

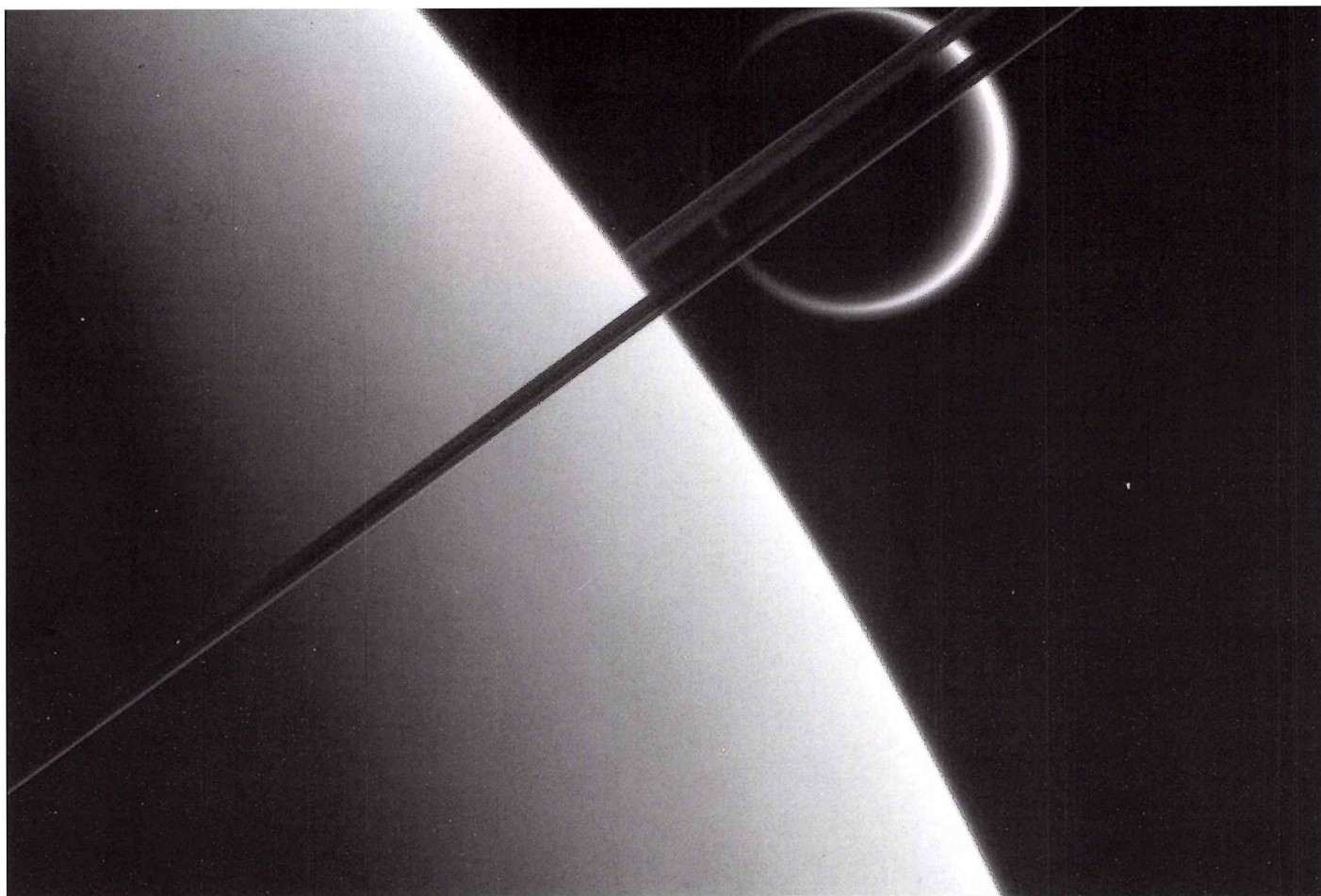
KOZMOS

2006
ROČNÍK XXXVII.
Sk 45,-

4

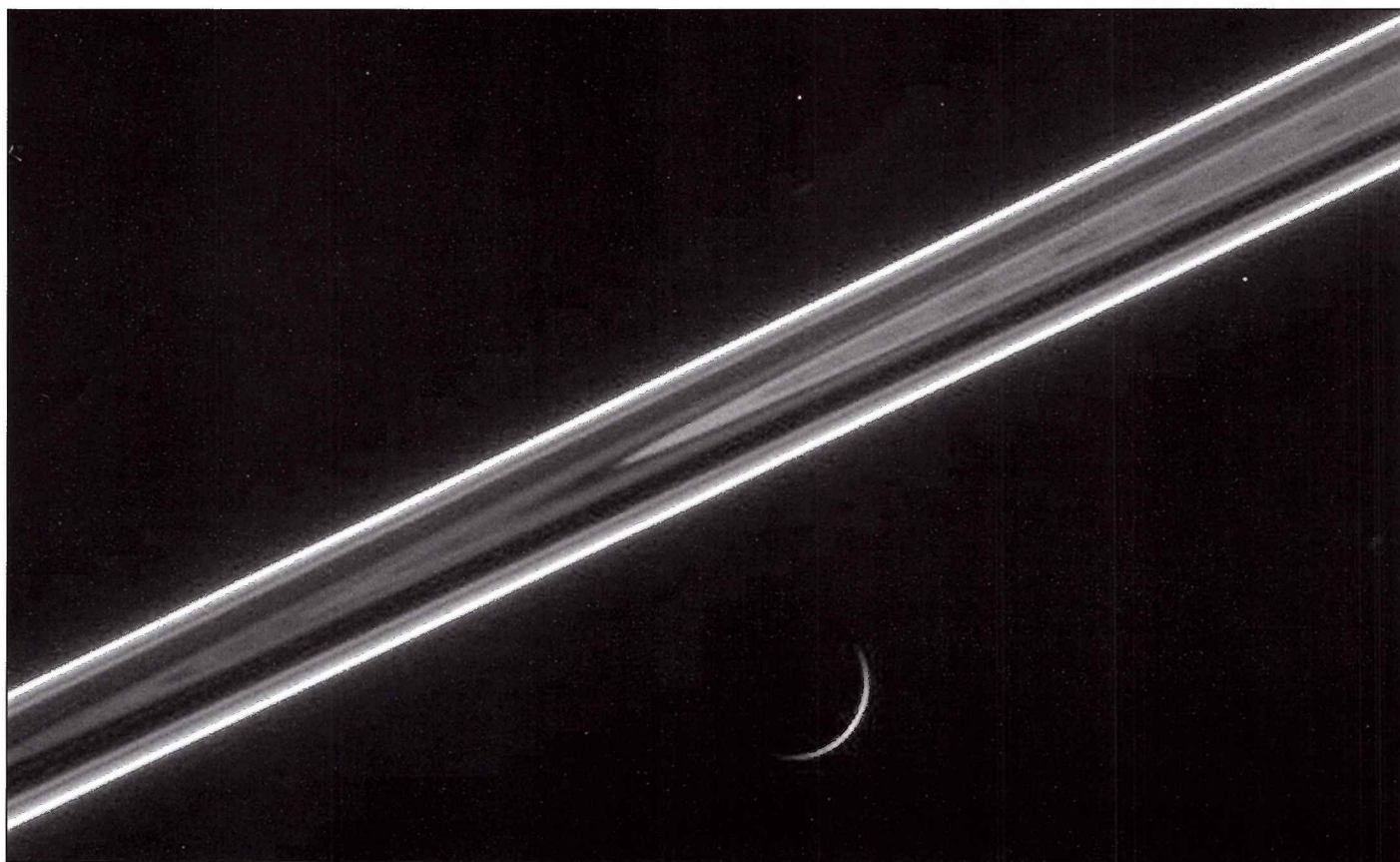


- **Návrat z čiernej diery**
- **Venus Express: prvé výsledky**
- **Pieskové oceány na Titane**
- **Rozprava o symbiotických hviezdach**
- **Kométy – záhadní poslovia z mladého vesmíru**



Titan prekrytý prstencami Saturna

Túto unikátnu snímku exponovala kamera na Cassini 10. mája 2006 zo vzdialenosti 2,9 milióna kilometrov od Saturna a 4,1 milióna km od Titanu, v polohe nad rovinou prstencov. Prstence sú čierne, pretože vo chvíli expozície bola táto časť Saturna mimo dosah slnečného svetla. Snímka vznikla za pomoci špeciálneho filtra, ktorý je citlivý na infračervené svetlo s vlnovou dĺžkou 938 nanometrov.



Dione a prstence

Kosáčik Saturnovho mesiaca Dione nasnímala sonda Cassini zo vzdialenosti 1,8 milióna kilometrov. Prstence sú tmavé, zatienené Saturnom, ale v rozptýlenom svetle žiaria. Mimoriadne výrazný je prstenec F. Snímka bola exponovaná 3. marca 2006.

KOZMOS

Populárno-vedecký astronomický časopis

Vydáva: Slovenská ústredná
hvezdáreň v Hurbanove,
Národné metodické centrum.

Adresa vydavateľa:

Slovenská ústredná hvezdáreň,
947 01 Hurbanovo,
tel. 035/760 24 84,
fax 035/760 24 87.

Za vydavateľa zodpovedný:
Ing. Teodor Pintér.

Redakcia: Eugen Gindl –
šéfredaktor, Milan Lackovič –
redaktor, Daniel Tóth –
redaktor, Lýdia Priklarová –
sekretár redakcie, Mária Šte-
fánková – jazyková redaktorka.
Adresa redakcie: Konventná 19,
811 03 Bratislava,
tel./fax 02/544 141 33,

e-mail kozmos@nextra.sk

Redakčný kruh: doc. RNDr.
Mária Hajduková, CSc.,
RNDr. Ladislav Hric, CSc.,
RNDr. Drahomír Chochol,
DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kul-
čár, CSc., RNDr. Bohuslav Lu-
káč, CSc., doc. RNDr. Zdeněk
Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel
Očenáš, PhD Anna Pribullová,
RNDr. Pavol Rapavý,
doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.,
RNDr. Igor Túnyi, CSc.
Predseda redakčného kruhu:
RNDr. Milan Rybanský, DrSc.
Tlač: Tlačiareň KASICO,
a. s., Beckovská 38,
823 61 Bratislava.

Vychádza: 6x do roka. Neobjed-
nané rukopisy nevraciam. Cena
jedného čísla 45,- SK/Kč. Pre
abonentov ročne 240,- Sk/Kč
vrátane poštovného.

Objednávky na predplatné
prijíma každá pošta a doručovateľ
Slovenskej pošty. Objednávky
do zahraničia vybavuje Sloven-
ská pošta, a. s., Stredisko pred-
platného tlače, Námestie slobody
27, 810 05 Bratislava 15, e-mail:
zahranicna.tlac@slposta.sk.

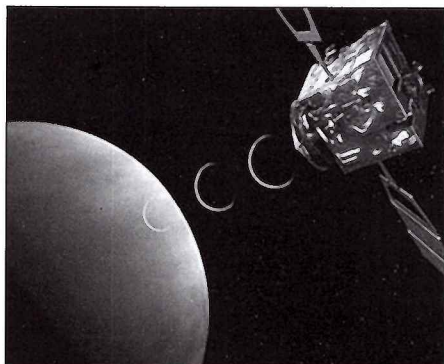
Predplatitelia: V Čechách
A.L.L. Productions, P. O. Box
732, 110 00 Praha 1, tel. 663
114 38, na Slovensku L. K. Per-
manent, Hattalova 12, 831 03
Bratislava, tel. 44 453 711.
Podávanie novinových zásielok
povolené Riaditeľstvom poštovej
prepravy Bratislava, pošta 12,
pod číslom 152/93. V Čechách
rozširuje A. L. L. Productions,
tel. 00402/3409 2856, e-mail:
mila@allpro.cz. P. O. Box 732,
110 00 Praha 1. Podávanie novi-
nových zásielok v Čechách bolo
povolené Českou poštou, s.p.
OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1.
1998, pod číslom P-291/98. In-
dexné číslo: 498 24. Reg. číslo:
9/8. © Ministerstvo kultúry SR,
Bratislava 1998.

Zadané do tlače 22. 7. 2006

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

- 3 **Návrat z čiernej diery /**
Rüdiger Vaas
- 8 **Venus Express: prvný výsledky /**
Tomáš Příbyl



- 12 **ROZPRAVA O SYMBIOTICKÝCH
HVIEZDACH (2)**
Základné zložky žiarenia /
Augustin Skopal

- 22 **Kométy – záhadní poslovci z mladého
vesmíru**

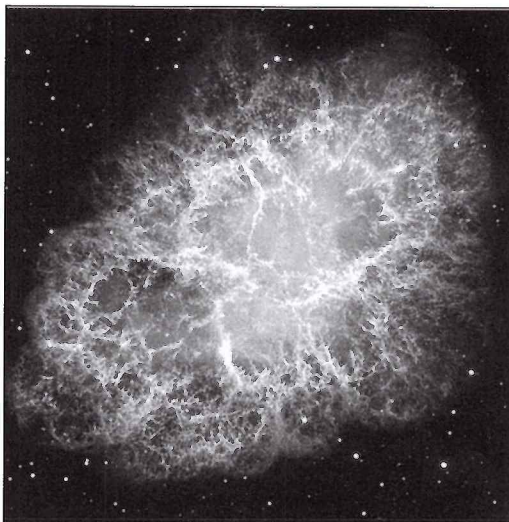


- 29 **Expedícia SASTUR 2006 úspešná /**
Ladislav Hric

Rubriky

- ALBUM POZOROVATEĽA
- 33 **Blízkozemná planétka 2004 XP 14 /**
Pavol Rapavý
- POZORUJTE S NAMI
- 34 **Obloha v kalendári**
(august – september 2006 / Pavol Rapavý
- 37 **Kalendár úkazov a výročí / Pavol Rapavý**
- PODUJATIA
- 38 **18. celoštátny slnečný seminár
Modra 2006**
- 39 **Mars štyri storočia po Keplerovi**
- 40 **Postavíme mosty z hviezd /**
Renáta Kolivošková;
Stretnutie v prešovskom planetáriu /
Dominika Mandžáková;
Astropark nielen pre členov SZAA /
Pavol Rapavý
- 39 **Slnečná aktivita (apríl – máj 2006) /**
Milan Rybanský

Obálka



Takto vyzerá Krabia hmlovina, pozostatok po výbuchu supernovy, ktorú pozorovali v roku 1054 japonskí a čínski hvezdári, dnes. Je to jedna z najväčších a najdetailnejších fotografií, ktorú Hubblov vesmírny ďalekohľad urobil. (Podrobnosti na 28. strane)

Aktuality

2. ob. **Titan prekrytý prstencami Saturna;
Dione a prstence**
3. ob. **Kebira: veľký impaktný kráter
v juhozápadnom Egypte**
- 2 **Najprv tmavá hmota, potom galaxia**
- 3 **Pieskové oceány na Titane**
- 4 **Mikroorganizmy prežili globálnu ľadovú dobu**
- 10 **Objavili gigantickú ohnivú guľu**
- 11 **FRAM: už druhý zdroj žiarenia gama**
- 16 **Ako sa rodia najväčšie hviezdy?**
- 17 **Odkiaľ sa vzal prach v prvých galaxiách?**
- 18 **Aktívne jadrá galaxií sú na jedno kopyto**
- 19 **Beta Pictoris: protoplanetárny disk vo vývoji**
- 20 **Dve čierne diery kolidujú;
Rozpadajúca sa neutrónová hviezda**
- 21 **Mliečna cesta je bezpečná galaxia**
- 26 **Ako sa votrel Triton do Neptúnovej rodiny?**



- 27 **Dokáže Slnko zachytiť objekty z iných sústav?**
- 28 **Astronomická snímka roka: Krabia hmlovina
očami HST (+ obálka časopisu)**
- 28 **Nová éra v predpovediach slnečnej aktivity?**

Najprv tmavá hmota, potom galaxia

Podľa najnovšej štúdie jedného z tímov NASA analyzujúceho údaje zo Spitzerovho vesmírneho ďalekohľadu sa jednoznačne potvrdila hypotéza, podľa ktorej sa galaxie formujú v „hniezdach“ tmavej hmoty. Tmavá hmota negeneruje nijaké detegovateľné emisie, prejavuje sa iba gravitáciou. Podľa najnovších odhadov je vo vesmíre je pomer tmavej a normálnej hmoty 5:1.

Z údajov zo Spitzera vyplývalo, že množstvo tmavej hmoty v hniezdach, okolo ktorých sa sformovali a vyzreli vzdialené galaxie, je zarážajúco rovnaké.

Na počiatku bola teda tmavá hmota. Presnejšie súostrovia tmavej hmoty. Nikto nevie ako po big bangu vznikla, nikto ani len netuší, čo ju tvorí. V týchto ostrovoch/hniezdach sa začal hromadiť plyn normálnej hmoty. Z plynu sa sformovali hviezdy, z hviezd galaxie. Tento scenár vyzerá byť jednoduchý, ale dosť presne vyjadruje najnovšiu predstavu astronómov o vzniku a evolúcii galaxií.

„Galaxie sa formujú vo veľkých hniezdach tmavej hmoty,“ vraví Duncan Farrah z Cornell University. „Tieto hniezda sú čo do veľkosti, bez ohľadu na galaxiu, rovnaké! Tento poznatok je viac než záhada. Je to mystérium.“

Homogénne hniezda tmavej hmoty gravitačne akumulovali normálnu hmotu rozptýlenú v okolí. Iba pod vplyvom tmavej hmoty sa plyn začal akumulovať do oblakov. Astronómovia už dávno vedia, že v prachoplynových oblakoch sa po kolapse jeho segmentov rodia nové hviezdy, ba i hviezdokopy, ktoré sa neskoršie združujú do galaxií. Zo štúdie Farrahovho tímu však vyplýva, že to všetko sa môže diať iba vtedy, keď ostrov tmavej hmoty dosiahne kritickú hmotnosť!

Farrah s kolegami spracovali údaje zo Spitzera (Široká extragalaktická prehliadka oblohy v infračervenom svetle). Sústredili sa na vzdialené objekty, tzv. ultrajasné infračervené galaxie, vzdialené miliardy svetelných rokov od Zeme.

Hlavným cieľom výskumu bola úloha upresniť proces formovania sa vývoja mladých galaxií v hniezdach tmavej hmoty až do podoby, kým sa protogalaxie po-

spájajú do veľkých galaxií, ktoré v dnešnom vesmíre dominujú. „Na prvý pohľad by sa zdalo, že galaxie sú roztrúsené náhodne, tak ako zrnká piesku, ktoré niekto okolo seba rozhodil,“ vysvetľuje Farrah. „Ukázalo sa, že to tak nie je. Organizátorom hmoty je pravdepodobne tmavá hmota, pod vplyvom ktorej sa mladé galaxie zliepajú gravitačným leptom do väčších útvarov.“

Vedci sa pokúsili určiť, koľko „tmavého lepidla“ bolo na počiatku. Zdalo sa, že čím hustejšia bola kopa galaxií, tým viac tmavej

hmoty v nej bolo. Výpočty sa urobili pre dve zoskupenia galaxií vo rozličnej vzdialenosti od Zeme.

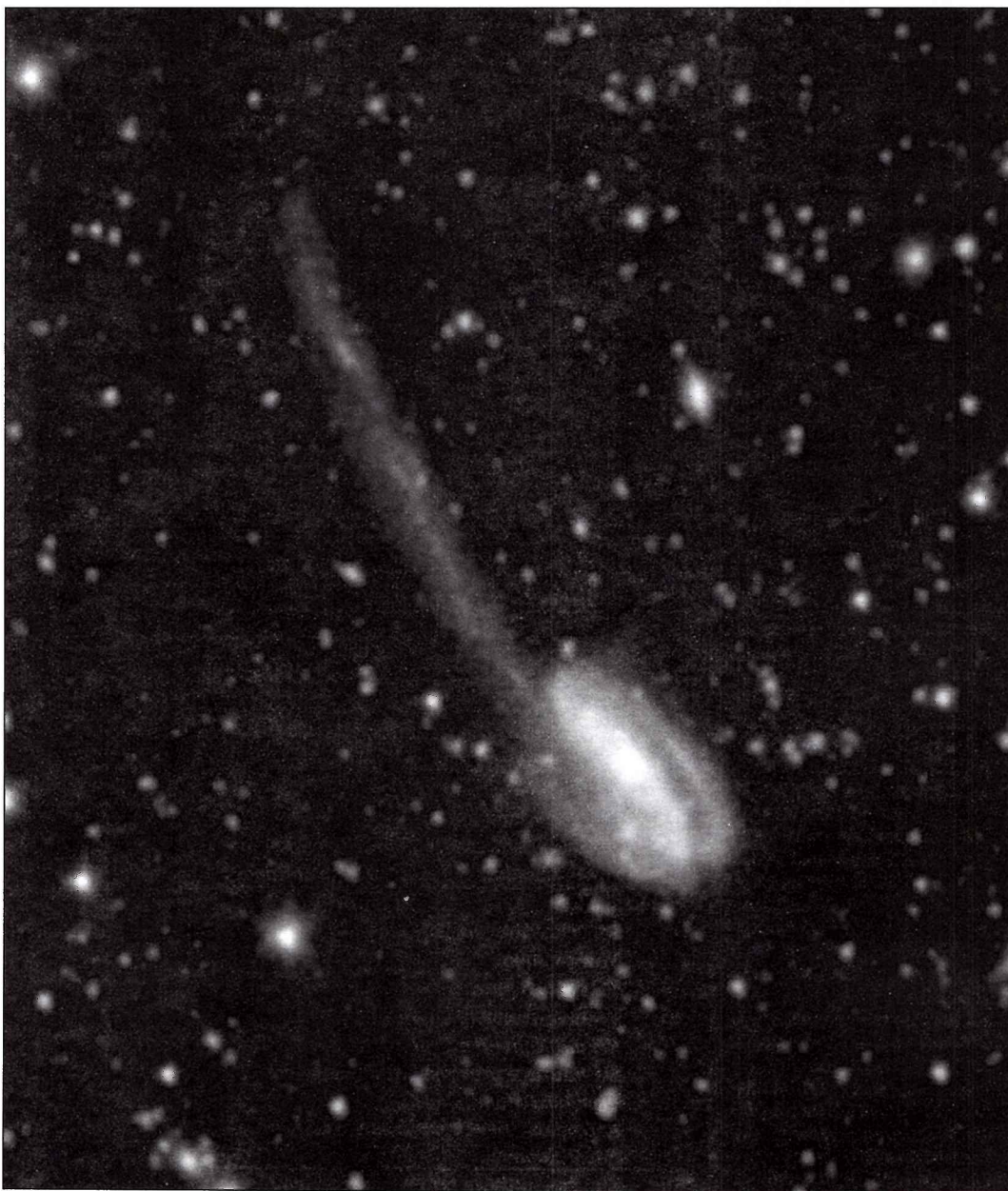
Zrazu sa objavil problém. Členovia tímu zistili, že každá skúmaná ultrajasná galaxia, bez ohľadu na jej vzdialenosť, je obklopená rovnakým množstvom tmavej hmoty, ktorého hmotnosť odhadli na 10 biliónov hmotností Slnka. Nepodarilo sa im objaviť ani jediné hniezdo tmavej hmoty, ktoré by malo menšiu hmotnosť! Tak dospeli k záveru, že 10 biliónov hmotností Slnka je minimum tmavej hmoty potrebnej na to, aby sa ultrajasná infračervená galaxia sformovala.

„Tieto hniezda tmavej hmoty sú čosi ako osivo, bez ktorého by sa tieto vzdialené galaxie nesformovali,“ vysvetľuje Farrah. „Po-

dobné galaxie v blízkom vesmíre sa formujú celkom inak. Náš objav však vysvetľuje procesy, ktoré prebehli v prvom období evolúcie vesmíru!“

Ako sa sformovali a ako sa vyvíjajú iné typy galaxií, to je otázka, na ktorú dá odpoveď až ďalší výskum. Rozhodne ide o jeden z najaktuálnejších problémov astronómie. Doterajšie poznatky o najenergetickejších galaxiách – kvazaroch naznačili, že ani tieto objekty by sa bez kritického množstva tmavej hmoty nesformovali. Rozdiel je iba v tom, že v tomto prípade sa gravitačné zliepanie začne už pri critickej hodnote 4 až 5 biliónov hmotností Slnka.

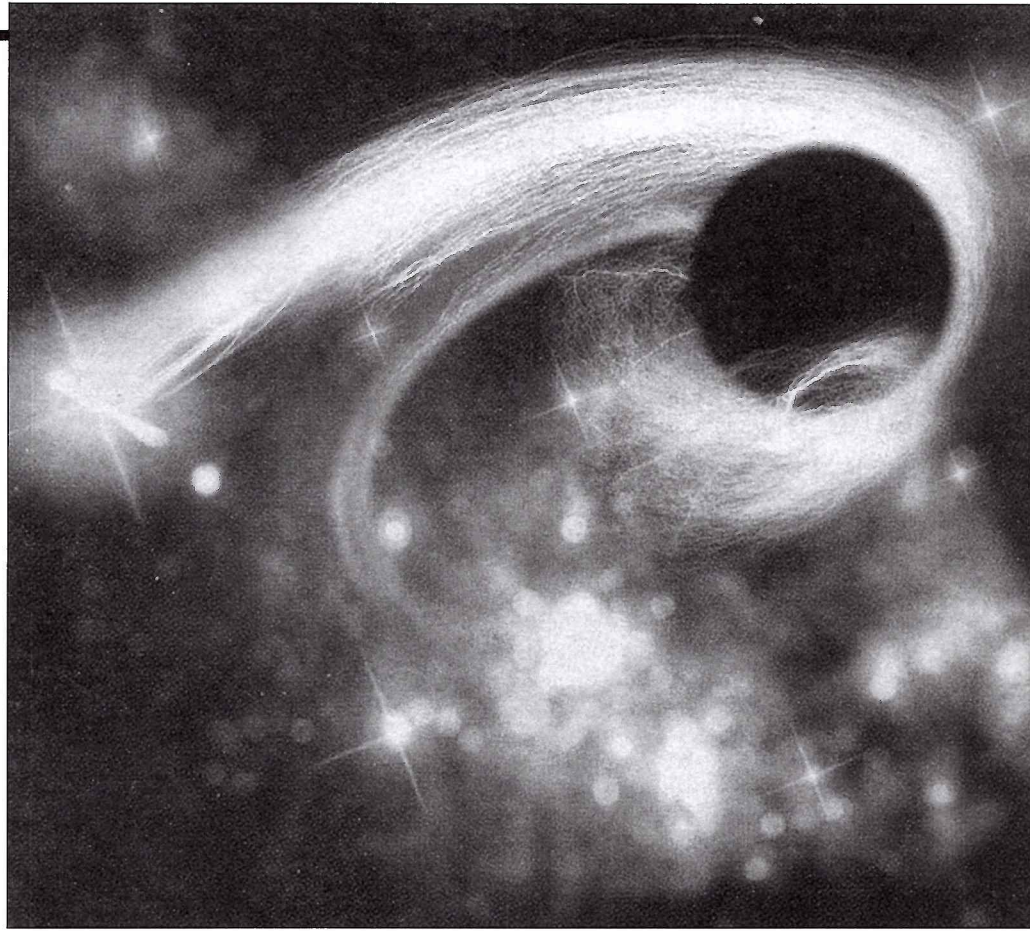
NASA News Release



Galaxia Tadopole (Žubrienka), jedna zo vzdialených galaxií, ktorá sa sformovala v hniezde tmavej hmoty.

Návrat z čiernej diery

„Boh sa nehrá v kocky,“ kritizoval Albert Einstein predstavu nevysvetliteľnej náhody v kvantovej fyzike. „Boh sa hrá v kocky, dokonca aj tam, kde kocky nikto nevidí,“ oponoval mu po desaťročiach Stephen Hawking. Čo tým chcel povedať? Iba to, že čierne diery prinášajú do vesmíru ešte alarmujúcejšiu dimenziu náhody, a to vtedy, keď neodvolateľne prehltnú aj informácie. Nové poznatky však naznačujú, že čierne diery jedného dňa všetky, aj tie neviditeľné kocky, vrátia na kozmickú scénu. Prírodné zákony teda platia aj v tomto prípade.



Tajomstvo čiernych dier astrofyzikov a astronómov znepokojuje. O kozmológoch ani nehovoriac. Čo sa stane s hmotou skolabovaných hviezd, ktorých jadrá sa obvykle premenia na gravitačné pasce? Ich hmotnosť sa zachová, gravitácia čiernych dier je toho dôkazom. Alebo nie? Nikto nevie, aký osud majú fyzikálne informácie, teda vlastnosti žiarenia a hmoty, ktoré sa stratili za horizontom udalostí? Stratili sa z vesmíru nadobro? Aj ich strávila čierna diera? Alebo sa vrátia do obehu a opäť sa recyklujú, keď sa jedného dňa čierne diery vyparia, ako to od roku 1975 hlása Stephen Hawking?

Teoretickí fyzici nasadili na tento problém všetky dostupné nástroje. Na ozrutných počítačoch vytvárajú rozličné modely, zdokonaľujú matematiku, trápia sa s rovnicami... A div sa svete, tajomstvo čiernych dier sa už poddáva. Dvojica vedcov, Abhay Ashtekar, profesor fyziky z Pensylvánskej štátnej univerzity a Martin Bojowald, jeho voľakedajší doktorand, teraz výskumník na Inštitúte Maxa Plancka (odbor gravitačnej fyziky), tvrdia, že hmota prehltnutá čiernymi dierami sa raz do vesmíru vráti.

To, s čím astrofyzici najviac zápasia, sú singularity v čiernych dierach a v big bangu, pretože tam, aspoň podľa všeobecnej teórie relativity, energia, hustota, tlak a zakrivenie získavajú nekonečné hodnoty, čím priestor a čas zmiznú. Takáto singularita označuje miesto, kde známe zákony fyziky neplatia. Mystérium, voči ktorému zlyháva akékoľvek vysvetlenie.

