 pc s chybou 12 % a odtud zářivý výkon exoplanety řádu  $10^{-5} L_{\odot}$ . To odpovídá stáří soustavy  $<10$  mil. roků a potvrzuje její příslušnost k hvězdné asociaci kolem proměnné hvězdy TW Hya, jež je stará 8 mil. roků. C. Ducourantovi aj. se podařilo již v dubnu 2004 pomocí aparatury SUSI2 teleskopu NTT ESO exoplanetu 1207Ab přímo zobrazit, avšak výpočet jejích parametrů je dvojnásobný. Buď je relativně studená ( $1,15$  kK) a  $M_J$  méně hmotná ( $4 M_J$ ), anebo teplejší ( $1,6$  kK) a hmotnější ( $8 M_J$ ). Z trigonometrických měření vychází menší vzdálenost soustavy 53 pc. Je ovšem téměř neuvěřitelné, že všechna uvedená měření se týkají soustavy o jasnosti 20 mag!

Podobně D. Bennett aj. objevili dvojici objektů o velmi nízkých hmotnostech v podobě gravitační mikročochky MOA-2007-BLG-192-L (Sgr; 20 mag). Na základě následných pozorování pomocí kamery NACO VLT ESO určili hmotnost primárního objektu  $0,06 M_{\odot}$ , což znamená, že jde o hnědého trpaslíka. Hmotnost sekundárního objektu  $3,3 M_J$  představuje dosud nejmenší hmotnost exoplanety. Minimální lineární vzdálenost mezi objekty činí 0,6 AU a vzdálenost od nás dosahuje  $\approx 1$  kpc.

R. Neuhäuser aj. zobrazovali opakovaně pomocí kamery NACO s adaptivní optikou proměnnou hvězdu GQ Lup a jejího průvodce o infračervené jasnosti  $K = 13,4$  mag. během období od května 2005 do února 2007. Ukázali, že oba objekty mají shodný směr i velikost vlastního pohybu a vykazují i podobné trigonometrické vzdálenosti  $\approx 145$  pc. Z toho usoudili, že jde skutečně o pár tvořený velmi mladou (stáří  $<2$  mil. let) hvězdou  $V = 11$  mag (sp. K7e V;  $0,7 M_{\odot}$ ) a hnědým trpaslíkem o hmotnosti  $\approx 20 M_J$ , poloměru  $3 M_J$  a efektivní teplotě 2,65 kK. Oba objekty jsou od sebe vzdáleny minimálně 100 AU.

D. Lafreniere aj. dokázali pomocí infračervené kamery s adaptivní optikou teleskopu Gemini zobrazit v úhlové vzdálenosti 2,2"

průvodce hvězdy **1RXS J1609-21**, která připomíná mladší vydání našeho Slunce a nachází se v asociaci *Severní Scorpius* (stáří 5 mil. r; vzdálenost 150 pc). Substelární objekt o hmotnosti  $>8 M_J$  (sp. L4; teplota 1,8 kK) vzdálený od hvězdy  $>330$  AU je nejspíš hnědým trpaslíkem, ale jeho původ a příslušnost k hvězdě slunečního typu není v souladu s názory na vznik hvězd a planetárních soustav.

J. Carr a J. Najita objevili pomocí spekter *SST* v pásmu 10–37  $\mu\text{m}$  vodní páru a organické molekuly ve spektru akrečního disku kolem mladé proměnné hvězdy **AA Tau** (typ T Tau), která patří ke slunečním analogům. Ve vnitřní části disku se kromě vody nachází kyanvodík (HCN),  $\text{CO}_2$ , acetylen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) a hydroxyl (OH), takže je prakticky jisté, že tam vznikají i další organické sloučeniny. Směrem od hvězdy pak disk chladne a na *sněhové čáře* ve vzdálenosti 3 AU od hvězdy voda mrzne na led nebo jino-*vatku*. Disk sám je vystaven dynamické cirkulaci ledových balvanů, které se dostávají zpět před sněhovou čáru a mohou tak poskytnout vodu exoplanetám, které se tam případně nacházejí. Tyž dalekohled posloužil D. Backmanovi aj. ke studiu prachového disku u známé blízké (3,2 pc) hvězdy  **$\epsilon$  Eri\*** (sp. K2 V; 0,8  $R_\odot$ ;

0,8  $M_\odot$ ). Hvězda je obklopena dvěma pásy planetek ve vzdálenostech 3 a 20 AU a v mezerách mezi těmito pásy se velmi pravděpodobně nacházejí exoplanety.

J. Donati aj. pozorovali pomocí Lyotova 2m teleskopu a 3,6m *CFHT* magnetické cykly u hvězdy  **$\tau$  Boo A** (sp. F6 IV; vzdálenost 16 pc), kolem níž obíhá exoplaneta o hmotnosti  $>4 M_J$ ; na dráze o velké poloose 0,05 AU a výstřednosti  $e = 0,02$  v periodě 3,3 d. Magnetické pole na povrchu hvězdy dosahuje indukce řádu mT a hvězda sama vykazuje mnohem vyšší diferenciální rotaci, než má Slunce, protože rotační perioda na rovníku činí jen 3,0 d, kdežto u pólu již 3,9 d, takže ve středních šířkách se shoduje s oběžnou periodou hmotné a blízké exoplanety. Tím vznikají silné slapové síly, které pravděpodobně zkracují délku magnetických cyklů hvězdy na pouhé 2 roky, což se projevuje překlápěním polarit magnetických polí, tak jak to známe u Slunce, ovšem v periodě 11 let.

M. Ireland aj. objevili nezakrytovou spektroskopickou dvojhvězdu **GJ 802A** (vzdálenost 16 pc), starou 10 mld. roků doprovázenou hnědým trpaslíkem *B*, pro nějž však vychází z jeho svítivosti stáří jen 2 mld. roků. Obě složky spektroskopické dvojhvězdy mají shodnou hmotnost 0,14  $M_\odot$  a obíhají kolem společného těžiště v periodě 19 h na dráze o minimálním poloměru 1,6 mil. km a sklonu kolem  $80^\circ$ . Hnědý trpaslík obíhá kolem těžiště spektroskopické dvojhvězdy v periodě 3,0 let po výstředné ( $e = 0,4$ ) dráze s tímž sklonem, takže obě oběžné dráhy jsou koplanární. Jeho hmotnost vychází na 0,063  $M_\odot$ . Jelikož z těchto údajů vyplývá, že hnědý trpaslík je nepochybně stejně starý jako zmíněná dvojhvězda, je zřejmé, že dosavadní vývojové modely soustavně podceňují zářivé výkony starých hnědých trpaslíků. J. Bouvier aj. našli v nejbližší otevřené hvězdokupě **Hyády** během přehlídky vlastních pohybů a spekter hvězd jasnějších než  $I = 23$  mag na ploše 16 čtv. stupňů první dva hnědé trpaslíky s hmotnostmi  $\approx 50 M_J$ . Odhadli, že hvězdokupa stará asi 625 mil. roků má úhrnem na 200 substelárních členů, ačkoliv v ní chybí hvězdy nízkých hmotností v porovnání s mladšími ( $\approx 120$  mil. roků) *Plejádami*. Autoři se domnívají, že za tento deficit může vyšší stáří Hyád, takže bylo více času, aby hvězdy malých hmotností hvězdokupu už stačily opustit.

## 2.3. Teoretická hvězdná astrofyzika

### 2.4. Vznik hvězd a prahvězdy

Podle D. Whalena aj. dochází v raném vesmíru ke koncentraci nevelkých hal skryté látky srážkami a splýváním. Jakmile tak vzniknou struktury s minimální hmotností 100 tis.  $M_\odot$ , což se odehrává v čase 50 mil. let po velkém třesku ( $z \approx 50$ ), vznikají **molekuly vodíku**, které strukturu ochladí, což umožní dílčí hroucení plynných chuchvalců a **vznik zárodků I. generace (populace III) hvězd**. Hvězdy vznikají osaměle (jen jedna hvězda v každém chuchvalci), protože účinnost chlazení je nízká. Následkem toho mají tyto hvězdy extrémně vysoké hmotnosti v rozmezí 15 – 500  $M_\odot$ , protože neobsahují ještě žádné příměsi prvků těžších než helium (mají nulovou metalicitu). Jejich efektivní teploty dosahují milionů kelvinů a jejich svítivosti řádově miliony  $L_\odot$ . *Nadhvězdy s hmotnostmi  $>120 M_\odot$  vysílají velké množství ultrafialového záření, které disociuje molekuly vodíku v celém halu, takže ochlazování mračen se přerušuje a nové hvězdy nemohou vznikat.* Trvá to pak skoro milion let, než hvězda skončí svůj aktivní život a tvorba molekul vodíku v daném mračnu se obnoví. Vypařování molekul vodíku tak prakticky zastaví vznikání nových hvězd na více než 100 mil. roků, takže v mezidobí klesne kosmologický červený posuv na  $z = 20$  a *proces vzniku hvězd se znovu nastartuje až 180 mil. let po velkém třesku.*

L. Youngelson aj. propočítali **vývoj nadhvězd** s počátečními hmotnostmi 60 – 1 000  $M_\odot$  (!), které v průběhu svého života přijdou o větší část své původní hmotnosti, takže skončí svůj život s hmotností  $<150 M_\odot$ . Podle okolností pak mohou vybuchnout jako **supernovy** díky párové nestabilitě pozitronů a elektronů v horkém jádru nadhvězdy, jež sníží výrazně tepelný tlak a jádro se počne gravitačně hroutit, což vyvolá vzápětí překotnou termonukleární reakci, která hvězdu zničí gigantickým výbuchem. Pokud však je hmotnost nadhvězdy velmi vysoká, k výbuchu nedojde, protože nadhvězda se zhroutí na **černou díru** o hmotnosti  $<70 M_\odot$  a odtud pak jejich sléváním vznikají **intermediální černé díry** již ve velmi raném vesmíru.

M. Krumholz a C. McKee zjistili, že ke vzniku nadhvězd o vysoké počáteční hmotnosti musí být chuchvalec obřího molekulového mračna dostatečně hustý, ale že tato **kritická hustota** klesá při nepatrné metalicitě zárodečných chuchvalců asi třikrát proti její současné hodnotě. Právě proto je výskyt nadhvězd ve velmi raném vesmíru podstatně vyšší než dnes. Monumentální **výpočty vzniku prahvězd** v rané epoše vznikání galaxií uveřejnili N. Yoshida aj., kteří začali s modelem slévání horkého plynu a chladné skryté látky v raném vesmíru do zárodečných chuchvalců, obřích molekulových mračen a jejich fragmentací v rozměrech od stovek kiloparseků až po velikost hvězd slunečního typu, což znamenalo *překlenutí 13 řádů v geometrii struktur*. Ukázali, že ke vzniku velmi hmotných nadhvězd I. generace (populace III) stačí zárodek („semínko“) o hmotnosti pouhé 0,01  $M_\odot$ . Podle S. Yoona aj. akrece skryté látky na prvotní hvězdy poněkud prodlouží jejich životnost, pokud rotují pomalu. Pokud však hvězdy rotují rychle, má anihilace částic **WIMP** skryté látky na vývoj hvězdy výrazný vliv.

S těmito modelovými výpočty docela dobře souhlasí zjištění C. O’Deay aj., že v *centrálních galaxiích galaktických kup se pro vznik nových hvězd dá využít jen 1 – 10 % plynu z celé kupy*. Pozorování rentgenového záření kup totiž ukazuje, jak horký intergalaktický plyn padá do centrální galaxie, kde se nejprve ochladí a posléze kondenzuje na nové hvězdy, prozrazující se silným

infračerveným zářením. Ochlazování však není příliš účinné, buď vinou ultrafialového záření již hotových hmotných hvězd, anebo kvůli aktivitě centrální černé veledíry.

C. O'Dell a L. Townsleyová ukázali, že v **obřím molekulovém mračnu v Orionu** začala tvorba nových hvězd před 2,5 mil. let a stále probíhá. Rentgenová družice *Newton* objevila extrémně horký (řádově MK) plyn hvězdného větru, vyvěrající nadzvukovými rychlostmi z velmi hmotných mladých hvězd, přičemž samotná mlhovina je v průměru mnohem chladnější – má teplotu jen 9 kK. Jen 8 % vznikajících hvězd má dostatečně mohutné **protoplanetární disky**, aby z nich mohly vzniknout exoplanety typu jupiterů. Nicméně 60 % horkých hvězd spektrální třídy A má dostatečně mohutné disky, aby z nich mohly vzniknout exoplanety podobné rozměry a hmotností Zemi. Podle M. Güdela aj. má jejich horký vítr teplotu 1,7 – 2,1 MK v jihozápadním okolí hmotných hvězd ve známém *Trapezu*. V blízkém okolí Trapezu jsou vidět tisíce nedávno vzniklých hvězd. Pomocí rádiové interferometrie *VLBA* se podařilo zpřesnit vzdálenost nejbližší hvězdné kolébky – **mlhoviny v Orionu** na 410 pc s chybou pouhých 2 %.

K. Stassun aj. poukázali na údajích z mlhoviny v Orionu, že zároveň vznikající hvězdy o stejné hmotnosti se mohou velmi lišit ve svých fyzikálních parametrech. Našli totiž pomocí spektroskopie z teleskopu *HET* a fotometrie z 0,9m teleskopu *KPNO* dvě identické hvězdy v mladé dvojhvězdě **Par 1802** (per. 4,7 d;  $a > 0,05$  AU;  $e = 0,03$ ; stáří 1 mil. let), které se tedy téměř určitě zrodily naráz, mají shodné hmotnosti  $0,4 M_{\odot}$  s přesností na 2 %, ale přesto se liší minimálně o 5 % ve svých rozměrech, o 10 % ve svých efektivních teplotách a o polovinu ve svých zářivých výkonech. Autoři tak dospívají k závěru, že ve skutečnosti nejsou obě složky dvojhvězdy stejně staré – mohou se datem vzniku lišit o statisíce let.

J. Nuth III aj. ukázali, že v protostelárních mlhovinách jsou příznivé podmínky pro vznik **komplexních organických molekul**, protože na povrchu amorfních silikátů železa se při teplotách 500 – 600 K vytváří uhlíkový povlak, jenž je výtečným katalyzátorem reakcí s molekulami mezihvězdného vodíku, dusíku a oxidu uhelnatého, což urychluje vznik stabilních organických makromolekul. Důkazem je pak výskyt uhlíku v uhlíkatých chondritech, čili *na Zemi dopadá v této podobě prahvězdný prach*.

Teoretické *rozmezí hmotností hvězd vznikajících v současné epoše věku vesmíru přesahuje tři řády*, tj. od minima  $0,08 M_{\odot}$  se svítivostí řádu  $10^{-5} L_{\odot}$  až po maximum  $120 M_{\odot}$  se svítivostmi řádu  $1 ML_{\odot}$ , což znamená podíl neuvěřitelných 11 řádů zářivého výkonu. Nicméně spolehlivě naměřené horní meze hmotnosti máme jen u dvojhvězd s maximálními hmotnostmi  $85 M_{\odot}$ . Ne zcela jistá je hmotnost primární složky  $115 M_{\odot}$  ve dvojhvězdě v otevřené hvězdokupě **NGC 3603** (Car). Hvězdy s vyššími hmotnostmi vznikají opravdu velmi vzácně a mají mimořádně krátkou životnost řádu milionů let; jejich stabilita je doslova na hraně.

Nicméně A. Tutukov a A. Fedorova ukázali, že při nízké teplotě (<300 K) zárodečného plynu, skládajícího se pouze z vodíku a hélia bez příměsí kovů ( $Z = 0$ ) mohla být *horní mez hmotnosti nejranějších prahvězd významně překročena až na maximum  $1 kM_{\odot}$* , protože v tomto případě tempo akrece na hvězdy podstatně převyšovalo tempo ztráty hmoty hvězdným větrem. Akrece plynu obecně roste s jeho teplotou a ty nejhmotnější prahvězdy vznikají slítním dvou velmi hmotných složek dvojhvězdy. V současné době však příměs kovů v zárodečném plynu a jeho teplota <100 K *snižuje horní hranici hmotnosti hvězd na  $100 M_{\odot}$* . Při  $Z = 0,25 Z_{\odot}$  stoupá tato hranice na  $140 M_{\odot}$ , atd.

## 2.5. Osamělé hvězdy

A. Dominiciano de Souza aj. využili interferometru *AMBER/VLTI ESO* na základních 60 – 110 m ke změření úhlové průměru kotoučku druhé nejjasnější hvězdy oblohy **Canopus** ( $\alpha$  Car;  $V = -0,7$  mag; sp. FO II/Ib; 7,4 kK;  $14 kL_{\odot}$ ;  $10 M_{\odot}$ ; 96 pc). Obdrželi hodnotu 0,007", čemuž odpovídá lineární poloměr veleobra  $71 R_{\odot}$  (50 mil. km).

Y. Takeda aj. odvodili revidované parametry **Vegy** ( $\alpha$  Lyr; sp. A0 V;  $2,3 M_{\odot}$ ; 7,8 pc) poté, co se zjistilo, že hvězda je k nám natočena pólem rotace pod úhlem jen 7° vůči zornému paprsku. Odtud pak vyplývá její obvodová rotační rychlost na rovníku 175 km/s a o polovinu vyšší gravitace na pólech oproti rovníku. Polární poloměr  $2,52 R_{\odot}$  je o 10 % kratší než rovníkový a podobně se liší i efektivní teploty: zatímco v okolí pólů dosahují 9,9 kK, na rovníku je jen 8,9 kK.

F. Schiller a N. Przybilla studovali vývoj a současný fyzikální stav známého veleobra **Deneb** ( $\alpha$  Cyg; sp. A2 Ia; 440 pc) a odvodili z vysokodisperzních spekter jeho charakteristiky, tj.  $T_{\text{ef}} = 8,5$  kK; poloměr  $203 R_{\odot}$  ( $0,95$  AU); svítivost  $200 kL_{\odot}$ ; hmotnost  $19 M_{\odot}$  a rotační rychlost  $>20$  km/s. Hvězda má v porovnání se Sluncem přebytek hélia, uhlíku a dusíku, kteréžto prvky zřejmě vyrobila termonukleárními reakcemi a dostala tyto prvky na povrch díky silnému vertikálnímu promíchávání plynu. Svědčí o tom i silný hvězdný vítr, který vane rychlostí 240 km/s a ročně odnáší  $3 \cdot 10^{-7} M_{\odot}$  hmoty. *Deneb* začal podle autorů svou existenci jako hmotná ( $23 M_{\odot}$ ) hvězda spektrální třídy O a v současné době se vyvíjí na červeného veleobra.

S. Marchenko znovu prohlédl data o jasné hvězdě **Prokyon** ( $\alpha$  CMi; sp. F5 IV-V), získaná v letech 2004 – 2005 kanadskou družicí *MOST*. V původní analýze se totiž nepodařilo najít očekávané oscilace vhodné pro asteroseismologii. Autor data zpracoval pomocí nového citlivějšího programu a objevil tak z 264 000 měření *oscilace* v módu  $p$  ve frekvenčním pásmu 0,8 – 1,2 mHz. Amplituda oscilací je však velmi nízká, takže původní metoda zpracování je najít nemohla. Tím je položen základ ke studiu vnitřní struktury Prokyonu.

G. Harper aj. upozornili na velkou chybu trigonometrických vzdáleností červeného veleobra **Betelgeuse** ( $\alpha$  Ori), odvozených na jedné straně družicí *HIPPARCOS* ( $131 \pm 30$ ) pc a na druhé straně z rádiové interferometrie aparaturou *VLA* ( $197 \pm 45$ ) pc. V každém případě se však zdá pravděpodobné, že hvězda vznikla v asociaci *Orion OB1*, od níž nyní prchá.

L. Pasquini aj. ukázali pomocí spekter aparaturou *FLAMES VLT ESO*, že otevřená hvězdokupa **M67** (Cnc; 830 pc) obsahuje 10 osamělých slunečních analogů, jejichž efektivní teploty se liší o <100 K od teploty Slunce a v pěti případech dokonce jen o <60 K, takže jde o vůbec nejlepší protějšky Slunce, které známe.

Na konci odstavce malou perličku k *Mezinárodnímu roku astronomie 2009*. C. Graney připomněl, že *Galileo* v době euforie z výkonu svých dalekohledů usoudil, že vidí úhlové průměry hvězdných kotoučků v rozmezí od zlomku obloukové vteřiny do několika obl. vteřin. Tak např. pro známou dvojhvězdu **Mizar-Alcor** (UMa) určil v r. 1617 jejich úhlovou rozteč na 75" a usoudil, že Mizar má úhlový průměr 3" a Alcor 2". Za předpokladu, že jde o hvězdy o geometrickém rozměru Slunce, mu pak vyšlo, že Mizar je od nás vzdálen asi 300 AU. Dokázal také stanovit rozteč mezi složkami Mizaru na 12", protože jeho dalekohled měl v případě stej-

ně jasných hvězd rozlišení 2". Odtud usoudil, že *nejslabší hvězdy viditelné očima jsou od nás vzdáleny až 2 tis. AU*, takže podcenil jejich vzdálenosti minimálně o 3 řády. Mnohem lepší výsledek by byl získal, kdyby si všiml relativní četnosti hvězd různých pozorovaných jasností. Pak by totiž za předpokladu, že cizí hvězdy mají tutéž svítivost jako Slunce, obdržel řádově správné odhady jejich vzdáleností.

## 2.6. Těsné dvojhvězdy

Jak už je delší dobu jisté, k těsným dvojhvězdám patří také žhavá kandidátka na výbuch supernovy, proslulá velmi hmotná ( $\approx 100 M_{\odot}$ ) proměnná hvězda  **$\eta$  Carinae**. A. Daminellimu aj. se nyní podařilo kombinací optické, blízké infračervené i rentgenové světelné křivky zpřesnit oběžnou periodu sekundární složky na 2023 d (5,54 roku). Spektroskopie v letech 1948 – 2007 dala prakticky shodnou periodu ( $2020 \pm 4$ ) dne, takže oběžná doba je pozoruhodně konstantní. Nejbližší primární minimum mělo proto nastat 11. ledna 2009. Skutečně již v polovině července 2008 se objevily ve spektru hvězdy široké (300 km/s) emise He II, které ukázaly *začátek ionizace hvězdného větru primární složky horkým sekundárním průvodcem*. Od konce srpna 2008 se k tomu přidala i emise He I, dokládající přímou srážku obou hvězdných větrů. Svítivost primáru dosáhla  $5 ML_{\odot}$  a jeho ztráta hmoty dosáhla vysokého tempa  $0,003 M_{\odot}/r$ . Hvězda se patrně chystá k dalšímu velkému výbuchu, podobného tomu z r. 1843, kdy vznikla působivá mlhovina **Homunculus**. N. Smith aj. ukázali, že tehdejší erupce zbavila hvězdu neuvěřitelných  $12 M_{\odot}$  horkého plynu, jenž se rozpínal rychlostmi  $650 - 6\,000$  km/s a měl kinetickou energii řádu  $10^{43}$  J (!). Příčina tak obří erupce je dosud záhadou.

N. Linder aj. pořídili vysokodisperzní spektra obou složek **Plaskettovy hvězdy** (HD 47129 = V640 Mon; sp. O8 III + O7.5 III; vzdálenost 1,5 kpc), která je patrně členkou hvězdné asociace Mon OB2. Sekundární složka má přebytek helia a velmi rychle rotuje, takže její silný hvězdný vítr je stažen k rovníku. Obě hvězdné větry se navzájem prudce srážejí. Dvojhvězda s oběžnou periodou 14 d bohužel není zákrytová, takže sklon její dráhy neznáme a to znemožňuje spolehlivě určit hmotnosti složek, které jsou však určitě vyšší než 45 a  $47 M_{\odot}$ .

A. Tutukov aj. se věnovali modelování vývoje patrně nejhmotnější známé dvojhvězdy **WR 20a** (Car; sp. WR a Of; poloměry  $19 R_{\odot}$ ; teploty 43 kK; hmotnosti 83 a  $82 M_{\odot}$ ; sklon  $74^{\circ}$ ; velká poloosa 38 mil. km; oběžná perioda 3,7 d; vzdálenost  $\approx 7$  kpc; stáří  $< 3$  mil. roků), jež je členkou otevřené hvězdokupy *Westerlund 2*. Ukázali, že při vstupu na hlavní posloupnost měla každá složka oddělené dvojhvězdy hmotnost  $\approx 110 M_{\odot}$ , takže až dosud ztratila velké množství plynu intenzivním hvězdným větrem. Týž vývoj bude dále pokračovat až do chvíle, kdy vývojově pokročilejší složka vyplní svůj Rocheův lalok, soustava se stane polodotykovou a vytvoří kolem sebe společnou plynnou obálku. Další scénář vede ke slití obou složek na extrémně hmotnou hvězdnou černou díru, popř. na vznik dvou samostatných černých děr, což se na dálku projeví jako vzplanutí zábleskových zdrojů záření gama.

T. Hillwig a D. Giess se zabývali přesnějším určením hmotnosti složek proslulé interagující dvojhvězdy (mikrokvasaru) **SS 433** (= *V1343 Aql*). Jak známo, z kompaktní složky vybíhají protilehlé relativistické výtrysky o rychlosti 26 % rychlosti světla a mezi oběma složkami probíhá intenzivní výměna hmoty. Dostali tak pro dárce hmotnost  $12 M_{\odot}$  a pro kompaktního příjemce hmotnost  $4,3 M_{\odot}$ . Oběžná rovina soustavy má sklon  $79^{\circ}$ . Pokud jsou zmíněné hodnoty hmotností správné, pak je kompaktní zdroj hvězdnou černou dírou. Problém je však v tom, že hmotnosti jsou možná přeceněny, protože dárce je silně ozařován kompaktní složkou, takže stále ještě není vyloučeno, že příjemce je neutronovou hvězdou.

C. Zurita aj. získali v létě 2007 světelnou křivku optické složky 16,5 mag dvojhvězdy **Swift J1753-0127**, jejíž kompaktní složka viditelná v rentgenovém oboru spektra je kandidátem na hvězdnou černou díru. Z komplexní světelné křivky optické složky se nakonec podařilo určitě oběžnou periodu 3,2 h, což je vůbec *nejkratší perioda pro černou díru ve dvojhvězdě*. Soustava se nachází v halu Galaxie.

S. Qian aj. zkoumali dlouhodobé variace světelné křivky polodotykové zákrytové dvojhvězdy V Pup (sp. B1 + B3) s oběžnou dobou 1,45 d a objevili tak cyklické prodlužování oběžné doby vinou velmi hmotného třetího tělesa v soustavě. Jelikož v daném směru se nachází slabý rentgenový zdroj a jelikož těsná dvojhvězda je obklopena mocnou cirkumstelární plynnou obálkou, zdá se pravděpodobné, že ono třetí těleso, které není vidět spektroskopicky, ačkoliv jeho minimální hmotnost  $10,4 M_{\odot}$  je vyšší než hmotnost  $7,8 M_{\odot}$  sekundární složky těsné dvojhvězdy, je ve skutečnosti hvězdná černá díra ve vzdálenosti 5,5 AU od těsné dvojhvězdy, přičemž tato tělesa kolem sebe obíhají v periodě 5,5 roku. Vývoj těsné dvojhvězdy byl zřetelně urychlen explozí supernovy, která vedla ke zhroucení hmotné hvězdy na černou díru. Sekundární složka těsné dvojhvězdy totiž vyplňuje příslušný Rocheův lalok a mnoho materiálu se nachází i ve zmíněném cirkumstelárním oblaku. Sekundární složka ztrácí nyní hmotu tempem bezmála  $10^{-6} M_{\odot}/r$ .