Singularity sú naozaj tvrdým orieškom. Preto vedci hľadajú takú teóriu, ktorá by obmedzenia a slabiny všeobecnej teórie relativity prekonala. Jednou z nich je aj teória kvantovej gravitácie, podľa ktorej sú singularity iba matematickým

artefaktom, ktorý môže realistickejší popis nahradiť. Najskôr však treba zodpovedať otázku: „Čo sa stane s hmotou, ktorú prehltnie čierna diera?“ Ostane v nej naveky? Prejde do paralelného kozmu a aký osud ju tam očakáva? Je odsúdená na totálne rozplynutie sa, zbaví sa všetkých pút s naším svetom? Alebo existuje nejaká možnosť znovuzrodenia?

Metaforické otázky označujú možnosti, o ktorých fyzici diskutujú. Ich formulácie sa pohybujú vo svete pojmov už existujúcej, ale ešte nie dokázanej teórie kvantovej gravitácie. Najnovšie sa objavili indície, že kozmické cintoríny hmoty nie sú večné. Ich tajomstvá sa odhalia vtedy, keď sa začnú vyparovať. Možnosti sú dve: Buď po čiernej diere ostane neveriteľne komprimovaný pozostatok, podľa Hawkinga oveľa menší ako jadro atómu, čosi ako informačný kryštál, ktorý si uchová všetky fyzikálne vlastnosti, hoci v neveriteľne nahustenom stave. (Teoretici však voči tejto hypotéze majú vážne výhrady.)

Alebo: čierna diera sa bude zbavovať „hrdze“. Hmota a energia sa budú postupne uvoľňovať do okolitého priestoru. Na kozmickú scénu sa vráti to, čo z nej zmizlo za horizontom udalostí. Ashtekar a Bojowald sa nazdávajú, že druhá možnosť je pravdepodobnejšia. Rozhodujúci prelom sa im podaril pomocou Teda Jacobsona, Jureka Lewandowského, Carla Rovelliho, Lee Smolina, Thomasa Thiemana a ďalších fyzikov, ktorí sa podieľali na vývoji kvantovej geometrie. Tá ponúka nové matematické nástroje, pomocou ktorých sa môže podariť nepríjemnú medzeru medzi singularitou a teóriou relativity preklenúť. V kvantovej geometrii totiž čas a priestor nevnímame kontinuálne, ale roz-

trúsene v malých porciách. V kvantovej geometrii existujú dokonca aj „atómy priestoru“. Škála je na pozadí ľudského vnímania nepredstaviteľne malá: 10^{-33} centimetra a 10^{-45} sekundy.

V kvantovej geometrii teda singularita neexistujú. Všeobecná teória relativity síce v strede čiernej diery stráca platnosť, ale ináč je všetko v poriadku. „V tomto bode je akýkoľvek popis časopriestoru nemožný, ale kvantofyzikálne pomery sú v ňom dobre definované,“ vraví Athekar. „Všetko dokážeme rečou matematiky presne formulovať.“

V prípade makroskopickej charakteristiky čiernej diery vystačíme so všeobecnou teóriou relativity, s kvantami hmoty a žiarenia. Na pochopenie centrálnej časti však potrebujeme teóriu kvantovej gravitácie, ktorá umožňuje popísať čas a priestor kvantofyzikálne. Kvantová gravitácia to dokáže a navyše sa ukazuje, že fyzici si pomocou nej poradia aj s problémom singularit, čo bude mať veľký dopad na kozmológiu. Martin Bojowald dokázal, ako sa možno bez bizarej singularit big bangu zaobísť, keď čas neplynie kontinuálne, ale v „taktach“. V takom prípade by už big bang nebol počiatkom všetkého, ale iba akýmsi prechodným štádiom, v ktorom jeden vesmír skolabuje a druhý sa začne rozvíjať.

Ak big bang nemá počiatok v sigularite, potom by sa ani v strede čiernej diere nemalo skrývať nefyzikálne monštrum. A práve na tom sa zakladá hypotéza, s ktorou Ashtekar a Bojowald vyrukovali. Ich výsledky sú také sľubné, že prelom sa už začína rysovať: buď sa stratené informácie prešmyknú do paralelného vesmíru, alebo sa vrátia do toho nášho.

„Obe možnosti sú reálne, ale vzhľadom na to, že ešte nemáme v rukách úplné riešenie pre takto definovaný časopriestor, musíme počítať s obidvomi možnosťami,“ vraví Bojowald. „Fakty nasvedčujú tomu, že časť toho, čo sme donedávna považovali za singularitu, je časťou nášho vesmíru. Namiesto singularity existuje v časopriestore oblasť, v ktorej je zakrivenie mimoriadne silné... Príliš silné pre všeobecnú teóriu relativity. A práve v tejto oblasti dokáže kvantová geometria popísať, ako sa časopriestor správa.“

Oblasť extrémneho zakrivenia okolo toho, čo sme považovali za singularitu, zodpovedá maximálnemu kolapsu. Hmota sa od tejto oblasti pružne odrazí. Presne tak, ako opisuje jedna z kozmologických teórií (bounce theorie), čo singularitu nahradila „spätým úderom“, ktorý zvráti kolaps do nového rozptínania sa. Ibaže nakoľko gravitačné vlny a Hawkingovo žiarenie už energiu vyžiarili, hmota sa nenafúkne do pôvodnej veľkosti, ale ostane v kompaktnom objekte, v ktorom panujú ešte extrémnejšie fyzikálne pomery ako v neutrónových hviezdach.

Rozdiel v porovnaní s big bangom je ten, že v prípade čiernej diery neskolabuje celý časopriestor, ale iba jeho malá časť. V takomto prípade ostane v okolí dostatok miesta, do ktorého môže energia uniknúť. Z tohto scenára jasne vyplýva, že tak pri čiernych dierach, ako aj pri big bangu sa dobre zaobídeme aj bez singularity. Bojowald: „Máme do činenia s tým istým princípom.“

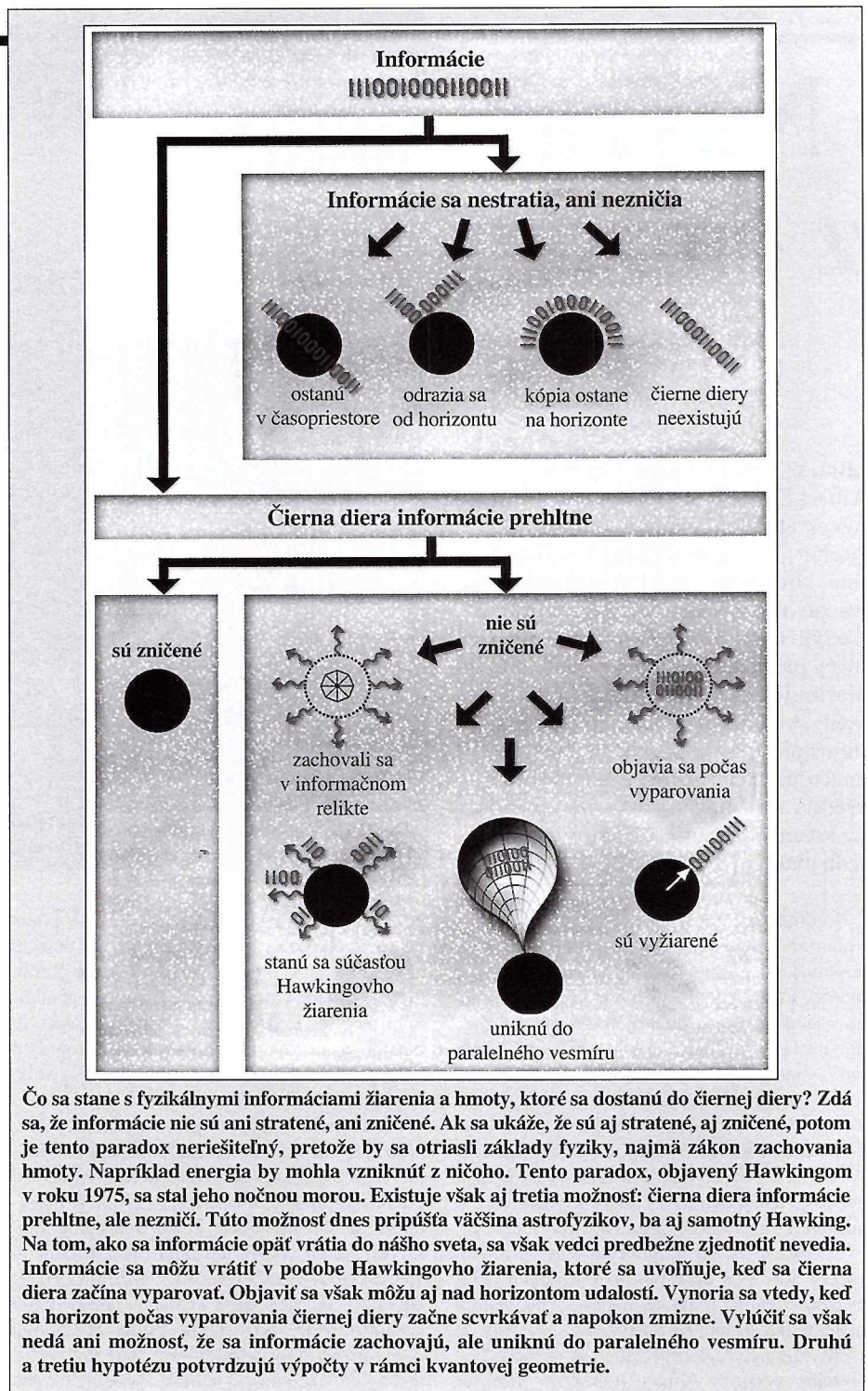
V rámci kvantovej geometrie si teda poradíme aj so zdanlivou singularitou. Zrazu sa aj stred čiernej diery stáva pre vedu prístupným, pod podmienkou, že rozumieme reči, v ktorej nám informácie servíruje. Pravdaže, iba za predpokladu, že informácie z nášho sveta navždy neuniknú.

Ashtekar: „Informácie sa neustrácajú vtedy, keď približné semiklasické hodnoty, ktoré vypočítal Hawking a iní kolegovia, sú v istej vzdialenosti od singularity korektné a keď sa kvantový stav mimo singularity opäť stane semiklasickým. Zrozumiteľnejšie: iba v takomto prípade je opis časopriestoru zmysluplný.“

Paradox, ktorý v roku 1976 Hawking uverejnil, bol iba zdanlivým paradoxom. Hawking zanedbal kvantovú povahu geometrie v blízkosti klasickej singularity, takže tieto „malé efekty“ sa mu vrátili ako „strata informácií“. Zdanlivý paradox vznikol iba preto, že s klasickými pojmami časopriestoru narábal až po singularitu. Do istej miery to pripomína počínanie človeka, ktorý by chcel v atóme detailne pozorovať klasické dráhy elektrónov.

Hmota v tkanine časopriestoru

Nové hypotézy a teórie nestavajú iba na kvantokozmologických názoroch, ale aj na najnovších poznatkoch o vývoji čiernych dier. Ashtekar a Badri Krishnan ich popísali ako dynamické horizonty vo všeobecnej teórii relativity. Bez koncepcie dynamických horizontov by nebol kvantogeometrický výskum centrálnych oblastí čiernych dier možný, pretože klasické rozhranie čiernych dier – horizont udalostí – bol v tomto prípade nepoužiteľný.



Čo sa stane s fyzikálnymi informáciami žiarenia a hmoty, ktoré sa dostanú do čiernej diery? Zdá sa, že informácie nie sú ani stratené, ani zničené. Ak sa ukáže, že sú aj stratené, aj zničené, potom je tento paradox neriešiteľný, pretože by sa otriasli základy fyziky, najmä zákon zachovania hmoty. Napríklad energia by mohla vzniknúť z ničoho. Tento paradox, objavený Hawkingom v roku 1975, sa stal jeho nočnou morou. Existuje však aj tretia možnosť: čierna diera informácie prehltne, ale nezničí. Túto možnosť dnes pripúšťa väčšina astrofyzikov, ba aj samotný Hawking. Na tom, ako sa informácie opäť vrátia do nášho sveta, sa však vedci predbežne zjednotiť nevedia. Informácie sa môžu vrátiť v podobe Hawkingovho žiarenia, ktoré sa uvoľňuje, keď sa čierna diera začína vyparovať. Objaviť sa však môžu aj nad horizontom udalostí. Vynoria sa vtedy, keď sa horizont počas vyparovania čiernej diery začne scvrkávať a napokon zmizne. Vylúčiť sa však nedá ani možnosť, že sa informácie zachovávajú, ale uniknú do paralelného vesmíru. Druhú a tretiu hypotézu potvrdzujú výpočty v rámci kvantovej geometrie.

„V našej analýze nepoužívame horizont udalostí v časopriestore, pretože 'horizont udalostí' je príliš všeobecná koncepcia a klasický časopriestor všade neexistuje,“ vysvetľuje Ashtekar. „Klasický časopriestor nie je rovnorodý, pretože sa v extrémnych podmienkach, napríklad v čiernych dierach, zrúti. Preto tam zlyháva aj koncepcia horizontu udalostí. Existuje však dynamický horizont, ktorý sa rozpína, kým čierna diera nasáva hmotu a zväčšuje sa, ale keď sa čierna diera začne vyparovať, postupne sa scvrkáva.“

Informácie sa strácajú aj v dynamickom horizonte, ale iba dočasne. To je rozhodujúci poznatok. V singularite však nezaniknú, pretože tá podľa kvantovej teórie neexistuje.

Informácie sa nestratia ani zo základnej per-

spektívy kvantovej gravitácie. Informácie stratí z dohľadu (za horizontom udalostí) iba staromódny pozorovateľ, ktorý ostane v oblasti časopriestoru, ktorú neovplyvňuje to, čo sa odohráva kvantofyzikálnej oblasti. Pozorovateľ dopláca na to, že pozoruje iba časť systému, lebo za horizont udalostí nedovidí.

Situácia pripomína knižnicu počas prázdnin: informácie sú nedostupné, lebo knižnica je zatvorená, ale preto ešte netreba podľahnúť panike z pocitu, že sa informácie stratili. Informácie v čiernej diere však majú oveľa dlhšie prázdniny. Makroskopická čierna diera sa vyparí iba po veľmi dlhom čase. Externí pozorovatelia sú teda odsúdení na veľmi dlhé čakanie.

Ako dlho trvá čiernej diere s hmotnosťou niekoľkých Slnk, kým sa v podobe Haw-

kingovho žiarenia vyparí, vypočítal už objaviteľ tohto žiarenia: 10^{66} rokov. To však neznamená, že sa informácie v tomto čase transformujú do Hawkingovho žiarenia. Z hľadiska kvantovej teórie to má iba ten význam, že horizont udalosti sa znižuje, až celkom zmizne, takže napokon sa všetky častice a vlny, ktoré čierna diera prehltila, opäť objaví. A spolu s nimi aj informácie na ne nabalené.

„Neexistuje taký horizont udalostí, ktorý by trval večne a nezačal sa zmenšovať,“ tvrdí Bojowald. „Najprv, pod vplyvom svojej gravitácie, skolabuje hmota. Jej hmotnosť narastá. Predbežne z nej neunikajú nijaké informácie. Preto existujú dočasné, dynamické horizonty, ktoré sa najskôr zväčšujú, aby sa po uplynutí istého času začali zmenšovať. Ale to iba v tom prípade, keď je čierna diera celkom izolovaná, pretože hmotu vo svojom okolí už nadobro spotrebovala.“

Po veľkom obrate je Hawkingovo žiarenie čoraz silnejšie. Napokon sa objaví finálny záblesk tohto žiarenia. Nesie gigantickú gravitačnú energiu, ktorá sa počas scvrkávania uvoľňuje. Po tomto záblesku môže pozorovateľ nepredstaviteľne nahustenú, kompaktnú hmotu, pozostávajúcu z čiernej diery, opäť pozorovať.

Kvantová geometria ešte nebola preverená. Vedci sú zatiaľ odkázaní iba na extrapolácie, a najmä na prísne matematické skúšky správnosti. Teória bez protirečení je síce potrebná, ale nie samozrejma. Čierne diery sú nám však aj tu na dobrej pomoci. Značne zjednodušená situácia v prípade vylúčenia singularít (pred big bangom) v homogénnych kozmologických modeloch sa totiž dá preniesť na čierne diery. Čierne diery nám umožňujú teoretické testy platnosti teórie kvantovej gravitácie v podmienkach, ktoré zďaleka nie sú také komplexné ako v prípade big bangu, ale namerané výsledky možno extrapolovať.

Kvantová gravitácia zasa otvára celkom nové horizonty. Vylučuje vznik čiernych mikrodier v škále 10^{33} centimetra, najmenejšom po sférickom kolapse. V takýchto škálach je geometria diskretná, nečítateľná, pretože klasická štruktúra časopriestoru na takej úrovni neexistuje. V takýchto podmienkach sa nemôže vytvoriť nijaký horizont. Horizonty sa vytvárajú iba vtedy, keď kolabujúca hmota dokáže strhnúť aj časopriestor, pravdaže iba vtedy, keď je kolaps dostatočne rýchly. Rýchlosť kolapsu závisí od množstva hmoty: čím viac hmoty, tým rýchlejší kolaps.

Bez horizontu niet čiernej diery ani Hawkingovho žiarenia: ideálny prípad pre otvorenie hypotézy, ktorá by bola vyvrátená iba vtedy, keby sa dokázalo, že bolo objavené Hawkingovo žiarenie z mladého vesmíru. To by znamenalo, že krátko po big bangu sa sformovalo veľa malých čiernych dier, ktoré sa rýchle vyparili. Prípadné vytvorenie miniatúrnych čiernych dier v najväčších urýchľovačoch (tieto projekty sú už na svete) hypotézu neohrozuje. Umelé čierne diery by sa totiž nesformovali vďaka rotačným, asymetrickým kolapsom, ale vznikli by po riadených asymetrických kolíziách častíc.



Po úniku z gravitačného väzenia: keď sa čierne diery začnú vyparovať, informácie sa opäť vracajú na kozmickú scénu.

Recyklovanie informácií

Hawkingov proces hrá rozhodujúcu úlohu pri recyklovaní fyzikálnych informácií. V nijakom prípade však nie je elixírom, ktorý ich oživí, tak ako si to podaktorí vedci predstavovali.

„Pre nás je dôležité iba vyparovanie čiernej diery,“ vraví Bojowald. „Či je Hawkingovo žiarenie tepelné, alebo nie, je vedľajšie. S hmotou, ktorú čierna diera kedysi nabalila, to nijako nesúvisí, i keď sú o tom mnohí kolegovia presvedčení. V Hawkingovom žiarení, v recyklovanej hmote, nemôžu nájsť pôvodné informácie.“

Ak majú Ashtekar a Bojowald pravdu, Hawkingovo žiarenie nevynáša z gravitačnej pasce nijaké informácie. Navyše toto žiarenie nevzniká pod horizontom udalostí, ale nad ním, kde ho generujú vlastnosti extrémne zakriveného časopriestoru. Hawkingovo žiarenie iba recykluje objekty nahustené do čiernej diery, vracia ich tam, kde sú opäť prístupné, pozorovateľné, merateľné.

Bez Hawkingovho žiarenia je predstaviteľná iba jediná možnosť: prechod do iného vesmíru. Podľa niektorých fyzikov umožňuje takýto prechod aj Hawkingovo žiarenie, ale niektoré poznatky o štruktúre časopriestoru takúto možnosť spochybňujú.

Z pohľadu kvantovej geometrie sa však hmota a energia nemiznú v singularite, ani sa nemenia na Hawkingovo žiarenie. Hromadia sa v hustom balíku hmoty. Ani v tomto prípade však hustota nedosiahne nekonečnú hodnotu, pretože to zákony kvantovej geometrie nepripúšťajú. Hmota v balíkoch je deformovaná pôsobením extrémneho zakrivenia, ale celkom viditeľná! Ale jej základné fyzikálne vlastnosti sú uchované a raz sa so všetkými ich nábojmi a kvantovými číslami opäť prejavia.

Ak čierna diera alebo pseudodiera rotuje, teda je elektricky nabitá, rotuje s ňou aj kompaktný balík hmoty a priebežne vyžaruje moment hybnosti vo forme gravitačných vln, alebo (v prípade, že si elektrický náboj uchováva) emituje elektromagnetické žiarenie.

V akom stave sa gravitáciou deformovaná hmota nachádza, o tom ešte fyzici nič nevedia. Tušia však, že v čiernej diere panujú fyzikálne pomery, aké panovali jednu miliardtinu sekundy po big bangu. To však pre kvantovú geometriu nie je rozhodujúce. „V našom modeli nezáleží na detailoch vlastností hmoty,“ vraví Bojowald. Kritici tohto modelu, zoskupení z prívržencov teórie strún, však s ním nesúhlasia.

„Na definitívnu podobu rovníc, ktoré opisujú kolabujúcu hmotu a Hawkingovo žiarenie, si ešte nejaký čas počkáme,“ vraví Bojowald. „Konkurenčné modely však vychádzajú z kombinácií zjednodušených situácií, ktoré všetky procesy posudzujú izolovane. Naš model je oveľa komplexnejší.“

Čokoľvek čierna diera vstrebe, môže sa z nej po istom čase uvoľniť. Napríklad, ak do kolabujúcej hmoty prenikne svetelný lúč, nemusí s ňou ostať naveky zviazaný či absorbovaný, ale môže objekt za istých podmienok aj opustiť. Vtedy ho možno pozorovať a časť v ňom ukrytých informácií odčítať. Alebo: po dosvite posledného záblesku Hawkingovho žiarenia zameriame na objekt ďalekohľad, aby sme ho študovali. V tej chvíli je úplne obnažený, pretože horizont udalostí sa rozplynul.

Môže sa stať, že sa obnažená čierna diera dostane na svojej púti opäť do oblasti, z ktorej môže nasávať hmotu. V tom prípade by sa po nabalení kritického množstva horizont udalostí opäť vytvoril.

A na záver trochu sci-fi: možno si predstaviť, že rozvinutá civilizácia by takéto okno využila a ešte pred znovuvytvorením čiernej diery vyslala k nej sondu. Tá by potom mohla zväčšovanie sa čiernej diery a po dlhom čase aj jej zmenšovanie pozorovať zvnútra. A po rozplynutí posledného horizontu udalostí, v prípade, že by dokázala odolať vplyvu silného zakrivenia, vyniesť nazbierané informácie civilizácii, ktorá ju do čiernej diery vyslala. Ak by tá civilizácia ešte existovala...

RÜDIGER VAAS

Bild der Wissenschaft 6/2005

Pieskové oceány na Titane

Tmavé oblasti na Titane sa donedávna považovali za oceány tekutého etánu s prímiesami ďalších uhľovodíkov. Predpokladalo sa to už na základe infračervených snímok, ktoré získal Hubblov teleskop. Snímky zo sondy Huygens, ktorá pristála na povrchu, túto predstavu skôr potvrdili. O to prekvapujúcejšie sú výsledky analýzy radarových snímok, ktoré vysiela po pravidelných blízkyh obletoch sonda Cassini. Jednoznačne z nich vyplýva, že zdanlivé oceány sú obrovskými poliami pieskových dún. Sú to gigantické duny, ktorých čipkované hrebene sa ťahajú celé stovky kilometrov.

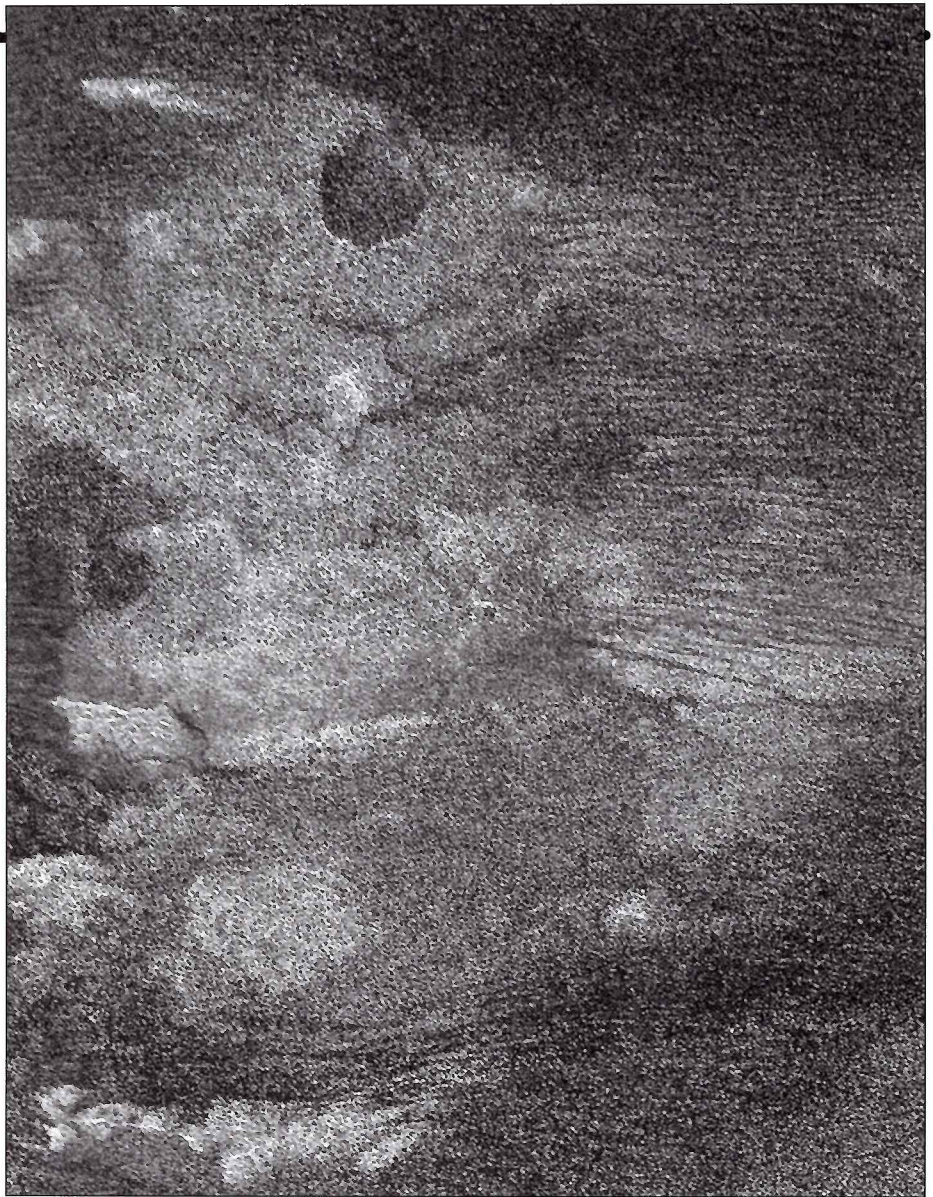
„Polia dún pripomínajú púšte na Arabskom polostrove a v Namíbii,“ vyhlásili vedci z Arizonskej univerzity, ktorí spracúvajú údaje z radaru Cassini. „Najväčšie pole je dlhé 1500 kilometrov. Hrebene dún sa ťahajú okolo rovníka, paralelne, jedna za druhou. Ich priemerná výška je okolo 100 metrov.“

Rozľahlé polia dún môže vytvárať iba vietor. Aj to je prekvapenie, pretože vedci sa nazdávali, že v hustej a mimoriadne chladnej atmosfére Titanu silné vetry nedujú. Čo generuje vietor, ktorý dokáže obrovské duny premiestňovať a formovať? Čo spôsobuje obrovské a podľa všetkého pravidelné pohyby atmosféry nasýtenej drobnými zrnkami piesku, ktoré zosilňujú eróziu povrchových útvarov a neprestajne pretvárajú povrch?

Slnéčné žiarenie na vzdialenom Titane nemôže generovať silné prízemné vetry. Tento Saturnov mesiac je príliš ďaleko, atmosféra, aj to iba v najvrchnejších vrstvách, sa pod vplyvom slnečného žiarenia iba slabo prehrieva. Tepelné rozdiely jednotlivých častí hustej atmosféry sú príliš malé na to, aby ich premiestňovanie vyvolávalo silné vetry nad povrchom. Silnejšie vetry, generované slnečným žiarením, dujú iba v najvrchnejších vrstvách. Duny teda musia premiestňovať prízemné vetry.

Zdá sa, že generátorom vetrov na Titane sú najmä slapové sily Saturna. Pôsobia na povrch a atmosféru Titanu 400-krát silnejšie ako náš Mesiac na Zemi. Pritom atmosféra Titanu je hustejšia ako atmosféra Zeme. Je však podstatne slabšia, navyše piesok je podľa všetkého oveľa ľahší. Duny, ktoré zviditeľnil radar Cassini, sú lineárne, v smere rovnobežiek. To je typické pre duny, ktoré formuje vietor fúkajúci z rôznych smerov. Prílivy, spôsobované slapovými silami, usmerňujú vetry smerom k rovníku. Keď sa „slapové vetry“ skombinujú s východo-západným prúdením, vznikajú duny, ktorých hrebene sa formujú paralelne s rovníkom, až na výnimky, kde im v tom bráni pohoria.

Slapové vetry obehnú Titan niekoľkokrát, pričom v rovníkovej oblasti sú najsilnejšie. Sú to vlastne periodicky sa opakujúce pasáty, ktoré podľa všetkého premiestňujú tmavé usadeniny z vyšších šírok k rovníku, kde ich „učeeše“ západových prúdení. Tak sa vytvoril tmavý rovníkový pás Titanu.



Radarová mapa Titanu mení predstavy planetológov o tomto telese rovnako dramaticky, ako zmenila predstavy o Venuši radarová mapa sondy Magellan.



Piesočné duny. Na hornej snímke na Zemi, dole na Titane.

Z modelu, ktorý vytvorili klimatológovia, vyplýva, že slapové sily môžu vygenerovať vietor, ktorý sa pohybuje rýchlosťou 0,5 metra za sekundu. Tento vánok je však príliš slabý na to, aby v hustej atmosfére (aj pri relatívne slabej gravitácii) dokázal premiestňovať také veľké množstvo zrnok piesku. Zdá sa, že piesok na Titane, ktorého zrnká sú hrubšie ako zrnká piesku na Zemi či na Marse, musí byť menej hustý, a teda aj ľahší. Pripomína skôr zrnká usadeniny na dne šálky kávy. Ani kombinácia slapových vetrov so zonálnymi by však v podmienkach Zeme či Marsu nedokázali pri nízkej rýchlosti formovať také rozsiahle dunové polia.