P. Kervella aj. objevili pomocí aparatury *VISIR VLT ESO*, že jasná hvězda jižní oblohy **Achernar** ( $\alpha$  Eri; sp. B3 Vpe;  $\approx 7 M_{\odot}$ ; rotační zploštění 0,6 díky rotační rychlosti  $> 250$  km/s; vzdálenost 44 pc) má průvodce sp. třídy A2 V, jenž kolem *Achernaru* obíhá v periodě  $\approx 15$  let ve vzdálenosti  $< 7$  AU. Dráha je zřejmě výstředná, protože ve spektru *Achernaru* se v periastru objevují emise vodíkové čáry H- $\alpha$ .

R. Branham aj. využili dlouholeté spektroskopie (1896 – 1991) a interferometrie (1919 – 1999) **Capelly** ( $\alpha$  Aur) ke zlepšení dráhových parametrů této hmotné ( $3,0 + 2,6 M_{\odot}$ ) dvojhvězdy, vzdálené od nás 13,4 pc. Obě složky kolem sebe obíhají v periodě 104 d po dráze s velkou poloosou 0,75 AU a výstředností jen 0,005.

D. Gies aj. odvodili nové parametry čtyřnásobné soustavy **Regulus** ( $\alpha$  Leo; sp. B7 V - B8 IV), jež je tvořena jednočarovou spektroskopickou dvojhvězdou A s primární složkou Aa – vlastním *Regulem* a dále 175" vzdálenou dvojhvězdou B se složkami Ba a Bb sp. tříd K2 a M4. *Regulus*, jak známo, patří k velmi rychle rotujícím hvězdám (rotační perioda 16 h), takže je zploštělý o třetinu rovníkového průměru, neboť jeho obvodová rychlost na rovníku  $> 317$  km/s představuje minimálně 86% kritické rychlosti, při níž by začal odstředivou silou ztrácet hmotu z pásma kolem rovníku. Autoři zjistili, že *Regulus* je roztočen na vysoké obrátky sekundární složkou soustavy Ab o hmotnosti  $> 0,3 M_{\odot}$ , vzdálenou od *Regula*  $> 0,35$  AU, jež je pravděpodobně bílým trpaslíkem. Oběžná doba dvojice vzdálené od nás 24 pc a staré 150 mil. roků činí 40 dnů.

C. Lee aj. využili spektroskopie všech čtyř složek zákrytové soustavy **V994 Her** k určení jejich základních parametrů i celkové

konfigurace, jež se skládá ze dvou oddělených párů spektroskopických dvojhvězd A a B. Spektroskopická dvojhvězda A má složky o poloměrech 2,2 a 1,7  $R_{\odot}$  a hmotnostech 2,8 a 2,3  $M_{\odot}$ , kdežto dvojhvězda B má složky o poloměrech 1,6 a 1,5  $R_{\odot}$  a shodných hmotnostech 1,9  $M_{\odot}$ . Dvojhvězda A má oběžnou periodu 2,1 d a spektra složek B8 V a A0 V. Dvojhvězda B má oběžnou periodu 1,4 d a spektra A2 V a A4 V.

M. Muterspaugh aj. se v rámci programu ultrapřesné ( $\pm 20$  obl. mikrovteřin) astrometrie *PHASES* na Mt. Palomaru věnovali čtyřnásobné soustavě  $\mu$  Ori (= *HD 40932*; vzdálenost 46 pc), která se skládá ze dvou těsných dvojhvězd (Aa+Ab) a (Ba+Bb). Složky A a B tvoří vizuální dvojhvězdu, přičemž jejich těžiště kolem sebe obíhají v periodě 18,7 roku po velmi protáhlé dráze s výstředností 0,74, velkou poloosou 12,6 AU a sklonem 94°. Složka A se skládá z hvězd o hmotnostech 2,4 a 0,65  $M_{\odot}$ , jež kolem sebe obíhají v periodě 4,4 d po téměř kruhové dráze s velkou poloosou 0,08 AU a sklonem 47°. Složka B se skládá z hvězd o shodných hmotnostech 1,4  $M_{\odot}$ , které kolem sebe obíhají v periodě 4,8 h po kruhové dráze o téměř poloměru 0,08 AU a sklonu 111°.

A. Tokovinin studoval statistiku výskytů **hvězdných trojic a čtveřic** s cílem zjistit, jak takové soustavy vlastně vznikají. Ukázal, že většina čtveřic vykazuje konfigurace podobné známé čtveřici  $\epsilon$  Lyr, jež se skládá ze dvou těsných párů, přičemž oběžné periody obou párů i poměry jejich hmotností se u dané čtveřice sobě podobají. Oběžné periody se shodují v rámci 10 % a téměř polovina složek párů má i podobné hmotnosti. Statisticky pak pro různé čtveřice vykazují bimodální rozdělení těchto „vnitřních“ period. Naproti tomu „vnější“ periody oběžných drah těžišť obou párů se liší jak u trojic tak u čtveřic a nijak nesouvisí s vnitřními periodami dané vícenásobné soustavy. Autor se domnívá, že tyto soustavy vznikají posloupností rotačních rozpadů zárodečných chuchvalců a následnou migrací složek párů směrem k sobě.

M. Zhao aj. využili interferometru *CHARA* ke zmapování vzhledu proslulé interagující těsné zákrytové dvojhvězdy  $\beta$  Lyr v infračerveném pásmu *H*. Dárce plynné hmoty je protáhlá složka o hmotnosti 2,6  $M_{\odot}$  vyplňující příslušný Rocheův lalok, která předává hmotu do ještě protáhlejšího disku, obklopujícího příjemce o hmotnosti bezmála 13  $M_{\odot}$ . Vzdálenost soustavy od nás je zhruba 300 pc s chybou 15 %, ale interferometrická měření relativní úhlové polohy složek patrně umožní tento údaj v dohledné době podstatně zpřesnit.

H. Stempels aj. určili elementy zákrytové dvojhvězdy **ASAS J0528+0338** typu RS CVn, která je členkou hvězdné subasociace *OB1a Ori* ve vzdálenosti 280 pc staré jen 11 mil. roků. Jde rovněž o dvoučarovou spektroskopickou dvojhvězdu, což zvyšuje možnosti získat úplnou charakteristiku soustavy, jejíž složky ještě nedospěly na hlavní posloupnost. Takových soustav totiž dosud známe jen pět. Obě složky (sp. K1 + K5; 5,1 + 4,8 kK; 1,8 + 1,7  $R_{\odot}$ ; 2,0 + 1,4  $L_{\odot}$ ; 1,4 + 1,3  $M_{\odot}$ ) kolem sebe obíhají v periodě 3,9 d ve vzdálenosti 0,07 AU a se sklonem dráhy 84°.

N. Dunstone aj. zmapovali magnetická pole na povrchu složek těsné dvojhvězdy **V824 Ara** (= *HD 155555*; sp. G5 IV + K0 IV) pomocí polarimetru u 3,9m teleskopu *AAT*. Polarimetr dokáže proměřit naráz obě složky kruhově polarizovaného světla a tak se ukázalo, že obě složky mají na svém povrchu *prstény azimutálního magnetického pole*, které se však u sekundární složky během let 2004 – 2007 změnilo na radiální. Mapa magnetických polí je velmi komplexní, v různých hvězdných šířkách jeví pole odchylnou polaritu. Sekundární složka má osu magnetického dipólu skloněnou k rotační ose pod úhlem 75°. Soustava je docela mladá – její stáří nepřevyšuje 18 mil. roků.

T. Pribulla a S. Rucinski sestrojili na základě nových pozorování nový model „Paczynského dvojhvězdy“ **AW UMa** (sp. F0 V + F1 V; 1,6 + 0,15  $M_{\odot}$ ; perioda 0,4 d; 15 pc), která byla dosud považována za dotykovou interagující dvojhvězdu. Problém modelu však spočíval v očividném nesouladu mezi poměrem hmotností složek ze spektroskopie a z fotometrie soustavy. Autoři nyní ukázali, že dvojhvězda svou dotykovou klasifikaci pouze předstírá. Ve skutečnosti jde o oddělenou soustavu Kopalovy klasifikace, která se vyznačuje vysokým okrajovým ztemněním složek, rovníkovým pásem materiálu a tlustým proudem horkého plynu, jenž obepíná celou soustavu, takže klasický Rocheův model těsné dvojhvězdy v tomto případě selhává. Titíž autoři též objevili dotykovou dvojhvězdu **GSC 0138-0047** s rekordně krátkou oběžnou dobou 5,2 h, která je patrně na spodní mezi pro oběžné doby dotykových dvojhvězd.

C. Blake aj. uveřejnili parametry těsné zákrytové dvojhvězdy, objevené v přehlídce *SDSS* (MEB-1; 0318-0100), na základě pozorování světelné křivky v blízké infračervené oblasti spektra. Obě docela chladné (3,3 kK) složky kolem sebe obíhají v krátké periodě 0,4 d a patří k trpaslíkům (poloměry 0,27 a 0,25  $R_{\odot}$ ) s nízkými hmotnostmi (0,27 a 0,25  $M_{\odot}$ ). Podle autorů lze v tomto spektrálním oboru celkem snadno nalézt i páry, kde jednou či oběma složkami jsou hnědí trpaslíci.

V. Bakis aj. zkoumali těsnou zákrytovou dvojhvězdu **V731 Cep** (sp. B8.5 V + A1.5 V; 1,8 + 1,7  $R_{\odot}$ ; 2,6 + 2,0  $M_{\odot}$ ; perioda 6 d) s velmi vysokým podílem (76 %) relativistické složky stáčení přímky apsid. Příčinou tak vysokého podílu je jak výstřednost dráhy těsné dvojhvězdy  $e = 0,016$  tak poměrně malé rozměry oběžné elipsy s poloosou 16 mil. km. Stáčení přímky apsid však probíhá pomalu s periodou 10 tis. roků. Soustava vzdálená od nás 830 pc je stará jen 130 mil. roků a zřejmě unikla z otevřené hvězdokupy *NGC 7762* (Cep).

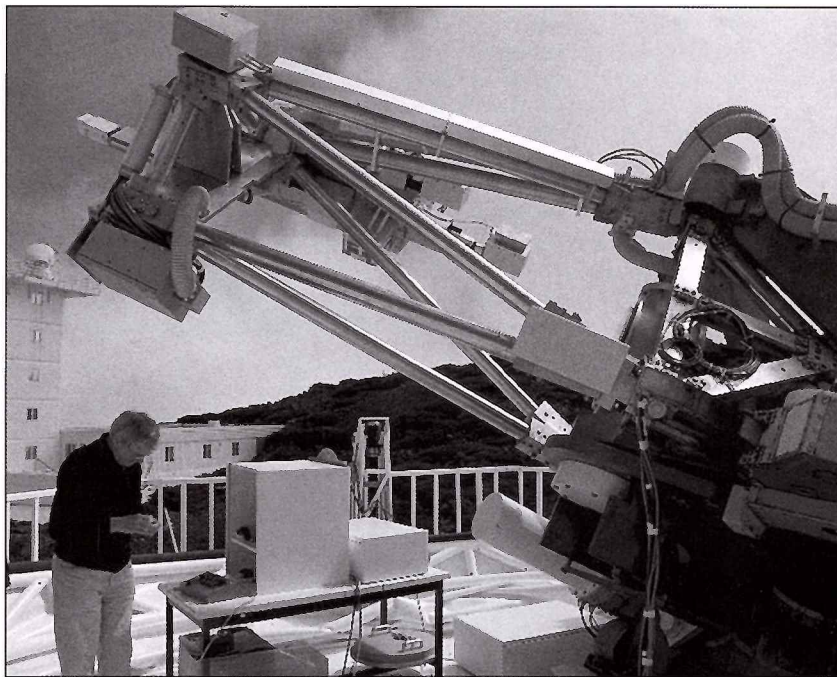
P. Švaříček aj. našli velmi rychlé **apsidální pohyby** u zákrytových dvojhvězd **OX Cas**, **PV Cas** a **CO Lac** s periodami stáčení po řadě 38, 91 a 43 let, přičemž relativistická složka stáčení nepřesahuje u žádné z nich 6 % příslušné periody. Podobně krátké periody apsidálních pohybů v rozmezí 25 – 362 roků pozorovali M. Wolf aj. pro čtyři zákrytové dvojhvězdy jižní polokoule s protáhlými drahami: **GL Car**, **QX Car**, **NO Pup** a **V366 Pup**. Relativistické efekty přitom představují 3 – 12 % celkového stáčení. P. Mayer aj. uveřejnili zlepšené parametry velmi hmotné zákrytové dvojhvězdy **V1007 Sco**, která patří do hvězdokupy *NGC 6231* (vzdálenost 1,6 kpc). Jde o dvojici obrů sp. třídy O o hmotnostech 29,5 a 30,1  $M_{\odot}$ , které mají poloměry 16 a 15  $R_{\odot}$  a obíhají kolem sebe v periodě 5,8 d po dráze se sklonem 67°. Jejich přímka apsid se stáčí s periodou 111,5 r. V. Bakis aj. určili periodu apsidálního pohybu zákrytové dvojhvězdy **PT Vel** (7 mag; 9,2 + 6,7 kK; 2,0 + 1,6  $R_{\odot}$ ; 2,2 + 1,6  $M_{\odot}$ ; stáří 400 mil. r.; vzdálenost 160 pc) s excentrickou drahou ( $e = 0,13$ ), velkou poloosou 7 mil. km a sklonem 88°. Perioda stáčení činí 180 let; z toho 9 % připadá na relativistické stáčení.

J. Clausen aj. využili robotického teleskopu na observatoři *La Silla* (ESO) k pokrytí světelných křivek šesti zákrytových dvojhvězd (**AD Boo**, **HW CMa**, **SW CMa**, **V636 Cen**, **VZ Hya** a **WZ Oph**) ve čtyřech barvách *UBVY* a odhalili také pomalé stáčení jejich přímek apsid s periodami od 5,3 tis. do 14,9 tis. roků. Určili také hmotnosti složek a poloměry pro tři soustavy (**AD Boo**, **VZ Hya** a **WZ Oph**) s vysokou přesností 0,5 % i jejich stáří v rozmezí 1,0 – 1,8 mld. roků.

# Moderné slnečné ďalekohľady na Kanárskych ostrovoch a v USA

Pre veľké slnečné ďalekohľady je, podobne ako v prípade ďalekohľadov pre nočnú astronómiu, dôležitý výber lokality. Nachádzajú sa väčšinou v dostatočnej nadmorskej výške, aby boli zaručené kvalitné pozorovacie podmienky (menšie chvenie obrazu) a vysoký počet slnečných dní. Kvalita obrazu v slnečných ďalekohľadoch je okrem atmosférických efektov ovplyvnená aj teplom, ktoré vzniká dopadajúcim slnečným žiarením a vzduchom v tubuse ďalekohľadu. To spôsobuje chvenie a rozmazanie obrazu Slnka. Moderné slnečné ďalekohľady sú buď vákuové ďalekohľady, teleskopy plnené héliom, alebo také, ktoré používajú chladenú optiku na zníženie ohrevu vzduchu v ďalekohľade. Vákuové ďalekohľady nemôžu mať veľký priemer vstupnej apertúry, pretože musia byť hrubé, aby vydržali rozdiel tlaku medzi vonkajším prostredím (vzduch) a vnútom ďalekohľadu (vákuum), ale zároveň dostatočne opticky kvalitné. Horná hranica priemeru vákuového ďalekohľadu je preto niečo vyše 1 m. Vákuovým ďalekohľadom je napr. šošovkový 1 metrový *Swedish Solar Telescope* – SST (Švédsky slnečný ďalekohľad) na ostrove La Palma (Kanárske ostrovy, Španielsko), resp. *Vacuum Tower Telescope* – VTT (Vákuový slnečný vežový ďalekohľad) na susednom ostrove Tenerife. Refraktor SST prevádzkuje Inštitút pre slnečnú fyziku (Institute for Solar Physics) Švédskej kráľovskej akadémie vied (Royal Swedish Academy of Sciences). Naplnenie ďalekohľadu héliom namiesto vzduchom znižuje nepriaznivé účinky tepla na obraz, ale nie natoľko ako v prípade vákuových ďalekohľadov. Optické členy (šošovky uzatvárajúce héliový tubus) môžu byť tenšie, a preto je technologicky ľahšie dodržať dostatočnú optickú kvalitu. V susedstve VTT, na ostrove Tenerife, je kupola francúzsko-talianskeho ďalekohľadu THEMIS – Télioscope Héliographique pour l'Étude du Magnétisme et des Instabilités Solaires (Heliografický ďalekohľad pre štúdium magnetizmu a nestabilit na Slnku) s optickým systémom Ritchey-Chretien. Má apertúru 90 cm a jeho tubus je naplnený héliom. Budúce návrhy ďalekohľadov tohoto typu predpokladajú priemer do 2,4 m. Pre budúce veľmi veľké slnečné ďalekohľady je preto zrejme najschodnejšou cestou budovanie otvorených *slnečných zrkadlových ďalekohľadov* s regulovanou teplotou optiky a uplatnenie adaptívnej optiky. Príklady takých ďalekohľadov sú: *Dutch Open Telescope* – DOT (Holandský otvorený ďalekohľad) tiež na ostrove La Palma, 1,5 m GREGOR, ktorý bude na ostrove Tenerife (Kanárske ostrovy, Španielsko). O novom 1,5 metrovom ďalekohľade GREGOR, ktorý uzrie prvé svetlo pravdepodobne v roku 2010, informoval Dr. M. Rybanský v KOZ-MOSE č. 3/2007. Tento najväčší slnečný ďalekohľad však môže ešte pred vykonaním testovacích pozorovaní stratiť prvenstvo, keby bola skôr dokončená inštalácia 1,6 m slnečného ďalekohľadu (New Solar Telescope – NST) v Big Bear Observatory (Kalifornia, USA). Advanced Technology Solar Telescope (Slnečný ďalekohľad so zdokonalenou technológiou) s priemerom zrkadla 4,24 m, ktorý bude inštalovaný na Haleakala (Havajské ostrovy), však presiahne aj rozmery NST. Európa pripravuje tiež veľký slnečný ďalekohľad EST – European Solar Telescope s priemerom hlavného zrkadla 4,2 m, ktorý má byť umiestnený na ostrove La Palma. Ďalekohľady SST, DOT, VTT a THEMIS sú prevádzkované v rámci konzorcia ENO – European Northern Observatory, v observatóriách Kanárskeho astrofyzikálneho ústavu (Instituto de Astrofísica de Canarias – IAC).

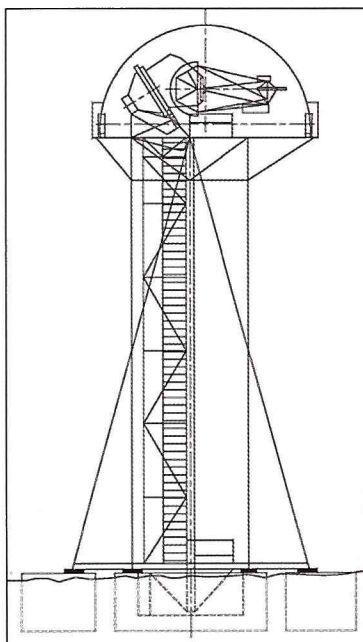
Pre podrobnejšiu charakteristiku som kvôli limitovanému priestoru pre článok vybral dva ďalekohľady: DOT a VTT.



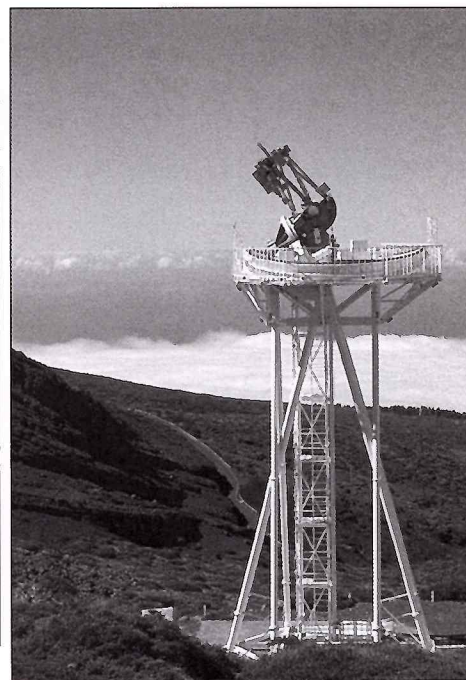
R. H. Hammerschlag, autor návrhu a konštruktér teleskopu DOT, pri zatváraní kupoly po pozorovaní.

DOT – je prevádzkovaný Utrechtskou univerzitou (Utrecht University, Holandsko) v španielskom Observatorio del Roque de los Muchachos v národnom parku Caldera de Taburiente. Poloha observatória je 2 396 m n.m., 17° 53' 32" W, 28° 45' 23" N. DOT je inovatívny zrkadlový ďalekohľad s otvo-

reným tubusom na paralactickej montáži. Priemer primárneho parabolického zrkadla je 45 cm s ohniskovou vzdialenosťou 2 m. Záznam obrazu zabezpečuje 5 kamier, každá s filtermi pre inú vlnovú oblasť: G-band (čiary CH, 430,5 nm), modré kontinuum (432,0 nm), Ca II H (396,8 nm), červené kontinuum

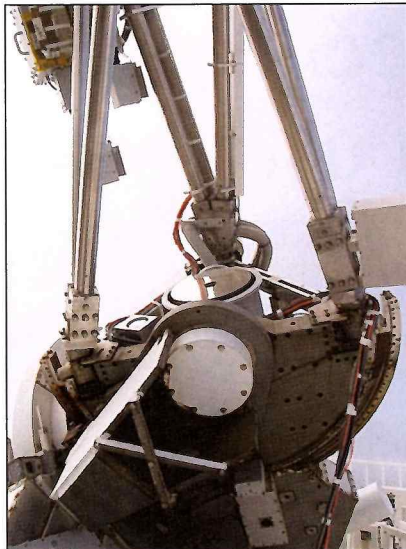


Veža ďalekohľadu DOT.



(654,0 nm) a H-alfa (656,3 nm). Keďže vzduch prúdi pri primárnom zrkadle voľne, udržiava sa viac-menej konštantná teplota vzduchu, čo znižuje chvenie obrazu. Kovová konštrukcia veže i ďalekohľadu, upevnenie záznamových kamier, to všetko je dostatočne pevné, aby bolo možné aj vo veternom počasí snímať stabilný obraz. Navyše, špeciálny softvérový algoritmus na získanie zaostrého obrazu a škrvková rekonštrukcia obrazu (speckle image reconstruction) zabezpečujú dosiahnutie difrakčnej hranice rozlišovacej schopnosti 0,2 oblúkovej sekundy (150 km na povrchu Slnka) oveľa častejšie, ako by to umožňovala aktuálna kvalita obrazu ovplyvnená poveternosťnými podmienkami (seeing). Takto možno vykonávať pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením za účelom skúmania dynamiky a štruktúry slnečnej atmosféry.

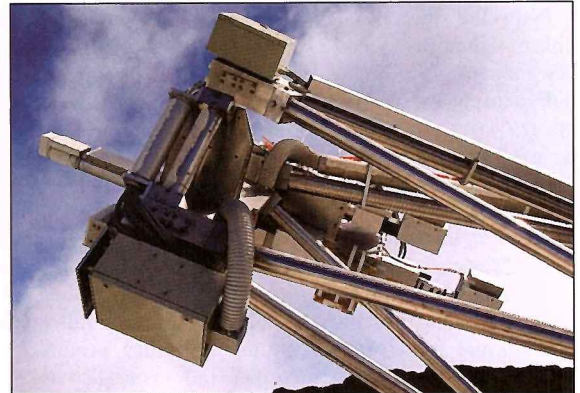
<http://www.phys.uu.nl/~rutten/dot/>



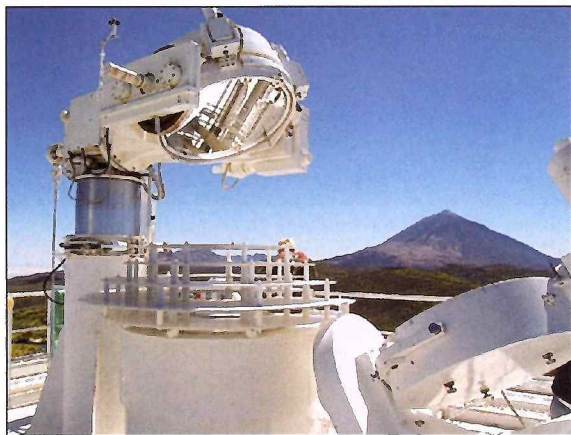
Hlavné zrkadlo DOTu s priemerom 45 cm. Konštrukcia tohto ďalekohľadu umožňuje v budúcnosti inštalovať zrkadlo až do veľkosti 140 cm.



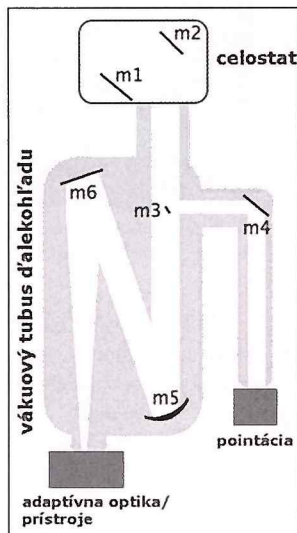
Pozorovacie veže ďalekohľadov DOT (vľavo) a SST (vpravo).



Primárne ohnisko hlavného zrkadla s filtermi a kamerami. Hadice slúžia na odsávanie vzduchu.



Svetlo pre ďalekohľad VTT zabezpečuje celostatový systém, ktorého hlavnou výhodou je to, že obraz Slnka v laboratóriu nerotuje počas pozorovania. Laminárny systém nad vstupným priezorom vákuovaného tubusu umožňuje rovnomerné prúdenie vzduchu, čo znižuje chvenie obrazu. V pozadí je najvyššie miesto ostrova Tenerife – sopka Teide vysoká 3718 m n. m.

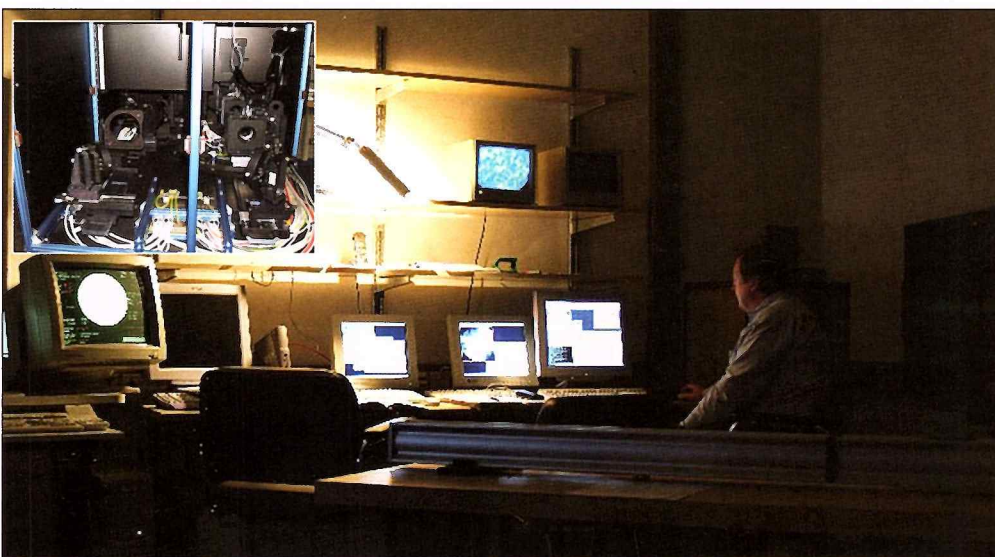


né svetlo nasmerované do postfokálnych prístrojov v jednotlivých optických laboratóriách (podľa typu pozorovania).

Optická schéma VTT. Zrkadlá celostatu (m1 a m2) privádzajú slnečné svetlo cez vstupné okno do vákuového tubusu ďalekohľadu. Zrkadlo m3 odráža malú časť svetla mimo vákuového tubusu do pointačného ďalekohľadu. Hlavné zrkadlo (m5) vytvára obraz v ohniskovej rovine (za výstupným oknom tubusu). Tam sa nachádza systém adaptívnej optiky, z ktorého je slnečné

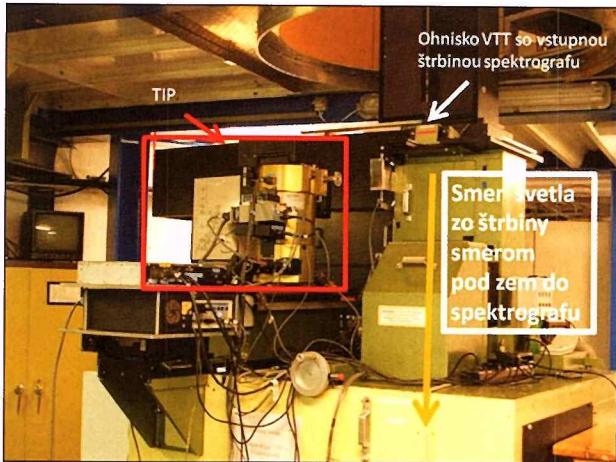
VTT – štyri nemecké ústavy (Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik vo Freiburg, Universitäts-Sternwarte in Göttinge, Universitäts-Institut für Astronomie and Astrophysik vo Würzburgu a Astrophysikalisches Institut v Potsdame) prevádzkujú v španielskom Observatorio del Teide ďalekohľad VTT. Observatórium sa nachádza na planine Izaña, poloha observatória je 2400 m n.m., 16° 30' 37,1" W, 28° 18' 8,9" N. VTT je vákuový vežový ďalekohľad s priemerom hlavného zrkadla 70 cm a ohniskovou vzdialenosťou 46 m. Vysoká kvalita obrazu je dosahovaná vďaka systému stabilizácie obrazu MCAO – Multi-Conjugate Adaptive Optics, ktorý bol inštalovaný v roku 2000 (od roku 2003 je tento systém dostupný pre všetky prístroje umiestnené v ohniskovej rovine primárneho zrkadla). Najvýznamnejšími post-fokálnymi prístrojmi sú: spektropolarimeter POLIS (Polarimetric Littrow Spectrograph) pre spektrálnu čiaru Fe I 630,2 nm a simultánne intenzitné profily v Ca II H; vertikálny Echelle spektrograf (ohnisková vzdialenosť 15 m) so sústavou filtrov pre simultánne pozorovanie slnečných obrazov v troch vlnových dĺžkach; dvojdimenzionálny spektrometer TESOS (Triple Etalon Solar Spectrometer) s tromi Fabry-Perotovými interferometrami a spektropolarimeter TIP (Tenerife Infrared Polarimeter) pre blízku infračervenú oblasť do 2 mikrometrov. Pomocou takto vybaveného ďalekohľadu možno vykonávať pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením (0,5 oblúkovej sekundy) za účelom skúmania dynamiky a štruktúry slnečnej atmosféry (magnetické a rýchlostné polia, toky plazmy), ako aj jej chemického zloženia.

<http://www.kis.uni-freiburg.de>



Riadiaca jednotka spektrometra TESOS, vľavo hore pohľad do vnútra TESOSu.



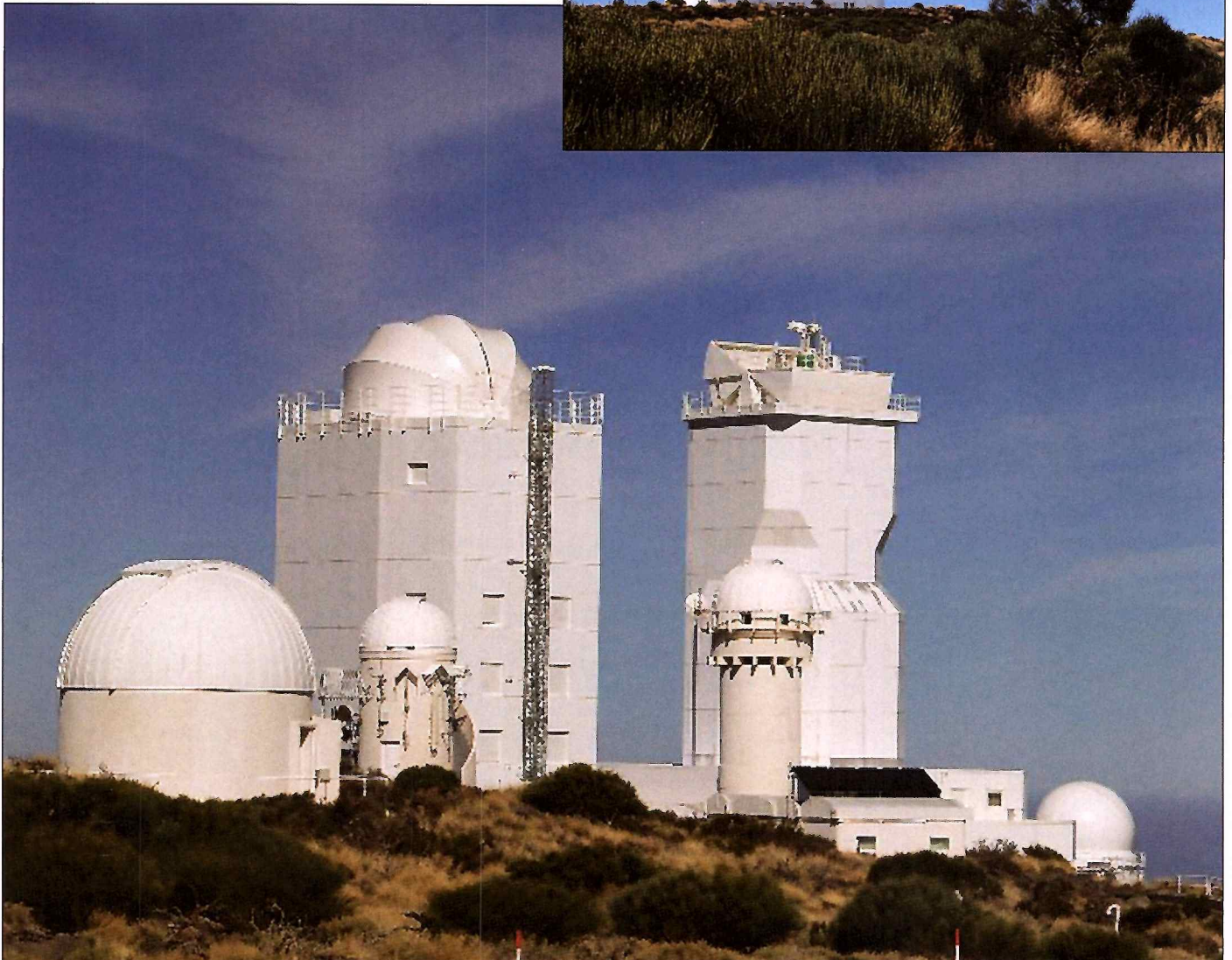


Post-fokálne zariadenia VTT. Vpravo (zelený blok) je horná časť vertikálneho 15-metrového Echelle spektrografa. Spektrum z tohto spektrografa vystupuje v ľavej časti, kde je umiestnený TIP – mosadzný tank s prídavnou elektronikou a chladením.

Pozorovacia veža VTT týčiaca sa do výšky 45 m (11 poschodí), optické laboratóriá siahajú až do úrovne 5 poschodí pod zemou.



Pootvorený tank unikátneho zariadenia KAOS (Kiepenheuer Adaptive Optics System) na stabilizáciu obrazu Slnka v ohniskovej rovine ďalekohľadu VTT.



Slnčné veže na Tenerife. V pozadí dva veľké slnečné nemecké ďalekohľady (vľavo GREGOR, vpravo VTT), pred nimi dve malé veže (vľavo starý španielsky ďalekohľad, vpravo slnečný teleskop - 40 cm Vacuum Newtonian Telescope) a úplne vpravo dole je kupola THEMIS.

Autor textu: RNDr. IVAN DOROTOVIČ, CSc.

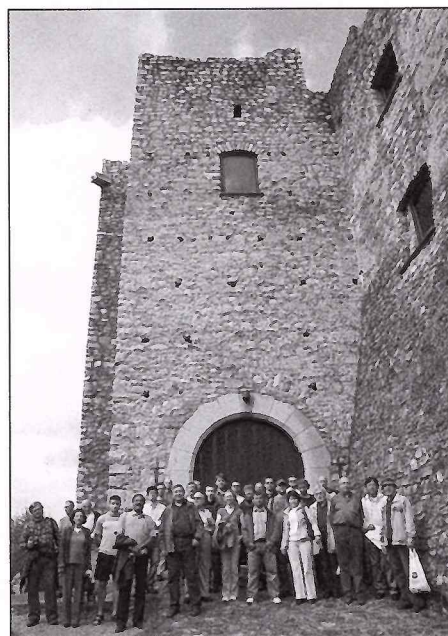
Autor fotografií: RNDr. ALEŠ KUČERA, PhD.

# 20. celoštátny slnečný seminár Papradno

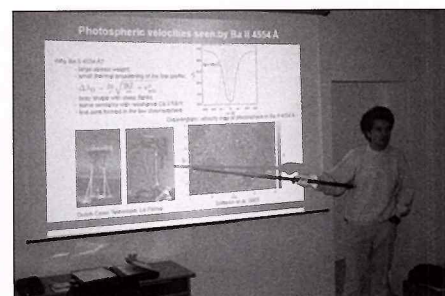
V dňoch 31. mája až 4. júna sa uskutočnil v hoteli Podjavorník pri Papradne v nádhernom horskom prostredí Javorníkov v okrese Považská Bystrica už jubilejný 20. celoštátny slnečný seminár s medzinárodnou účasťou, ktorý zorganizovala Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo v spolupráci so Slnečnou sekciou Slovenskej astronomickej spoločnosti pri Slovenskej akadémii vied. V súlade s názvom a tradíciou seminára bolo jeho cieľom predstaviť výsledky výskumu a novinky z oblasti fyziky Slnka, vzťahov Slnko – Zem, z vybraných oblastí geofyziky a príbuzných odborov, o ktorých referovali špecialisti prevažne zo slovenských a českých astronomických a geofyzikálnych pracovísk. V programe seminára mali svoje miesto aj prezentácie prác študentov a doktorandov astronomických pracovísk, odborných pracovníkov niektorých hviezdární Slovenskej a Českej republiky ako aj výsledky rádioastronómov-amatérov. Nakoľko to bol už jubilejný 20. seminár, zvláštny priestor bol v závere vyhradený aj poohliadnutiu za uplynulými seminármi v štyridsaťročnej histórii. Celkovo bolo na 20. seminári 36 ústnych referátov s trvaním 15 minút, ktoré predstavovali výsledky vlastnej práce a výskumu, rozdelených do tematických blokov pokrývajúcich fyziku slnečnej atmosféry, slnečnú aktivitu a jej cykličnosť, úplné zatmenia Slnka, kozmické počasie, geoaktivitu a prístroje na pozorovanie Slnka. Do programu bolo zaradených aj 6 prehľadových referátov s trvaním 25 minút podávajúcich ucelený prehľad poznatkov a novínok z vybranej oblasti. V tomto ročníku boli ich témami: Slnečné erupcie (E. Dzifčáková), Fast Imaging Solar Spectrograph System in New Solar Telescope (Y.-D. Park a kolektív), Jemná štruktúra chromosféry a prechodovej oblasti (J. Koza), Coronal Mass Ejections: a Summary of Recent Results (N. Gopalswamy), Modelovanie kozmického počasia umelou neurónovou sieťou (F. Valach a kolektív), Pět dalekohledů a spektrografů HSFA – rodinné stříbro nebo danajské dary? (P. Kotrč). V zátvorkách sú mená referujúcich. Seminára sa zúčastnilo 50 účastníkov zo siedmich štátov. Ich prehľad ako aj počet účastníkov z jednotlivých štátov, v ktorých účastníci pracujú alebo študujú, je znázornený na pripojenom grafe.



Účastníci slnečného seminára.



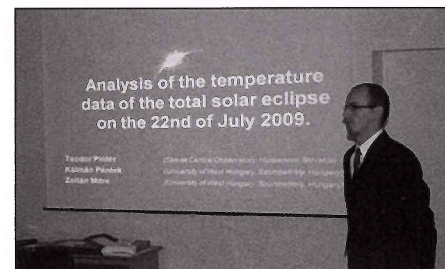
Účastníci seminára počas exkurzie na Hrad Strečno.



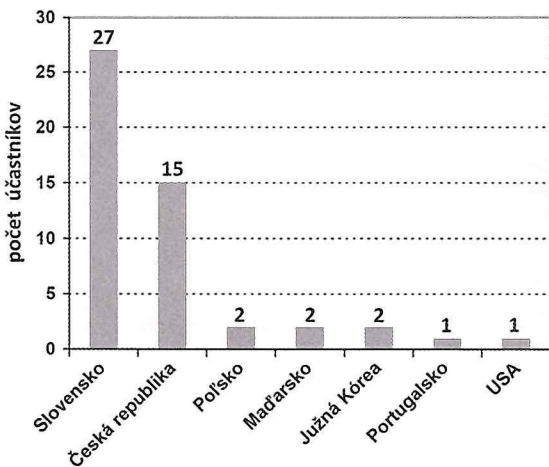
J. Koza (vedecký pracovník AsÚ SAV Tatranská Lomnica) pri prednáške.



Y.-D. Park z Kórejskej republiky poďakoval po svojej prednáške za pozornosť po slovensky.



Z. Mitre z Maďarska prezentuje výsledky merania teploty vzduchu počas úplného zatmenia Slnka 22. júla 2009.



Celoštátne slnečné semináre sú a mali by zostať aj v budúcnosti, okrem iného, tým kľúčovým podujatím, na ktorom sa pracovníci slovenských a českých hviezdární a planetárií, zameraných na popularizáciu astronómie a styk s mládežou a verejnosťou, stretávajú s výskumníkmi, od ktorých môžu získavať informácie z prvej ruky o dianí vo svetovej a domácej slnečnej fyzike a o horúcich novinkách či už v teoretickej, pozorovateľskej alebo prístrojovej oblasti. V tomto kontexte si účastníci seminára vypočuli referát J. Rybáka (Oddelenie fyziky Slnka, Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica) o Koronálnom multikanálovom polarimetri CoMP-S, ktorý bude inštalovaný na jednom z korónografov Observatória na Lomnickom štíte patriacom Astronomickému ústavu SAV v Tatranskej Lomnici. Momentálne vo svete existuje len jediný exemplár polarimetra

CoMP. Tatranský CoMP-S bude jeho mladším bratom a špeciálne pre Observatórium na Lomnickom štíte ho vyrobí americký partner z High Altitude Observatory (Boulder, USA). Výroba polarimetra CoMP-S je financovaná z prostriedkov európskych štrukturálnych fondov. Prvé pozorovania koróny týmto špičkovým prístrojom na Observatóriu Lomnický štít sú plánované

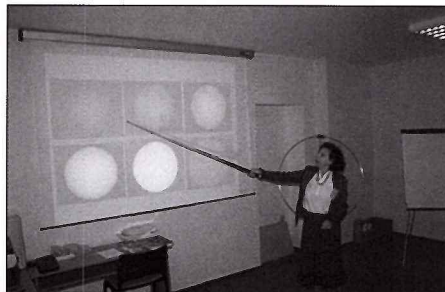


M. Zapiór pri prednáške o pozorovaní protuberancií v Poľsku.

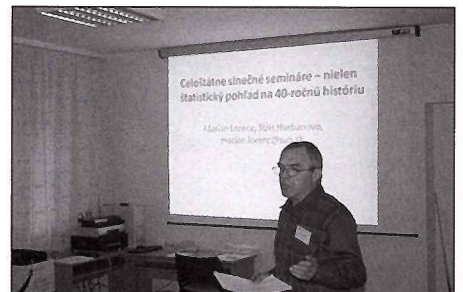


I. Dorotovič (zľava), A. Garcia, N. Gopalswamy, Y.-D. Park a Y.-H. Kim na Vodnom diele Žilina.

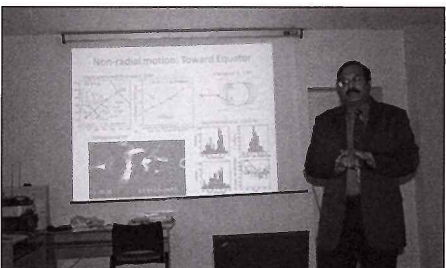
Š. Mackovjak (študent astronómie na KAFZM FMFI UK Bratislava) pri prednáške.



A. Garcia prezentuje spektroheliogramy získané v Observatório Astronómico na Universidade de Coimbra v Coimbra.



M. Lorenc vyhodnotil na záver podujatia 40-ročnú históriu slnečných seminárov.

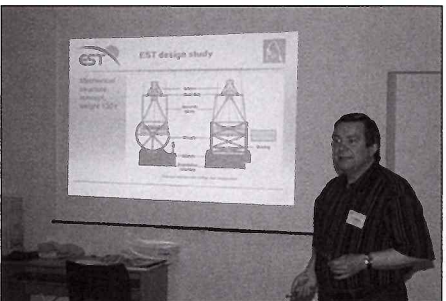


N. Gopalswamy prednášal o výtryskoch korónálnej hmoty (CME – Coronal Mass Ejections).

v priebehu roka 2011. Pozoruhodné boli aj príspevky účastníkov seminára z Južnej Kórei informujúce o najväčšom slnečnom teleskope New Solar Telescope (NST) s priemerom zrkadla 1,6 m nainštalovanom na Big Bear Solar Observatory v Kalifornii. V rámci ich príspevku boli prezentované prvé výsledky pozorovaní získaných týmto teleskopom. Celoštátne slnečné semináre tradične poskytujú priestor pracovníkom hviezdární a planetárií ako aj astronómom-amatérom, aby referovali aj o výsledkoch svojej práce. Zo slovenských hviezdární a planetárií sa tohto 20. celoštátneho slnečného seminára zúčastnili pracovníci z hviezdárne v Rimavskej Sobotke, Partizánskom, Žiline a Roztokoch a z hviezdárne a planetária v Hlohovci, Prešove a Žiari nad Hronom. Z nich sa aktívne do programu seminára zapojili svojimi príspevkami V. Karlovský (dva referáty a poster) a P. Rapavý, ktorého poster prezentoval pozoruhodné pozorovania slnečnej fotosféry a protuberancií vysokej kvality získané vo hviezdárni v Rimavskej Sobotke. Veľmi zaujímavý bol rádioastronomický príspevok V. Karlovského dokumen-

tujúci možnosti SID (Sudden Ionosphere Disturbance) monitoru pri registrácii slnečných erupcií, ktorý je v prevádzke v hviezdárni a planetáriu v Hlohovci. Príspevok ukázal, že SID monitor je pomerne dostupný prostriedok pre rádioastronomické pozorovanie slnečných erupcií ako pre astronómov-amatérov tak aj pre hviezdárne a planetária. V závere seminára M. Lorenc štatisticky zhodnotil uplynulých 20 ročníkov celoštátnych slnečných seminárov formou tabuliek a grafov. Z nich okrem iného vyplynulo, berúc do úvahy priemerný počet príspevkov na jeden seminár, že najaktívnejším účastníkom slnečných seminárov bol J. Rybák, ktorý v priemere prezentoval viac ako päť príspevkov na jeden seminár. Jeho vysokú aktivitu aj ako diskutujúceho na tomto seminári vyzdvihol a ocenil riaditeľ SÚH Hurbanovo T. Pintér podakovaním a knižnou odmenou. Z referátov prednesených na seminári plánuje SÚH Hurbanovo vydať zborník referátov v elektronickej forme na CD disku. **JÚLIUS KOZA**

Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica  
Foto: Ivan Dorotovič



M. Sobotka pri prednáške o celodiskovom ďalekohľade pre 4-m Európsky slnečný ďalekohľad (EST – European Solar Teleskop).



T. Pintér (generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove) odmenil J. Rybáka (vedecký pracovník AsÚ SAV Tatranská Lomnica) ako najaktívnejšieho diskutujúceho po jednotlivých prednáškach.



J. Rybák informoval o meteorologických podmienkach a pozorovaniach Slnka v Observatóriu Lomnický štít.



M. Bodnárová (doktorandka v AsÚ SAV Tatranská Lomnica) pri prednáške.

# Pozorovanie na diaľku – nová možnosť pre astrofotografy i lovcov planétok

Pred vyše 400 rokmi Galileo Galilei prvýkrát namieril ďalekohľad na oblohu a tým sa začala nová éra astronómie. Vedcom postupne pribúdali rôzne pomôcky na pozorovanie – čoraz výkonnejšie a kvalitnejšie ďalekohľady; neskôr sa začali využívať výhody fotografie. Pred 50 rokmi prišli na pomoc kozmické sondy a relatívne nedávno vesmírne ďalekohľady. Ozajstnú revolúciu však znamenal nástup CCD a internetu. Fotografie vesmírnych objektov, ktoré boli ešte pred niekoľkými rokmi doménou najväčších pozemských observatórií a vesmírneho ďalekohľadu, sa tak dostali na dosah amatérskych astronómov.

Krásu galaxií, hviezdokôp, či planetárnych hmlovín objavujeme na stránkach astronomických časopisov a čoraz častejšie aj na webstránkach astrofotografov z celého sveta. Prezeraním takýchto stránok som sa doklikal k webovému portálu Global Rent a Scope (GRAS) a spoznal nové výrazy astronomickej terminológie doteraz málo používané – prenájom ďalekohľadu a pozorovanie na diaľku.

O pozorovaní na diaľku počul zrejme málokto. Určite však každý pozná diaľkové ovládač, je bežnou súčasťou našich domácností. Zapíname ním televízor, prepíname DVD prehrávač a nepohneme sa pritom zo svojho pohodlného kresla. Príkazy vydávané na jednom mieste sa vykonávajú na mieste inom, vzdialenom. A je jedno, či ide o vzdialenosť niekoľkých metrov, alebo tisícky kilometrov. Vďaka takejto diaľkovej komunikácii pribudol astronómom ďalší spôsob pozorovania. Najprv zopár nadšencov vybudovalo observatóriá na miestach s ideálnymi pozorovacími podmienkami. Neskôr vďaka internetu odpadla nutnosť fyzickej prítomnosti počas pozorovania a odtiaľ bol už len krôčik k prenájmu taktu vzniknutého automatizovaného observatória verejnosti.

## Pozorovanie bez vlastného ďalekohľadu

Kvalitné podmienky na pozorovanie, porovnateľné napr. s vysokohorskými lokalitami Južnej Ameriky, na Slovensku, žiaľ, nie sú. Keby ste tak vlastnili kúsoček pozemku, povedzme v Kalifornii, Čile, alebo v Austrálii, mohli by ste uvažovať o výstavbe malej hviezdárne. To by ste však museli preinvestovať pomerne slušný balík peňazí. A tie zrejme nemáte. Existuje však riešenie. Ak už niekto takéto observatórium postavil a cez internet ho umožní použiť, postačí vám zlomok z predpokladanej investície. A budete pozorovať prístrojmi, o ktorých sa vám inak môže len snívať, a navyše za oveľa kvalitnejších podmienok, ako zo záhrady vášho domu.

Najmodernejšie technológie umožňujú pozorovanie hviezdnej oblohy bez toho, aby ste sa pohli zo svojej obývačky. A nemusíte sa trápiť s montovaním ďalekohľadu, či s nastavovaním polárnej osi. Stačí si sadnúť k počítaču a pripojiť sa na internet. Naplánujete si pozorovanie zvoleného objektu, svoju predstavu pretransformujete do niekoľkých číselných údajov, ktoré zadáte do riadiaceho systému observatória na druhom konci zemegule, a môžete sa začať venovať niečomu úplne inému. Začnete pozorovať povedzme z Kanárskych ostrovov, po západe Slnka pokračujete v Novom Mexiku a na záver sa môžete „presunúť“ do Austrálie a pozorovať od protinožcov.

Riadiaci systém zapne ďalekohľad v určený čas, otvorí kupolu a vyhladá zvolený cieľ, vykoná samotné pozorovanie a nakoniec kupolu opäť zavrie. Prídete domov z práce, cez internet skopírujete získané snímky oblohy a začnete ich spracovávať a vyhodnocovať. Veľmi pohodlne.

Prvé on-line observatórium vzniklo v roku 2002.

Postupne pribúdajú ďalšie, ich ponuky sa rozširujú a skvalitňujú. V tomto článku predstavím tri systémy, ktoré mi umožnili začať novú etapu pri mojom poľovaní na nové planétky – pozorovať naživo z nočnej oblohy.

## Global Rent a Scope

Prekopníkom v pozorovaní na diaľku je Global Rent a Scope (GRAS), ktorý ponúka svoje služby od roku 2002. Má z existujúcich možností najširšiu ponuku. Výhodou je aj to, že ich teleskopy sa nachádzajú na rozdielnych kontinentoch – v Novom Mexiku (USA), v Moorooku (Južná Austrália) a čoskoro pribudne možnosť pozorovania z Európy. Na prenájom tu máte k dispozícii 14 ďalekohľadov vybavených výkonnými CCD kamerami. Z nich 6 je v Novom Mexiku (obr. 1), ďalších 8 teleskopov je v Austrálii a 2 budú v Španielsku. V Minor Planet Center (MPC) je GRAS vedené ako RAS Observatory, kód H06 pre lokalitu Mayhill, Nové Mexiko a RAS Moorook, kód D90 pre Austráliu.



Obr. 1. Ďalekohľady GRAS, Mayhill, Nové Mexiko.

Pomocou dômyselne prepracovaného systému sa možno pustiť do výskumu premenných hviezd, hľadať supernovy, asteroidy, sledovať kométy, alebo len tak fotografovať planetárne hmloviny južnej oblohy. Pozorovací čas sa dá rezervovať až na 120 dní vopred, ale dá sa pozorovať aj v reálnom čase, ak je v danej chvíli vami zvolený ďalekohľad voľný. Naozaj veľký výber. Sedíte v obývačke a ďalekohľad sníma zvolenú kométu pod Južným krížom, ktorú inak nemáte šancu pozorovať.