Predbežne nevieme, či zrnká piesku na Titane sú zložené z čiastočiek organických látok, kryštálikov vodného ľadu, alebo zo zmesi ľadu a uhľovodíkov. Pravdu sa dozvieme až po analýze údajov z Vizualného a infračerveného mapujúceho spektrometra na Cassini.

Ako sa teda duny sformovali?

Geológovia pripúšťajú, že zrnká môžu z povrchu Titanu vymývať metánové dažde. Z modelu Titanovej atmosféry vyplýva, že atmosférické búrky sú silné, takže výdatné dažde sú pravdepodobné. Na snímkach prístroja DISR (Descent Imager/Spectral Radiometer), ktorým bola vybavená sonda Huygens, sme videli na povrchu vývery, korytá, ba i kaňony. Radar ich existenciu potvrdil. Planetológovia sú presvedčení, že tieto útvary sú dôkazom viac či menej pravidelných, ale neobyčajne výdatných dažďov. Takéto prietrže mračien sa občas vyskytnú v Arizone. Obrovské povodne môžu byť mechanizmom, ktorý premení prúdom strhnuté horniny na piesok.

Existuje aj iná možnosť: piesok môže vzniknúť v atmosfére z organických látok ako konečný produkt fotochemických reakcií.

Tak, či onak, informácie z radaru nám poskytnú údaje, ktoré naše doterajšie predstavy o Titane postavili na hlavu. V budúcnosti, keď sa na pochmúrny mesiac opäť vrátíme, budú nám na dobrej pomoci. V NASA už dnes špekulujú o tom, že najbližšia sonda by do atmosféry Titanu mohla vysadiť balón.

NASA Press Release

Mikroorganizmy prežili globálnu ľadovú dobu

Už pred 2,3 miliardami rokov bola atmosféra Zeme natolko nasýtená kyslíkom, že sa mohli vyvíjať aj zložitejšie organizmy. Búrlivú evolúciu však doslova zmrazili periodicky sa opakujúce, dlhé ľadové doby, počas ktorých sa polárne ľadovce posunuli až za obratníky, pričom počas poslednej ľadovej doby (zhruba pred 700 000 rokmi) sa na rovníku spojili. Zem sa premenila na obrovskú ľadovú guľu. Svedčia o tom mohutné ľadovcové morény, ktoré vedci našli na všetkých medzičasom popresúvaných kontinentoch.

Tento stav sa zdal byť nezvratným, pretože vysoké albedo globálnych ľadovcov, hrubých až 800 metrov, odrážalo väčšinu slnečného žiarenia. Priemerná teplota klesla niekoľko desiatok stupňov pod bod mrazu. Čo spôsobilo zvrät, ktorý nastal pred 500 miliónmi rokov, vysvetľujú viaceré hypotézy. Najpravdepodobnejšia z nich vysvetľuje rýchle oteplenie mohutným skleníkovým efektom, ktorý spôsobila aktívna, tisícročia trvajúca sopečná činnosť. Dôsledky skleníkového efektu spôsobili v neuveriteľne krátkom čase niekoľkých tisícročí prudký vzostup teploty. Keď pôsobenie skleníkového efektu kulminovalo, dosiahla priemerná globálna teplota až 50 stupňov nad nulou. Nastala búrlivá evolúcia. Z primitívnych organizmov sa začali vyvíjať milióny nových druhov, najprv v oceánoch, potom aj na súši. Vyvíjali sa, prispôbili najrozličnejším klimatickým podmienkam, menili sa, zanikali.... Neduživý strom života zmocnel, rozkošatil sa, produkoval čoraz zložitejšie a rôznorodejšie organizmy.

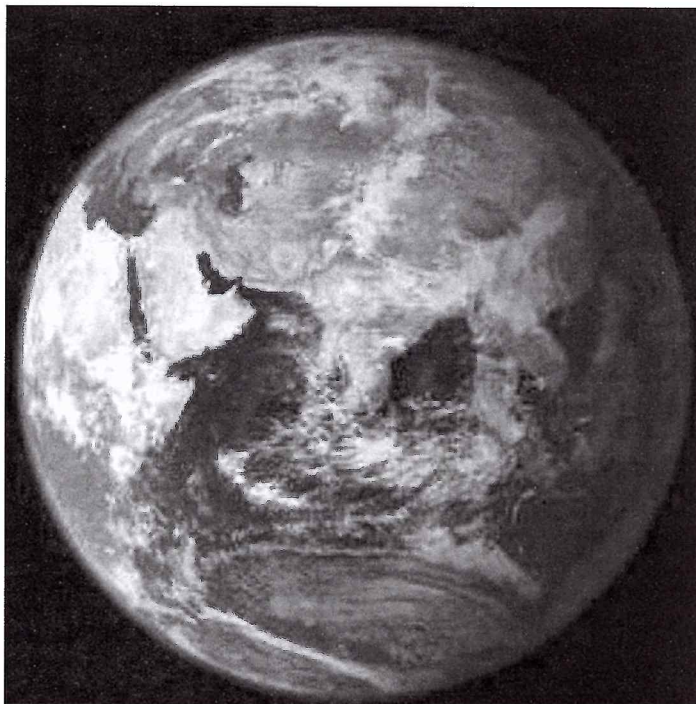
Jednoduchý život na Zemi vznikol už pred 3,7 miliardami rokov. Vznikol, vyvíjal sa, ale evolúcia týchto organizmov bola v nehostinných podmienkach, pri nedostatku kyslíka, veľmi pomalá. Pred obdobím pravidelne sa opakujúcich, globálnych ľadových dôb však eukaryoty, jednobunecné, ale aj zložitejšie organizmy, ktoré sa zaobišli aj bez kyslíka, dokázali sexuálne rozmnožovať, produkovali kyslík a pripravili tak na Zemi podmienky, v ktorých sa mohol vyvinúť aj zložitejší život. Cyanobaktérie a modrozelené baktérie vyrábali kyslík ako produkt svojho metabolizmu, až kým ho do atmosféry nenapumpovali toľko, že vznikli podmienky na príchod vyšších druhov. Vtedy však nastala prvá globálna ľadová doba. Ako ju tieto organizmy prežili pod hrubou vrstvou ľadu, to je záhada.

Astrobiológovia z Washingtonskej univerzity si položili otázku, ako sa pod globálnym ľadom, ktorý znemožnil fotosyntézu, bez ktorej najmä eukaryoty nemohli prežiť, uchoval život? Podaktorí astrobiológovia totiž tvrdia, že život vznikol až po poslednej globálnej dobe ľadovej, (zhruba pred 500 miliónmi rokov), ba podaktorí sú presvedčení, že v tomto období vznikol už po druhýkrát, pretože na zaľadnenej Zemi musel počas 1,7 rokov vyhynúť.

Vedci skúmali kvapôčky oleja, ktorý sa uchoval v kryštáloch hornín (starých 2,4 miliardy rokov) pri Eliotovom jazere v kanadskom štáte Ontário. Tento olej sa vytvoril chemickým rozkladom živých organizmov. Uchovali sa v ňom

molekulárne fosílie, ktorých štruktúra naznačuje, že pochádzajú zo špecifických druhov života.

„Tento objav možno čo do významu porovnať k objavu fosílii dinosaurov, ibaže v molekulárnej škále,“ vraví astrobiológ Roger Buick, vedúci výskumu. „Skúmame molekulárne kostry molekúl uhlíka, napríklad cholesterol, ktorý sa uchoval v kvapôčkach oleja.“



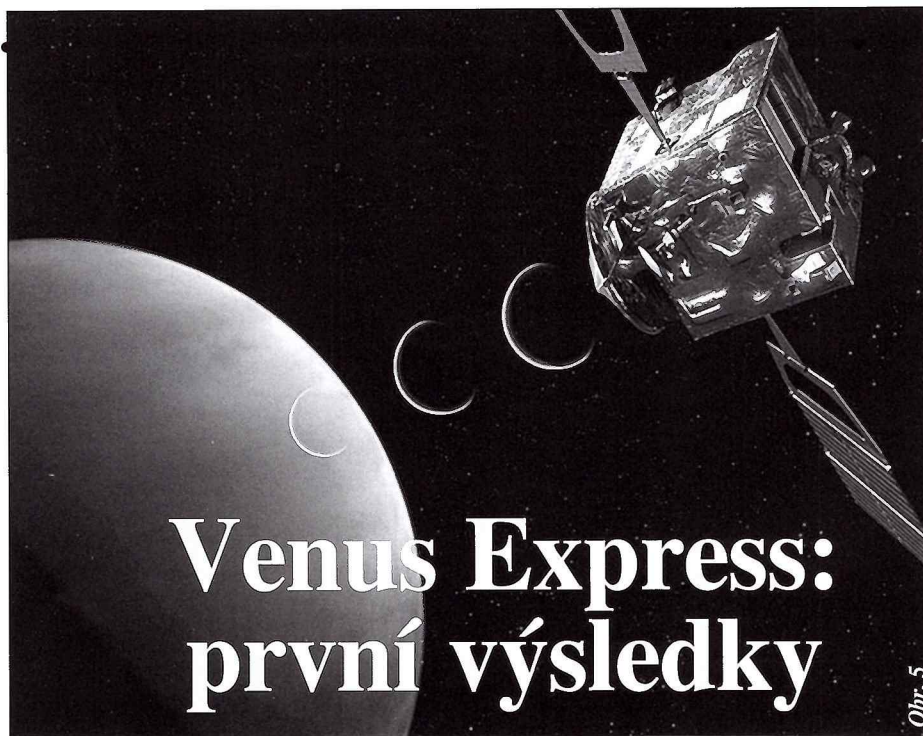
Nejde o prvý objav tohto druhu. Prvý článok, v ktorom sa písalo o týchto mikrofosíliách, bol vo vedeckom časopise publikovaný už v roku 1999. Buick bol jedným zo spoluautorov. Oponenti vyrukovali s kritikou. Tvrdili, že olej ako „biomarker“, metabolit živých organizmov, nemôže byť pozostatkom po prastarom živote, ale znečistením, ktoré sa presiaklo do vzoriek z povrchu, možno až v modernej dobe. Skeptici svoje pochybnosti však nikdy nezverejnili.

Po siedmich rokoch uverejnil Buickov tím štúdiu v renomovanom časopise Geology. V článku opisujú, ako horniny od Eliotovho jazera rozlámali na fragmenty s priemerom 3 milimetre a vylúčili možnosť akejkolvek kontaminácie. Vo fragmentoch našli množstvo miniatúrnych dutín vyplnených vodou s nepatrnými prímiesami oleja, ktorý kvapôčku vodnej pary obaloval. Jednoznačne sa zistilo, že olej vznikol chemickým rozpadom živých, pravdepodobne morských organizmov.

„To, čo sme našli, je hotový poklad. Získali sme vysoko koncentrované molekulárne fosílie,“ nadchýňa sa Buick.

Po tomto objave je viac než isté, že eukaryoty o kyanobaktérie sa hojne vyskytovali už pred globálnym zaľadnením planéty. Ostáva už iba vysvetliť, ako sa tieto organizmy prispôbili dobe ľadovej. Podľa všetkého sa museli aj na Zemi obalenej ľadom uchovať oázy života. Kde? Najskôr v sopečných oblastiach, ktoré hrubý ľad na milióny rokov nepokryl.

Geology/UW News Release



Venus Express: první výsledky

Obr. 5

Přesně podle plánu „zakotvila“ 11. dubna 2006 na oběžné dráze Venuše evropská sonda Venus Express. Přestože u cíle působí relativně krátkou dobu, první zajímavé informace nám již předala.

Během 153 dní trvajícího přeletu mezi Zemí a Venuší sondu potkala jen jediná záhada, která má bohužel vliv i na plánovaná pozorování. Pouhý měsíc před přiletem k cílové planetě ESA oznámila, že přístroj PFS má zásadní problémy. Jeho první testování v prosinci 2005 sice proběhlo na výbornou, ale poté se skener zablokoval v poloze „uzavřeno“ uvnitř přístrojové skříně. Na veškeré pokusy o odblokování od té doby přístroj nereagoval. Dle pozemních zkoušek provedených se záložním exemplářem přístroje soudí vedení projektu Venus Express, že mechanismus může být zablokovaný díky nízké vnitřní teplotě přístroje. Což by do budoucna dávalo šanci na to, že se PFS podaří zprovoznit. Nicméně do uzavěrky tohoto Kozmosu se tak nestalo.

Tomuto problému navzdory se sonda úspěšně usadila na předpokládané dráze (v té době letěl signál od Venuše k Země 413 sekund). Manévr VOI (Venus Orbit Insertion) ji navedl na polární dráhu s periodou oběhu devět dní, hodnotou pericentra 400 a apocentra 350000 kilometrů. Dosažené hodnoty byly v očekávaném rozmezí, když třeba odchylka oběžné doby od plánované činila pouze 1,6 procenta. Pericentrum se přitom nacházelo prakticky přesně nad severním pólem planety.

Pouhých 48 hodin po VOI byly pořízeny a bezprostředně nato zveřejněny první snímky z přístrojů. Byly pořízeny ze vzdálenosti 206 452 kilometrů a zachycovaly oblast jižního pólu planety.

Na snímku vytvořeným přístrojem VIRTIS byli vědci potěšeni velkým atmosférickým vírem. Nešlo nicméně o překvapení, protože podobný úkaz očekávali, neboť jej znali z oblasti severního pólu. Čili došlo pouze k potvrzení očekávané skutečnosti. Vědci se ovšem rozplývali nad mimořádnou kvalitou snímku, který byl nad očekávání ostrý a vypovídající.

Zveřejněná fotografie (*snímek 1*) se skládá ze dvou polovin. Levá představuje denní stranu Venuše v přirozených barvách, pravá pak stranu noční v barvách falešných. Rozlišení obou částí snímku je shodné: padesát kilometrů na pixel.

„Denní“ část nám ukazuje slunečními paprsky osvětlenou oblačnost ve výšce 65 kilometrů nad povrchem planety. Mnohem zajímavější je ovšem „noční“ polovina fotografie, která byla pořízena přes infračervený filtr s vlnovou délkou 1,7 mikronu a zachycuje dynamické spirálové struktury ve výšce 55 km nad povrchem pohybující se rychlostí 320 km/hod. Tmavší regiony představují silnější mrakovou vrstvu, světlejší naproti tomu tenčí.

Venuši ve stejném okamžiku jako přístroj VIRTIS vyfotografovala také aparatura VMC, jejíž snímek má rozlišení 150 kilometrů na pixel. Jeden záběr byl zhotovený ve viditelné oblasti spektra (*snímek 2*), druhý v ultrafialové (*snímek 3*). Přístroje VMC a VIRTIS společně s aparaturami MAG a ASPERA mají v průběhu rutinní vědecké činnosti získat informace o interakci slunečního větru s atmosférou Venuše. Tedy s atmosférou planety bez ochrany magnetickým polem.

Nadšení týmu zodpovídajícího za zdárný průběh mise komentoval dr. H. Svedhem, projektový manažer Venus Express: „Pouhý den po přiletu jsme se setkali s horkým a dynamickým prostředím Venuše. A uvidíme ještě mnohem více detailů více než stonásobně kvalitnějších, než na jaké jsme byli dosud zvyklí. Očekáváme, že třeba tyto spirálovité struktury se budou vyvíjet velmi rychle.“

To ale byl jen začátek sbírání drahocenných dat, protože sonda se teprve usazovala na oběžné dráze kolem Venuše. Takže prioritou byla technika, nikoliv věda. Přesto se v průběhu prvního devítidenního obletu planety našel prostor pro šestici pozorování.

„Přístroje sondy jsou nyní zapínány jeden po druhém pro detailní kontrolu činnosti. Poté budou pracovat dle potřeby samostatně nebo společně,“ vysvětluje Don McCoy, projektový ma-

nažer Venus Express. „To umožní simultánní sledování zkoumaného fenoménu tak, abychom byli připraveni na začátek nominální vědecké fáze počínaje 4. červnem 2006.“

V průběhu navádění sondy na pracovní dráhu došlo 27. dubna k dalšímu pokusu o rozpohybování skeneru PFS. Jak už jsme uvedli výše, marně.

Šestého května 2006 se automatická stanice Venus Express usadila na finální dráze s hodnotou pericentra 249 (plán 250 km) a apocentra 66 001 kilometrů (plán 66 000). Oběžná doba byla jen o 0,3 sekundy delší než stanovených 24 (pozemských) hodin. Sonda předtím korigovala svůj let dvěma zážehy hlavního motoru (20. a 23. dubna) a pěti korekcemi motorů orientačních (15., 26. a 30. dubna a 3. a 6. května).

„Dráha je navržena k poskytnutí nejlepších možných pozorovacích podmínek Venuše a je podřízena vědeckým cílům mise. Těmi jsou globální charakteristika atmosféry planety, charakteristika povrchu a interakce prostředí se slunečním větrem,“ vysvětluje projektový manažer mise dr. Svedhem. „Zvolená oběžná dráha nám umožňuje provádět detailní pozorování v blízkosti pericentra a severního pólu. A také dlouhodobá pozorování kolem jižního pólu, ovšem se středním rozlišením.“

Přechod z prozatímní dráhy na pracovní se uskutečnil v době, kdy sonda končila šestnáctý oběh planety a vstupovala do sedmáctého (prvního operačního). Od této chvíle jsou plánovány už jen drobné korekce dráhy, na něž přijde řada zhruba každých padesát dní.

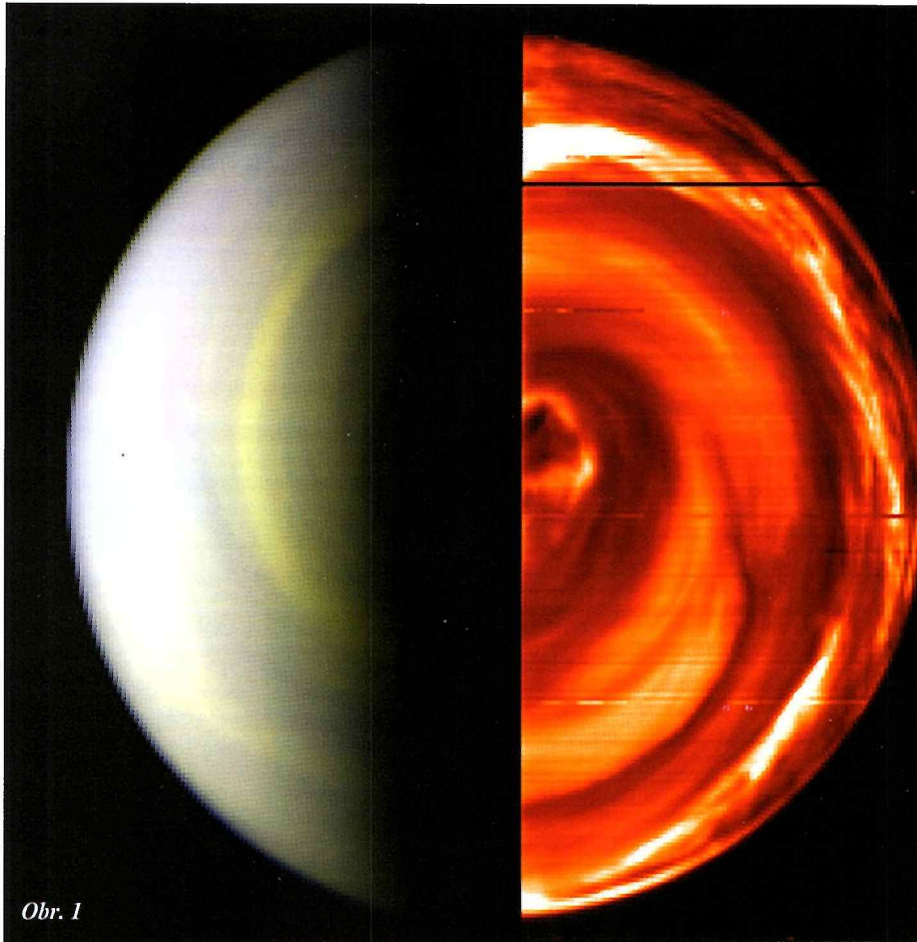
Třináctého května 2006 při 23. průletu apocentrem došlo k formálnímu zahájení vědecké činnosti stanice. To ale neznamenalo plný operační provoz, protože „přebírání“ přístrojů probíhalo až do konce května. V průběhu testů bylo zaznamenáno několik výstražných hlášení od aparatury ASPERA, která několikrát přinesla data ležící mimo očekávané hodnoty. Proto ji bylo nutné přeprogramovat (testování 23. května), poté už se potíže nevyskytly.

Mezi 23. a 25. květnem také došlo ke čtrnácti pokusům o rozpohybování zablokovaného spektrometru PFS. Ale jak praví latinice: Marnost nad marností a všechno je marnost...

Třetího června 2006 po 207mi dnech letu vesmírem a po absolvování 43 obletů Venuše zahájila sonda Venus Express rutinní vědeckou činnost. O několik dní později, 12. června, poprvé za celou dobu letu přešla do „bezpečného režimu“ (Safe Mode), kdy palubní počítač zaznamenal blíže neurčenou odchylku od nominálního stavu. Sonda se nicméně velmi rychle – během dvou dnů – vrátila do plného provozu.

Rutinní „program dne“ sondy přitom vypadá následně (čas 0:00 představuje průlet pericentrem):

- 23:00 až 01:00 – pozorování atmosféry a povrchu planety s vysokým rozlišením.
- 01:00 až 09:00 – osmihodinová komunikační relace se Zemí a odeslání získaných dat (předpoklad 100 až 800 megabajtů).
- 11:00 až 13:00 – globální mapování a studium velkorozměrových jevů na jižní poloce (kolem apocentra).
- 13:00 až 23:00 – studium dynamiky atmosféry a oblačnosti.



Obr. 1

S politováním musíme konstatovat, že první vyhodnocení získaných dat měla ESA zveřejnit na přelomu června a července 2006 – tedy bezprostředně po uzávěrci tohoto Kozmosu.

Nicméně výtečný technický stav sondy i jejího přístrojového vybavení nás může naplňovat optimismem ohledně budoucích výsledků. Vědci se mimořádně těší např. na „pohled“ skrze tzv. infračervená okna. To jsou úzké pásy v atmosférickém spektru (objevené při pozorování ze Země v osmdesátých letech minulého století), v nichž je možné „prohlédnout“

přes horní husté vrstvy oblačnosti až k vrstvám nižším a pravděpodobně i k povrchu. Globálního studia těchto oblastí Venuše bychom se totiž dočkali poprvé.

Primární mise sondy Venus Express je rozplánovaná do října 2007, tedy na dva místní roky. ESA ale předpokládá – pokud to pochopitelně stav zařízení bude umožňovat – prodloužení výpravy o další dva místní roky.

TOMÁŠ PŘIBYL

Foto: ESA



Obr. 2

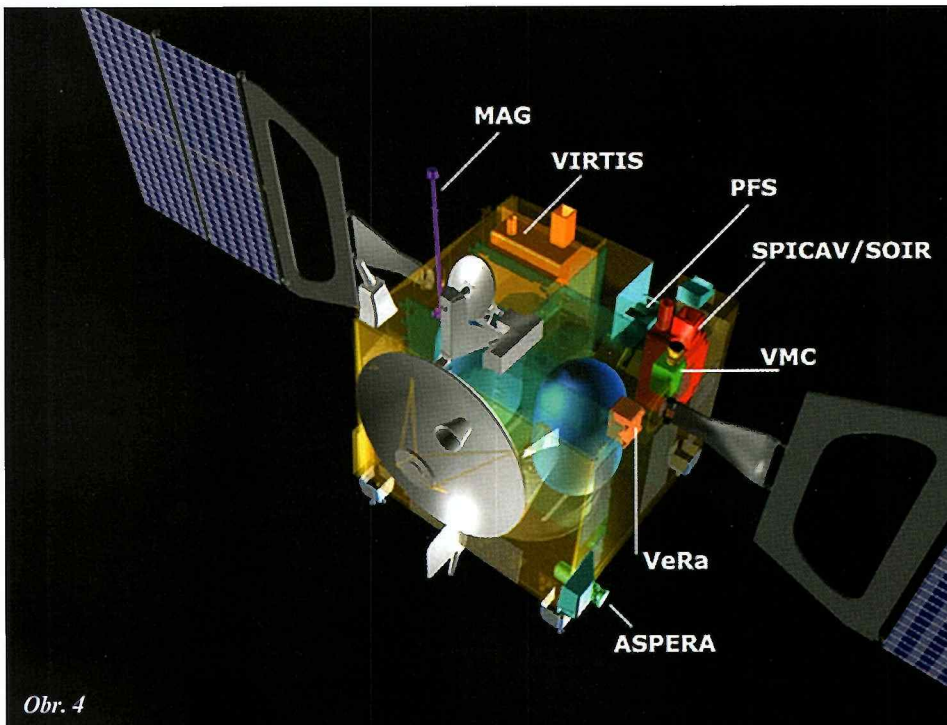


Obr. 3

Sedmero přístrojů pro Venus Express

(K snímku 4)

- **ASPERA** (Analyser of Space Plasma and Energetic Atoms) – analyzátor plazmatu a energetických částic bude zkoumat neutrální částice, ionty a elektrony, a to jednak částice slunečního větru a jednak částice vycházející z atmosféry. Aparatura ASPERA se skládá ze čtyř částí: zobrazovače a detektoru neutrálních částic, hmotového analyzátoru iontů a elektronového spektrometru.
- **MAG** (Venus Express Magnetometer) – přístroj ke zkoumání intenzity a rozložení magnetických polí. Venuše nemá vlastní magnetické pole, toto vzniká pouze interakcí částic slunečního větru a částic v atmosféře.
- **PFS** (Planetary Fourier Spectrometer) – spektrometr primárně určený pro měření teploty atmosféry planety ve výškách mezi 55 a 100 km. Má být schopen měřit i teplotu povrchovou, a tak hledat stopy vulkanické činnosti. Kromě teplotních sledování má zkoumat i složení atmosféry.
- **SPICAV/SOIR** (Ultraviolet and Infrared Atmospheric Spectrometer/Stellar Occultation and Nadir observations) – ultrafialový a infračervený spektrometr pro pozorování atmosféry. Jeho hlavním úkolem je přítom pátrání po malých částicích vody. Dále se má věnovat určování hustoty a teploty atmosféry ve výškách 80 až 180 km.
- **VeRa** (Venus Radio Science Experiment) – rádiový experiment k průzkumu ionosféry, atmosféry a povrchu planety pomocí rádiových vln. Mimo jiné bude využívat monitorování rádiového spojení mezi sondou a Zemí ke studiu vlastností atmosféry. (snímek 5).
- **VIRTIS** (Ultraviolet/visible/near-infrared Mapping Spectrometer) – spektrometr pro studium složení dolních vrstev atmosféry pod mraky ve výšce 35 až 40 km. Používá tři měřicí kanály: pro pásmo viditelné, pro infračervené a pro infračervené s vysokým rozlišením.
- **VMC** (Venus Monitoring Camera) – širokoúhlá kamera, která pracuje v ultrafialovém, viditelném a blízkém infračerveném spektrálním pásmu.



Obr. 4

Objavili gigantickú ohnivú guľu

Masívna guľa horúceho plynu sa pohybuje v kope galaxií Abell 3266. Vysoká rýchlosť (až 1000 km/s a tlak zohriali plyn v objekte natoľko, že intenzívne žiari v röntgenovej oblasti spektra. Záhľadný objekt objavil satelit XMM Newton (ESA).

Horúca guľa plynu je najväčším objektom tohto druhu, aký sa doteraz objavil. S priemerom 5 miliónov svetelných rokov je jej objem tisíc miliónkrát väčší ako naša Slnčná sústava. Z nášho pohľadu sa v röntgenovom okne prejavuje ako okrúhla žiara s chvostom, pripomínajúcim kométu. Zdanlivý priemer: polovica Mesiaca v splne.

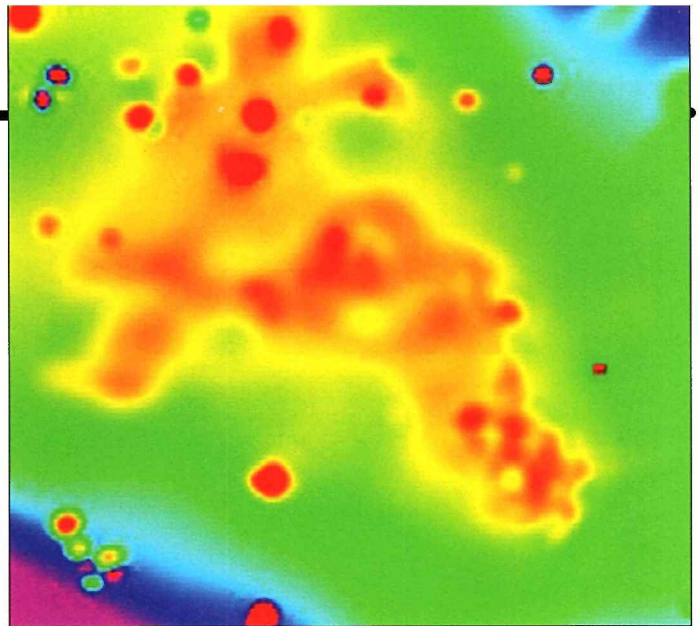
Rýchlosť obrovskej guľy plynu vedcov ohromila. Kopa galaxií Abell 3266, ktorú ohnivá guľa križuje, nachádza sa vo vzdialenosti niekoľkých miliónov svetelných rokov. V kope Abell 3266 pozorujú

jeme niekoľko stoviek galaxií a obrovské množstvo horúceho plynu s teplotou až sto miliónov stupňov Celzia. Galaxie a plyn udržiava pokope gravitácia tmavej hmoty.

Význam objavu nespočíva vo veľkosti plynovej guľy, ale v pochopení, akú úlohu hrá pri formovaní a evolúcii kozmických štruktúr.

Kopa galaxií Abell 3266, jedna z najväčších na severnej oblohe, je súčasťou superkopy Hodiny a objem kopy sa neustále aktívne zväčšuje a už dnes je jedným z najväčších zoskupení hmoty v blízkom vesmíre.

Na základe údajov z XMM Newton vyhotovili vedci entropickú mapu. (Entropia je termodynamická vlastnosť, pomocou ktorej meriame chaos.) Na mape rozlíšime pomocou röntgenových spektier studený a hustý plyn „super-



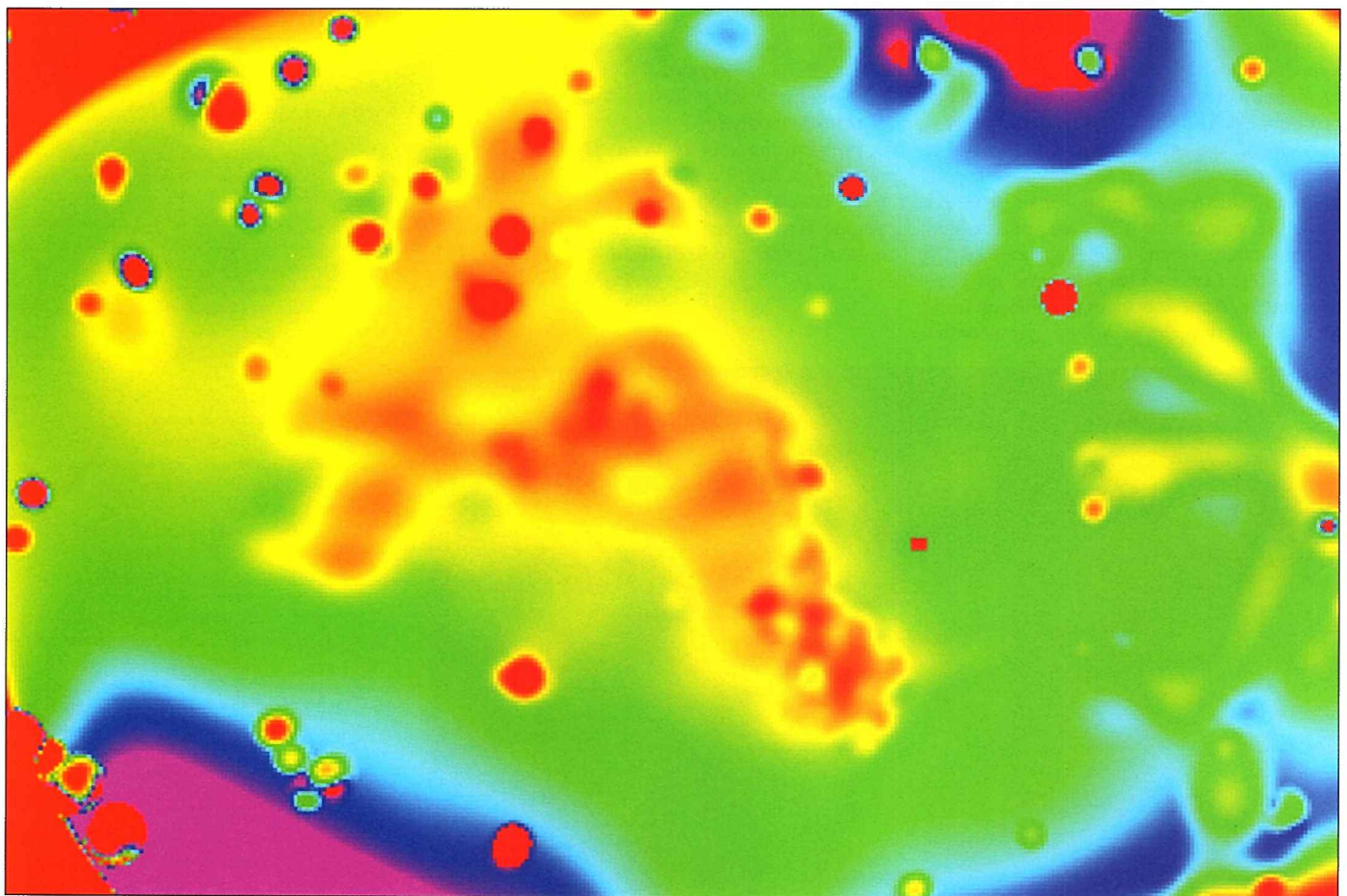
Guľa horúceho plynu v kope galaxií Abell 3266.

kométy“ od horúcejšieho a redšieho plynu v kope. Jadro je najhorúcejšie, plyn v chvoste je čoraz redší a chladnejší. Vedci vypočítali, že horúci oblak stráca každú hodinu množstvo plynu čo do hmotnosti porovnateľnú s našom Slnkom!

„V kope galaxií Abell 3266 pozorujeme formovanie štruktúr,“ komentuje Mark Henriksen, člen tí-

mu ESA. „Oblak drží pohromade tmavá hmota. Na svojej ceste kopou ho však gravitačné sily galaxií roztrhajú. Niektoré časti zhustnú iné sa rozplynú. V zhustkoch začne prebiehať hviezdotvorba. Z nových hviezd vzniknú hviezdokopy, ktoré sa časom stanú súčasťou niektorých z galaxií.“

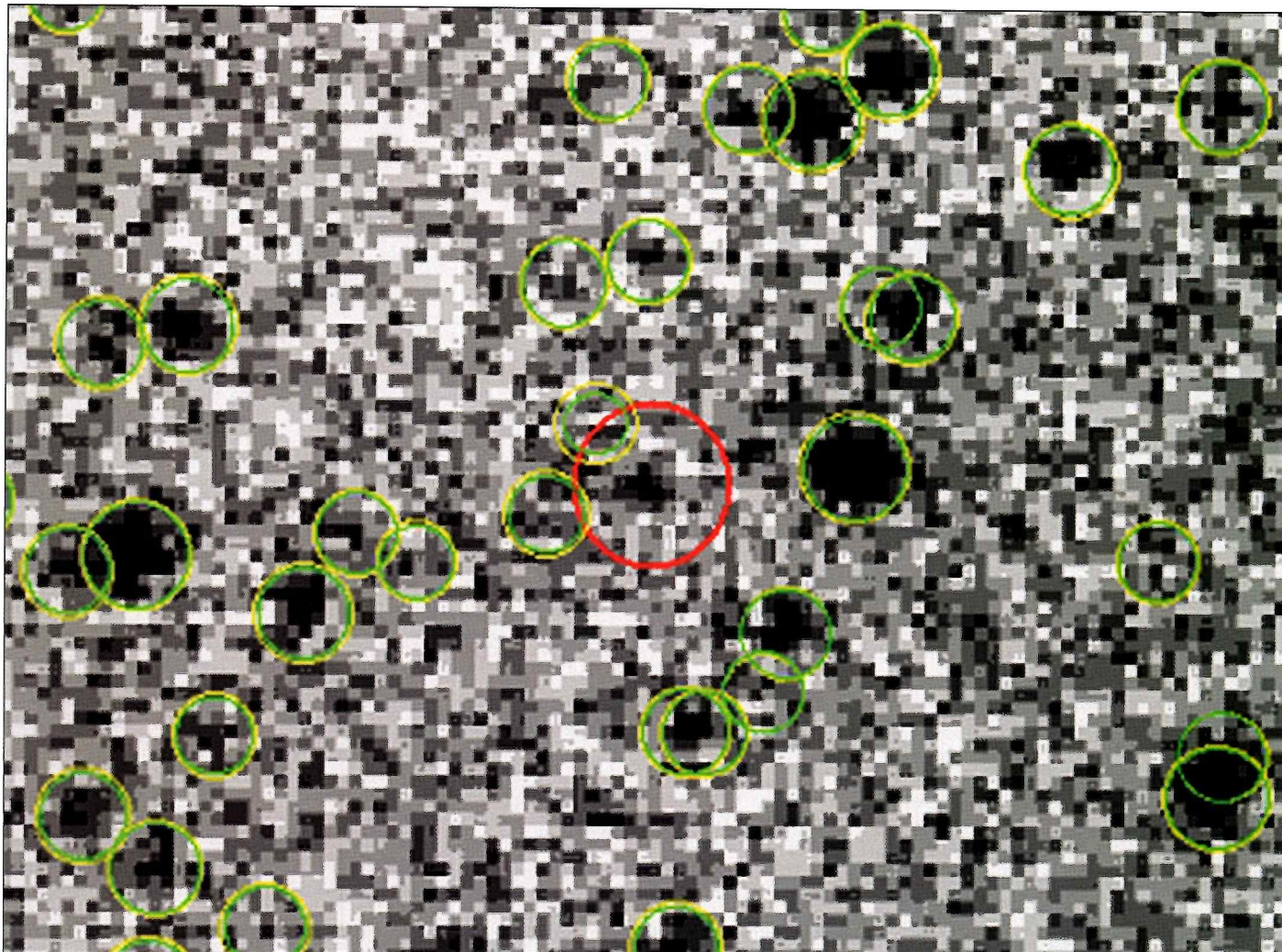
ESA News Release



Na röntgenovej snímke vidíte gigantickú guľu plynu, ktorá sa pohybuje rýchlosťou bezmála 1000 kilometrov za hodinu. Na prvý pohľad pripomína kométu (vymedzuje ju oranžová farba), hoci jej priemer je 5 miliónov svetelných rokov. Červenastá hlava „ohnivej kométy“ je vpravo dole. Riedky chvost je ohnutý, pretože nižší tlak nedokáže unikajúcu hmotu udržať pokope. Na tejto snímke, ktorá je vlastne entropickou mapou, zviditeľňuje červená farba oblasti s nižšou entropiou, ktorá je termodynamickým ukazovateľom chaosu, slabnúcej homogenity. Oranžové oblasti majú vyššiu entropiu, sú súdržnejšie.

FRAM:

už druhý zdroj žiarenia gama



Český robotický ďalekohľad FRAM zmeral približnú polohu už druhého optického protajšku kozmického žiarenia gama. (O prvom napísal J. Grygar do Kozmosu 2006/2). FRAM je jeden z prístrojov iba nedávno dostavaného medzinárodného observatória Pierra Augera v Argentíne. Ide o vzácnu korisť, pretože o zdrojoch GRB zatiaľ toho veľa nevieme.

Detekcia prvého zdroja veľmi jasného optického protajšku GRB 060117 sa posádke FRAM podarila ešte v januári tohto roku. Záznam gigantického explózie vo vzdialenom vesmíre zaznamenal FRAM 18. januára o 3:07 UT.

Záblesk z druhého zdroja GRB 060418 ako prvý detegoval satelit Swift. Už o 25 sekúnd bola správa o detekcii rozoslaná internetom do celého sveta. Prechod ďalekohľadu trval 28 sekúnd, takže expozícia prvej fotografie začala 53 sekúnd po začiatku vzplanutia. Podarilo sa získať celú sekvenciu snímku optického protajšku/zdroja:

šesť 20-sekundových, päť 40-sekundových a veľký počet 60-sekundových expozícií.

Počasia, nanešťastie, nebolo najideálnejšie. Oblohu prekrývala vysoká oblačnosť (cirry) a tak hraničná magnitúda bola nižšia o 1 až 1,5 magnitúdy ako pri optimálnych podmienkach. Na snímkach sa podarilo identifikovať zdroj s premenlivou jasnosťou, ktorý sa nenašiel v nijakom katalógu. Ide teda jednoznačne o optický protajšok/zdroj záblesku žiarenia gama. Kým ho FRAM pozoroval, záblesk dosiahol maximálnu jasnosť 13,8 magnitúdy. Ide o objekt v strede fotografie označený červeným kruhom. Ostatné objekty na snímke zakrúžkovali zeleno-žltými kruhmi. Sú to napospol hviezdy, ktoré sa v katalógu nachádzajú.

Na rozdiel od snímky prvého zdroja, ktorý FRAM detegoval v januári, zdroj GRB 060418 pozorovali aj posádky mnohých ďalších ďalekohľadov. Veľmi skoro sa podarilo identifikovať aj materskú galaxiu záblesku s červeným po-

sunom $z = 1,5$. Vedci vypočítali, že tento GRB vybuchol pred 9,5 miliardami rokov.

Aj tento úlovok ďalekohľadu FRAM je mimoriadne cenný, lebo sa mu podarilo fotografovať priebeh nástupu tzv. prednej rázovej vlny (forward shock). FRAM tak ukoristil snímky optického protajšku GRB nielen v čase, keď bol najjasnejší, ale aj predtým a potom.

Vzplanutia žiarenia gama (GRB) sú podľa všetkého dôsledkom gigantických explózií vo vzdialenom vesmíre, ktorých pôvod je nejasný. Astrofyzici sa nazdávajú, že ide o sprievodný jav výbuchu supernov či hypernov, prípadne gigantické kolízie masívnych objektov, počas ktorých sa uvoľňuje nesmierne množstvo energie, prejavujúcej sa v rozličných oblastiach spektra.

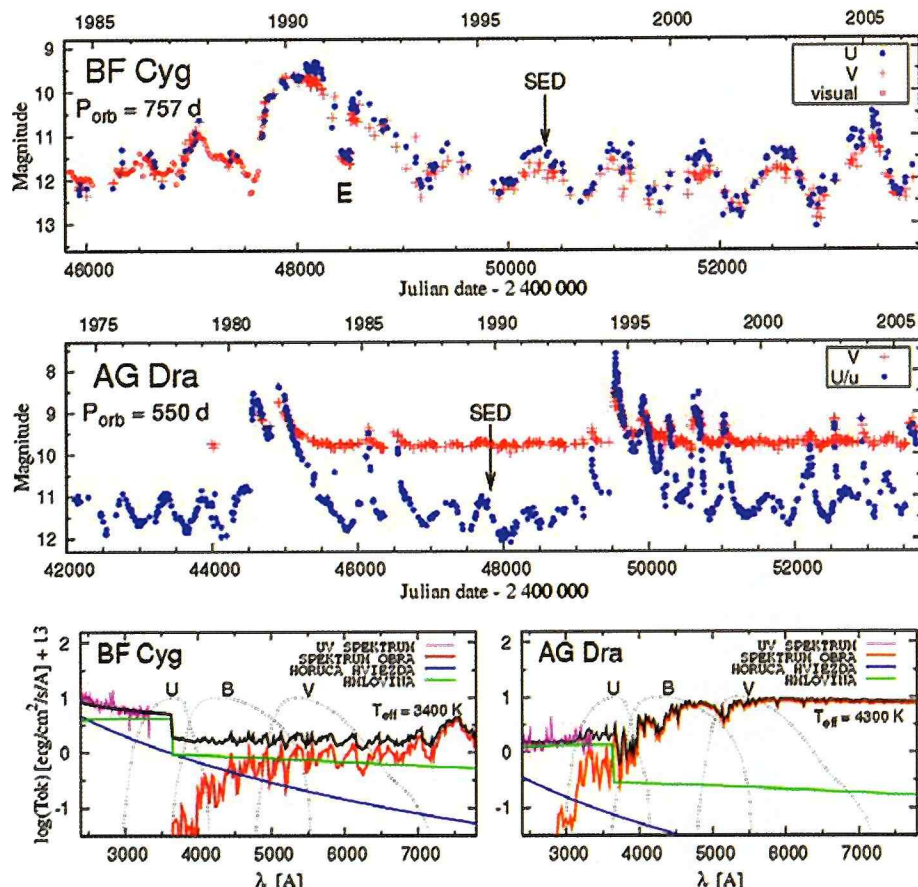
Vzplanutia GRB sú po big bangu najenergetickejšími úkazmi vo vesmíre, ale o ich genéze zatiaľ iba teoretizujeme. Aj preto, že donedávna sme zo spršok žiarenia s vysokou energiou nedokázali odhadnúť, kde ich zdroj máme hľadať. ČAV

Svetelné krivky

1. Úvod

Pojem svetelná krivka je v astronomickej praxi veľmi rozšírený. Znázorňuje priebeh jasnosti astronomického objektu na čase. Jasnosť zvyčajne vyjadrujeme vo hviezdnych magnitudách a čas sa udáva vo forme tzv. Juliánskeho dátumu (JD), čísla, ktoré rovnomerne narastá s jednotkou 1 dňa. Najčastejšie, najmä v amatérskej astronómii, sa svetelná krivka používa na štúdium zmien jasnosti vo viditeľnej oblasti spektra. Hovoríme tak o vizuálnej, U, B alebo V svetelnej krivke. V odbornej literatúre sa však závislosť na oblasti vlnových dĺžok veľmi nerešpektuje – termín svetelná krivka sa používa v jeho všeobecnom význame. Môžeme sa tak stretnúť aj s označením ultrafialová, infračervená alebo rádiová svetelná krivka, ktoré často reprezentujú funkčnú závislosť tokov žiarenia v danej oblasti vlnových dĺžok, alebo aj len v spektrálnych čiarach. V tejto kapitole našich rozpráv budeme uvažovať výlučne len prípad svetelných kriviek v ich pôvodnom ponímaní, ako závislosť jasnosti v optickej oblasti svetla, vyjadrenej v hviezdnych magnitudách, na čase. Niekedy je výhodné použiť ako časovú jednotku obežnú periódu dvojhviezdy. Potom hovoríme o tzv. fázovej svetelnej krivke, alebo diagrame. V takom prípade totiž možno lepšie študovať svetlo sústavy v rôznych polohách voči vonkajšiemu pozorovateľovi, čo uľahčuje odlíšiť svetlo, ktoré sa mení práve len v dôsledku obežného pohybu zložiek dvojhviezdy.

Svetelné krivky symbiotických hviezd majú veľmi komplikovaný, a najmä neočakávaný priebeh. Je to dané tým, že do viditeľnej oblasti spektra prispievajú výrazným podielom všetky tri základné zložky žiarenia, ako sme si ich predstavili v I. časti. Napríklad, kombináciou zdrojov svetla extrémne rozdielnych teplôt (horúci objekt, chladný obor) a aj podstaty (hmlovinná a hviezdna zložka) vznikajú také farebné indexy, ktoré sa výrazne odlišujú od štandardných hodnôt meraných pre väčšinu astronomických objektov. K tomu pristupujú optické vlastnosti hmloviny, jej tvarovanie a lokalizácia v sústave, čo spôsobuje dodatočné variácie svetla, ktoré závisia od smeru pozorovania dvojhviezdy. Navyše, nie zriedkavo pozorujeme vzplanutie, pri ktorých sa jasnosť sústavy zvyšuje až o niekoľko magnitud a dochádza k výraznému prerozdeleniu energie v spektre. Všeobecne sa najvýraznejšie zmeny prejavujú v krátkovlnnej časti vizuálnej oblasti, najmä teda vo fotometrickom filtri U. V tomto pásme je zvyčajne dominantným zdrojom svetla hmlovina, ktorá najcitlivejšie reaguje na zmeny energetickej rovnováhy v symbiotickej sústave. Rozmanitosť zmien, ktoré sú zaznamenané v svetelných krivkách symbiotických hviezd, je preto obrovská. Mnohým zatiaľ celkom nerozumieme, nie-



Obrázok 1. Svetelné krivky BF Cyg a AG Dra v U a V filtroch. Zákrytová sústava BF Cyg ukazuje počas aktivity relatívne úzke minimum – zákryt (označený E) a počas pokoja výraznú vlnovú variáciu s amplitúdou $\Delta U \sim \Delta V \sim 1,5$ mag. Žltá symbiotická hviezda AG Dra nie je zákrytová. Amplitúdy jej vlnových variácií sú výrazne rozdielne: $\Delta U \sim 1$ mag, $\Delta V \sim 0,1$ mag. Spodné panely ukazujú rozdelenie energie v oblasti UVB filtroch, ktoré vysvetľuje pozorované rozdiely vlnových variácií (viď text).

ktorým len sčasti a pre iné len zvažujeme možnosti ich pôvodu.

V tejto rozprave si predstavíme aspoň najvýraznejšie charakteristické zmeny, pozorované v svetelných krivkách symbiotických hviezd a pokúsime sa o vysvetlenie ich podstaty. Pri interpretácii budeme vychádzať z rozdelenia energie vo vizuálnej oblasti vlnových dĺžok tak, ako sme ho predstavili v I. časti. Keďže významnú úlohu hrá hmlovinná zložka žiarenia, bližšie si vysvetlíme aj najjednoduchší model ionizačnej štruktúry symbiotických hviezd. V nasledujúcej kapitole najprv predstavíme prehľad základných charakteristík ich svetelných kriviek.

2. Základná klasifikácia svetelných kriviek symbiotických hviezd

Tabuľka 1 zhrňa prehľad hlavných variácií pozorovaných v svetelných krivkách klasických symbiotických hviezd. V podstate možno rozlíšiť dva typy zmien – 1. periodické a 2. ne-

pravidelné. V rámci periodických variácií rozlišujeme tie, ktoré nejakou súvisia s obežným pohybom zložiek dvojhviezdy, a tie, ktoré s ním nesúvisia. Periodické, orbitálne viazané variácie sú prítomné takmer v každej svetelnej krivke symbiotickej hviezdy – patria k ich najvýraznejším rysom. Počas pokojných fáz pozorujeme vlnový profil svetelnej krivky, v ktorom minimá a maximá nastávajú v okolí konjunkcií zložiek dvojhviezdy. Dolná konjunkcia obra (t.j. keď sa nachádza medzi horúcou hviezdou a pozorovateľom) odpovedá minimu (orbitálna fáza $\phi \sim 0$) a naopak, pri jeho hornej konjunkcii (horúca hviezda je vpredu) pozorujeme maximum svetla ($\phi \sim 0,5$). Obrázok 1 ukazuje príklad tohto typu svetelných variácií pre BF Cyg (obsahuje červeného obra spektrálneho typu M5; $T_g \sim 3400$ K) a AG Dra (žltý obor K2; $T_g \sim 4300$ K). Je charakterizovaný veľmi veľkým rozdielom svetelných zmien, $\Delta m \sim 1 - 2$ mag, odpovedajúcich minimu a maximu jasnosti. Vo všetkých prípadoch je táto „amplitúda“ vždy

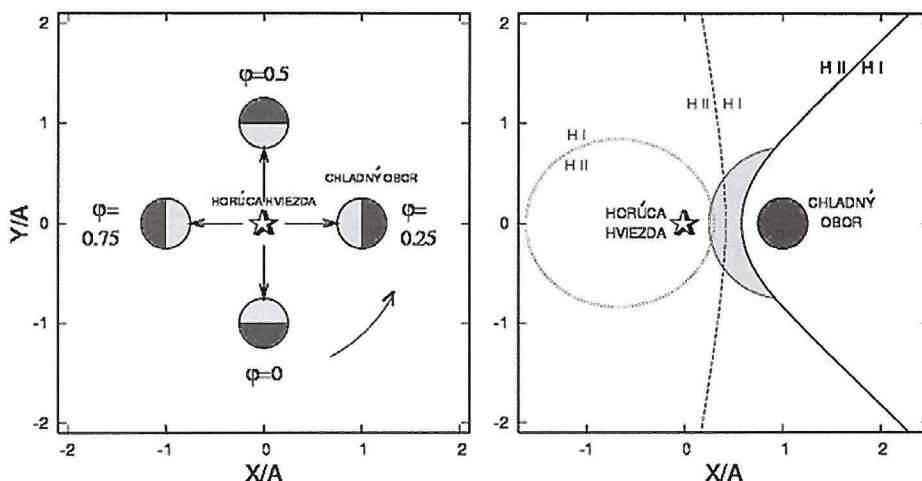
väčšia v modrej časti spektra než v červenej, teda $\Delta U > \Delta B > \Delta V$. Je to prirodzený dôsledok silnejšieho príspevku žiarenia obra vo filtrí V než v U, ako je zreteľne vidieť z rozdelenia energie v spektre (obr. 1). Svetlo obra je totiž nezávislé od orbitálnej fázy a výrazne sa zosilňuje smerom k dlhším vlnovým dĺžkam, zatiaľ čo žiarenie hmloviny má opačný priebeh (dominuje v U pásme a je slabšie vo V) a je príčinou orbitálne viazanej variácie (viď kapitola 3). Keďže v optickej oblasti spektra je výsledné žiarenie dané prakticky len príspevkami obra a hmloviny, amplitúda svetelných zmien sa znižuje s narastajúcou vlnovou dĺžkou, kde konštantná zložka žiarenia chladnej hviezdy je čoraz silnejšou. V prípadoch tzv. žltých symbiotických hviezd (obsahujú obra spektrálneho typu K až G) je príspevok chladnej zložky vo V oblasti veľmi silný, čo spôsobuje podstatne menšie zmeny vlnových variácií jasnosti vo V filtrí než v U, teda $\Delta U/\Delta V \gg 1$. Pokiaľ sústava obsahuje červeného obra, nie je jeho príspevok vo V pásme až taký silný ako pre žlté symbiotické hviezdy, čiže pozorujeme $\Delta U/\Delta V \geq 1$. V príklade na obr. 1 je $\Delta U/\Delta V \sim 1.4$ pre BF Cyg, zatiaľ čo pre žltú symbiotickú hviezdu AG Dra je $\Delta U/\Delta V \sim 10$. Teda, ak nám fotometrické meranie ukáže výrazný rozdiel amplitúd v U (prípadne B) a V (prípadne R) filtroch, je to signál toho, že ide o žltú symbiotickú hviezdu.

Počas aktívnych fáz sústav s vysokým sklonom obežnej dráhy dochádza ku náhlej zmene profilu mínim – široké minimá tvaru vlny sa menia na úzke. Sú spôsobené zákrytom aktívneho horúceho objektu hviezdny diskom chladného obra. Zo spektroskopických pozorovaní vieme, že počas aktivity sa okolo centrálnej horúcej hviezdy vytvára opticky hrubá obálka, tzv. falošná fotosféra (viď Rozpravu I.), ktorá sústreďuje do jej blízkosti podstatnú časť žiarenia. Keďže falošná fotosféra svieti pri výrazne nižšej teplote (okolo 22 000 K) než v pokojnej fáze (okolo 100 000 K), maximum jej žiarenia sa posúva ku dlhším vlnovým dĺžkam (Wienov posunovací zákon). Tento efekt spôsobí, že príspevok takejto falošnej fotosféry sa výrazne zvýši v optickej oblasti spektra, najmä v U, kde sa stáva dominantným zdrojom – prevyšuje svetlo hmloviny a obra. Pretože polomer falošnej fotosféry je malý, okolo 1 polomeru Slnka (pozri obr. 3 v Rozprave I.), potom v okolí orbitálnej fázy 0 ju obria chladná hviezda ľahko zakryje na čas približne jednej desatiny obežnej periódy (cca. 2 až tri mesiace), čo zodpovedá ich polomerom a veľmi dlhým obežným periódam. Aj v tomto prípade hĺbka mínim spĺňa vzťah: $\Delta U > \Delta B > \Delta V$, lebo príspevok horúceho objektu klesá smerom k červenému konci spektra a žiarenie obra, ktoré nie je predmetom zákrytu, tu naopak narastá.

Periodické variácie, ktoré nesúvisia s orbitálnym pohybom zložiek dvojhviezdy, sú najvýraznejšie v červenej časti spektra (vo filtroch V, R, I). Ich typické periódy sa pohybujú od desiatok po stovky dní. Tieto vlastnosti naznačujú, že môžu byť spôsobené vlastnou premennosťou obrých chladných zložiek. Najdiskutovanejšou príčinou sú ich pulzácie (napr. CH Cyg, CI Cyg, AG Dra a symbiotické miridy). Vzťah medzi vlastnou premennosťou obrov v symbiotických

Typ variability	Príklady	Interpretácia
A. Periodická		
Úzke minimá	AR Pav, AX Per, CI Cyg, BF Cyg, CH Cyg, YY Her	● Zákryt horúceho objektu chladným obrom
Vlnová variácia	<i>Pokojná fáza</i>	
(i) $P \approx P_{orb}$	Z And, AG Peg, BF Cyg, AG Dra, V443 Her, ...	● Opticky hrubá H II zóna ● „Reflexný efekt“
	<i>Aktívna fáza</i>	
	AR Pav, AX Per, AS 296	● Zrážková oblasť v blízkosti červeného obra ● Precesia akrečného disku
(ii) $P \approx 0.5 \times P_{orb}$	T CrB, BD-21 ^o 3873, He2-467, EG And, YY Her, (CI Cyg)	● Slapová deformácia obra ● Opticky hrubá H II zóna, ● Okultácia horiacim objektom
(iii) $P \neq P_{orb}$	CH Cyg, AG Dra	● Pulzácia obra
	Symbiotické miridy	
B. Nepravidelná		
<u>Krátkodobé:</u>		
- flickering	T CrB, CH Cyg	Horúca škvrna (?)
- niekoľkonásobné zjasnenia	AG Dra, Z And	Nestabilita AD, ionizácia (?)
<u>Dlhodobé:</u>		
- vzplanutia	Symbiotické novy	Termonukleárne horenie

Tabuľka 1. Prehľad hlavných variácií pozorovaných v svetelných krivkách symbiotických hviezd.



Obrázok 2.: Ľavý panel: Schéma efektu odrazu (zanebáva vplyv ionizácie hviezdneho vetra obra). Pravý panel: Hranice ionizácie (HII/HI) hviezdneho vetra chladného obra pre silný (hrubá plná čiara), priemerný (prerušovaná čiara) a slabý (bodkovaná čiara) zdroj ionizujúcich fotónov (t. j. horúca hviezda). Opticky hrubá časť pre prvý prípad je znázornená sivou časťou.

hviezdach a aktivitou horúcich zložiek nebol zatiaľ preukázaný.

Nepravidelné a v podstate nepredvídateľné zmeny jasnosti na dlhých časových škálach sú najčastejšie spôsobené vzplanutiami. Štúdium podstaty vzplanutí patrí v súčasnosti k hlavným problémom v porozumení symbiotického javu. Energetická bilancia vzplanutí navrhuje len základné možnosti – zapálenie termonukleárneho horenia vodíka na povrchu bieleho trpaslíka a/alebo nestabilitu akrečného disku. Súčasná teoretická znalosť však nedokáže uspokojivo vysvetliť, napríklad, častú opakovateľnosť a nízku amplitúdu vzplanutí klasických symbiotických hviezd.