Mottom GRAS-u je *...sme pre jazdcov, nie pre cestujúcich!* A naozaj pri práci s týmto systémom máte najviac pocit skutočného pozorovania, ovládanie je vo vašich rukách. Sám zadávate koordináty hviezdneho poľa, volíte čas pozorovania, spúšťate samotné fotografovanie v reálnom čase. Na výber máte aj automatické spustenie pozorovania vo vopred určený dátum a čas, bez toho aby ste mali zapnutý počítač. Počas práce sa dajú priebežne sledovať získavané snímky na monitore počítača. Cenou za takéto nadštandardné množstvo informácií je účtovaný čas, ktorý sa vám ráta od otvorenia kupoly až po jej opätovné zavretie.

## Sierra Stars Observatory Network

Sierra Stars Observatory Network (MPC kód G68) sa nachádza pri mestečku Markleeville v Kalifornii, USA. Prenajímajú svoje prístroje od roku 2007. Možnosť pozorovať cez 0,61 m ďalekohľad typu Cassegrain je lákavá. Vďaka kvalitnému seeingu postačuje 120-sekundová expozícia, a bez problémov zachytíte hviezdy do 20. magnitúdy. Okrem toho patria k tejto sieti i ďalšie dva menšie prístroje. Relatívne blízko je ďalekohľad Rigel (0,37m, f/14 Cassegrain) pri meste Sonoita v Arizone (MPC kód 857). Ak potrebujete odpozorovať niečo súrne a v Kalifornii je zlé počasie, zvyčajne v Arizone vám miestne počasie pozorovanie umožní. Podstatne ďalej sa nachádza tretí prístroj z ponuky. Grove Creek Observatory (MPC kód E16) je domovským miestom ďalekohľadu C14 Schmidt-Cas-

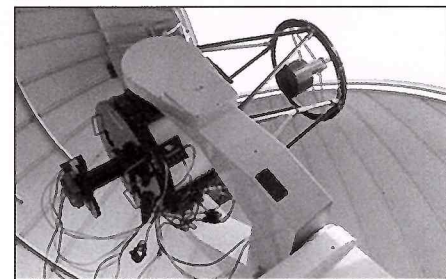


Obr. 2. Teleskop C14 v Austrálii ovládaný na diaľku cez Sierra Stars Observatory Network.

segrain 0,37 m, f/11 – v Novom Južnom Wales, Austrália (obr. 2). Táto lokalita sľubuje kvalitné snímky, nakoľko hodnota seeingu sa tu pohybuje okolo 1 oblúkovkej sekundy, dokonca býva i menej.

## The LightBucket Network

The LightBucket Network je z trojice spomínaných observatórií „najmladšie“ a je vedené v MPC ako Rodeo (MPC kód H11). Je v prevádzke od konca roku 2007 a nachádza pri mestečku Rodeo v Novom Mexiku. Ďalekohľad Ritchey-Chrétien o priemeru 61 cm je aj tu najväčším lúkadlom (obr. 3). V ponuke je ešte ďalší teleskop rovnakého typu, ale menší – má zrkadlo s priemerom 32 cm. Tretím tunajším prístrojom je astrograf typu Newton s 20 cm objektívom. Do detailov prepracovanému systému na objednávku pozorovania chýba snáď len voľba na opakovanie fotografovania, ktoré by ocenili lovci exoplanét, či asteroidov.



Obr. 3. Najväčší ďalekohľad v ponuke LightBucket.

## Porovnanie on-line observatórií

Ovládacie funkcie jednotlivých observatórií sa od seba dostávajú líšia a chvíľu potrvá, kým si zvyknete na ich fungovanie. Najviac prepracovaný sa zdá LightBucket, najjednoduchšie sa však pracuje so Sierra Stars Observatory. Pri pozorovaní cez GRAS musíte myslieť i na kalibračné snímky, aspoň do tej miery, že si ich skopírujete z databázy GRAS. Pri ostatných dvoch sa tomu venovať nemusíte, do svojho počítača si už sťahujete skalibrované snímky, čo znamená úsporu času. Spraviva to za vás. Z pohľadu lovca planétok je GRAS výhodou pre väčšie zorné pole 60x40 oblúkových minút. Nevýhodou je menej výkonný ďalekohľad, a teda nutnosť dlhších expozícií v porovnaní s väčšími prístrojmi konkurencie. Na druhej strane pri pozorovaní so 61 cm teleskopmi budete mať zorné pole menšie, 20x20 oblúkových minút, ale získate na hraničnej magnitúde.

Cena prenájmu sa v líši v závislosti od použitého ďalekohľadu, typu CCD kamery a lokality. Doba vášho pozorovania sa prerátava na body. Napr. za tri dvojminútové snímky cez 61 cm teleskop spotrebujete 10 bodov. V princípe platí 1 bod = 1 USD pri všetkých troch. Odpozorovaný čas sa však nerovná rovnakému počtu bodov u jednotlivých systémov. Kým GRAS ráta celkovú dobu čo pracuje pre vás, zvyšné dva účtujú len čas samotnej expozície.

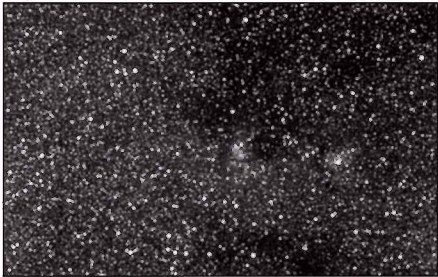
## Lúkadlo pre astrofotografy

Mnohí vášniví astrofotografi neváhajú precestovať pol zemegule, aby mohli zvečniť objekty, ktoré u nás nie sú pozorovateľné. Odtiaľ cestovať nemusia. Ja som skôr lovec planétok ako fotograf, ale i tak som fotografovanie DS objektov z južnej oblohy, samozrejme vyskúšal.

Rôznorodosť jednotlivých ďalekohľadov, CCD ka-



mier, voľba farebných a ďalších úzkopásmových filtrov poskytuje používateľovi široké možnosti pri fotografovaní. Dlhými expozíciami a vhodnými kombinovaním rôznych filtrov dokážete získať veľmi kvalitné zábery, ktoré môžu viesť i k novým objavom. Príkladom je vlnajší objav hmloviny Mydlová bublina v súhvezdí Labute. Ako astrofotograf začiatočník som vyskúšal systém, ktorý spravil všetko za mňa, stačilo si len zvoliť konkrétny objekt z dostupnej databázy GRAS. Výsledok vidíte na obrázku č. 4, na ktorej je zachytená emisná hmlovina NGC 3576 zo súhvezdia Kýl pri 10 minútovej expozícii. Nie je to síce paráda akú zachytí Hubblov ďalekohľad z obežnej dráhy, ale je to výsledok môjho fotenia.



Obr. 4. Emisná hmlovina NGC 3576 v súhvezdí Kýl.

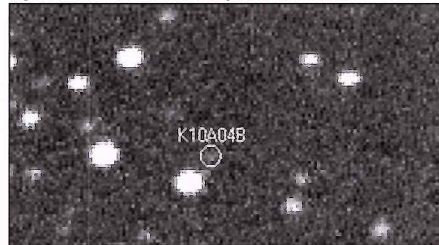
### Lov na planétky

Podstatne viac ma lákalo vyskúšať kvalitné prístrojové vybavenie GRAS a výborné pozorovacie podmienky v Novom Mexiku na pozorovanie asteroidov. Prostredníctvom 25 cm ďalekohľadu s pripojenou CCD kamerou SBIG-STXME10 som si za prvý cieľ zvolil planétku 2002 QB<sub>130</sub>, ktorú som objavil v archíve Sky-Morph. V októbri 2009 sa blížila do opozície a predpovedaná jasnosť mala byť okolo 19. magnitúdy. Okrem objavových pozorovaní z roku 2002 sa v databáze MPC našli pozície planétky z roku 2004. Odvtedy však pozorovaná nebola.

Keďže objekty takejto jasnosti sú dosiahnuteľné i prístrojmi GRAS, pokúsil som sa ju zachytiť. A podarilo sa, jej jasnosť bola 19,2 magnitúdy. Exponoval som 8 minút a najslabšie zachytené hviezdy na snímkach mali okolo 19,5 mag. Vďaka takto získaným pozíciám sa spresnila dráha asteroidu a následne pribudli pozorovania z ďalších staníc, ktoré dovtedy MPC nevedelo priradiť.

Až po takto získaných skúsenostiach som si trúfol

na zložitejšiu úlohu – nájsť novú planétku. Počkal som na vhodnú fázu Mesiaca, a niekoľko dní po splne som zacieliť ďalekohľad G4 na zvolené hviezdne pole. Na prvej snímke som žiadny neznámy objekt nenašiel, ale na druhej už áno. Ďalší deň som fotografovanie zopakoval. Neznáme teleso tam bolo opäť a tak som zamerané pozície poslal do MPC. Ako sa ukázalo, nebol to úplne nový objekt, ale teleso nedávno objavené. Kvôli nepresným dráhovým elementom som ju nevedel správne identifikovať. Takto som minul svoj pozorovací čas v novembri i v decembri. Úspech sa konečne dostavil v januári. Z viacerých nových objektov sa dva ukázali ako nové: 2010 AB<sub>4</sub> (obr. 5) a 2010 AQ<sub>39</sub>. Vo februári to bolo ešte o niečo úspešnejšie. Podarilo sa mi nájsť ďalšie 4 nové asteroidy (vid tabuľku).



Obr. 5. Objavová snímka planétky 2010 AB<sub>4</sub> z 9. januára 2010.

Na spresnenie dráh planétek z Nového Mexika s jasnosťou okolo 20. magnitúdy a menej už prístroje GRAS nepostačujú. Pomocou väčších zo Sierra Stars Observatory a LightBucket Network je však možné zachytiť i takéto. Vyskúšal som ich a výsledkom bol objav ďalších nových asteroidov – 2010 EM<sub>12</sub> zo Sierra Stars a 2010 EZ<sub>21</sub> z Rodea. Začiatkom mája som začal pozorovať z južnej pologule a použil som viacero prístrojov z Moorooku v Austrálii. Pri pozorovaní asteroidu 2007 YA<sub>4</sub> sa do zorného poľa dostal i jeden neznámy objekt. A hoci nasledujúcich 8 dní počasie nedovolilo pozorovať, planétku sa mi podarilo nájsť na 9. deň od prvého pozorovania. MPC ju pomenovalo 2010 JS<sub>152</sub>.

Predbežné označenie	Pozorovaný oblúk	Počet opozícií	Observatórium
2010 AB <sub>4</sub>	2001 – 2010	4	H06
2010 AQ <sub>39</sub>	1993 – 2010	4	H06
2010 CB <sub>12</sub>	1999 – 2010	3	H06
2010 CO <sub>12</sub>	1994 – 2010	3	H06
2010 CP <sub>12</sub>	2002 – 2010	3	H06
2010 CQ <sub>12</sub>	2001 – 2010	4	H06
2010 EM <sub>12</sub>	8. – 19. 3. 2010	–	G68
2010 EZ <sub>21</sub>	2002 – 2010	2	H11
2010 JS <sub>152</sub>	8. – 17. 5. 2010	–	D90

Tab. č. 1 Zoznam objavených asteroidov pozorovaných na diaľku.

### Zmena pravidiel v zasielaní pozorovaní do MPC

Moja objavová eufória netrvala dlho. Začiatkom apríla 2010 Minor Planet Center zmenil spôsob vyhodnocovania pozorovaní. Dovtedy aplikované priznávanie objavov na základe pozorovaní z dvoch nocí bolo upravené. MPC očakáva zasielanie pozorovaní na dennej báze a kredit za objav pôjde pre prvého pozorovateľa podľa dátumu. Nový systém v praxi znamená, že napriek tomu, že sa vám podarí nájsť nový asteroid, ale ak ho zachytila niektorá z veľkých prehliadok oblohy pred vami, objav bude prisúdený im. Inak povedané, ak budem chcieť uspieť v súťaži s veľkými prehliadkami, budem nútený zamerať sa na slabšie objekty, ktoré nie sú v dosahu prehliadok.

Druhým riešením je zacieliť na južnú oblohu. Tu zatiaľ konkurencia veľkých prehliadok nie je a pravdepodobnosť predobjavových pozorovaní je podstatne menšia. Prenájom pozorovacieho času z južnej pologule je však oveľa drahší než zo severnej a konečné slovo pri voľbe dĺžky pozorovania bude mať vaša peňaženka.

Posledné zmeny pravidiel MPC sú sklamaním pre mnohých lovcov planétek. Napriek tomu však verím, že zoznam mojich objavov porastie a že ten môj najväčší objav ešte len príde.

Či budú vašim cieľom snímky emisných hmlovín južnej oblohy, alebo objav novej planétky, každé pozorovanie na diaľku vyžaduje okrem samotného fotenia aj dôkladnú prípravu – výber toho správneho miesta na oblohe a ideálneho času pozorovania blízko prechodu miestnym poludníkom. A navyše i to podstatné – peniaze. Istou útechou môže byť fakt, že zhotovenie takýchto snímkov vás vyjde oveľa lacnejšie v porovnaní s tým, keby ste ďalekohľad so CCD kamerou chceli mať vo svojej záhrade. Stráví romantické chvíle pod letnou oblohou s padajúcimi perzidami vám pozorovanie na diaľku síce neumožní, no potešenie a estetický zážitok z takto získaných fotografií vám však nikto nezoberie.

ŠTEFAN KÜRTI

#### Linky na on-line observatóriá:

<http://www.global-rent-a-scope.com>  
Global Rent a Scope  
<http://www.sierrastars.com>  
Sierra Stars Observatory  
<http://www.lightbuckets.com>  
LightBucket Network

#### Fotografie:

Č. 1 © GRAS Mayhill  
Č. 2 © Sierra Stars Observatory Network  
Č. 3 © Stephen G. Cullen / LightBuckets  
Č. 4 © Štefan Kürti  
Č. 5 © Štefan Kürti

## Asteroid Štiavnica – pamätník Ulrike Babiakovej

3. júna 2010 bol v areáli Gymnázia Andreja Kmeťa v Banskej Štiavnici odhalený model asteroidu (22185) Štiavnica, objavený a pomenovaný U. Babiakovou a P. Kušnirákom.

Keď som na spomienkovú slávnosť odchádzal skoro ráno zo slnečného seminára v Papradne, kdesi predom mnou na oblohe bola „Štiavnica“ vo vzdialenosti vyše 400 miliónov kilometrov. V tej Štiavnici na zemi v Gymnázii Andreja Kmeťa sa v tom čase už schádzalo množstvo vzácných hostí a študentov. Po príchode ma



Ulrikina mama N. Babiaková a P. Rapavý.

Foto: V. Mešter

priam materinsky privítala Ulrikina mama, vo vestibule s ďalekohľadmi a malou astronomickou výstavkou venovanou Ulrike a asteroidu Štiavnica.

Slávnostnú atmosféru umocnili hudobné vločky, informácie o objave asteroidu, program študentov a konečne i dobré počasie. Model, ktorého realizácia začínala kedysi inšpiráciou v Rimavskej Sobote, je v pekne upravenom parku a je najkrajší, aký som videl – vkusné umelecké dielo, dôstojná pocta Ulrike. To všetko, spolu s tým, že Ulrika bola i členkou SZAA a blízkym priateľom vytvorilo emotívnu atmosféru a bolo mi ctou a potešením sa tohto obradu zúčastniť.

Podrobnejšie informácie sú na [www.szaa.org](http://www.szaa.org).

P. Rapavý

# IKAROS napnul plachty směrem k Venuši

Společně s meziplanetární sondou Akatsuki (alias Planet-C, někdy také Venus Climate Orbiter) se 21. května 2010 na cestu k Venuši vydala i experimentální stanice IKAROS. Jejím hlavním úkolem je prověřit koncepci tzv. sluneční plachetnice v praxi.

Sluneční plachetnice vychází z toho, že sluneční energii je možné přímo přeměnit v energii kinetickou. Někdy se uvádí, že využívá „slunečního větru“, tedy proudu částic, ale není to pravda: sluneční vítr je totiž z energetického hlediska zhruba tisíckrát slabší než sluneční záření (a už to je na hranici praktické využitelnosti: pro dosažení síly 1 N potřebujeme u Země plachtu o ploše přes dvacet kilometrů čtverečních – a to si ještě musíme všechny „rušivé“ vlivy odmyslet).

Pro využití slunečního záření coby „paliva“ tak potřebujeme sondu o co největší ploše a naopak co nejmenší hmotnosti. Tyto protichůdné požadavky přitom není vůbec jednoduché splnit: jejich praktické ověření má za úkol právě mise sondy IKAROS (zkratka z anglického Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun). Ta je vybavena plachtou o tloušťce 7,5 μm (zhruba desetina tloušťky lidského vlasu), což představuje dvě velké technické výzvy. První je vůbec rozložení plachty, druhá pak její trvalé udržení v napnuté poloze (zajišťováno by mělo být odstředivou silou díky rotaci 20 otáček za minutu).

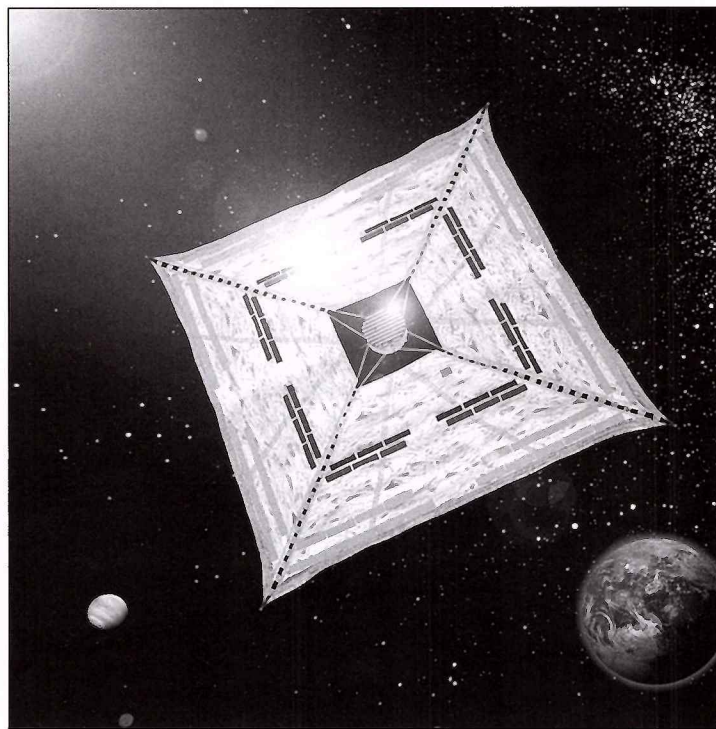
Misi IKAROS – být je sama o sobě především technologickým experimentem – proto předcházela dvojice japonských ověřovacích pokusů. Nejprve v roce 2004 byly zkušebně rozloženy dvě plachty při

suborbitálním letu sondážní rakety. O dva roky později se plachta stala součástí družice Astro-F, ale tehdy se pro technickou závadu pokus nezdařil.

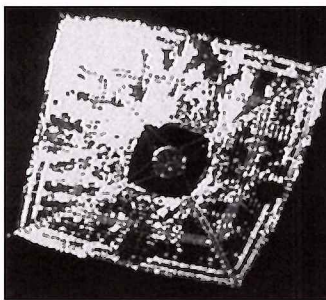
Plachta sondy IKAROS má plochu 20 krát 20 metrů, celková hmotnost automatu je 300 kg. To je pochopitelně na takto malou plachtu hodně – na druhé straně ale nesmíme zapomínat, že jde jen o technologický demonstrátor a že sonda byla nosnou raketou navedena na meziplanetární dráhu k Venuši. To znamená, že před ní není žádné dlouhodobé a pracné zrychlování na únikovou rychlost, ale jen získání zkušeností o chování plachty a studium možnosti ovládnutí sondy.

Plachta není jen pasivním zařízením: technici japonské kosmické agentury JAXA na ni umístili i jako film tenké panely slunečních baterií (ne po celé ploše, jen na několika místech). Plachta tak zároveň slouží pro získávání potřebné elektrické energie. Navíc bychom na ní našli i osm detektorů prachu, které mají sledovat jeho úroveň a její proměny (stejně jako míru degradace plachty) v různých fázích letu. Sonda navíc sleduje nepatrné změny ve svém zrychlení vlivem působení slunečního záření.

Navedení na meziplanetární dráhu stejně jako následné rozložení plachty (10. června) proběhlo bez problémů. V době psaní těchto řádků se také dařilo bez potíží držet napnutý tvar plachty: několikátý denní udržení plachty napnuté si přitom JAXA dala v případě tohoto technologického experimentu za cíl pro dosažení „minimálního cíle mise“ (= aby jí mohla hodnotit jako úspěšnou). Nominální doba trvání mise má skončit letos 7. prosince průletem kolem planety Venuše. Pokud bude



Takto vypadala sluneční plachetnice IKAROS v představách malíře...



...a takto ve skutečnosti (snímek pořízený z jednoho z dvou subsatelitů). Foto JAXA

IKAROS v této době aktivní a bude mít napnutou plachtu, bude to považováno za sto procentní úspěch.

Japonští technici přitom již nyní sní o možnosti prodloužení mise, kdy by sondu rádi dostali během tří let nad odvrácenou stranou Slunce (z pohledu ze Země). Toto by pak považovali za totální úspěch.

Zajímavostí je, že IKAROS byl vybaven dvojicí subsatelitů majících tvar plechovky o shodném průměru i výšce – 6 cm. Ty byly vybavené malou kamerou, akumulátorem a vysílacím zařízením: subsatelity byly ze stanice uvolněny krátce po rozložení plachty s cílem pořídit její fotografie „z odstupu“. Svůj úkol splnily – a protože nemají žádný korekční systém, následně se nenávratně vzdálily od zařízení IKAROS.

Japonsko přitom pole slunečních plachetnic rozhodně nehodlá vyklidit a již nyní plánuje, že před rokem 2020 vyšle do vesmíru Ikarova většího bratříčka. Ten by měl mít plachtu kruhového tvaru o průměru 50 metrů (tedy s plochou zhruba pětikrát větší), přičemž jeho cílem by se stala planeta Jupiter a některý (resp. některé) z trojanských asteroidů.

Tomáš Příbyl

## Hviezdny tulák

Autor RNDr. Peter Begeni mi venoval svoju knižku *Hviezdny tulák*. Sú v nej opísané spôsoby, ako sa rôzne civilizácie vysporiadali s odporovanými vlastnosťami „blúdiacich hviezd“ – planét. Pútavý je obsah aj forma. Na takú útlú knižku (55 strán) je v nej obrovské množstvo informácií o interpretácii pravekých pozorovaní, o mytológií, ktorá bola zdrojom názvov pre planéty našej Slnecnej sústavy po Saturn, ale aj o histórii modernejších pozorovaní, od prvých pozorovaní ďalekohľadom po objav Urana a Neptúna.

Dozvedel som sa mnohé podrobnosti o za-

čiatkoch pozorovania ďalekohľadom. Nebol som sám, čo som „videl“ v ďalekohľade to, čo tam nebolo. Zo všeobecne známych je tam opísaný objav Venušinych fáz, Jupiterových mesačikov a Saturnovho prstenca. Ďalej prvé Römerovo určenie rýchlosti svetla a história hľadania planéty Vulkán.

Podrobne sú opísané objavy Urána a Neptúna. Ukazuje sa, že Neptún pozoroval už Galileo v roku 1612, avšak nerozoznal jeho pohyb. Tento, ako je známe, bol objavený „na papieri“, výpočtom Le Veriera a Adamsa. Aj táto história je v knižke opísaná.

Aj z inej stránky je to „povzbudzujúce“ čítanie. Ukazuje sa, že naši predchodcovia neboli o nič menej skazenejší ako my. Neskromnosť,

závišť, nenávisť, strach z konkurencie, dokonca aj krádeže písomností sa vyskytovali často aj pri najznámejších menách. Stačilo napr., že Kepler zapochyboval o Galileových objavoch, a on až do smrti s ním už komunikoval iba prostredníctvom tretích osôb. Vzdelanie nebolo žiadnou brzdou pre prejavy „ľudských“ vlastností. Skôr naopak, čím vyššia vzdelanosť, tým sofistikovanejší spôsob podrazníctva.

Recenziu knižky vypracovala RNDr. D. Jančušková.

Knižka je pekne ilustrovaná a možno ju objednať na adrese: *Hvezdáreň a planetárium v Prešove, Dilongova 17, 080 01 Prešov*.

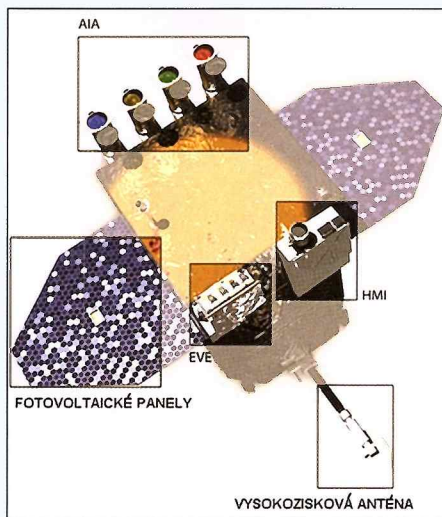
M. Rybanský

# SDO – filmové štúdio, kde hlavnú úlohu hrá Slnko

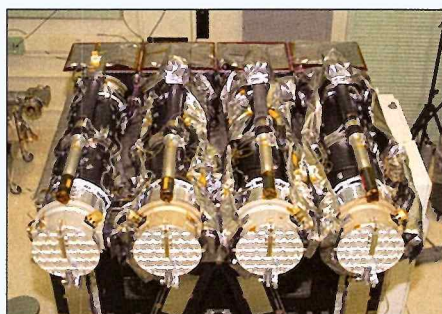
Často sme v našich pozorovateľských začiatkoch (roky šesťdesiate) snívali o ideálnych pozorovaniach, ktoré by nám nerušilo počasie a nemuseli sme pri interpretáciách lutovať, že nám určité parametre chýbajú.

Ako to vtedy vyzeralo? Povedzme, že sme namierili ďalekohľad (koronograf) na Slnko a zbadali sme peknú erupčivnú protuberanciu. Cieľ nadšením sme rýchlo začali fotografovať sériu snímok a pokiaľ nám do toho neprišiel nejaký oblak, získali sme celkom pekný materiál. Prvotné nadšenie sa však rýchlo vytrácalo pri spracovaní série snímok. Rýchlo sme zistili, že prinajlepšom môžeme niečo povedať iba o kinematike protuberancie a aj to iba čiastočne, lebo nám chýba informácia o radiálnych pohyboch. A ak by sme chceli hovoriť o fyzike, potrebovali by sme spektrum viacerých čiar, vo viacerých miestach a s väčším priestorovým aj časovým rozlíšením, informácie o parametroch okolitého priestoru, t.j. o hustotách, chemickom zložení a o intenzite elektromagnetických polí a... Žartom sme hovorili, že ideálne by bolo mať celé spektrum, každého bodu na Slnku, každú sekundu. A to by nám ešte chýbali údaje o polarizácii! Ak by náš „bod“ mal uhlový rozmer 1", potom na Slnku aj s okolitou korónou (do jedného slnečného polomeru) by takýchto bodov bolo 12,5 milióna. Pritom náš „bod“ má reálny rozmer 725 km!