Medzi nepravidelnými zmenami jasnosti na časových škálach sekúnd až hodín je najznámejší tzv. flickering (blikanie). Zmeny jasnosti dosahujú až niekoľko desiatín magnítúdy a sú najvýraznejšie v modrej oblasti spektra. Flickering bol dobre pozorovaný pre CH Cyg

a symbiotické rekurentné novy T CrB a RS Oph. Podľa analógie s kataklizmičnými premennými hviezdami by zdrojom flickeringu mohla byť horúca škvrna na okraji akrečného disku, kde dochádza ku zrážke prúdu hmoty, prenášaného cez vnútorný Lagrangeho bod L_1 . Pre symbiotické dvojhviezdy však táto interpretácia naráža na hlavný problém vyplňania Rocheovho laloku chladným obrom, ktoré dosiaľ nebolo jednoznačne preukázané pre žiadnu symbiotickú sústavu.

3. O podstate vlnových variácií

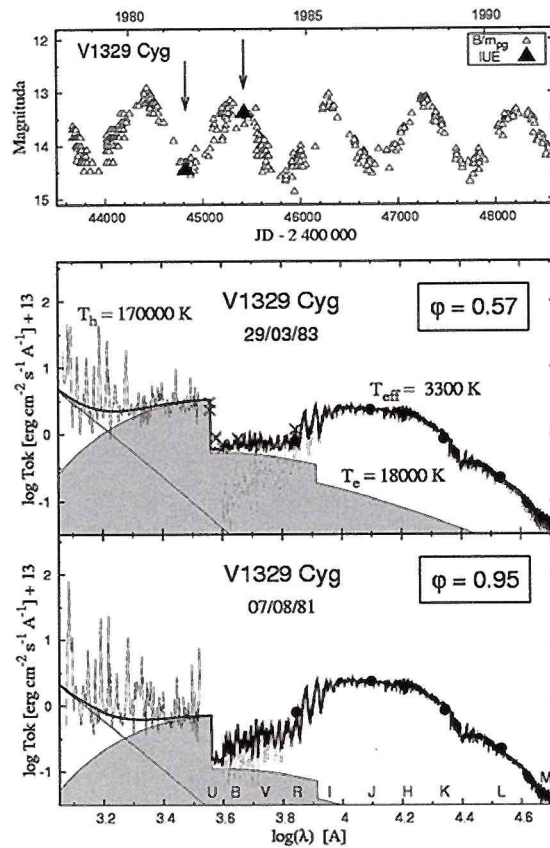
3.1. Efekt odrazu

Na vysvetlenie vlnových, orbitálne viazaných variácií svetla symbiotických hviezd bol pôvodne navrhnutý efekt odrazu. V rámci tohto modelu horúca hviezda ožaruje a zohrieva privrátenú pologuľu obra, ktorá potom spôsobuje vlnovú moduláciu jasnosti tým, že sústavu pozorujeme v rôznych orbitálnych polohách,

z ktorých vidíme rozdielne časti ožiarenej pologule obra. V princípe je to to isté, ako keď pozorujeme fázy Mesiaca. V dolnej konjunkcii obra ($\varphi \sim 0$; analógia novu Mesiaca) pozorujeme minimum svetla, a opačne, okolo hornej konjunkcie obra ($\varphi \sim 0.5$; analógia splnu Mesiaca) maximum. Schému efektu odrazu znázorňuje ľavý panel obr. 2. Pre symbiotické hviezdy však toto prirodzené vysvetlenie nemá fyzikálne opodstatnenie. Napríklad, model odrazu nie je schopný vysvetliť príliš veľkú amplitúdu pozorovaných zmien jasnosti, ale predovšetkým je v rozpore s ich základným ionizačným modelom (pravý panel obr. 2). Pokúsme si predstaviť len okrajové situácie. V prípade čistého odrazu svetla závisí zmena jasnosti od vzájomnej vzdialenosti zložiek dvojhviezdy, ich svietivostiach a polomeru obra. Pre charakteristické hodnoty týchto parametrov symbiotických hviezd čistý odraz môže spôsobiť moduláciu jasnosti s amplitúdou maximálne 0,1 magnitudy. V prípade zohrievania (dopadajúce žiarenie je transformované na zohrievanie obra) sa teplota pologule obra, prirátenej ku horúcej hviezde, zvýši maximálne len o niekoľko desiatok stupňov. Dá sa jednoducho odhadnúť, že takýto malý teplotný rozdiel medzi zohriatou a odvrátenou pologulou obra nemôže spôsobiť pozorovanú amplitúdu v svetelných krivkách. Všeobecne, hlavným problémom efektu odrazu je, že predpokladá jestvovanie emisnej oblasti na fotosfére obra alebo v jej blízkosti. Takáto oblasť je príliš malá na to, aby bola schopná vyvolať pozorovanú zmenu jasnosti 1 – 2 mag, ale najmä jej vznik na povrchu obrej hviezdy odporuje podmienkam ionizácie v symbiotických hviezdach. V ceste žiarenia od horúcej hviezdy smerom ku obrovovi totiž „stojí“ značné množstvo neutrálnych atómov, produkovaných masívnym hviezdovým vetrom obra, ktoré spotrebúva výraznú časť energie horúceho žiarenia na svoju ionizáciu, čím dáva vznik hmlovinnému žiareniu. Vidíme, že k správnej interpretácii periodických vlnových variácií potrebujeme poznať, ako vlastne hmlovina vyzereá a svieti. Preto si predstavíme najjednoduchší model ionizačnej štruktúry v symbiotických hviezdach.

3.2. Ionizačný model symbiotických hviezd

Pri zrážke fotónu s neutrálnym atómom môže dôjsť k oddeleniu elektrónu, tzv. ionizácii atómu. Podmienkou je, aby fotón mal dostatočnú energiu. Pre naše úvahy plne postačí uvažovať len atómy neutrálneho vodíka, ktorých početnosť medzi ostatnými prvkami je výrazne najvyššia (až 90 percent). V tomto prípade k ionizácii potrebujeme fotóny s energiou aspoň 13,6 eV (1 elektronVolt = $1,6 \times 10^{-19}$ J), respektíve žiarenie s vlnovou dĺžkou kratšou ako 912 Å. Sú horúce hviezdy v symbiotických sústavách silným zdrojom takého žiarenia? Odpoveď je, áno. Vieme, že počas pokojných fáz svietia pri veľmi vysokých teplotách nad 100 000 K, a to s obrovskou svietivosťou okolo 1 000 Slnk (pozri Rozprava I.). Lahko sa presvedčíme (napr. nakreslením odpovedajúcej Planckovej krivky), že pri takých teplotách viac ako 90 percent z celkového žiarenia má vyššiu energiu, ako je ionizačná energia atómu vodíka, teda je vyžarované v oblasti $s \lambda < 912 \text{ \AA}$, t. j.



Obrázok 3: Vlnové, orbitálne viazané variácie v svetelných krivkách spôsobuje variácia žiarenia hmloviny. V dolnej ($\varphi \sim 0$) a hornej ($\varphi \sim 0.5$) konjunkcii obra sú zmeny príspevku hmloviny najvýraznejšie. Jasnosti odvodené z odpovedajúcich IUE spektier (\blacktriangle) perfektne súhlasia s fotometrickými magnitudami (Δ).

v ďalekej až extrémnej UV oblasti a v oblasti žiarenia X. Pre naše úvahy je užitočné si vyjadriť túto energiu počtom fotónov. Každý vlnovej dĺžke odpovedajú fotóny určitej energie ($= h \cdot c / \lambda$). Keďže vieme, aká energia je v danej vlnovej dĺžke vyžarovaná (zo svietivosti a rozloženia energie), jej pomer ku energii jedného fotónu určuje ich počet. Súčtom týchto počtov pre všetky vlnové dĺžky od 0 po 912 Å, potom dostaneme celkový počet fotónov schopných ionizovať atóm vodíka. V našom prípade, typická horúca hviezda v symbiotickej sústave produkuje každú sekundu rádovo 10^{43} až 10^{44} ionizujúcich fotónov! Aby bolo možné odhadovať geometrickú štruktúru ionizovanej oblasti, potrebujeme poznať množstvo neutrálnych atómov vodíka, ktoré v danom mieste s ionizujúcim žiarením interaguje. Sú chladní obri v symbiotických dvojhviezdach dostatočne silným zdrojom atómov neutrálneho vodíka? Odpoveď je taktiež áno. Vieme, že rýchlosť straty hmoty hviezdovým vetrom chladných zložiek je v priemere niekoľko krát 10^{-7} hmotností Slnka za rok, čo je rádovo 10^{19} gramov za sekundu. Nakoľko hmotnosť jedného atómu vodíka je približne 10^{-24} gramov, je tok neutrálnych atómov hviezdneho vetra obrov rádovo 10^{43} častíc za každú sekundu. Takéto dva silné zdroje – ionizujúceho žiarenia a neutrálneho vodíka – spôsobujú vznik veľmi kompaktnej (koncentrácia častíc vetra medzi zložkami dvojhviezdy sa pohybuje medzi 10^9 až 10^{13} v kubickom centimetri) a svietivej (okolo 100 Slnk)

hmloviny. Takými vlastnosťami sa hmlovina v symbiotickej sústave výrazne odlišuje od planetárnych hmlovín, ktoré sú podstatne rozsiahlejšie s koncentraciami len $10^3 - 10^6$ častíc v kubickom centimetri.

Štruktúra hmloviny v symbiotickej hviezde je určená hranicou medzi ionizovanou a neutrálnou časťou hviezdneho vetra obra, na ktorej nastáva rovnováha medzi tokom ionizujúcich fotónov a tokom atómov neutrálneho vodíka. Nakoľko sú zdroje ionizujúceho žiarenia a častíc fyzicky oddelené (horúca a chladná hviezda), je zjavné, že tvar hmloviny nebude sféricky symetrický. Obrázok 2 na pravom paneli ukazuje príklady štruktúry symbiotických hmlovín, vznikajúcich ionizáciou vodíka, pre stacionárny prípad (dvojhviezda nerotuje a vplyv gravitačného poľa horúcej hviezdy na častice vetra sa zanedbáva). V prípade, keď ionizačná schopnosť horúcej hviezdy vysoko prevyšuje produkciu neutrálnych atómov hviezdovým vetrom, hmlovina (t. j. ionizovaná časť vetra) zaberá podstatnú časť celej sústavy; neutrálna časť vetra predstavuje viac či menej otvorený kužeľovitý útvar obsahujúci chladného obra pri jeho vrchole. Keď sú oba toky – častíc a fotónov – približne rovnaké, hranica ionizácie je kolmá na spojnicu zložiek a nachádza sa približne v jej polovici. V prípade veľmi nízkej ionizačnej schopnosti hmlovina môže byť uzavretá, t. j. obklopená neutrálnymi atómami. V každom prípade je hmlovina fyzicky oddelená od povrchu chladného obra, pričom svojou veľkosťou výrazne prevyšuje jeho polomer. Hmlovina je významným zdrojom svetla, ktorého intenzitu a variácie zaznamenávame v svetelných krivkách. Táto skutočnosť jednoznačne vylučuje efekt odrazu, ako správnu interpretáciu vlnových, orbitálne viazaných variácií v svetelných krivkách. Čo teda spôsobuje tento druh variácií? Ako hmlovina v symbiotickej sústave môže ovplyvňovať pozorované svetlo?

3.3. Vplyv hmloviny na profil svetelných kriviek

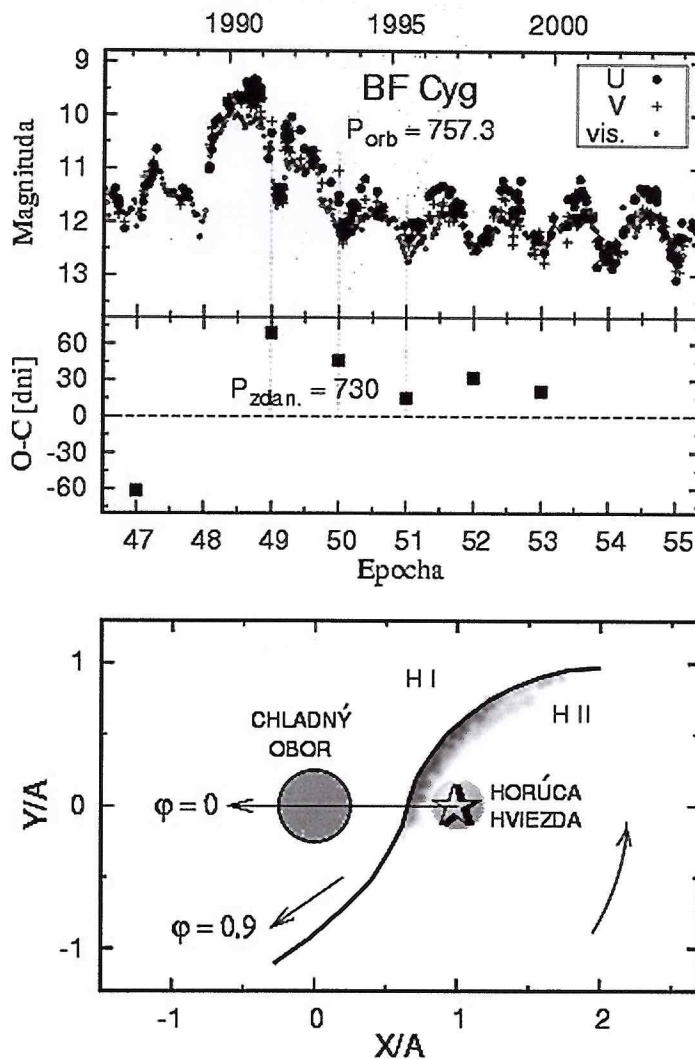
Počas pokojných fáz vykazujú rozdelenie energie v optickej oblasti spektra, meraného v rôznych polohách sústavy, rovnakú závislosť príspevku hmloviny, akú pozorujeme v svetelných krivkách. Maximum, respektíve minimum žiarenia hmloviny pozorujeme v okolí konjunkcií zložiek dvojhviezdy, podobne ako pre periodickú vlnovú variáciu fotometrických magnitud (pozri kapitola 2). Obrázok 3 ukazuje príklad rozdelenia energie v spektre symbiotickej sústavy V1329 Cyg v okolí konjunkcií jeho zložiek. Z obrázku je vidieť, že v dolnej ($\varphi \sim 0$), respektíve hornej ($\varphi \sim 0.5$) konjunkcii obra je miera emisie hmloviny minimálna, respektíve maximálna, a v svetelnej krivke pozorujeme minimum, respektíve maximum. Možno teda uzavrieť, že príčinou vlnových, orbitálne viazaných variácií svetla sú variácie príspevku

hmloviny v spektre. Keď je to tak, potom musí existovať vzťah medzi jasnosťou sústavy vyjadrenou v magnitúdach a mierou emisie hmloviny (EM). Za predpokladu, že v danom fotometrickom páse prevláda svetlo hmloviny, prevedením toku žiarenia na magnitúdy pomocou Pogsonovej rovnice možno ukázať, že, napríklad pre fotometrický pás U, platí

$$m_U = -2.5 \log(EM) + C_U, \quad (1)$$

kde konštanta C_U závisí od emisného koeficientu hmloviny a príspevku magnitúdy 0. Jej vyjadrenie je odvodené v pôvodnej práci autora (Astronomy & Astrophysics, 366, 157–165 [2001]). Tento vzťah umožňuje rekonštrukciu svetelnej krivky zo spektroskopických pozorovaní, z ktorých vieme určiť mieru emisie hmloviny. Na obr. 3 v hornom paneli sme takto odhadli B magnitúdy z IUE spektier pre V1329 Cyg. V danom prípade bolo potrebné urobiť dodatočnú korekciu o konštantný príspevok obra v B filtri, ktorý mierne znížil amplitúdu. Vidíme, že súhlas medzi fotometrickými hodnotami magnitúd a tými určenými podľa vzťahu (1) je veľmi dobrý. Výsledok tak potvrdzuje jednoznačnú súvislosť medzi variáciami príspevku hmloviny a fotometrickými meraniami, najmä v U a B filtroch, v ktorých je žiarenie hmloviny najsilnejšie.

Poslednou otázkou zostáva, „čo je príčinou, že sa pozorovaný príspevok žiarenia hmloviny mení s orbitálnou fázou dvojhviezdy?“ Je pravdepodobné, že ide len o zdanlivé zmeny emisie hmloviny, ktoré sú dôsledkom jej pozorovania v rozdielnych orbitálnych fázach. To znamená, že časť prostredia, ktoré toto žiarenie produkuje, musí byť opticky hrubé. Ináč povedané, určitá časť hmloviny s najvyššími hustotami je nepriehľadná pre fotóny, ktoré vznikajú vo väčších vzdialenostiach v smere pozorovania, teda ako keby ich zakrývala. Pokiaľ je hmlovina sféricky nesymetrická, ľahko si predstaviť, že množstvo takto „zakrývaného“ žiarenia bude závisieť od smeru pozorovania, a tak vytvárať fázovo závislú moduláciu jasnosti sústavy. V rámci nášho jednoduchého ionizačného modelu (obr. 3, pravý panel) sa opticky hrubá časť hmloviny bude rozkladať medzi horúcou hviezdou a hranicou ionizácie, kde možno očakávať najvyššie hustoty. Vieme totiž, že koeficient nepriehľadnosti ionizovaného prostredia je úmerný koncentrácii častíc, ktorá v našom prípade klesá so štvorcom vzdialenosti od obra, ktorý tieto častice produkuje. V prípade rozsiahlych hmlovín bude opticky hrubá časť formovaná v tvare akéhosi klobúka vypuknutého v smere ku horúcej hviezde (obr. 3). Takýto útvar bude zakrývať (utlmovať) najväčšie množstvo zvyšného žiarenia vo fáze 0 (t.j. keď dvojhviezdu pozorujeme zo strany obra) a najmenšiu časť vo fáze 0,5, keď je vpredu horúca hviezda, čo je v súhlase s fotometricky pozorovanými zmenami jasnosti. V prípade kompaktnej (uzavretej) hmloviny, môže byť maximum svetla v okolí $\varphi \sim 0,5$ veľmi široké, niekedy sa môže vytvoriť aj plytké sekundárne minimum (napr. AX Per, CI Cyg). Tento najjednoduchší idealizovaný prípad tvarovania hmloviny v symbiotickej sústave umožňuje kvalitatívne vysvetliť len najzreteľnejšie rysy svetelných kriviek, ako práve opísanú



Obrázok 4: Svetelná krivka BF Cyg pokrývajúca obdobie posledného vzplanutia. Počas prechodu z maxima do pokojnej fázy O-C diagram indikuje zdanlivú periódu len 730 dní (epochy $E = 49, 50, 51$). Pred vzplanutím dochádza k náhlej zmene polohy minimá v dôsledku vytvorenia sa falošnej fotosféry; perióda (t.j. časový rozdiel okamihov minim) sa predlží. Neurčitosti polôh minim sú menšie ako ± 20 dní ($E = 47$). Spodný panel znázorňuje schému ionizačnej hranice so zahrnutím efektu orbitálneho pohybu dvojhviezdy. Počas pokojnej fázy je opticky hrubá časť hmloviny (t.j. HII oblasť) nesymetrická s osou dvojhviezdy a má pozdĺžny tvar (sivá časť) – minimum svetla pozorujeme pred konjunkciou ($\varphi \approx 0,9$). Počas aktivity sa štruktúra hmloviny výrazne mení. Hlavným zdrojom optického svetla je falošná fotosféra – v svetelnej krivke pozorujeme zákryt v polohe konjunkcie ($\varphi = 0$).

vlnovú variáciu. Presná ionizačná štruktúra symbiotickej sústavy, ktorá by zahŕňala efekt rotácie a gravitačného pôsobenia horúcej hviezdy, zatiaľ nebola teoreticky skúmaná. Z pozorovaní vieme, že pri prechode z pokojnej do aktívnej fázy a opačne, dochádza ku drastickým zmenám vlastností hmloviny (pozri Rozprava I.). Okrem výraznej zmeny profilu minim – zo širokých na úzke a opačne – bol objavený aj efekt systematickej zmeny polôh minim. V nasledujúcej kapitole si tento efekt bližšie vysvetlíme.

4. Zdanlivé zmeny orbitálnych periód

Všeobecne, tvar a poloha minima v svetelnej krivke sú určené geometriou a rozložením hlavného zdroja optického žiarenia v zákrytovej dvojhviezde. Pre dvojhviezdy so slabou inter-

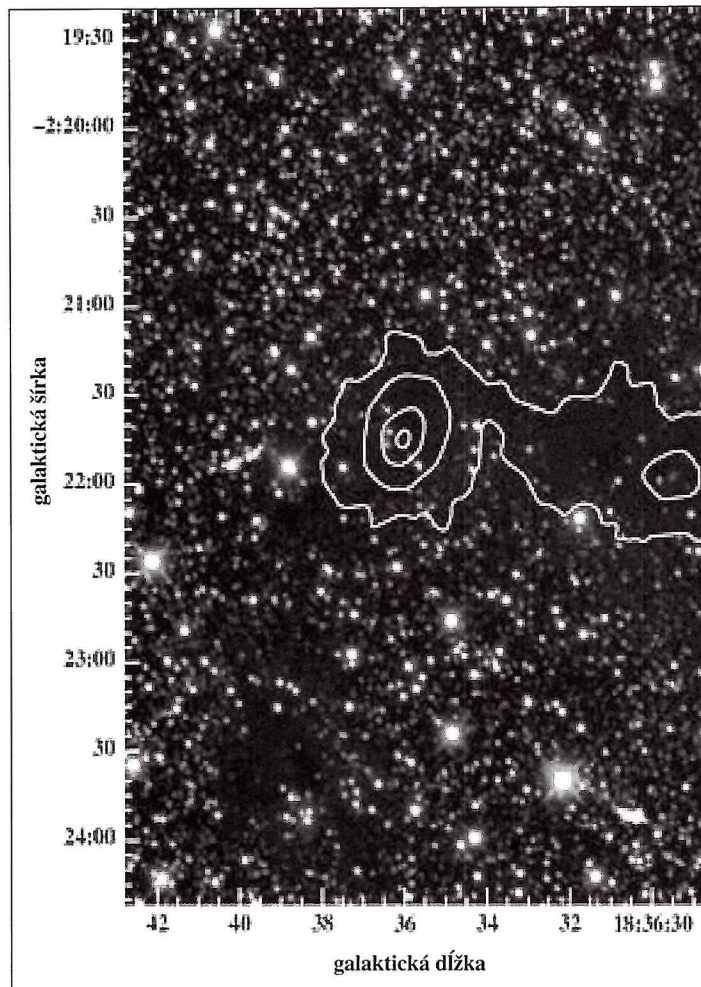
akciou je tento zdroj identický s fotosférou svietivejšej zložky. V prípade symbiotických hviezd je dominantným zdrojom viditeľného svetla (najmä v pokojných fázach) hmlovina, ktorej najsvietivejšie časti sú lokalizované medzi obrom a horúcou hviezdou, a ktorej štruktúra sa výrazne mení počas aktívnych fáz. Preto možno očakávať výrazné zmeny ako tvaru, tak polohy minim. Tieto efekty sú najzreteľnejšie u zákrytových symbiotických sústav. V kapitole 2 sme opísali zmeny širokých minim vlnového profilu na úzke minimum v dôsledku tvorby falošnej fotosféry počas aktívnych fáz. Systematické zmeny v ich polohách ukážeme na svetelnej krivke BF Cyg, ktorá pokrýva obdobie pred, počas a po vzplanutí. Obrázok 4 ukazuje O – C diagram pre pozorované minimum. Vidíme, že časové rozdiely medzi pozorovanými (O) a predpovedanými (C) okamihmi minim dosahujú až 60 dní, čo je takmer 0,1 orbitálnej fázy. Pre výpočet polôh minim sme použili efemeridu s priemernou periódu 757,3 dní, určenú zo všetkých dostupných minim historickej svetelnej krivky monitorovanej od roku 1890. Je pravdepodobné, že

takto určená perióda bude odpovedať reálnej orbitálnej perióde zložiek dvojhviezdy. Skutočne, prednedávnom americký astronóm Fekel so spolupracovníkmi určil pre BF Cyg orbitálnu periódu 757,2 dní, a to úplne nezávisle z radiálnych rýchlostí červeného obra. Pokiaľ by sme na určenie periódy použili polohy minim meraných v rokoch 1991, 1993 a 1995, zistili by sme periódu len 730 dní, ktorá tak predstavuje zdanlivú orbitálnu periódu. Nakoľko úzke minimum nastáva presne v dolnej konjunkcii obra (zakrýva sa falošná fotosféra horúcej hviezdy), nasledovné široké minimum, ktorých poloha indikuje kratšiu periódu, nastávajú ešte pred konjunkciou. V tomto prechodnom období z aktívnej do pokojnej fázy sa falošná, relatívne chladná fotosféra postupne rozplýva (expanzia je zreteľná zo spektroskopických pozorovaní), čo spôsobuje

zvyšovanie teploty horúceho objektu, a tak aj produkcie ionizujúceho žiarenia. Dôsledkom tohto procesu sa príspevok hviezdneho žiarenia v optickej oblasti spektra znižuje, a naopak narastá príspevok hmloviny. Hlavný zdroj viditeľného svetla sa fyzicky presúva z blízkeho okolia horúcej hviezdy do širokého okolo-hviezdneho priestoru, t.j. poloha minima sa presúva mimo času konjunkcie, podľa toho, ako sú formované oblasti hmloviny s najvyššou hustotou. Pri opačnom prechode, z pokojnej do aktívnej fázy, sa falošná fotosféra vytvorí relatívne rýchlo, teda aj zmena polohy minima je náhla, a znamená zdanlivé predĺženie periódy (pozri pozorovanie pred hlavným vzplanutím BF Cyg na obr. 4). Tento efekt zároveň naznačuje, že hmlovina nie je osovo symetrická tak, ako ukazuje obr. 3 pre stacionárny prípad, pre ktorý by minima nastávali presne v konjunkcii, a teda žiadnu zdanlivú zmenu periódy by sme nemohli neregistrovať. Je pravdepodobné, že v dôsledku rotácie dvojhviezdy bude hranica ionizácie v rovne dráhy stočená do písmena „S“, idúca zo strany horúcej hviezdy, ktorá predchádza jej orbitálnemu pohybu, cez spojnicu zložiek na stranu chladného obra oproti jeho pohybu (obr. 4). Takéto tvarovanie je podporované spektropolarimerickými meraniami, alebo aj hydrodynamickými výpočtami zrážky hviezdnych vetrov, ktoré ukazujú na prítomnosť hustej zrážkovej zóny podobného tvaru. V takom prípade možno očakávať, že najhustejšie, a teda najsvietivejšie oblasti takto tvarovanej hmloviny budú na jej čelnej strane pred horúcou hviezdou, ktorá je v dôsledku orbitálneho pohybu obohacovaná o častice vetra obra (ako keby „zametala“ častice vetra). Potom najvyššiu optickú hrúbku a najmenší geometrický priemet v smere pozorovania bude mať hmlovina v polohách pred konjunkciou – v svetelnej krivke budeme pozorovať minimum už vo fáze $\phi \sim 0,9$. V ostatných fázach sa priemet hmloviny do smeru pozorovania bude zvyšovať, jej optická hrúbka znižovať a množstvo registrovaného svetla hmloviny narastať. V niektorých prípadoch sa pozorujú aj sekundárne minima komplikovaných profilov, ktorých príčinou môže byť zvýšená nepriezračnosť hmloviny v okolí fázy 0,5 (obr. 4, spodný panel). Kvantitatívny model optických vlastností hmloviny, ktorý by zahŕňal aj gravitačné pôsobenie horúcej hviezdy nebol zatiaľ vypracovaný. Podrobnejší opis podstaty zdanlivých zmien orbitálnych periód v symbiotických dvojhviezdach je uvedený v pôvodnej práci autora, publikovanej v časopise *Astronomy & Astrophysics*, 338, 599–611 (1998).

Záverom by som poznamenal, že dlhodobé pozorovanie vybraných symbiotických sústav na observatóriách ASÚ SAV patrí k jeho nosným projektom. Z hľadiska celosvetovej astronómie ide o ojedinelý projekt, lebo jeho splnenie si vyžaduje systematické meranie na časových škálach desiatok rokov, čo pre veľké observatóriá s obmedzeným pridelovaním pozorovacieho času je nespĺniteľná podmienka. Svetelné krivky najobľúbenejších symbiotík autora budú diskutované individuálne. V nasledujúcej časti „Rozpravy o symbiotických hviezdach“ si predstavíme efekty Raman-Rayleighovho rozptylu. **AUGUSTIN SKOPAL**

Ako sa rodia najväčšie hviezdy?



V prachoplynovom mračne ISOSS J18364-0221 sa nachádzajú dve husté jadrá, z ktorých by sa mohla sformovať prinajmenšom jedna masívna hviezda. Biele kontúry ohraničujú oblasti prachu s nerovnakou nízkou teplotou. Difúzne, predĺžené emisie zviditeľňujú oblasti, kde sú nahustené molekuly vodíka, ktoré prezrádza infračervené žiarenie.

Na najsvietivejšie hviezdy sa zameralo Infračervené vesmírne observatórium (ISO/ESA). Ide o masívne hviezdne objekty, ktoré sa zrodili po kolapse obrovských prachoplynových mračien, kde sa obvykle formujú stovky menších hviezd. Astronómia využila „okno“, počas ktorého sa satelit ISO premiestňoval na novú dráhu a jeho pozorovací čas bol neobsadený. Získali tak zhruba 10 000 snímok oblastí, kde sa v mračnách rozbieha aktívna hviezdotvorba.

Masívne hviezdy žiaria 100 000-krát jasnejšie ako Slnko. Astrofyzici nedokážu vysvetliť, prečo v niektorých mračnách vznikajú aj takéto hviezdne giganty, zatiaľ čo v iných sa formujú stovky kolískok, kde sa rodia stovky normálnych, väčších i menších hviezd. Súvisí to podľa všetkého so segmentáciou prachoplynového mračna v rámci zložitého procesu, ktorý prebieha pod vplyvom rozličných, nevelmi známych okolností. (Rázové vlny šíriace sa priestorom po výbuchu nov a supernov, vplyv blízkych hmotných objektov...)