Prechod pozorovaní do priestoru nad atmosférou nás zbavil závislosti od počasia a technický pokrok v optike, kozmickej technike, snímaní, telemetrii, telekomunikáciách a výpoč-



Obr. 1. Prístroje SDO.



Obr. 2. Batéria ďalekohľadov AIA.

tovej technike nás postupne približuje k vysnívanému spôsobu pozorovania, keď ho uskutočňujú dobre naprogramované automaty a od nás sa očakáva „iba“ ich rozumná interpretácia.

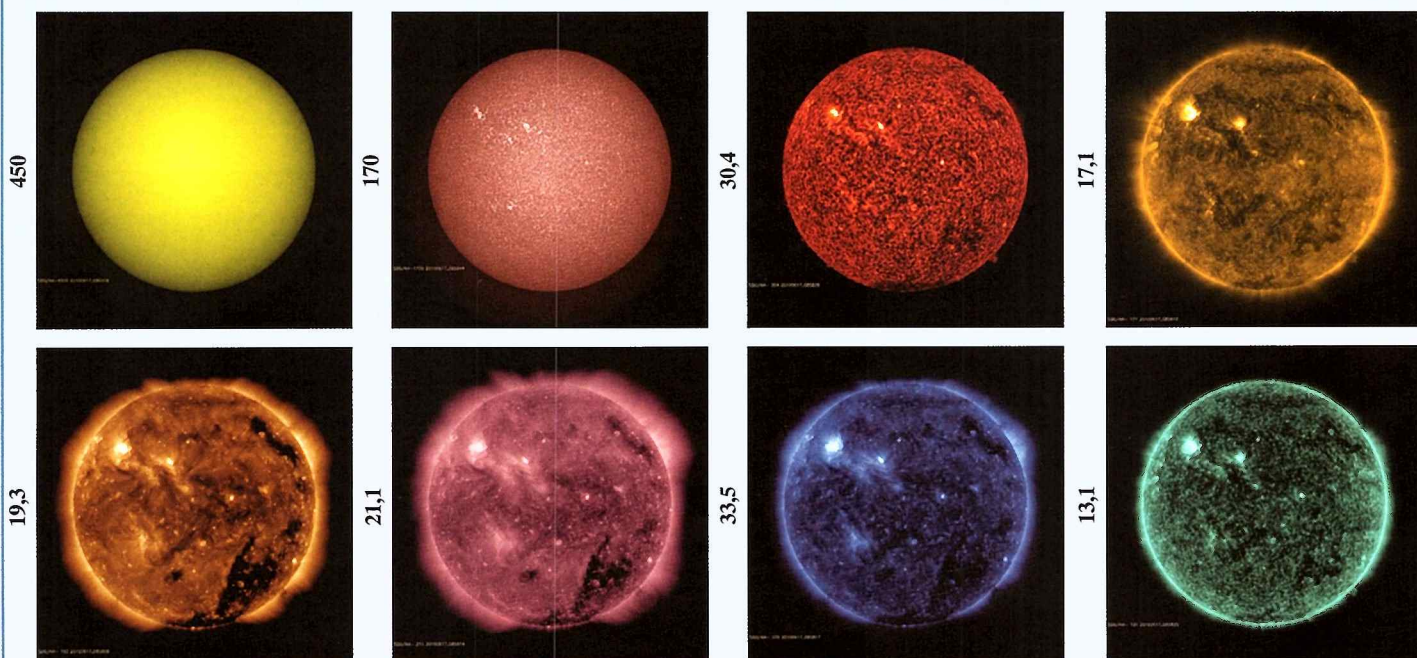
Od projektu OSO (Orbiting Solar Observatory) v rokoch 1962 – 1975 cez SKYLAB, YOH-KOH, SMM, SOHO, TRACE, STEREO a HINODE, prešiel kozmický výskum Slnka dlhú cestu. Postupne sa zdokonaľovali prístroje aj spôsob distribúcie dát. Obrovský skok tu spôsobilo zavedenie internetu, pomocou ktorého sa dáta rozširujú do celého sveta.

Najnovším projektom, ktorým pokračuje séria neustále sa zdokonaľujúcich slnečných observatórií je *SDO – Solar Dynamics Observatory*.

Na obežnú dráhu sa dostalo vo februári a dnes je už v plnej prevádzke. Ďalej uvedieme stručný výťah z opisu projektu, inštalovaných prístrojov (*A Guide to the Mission and Purpose of NASA's Solar Dynamics Observatory*) a ukážky niektorých prvých pozorovaní.

SDO je určené na výskum slnečnej aktivity doteraz nevidaným spôsobom. Vysokorýchlostné kamery sú schopné zaznamenať priebeh erupcií a iných rýchlych prejavov slnečnej aktivity. Predpokladáme, že ich použitie bude mať podobný efekt na pokrok v slnečnej fyzike ako malo použitie filmovacích kamier na mnohé vedy v 19. storočí. Okrem toho SDO je spôsobilé nepriamo skúmať aj slnečné vnútro, a tak sa pokúsiť odhaliť tajomstvo slnečného cyklu a nájsť metódy na jeho spoľahlivé predpovedanie.

Na palube SDO sú inštalované tri hlavné skupiny prístrojov (obr. 1):



Obr. 3. Príklad snímok z AIA zo 17. 6. 2010 s malým rozlíšením (512×512).

**AIA** – Atmospheric Imaging Assembly – zobrazovacie zariadenie,

**EVE** – Extreme Ultraviolet Variability Experiment – meranie celkového žiarenia v ďalekej ultrafialovej oblasti,

**HMI** – Helioseismic and Magnetic Imager – helioseizmický a magnetický zobrazovač.

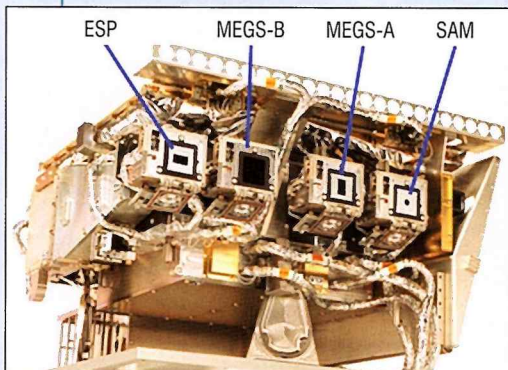
**AIA** je batéria štyroch ďalekohľadov (obr. 2), ktoré sú určené na fotografovanie slnečného povrchu a blízkej koróny v 10 rôznych vlnových dĺžkach. Tieto sa nastavujú pomocou pomerne úzkopásmových, vymeniteľných filtrov. Jeden filter je pre biele svetlo – 450 nm, pre porovnanie s pozemskými pozorovaniami, dva filtre sú centované v UV oblasti spektra, 170 nm – kontinuum, 160 nm – kontinuum + CIV (155 nm). Filter 30,4 nm je centovaný na čiaru HeII a zobrazuje sa v nej chromosféra a prechodová oblasť. Ďalších 6 filtrov je určených na výskum koróny a sú centované na sekvenciu železných čiar v rôznom stupni ionizácie: 17,1 nm – FeIX, 19,3 nm – FeXII (FeXXIV), 21,1 nm – FeXIV, 33,5 nm – FeXVI, 9,4 nm – FeXVIII, 13,1 – FeXX + FeXXIII. Prístroj bol zostrojený v Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory, Palo Alto, California pod vedením Dr. Alan Title.

(Neutrálny atóm železa má 26 elektrónov a je označený FeI, ak je raz ionizovaný, t. j. má odtrhnutý jeden elektrón, potom je označený FeII. Takáto ionizácia nastáva pri teplotách okolo 10 000 K. Sekvencia filtrov AIA zobrazuje žiarenia v miestach s teplotami od 1 milión až po rádovo 20 miliónov K.)

Priestorové rozlíšenie je 1", čo je 725 km na Slnku. Je to také rozlíšenie, pri ktorom vidíme ľudský vlas zo vzdialenosti 10 m. Kadencia zobrazovania je 10 s pre 8 filtrov. Kontinuum v bielom svetle a v UV sa zobrazuje raz za minútu.

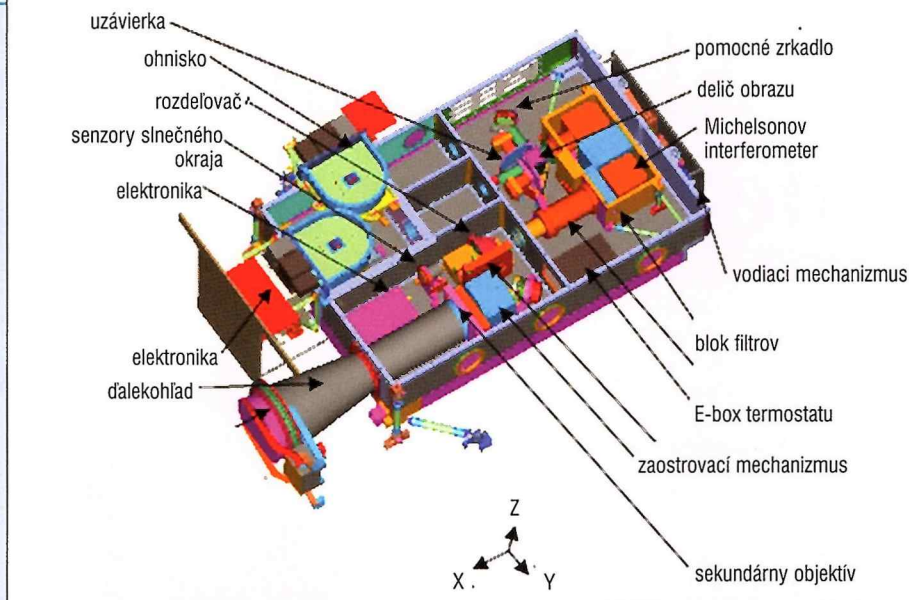
Detektor CCD má 4096x4096 pixelov a sťahovanie dát z kamery trvá 2,5 s. Výsledné obrázky sú prezentované vo falošných farbách, podľa obr. 3.

**EVE** môžeme pokladať za spektrometer alebo za súbor monochromatických fotometrov pre ďalekú ultrafialovú oblasť spektra (EUV) od 0,1 do 105 nm. Tieto žiarenia sú dominantným zdrojom ohrevu hornej atmosféry Zeme. Prístroj bude skúmať jej variácie s časovým rozlíšením okolo 10 s. Podľa našich súčasných poznatkov rozsah týchto variácií môže byť veľmi veľký – v priebehu sekundy môžu vzrásť až tisíc násob-



Obr. 4. Celkový pohľad na prístroj EVE.

### Schematický pohľad na HMI



Obr. 5.

ne. **EVE** (obr. 4) bol postavený na Univerzite v Colorade, pod vedením Dr. Woodsa a tento je aj vedúcim projektu.

Prístroj EVE je zložený s niekoľkých spektrografov, spojených s CCD kamerou (2048x1024):

**MEGS** (Multiple Euv Grating Spectrograph) je súbor dvoch mriežkových spektrografov pre EUV oblasť spektra od 5 do 105 nm so spektrálnym rozlíšením 0,1 nm. Má 4 výstupy:

**MEGS-A:** mriežkový spektrograf s kľzavým lúčom pre rozsah 5 – 37 nm;

**MEGS-B:** dvojitý spektrograf s normálnym lúčom pre rozsah 35 – 105 nm;

**MEGS-SAM:** dierková komora, ktorá používa CCC MEGS-A na meranie v rozsahu 0,1 – 7 nm;

**MEGS-P:** fotodióda, za prvou mriežkou MEGS-B na meranie emisie Lyman alfa;

**ESP:** (Euv SpectroPhotometer) slúži na kalibráciu MEGS s kadenciou 0,25 s. (Je to prístroj, podobný prístroju SEM na družici SOHO.)

**HMI** je určený na meranie magnetických polí na slnečnom povrchu a na prieskum slnečného vnútra pomocou techniky, ktorú nazývame *helioseizmológia*. Ďalekohľad má priemer objektívu 14 cm a ekvivalentnú ohniskovú vzdialenosť 495 cm. Pozorovania budú slúžiť na

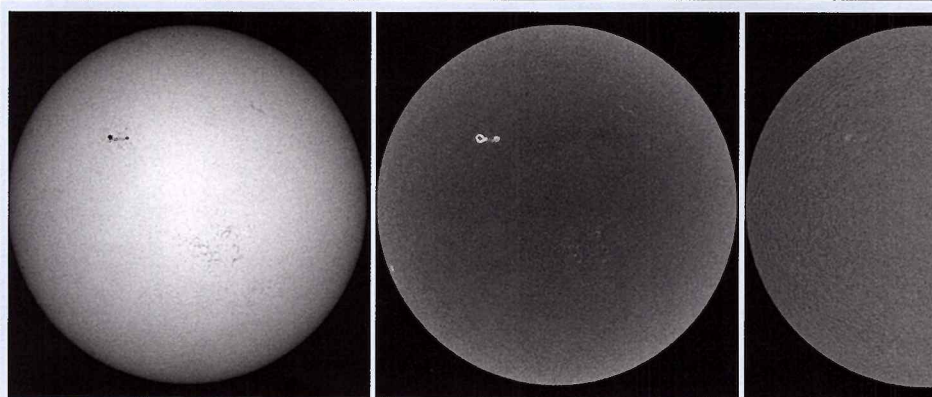
rozlúštenie tajomstva slnečného dynamu. Prístroj bol zostrojený v Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory, Palo Alto, California pod vedením Dr. Scherrera zo Stanfordskej univerzity (obr. 5).

HMI meria Dopplerov posun spektrálnej čiary a zároveň sa so Zeemanovho efektu a polarizácie zložiek určuje magnetické pole nad celým, viditeľným povrchom Slnka.

Z analýzy získaných dát sa dajú určiť podmienky v priestore pod slnečným povrchom. Podmienky šírenia zvukových vln cez slnečné teleso závisia od fyzikálnych podmienok v jeho vnútri. Z analýzy sa dá určiť rozloženie teploty, hustoty, tlaku aj chemického zloženia v slnečnom vnútri a aj variácie týchto veličín.

Na meranie sa využíva spektrálna čiara 617,33 nm, priestorové rozlíšenie je lepšie ako 1,5"; magnetické pole celého disku získame každých 90 s s presnosťou 1 mT (10 G); Dopplerogram získame každých 45 s, s presnosťou 13 m/s. (Tu treba spomenúť, že ide o merania v približne 10 miliónov bodov(!), ako sme spomínali v úvode, a celé meranie sa uskutoční za 1,5 minúty).

Ukážka obrázkov, ktoré sa používajú na analýzu je na obr. 6.



Linedepth

Linewidth

Dopplerogram

Obr. 6. Takéto obrázky sa používajú na analýzu. (Spresniť aj text pod obr.)





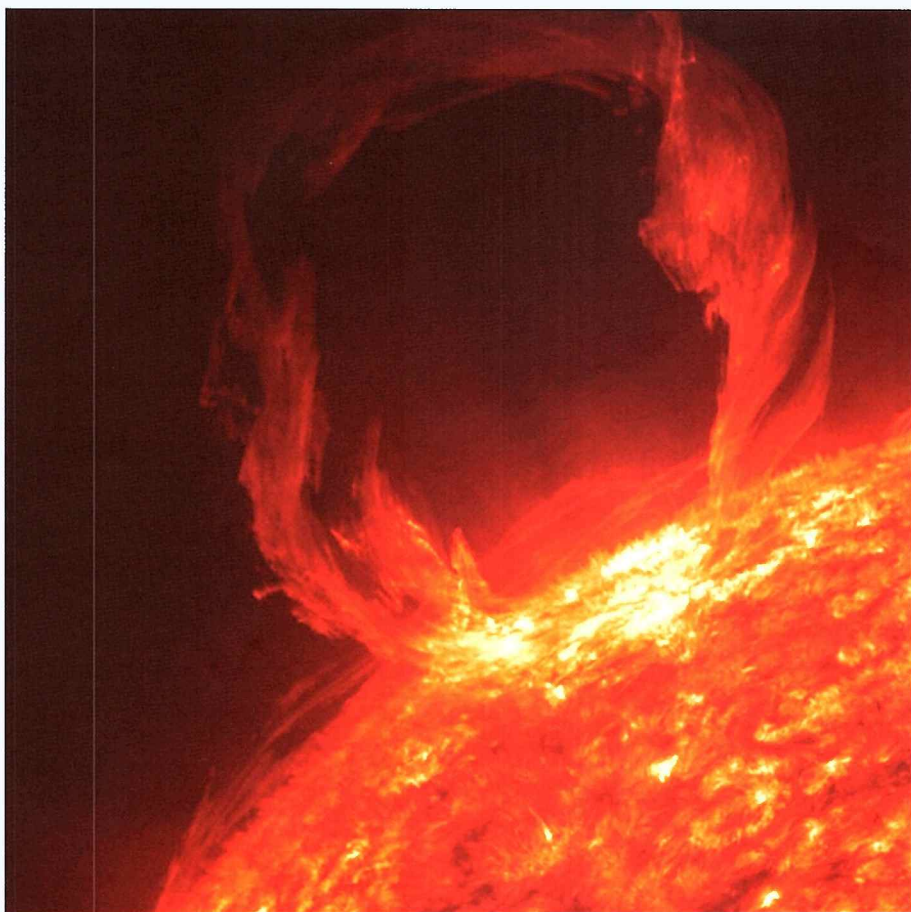
Obr. 7.

SDO odštartovalo 11. februára 2010 (obr. 7) na geostacionárnu dráhu so sklonom  $28,5^\circ$  k rovníku. Stále sa bude nachádzať v blízkosti miesta so zemepisnou dĺžkou  $102^\circ\text{W}$ , nad prijímacím strediskom v Novom Mexiku.

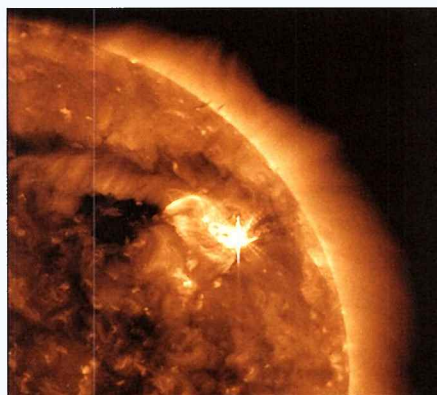
Po nutných manévroch a skúškach od 14. apríla začali prístroje regulárne pozorovania. Odvtedy, 24 hodín denne, prichádza na Zem obrázok Slnka každých 0,75 s. Denne je to 1,5 terabytov dát. Je to rovnaký rozsah ako záznam 380 celovečerných filmov. Plánovaná životnosť objektu SDO je 5 rokov.

Z analýzy pozorovaní očakávame vyriešenie mnohých problémov slnečnej fyziky, najmä mechanizmu slnečných erupcií. Tajne však dúfame, tak ako to kedysi povedali tvorcovia 5-metrového ďalekohľadu na MtPolomare, že uvidíme niečo, čo sme nečakali.

Ukázkových pozorovaní je zatiaľ málo, lebo slnečná aktivita je stále na veľmi nízkej úrovni. Pri pokusných pozorovaniach sa podarilo 30. marca 2010 zaznamenať peknú erupčivnú protuberanciu v čiare hélia,  $30,4\text{ nm}$  – obr. 8.



Obr. 8. Erupčivná protuberancia z 30. marca 2010.



Obr. 9. 11. a 12. júna 2010 (počas 40 hodín) pozorovalo SDO aktívnu oblasť, v ktorej sa vyskytlo množstvo erupcií. Obrázok bol urobený v čiare  $17,1\text{ nm}$ .

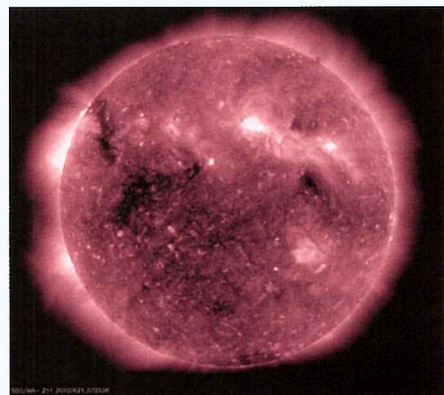
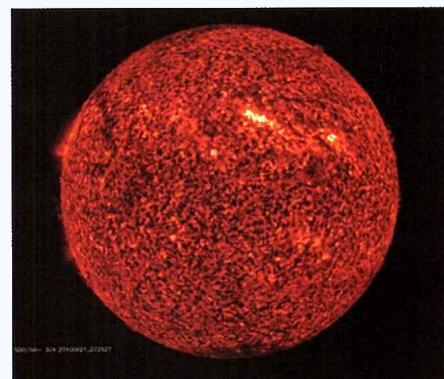
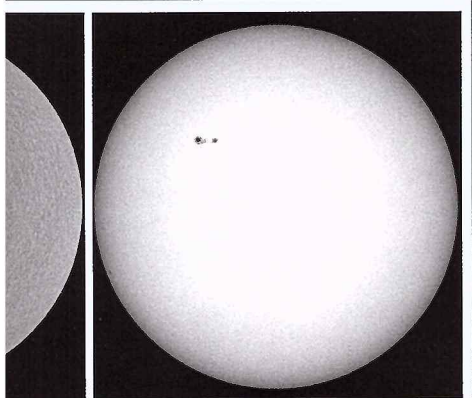
Veľmi pekné sú obrázky koróny v rôznych filtroch, získaných prístrojom AIA (obr. 10 a 11), avšak zatiaľ sú bez mohutných prejavov slnečnej aktivity, ako CME a pod.

Všeobecné informácie o SDO možno získať na <http://www.nasa.gov/sdo> a <http://sdo.gsfc.nasa.gov>

Informácie o prístrojoch: <http://hmi.stanford.edu>; <http://aia.lmsal.com>; <http://lasp.colorado.edu/eve>

Záverom vyjadrujeme vďaka SDO (NASA) a konzorciám AIA, EVE a HMI za poskytnutý materiál.

*Courtesy of SDO (NASA)  
and the AIA, EVE, HMI consortium.  
MILAN RYBANSKÝ*

Obr. 10. Obrázok z prístroja AIA v čiare  $21,1\text{ nm}$ .Obr. 11. Obrázok z prístroja AIA v čiare  $30,4\text{ nm}$ .

Continuum

# Prvý meteorit pozorovaný v kozmickom priestore

Meteority Almahata Sitta nájdené v decembri 2008 v núbijскеj púšti majú najmenej 2 prvenstvá. Po prvé ide o jediné meteority, ktoré boli bezprostredne pred pádom pozorované ešte v kozmickom priestore mimo atmosféru Zeme. Už to samo o sebe je na zápis do histórie meteorickej astronómie. Aby toho však nebolo dosť – prvé analýzy nájdených úlomkov hovoria o tom, že asteroid bol zložený minimálne z dvoch rozličných typov meteoritov. Teória to pripúšťa, len sme to ešte nikdy nevideli na vlastné oči. Podme teraz pekne po poriadku.

## Asteroid 2008 TC<sub>3</sub>

Asteroid objavil R. A. Kowalski pomocou 1,5-m ďalekohľadu observatória Mt Lemmon v blízkosti Tucsonu v Arizone, USA, 6. októbra 2008 o 06:39 svetového času. Medzi objavom asteroidu 2008 TC<sub>3</sub> a dopadom meteoritov do Núbijскеj púšte uplynulo len 20 hodín. Asteroid objavený viac menej náhodne počas exponovania snímok pre program Catalina Sky Survey dostal predbežné označenie 8TA9D69.

Celkove, v nasledujúcich 19 hodinách, bolo získaných 27 amatérskymi a profesionálnymi pozorovateľmi 586 astrometrických pozícií a skoro rovnaký počet fotometrických záznamov. Podarilo sa tiež získať spektrálne pozorovania na 4,2-m ďalekohľade William Herschel na La Palma na Kanárskych ostrovoch, ktoré zaradili asteroid do taxonomickej triedy C. Na základe prúdiaceho množstva pozorovaní prepočítavalo Minor Planet Center (Cambridge, USA) spojitú dráhu asteroidov. Na jej základe uverejnili predpoveď miesta dopadu do severného Sudánu Univerzita v Pise, Taliansko a Jet Propulsion Laboratory, USA. Podľa našich vedomostí o rozložení populácie asteroidov v blízkosti Zeme sa s asteroidom takýchto rozmerov Zem zrazí 2 – 3-krát za rok.

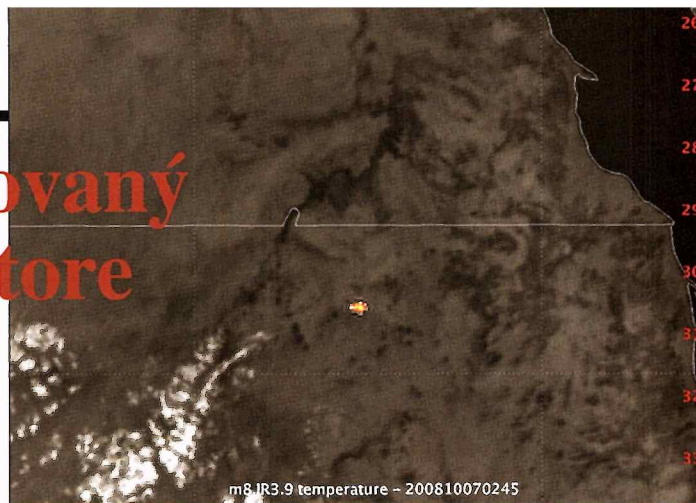
7. októbra 2008 o 01:49 svetového času vstúpil asteroid do tieňa Zeme a prestal byť pozorovateľný. 7. októbra 2008 o 02:46 svetového času vstúpil do zemskej atmosféry ako bolid nad severným Sudánom rýchlosťou 12,8 km/s. Záblesk pri záverečnom výbuchu bol tiež zaznamenaný kórejským lietadlom zo vzdialenosti 1400 km a meteorologickou družicou.

Kombináciou rôznych meraní vyšla ako najpravdepodobnejšia hodnota priemeru asteroidu 2008 TC<sub>3</sub> približne 2 – 5 metrov a hmotnosť pred vstupom do zemskej atmosféry 80 – 90 ton. Odvodená energia výbuchu je 0,9 – 2,1 kilotony TNT.

Na základe spätnej integrácie pohybu a rekonštrukcie vývoja dráhy 2008 TC<sub>3</sub> je možné, že poznáme aj väčšie teleso od ktorého sa náš asteroid v minulosti oddelil. Podozrivý je asteroid 1998 KU<sub>2</sub> s priemerom 2,6 kilometra.

## Meteorit Almahata Sitta

Skupina zorganizovaná a vedená Peterom Jenniskensom z Mountain View (USA) a Muávijom Šaddádom z Chartúmu (Sudán) našla v dňoch 5. – 8. decembra 2008 15 úlomkov, s celkovou hmotnosťou 0,563 kg. Meteority sa našli na vy-počítanom mieste v blízkosti „Stanice 6“ na železnici v núbijскеj púšti. Názov stanice v arabskom jazyku je „Almahata Sitta“ – tak boli nazvané aj nájdené meteority.