Proces formovania masívnych hviezd je nevelmi jasný, pretože sa rodia vo veľkých vzdialenostiach a spravidla za záclonami mohutných, nepriehľadných oblakov. Spoza takejto opony dokáže uniknúť iba infračervené žiarenie na dlhých vlnách, ktoré zviditeľňujú relatívne chladné zhluky prachu. Práve v takýchto kolískach masívne hviezdy vznikajú. Infračervená kamera

ISOPHOT na satelite ISO je schopná detegovať práve takéto žiarenie.

Tím z Astronomického inštitútu Maxa Plancka v Heidelbergu objavil vďaka tejto kamere dve mimoriadne husté a chladné jadrá, v ktorých je dostatok hmoty na sformovanie minimálne jednej masívnej hviezdy. Objavili ich v okne infračervených emisií na vlnovej dĺžke 170 mikrometrov. Toto dovtedy zanedbávané okno je otvorené pre vlnové dĺžky 310-krát dlhšie ako vlny optického žiarenia. Vďaka nim sa zviditeľnia zhluky chladného prachu až po hranicu 10 K (–263 stupňov Celzia). Vďaka tejto prehliadke vznikol objemný katalóg.

Vedci pomocou katalógu preverili všetky chladné jadrá a objavili 50 potenciálnych miest, kde sa masívne hviezdy môžu sformovať. Paralelné pozorovania pozemskými ďalekohľadmi poskytli údaje, z ktorých vyplynulo, že v objekte ISOSS J18364-0221 sa nachádzajú dve husté jadrá, ktoré pripomínajú kolískky, v ktorých sa obvykle formujú hviezdy s nižšou hmotnosťou. V oboch jadrách však bolo oveľa viac hmoty.

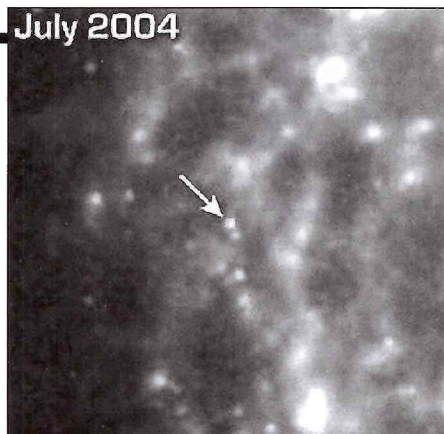
Prvé jadro má teplotu 16,5 kelvina (–256,5 stupňov Celzia). Je v ňom 75-krát viac hmoty, ako má Slnko, a prejavujú sa v ňom príznaky gravitačného kolapsu. Druhý oblak má teplotu 12 kelvinov (–261 stupňov Celzia). Z hmoty, ktorá je v ňom nahustená, by sa mohlo sformovať 280 Slnku podobných hviezd. **ESA Press Release**

July 2004

Odkiaľ sa vzal prach v prvých galaxiách?

Iba nedávno boli objavené galaxie, ktoré boli vyzreté, úplne sformované už 700 miliónov rokov po big bangu. Astrofyzikovia udivili, keď zistili, že sú plné prachu. Vieme, že zdrojom kozmického prachu sú staré hviezdy a supernovy. Vedci pomocou ďalekohľadu Spitzer študovali supernovu SN 2003gd a zistili, že vyprodukovala gigantické množstvo prachu. Nakoľko vieme, že v mladom, hustom vesmíre sa formovalo veľa obrích hviezd s krátkou životnosťou, výbuchy supernov, ktoré vesmír „zaprášili“, museli byť veľmi časté.

Kozmický prach je dôležitou zložkou galaxií, hviezd, planét, ba i života. Donedávna sme poznali iba dva spoľahlivé zdroje prachu: Slnku podobné hviezdy so životnosťou niekoľkých miliárd rokov a medzigalaktický priestor, kde prebieha pomalá kondenzácia molekúl plynu. V mladom vesmíre však ani jeden z týchto zdrojov nemohol vyprodukovať také množstvo pra-



Galaxia M74, v ktorej je šípkou označená supernova SN 2003gd, kozmická superfabrika na prach.

chu, aké sa pozoruje v prvých, vyzretých galaxiách. Slnku podobných hviezd bolo v tom čase málo, kondenzácia v medzigalaktickom priestore mohla prispieť iba malým množstvom. Teoretici síce predpokladali, že generátorom prachu by mohli byť aj supernovy, ale dokázat to nevedeli.

Až v posledných rokoch nastal prelom. Stalo sa tak na základe údajov, ktoré získali vesmírne ďalekohľady Spitzer a HST, ale aj pozemský ďalekohľad Gemini North na Havajských ostro-

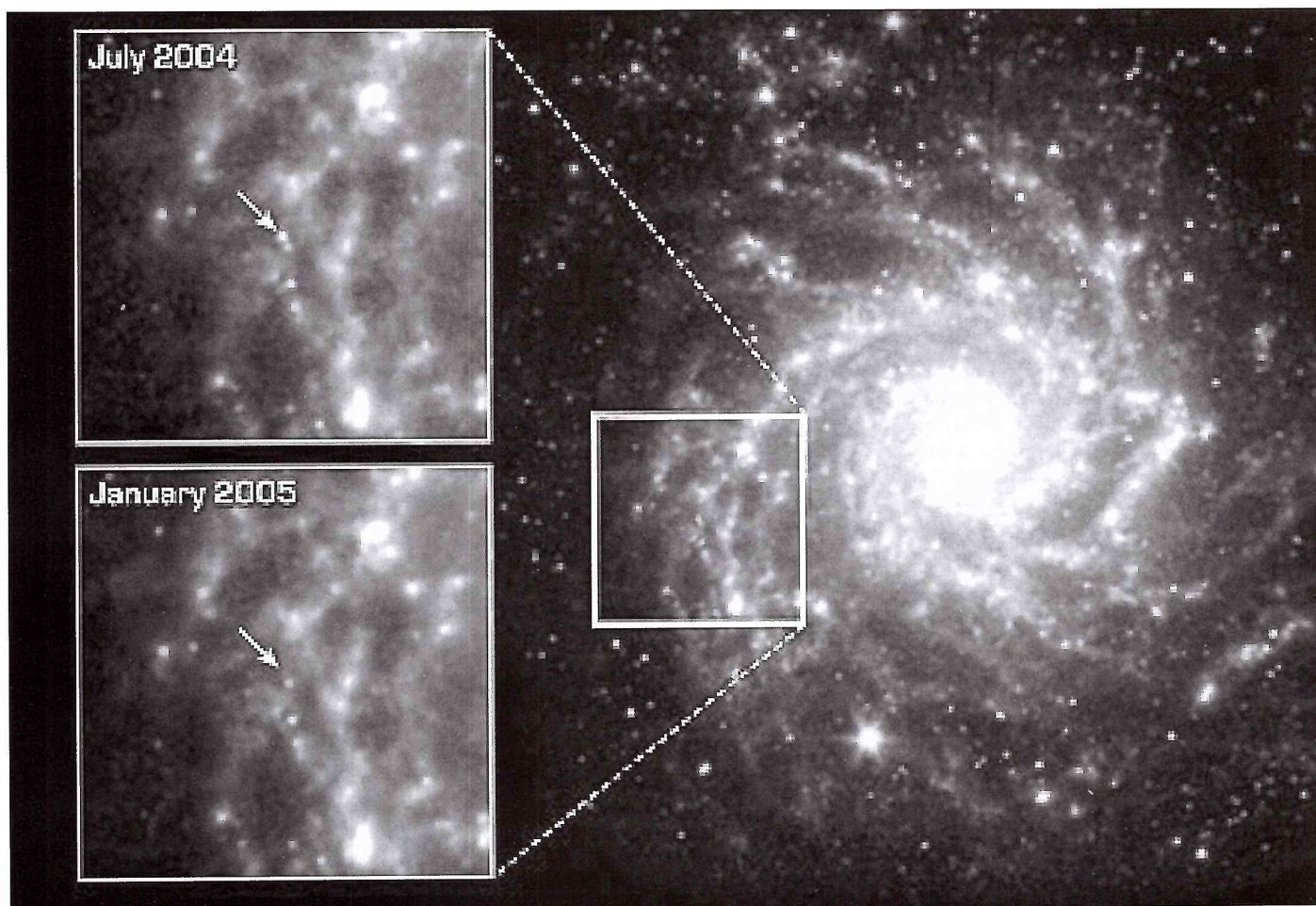
voch. Vedci objavili významné množstvo horúceho prachu v zvyškoch po explózii masívnej hviezdy. Objekt, pozostatok po výbuchu supernovy SN 2003gd, nachádza sa vo vzdialenosti 30 miliónov svetelných rokov v špirálovej galaxii M74.

Masívne hviezdy, ktoré v záverečnom štádiu života vybuchujú ako supernovy, majú krátku životnosť: niekoľko desiatok miliónov rokov. Množstvo prachu v pozostatkoch po výbuchu SN 2003gd naznačujú, že hlavným generátorom prachu v mladom vesmíre by mali byť práve supernovy.

Supernovy rýchle hasnú, takže vedci musia používať mimoriadne citlivé ďalekohľady, ak chcú študovať rozptyľujúce sa zvyšky zaniknutej hviezdy niekoľko mesiacov po explózii. Mimoriadny problém predstavuje najmä určovanie množstva prachu vo venci rozmetaného materiálu. Limitujúcim činiteľom bola najmä technológia. Vesmírny ďalekohľad Spitzer tento problém vyriešil.

Astronómovia už dávno vedia, že sa z prachu formujú kométy, planéty či organické molekuly, ale ako tento prach vznikol, donedávna nikto netušil. Dnes to už vďaka kozmickému ďalekohľadu Spitzer a tímu Bena Sugermana zo Space Telescope Science Institute v Baltimore vieme.

Spitzer Space Telescope



Na snímke vpravo špirálová galaxia M74 so segmentom, kde vybuchla supernova. Na dvoch zväčšených fotografiách (vľavo) tohto segmentu galaxie vidíte pohasínajúci dosvit po supernove (označený šípkou). Priestor medzi ramenami galaxie je plný prachu, čo znamená, že galaxia je mladá a materiál sa ešte hviezdodotvorbou nespotreboval. Snímky exponovala infračervená kamera (IRAC) na palube ďalekohľadu Spitzer. V júli 2004 bol materiál zdroja teplejší ako okolitý materiál. Prach iba začal chladnúť. V januári 2005 už prach natoľko vychladol, že ho detektory kamery IRAC nedokázali zaznamenať. Teplotu vychladnutého materiálu však zaznamenal iný prístroj na ďalekohľade Spitzer: multipásmový snímací fotometer (MIPS). Snímky z MIPS agentúry nedodali.

Aktívne jadrá galaxií sú na jedno kopyto

Tím Ralfa Siebenmorgena z Európskeho južného observatória (ESO) objavil pomocou infračervených údajov satelitu Spitzer dlho hľadanú štruktúru v spektre aktívnych jadier galaxií (AGN). Tým sa potvrdila teória, že všetky tieto objekty sú, napriek zdanlivej rôznorodosti, rovnaké. Ich bizarné tvary a podoby, podľa ktorých ich astronómovia diferencovali, vyplývajú z toho, že aktívne jadrá galaxií sú k pozemskému pozorovateľovi zakaždým inak natočené.

Teória hovorí, že aktívne jadrá galaxií tvorí supermasívna čierna diera, ktorú obieha masívny akrečný disk. Čiernej diery s akrečným diskom však obaľuje „hrubý golier prachu“, ktorý má najčastejšie podobu toru (pozri obrázok). Takéto rozdelenie prachu odhaľuje dva typy AGN. Ak sa na torus pozeráme zhora, dokážeme získať aj spektrum akrečného disku. Ak je zorný lúč v rovinu toru, akrečný disk je prekrytý hrubou oponou prachu, ktorá žiarenie disku absorbuje a do okolitého priestoru ho vyžaruje v podobe infračerveného žiarenia. V takom prípade sa spektrom z akrečného disku získať nedá. Pomocou prachového toru sa astronómom podarilo zjednotiť dva zdanlivo odlišné typy AGN v jedinom modeli.

Skúška správnosti

Tento model bolo potrebné overiť simuláciami prenosu žiarenia cez zložité konfigurácie prachu. Ak totiž torus naozaj absorbuje žiarenie z akrečného disku a vzápätí ho vyžiari v podobe tepla, v spektre sa musia objaviť charakteristické čiary (porovnateľné s čiarami molekúl) kremíka, ktorý je hlavnou zložkou medzihviezdneho prachu. Tieto čiary sa v spektrách objavili na vlnových dĺžkach v rozmedzí 10 až 18,5 mikrometrov, ale skutočnosť sa od modelov významne odlišovala.

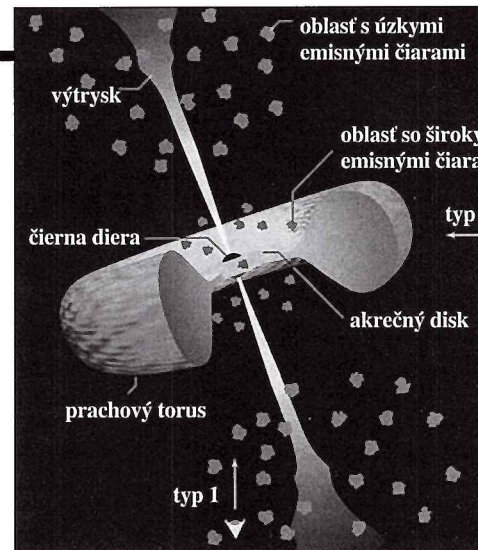
Ak pozorujeme AGN v rovine prachového toru, mali by sa podľa modelu objaviť absorbčné čiary kremíka, čo sa v prípade AGN typu 2 potvrdilo. V prípade AGN typu 1 sa očakávali výrazné emisné čiary, pretože pohľad zhora umožňuje detegovať vlastnosti v horúcom vnútri toru. V spektrách sa však objavovali iba nevýrazné čiary, s čím si astronómovia vyše desať rokov nevedeli poradiť. Desiatky ambiciózných tímov sa pokúšalo túto záhadu vysvetliť, ale bez úspechu. V poslednom čase sa však ukázalo, že kľúčom k vyriešeniu záhady by mohli byť zvláštne štruktúry zhustkov v telese toru.

Najnovšie pozorovania

Astronómovia, využívajúc čoraz výkonnejšie prístroje, sa nevzdávali nádeje, že „správne“ emisné čiary kremíka v spektrách AGN predsa len nájdú. Prelom sa podarilo skupine Ralfa Siebenmorgena na Európskom južnom observatóriu. Vedci využili výkonný infračervený spektrograf (IRS) na satelite Spitzer. Počas vyhodnocovania spektier z najjasnejších kvazarov typu 1 našli emisie dlho hľadaných čiar kremíka. O niečo neskôr získali podobné spektrá aj zo slabších kvazarov, nazývaných aj Seyfertove galaxie. Objav umožnila výnimočná citlivosť spektrografu so spektrálnou citlivosťou 5 až 37 mikrometrov.

Z podoby a polohy spektrálnych čiar kremíka sa dajú po porovnaní s údajmi získanými v laboratóriu vyčítať údaje o zložení kremičitanov i o veľkosti zrníček prachu. Tak sa potvrdilo, že prach v AGN tvorí celkom iná zmes prachových zrníček ako v medzihviezdnom priestore okolo našej Galaxie. Navyše zrnká prachu v AGN sú podstatne väčšie. Dôvod: extrémne fyzikálne podmienky v aktívnych jadrách galaxií. Menšie zrnká prachu, s priemerom niekoľkých nanometrov, sú v takomto prostredí menej odolné ako väčšie zrnká.

Satelitom Spitzer získané spektrá majú široký rozsah čiar: vidíme na nich zreteľné, hrubé emis-



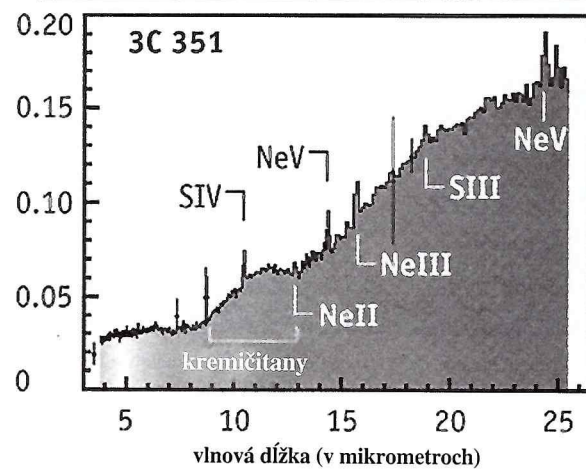
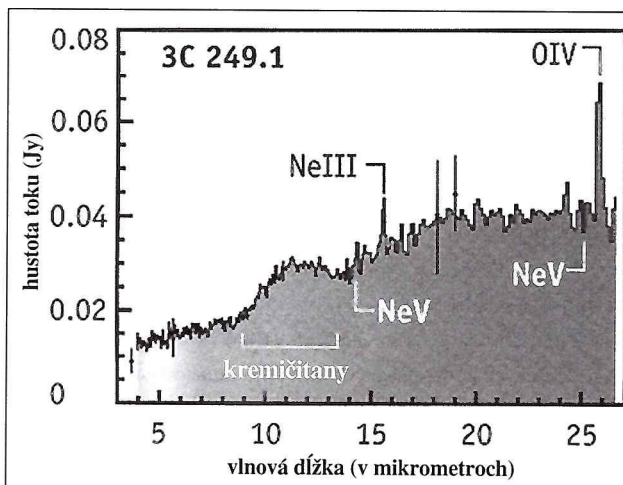
Podľa najnovšej teórie sú aktívne galaktické jadrá (AGN) sformované na jedno kopyto. Do masívnej čiernej diery spiráluje akrečný disk, do ktorého prúdi hmota z gigantického „náhrdelníka“ – torusu. Ak je k nám stočený tak, že do jeho vnútra pozeráme zvrchu, alebo odspodu, vnímate ho inakšie, ako keď pohľad do vnútra tohto monštra zacláňa torus. Dôsledok: dva uhly pohľady sugerovali existenciu dvoch rozličných typov AGN.

né čiary (typické pre AGN 1) až po hlboké absorbčné čiary pri niektorých AGN typu 2. Tie vznikajú podľa všetkého v chladnom prachu vonkajších častí toru, ktorý zacláňa pohľad do vnútra AGN z hľadiska pozemského pozorovateľa.

Už dávnejšie sme tušili, že zdanlivá pestrosť aktívnych jadier galaxií má spoločného menovateľa. Zrozumiteľnejšie: pozorujeme podobné útvary, ale každý pod iným uhlom. Získanie predpokladaných spektier túto teóriu značne podoprela. Skeptici však namietajú, že iba „uhlom pohľadu“ sa nečakaná rôznorodosť spektrálnych čiar kremíka nedá vysvetliť. Astrofyzici hľadajú iný mechanizmus, ktorý by túto záhadu vysvetlil.

Jedno je už (skoro) isté: aktívne jadrá galaxií už nie sú exotickou, bizarnou rôznorodou zbierkou objektov, ale v zásade podobne konštruované útvary, ktoré v závislosti na tom, z akej strany ich pozorujeme, majú inú podobu.

Bild der Wissenschaft



Infračervené spektrá dvoch kvazarov, ktoré získal tím európskych astronómov zo spektrografu IRS na satelite Spitzer. Emisné čiary kremíka sú jasne rozoznateľné okolo vlnovej dĺžky 10 mikrometrov.

Beta Pictoris: protoplanetárny disk vo vývoji

Okolo väčšiny mladých hviezd krúžia prachoplynové disky. Sformovali sa zo zvyšku materiálu v kolabujúcom oblaku, ktorý sa nepotreboval pri zrode novej hviezdy. Planetológovia sú presvedčení, že v týchto diskoch sa formujú planéty: terestrické, podobné našej Zemi či Venuši, i jadrá budúcich obrích planét, ktoré, ak sú v dostatočnej vzdialenosti, kde teplo materskej hviezdy už neroztápa kryštáliky zamrznutých plynov, nabalia na seba mohutné atmosféry. Disky, v ktorých sa formujú planéty, nazývame protoplanetárne disky.

Keď mladá hviezda dozrieva, disky sa strácajú. Časť materiálu odfúknu hviezdne vetry, časť sa spotrebuje na tvorbu planét. Na periférii planetárnej sústavy sa však často udrží oblak materiálu, ktorý hviezdári pomenovali „zvyškový disk“. Jeden z najznámejších diskov tohto druhu pozorujeme pri hviezde Beta Pictoris, vzdialenej 60 svetelných rokov. Jednou z teórií, ktoré vysvetľujú genézu sekundárnych diskov, sú kolízie komét a asteroidov na perifériách planetárnych sústav.

Betu Pictoris, vzhľadom na jej relatívnu blízkosť, môžu hviezdári študovať do detailov. Beta Pic je dvakrát jasnejšia ako Slnko, ale svetlo jej disku je oveľa slabšie, ťažšie rozlíšiteľnejšie. Tento disk objavili pomocou koronografie už v roku 1984 Smith a Terille. Odvtedy tento unikátny objekt pozorovalo pomocou väčších ďalekohľadov a dokonalejších koronografov mnoho astronómov.

Tím japonských astronómov (National Astronomical Observatory of Japan) skombinoval niekoľko technológií a získal tak infračervenú snímku Beta Pic s doteraz nevídaným rozlíšením. Pomocou adaptívnej optiky a špeciálnej koronografickej kamery, schopnej zaznamenávať rozlične polarizované svetlo, namontovaných na 8,2 m ďalekohľad Subaru, získali unikátnu korisť.

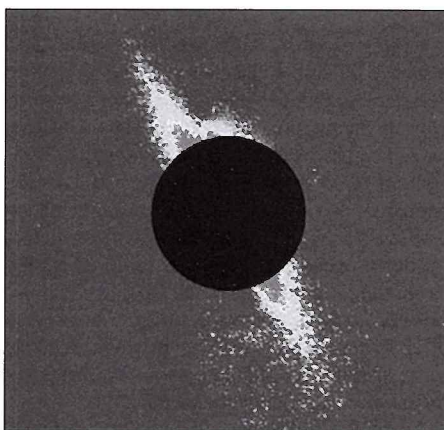
Ďalekohľad Subaru dokáže zaznamenať aj slabé svetlo s vysokým rozlíšením. Adaptívna optika redukuje rušivé pôsobenie pozemskej atmosféry. Hviezdny koronograf dokáže snímať protoplanetárne disky i prípadné planéty aj v tesnej blízkosti okrúhly clonou zatienených hviezd. Navyše pozorovaním polarizovaného svetla dokážu hviezdári odlíšiť svetlo disku od svetla hviezdy. Polarizácia obsahuje aj informácie o veľkosti, tvare a homogenite prachu v disku, odrážajúceho svetlo.

Japonci pozorovali Beta Pic v infračervenom svetle na vlnovej dĺžke 2 mikrometrov, s rozlíšením 1/5 oblúkovej sekundy. Tento výkon možno prirovnáť k pozorovaniu zrnka ryže zo vzdialenosti 1600 metrov. V porovnaní s poslednými polarimetrickými pozorovaniami Beta Pic z roku 1990 ide o osemnásobne väčšie rozlíšenie.

Z analýzy údajov vyplynulo, že v disku Beta Pic sa nachádza veľký počet planetesimál, asteroidov a komét podobných objektov. Samotný disk je veľmi veľký a tenký. (Možno iba zdanlivo, pretože ho pozorujeme iba pod malým



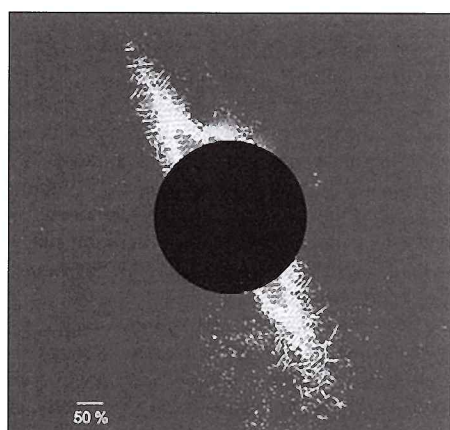
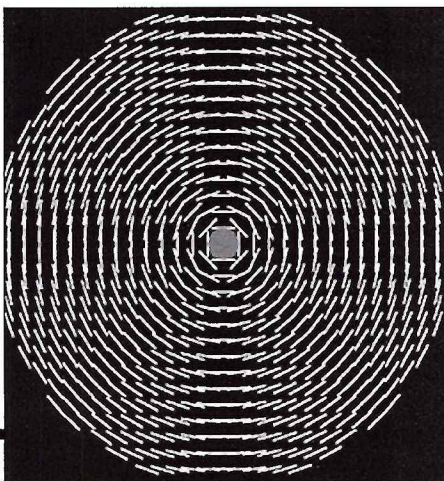
Protoplanetárny disk obiehajúci hviezdu Beta Pictoris na ilustrácii. V centrálnej oblasti (okolo hviezdy) sa neprejavujú rozdielnosti hustoty, pretože táto oblasť bola zaočnená koronografom.



Takto vyzerá prachový disk okolo Beta Pic v infračervenom svetle na vlnovej dĺžke 2 mikrometrov. Koronograf prekrýva hviezdu. Disk sa zdá byť tenký a veľký, pretože má vzhľadom na pozemského pozorovateľa iba malý sklon. Veľkosť disku (100 AJ) zodpovedá veľkosti našej Slnčnej sústavy.

uhlom.) Z polarizácie svetla vyplýva, že 10 % svetla na vlnovej dĺžke 2 mikrometrov je polarizovaná, čo znamená, že ide o odrazené svetlo materskej, centrálnej hviezdy.

Jasnosť disku so vzdialenosťou postupne klesá, pričom v nameraných hodnotách sa prejavujú isté výkyvy. Oscilácie jasnosti prezrádzajú nerovnakú hustotu disku. Vedci sa nazdávajú, že „husté škvrny“ sa vyskytujú tam, kde došlo ku kolízii planetesimál. Podobné štruktúry boli pozorované na dlhších vlnových dĺžkach aj vo vnútorných oblastiach disku.



Na tejto snímke môžeme rozlíšiť aj smer polarizácie svetla v disku Beta Pic. Väčšina vektorov je kolmá na smer svetla šíriaceho sa z hviezdy, čo znamená, že ide naozaj o svetlo hviezdy, odrazené čiastočkami v disku.

Po vyhodnotení všetkých údajov sa ukázalo, že prach v disku Beta Pic tvoria zrnká, ktoré sú 10-krát väčšie ako zrnka medzihviezdneho prachu. Ide najskôr o zlepenec prachu a ľadu, dosahujúce veľkosť baktérií.

Jedno je isté: disk obiehajúci Beta Pic sa vyvíja formovaním a kolíziami planetesimál. Tento proces je silným dôkazom teórií, ktoré práve takto opisujú vznik a formovanie planét v protoplanetárnych diskoch.

Subaru Press Release



Svetlo je elektromagnetická vlna. Môže kmitať v každom smere, ktorý je kolmý na pomyselnú priamku, po ktorej sa zo zdroja šíri energia. Z polarizovaného svetla sa dajú vyčítať mnohé údaje: svetlo z horúceho objektu, napríklad zo slnečných protuberancií, nie je polarizované. Keď sa však takéto svetlo od niečoho odrazí, stane sa polarizovaným. Ak sa svetlo hviezdy odrazí od prachového disku, ktorý okolo nej krúži, vektory polarizácie budú vyzeráť tak ako na obrázku vľavo. Ak sa svetlo odrazilo od tenkého disku, bude vyzeráť tak, ako na pásiuku hore. Vektory polarizácie z Beta Pic vyzerajú tak, ako tie na obrázku vpravo.

Dve čierne diery kolidujú

Čo sa stane, keď dve čierne diery, zložky dvojhviezdného systému, gravitačne splynú? Astrofyzici sa pokúsili upresniť svoje predstavy pomocou simulácie na počítačoch. Einstein predpovedal, že takáto kataklizma môže vygenerovať silné gravitačné vlny, ktoré priestor okolo čiernych dier zdeformujú, pokrčia. Vedci z NASA urobili experiment na superpočítači Columbia, štvrtom najrýchlejšom počítači sveta. Matematici tvrdia, že simulácie sú také komplexné a bizarné, že sa počítače počas predchádzajúcich pokusov „celkom pobláznili“.

Išlo o trojrozmernú simuláciu, najväčší astrofyzikálny výpočet aký sa kedy robil na počítačoch NASA.

Einstein predpovedal, že keď dve čierne diery gravitačne splynú, okolitý priestor sa „roztančuje“. Priestorom sa z miesta kolízie budú na všetky strany rýchlosťou svetla šíriť gravitačné vlny. Podobné simulácie robili už aj dávnejšie, ale počítače zakaždým zlyhali. Až vedcom z Goddard Space Flight Center v Greenbelte sa podarilo nájsť spôsob, ako Einsteinovu matematiku preložiť do jazyka, ktorému by počítač Columbia rozumel.

Gravitačné splnutie dvoch masívnych čiernych dier je najväčšou kozmickou katastrofou. Uvoľní sa pri nej viac energie ako zo všetkých hviezd vo vesmíre. Pracovníkom z Gravitational Astrophysical Laboratory sa podarilo nasimulo-

vať priebeh tejto udalosti tak, že mohli vznik a šírenie virtuálnych gravitačných vln priamo sledovať na obrazovkách.

Gravitačné vlny sa šíria vesmírom podobne ako vlny na hladine vody od miesta, kde na ňu dopadol kameň. Doteraz sa nám ich ešte nepodarilo detegovať. Gravitačné vlny iba slabo interagujú s hmotou, poľahky prechádzajú oblakmi prachu a plynu, ktoré zaciľňujú výhľad na objekt nášho záujmu. Ponúkajú nám možnosť otvorenia ďalšieho, mimoriadne perspektívneho „okna“ do vesmíru i neobyčajne sľubný pokus overiť si všeobecnú teóriu relativity.

V blízkej budúcnosti začne pracovať pozemský detektor gravitačných vln LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) a o niečo neskôr aj vesmírny gravitačný ďalekohľad LISA (Laser Interferometer Space Antenna), spoločný projekt NASA a ESA. Oba prístroje nepatrne gravitačné vlny dokážu detegovať.

Čierne diery v dvojhviezdnom systéme sa k sebe približujú a už celé roky pred splnutím generujú gravitačné vlny, ktoré počas približovania interagujú a po splnutí rádozo silnejú. Je známe, že čierne diery sú skryté za horizontom udalostí, takže ich môžeme skúmať iba nepriamo: pozorovaním dôsledkov, ktoré má ich gravitácia na okolie, kde sa prejavuje aj deformácia časopriestoru. Najmä to je dôvod, prečo sa modely čiernych dier tak ťažko modelujú: priestor a čas sa posúvajú, hodnota hustoty sa blíži k nekonečnu, pričom plynutie času sa môže aj zastaviť. Takéto premenné môžu spôsobiť krach simulácie na počítačoch.

Masívne, kolidujúce čierne diery generujú

gravitačné vlny na najrozličnejších vlnových dĺžkach, v závislosti od hmoty, ktorá sa na procese podieľa. Vedci nastavili situáciu dvoch navzájom sa pohlcujúcich, rotujúcich čiernych dier s rovnakou hmotnosťou, pričom proces ich približovania, kolízie a splnutia štartovali zakaždým z inej východiskovej pozície. Simulovali však iba záverečné štádium, posledných 5 obehov okolo spoločného ťažiska.

Bez ohľadu na miesto štartu, obežné dráhy oboch čiernych dier pred splnutím boli stabilné a generovali rovnaké vlny tak počas kolízie, ako aj po jej dosvite. Táto bezprecedentná stabilita vedcov presvedčila, že simulácie Einsteinove rovnice potvrdili. Tím teraz simuluje gravitačné splnutie dvoch čiernych dier s nerovnakou hmotnosťou.

Einsteinova všeobecná teória relativity využíva takzvaný tenzorový počet, ktorý sa veľmi ťažko transformuje do príkazov pre počítače. Rovnice sa síce transformovať dajú, ale sú čoraz dlhšie a zložitejšie. Najjednoduchšie tenzorové rovnice potrebujú tisíce riadkov kódu. Košaté rovnice možno zapísať na niekoľko spôsobov. Goddardovmu tímu sa vďaka geniálnej intuíci jeho matematikov podarilo nájsť formuláciu, ktorá simulácie umožnila.

NASA Press Release

Rozpadajúca sa neutrónová hviezda

XMM-Newton, vesmírny röntgenový ďalekohľad, objavil neutrónovú hviezdu, ktorá „má problémy“. Jej teplota v priebehu štyroch rokov neprestajne narastala, a teraz prudko klesá. Navyše detektory družice zistili, že teplota hviezdy kolíše aj v inom cykle. Zdalo sa, že neutrónová hviezda J0720.4-3125 mení aj rýchlosť rotácie. To bola bomba: neutrónové hviezdy považovali astronómovia za objekty s mimoriadne stabilnou rotáciou.

Ale pekne po poriadku: vedci zistili, že sa teplota tohto záhadného objektu v priebehu uplynulých 1600 dní neustále zvyšovala, ale nedávno začala opäť klesať. Po analýze sa zistilo, že zmena teploty neutrónovej hviezdy sa prejavuje preto, lebo ju zakaždým pozorujeme pod iným uhlom. Zdá sa, akoby rotovala okolo osi, ktorej sklon sa neustále mení. Skrátka, prevaľuje sa ako hračka „vlčík“, takže vnímame zakaždým inú časť jej povrchu.

Pripomeňme si, že neutrónová hviezda je jedným (z možných) záverečných štádií vývoja hviezd. Hviezda podobná Slnku po kolapse vytvorí guľu s priemerom 20 až 40 kilometrov a vysokou hustotou. Jeden cm^3 hviezdy váži miliardu ton. Neutrónová hviezda po kolapse progenitora má teplotu 1 000 000 Celzia, pričom väčšinu energie vyžaruje v podobe röntgenového žiarenia. Mladé neutrónové hviezdy iba pomaly chladnú. Milión rokov musí uplynúť, kým ochladnú natoľko, že sú v röntgenovom okne nepozorovateľné.



Dve supermasívne čierne diery obiehajú po špirále spoločné ťažisko v kope galaxií Abell 400.

Pro rychlejší poznání stavby a vývoje Slunce má velký význam nalézání tzv. **slunečních analogů** mezi jasnými hvězdami. To se nyní zdařilo C. Soubiranovi a A. Triaudovi, kteří porovnávali spektrum Slunce ve světle, odraženém od Měsíce a planetky Ceres, s kvalitními spektry jasných hvězd, pořízenými pomocí spektrografu ELODIE u 1,9 m reflektoru observatoře v Haute Provence. Našli tak celkem 10 dobrých slunečních analogů, jímž jednoznačně vévodí hvězda **18 Sco** (HD 146233; 5,5 mag; 14 pc). Je však o 0,4 mld. let starší a následkem toho o 5% svítivější než Slunce; má též o 90 K nižší efektivní teplotu. Porovnání chemického složení 15 slunečních analogů A. Galejevem aj. ukázalo, že k nalezení dobrých analogů nestačí pouhá vícebarevná fotometrie; musí se vzít v úvahu i poměrné zastoupení chemických prvků v jejich atmosférách. Právě toto kritérium potvrdilo výjimečné postavení hvězdy 18 Sco. Ze zmíněných 15 analogů má jen 6 totožné chemické složení jako Slunce, zatímco 4 analogy vykazují přebytek a 5 analogů deficit některých prvků v porovnání se Sluncem – mezi nimi jsou i 2 podobři.

M. Ogurtsov srovnal údaje o **sluneční činnosti**, získaná jednak pomocí relativních (Wolfových) čísel za léta 1700 – 2000 a jednak nepřímo za období 1090 – 1700, s údaji radiouhlíkové metody za období 8005 př. n.l. – 1895 n.l. Zjistil tak, že *za celou tu dobu se intenzita a periodičita sluneční činnosti nezměnila*. D. Hathaway a R. Wilson soudí, že za posledních 400 let se počty skvrn hodí jako indikátor sluneční činnosti, který je korelovan jak s decimetrovým radiovým šumem Slunce, tak s počtem a intenzitou rentgenových erupcí, s úrovní geomagnetické činnosti i s tokem galaktického kosmického záření. Dobrá data máme za posledních 27 cyklů sluneční činnosti, pro něž vychází průměrná perioda ($10,9 \pm 1,2$) roku. **Amplituda slunečních cyklů** kolísá v 90leté periodě. Při větší amplitudě cyklu má předešlý cyklus vysokou úroveň během minima a interval od minima do maxima je kratší. Pro 24. cyklus předpovídají maximální $R = (145 \pm 30)$ v r. 2010, kdežto 25. cyklus by měl vrcholit až v r. 2023. K. Li a H. Wang předpokládají, že příští 24. cyklus sluneční činnosti započne v prosinci 2006 a dosáhne maxima v březnu 2011 s maximálním relativním číslem $R = 140 - 190$. Alternativně však prý může nový cyklus začít až v červnu 2008 a pak by dosáhl maxima v únoru 2013, přičemž maximální $R = 80 - 137$. Zdá se, že autoři se pojistili pro všechny možnosti: něco z tak nejisté předpovědi vyjde téměř určitě...

Jak uvedl L. Schmied, je však *hlavní maximum sluneční činnosti dáno spíše četností než velikostí skvrn*. Starší pozorování pouze větších skvrn znamenají, že cykly činnosti vypadají souměrněji, jelikož největší skvrny mají vlastní maximum posunuté asi o 2 roky po maximu hlavním. J. Vaquero upozornil na **Galileovo pozorování** z 19. – 21. srpna 1612, kdy viděl na Slunci skvrnu pouhým okem. G. Chapman aj. varovali, že *podle měření z družice SOHO byl uplývající 23. cyklus anomální*, jelikož svítivost Slunce nebyla téměř vůbec závislá na sluneční činnosti, na rozdíl od předešlého 22. cyklu. Počet slunečních skvrn tudíž není příliš dobrým indikátorem sluneční činnosti.

C. Selhorst aj. měřili pomocí radioheliografu na observatoři Nobejama v Japonsku na frekvenci 17 GHz kolísání rovníkového i polárního **poloměru Slunce** během let 1992 – 2003. Zjistili, že poloměr Slunce kolísá přímo úměrně počtu slunečních skvrn – polární o 1" a rovníkový o 3" během slunečního cyklu. Průměrná hodnota polárního poloměru činí 974,4". Naproti tomu J. Kuhn aj. odvodili z Dopplerova interferometru MDI na družici SOHO v intervalu od února 1996 do ledna 2003 střední poloměr Slunce ($959,6 \pm 0,5$ "), čemuž odpovídá lineární střední poloměr Slunce ($695\,740 \pm 110$) km. Přesnost úhlových měření dosáhla 0,007" a žádána kolísání nad dvojnásobkem této hodnoty nenalezli.

Naproti tomu kolísá podle P. Foukala aj. **sluneční konstanta** o 0,08% během jedenáctiletého cyklu sluneční činnosti. Slunce však nesvítí úplně izotropně, protože během jedné otočky kolísá sluneční konstanta až o 0,2%. Během erupcí roste sluneční konstanta krátkodobě až o 0,015%. Takto přesná měření lze přirozeně uskutečnit pouze z družic, tj. od r. 1978. Střední hodnota sluneční konstanty činí dle J. Passachoffa aj. $1365,9 \text{ kW/m}^2$.

R. Lin aj. zjistili, že při mimořádně energetické **sluneční erupci** z 23. 7. 2002, kdy bylo poprvé pozorováno i záření gama, se elektrony a ionty pohybovaly po obloucích magnetických siločar odděleně, ve vzájemné vzdálenosti tisíce km od sebe – připomíná to dvojité oblouky v logu restaurací McDonald s, ale fyzikální příčina rozdvojení není jasná. K překvapení všech se však na Slunci odehrály mezi 28. říjnem a 4. listopadem 2003 v aktivní oblasti 10486 **gigantické erupce** o rekordní intenzitě až X45, přestože Slunce bylo již 3,5 r po maximu posledního 23. cyklu sluneční činnosti. *Nejsilnější erupce překonala svou intenzitou všechny, které byly kdy zaznamenány v rentgenové oblasti spektra*. Erupce vyřadila z činnosti japonskou komunikační družici JAXA a aparaturu MARIE na americké sondě Mars Odyssey. Příslušná koronální ejekce hmoty dosáhla rekordní rychlosti 2800 km/s, ale Zemi našťástí jenom „olízla“.

T. Moran a J. Davila využili aparatury LASCO na družici SOHO k trojrozměrným polarimetrickým měřením struktury dvou **koronálních ejekcí** v době minima sluneční činnosti (říjen a listopad 1998), díky faktu, že Slunce včetně ejekcí rotuje. Počítačová tomografie tak umožnila zobrazit komplexní strukturu ejekcí, které měly odstředivé rychlosti až 250 km/s a jejichž smyčky se rozpínaly do koróny. Autoři odhadli hmotnost ejekcí na 100 Gt.

B. de Pontieu aj. studovali **sluneční spikule**, objevené jako „vlásky“ dlouhé tisíce km již r. 1877. Sluneční povrch pokrývá neustále koberec asi stovky tisíc spikulů, jejichž životnost bývá jen několik minut. Díky družici TRACE se podařilo zjistit, že tzv. módy pobřížích akustických vln na povrchu Slunce mají periodu 5 min – tatáž perioda platí i pro vlny koronální. Oba jevy spolu souvisejí, tj. na povrchu Slunce vznikají magnetické trubice, které slouží jako vodící kanály pro horký plyn spikulů, jenž se v trubicích pohybuje rychlostí 20 km/s.

2. Hvězdný vesmír

2.1. Extrasolární planety

Narůstající časový interval od r. 1995, kdy se podařilo poprvé prokázat užitečnost metody hledání exoplanet pomocí periodických změn radiálních rychlostí mateřské hvězdy, postupně *zlepšuje možnost objevů exoplanet s oběžnou dobou několika roků*. To znamená, že se zvyšuje naděje na objev extrasolárních planetárních soustav podobných té naší. D. Naef našel pomocí spektrografu ELODIE na OHP ve Francii tři nové exoplanety u hvězd ze severní oblohy **HD 74156** a **14 Her**. První z nich má dvě exoplanety s minimálními hmotnostmi 1,9 a 6 M_j a oběžnými periodami 52 d a 5,5 r. Druhá exoplaneta obíhá po velmi výstředné dráze

($e=0,6$) s velkou poloosou dráhy 0,64 AU. Hvězdu 14 Her doprovází exoplaneta o minimální hmotnosti 4,7 M_J a oběžné době 4,9 r s dráhovou výstředností 0,3.

Také na jižní polokouli objevů utěšeně přibývá zejména díky přesnému (± 1 m/s!) spektrografu **CORALIE**, instalovanému u Eulerova 1 m teleskopu na La Silla. Podle M. Mayora aj. se tímto přístrojem podařilo za posledních pět let objevit či spoluobjevit celkem 38 exoplanet, mezi nimiž je např. 10 jupiterů s oběžnými periodami v rozmezí 0,3 – 3,7 roků. I v tomto případě jde o tělesa s protáhlými drahami v rozmezí výstředností 0,2 – 0,5. N. Santos aj. ohlásili objev exoplanety u hvězdy μ **Ara** ($V = 5,1$ mag; sp. G5 V) s oběžnou dobou 9,5 d a kruhovou dráhou o poloměru 0,09 AU. Její hmotnost 14 M_Z je srovnatelná s Uranem. Prakticky současně objevila konkurenční skupina G. Marcyho a R. Butlera exoplanety u hvězd **55 Cnc** a **GJ 436** (Leo) s oběžnými dobami 2,8 a 2,6 d, jejichž hmotnosti činí po řadě 15 a 21 M_Z .

N. Santos aj. zkoumali **chemické složení** 41 mateřských hvězd, kolem nichž obíhá celkem 98 exoplanet a zjistili, že u hvězd se slunečním zastoupením těžších prvků (tzv. kovů) se vyskytují exoplanety pouze ve 3% případech, kdežto u hvězd s dvojnásobným podílem kovů stoupá tento podíl na 25%. A. Eggenberger aj. ukázali, že *nejhmotnější exoplanety s krátkými oběžnými dobami (< 40 d) a kruhovými drahami se vyskytují vždy ve vícenásobných hvězdných soustavách*. To na jedné straně znamená, že v těchto případech migrovaly exoplanety z místa svého vzniku směrem k mateřské hvězdě, a na druhé straně je zřejmé, že existuje více mechanismů tvorby exoplanet (přímou kondenzací protoplanetárního plynu, akrecí planetesimál, ???).

P. Kalas aj. objevili hvězdným koronografem ve filtru 0,65 μm u dalekohledu UHT o průměru 2,2 m rozsáhlý (50 – 210 AU) prachový disk kolem proměnné hvězdy **AU Mic** (HD 197481; $V = 8,8$ mag; sp M1 Ve; 0,5 M_{\odot} ; $T_{\text{ef}} = 3,5$ kK; 0,1 L_{\odot}), která je od nás vzdálena 10 pc. Prach v disku o hmotnosti $7 \cdot 10^{22}$ kg má průměrnou teplotu 40 K a zcela chybí ve vzdálenosti do 17 AU od hvězdy, což může nasvědčovat tvorbě planet. Hvězda je součástí komplexu mladých hvězd o stáří 8 ÷ 20 mil. roků, které většinou patří k trpaslíkům třídy M. Tentýž disk zkoumali M. Liu aj. v pásmu mikrovln pomocí radiometru SCUBA radioteleskopu JCMT a potvrdili tak zmíněnou vnitřní mezeru i rozsah disku do vzdálenosti 200 AU. Mateřská hvězda je stará 12 mil. let.

A. Léger aj. ukázali, že kromě již známých typů planet (kamenných terestrických a obřích plynných) mohou existovat také tzv. **oceánské planety**, vyznačující se hmotnostmi 1 – 8 M_Z a zvýšeným zastoupením vody, resp. ledu. V porovnání s terestrickými planetami mají větší poloměry a jsou na povrchu pokryty oceánem kapalné vody o tloušťce řádově 100 km. Zatímco např. kamenná planeta o hmotnosti 6 M_Z se skládá z 2 M_Z kovů a 4 M_Z křemíku o průměrné hustotě 7,7násobku hustoty vody, stejně hmotná oceánská planeta je tvořena 1 M_Z kovů, 2 M_Z křemíku a 3 M_Z ledu a vody. Její průměrná hustota činí 4,3násobek hustoty vody. Oceánské planety vznikají ve vnějších oblastech protoplanetárního disku a pozvolna migrují směrem k mateřské hvězdě. Mohly by být rozpoznány budoucími kosmickými aparáty pro hledání exoplanet jako je plánovaná družice Kepler nebo COROT.

Alternativní metoda objevování pomocí **přechodů exoplanet** přes disk mateřské hvězdy má ovšem velký potenciál, protože pokles jasnosti mateřské hvězdy zhruba o 0,02 mag je v dosahu i mnoha amatérských pozorovatelů proměnných hvězd. To se mj. zdařilo potvrdit i u nás na Hvězdárně M. Koperníka v Brně, kde O. Pejcha pomocí 0,4 m reflektoru s digitální kamerou ST-7 pozoroval v noci 4./5. září 2004 přechod exoplanety přes disk hvězdy **TrES-1** (12 mag; sp K0 V; 0,9 M_{\odot} ; 0,8 R_{\odot} ; vzdálenost 150 pc) v souhvězdí Lyry. Existence exoplanety byla odhalena R. Alonsoem aj. na observatoři Tenerife v srpnu 2004 pomocí 0,1 m přehlídkového dalekohledu, jenž opakovaně měří jasnosti 12 tis. nejjasnějších hvězd na obloze. Během Pejchova pozorování klesla jasnost mateřské hvězdy o 2,5% a odtud se podařilo odvodit její parametry: hmotnost 0,75 M_J ; velkou poloosu dráhy 0,04 AU (pouze 6 mil. km!) a oběžnou dobu 3 d.

A. Sozzetti aj. využili ke sledování mateřské hvězdy spektrografů u obřích dalekohledů Keck a HET a odvodili tak její metalicitu shodnou se sluneční a její přibližné stáří 2,5 mld. roků. Vzorem pro tato pozorování se stalo konečkonců pozorování přechodu Venuše přes sluneční kotouč z družic, jak se to poprvé podařilo v červnu 2004. Metoda v principu umožňuje objevovat exoplanety, popř. „exodružice exoplanet“, i ve velkých vzdálenostech od Země a poskytuje v zásadě více fyzikálních parametrů exoplanet než metoda radiálních rychlostí. Znamená to ovšem rozvinout ultrapřesnou fotometrii hvězd s přesností řádu ± 1 promile.

Prototypem této skupiny se stala exoplaneta **HD 209458b** ve vzdálenosti 50 pc od Slunce, objevená nejprve metodou radiálních rychlostí a posléze potvrzená díky přechodům exoplanety před hvězdou. Snad proto jde o první exoplanetu, jež dostala vlastní jméno **Osiris**. L. Ksanfomaliti se domnívá, že Osiris je převážně složen z vodíku a má silné magnetické pole. A. Vidal-Madjar aj. využili spektrografu STIS na HST k důkazu, že z atmosféry této horké exoplanety se odpařuje nejenom atomární vodík, ale též kyslík a uhlík. Podle A. Lecaveliera des Etangs aj. unikají plyny přetokem přes Rocheův lalok exoplanety díky hvězdným slapům. Navzdory této ztrátě je životnost těchto exoplanet, vzdálených jen 0,04 – 0,10 AU od své mateřské hvězdy, srovnatelná se stářím Galaxie, protože samotný Osiris ztratí tímto způsobem za 5 mld. roků pouze 7% své původní hmotnosti.

A. Udalski aj. prohlédli 6 vybraných polí v souhvězdích Lodního kýlu, Kentaura a Mouchy, zahrnujících opakovanou přesnou ($\pm 0,0015$ mag) fotometrii 230 tis. hvězd pozorovaných v **přehlídkce OGLE** 1,3 m reflektorem na Las Campanas v r. 2003, k hledání kandidátů na přechody exoplanet. Našli tak 40 dobrých kandidátů, jejichž existence se nyní prověřuje doplňkovými měřeními. G. Chabrier aj. vyvinuli program, umožňující předpovědět budoucí hodnoty poloměru, jasnosti a teploty exoplanety jako funkci její hmotnosti a vzdálenosti od mateřské hvězdy, protože dokázali zahrnout zmíněné **odpařování atmosfér** do vývojových modelů exoplanet. I. Baraffe aj. zjistili, že vypařování ovlivňuje především intenzita rentgenového a ultrafialového záření mateřské hvězdy. Jakmile se vnější vrstvy atmosféry exoplanety začnou vlivem silného ohřevu rozpínat, probíhá další odpařování překotně. Podle jejích výpočtů se překotně odpaří exoplaneta s hmotností 1,5 M_J , pokud je její vzdálenost od mateřské hvězdy menší než 0,046 AU a podobně dopadne exoplaneta s hmotností 2,7 M_J ve vzdálenosti 0,023 AU od mateřské hvězdy.

Exoplanety se ovšem dají hledat také pomocí **gravitačních mikročoček**, kdy v mikrovrteřinové úhlové blízkosti přechází přes vzdálenější hvězdu bližší hvězda, opatřené exoplanetou. Podle teorie relativity se v tom případě vzdálenější hvězda zjasní a za příhodné situace se na její světelné křivce může objevit krátký několikahodinový vrcholek („zub“), vyvolaný obdobným přechodem exoplanety. Podle F. Bouchyho aj. pak stačí metodou radiálních rychlostí určit parametry exoplanety.

Přehledka mikročoček OGLE obsahuje podle autorů již 137 podezřelých případů a ve dvou případech se podařilo podezření potvrdit pomocí spektrografu FLAMES VLT. Jde o mikročočku **OGLE-TR-113b**, kde exoplaneta má hmotnost 1,35 M_J , poloměr

1,1 R_j ; a oběžnou dobu 1,4 d (!). Druhým případem byla též dle C. Moutoua aj. mikročočka **OGLE-TR-132b** se zjasněním v trvání pouhé 1,2 h s parametry exoplanety: 1,2 M_j ; 1,1 R_j ; 1,7 d; o střední hustotě rovné hustotě vody. Mateřská hvězda ve vzdálenosti 2,5 kpc o hmotnosti 1,35 M_\odot a poloměru 1,4 R_\odot má povrchovou teplotu 6,4 kK a její stáří nepřesahuje asi 1 mld. roku. Vzápětí M. Konacki aj. zjistili, že mikročočka **OGLE-TR-56b** je exoplanetou s dosud vůbec nejkratší oběžnou dobou 1,2 d. Spektrum mateřské hvězdy pořídili G. Torres aj. u dalekohledu Keck a tak obdrželi parametry exoplanety: 1,45 M_j ; 1,2 R_j ; $a = 3,4$ mil. km; $e = 0$; hustota ($1,0 \pm 0,3$) násobek hustoty vody. Velmi krátké oběžné doby jsou naprostým překvapením a přirozeně znamenají, že jde o exoplanety silně rozpálené. D. Lin a P. Gu se domnívají, že tyto **horcí jupiteři** se dostaly do blízkosti mateřských hvězd migrací z větších vzdáleností, v nichž původně vznikly. Sílicí slapy přitom původně protáhlé dráhy změny velmi rychle na kruhové a způsobí též slapový ohřev exoplanet, které se proto výrazně nafouknou.

Zatím je zejména díky přehlídkám gravitačních mikročoček známo už 6 exoplanet, jejichž přechody přes kotoučky mateřských hvězd se zdařilo pozorovat. Jasnosti mateřských hvězd se pohybují v rozmezí 7,6 – 16,6 mag a spektrální třídy jsou v rozsahu F – K; poloosy drah exoplanet v rozmezí 0,023 – 0,047 AU, jejich hmotnosti 0,5 – 1,45 M_\odot , poloměry 1,0 – 1,4 M_j a hustoty 0,35 – 1,2 násobek hustoty vody. V dubnu 2004 se však podařilo objevit mikročočku, která je červeným trpaslíkem o hmotnosti 0,3 M_\odot , doprovázenou exoplanetou o hmotnosti 1,5 M_j , v „rozumné“ vzdálenosti 2,5 AU.

C. Snodgrass aj. využili 321 mikročoček z přehlídky OGLE III k odhadu výskytu exoplanet u hvězd ve **výduti Galaxie**. Ukázali, že pouze 7% těchto hvězd je obdařeno alespoň jednou exoplanetou, a že přibližně pětinu těchto exoplanet představují chladní jupiteři. I. Dobbsová-Dixonová aj. zjistili, že *všechny exoplanety s oběžnou dobou kratší než 6 dnů mají kruhové dráhy, což je výsledek působení slapových sil*. Exoplanety s oběžnými dobami 7 – 21 dnů představují přechodné typy, kde se vyskytují jak kruhové tak výstředné dráhy; tj. slapové síly případně dosud nestihly ukončit svou práci.

S. Mohanty aj. sledovali 13 osamělých slabě žhnoucích červených objektů o teplotách kolem 2500 K v oblastech aktivní tvorby hvězd v souhvězdích Byka a Štíra. Jejich hmotnosti odhadli na 9 – 100 M_j , tj. na rozhraní obřích exoplanet a hnědých trpaslíků. Objekty jsou často obklopeny akrečními disky, což dokazuje, že vznikají tímž mechanismem jako hvězdy. Autoři pro ně navrhují nový termín *planemy*. Výskyt **osamělých exoplanet**, popř. hnědých trpaslíků je tedy zejména v těchto oblastech zcela běžný. Jak uvedli J. Ge aj., lze v nejbližších 15 letech očekávat podstatné zvýšení počtu známých exoplanet díky ambicióznímu programu 2,5 m dalekohledu SDSS v Novém Mexiku. Autoři plánují monitorovat po dobu jedné dekády změny radiálních rychlostí pro 1 mil. hvězd spektrálních tříd F – M o nízké hmotnosti a očekávají, že tak odhalí existenci řádově 100 tis. exoplanet!

2.2. Hnědí trpaslíci

M. Zapatero Osorio aj. pomocí adaptivní optiky u Keckova teleskopu pořídili spektroskopii binárního hnědého trpaslíka **GJ 569 Bab** v letech 1999 – 2001. Obdrželi odtud především spektrální klasifikaci a spolehlivé hmotnosti složek Ba ($M8.5$; 0,066 M_\odot) a Bb ($M9$; 0,052 M_\odot); dále pak oběžnou periodu 2,3 r; velkou poloosu dráhy 0,9 AU; výstřednost 0,3; sklon 34° a vzdálenost od nás 10 pc. Pár hnědých trpaslíků je průvodcem 5" vzdálené trpasličí hvězdy sp. $M2.5$ V. M. McCaughrean aj. využili kamery NAOS/CONICA VLT ve spojení s adaptivní optikou k zobrazení nejbližšího známého páru hnědých trpaslíků **EInd Ba+Bb**. Dvojice je od nás vzdálena jen 3,6 pc a úhlová vzdálenost složek činí 0,7". Je to též první případ, kdy se podařilo zobrazit spektra obou složek, ačkoliv infračervená jasnost soustavy je pouze $I = 17$ mag a $K = 11$ mag. Spektrální třídy složek jsou po řadě T1 a T6 a minimální hmotnosti 47 a 28 M_j . Složky kolem sebe obíhají v periodě asi 15 let a vznikly před 1,3 mld. let. H. Bouy aj. používali po dobu 4 roků dalekohledů HST, VLT, Keck a Gemini k určení dynamické hmotnosti složek binárního hnědého trpaslíka **2MASSW J0746+2000** (Gem; sp. $L0 + L1.5$; oběžná doba 10,5 r) a dostali po řadě hodnoty 85 a 66 M_j . Stáří soustavy odhadli na 300 mil. roků. W: Brandner aj. pozorovali pomocí HST po dobu 5,5 roků dvojici hnědých trpaslíků **DENIS-P J1228-15** (Crv), které vykazují společný vlastní pohyb a čáry Li ve spektru. Odtud odvodili přibližnou oběžnou dobu soustavy na 45 let při velké poloose oběžné dráhy 6,4 AU.

K. Briggs a J. Pye odhalili pomocí družice Newton konstantní rentgenové záření hnědého trpaslíka **Roque 14** v Plejádách o zářivém výkonu 300 EW, což ovšem představuje jen tisícinu jeho bolometrické svítivosti. Autoři se domnívají, že zdrojem energetického záření je magnetická aktivita na povrchu hnědého trpaslíka, obdobná té, jež byla už dříve nalezena u trpasličích hvězd třídy M. Soudí tak též z toho, že u dalších čtyř zkoumaných hnědých trpaslíků měřitelnou rentgenovou emisi nenalezli, což přičítají slabšímu magnetickému poli.

Jak uvedla K. Loddersová, první hnědý trpaslík **GI 229B** byl objeven teprve v říjnu r. 1995 – shodou okolností prakticky současně s první exoplanetou u hvězdy 51 Peg. Kvůli němu a následujícím objevům se jednak protáhla spektrální klasifikace třídy M až po M10 a posléze bylo potřeba zavést nové třídy L (rozmezí efektivních teplot 2000 – 1200 K) a T (1200 – 800 K). Z toho důvodu se pro sledování hnědých trpaslíků ideálně hodí infračervené pásmo spektra. V atmosférách hnědých trpaslíků lze pozorovat čáry Li a pásy sloučenin CO, CH₄, KCl, LiF, Li₂S, N₂S atd. Hmotnosti hnědých trpaslíků se pohybují v úzkém rozmezí 13 – 80 M_j ; jde v podstatě o *přechodný typ mezi klasickými hvězdami a obřimi planetami* typu Jupiteru.