Infračervený záber zo satelitu ukazuje výbuch asteroidu 2008 TC<sub>3</sub> nad severovýchodnou Afrikou. Ilustrácia: EUMETSAT



Dymová stopa po výbuchu asteroidu 2008 TC<sub>3</sub> ráno 7. októbra 2008 nad Sudánom.

Foto: M. Šaddád



Nález úlomkov meteoritu. Piaty zľava P. Jenniskens, šiesty M. Šaddád.

Druhá expedícia 25. – 30. decembra 2008 našla ďalších 32 úlomkov, potom počet rýchlo rástol. Dnes je na výskum k dispozícii zhruba 600 úlomkov s celkovou hmotnosťou približne 10,5 kilogramu. Hmotností jednotlivých úlomkov sú v intervale od 1,5 gramu do 283 gramov. Dopadová plocha bola veľmi rozsiahla, vzdialenosť dvoch najvzdialenejších úlomkov je 29 kilometrov.

Na základe analýzy úlomkov vieme, že asteroid 2008 TC<sub>3</sub> tvoril krehký, pórovitý materiál. Takýto krehký materiál nemohol prežiť let v hustejších

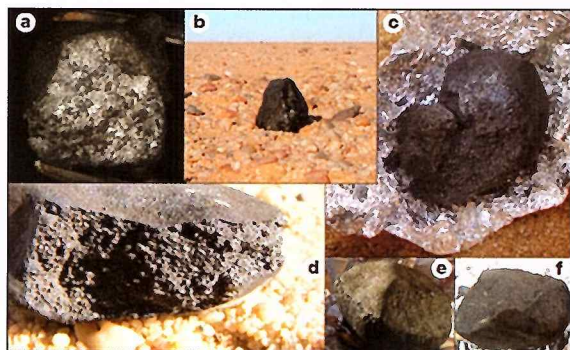
vrstvách atmosféry – preto došlo k výbuchu už vo výške 37 kilometrov.

Meteorické fragmenty 2008 TC<sub>3</sub> patria do skupiny meteoritov ureilitov – sú to pomerne vzácne typy achondritov, ktoré obsahujú mimo iných materiálov uhlík vo forme veľkých uhlíkatých zŕn a nanodiamantov. Predpokladá sa, že všetky známe ureility pochádzajú z jedného materského telesa. Podľa pozorovaní 2008 TC<sub>3</sub> v medziplanetárnom priestore v blízkosti Zeme zaraďujeme tento asteroid do taxonomickej triedy F (podtrieda taxonomickej triedy C), ktorá tvorí asi 1,3 percenta známych asteroidov.

Klasifikácia podľa prvých úlomkov dostala rýchlo trhliny. A. Bischoff so spolupracovníkmi zistili analýzou 31 rôznych úlomkov, že Almahata Sitta nie je len ureilitický meteorit, ale tiež brekcia obsahujúca veľa rozličných achondritov a chondritických hornín ako napr. enstatické chondrity, obyčajné chondrity apod. Čerstvosť nálezov vylúčila špekulácie, že ide o meteority z predchádzajúcich pádov a tak sme museli pripustiť, že asteroid 2008 TC<sub>3</sub> bol zložený z rôznych stavebných prvkov. Môže ísť o pôvodné zloženie zlepenca rôznych planetezimál alebo sekundárne primiešanie iných minerálov pri zrážke asteroidov rôzneho zloženia.

Meteority, u ktorých sa podarí určiť tzv. heliocentrickú dráhu, t.j. dráhu meteoroidu pred jeho ovplyvnením zemskou príťažlivosťou patria k vzácnej skupine tzv. meteoritov s rodokmeňom. Prípád meteoritu Almahata Sitta má z tohoto hľadiska priamočiare riešenie – dráhu asteroidu sme mohli určiť priamo z pozorovaní a nemuseli sme ju zložito rekonštruovať z letu telesa cez atmosféru s množstvom ovplyvňujúcich faktorov.

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



Úlomky meteoritu Almahata Sitta.

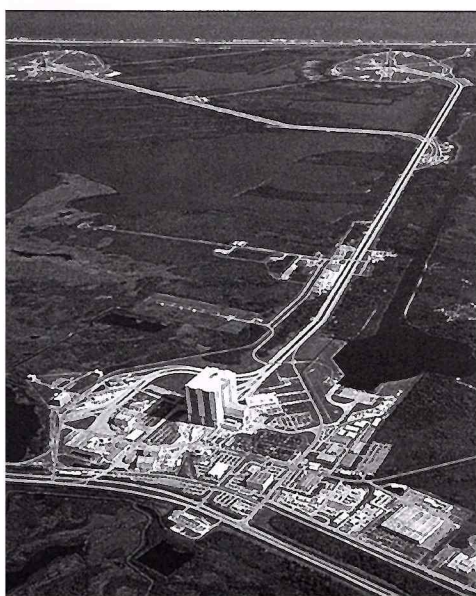
Prevzaté z článku P. Jenniskensa et al. v časopise Nature.

# Quo vadis, americká kosmonautiko?

Návrh rozpočtu amerického Národního úřadu pro letectví a vesmír (NASA), který předložil prezident Barack Obama, zásadním způsobem mění směr a orientaci americké kosmonautiky. Končí jím doba krásných šesti let, kdy jsme mohli snít o tom, že se lidstvo vrátí na Měsíc, trvale zde zůstane a v dohledné době dojde i Mars.

## Zlatý důl jménem Měsíc

„Vracet se na Měsíc, kde už jsme byli, je to poslední, co Amerika nyní potřebuje,“ zaznělo z Bílého domu v den, kdy byl návrh rozpočtu NASA na rok 2011 (začíná 1. října 2010) zveřej-

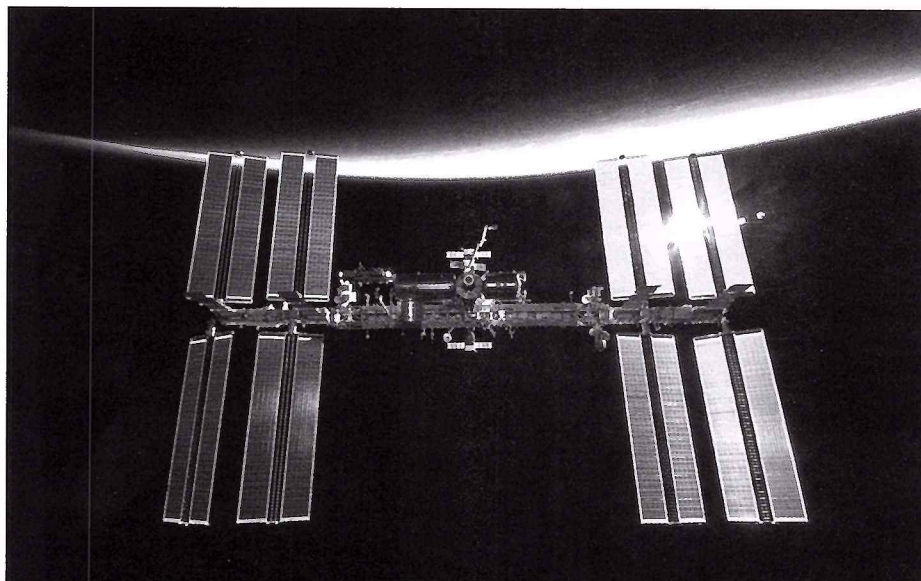


**Kennedyho kosmické středisko se sice může těšit na miliardy dolarů v podobě nových investic, jejich cíl a smysl je ale nejasný.**

něný. Jistě, argumentovat pouhým opakováním již jednou realizovaného se samozřejmě dá. Pomiňme nyní spíše řečnické argumenty typu „ještě, že si to neřekli Kolumbovi následovníci“ a podívejme se na novodobou cestu na Měsíc očima technika a ekonoma.

Že nejde o nic nového, neznamená, že by nešlo o přínosnou věc. Šest lunárních přistání v rámci programu Apollo bylo plodem studené války a svým způsobem odpovědí na plejádu sovětských kosmických prvenství. Přestože technologický a ekonomický přínos nebyl na prvním místě, vrátilo se 24 miliard dolarů investovaných do programu Apollo ekonomice Spojených států během následujících dvou desetiletí dvanácti- až šestnáctinásobně.

Vrátit se na Měsíc – tedy udělat něco, co už jsme dokázali – má smysl i dnes. Byť NASA počítala s tím, že do programu bude potřeba investovat kolem sta miliard dolarů. Velmi přesně to vystihl americký astronaut Andrew Feustel při své loňské návštěvě Prahy. Podle něj se smysl návratu na Měsíc dá shrnout do jediného slova: ekologie.



**Nové směřování americké kosmonautiky už má svého vítěze: životnost Mezinárodní kosmické stanice se bude prodlužovat možná až do roku 2028.**

Cesta na Měsíc nám přinese nové úsporné technologie – které nyní nemáme. Poznáme mnohem lépe procesy, kterým nyní nerozumíme – např. co se týká systémů zajištění podmínek života astronautů. Naučíme se vystačit s menšími zdroji pro dosažení nějakého cíle. Vyvineme „kosmické“ technologie lépe využitelné na Zemi.

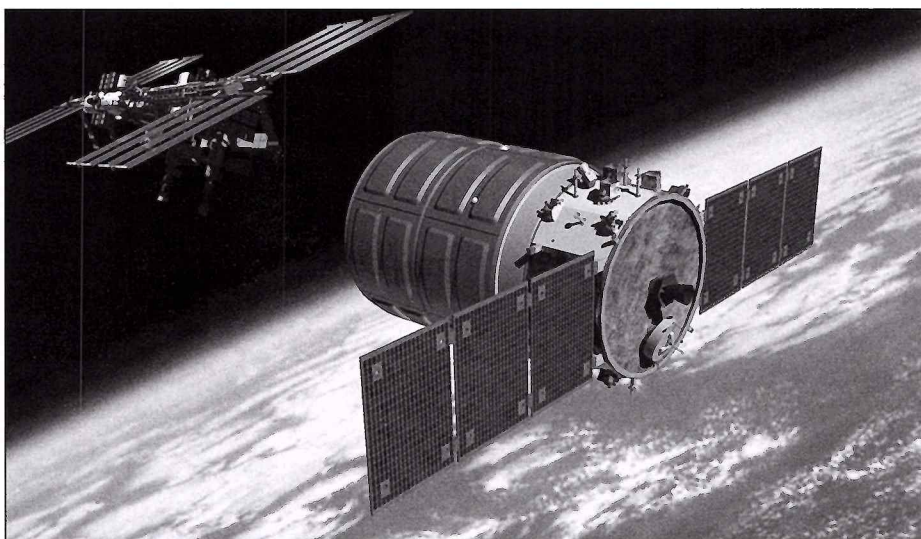
Prakticky nic z výše uvedeného přitom neplatí pro jinou stomiliardovou investici, Mezinárodní kosmickou stanici. Ta je dimenzována na provoz ve stavu beztláče, takže mnoho jejích technologií uplatnění v pozemských podmínkách nenajde. Navíc k ní jen letos zamíří zhruba patnáct dopravních a nákladních lodí: o nějakém rozumném hospodaření se zdroji nebo o nutnosti improvizace tak nemůže být příliš řeč.

A to jsme se zmínili jen o jediném aspektu návratu na Měsíc. Jeho skutečný přínos by samozřejmě byl mnohem košatější.

## Apollo na steroidech

Kormidlo americké kosmonautiky se začalo otáčet nenápadně už v roce 2002, kdy tehdejší prezident George Bush Jr. zadal NASA a dalším organizacím v USA za úkol vypracovat jednotnou a jasnou koncepci budoucího pronikání do vesmíru. Katalyzátorem iniciativy se pak stala mimo jiné i zkáza raketoplánu Columbia: její příčiny sice neměly žádnou souvislost s tím, že kosmické letouny USA už dlouho přeluhovaly, ale tato skutečnost se ukázala jaksi mimochodem.

V lednu 2004 pak George Bush Jr. vystoupil s projevem, kterým ustanovil americké kosmonautice novou vizi a směřování. Oznámil rozhodnutí dobudovat Mezinárodní kosmickou stanici a dostát tak závazkům vůči všem partnerům. Ihned poté – v roce 2010 – má dojít k ukončení provozu kosmických raketoplánů. Měl se rozjet



**Dopravu nákladů na ISS má zajišťovat i komerční loď Cygnus s plánovanou premiérou v roce 2011.**

robustní program průzkumu Měsíce bezpilotními sondami jako předvoj před návratem lidí. Světlo světa měla spatřit nová kosmická loď Orion, stejně jako dvojice raket Ares: „osobní“ Ares I a „nákladní“ Ares V. Návrat lidí na Měsíc byl termínově ohraničen rokem 2020, cesta na Mars se měla uskutečnit o deset let později. Program dostal jméno Constellation.

Technika a organizace letu na Měsíc na první pohled připomínala éru Apollo – a také bývalý administrátor NASA Michael Griffin často hovořil o „Apollu na steroidech“. Ono je to logické, protože v kosmonautice platí, že „účel světí prostředky“ a v prostředí přísně svazovaném fyzikálními zákony a definovaném jasnými požadavky asi těžko očekávat nějaké designerské úlety à la Hvězdné války či Star Trek. Ostatně, proč mají letadla americká, ruská či evropská stejnou podobu – stejně jako třeba automobily?

Jinak ale mělo jít o zcela novou techniku o úplně jiných možnostech, než v éře Apolla. Několik srovnání: lunární modul z programu Apollo byl navržen pro třídní pobyt dvou astronautů, nyní se počítalo se čtyřčlenným výsadkem na dobu půl roku. Kosmická loď Apollo vyžadovala trvalou přítomnost astronauta-operátora na palubě, Orion měl být schopen kroužit kolem Měsíce půl roku zcela autonomně, atd. Zkrátka: ač byly opět koncepce na první pohled velmi podobné, dosažené výsledky měly být diametrálně odlišné.

### Recepty pana Augustina

Krátce po svém uvedení do funkce ustanovil Barack Obama komisi Review of United States Human Space Flight Plans Committee (Výbor pro revizi pilotovaných vesmírných plánů Spojených států), která dostala dle svého předsedy Normana Augustina přízvisko Augustinova komise.

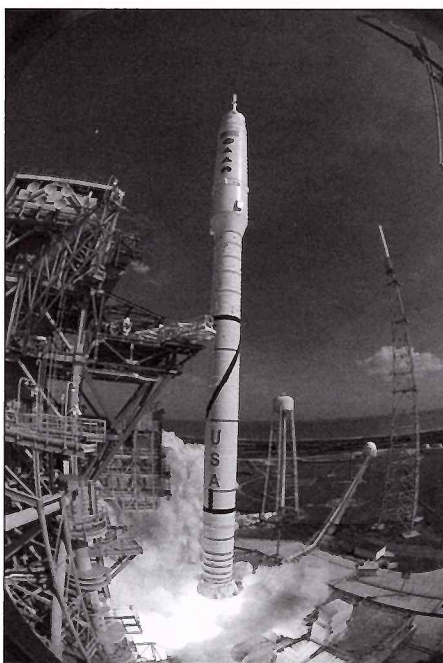
Komise měla zhodnotit stav plány a reálné možnosti americké kosmonautiky po plánovaném ukončení programu raketoplánů. Jinými slovy: měla se zaměřit na stav programu. Téměř půlroční práce komise byla završena zprávou, která začínala slovy: „Program amerických pilotovaných letů je na neudržitelné dráze.“ Následně byl prezentovaný detailní rozbor pěti různých možných scénářů vývoje.

První dostal pracovní název „Constellation Program“ – lidově by se dalo říci, že počítá s variantou „nic se oproti současným plánům či financování nezmění“. Loď Orion s raketou Ares I pak budou k dispozici v roce 2017. Superraketa Ares V, bez níž není možná cesta na Měsíc, by mohla vzlétnout v ideálním případě v roce 2028. A vývoj další klíčové komponenty, lunárního modulu, bude dokončen až po roce 2030. Pilotované měsíční přistání se za těchto podmínek dle komise nedá očekávat před rokem 2035: což je příliš dlouhá doba jak z hlediska běhu programu, tak třeba z hlediska morálního zastarávání techniky.

Druhý scénář představil život v mantinelech stávajícího rozpočtu, ale bez programu Constellation. Však proto také dostal označení „Constrained Budget“ (Omezený rozpočet). Dle něj by byla maximálně využita Mezinárodní kosmická stanice, kterou by Spojené státy neopustily před rokem 2020. Ovšem za cenu pozastavení



**Již za několik měsíců končí kosmické raketoplány – co ale čeká americkou kosmonautiku po nich, je čím dál nejistější.**



**Zkušební start rakety Ares-IX: podle všeho šlo i o derniéru programu, v jehož obnovení už dnes nikdo nevěří.**

vývoje raket Ares I i obří Ares V: jejich místo by v lunárních výpravách zaujala verze Ares V Lite (Odlehčená). Cesta na Měsíc by byla uskutečněna vždy s dvojicí těchto nosičů. Ovšem termín předpokládaného návratu na Měsíc by byl stejný jako v předchozím případě: rozhodně ne před rokem 2030.

Kromě těchto dvou scénářů předložila Au-

gustinova komise ještě tři další, které počítají s navýšením rozpočtu NASA o tři miliardy USD do konce roku 2014. V takovém případě scénář číslo tři počítá s ukončením provozu ISS do roku 2016 a s tím, že sestava Ares I plus Orion bude k dispozici těsně poté a že lidská noha opět vstoupí na Měsíc do roku 2025.

Čtvrtý scénář (Moon First, Měsíc na prvním místě) počítá s prodloužením provozu kosmické stanice do roku 2020: ovšem za předpokladu, že se podaří do vítězného konce dotáhnout nějaký komerční program, který by převzal nákladnou dopravu posádek a zásob na ISS. Návrat na Měsíc by se dal očekávat kolem roku 2025.

A konečně pátá varianta (Flexible Path, Operativní cesta) počítá s vývojem architektury, která umožní různé průzkumné lety v rámci vnitřní části slunečního systému. Např. na lunární oběžnou dráhu, asteroidy či na měsíce Marsu. Lety na povrch Měsíce a Marsu by zůstaly otevřené a pozdější dobu.

Zajímavá je jedna skutečnost: prakticky všechny scénáře počítají jako s cílem americké kosmonautiky s Měsícem, liší se jen ve způsobu jeho dosažení, termínu realizace, finanční náročnosti této mise a dalších faktorech.

### Obamův bobřík mlčení

Pokud si nyní odmyslíme Augustinovu komisi a její závěry, pak je pravdou, že prezident Barack Obama se k NASA a kosmonautice chová lehe macešsky. Kromě obecných frází ji neměl ve svém volebním programu a stejně tak se k ní (ne)vyjadřoval během prvního roku v úřadě. Nekomentoval ani zprávu Augustinovy komise.

Což mělo jeden nepřijemný důsledek: silnou nejistotu v NASA a kosmických kruzích obecně ohledně toho, jaká je perspektiva letů do vesmíru v USA. Namísto podložených faktů a jasných informací se tak otevřel ohromný prostor pro spekulace: např. bude program raketoplánů skutečně končit, nebo dojde k pokusu o jeho resuscitaci? Co bude se všemi lidmi a firmami, kteří se na něm podílejí? Atd.

A když pak nadešel „Den D“ a zveřejnění návrhu rozpočtu NASA na rok 2011, Obama se opět veřejně nevyjádřil. Před novináře předstoupil jen současný administrátor NASA Charles Bolden a snažil se vysvětlit, co měl pan prezident vlastně na mysli a proč tak rázně otočil kormidlem.

Dlužno podotknout, že příliš nepřesvědčil. Jasně směřování americké kosmonautiky v podobě programu Constellation totiž bylo nahrazeno mírně mlhavou orientací na vývoj nových technologií (např. nové motory pro obří rakety, ale není jasné, k čemu tyto rakety mají jednoho dne sloužit), modernizaci zařízení (např. Kennedyho kosmické středisko dostane na svoji modernizaci v příštích letech miliardy dolarů, aniž by ovšem bylo jasné, co odtud má v budoucnu startovat) nebo podporu komerčního sektoru (např. masivní injekce do firem, které chtějí „na vlastní pěst“ posílat astronauty do vesmíru).

Faktem ale zároveň je, že rozpočet NASA má růst o několik set miliónů dolarů. A to celosvětové recesi navzdory, která se v USA projevuje více než silně. Zatímco letos má NASA 18,7 mld. dolarů, v roce příštím se může těšit na 19 mld. USD. V době obecného „zmrazování“ nebo

naopak snižování rozpočtů je to zpráva možná důležitější, než zrušení programu Constellation.

### Sázka na letenky

Zajímavé je také rozhodnutí o budoucím směřování americké pilotované kosmonautiky: po zrušení programu Constellation s lodí Orion totiž není na stole žádný nový projekt. Přitom kosmické raketoplány před sebou mají v době uzávěrky tohoto Kozmosu poslední tři starty, pak se Spojené státy ocitnou bez vlastního dopravního prostředku pro astronauty.

Obama to chce řešit masivní podporou soukromého sektoru (šest miliard USD během pěti let), který by měl přijít s komerčními kosmickými loděmi: ty by si NASA následně dle potřeby nakupovala. Mezi pojmy „soukromý“ a „komerční“ přitom není rovnítko. Prakticky celá americká kosmonautika je dnes v rukou soukromníků, kteří ji ale realizují na základě objednávek státních organizací. Komerční znamená, že by vznikl trh se standardizovanými produkty (např. dopravní kapacita astronautů do vesmíru) a kdokoliv by si mohl nějakou službu zakoupit stejně jako oběd v restauraci (kde kuchaři taky nemluvíme do toho, jak má vařit).

Problém je tu evidentní: podobné komerční lodě dnes neexistují, a byť na nich několik společností „na vlastní pěst“ více či méně usilovně pracuje, bude trvat mnoho let, než se je podaří dotáhnout do konce. A to nezmiňujeme možné technické problémy nebo otázky bezpečnosti podobných systémů.

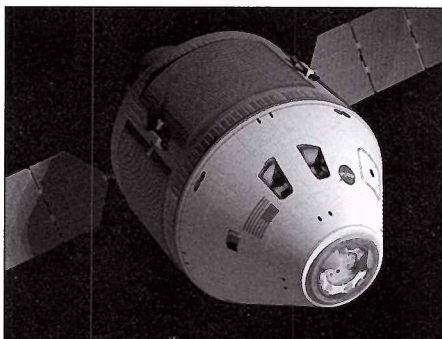
Jedná se o riskantní krok, který může vytvořit nové a levné prostředky pro cestování do vesmíru. Pokud ale zjistíme, že naše technologie a možnosti nejsou dnes na takové úrovni, aby něco podobného zajistily, skončí Spojené státy bez vlastní pilotované kosmonautiky.

Dnes je na trhu několik hráčů s různými pokroky. Asi nejdále je společnost SpaceX Elona Muska, která již dokázala vypustit malou nosnou raketu Falcon-1 (při skóre tři havárie proti dvěma úspěchům) a která na letošní jaro chystá premiéru nosiče Falcon-9. Ten by měl mj. zajistit dopravu nákladní lodi Dragon k Mezinárodní kosmické stanici. Program má přitom skluz, technické potíže a sám Musk odhaduje pravděpodobnost úspěchu při prvním startu Falconu-9 jen na sedmdesát až osmdesát procent. (V době vydání tohoto Kozmosu už by měla mít raketa premiéru za sebou, takže čtenář může posoudit, nakolik byl páně Muskův odhad přesný.) Zároveň se ale netají plány na úpravu Dragonu na pilotovanou loď.

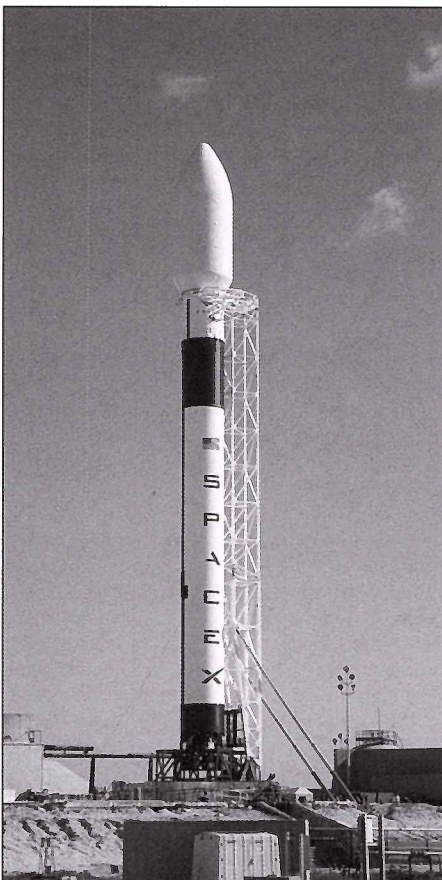
Přes všechny otazníky (časové, technické, bezpečnostní...) je firma SpaceX mezi zájemci o komerční kosmické lety jednoznačným premiantem.

### Bitva o kosmonautiku

Obamův „kosmický program pro 21. století“ (jak jsou nové plány pro NASA souhrnně nazývané) byl ovšem přijatý s rozpaky. Tušil to i Bílý dům, který se prostřednictvím vysoce postaveného, leč nejmenovaného zdroje nechal už několik dní před představením nového rozpočtu a nového směru americké kosmonautiky slyšet, že „jde o závazný návrh a uděláme vše pro to, aby zůstal v nezměněné podobě“.



Kosmická loď Orion by přece jen měla být vzata na milost, byť ve značně redukované podobě.



Raketa Falcon-9 společnosti SpaceX, do které jsou vkládány velké naděje. Dokáže je naplnit?

Prezident Obama věděl, proč podrobnosti o svém záměru tají do poslední chvíle. Pokud čekal bouři, přišel hurikán. „Je to pochod smrti americké kosmonautiky,“ hřimal republikánský reprezentant v Kongresu USA Bill Posey. „Myslím, že prezident by měl vystoupit, převzít kontrolu a vyhlásit jasný cíl,“ vyjádřil se demokratický senátor William Nelson. Další senátor David Vitter (republikán) zase požaduje ujasnění zákulisních jednání, která vedla ke změně kurzu americké kosmonautiky. Navíc označil návrh rozpočtu za „příliš radikální“. A takto bychom mohli ještě dlouho pokračovat.

Faktem je, že rozpočet NASA (a s ním i budoucnost americké kosmonautiky na mnoho let dopředu) je zatím jen ve formě návrhu. A dokud společně s dalšími rozpočtovými kapitolami neprojde přes Kongres USA, návrhem jen zůstane. Dnes si nikdo netroufá tvrdit, nakolik výrazné či

zásadní změny tento návrh čekají: jisté je vlastně jen to, že se kosmonautika rozhodně nevrátí do „předobamovských“ kolejí.

Terčem tvrdé palby otázek se stal i administrátor NASA Charles Bolden, který byl dokonce nucen se omluvit za to, že podrobnosti o novém směru nebyly zveřejněné dříve. Poté, co předstoupil před Kongres USA, aby nový směr kosmonautiky obhájil, to schytl ze všech stran – z demokratického i republikánského tábora. Když se po tomto grilování vrátil zpět do NASA, rozeslal nejvyšším manažerům kosmické agentury příkaz, aby začali pracovat na „plánu B“. Tedy na nějaké kompromisní variantě mezi starou a novou cestou americké kosmonautiky.

### První ústupky a kontury

Pod tlakem okolností a okolí byl přinucen se ke kosmonautice osobně vyjádřit i prezident Barack Obama. Stalo se tak v polovině dubna 2010 v Kennedyho kosmickém středisku – před dvěma stovkami vybraných techniků, inženýrů a astronautů. Snad nejzásadnějším bodem projevu bylo oznámení o tom, že loď Orion se přece jen vyvíjet bude – jako záchranný člun pro kosmickou stanici (tedy nikoliv pro starty s astronauty, ale jen pro případná přistání s nimi). To z něj dělá skutečně jednoduchou kapsli, nikoliv plnohodnotné plavidlo.

Obama dále oznámil, že v roce 2015 předpokládá zahájení vývoje nové superrakety (na přípravu technologií pro ni hodlá do té doby uvolnit tři miliardy dolarů). Poté se podle něj má začít vyvíjet nová pilotovaná loď, která by v roce 2025 mohla zamířit na první průzkumnou misi k nějakému asteroidu. Kolem roku 2035 pak pilotovaná výprava na oběžnou dráhu planety Mars, krátce poté i přistání lidí na Rudé planetě. „Předpokládám, že se toho dožiju,“ dodal s úsměvem prezident.

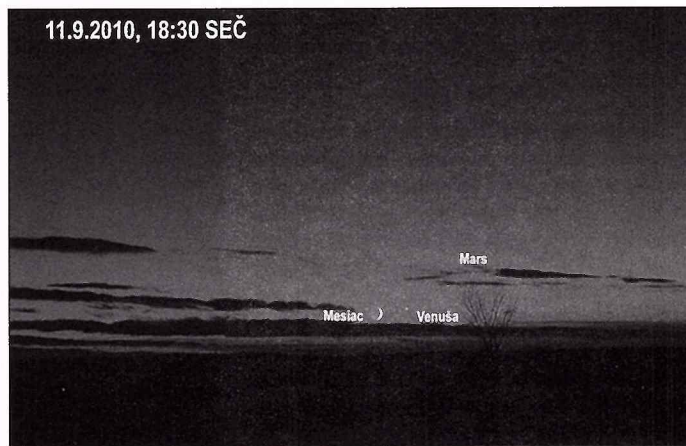
Barack Obama se pokusil otupit ostří svým kritikům, ale spíše přilil olej do ohně. Chtěl v rámci kompromisu zachránit část programu Constellation – byť v extrémně okleštěné podobě – ale proč souběžně vyvíjet i Constellation a komerční dopravu? Být se oba systémy mají doplňovat, nebylo by jednodušší a logičtější vyvinout loď jednu? A proč Orion ruší, když vzápětí vyhláší, že kolem roku 2025 bude stejně Amerika potřebovat kabinu pro cesty do hlubin vesmíru? Orion odzkoušený u Mezinárodní kosmické stanice by přitom mohl být v nejlepších letech...

Navíc prodával jinými slovy svůj kosmický program, kromě resuscitace Orionu není žádný ústupek patrný. A velké cíle a plány? Američtí astronauti dnes neví, čím budou létat do vesmíru za pět let – ale zato ví, že se za několik desítek let mohou procházet po Marsu.

Pro srovnání: když George Bush Jr. vyhlásoval svoji kosmickou Vizi, prakticky všechny termíny a úkoly se mu vešly do doby deseti let (2004 až 15). Obamovi se do příštích patnácti let vešlo jen zahájení vývoje nové superrakety a nové průzkumné lodi. Všechny ostatní cíle jsou velmi, velmi vzdálené...

Bezčasí a nejistota v americké kosmonautice tak i nadále pokračují.

TOMÁŠ PŘIBYL  
Foto NASA



# Obloha v kalendári

august –  
september 2010

Pripravil PAVOL RAPA VÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

Je tu polovica prázdnin, noci sú dlhšie a teploty aj nadráno m príjemné. Večer nám západný obzor skrášli Venuša v spoločnosti slabšieho Marsu a Saturna, a počas opozície bude celú noc kraľovať aj jasný Jupiter. Meteorári budú mať skvelú žatvu, podmienky počas Perzeíd sú skvelé. Niekoľko pekných zoskupení s objektmi nočnej oblohy pripravili aj asteroidy a celkom slušná bude aj kométa 10P/Tempel.

## Planéty

**Merkúr** zapadá až začiatkom nautického súmraku ako objekt 0,2 mag a tak by sme ho mohli nájsť bez väčších problémov, 7. 8. je v najväčšej východnej elongácii (27,4°). Po elongácii sa podmienky viditeľnosti sa pomaličky zhoršujú, pred polovicou augusta sa stratí vo večernom súmraku.

20. 8. je v zastávke a začne sa pohybovať späť. 3. 9. je v dolnej konjunkcii a po nej sa jeho podmienky pozorovateľnosti rýchlo zlepšujú, blíži sa tentokrát do maximálnej západnej elongácie (19. 9., 17,9°). Koncom prvého septembrového týždňa je nad obzorom už koncom nautického súmraku, no jeho jasnosť je len 3 mag a teda voľným okom identifikovateľný len obtiažne. Jeho jasnosť však stúpa, koncom septembra už bude mať –1 mag.

12. 8. ešte v noci sa k nemu priblíži Mesiak, obe telesá nájdeme však až večer nízko nad obzorom vo vzdialenosti vyše 10°.

**Venuša** (–4,2 až –4,6 mag) je na večernej oblohe, svojou jasnosťou upúta pri pohľade na západný horizont. Jej viditeľnosť sa zhoršuje len pomaly, vo večernom súmraku sa bude strácať až koncom septembra. 20. 8. je v najväčšej východnej elongácii (46°), jej deklinácia je však záporná a tak pri západe Slnka má výšku nad obzorom len 11°.

8. 8. je v konjunkcii so Saturnom a v blízkosti nájdeme aj slabý Mars, 13. 8. sa k nim pridruží aj

kosáček Mesiaca. 11. 9. bude v tesnej konjunkcii s Mesiacom, mimo nášho územia bude pozorovateľný aj zakrytý. My si obe telesá vychutnáme len večer po západe Slnka. Jej uhlový priemer vzrastie z 20 na 44" a fáza sa zmenší z 0,6 na 0,2.

**Mars** (1,5 mag) je v Panne, len koncom septembra sa presunie do Váh. Je na večernej oblohe, no jasnosťou nezaujme. Je od Zeme vyše 2 AU a jeho uhlový priemer je len 4" a teda aj vo výkonnejších ďalekohľadoch ho uvidíme len ako malý červenkastý kotúčik. Viditeľnosť sa pomaličky kráti, koncom septembra zapadá koncom nautického súmraku.

Pekné zoskupenie sa nám naskytne 13. 8., keď v jeho blízkosti nájdeme aj Saturn, jasnú Venušu a Mesiak, no samotný Mars a Saturn budú trochu zanikať na súmrakovej oblohe. 19. 8. bude v pomerne tesnej konjunkcii s Venušou, v ďalekohľade s väčším zorným poľom zaujme rozdielne sfarbenie oboch planét. Konjunkcie s Mesiacom (13. 8. a 11. 9.) sú výrazné len málo, minimálna vzdialenosť bude presahovať 5°.

**Jupiter** (–2,7 až –2,9 mag) v Rybách sa medzi hviezdami presúva východne. Je nad obzorom takmer celú noc okrem skorých večerných hodín. 21. 9. je v opozícii a teda bude nad obzorom celú noc. Deň pred opozíciou bude k Zemi najbližšie (3,954 AU) a jeho uhlový rozmer dosiahne 48". Je to dobrá príležitosť na pozorovanie jeho mohutného oblačného systému s množstvom detailov, ktoré vyniknú pri dostatočnom zväčšení a malom nepokojí vzduchu.

Konjunkcie s Mesiacom budú len málo výrazné, no vzhľadom na jasnosť Jupitera aj tak zaujmú. V pomerne tesnej konjunkcii (0,8") bude Jupiter s Uránom 19. 9. a pohľad ďalekohľadom na obe planéty súčasne bude priam pozorovateľským pohľadom.

**Saturn** (1,1 – 0,9 mag) je v Panne, zapadá dve hodiny po Slnku a tak je len pomerne nízko nad obzorom. Uhlovo sa približuje k Slnku a po polovici septembra sa začne strácať na presvetlenej oblohe, nakoľko začiatkom októbra je v konjunkcii so Slnkom. 8. 8. je v konjunkcii s Venušou vo vzdialenosti 2,7", ktorá nám pomôže pri jeho identifikácii. Saturn nájdeme vyššie nad obzorom a 5° vľavo si všimneme aj načervenalý Mars.

Pán prsteňov je v ďalekohľade stále krajší a krajší. Jeho mohutné prstence sa rozotvárajú a tak zase pripomína planétu s týmto charakteristickým prívlastkom. Ich šírka za zväčší takmer dvojnásobne na 4". Od polovice septembra už tieň prstencov nevidíme, nakoľko budú zakryté prstencom samotným.

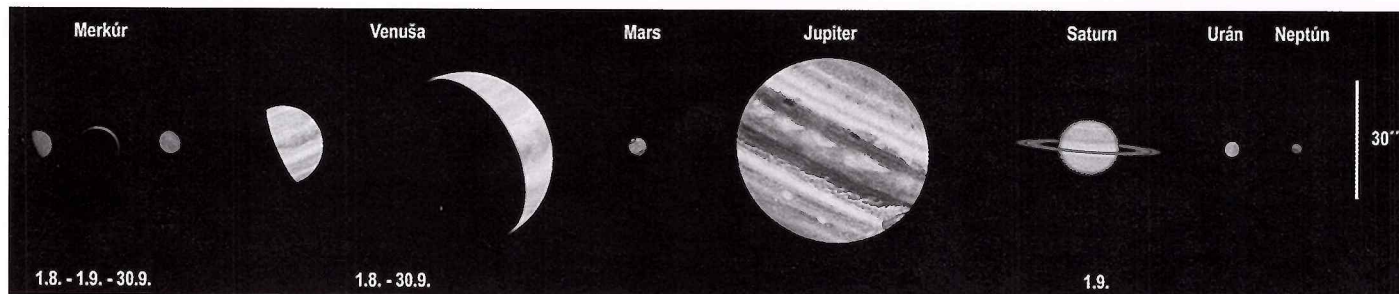
**Urán** (5,8 – 5,7 mag) v Rybách má rovnaké podmienky viditeľnosti ako Jupiter, nakoľko sa nachádza v jeho blízkosti. Vo vzdialenosti len necelý stupeň budú 19. 9.

21. 9. je v opozícii, 20. 9. je k Zemi najbližšie 19,08823 AU a jeho uhlový priemer dosiahne 3,7", čo je takmer toľko, ako má v tomto období aj Mars... V ďalekohľade ho uvidíme ako modrastý kotúčik. Konjunkcie s Mesiacom 27. 8. a 23. 9. budú vo vzdialenosti nad 5°. Nakoľko sa nachádza v oblasti pomerne chudobnej na hviezdy, za dobrých pozorovacích podmienok si ho skúsme identifikovať aj voľným okom.

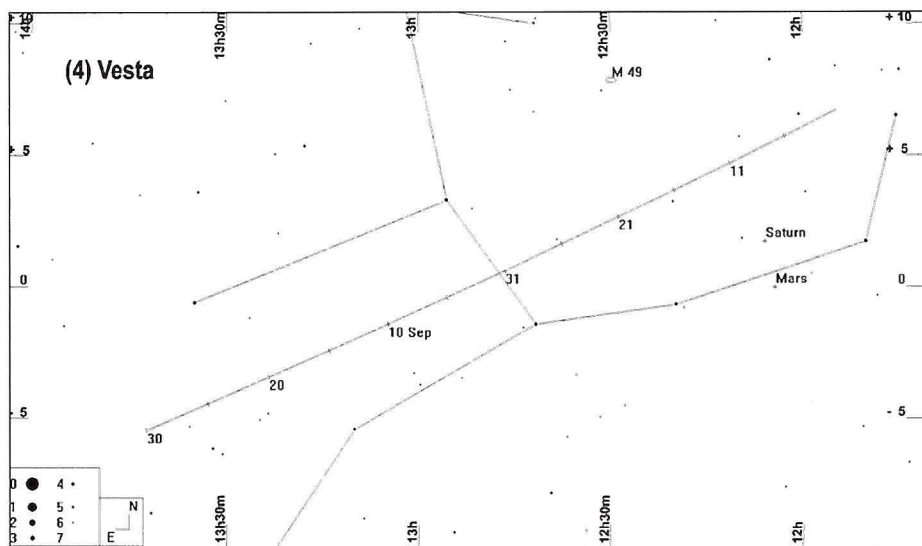
**Neptún** (7,8 mag) sa presunie 13. 8. z Vodnára do Kozorožca. Vychádza večer ešte za súmraku, koncom septembra zapadá asi dve hodiny po polnoci. 20. 8. je v opozícii vo vzdialenosti 29,0 AU. Uhlový priemer bude 2,3" a teda aj túto planétu zbadáme v ďalekohľade ako malinký kotúčik. 24. 8. a 20. 9. bude v konjunkcii s Mesiacom vo vzdialenosti vyše 3°.

## Trpasličie planéty

(1) **Ceres** (8,1 – 9,0 mag) je v Hadonosovi, posledných 5 septembrových dní v Strelcovi, nájdeme ju v hustých častiach Mliečnej cesty. Vzďaľuje sa od nás a jej jasnosť klesá. Zapadá o polnoci, kon-







(4) Vesta sa uhlovo približuje k Slnku, na konci septembra, keď bude mať 7,8 mag zapadá už počas nautického súmraku a jej elongácia od Slnka je len necelých 20°.

Omnoho lepšie je na tom (6) Hebe, ktorá bude 22,9 v opozícii ako objekt 7,7 mag. Tento takmer 200 km asteroid bol objavený 1. 7. 1847 (K. L. Hencke, Driesen), je v hlavnom páse asteroidov a jeho rotačná perióda je 0,3 dňa. Svoju septembrovú púť medzi hviezdami ukončí v blízkosti červenej hviezdy T Cet (5,0 – 6,9 mag). 13.8. sa priblíži k špirálovej galaxii s priečkou NGC 157 (11,0 mag) na 7°.

Niektoré jasnejšie asteroidy sa priblížia k objektom nočnej oblohy, čo by mohlo byť výzvov pre majiteľov vhodnej záznamovej techniky.

(92) Undina bude 5. 8. len 0,3° od známej jasnej planetárnej hmloviny NGC 7293 (6,5 mag) Helix a tak pri vhodnej voľbe ohniska je možné získať zaujímavé snímky. Len niekoľko stupňov východnejšie sa bude nachádzať aj (14) Irene, na konci septembra ich bude deliť vzdialenosť len 0,7°.

(8) Flora sa priblíži 1. 9. na 20' ku galaxii 7727 (11,5 mag) a o dva dni neskôr prejde popred galaxiu NGC 7723 (11,9 mag).

(7) Iris bude prechádzať 22. 8. okrajom jasnej otvorenej hviezdokopy M 35 (5,1 mag).

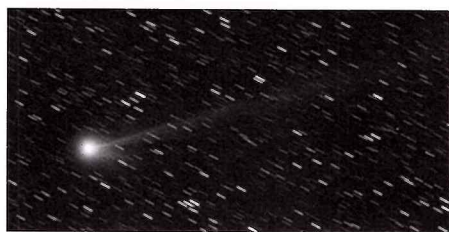
(15) Eunomia bude v druhej polovici septembra v zaujímavej časti Strelca, prejde pomedzi Trifid (M 20) a Lagúnu (M 8) a 25. 9. popred pomerne riedku otvorenú hviezdokopy NGC 6546 (8,0 mag) typu III2m.

(16) Psyche sa zo severnej časti Hyád presunie 21. 8. popred otvorenú hviezdokopy NGC 1647 (6,4 mag).

V polovici prvej septembrovej dekády nájdeme (29) Amphitrite polstupeň od guľovej hviezdokopy NGC 6624 (7,9 mag).

### Kométy

Skvelá McNaught (C/2009 R1) je už pod obzorom... Predpokladanú jasnosť 2 – 3 magnitudy nedosiahla, no ešte v druhej polovici júla boli vizuálne odhady jej jasnosti 5 mag. Na fotografiách sa krásne vynímal jej dlhý prachový chvost. Na fotografii je kométa exponovaná 9. 6. P. Ciglerom (Bohor, Slovenia).



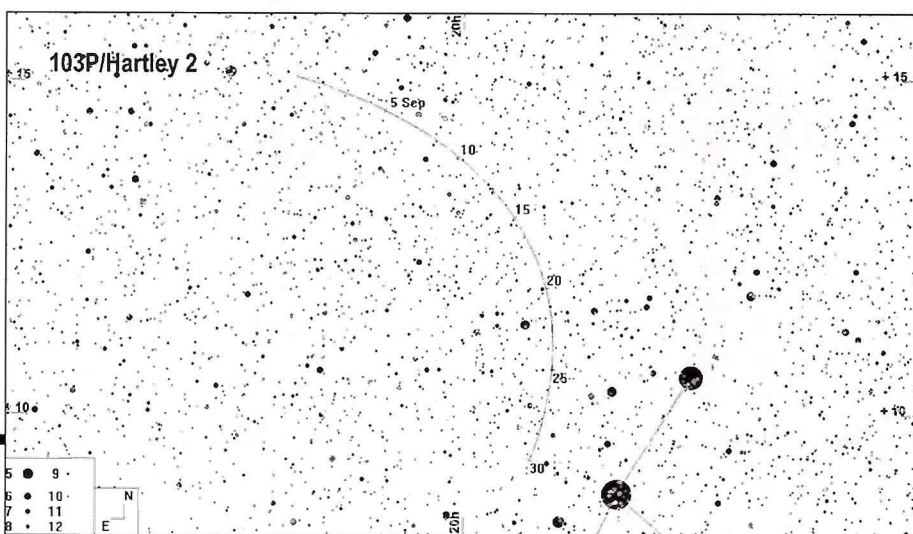
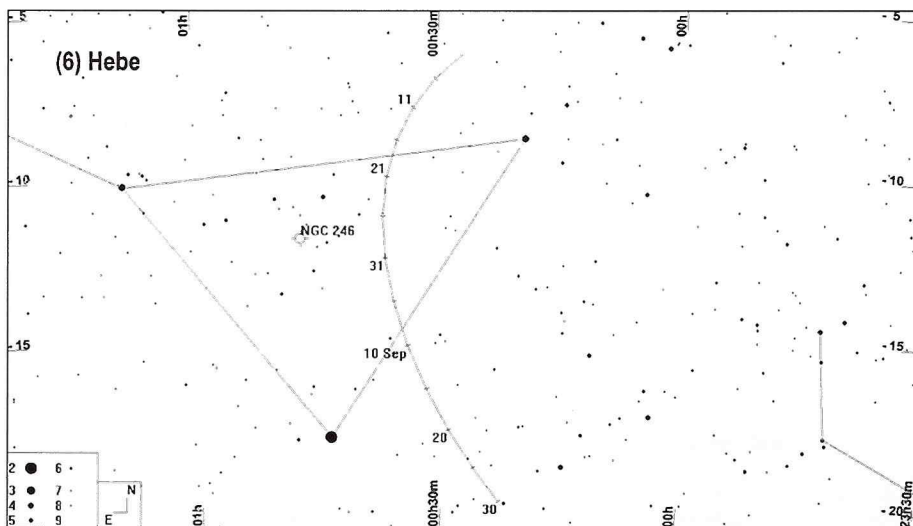
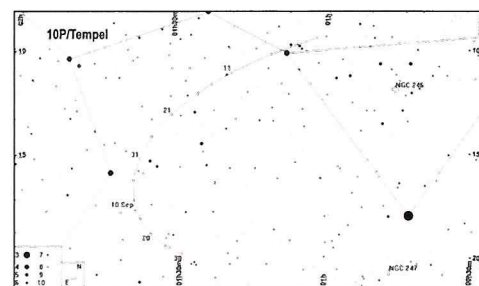
Krátkoperiodická 2P/Encke bude prechádzať 1. 8. len stupeň severne od Slnka, a tak ju azda uvidíme na záberoch zo sondy SOHO. Po konjunkcii bude v polovici druhej augustovej dekády už vo vzdialenosti vyše 30 st. od Slnka ako objekt s jasnosťou 8 mag, no keďže má zápornú deklináciu, zapadá len pol hodiny po Slnku. Jej deklinácia aj jasnosť klesajú.

Najlepšie na tom budeme asi s kométou 10P/Tempel, ktorá začiatkom augusta je len o niečo slabšia ako 8 mag a ešte aj na konci septembra jasnejšia ako 10 mag. Pri kulminácii dosiahne výšku nad obzorom len 30°, no nič lepšie nám teraz kométy neponúkajú. 4. 8. bude v zaujímavej skupinke hviezd v okolí Deneb Algenubi (η Cet, 3,4 mag) a 3. 9. stupeň západne od τ Cet (3,5 mag).

Od konca augusta prekoná hranicu 12 mag aj kométa 103P/Hartley v Orlovi., svoju septembrovú púť skončí 1,4° severovýchodne od Altaira.

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
<b>Efemerida kométy 10P/Tempel</b>				
1. 8.	01 <sup>h</sup> 02,6 <sup>m</sup>	-09°26,0'	8,2	116,9
6. 8.	01 <sup>h</sup> 11,6 <sup>m</sup>	-10°14,4'	8,2	119,4
11. 8.	01 <sup>h</sup> 19,5 <sup>m</sup>	-11°08,5'	8,3	122,2
16. 8.	01 <sup>h</sup> 26,2 <sup>m</sup>	-12°07,0'	8,4	125,2
21. 8.	01 <sup>h</sup> 31,5 <sup>m</sup>	-13°08,9'	8,5	128,4
26. 8.	01 <sup>h</sup> 35,5 <sup>m</sup>	-14°12,7'	8,6	131,7
31. 8.	01 <sup>h</sup> 38,2 <sup>m</sup>	-15°16,8'	8,8	135,1
5. 9.	01 <sup>h</sup> 39,5 <sup>m</sup>	-16°19,4'	8,9	138,6
10. 9.	01 <sup>h</sup> 39,5 <sup>m</sup>	-17°18,4'	9,1	142,0
15. 9.	01 <sup>h</sup> 38,4 <sup>m</sup>	-18°11,6'	9,3	145,2
20. 9.	01 <sup>h</sup> 36,3 <sup>m</sup>	-18°57,0'	9,5	148,2
25. 9.	01 <sup>h</sup> 33,4 <sup>m</sup>	-19°32,8'	9,7	150,6
30. 9.	01 <sup>h</sup> 29,9 <sup>m</sup>	-19°57,9'	9,9	152,3

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
<b>Efemerida kométy 103P/Hartley 2</b>				
31. 8.	20 <sup>h</sup> 10,3 <sup>m</sup>	+15°08,3'	12,0	136,6
5. 9.	20 <sup>h</sup> 04,8 <sup>m</sup>	+14°38,3'	11,7	132,7
10. 9.	20 <sup>h</sup> 00,2 <sup>m</sup>	+13°55,8'	11,4	128,7
15. 9.	19 <sup>h</sup> 56,9 <sup>m</sup>	+13°01,8'	11,2	124,6
20. 9.	19 <sup>h</sup> 55,0 <sup>m</sup>	+11°57,8'	10,9	120,6
25. 9.	19 <sup>h</sup> 54,6 <sup>m</sup>	+10°44,7'	10,6	116,7
30. 9.	19 <sup>h</sup> 56,0 <sup>m</sup>	+09°23,4'	10,3	113,1





### Meteory

Prázdniny budú pravou žatvou pre meteorárov; počas maxima Perzeid sú organizované expedície ďaleko od miest rušených svetelným znečistením.

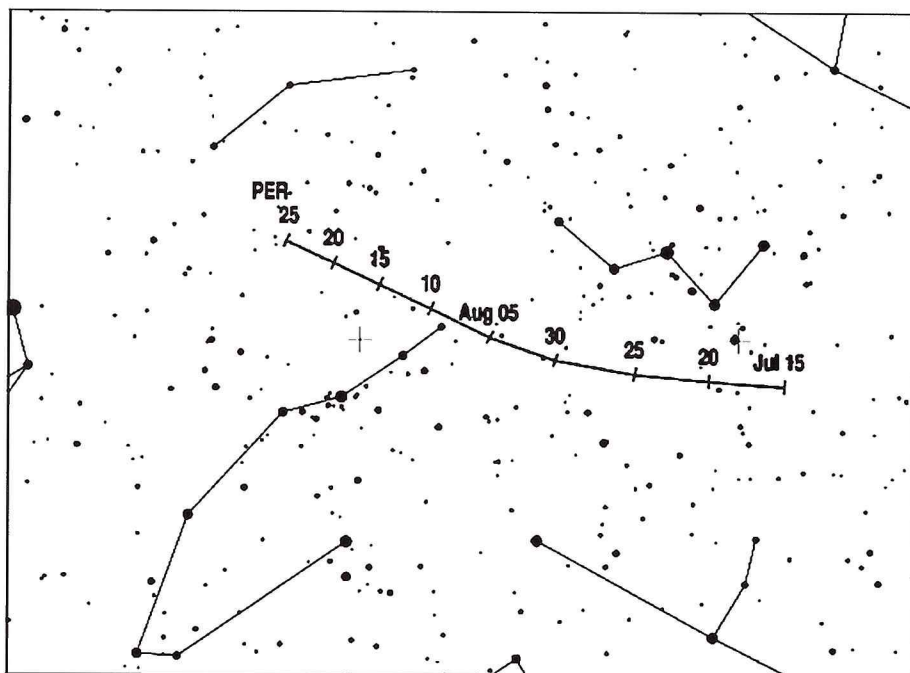
Južné Piscidy, južné  $\delta$  Akvaridy a  $\alpha$  Kaprikornidy s maximami ešte koncom júla budú rušené svetlom Mesiaca v splne, podrobnejšie informácie o frekvenciách týchto južných rojov sú v tabuľke.

S pozorovacími podmienkami nie sú na tom omnoho lepšie ani  $\alpha$  Aurigidy, v maxime 1. 9. je Mesiac v poslednej štvrti a relatívne blízko pri radiante. Septembrové Perzeidy sú však v maxime už počas novu a je to posledný roj tohto obdobia s dobrými pozorovacími podmienkami. Prepočítaná frekvencia tohto roja je však len 5 meteorov za hodinu. Posledným rojom v septembri sú málo aktívne  $\alpha$  Aurigidy, ktorých odlišenie od sporadického pozadia je veľmi ťažké, nakoľko majú frekvenciu len dvoch meteorov za hodinu.

Perzeidy sú aktívne od 17. 7. do 24. 8. a pozorovacie podmienky sú tento rok vynikajúce, keďže Mesiac je len krátko po nove. Maximum je predpovedané na 13.8. medzi 0:30 – 03:00, prepočítaná frekvencia meteorov dosiahne 100, no fluktuácie nie sú vylúčené. Perzeidy sú jedným z najlepšie preštudovaných rojov. Posledné vysoké frekvencie (vyše 400 meteorov za hodinu) boli pozorované v rokoch 1991 a 1992. Vysoká frekvencia súvisela s prechodom materskej kométy 109P/Swift-Tuttle perihéliom 12. 12. 1992. Štruktúra prúdu Perzeid je zložitá, tradičné široké maximum nastane pravdepodobne v noci z 12. na 13. augusta (19:30 – 08:00) a prechod jedným z vlákien v popoludňajších hodinách.

Týždeň po Perzeidách je maximum málo aktívnych  $\kappa$  Cygnid, ktorých nízka frekvencia býva často preceňovaná, zvlášť pri polohe radiantu v blízkosti zenitu.

PAVOL RAPAVÝ



### Meteorické roje (august – september 2010)

Roj	Aktivita	Max.	$\lambda_{sol}$	$\alpha$ [°]	$\delta$ [°]	$v_{inf}$	r	ZHR
anithelionový zdroj (ANT)	26. 11. – 24. 9.					30	3,0	4
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	28. 7.	125°	341°	-30°	35	3,2	5
južné $\delta$ Akvaridy (SDA)	12. 7. – 19. 8.	28. 7.	125°	339°	-16°	41	3,2	16
$\alpha$ Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	30. 7.	127°	307°	-10°	23	2,5	5
Perzeidy (PER)	17. 7. – 24. 8.	12. 8.	140°0'	48°	+58°	59	2,2	100
$\kappa$ Cygnidy (KCG)	3. 8. – 25. 8.	18. 8.	145°	286°	+59°	25	3,0	3
$\alpha$ Aurigidy (AUR)	25. 8. – 8. 9.	1. 9.	158°6'	84°	+42°	66	2,5	6
septembrové Perzeidy (SPE)	5. 9. – 17. 9.	9. 9.	166°7'	60°	+47°	64	3,0	5
$\delta$ Aurigidy (DAU)	18. 9. – 10. 10.	29. 9.	186°	82°	+49°	64	3,0	2

### Kalendár úkazov a výročí (august – september 2010)

1. 8.	140. výrocie (1870) narodenia A. P. Ganského	23. 8.	asteroid (14) Irene v opozícii (10,4 mag)	14. 9.	asteroid (39) Laetitia v opozícii (9,1 mag)
3. 8.	100. výrocie (1910) narodenia D. A. Franka-Kamenického	24. 8.	10.3 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,7° južne)	15. 9.	6.8 Mesiac v prvej štvrti
3. 8.	6.0 Mesiac v poslednej štvrti	24. 8.	18.1 Mesiac v splne	19. 9.	2.5 konjunkcia Jupitera s Uránom (Jupiter 0,8° južne)
5. 8.	80. výrocie (1930) narodenia N. A. Armstronga	25. 8.	6.9 Mesiac v odzemi (406388 km)	19. 9.	18.6 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (17,9°)
7. 8.	2.0 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (27,4°)	27. 8.	1.5 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 5,3° južne)	19. 9.	75. výrocie (1935) narodenia M. Antala
8. 8.	11.2 konjunkcia Saturna s Venušou (Saturn 2,7° severne)	27. 8.	9.2 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 6,2° južne)	20. 9.	14.0 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,5° južne)
8. 8.	11.1 Merkúr v odslni (0,4667 AU)	29. 8.	70. výrocie (1940) narodenia V. Porubčana	20. 9.	22.9 Jupiter v prízemí (3,95392 AU)
10. 8.	19.0 Mesiac v prízemí (357 860 km)	29. 8.	35. výrocie (1975) objavu Novy Cygni	20. 9.	23.8 Urán v prízemí (19,08823 AU)
10. 8.	27.0 výrocie (1740) narodenia M. Pankla	31. 8.	15.6 Merkúr v odslni (0,62513 AU)	20. 9.	23.1 Urán v maxime jasnosti (5,7 mag)
10. 8.	4.1 Mesiac v nove	1. 9.	maximum meteorického roja $\alpha$ Aurigidy (ZHR 6)	21. 9.	9.1 Mesiac v odzemi (406 167 km)
12. 8.	1.1 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2,9° severne)	1. 9.	18.4 Mesiac v poslednej štvrti	21. 9.	10.8 Merkúr v príslni (0,3075 AU)
12. 8.	50. výrocie (1960) štartu komunikačnej družice Echo 1	3. 9.	13.6 Merkúr v dolnej konjunkcii	21. 9.	10.8 Jupiter v maxime jasnosti (-2,9 mag)
12. 8.	maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 100)	3. 9.	asteroid (22) Kalliope v opozícii (10,6 mag)	21. 9.	12.6 Jupiter v opozícii
13. 8.	8.1 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,6° severne)	5. 9.	asteroid (103) Hera v opozícii (10,7 mag)	21. 9.	17.9 Urán v opozícii
13. 8.	11.8 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 6,1° severne)	6. 9.	6.9 Venuša v odslni (0,72825 AU)	22. 9.	asteroid (6) Hebe v opozícii (7,7 mag)
16. 8.	19.2 Mesiac v prvej štvrti	7. 9.	22.1 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2,3° severne)	23. 9.	4.1 jesenná rovnodennosť, začiatok astronomickej jesene
17. 8.	40. výrocie (1970) štartu Venery 7 (pristátie na Venuši)	8. 9.	5.0 Mesiac v prízemí (357 192 km)	23. 9.	8.2 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 6,1° južne)
18. 8.	25. výrocie (1985) sondy Suisei (kométa Halley)	8. 9.	45. výrocie (1965) objavu kométy Ikeya-Seki	23. 9.	80. výrocie (1930) narodenia J. Tremka
18. 8.	maximum meteorického roja $\kappa$ Cygnidy (ZHR 3)	8. 9.	50. výrocie (1960) založenia Marshall Space Flight Center	23. 9.	8.7 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 5,2° južne)
18. 8.	130. výrocie (1880) narodenia S. V. Orlova	8. 9.	11.5 Mesiac v nove	23. 9.	10.3 Mesiac v splne
19. 8.	6.4 konjunkcia Venuše s Marsom (Venuša 1,9° južne)	9. 9.	maximum meteorického roja septembrové Perzeidy (ZHR 5)	24. 9.	asteroid (471) Papaena v opozícii (9,7 mag)
19. 8.	50. výrocie (1960) štartu Sputnika 5 (Belka a Strelka)	10. 9.	140. výrocie (1870) narodenia Ch. Kimuru	24. 9.	80. výrocie narodenia (1930) J. Younga
20. 8.	4.8 Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať späť	11. 9.	25. výrocie (1985) preletu sondy ICE chvosťom kométy Giacobini-Zinner	27. 9.	16.0 Venuša v maxime jasnosti (-4,6 mag)
20. 8.	35. výrocie (1975) štartu Vikingu 1 (pristátie na Marse)	11. 9.	12.5 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,1° severne)	27. 9.	asteroid (54) Alexandra v opozícii (10,8 mag)
20. 8.	4.9 Venuša v najväčšej východnej elongácii (46°)	11. 9.	5.5 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 5,1° severne)	29. 9.	maximum meteorického roja $\delta$ Aurigidy (ZHR 2)
20. 8.	160. výrocie (1850) narodenia V. Klatta	12. 9.	4.2 Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať v priamom smere	30. 9.	110. výrocie (1900) narodenia N. N. Pariskeho
20. 8.	0.6 Neptún v prízemí (29,00558 AU)	12. 9.	40. výrocie (1970) štartu Luny 16 (odber vzoriek)	1. 10.	5.0 konjunkcia Venuše s Marsom (Venuša 6,5° južne)
20. 8.	11.2 Neptún v opozícii	14. 9.	1.5 Pluto v zastávke, začína sa pohybovať v priamom smere	1. 10.	4.9 Mesiac v poslednej štvrti
21. 8.	asteroid (92) Urdina v opozícii (10,6 mag)	14. 9.	95. výrocie (1915) narodenia J. Dobsona	1. 10.	1.7 Saturn v opozícii
21. 8.	45. výrocie (1965) Gemini 5 Launch (G. Cooper, Ch. Conrad)			1. 10.	5.3 Saturn v odzemi (10,55796 AU)
				2. 10.	3.3 Saturn v konjunkcii so Slnkom
				3. 10.	asteroid (97) Klotho v opozícii (10,2 mag)
				5. 10.	asteroid (247) Eukrate v opozícii (10,5 mag)
				6. 10.	14.6 Mesiac v prízemí (359 455 km)
				7. 10.	19.7 Mesiac v nove
				7. 10.	20.0 Venuša v zastávke, začne sa pohybovať späť

# Star Party 2010 – meteory.sk

Po úspešnom rádioastronomickom seminári na jeseň minulého roka sa konal meteorársky seminár, ktorého hlavnou náplňou nebolo vychovávať nových pozorovateľov meteorov, ale uviesť ich do problematiky záznamu meteorov pomocou digitálnej techniky.

Pozorovanie meteorov je jednou z činností, ktorým sa venujú nielen odborníci, ale hlavne astronómia-amatéri. Vyhľadávajú lokality s dobrými pozorovacími podmienkami, kam potom vyrážajú na expedície za pozorovaním meteorických rojov. V poslednom období sa na pozorovanie meteorov, a najmä bolidov začala používať videotechnika (CCD kamery), pasívne, ale i aktívne radary. Videokamery a priemyselné kamery pomohli astronómom zachytiť udalosti odohrávajúce sa v zemskej atmosfére pri prelete jasných meteorov a bolidov. Vo februári tohto roka sa o tom mohli presvedčiť aj obyvatelia východného Slovenska, kde pozorovali jasný záblesk, ktorý bol identifikovaný ako jasný bolid. Na základe pozorovaní a videozáznamov sa podarilo lokalizovať miesto dopadu, kde následne pracovníci astronomického ústavu Slovenskej akadémie vied našli dopadnuté zvyšky telesa – meteority.



Stanislav Kaniansky pri prednáške o expedíciách za zatmením Slnka.

No a na túto oblasť astronómie bol obsahovo zameraný praktický seminár Star Party pod atypickým názvom *meteory.sk*. A tak sa dve desiatky záujemcov o pozorovanie meteorov vydali do Hvezdárne v Partizánskom, aby sa v dňoch 14. až 16. mája 2010 dozvedeli, čo je nového v sledovaní meteorov prostredníctvom digitálnej techniky.

Program stretnutia otvorila cestovateľská prednáška Mgr. Stanislava Kanianskeho, ktorej témou boli expedície za zatmením Slnka. Tou najaktuálnejšou bola expedícia z januára tohto roku *Keňa 2010* za prstencovým zatmením do Afriky. Svojím rozprávaním nás navyše previedol od Nairobi cez národný park Nakuru, kde pozorovali vlastné zatmenie, až po národný park Aberdare. Po skončení prednášky pokračovali debatné krúžky na rôzne témy do neskorých nočných hodín. Aj napriek nepriaznivému počasiu sme čiastočne vyjasnenie oblohy využili na pozorovanie meteorov. Tí najvytrvalejší mohli dokonca pozorovať bolid nad severným obzorom o 2:25 miestneho času. Odhady jasnosti tohto bolidu sa približovali k -12. magnitúde.

V sobotu ráno seminár pokračoval vo svižnejšom tempe, a to prednáškou Ing. Ivana Majchroviča *Amatérske pozorovanie asteroidov a komét*.

V nej väčšinu z prítomných presvedčil, aké hodnotné môžu byť výsledky napozorované amatérskymi pozorovateľmi. Vysvetlil nám celý postup prípravy pozorovania až po finálne spracovanie získaného digitálneho záznamu. Po prestávke, ešte dopoludnia, pokračoval ďalšou prednáškou *Pozorovanie meteorov digitálnou technikou*. V nej sa pútavou formou podelil so svojimi skúsenosťami a zároveň predstavil svoju videotechniku, ktorú používa na snímanie meteorických stôp v zemskej atmosfére.

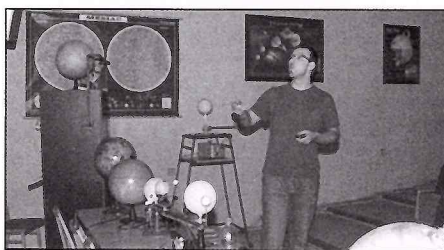
Popoludňajší program sa začal prednáškou Mgr. Mareka Bučeka s dosť dlhým názvom *Meteoroidálne prúdy v dráhe Zeme, od rojov k sporadickému pozadiu*. Zameranie prednášky bolo smerované k informáciám týkajúcim sa rozloženia meteoroidálnej hmoty v Slnčnej sústave a jej prejavy z pohľadu pozorovateľa na Zemi. Vysvetlil vznik a vývoj meteoroidálnych prúdov a meteorických rojov a na záver ešte rozobral možnosti existencie asteroidálnych rojov.

Po prestávke referoval Jakub Kapuš o *výsledkoch práce SMRST-e* (pasívny radar na rádiové pozorovanie meteorov), o ktorom mal na minulom seminári prednášku jeho autor Ladislav Bálint. Viac informácií o tomto zariadení sa môžete dozvedieť na stránkach [www.meteory.sk](http://www.meteory.sk). Následne sa k nemu pridal aj Matúš Kocka, aby *spolu zhodnotili prácu občianskeho združenia SOSA* (Slovenskej organizácie pre vesmírne aktivity) za polrok jeho fungovania. *Prezentovali svoj projekt skBaloon*, čo je projekt skonštruovania a vypustenia balóna, ktorý bude schopný do stratosféry, a teda do oblasti nazývanej „blízko-vesmírna“, vyniesť rôzne prístroje, napríklad CCD kamery, detektory teploty, žiarenia a bude schopný vynášať tento náklad do priemernej výšky približne 40 kilometrov. Potom predstavil Rudolf Slošiar *prístroj na meranie kozmického žiarenia*, ktorý by mohol letieť takýmto balónom.

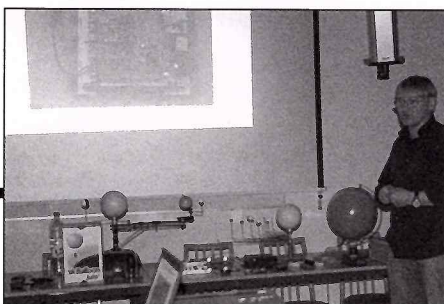
Večer už zas patrila Matúšovi Kockovi a jeho prednáške *Nielsen z röntgenovej astronómie*. V nej ukázal obrázky zaujímavých objektov, ktoré žiaria v röntgenovej a gama oblasti, a potom to porovnal s tým, čo vidíme vo vizuálnej oblasti spektra.

V nedeľu dopoludnia bola naplánovaná posledná prednáška riaditeľa Hvezdárne v Partizánskom Vladimíra Meštera na tému *Asteroidy zblízka* o výskume planétok prostredníctvom kozmických sond. A tím sa ukončil ďalší z úspešných seminárov vo Hvezdární v Partizánskom.

Ján Horňák

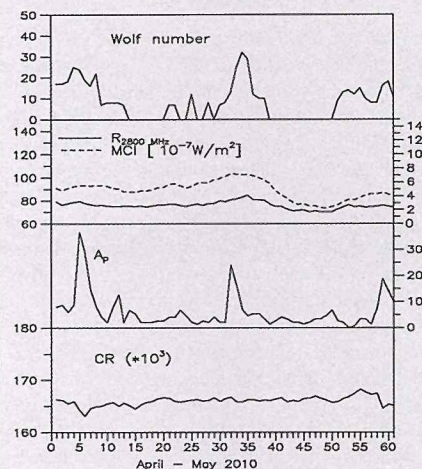


Marek Buček pri prednáške (na snímke hore), na snímke dole Rudolf Slošiar predstavuje prístroj na meranie kozmického žiarenia.



## Slnčná aktivita

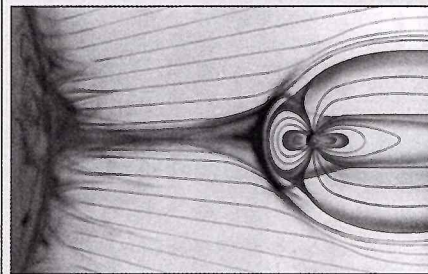
apríl – máj 2010



Stále platí: slnčná aktivita je nízka, a ako môžeme vidieť aj na grafe priebehu, počet škvrn je nízky, Wolfove číslo dosahuje maximálne 30. Na začiatku sledovaného obdobia (v apríli) sa objavila pomerne intenzívna geomagnetická búrka.

Vplyv prejavov slnčnej aktivity na Zem sledujú aj mnohé družice. Nedávno sa objavila správa o úspešnom pozorovaní družíc CLUSTER a TC-1: prenikania častíc slnčného vetra do zemskej magnetosféry.

Štyri družice Cluster (ESA) sú na obežnej dráhe už 10 rokov. Ony a čínsko-európska družica TC-1 študujú vonkajšiu magnetosféru Zeme – kolíznú plochu so slnčným vetrom.



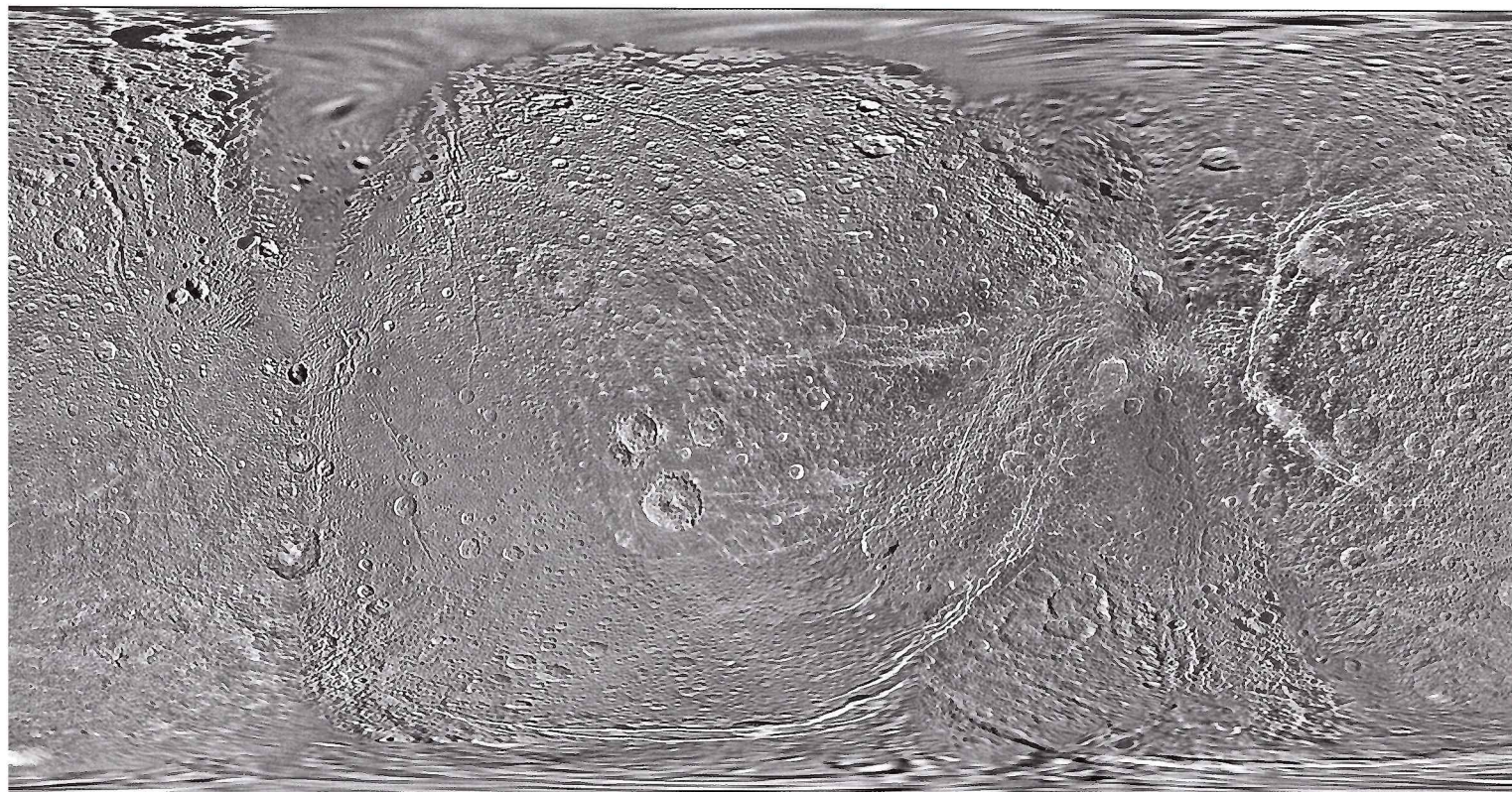
Schématický obrázok kolízie slnčného vetra s magnetosférou Zeme.

Na obrázku je znázornené, že vo vysokých šírkach pozorujeme „puzdrá“ (casps), kadiaľ najľahšie prenikajú energetické častice do hornej atmosféry, kde pri kolízii s jej atómami spôsobujú polárne žiary. Častice s nižšími energiami sa pohybujú špirálovite okolo magnetických siločiar a do atmosféry nepreniknú – kmitajú medzi tzv. magnetickými zrkadlami, ktoré tvoria intenzívnejšie zemské magnetické pole, bližšie k povrchu, ale ešte nad hornou hranicou atmosféry. Častice s vyššou energiou (protóny – rádove GeV) preniknú do atmosféry v nižších zemepisných šírkach.

Objav spomínaných družíc tento pomerne jednoduchý obraz komplikuje. Zistilo sa, že za určitých podmienok aj nízkoenergetické častice môžu preniknúť do atmosféry aj v okolí rovníka. Tieto podmienky vytvorí spolupôsobenie zemského a plazmou vynášaného slnčného magnetického poľa v tzv. *rekonekcii*.

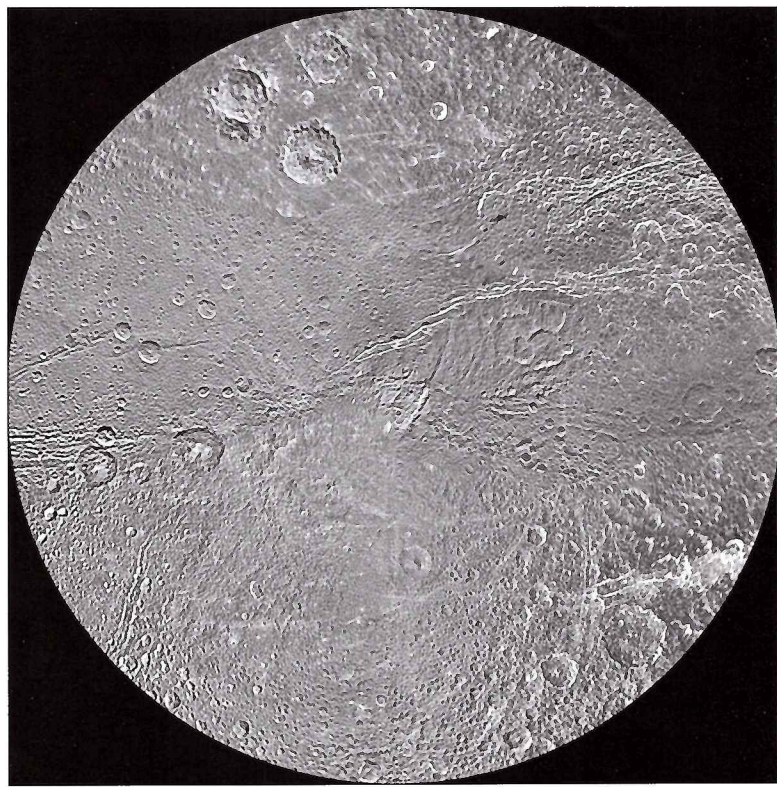
Rekonekcia je fyzikálny proces, pri ktorom kolídajú a prepájajú sa magnetické siločiarly polí rôzneho pôvodu. Proces je vo vesmíre rozšírený od zrodu hviezd cez slnčné erupcie, a ako sa zistilo, aj v malých mierkach, v zemskej magnetosfére. Skúma sa aj v laboratóriách pri pokusoch s riadenou termonukleárnou reakciou.

Milan Rybanský



### Mapa povrchu Dione

Mapu povrchu Saturnovho mesiaca Dione skompletizovali zo snímok, ktoré sonda exponovala počas viacerých obletov. Vedci využili aj staršie snímky sond misie Voyager. Rozsiahly systém útesov a trhlín vytvorili zlomy zaladneného povrchu spôsobené tektonickými procesmi. Veľa útvarov na povrchu Dione už pomenovali. (Podľa postáv z Vergíliovej Eneidy.) Mapa je jednoduchou, cylindrickou projekciou povrchu mesiaca Dione s rozlíšením 152 metrov na pixel.



### Polárne mapy mesiaca Dione

Stredom snímky vľavo, ktorá zobrazuje severnú pologuľu Dione až po rovník, je severný pól mesiaca. Rozlíšenie 153 metrov na pixel. Tie isté parametre má aj polárna mapa južnej pologule Dione (vpravo).

# CENOVU NAJDOSTUPNEJŠIE ĎALEKOHĽADY S POČÍTAČOVOU NAVIGÁCIOU NEXSTAR



Model	NexStar 102SLT	NexStar 130 SLT	NexStar 90SLT	NexStar 127SLT
Priemer	102 mm refraktor	130 mm Newton	90 mm Maksutov-Cass.	127 mm Maksutov-Cass.
Ohnisko	660 mm	650 mm	1250 mm	1500 mm
Svetelnosť	f/6,5	f/5	f/14	f/12
Okuláre	25 mm (26x), 9 mm (73x)	25mm (26x), 9 mm(62x)	25 mm (50x), 9 mm (139x)	25 mm (60x), 9 mm (167x)
Hľadáčik	StarPointer	StarPointer	StarPointer	StarPointer
Hmotnosť	6,35 kg	8,16 kg	5,44 kg	8,16 kg



## PARAMETRE NEXSTAR SLT:

- počítačovo ovládaná montáž s pohonom oboch osí
- ručný ovládač Nexstar s databázou 4000 objektov
- jednoduché skladanie bez potreby použitia náradia
- SkyAlign systém na nastavenie ďalekohľadu podľa troch ľubovoľných objektov na oblohe
- Zadarmo v balení astronomický softvér The Sky X a softvér na ovládanie pohybu ďalekohľadu prostredníctvom počítača
- vstavaná batériová komora /batérie nie sú súčasťou balenia/
- ocelový výškovo nastaviteľný statív
- hľadáčik s červeným bodom
- port pre pripojenie externého zariadenia - napríklad GPS prijímača
- motorická altazimutálna montáž s elektronickým pohonom oboch osí
- databáza svetových miest s možnosťou zadania súradníc ľubovoľného miesta na Zemi
- možnosť napájania zo sieťového adaptéru
- záruka 2 roky

Systém Skyalign je revolučný patentovaný systém nastavenia ďalekohľadu podľa dátumu, času, súradníc pozorovacieho miesta a ľubovoľných troch objektov, ktoré vidíte na oblohe. Nemusíte poznať názvy hviezd, dokonca nemusíte vedieť či mierite na planétu, alebo Mesiac. Ďalekohľad stačí namieriť na ľubovoľné tri objekty a následne môžete pozorovať objekty z rozsiahlej databázy vlozenej do ovládača ďalekohľadu.



**TROMF**<sup>®</sup>

TROMF BANSKÁ BYSTRICA, PARTIZÁNSKA 80  
TEL.: 048/4142332, MAIL: INFO@CELESTRON.SK  
WEB: WWW.CELESTRON.SK, ISHOP: WWW.TROMF.EU, CELESTRON KLUB: KLUB.CELESTRON.SK