2.3. Prahvězdy

J. Tan a C. McKea se zabývali **vznikem hvězd v raném vesmíru** a zjistili, že tyto „nekovové“ prahvězdy musely mít minimální hmotnost alespoň 30 M_\odot , takže toto omezení obecně zdržovalo vznik hvězd. Jenže Y. Ščekinov a E. Vasilev vzápětí ukázali, že výskyt extrémně energetického kosmického záření v raném vesmíru zvyšuje rychlost, s níž se ochlazují zárodečná mračna molekulárního vodíku a to umožňuje, aby už v raném vesmíru vznikaly také hvězdy s nízkou hmotností. I. Picardiová aj. našli dosud kovově nejchudší (zastoupení kovů činí jen milióntinu hmotnosti hvězdy) nízkohmotný objekt ($< 1 M_\odot$) **He 0107-5240** (Phe), který by se podle původních představ nedokázal vůbec ochladit a nemohl tedy vzniknout, takže se zdá, že Ščekinov a Vasilev mají nejspíš pravdu. J. Tumlinson aj. se dokonce domnívají, že *i nekovové hvězdy mohou posléze vybuchnout jako supernovy*, takže

první kovy ve vesmíru se dostávají do kosmického koloběhu již na konci kosmologického šerověku při $z = 20$, tj. ve stáří pouhých 100 mil. let po vzniku I. generace hvězd. Toto obohacení obstarají snadno i hvězdy o počáteční hmotnosti pouze $10 M_{\odot}$, takže původní předpoklad, že jsou k tomu potřebí extrémně masivní hvězdy o hmotnostech přes $140 M_{\odot}$, je nejspíš nadbytečný.

Pozoruhodnou práci o pomalejším tempu klíčové **termonukleární reakce cyklu CNO** v nitru hmotných hvězd uveřejnili S. Degl Innocenti aj. na základě experimentálního měření v podzemním urychlovači pod horou Gran Sasso v Itálii. Nejpomalejší reakce celého cyklu, při níž jádro ^{14}N zachytí proton a změní se na jádro ^{15}O , se totiž nedá změřit v běžných urychlovačích kvůli vysokému pozadí kosmického záření. Pod horou Gran Sasso je však kosmické záření dostatečně zeslabeno a tak měření v mezinárodním projektu LUNA ukázala, že reakce je ještě pomalejší, než se dosud odhadovalo, což posouvá stáří nejstarších hvězdokup s hmotnými hvězdami ještě o 700 mil. let do minulosti. To je v dobrém souladu s výsledky měření družice WMAP a tak se otevírají nové experimentální možnosti ověřit i zbývající úseky cyklu CNO, což by mj. pomohlo zmenšit nejistoty modelových výpočtů toku slunečních neutrin. A. Claret uveřejnil síťové **modely hvězdného vývoje** pro hvězdy s počátečními hmotnostmi $0,8 - 125 M_{\odot}$ a sluneční metalicitou, poprvé se započítáním ztrát hmoty hvězdným větrem a vlivu slapů v těsných dvojhvězdách až do okamžiku, kdy v nitru hvězdy započne termonukleární spalování uhlíku.

R. Chini aj. nejprve připomněli, že podle stávajících představ o **vzniku hvězd slunečního typu** gravitačním zhroucením chuchvalce molekulového mračka a následnou akrecí materiálu z akrečního disku kolem zárodku hvězdy by tento mechanismus neměl fungovat pro vznik hvězd asi 10krát hmotnějších než Slunce, protože akreci zabránil příliš vysoký tlak záření, vycházející z tak hmotného zárodku. Uvedli však pozorování velmi mladé **mlhoviny M17** (Omega), vzdálené od nás 2,2 kpc, vykonaná v mikrovlnném a infračerveném oboru spektra dalekohledy IRAM, NTT a zejména VLT ve spojení s adaptivní optikou, která prokázala, že v mlhovině se nalézá prahvězda o hmotnosti $20 M_{\odot}$, obklopená akrečním diskem, z něhož stále ještě nabírá další hmotu, takže i hvězdy s hmotností do cca $40 M_{\odot}$ mohou vznikat popsáním způsobem, přestože to současná teorie nedokáže vysvětlit.

Titíž autoři též zkoumali plošný **Kleinmannův-Wrightův infračervený objekt**, objevený v r. 1973, jenž dosahuje v blízké infračervené oblasti pouze 21 – 23 mag. Na snímcích VLT se dají rozlišit dvě hvězdy rané třídy B, vzdálené od sebe něco přes 2600 AU. Jasnější složka je obklopena teplým prachem, kdežto slabší složka je ponořena do rentgenově zářícího molekulového mračka, obklopeného reflektivní mlhovinou, která svítí v infračerveném pásmu. Odtud se dá vypočítat zářivý výkon hvězdy B0 na $5 kL_{\odot}$, která je obklopena asi $10 M_{\odot}$ mezihvězdného plynu a prachu. Špičkové úhlové rozlišení umožnilo odhalit v tomto směru malou hvězdokupu se 150 červenými hvězdami. Jde o dosud nejmladší pozorovanou fázi tzv. Herbigových hvězd typu Be. Podobně S. Hubrigová aj. studovali pomocí VLT kruhovou polarizaci **Herbigových hvězd** typu Ae před hlavní posloupnosti s hmotností $1,5 - 3 M_{\odot}$ a zjistili zde magnetické pole 40 mT, které souhlasí s předpokladem, že hvězdy tohoto typu přebírají prvotní magnetické pole akrecí okolního molekulového mračka.

J. Kastner aj. zkoumali v letech 2002-04 pomocí družice Chandra proměnnou hvězdu **V1647 Ori** v mlhovině M78, jež patrně osvětluje nedávno objevenou McNeilovu mlhovinu a zjistili, že ve zmíněném intervalu se rentgenová jasnost hvězdy zvýšila 50krát, a že toto vzplanutí časově odpovídá optickému zjasnění mlhoviny. Autoři odtud usuzují na nástup fáze rychlé akrece mezihvězdné látky na hvězdu, která je vnořena do tmavého mračka L1630.

2.4. Osamělé hvězdy

Tak jako helioseismologie přináší už řadu desetiletí jedinečné informace o slunečním nitru, její mladší sestra **asteroseismologie** využívá oscilací na povrchu hvězd k ověřování modelů stavby hvězd. Podle J. Christensena-Dalgaard a H. Kjeldsena je však překvapující, že kanadská družice MOST neobjevila najisto očekávané oscilace u osmé nejjasnější hvězdy oblohy, jíž je **Prokyon**. Tyto oscilace však našli P. Eggenberger aj. pozemním spektrografem CORALIE u Eulerova 1,2 m teleskopu na ESO na frekvencích 0,6 – 1,6 mHz a s amplitudou alespoň pětikrát větší než šum. P. Kervella aj. využili interferometru VINCI/VLTI a asterometrie ke změření úhlového průměru Prokyona A (F5 IV-V) a odvození jeho základních parametrů. Úhlový průměr $0,0054''$ odpovídá lineárnímu poloměru $2,05 R_{\odot}$ a odtud při chemickém složení ($Y = 0,30$; $Z = 0,03$) vychází efektivní teplota 6530 K; hmotnost $1,4 M_{\odot}$ a stáří 2,3 mld. roků. Odtud vyplývá, že *Prokyon už brzy opustí hlavní posloupnost diagramu HR*.

Týmž interferometrem změřili M. Wittkowski aj. úhlový průměr $0,008''$ hvězdy **psiPhe** (gM4) a odtud odvodili její parametry: $1,3 M_{\odot}$; $86 R_{\odot}$; 3550 K a $1 kL_{\odot}$. E. Di Folco aj. použili téhož interferometru s proměnlivou délkou základnen 66 – 140 m k určení úhlových průměrů pěti jasných hvězd, podobných Veze a vzdálených od nás 3 – 19 pc. Výsledné úhlové průměry se pohybovaly v rozmezí $0,0008 - 0,0022''$ a odtud vyplývající poloměry hvězd činily $0,7 - 1,8 R_{\odot}$ s přesností na neuvěřitelná 2%. R. Bohlin a R. Gilliland využili spektrografu STIS HST k novému určení pozorované jasnosti **Vegy** ve filtru $V = 0,03$ mag, což je základní kalibrační bod celé soustavy optických hvězdných velikostí. A. Reiners a F. Royer změřili pomocí spektrografu ELODIE na OHP z profilů 650 spektrálních čar velikost rotačního zploštění **Altaira** (sp. A7 IV-V; 5 pc) v Orlu. Vyšla jim tak minimální rotační rychlost hvězdy 227 km/s, čemuž odpovídá zploštění 14%. Kritická rotační rychlost Altaira, při němž by se hvězda rozpadla, činí 430 km/s.

Podle J. Navarra aj. je nejjasnější hvězda severní oblohy **Arktur** (sp. K1.5 IIIp; vzdálenost 11 kpc) *přivandrovalcem z cizí trpasličí galaxie*. Patří totiž ke starým (10 mld. let) hvězdám II. populace (s nízkou metalicitou), vyznačuje se velkým vlastním pohybem $2,3''/r$ a vysokou prostorovou rychlostí 120 km/s. To znamená, že ještě před půl milionem let nebyla očima viditelná a stejně tak se ztratí pouhému zraku během příštího půl milionu roků. O. Eggen zjistil už před časem, že na obloze vidíme do vzdálenosti 300 pc od Slunce ještě téměř půl stovky hvězd s podobným vektorem prostorové rychlosti, takže jde dokonce o cizokrajný hvězdný houf, který však vinou příliš velkého rozptylu rychlostí netvoří vázanou hvězdokupu.

S. Eikenberry aj. ohlásili objev rekordně hmotné hvězdy ***LBV 1806-20*** (Sgr; vzdálenost 14 kpc) s parametry: $150 M_{\odot}$; $200 R_{\odot}$ a $40 ML_{\odot}$. V jejím okolí je řada dalších velmi hmotných hvězd a hvězd Wolfových-Rayetových, které se již zbavily svých vodíkových obálek. G. Jiang aj. navrhli určovat hmotnosti osamělých hvězd metodou gravitačních mikročoček. Využili k tomu měření mikročočky ***OGLE-2003-BLG-238***, která se zjasnila 170krát na rekordních 10,3 mag v oboru I a celý úkaz trval 38 dnů.

Odtud vyšla hmotnost čochující hvězdy v rozmezí 0,4 – 1,5 M_{\odot} , ale při soustředěném úsilí by se příště asi podařilo tak velkou nejistotu výrazně snížit.

Dosud nejlepším analogem Slunce je podle C. Soubirana a A. Triada hvězda **18 Sco** (HD 146233 = HR 6060), vzdálená od nás 14 pc. Její vizuální absolutní hvězdná velikost 4,77 mag a efektivní teplota 5,8 kK jsou velmi blízké slunečním parametrům; je však o něco starší (6 mld. let). T. Henry a N. Reid aj. vyhledali pomocí velkých přehlídek oblohy 2MASS a SuperCOSMOS téměř všechny **hvězdy v blízkém okolí Slunce**. Zjistili tak, že do vzdálenosti 10 pc od Slunce jsou nejčastěji zastoupeni chladní červení trpaslíci (tj. např. Proxima Centauri), kterých je v tomto objemu 238; za nimi následují hnědí trpaslíci, kterých je 10. Autoři odtud usuzují, že *40% hmotnosti hvězd v Galaxii tvoří právě červení trpaslíci s průměrnou hmotností 0,2 M_{\odot}* . Z každých 6 hvězd v Galaxii je tedy obvykle 5 červených trpaslíků! Jak uvádí K. Bracherová, po komplexu alfa Centauri je nejbližší hvězdou ke Slunci **Barnardova šipka** (1,8 pc) s rekordním vlastním pohybem 10"/r o hmotnosti 0,2 M_{\odot} , poloměru 0,17 R_{\odot} a svítivosti 0,4 mL_{\odot} . Dalším v pořadí je červený trpaslík **Wolf 359** (Leo; 2,4 pc) s hmotností asi 0,1 M_{\odot} , poloměrem 0,04 R_{\odot} a svítivosti 0,02 mL_{\odot} .

C. Cowley aj. našli ve spektrech chemicky pekuliárních hvězd **HD 965** a **HD 101065** (hvězda Przybylského; 8 mag; sp. B5p; Cen) spektrální čáry neutrálního i ionizovaného promethia, což je pro hvězdné atmosféry na pováženou, když připomenu, že všechny izotopy promethia jsou radioaktivní a nejdéle žijící z nich mají poločas rozpadu pouhých 18 roků. To prakticky znamená, že Pm se v atmosférách těchto hvězd tvoří nějakým záhadným procesem téměř plynule a neustále. Autoři podezírají z jeho vznikání mocné erupce, které jsou pro hvězdy této třídy typické. Chemicky pekuliární hvězdy mají dle J. Braithwaitea a H. Spruita často velmi silné (až 3 T) **magnetické pole**, které podle počítačových modelů je fosilního původu a podobně jako u bílých trpaslíků či magnetarů slábne velmi pomalu; jeví též snahu o změnu z chaotického pole na uspořádané, tj. ponejvíce dipólové.

2.5. Těsné dvojhvězdy

G. Anglada aj. popsali na základě pozorování obří aparaturou VLA na vlnové délce 7 mm strukturu **těsné dvojhvězdy SVS 13** v blízkém (220 pc) komplexu prahvězd NGC 1333 v Perseovi. Na milimetrových vlnách je patrný akreční disk kolem jedné složky dvojhvězdy při rozteči složek minimálně 65 AU. Naproti tomu **dvojhvězda L1551** v komplexu IRS 5 v Býku má samostatné akreční disky kolem každé složky, jež jsou navzájem vzdáleny minimálně 45 AU, ale jsou navíc obklopeny společnou zploštělou plynoprachovou obálkou. Autoři odtud usuzují, že i v *těsných dvojhvězdách mohou vznikat exoplanety*, které buď obíhají v blízkosti jedné složky, anebo naopak jsou tak daleko, že obíhají kolem obou složek. S. Pravdo aj. zjistili pomocí NICMOS HST, že hvězda **GJ 164** (sp. dM; vzdálenost 12 pc) má trpasličího průvodce (sp. dM7), jenž kolem ní obíhá v periodě 2 let ve vzdálenosti 1 AU. Primární složka má hmotnost 0,17 M_{\odot} , zatímco sekundár jen 0,095 M_{\odot} – takové soustavy se daří objevovat jen zcela vzácně.

G. Rauw aj. určili z pozorování spektrografem EMMI NTT (ESO) Wolfovy-Rayetovy těsné ($\alpha \sin i = 26 R_{\odot}$) dvojhvězdy **WR 20a** (sp. WN6 + O3If; oběžná doba 3,7 d) přesné hmotnosti složek 71 a 69 M_{\odot} . Autoři uvedli, že to jsou zatím vůbec nejvyšší spolehlivé hmotnosti hvězd. Nicméně A. Bonanos aj. zjistili vzápětí z přehlídky OGLE, že WR 20a je rovněž zákrytovou dvojhvězdou s poklesem jasnosti v minimech o 0,4 mag, což umožnilo určit sklon dráhy 74° a odtud vyšly vyšší hmotnosti 83 a 82 M_{\odot} – o nich pak lze snad opravdu tvrdit, že jde o nejvyšší spolehlivě určené hmotnosti hvězd. Jak poznamenali L. Wyrzykowski aj., program **OGLE II** pro Malé Magellanovo mračno, uskutečněný v letech 1997-2000, přinesl údaje o více než 1300 zákrytových dvojhvězdách na ploše 2,4 čtv. stupně; z toho bylo 455 nově objevených soustav.

P. Eggenberger aj. využili asteroseismologie soustavy **aCen AB** ke zpřesnění hlavních fyzikálních parametrů obou složek, vzdálených od nás 1,33 pc. Soustava je stará 6,5 mld. roků a její metalicita je přesto vyšší než u Slunce: $Y = 0,275$ a $Z = 0,043$. Další parametry jsou známy s vysokou přesností: 1,10 a 0,93 M_{\odot} ; 1,22 a 0,86 R_{\odot} ; 1,5 a 0,5 L_{\odot} ; 5,8 a 5,3 kK; jasnosti $V = 0,0$ a +1,3 mag. P. Harmancovi aj. se zdařilo rozlišit spektra složek spektroskopické dvojhvězdy **kappaSco** (sp. B1.5 III; $V = 2,4$ mag; orb. per. 196 d; $e = 0,5$; vzdálenost 140 pc) a určit tak jejich efektivní teploty 24,5 a 23,4 kK jakož i hmotnosti 11,3 a 9,2 M_{\odot} . R. Williamon aj. určili přesné fyzikální parametry zákrytové dvojhvězdy typu Algol **AY Cam** a C. Lacy aj. rovněž z fotometrie odvodili parametry soustavy **V885 Cyg** (typu β Lyr) a **MU Cas**. Autoři se shodli, že u nekomplikovaných soustav lze dnes určovat tyto parametry s chybou menší než 2%, což má velký význam pro kalibraci modelů hvězdného vývoje.

P. Eggleton aj. odhalili pozoruhodnou detektivní historii dvou hvězd, které vznikly ve Velké mlhovině v Orionu před několika málo mil. roků ve dvou dvojhvězdách a před 2,5 mil. let si při těsném sblížení vyměnily své partnery a unikly z mlhoviny opačným směrem v podobě hvězd **AE Aur** a **μ Col**. Autoři ukázali, že po nich v mlhovině zbyla dvojice velmi hmotných hvězd různých hmotností a stáří, obíhajících kolem sebe po výstředné dráze a známých jako **iotaOri**. Naproti tomu AE Aur, která byla původně složkou dvojhvězdy s iotaOri A, a μ Col, původně svázaná s iotaOri B, prchají z místa těsného sblížení opačným směrem rychlostmi 100 km/s. Podle C. Tana též infračervený **Becklinův-Neugebauerův objekt**, který se nyní od mlhoviny v Orionu vzdaluje rychlostí 40 km/s, se nacházel před pouhými 4 tis. roky v blízkosti nejjasnější složky Trapezu (**thétaOri C**), což je rovněž těsná dvojhvězda, tvořená velmi hmotnými složkami na výstředné dráze.

K. Belczynski a R. Taam zjistili na základě pozorování rentgenových družic RXTE a Chandra, že se v Galaxii nalézá nová populace **ultrakompaktních dvojhvězd** s oběžnými dobami 20 – 80 min, které se vyznačují vydatnou akrecí hmoty na neutronovou hvězdu či hvězdnou černou díru. O. Fors aj. zavedli rutinní pozorování **zákrytů hvězd Měsícem** v optickém a infračerveném pásmu u 1,5 m reflektoru na observatoři Calar Alto ve Španělsku. Zatím se jim zdařilo změřit úhlové průměry pozdních obrů **30 Psc** a **V349 Gem** 0,007" a 0,005" a objevit tři nové interferometrické dvojhvězdy s úhlovou roztečí složek až 0,0006". Z pozorování 40 zákrytů vychází pravděpodobnost dvojhvězdnosti polních hvězd na 0,1. R. Olling dospěl na základě statistického zjištění, že četnost podvojnosti hvězd klesá jak se vzdáleností zkoumaného objektu od nás tak s jeho klesající jasností, k závěru, že jde o výběrové efekty, způsobené omezenými možnostmi současné pozorovací techniky. Prakticky všechny jasné a blízké hvězdy jsou vícenásobné a když k tomu připočteme průvodce v podobě hnědých trpaslíků a planet, dospěl autor k radikálnímu tvrzení, že *všechny hvězdy jsou členy vícenásobných soustav*, což má i dobrou teoretickou příčinu, totiž potřebu odnést při vzniku hvězdy gravitačním hroucením přebytek momentu hybnosti.

2.6. Proměnné hvězdy

2.6.1. Novy a kataklyzmické proměnné

První jasnou novu r. 2004 objevili H. Nišimura, W. Liller a Y. Nakamura v polovině března 2004 v poloze 1819-2835. V maximu dosáhla 8 mag a dostala označení **V5114 Sgr**. V červenci 2004 přešlo její spektrum do koronální fáze. O měsíc později objevil A. Takao pomalou novu **V2574 Oph** v poloze 1739-2328, která dosáhla v maximu 10 mag. Počátkem července pak vzplanula další pomalá nova **V1186 Sco** v poloze 1713-3057, která dosáhla v maximu 10,5 mag a A. Takao objevil počátkem srpna v témže souhvězdí v poloze 1729-3146 velmi rychlou novu **V1187 Sco**, která dosáhla v maximu dokonce 7,5 mag, ale koncem září už klesla na 15,5 mag a počátkem října vstoupila do koronální fáze. W. Liller objevil koncem října ve Velkém Magellanově mračnu nové vzplanutí rekurentní novy **YY Dor**, která poprvé vybuchla v r. 1937 v poloze 0556-6855 a nyní dosáhla v maximu až 11 mag. Poslední jasnou novu r. 2004 objevili A. Tago a Y. Sakurai koncem listopadu 2004 v souhvězdí Lodní zádě v poloze 0742-2706. Dostala označení **V574 Pup** a dosáhla maxima 7,5 mag. Kromě toho objevil Y. Nakamura v polovině června 2004 kataklyzmickou proměnnou **IN Her** v poloze 1839+2604, která tehdy dosáhla 12 mag, avšak za 2 týdny zeslábla na 16 mag. V archivu Harvardovy observatoře byly pak objeveny předešlé výbuchy v letech 1932, 1934, 1939 a 1941 s maximy 10,5 – 14 mag. Jde tedy zřejmě o trpasličí novu s akrečním diskem kolem bílého trpaslíka a průvodcem, obíhající kolem něho v periodě 1,4 h.

Zejména zásluhou K. Hornocha vzrostl zájem o sledování nov v **galaxii M31**, v níž se paradoxně ročně objeví více nov, než v naší vlastní Galaxii, o Magellanových mračnech ani nemluvě. Statisticky totiž říkají, že ročně se v M 31 nalezen kolem 30 nov, z nichž nejjasnější dosahují 17 mag (modul vzdálenosti M 31 je 24,5 mag, takže tomu odpovídá absolutní hvězdná velikost těchto nov až -7,5 mag). Podle L. Nelsona aj. by v disku naší Galaxie mělo ročně vzplanout rovněž asi 30 nov, ale z nich se podaří objevit sotva třetinu vinou absorpce světla v hlavní rovině Galaxie. *Hmotnost vybuchujících bílých trpaslíků vychází v průměru na 0,9 M_o*. Podle S. Williamse a A. Shaftera se podařilo za 8 pozorovacích sezón v letech 1995-2002 nalézt v **galaxii M33** v Trojúhelníku celkem 6 nov, z čehož vychází četnost pouze 2,5 novy/r. M. Shara aj. objevili na sérii 30 snímků HST z jara 2001 klasickou novu 23 – 24 mag v kulové hvězdokupě v obří eliptické **galaxii M87** v Panně ve vzdálenosti 16 Mpc od Slunce. Je to historicky teprve druhá nova, objevená v kulové hvězdokupě (první byla nova T Sco, objevená r. 1860 v kulové hvězdokupě M80 v naší Galaxii). Autoři odhadují, že v této obří galaxii vzplane ročně asi 300 nov.

M. Bode aj. připomněli, že u novy Persei 1901 (= **GK Per**) byl v r. 1916 poprvé pozorován nečekaný fenomén – tzv. *světelná ozvěna*, která vzniká ozářením okolního mezihvězdného materiálu světlem mohutného výbuchu. Správné vysvětlení jevu našel až v r. 1939 francouzský astronom P. Couderc. Ukázal, že odtud lze odvodit vzdálenost novy geometrickou cestou, ale výpočet komplikuje asymetrie v rozložení mezihvězdného materiálu vůči zornému paprsku – poprvé tak astronomové dostali nadsvětelné rychlosti rozpínání, které až mnohem později byly zjištěny u řady kvasarů. Světelnou ozvěnu kolem GK Per se nyní podařilo zobrazit na snímku 2,5 m dalekohledu INT; v současné době dosáhla úhlového průměru 1'.

B. Schaefferovi dohledal v archivu snímků Harvardovy observatoře výbuch **rekurentní novy U Sco** v březnu 1917. Odtud tedy plyne, že perioda rekurence se pohybuje v rozmezí 8 – 12 roků, přičemž některé výbuchy nelze ze Země pozorovat pro úhlovou blízkost novy ke Slunci. Autor proto předvídá další výbuch novy na období let 2007-2011. Týž autor prokázal nepřímo, že také rekurentní nova **RS Oph** měla počátkem r. 1907 vzplanutí právě v době, kdy byla shodou okolností skryta za Sluncem.

K. Long aj. sledovali pomocí HST proces chlazení **trpasličí novy WZ Sge** (orb. per. 82 min; vzdálenost 43 pc) po posledním obřím vzplanutí v červenci 2001 (předtím nova výrazně vzplanula v r. 1978). Šlo už o čtvrtý pozorovaný obří výbuch, který trval 24 dnů a podobal se svým průběhem třem předcházejícím. Příčinou výbuchu je hoření vodíku vlivem zvýšení tempa akrece z akrečního disku na povrch bílého trpaslíka o hmotnosti 0,9 M_o. Toto tempo dosahuje v maximu bezmála 10⁻⁹ M_o/r a vedlo k vyzáření bezmála 10³³ J zářivé energie při teplotě až 28 kK. Do počátku r. 2003 se však povrch bílého trpaslíka ochladil na 16 kK.

K. Beuermannovi aj. se podařilo husarský kousek, když pomocí pointeru FGS HST změřili trigonometrickou vzdálenost (520 ± 50) pc kataklyzmické proměnné **V1223 Sgr**, která je intermediálním polarem 4U1849-31 s oběžnou dobou 3,4 h a rotační periodou bílého trpaslíka 12,4 min. Zatímco bílý trpaslík má hmotnost 0,9 M_o, jeho průvodce vyplňující Rocheovu mez jen 0,4 M_o. V. Archipovová a N. Ikonnikovová revidovaly parametry symbiotické novy **V1329 Cyg**, která se nápadně zjasnila o 2 mag v r. 1964. Zjistily, že příčinou tehdejšího zjasnění byl výbuch nestacionárního horkého podtrpaslíka o hmotnosti 0,75 M_o s absolutní hvězdnou velikostí -0,1 mag, který od té doby až dosud opět zeslábl o 0,4 mag. Trpaslík obíhá kolem červeného obra sp. M5.5 III o hmotnosti 2,2 M_o. Předchozí parametry byly odvozeny z chybného předpokladu, že emisní čáry v symbiotické soustavě odrážejí oběžný pohyb, z čehož vycházela příliš velká hmotnost hlavní složky symbiotické dvojhvězdy.

K těmž typu proměnných náleží také proslulá dvojhvězda **AG Peg**, která je ve stavu výbuchu už plných 150 let, takže je suverénně *nejpomalejší novou v historii*. M. Eriksson aj. popsali na základě archivních spekter AG Peg z družice IUE z let 1978 – 1995 změny vzhledu dvojitých emisních čar C IV a N V a ukázali, že se tam překládají hvězdné větry červeného obra o rychlosti 60 km/s a bílého trpaslíka o rychlosti 700 km/s přes únik látky ze dvojhvězdy rychlostí 150 km/s.

D. Galloway a J. Sokolowski objevili pomocí archivu družice Chandra u symbiotické dvojhvězdy **CH Cyg** bipolární rentgenový výtrysk z bílého trpaslíka, jenž je napájen materiálem hvězdného větru z červeného obra. Poloha výtrysků souhlasí s již dříve objevenými radiovými výtrysky, objevenými pomocí antény VLA a optickými výtrysky, zobrazenými HST. Příčinou horkých výtrysků jsou rázové vlny vznikající při nadzvukových srážkách hvězdného větru s materiálem bílého trpaslíka v okolí jeho magnetických pólů.

Další velmi proslulou symbiotickou dvojhvězdu ***EG And*** (červený obr M3 III a bílý trpaslík; oběžná doba 483 d; vzdálenost 0,7 kpc) zkoumali K. Kolb aj. pomocí ultrafialových spekter z družic IUE a FUSE. Dostali tak hmotnost červeného obra 1,5 M_o, poloměr 75 R_o, svítivost 950 L_o a efektivní teplotu 3,7 kK, kdežto bílý trpaslík má parametry: 0,4 M_o; 0,04 R_o; 46 L_o a 75 kK. Obr ročně ztrácí hvězdným větrem až 10⁻⁷ M_o a bílý trpaslík není obklopen žádným akrečním diskem – sám je zdrojem horké složky spektra dvojhvězdy.

2.6.2. Fyzické proměnné

Ačkoliv od náhlého výbuchu podivné proměnné hvězdy **V838 Mon** počátkem r. 2002 uplynul už delší čas, hvězda je neustále ve středu zájmu astrofyziků pro své obtížně vysvětlitelné chování. R. Tylanda soudí, že je od nás možná až 8 kpc daleko, ale právě velká nejistota v určení její vzdálenosti ztěžuje fyzikální interpretaci pozorování. Autor se domnívá, že hvězda ozařuje mezi-hvězdné mračno, vůči němuž se náhodně pohybuje, čili že ozařovaný materiál nebyl z hvězdy vyvržen při předešlé aktivitě. S. Desidera aj. však zjistili v daném směru slabou 2,5% polarizaci interstelárního prostředí, zatímco materiál světelné ozvěny jeví komplexní polarizaci až do 45%. Během jediného roku po výbuchu se spektrum hvězdy změnilo z třídy F na G, K a M III, přičemž koncem roku už bylo pozdnější než M10, což je těžko fyzikálně vysvětlitelné.

Na snímku HST z počátku února 2004 se hvězda podle J. van Loona aj. jeví jako veleobr třídy L. Tito autoři našli v prachových a plynných slupkách kolem hvězdy doklady o minimálně dvou dřívějších explozích v intervalu posledních 5 mil. roků. Autoři považují za pravděpodobné, že jde o vícenásobnou hvězdu, která kromě vybuchnuvší hvězdy o hmotnosti $1 M_{\odot}$ obsahuje ještě hmotného trpaslíka třídy B3 V, jenž je patrný na snímku z družice IRAS. Protože podle jejich názoru je hvězda od nás vzdálena minimálně 5,5 kpc, dosáhla v maximu výbuchu svítivosti nad $100 kL_{\odot}$ a úhrnné vyzářené energie alespoň 10^{38} J. Šlo tedy patrně o *závěrečný tepelný impuls hvězdy na asymptotické větvi obrů v diagramu HR*; jinými slovy stali jsme se svědky zrodu planetární mlhoviny.

Také T. Kipper aj. poukázali na nejistou vzdálenost hvězdy se spodní mezí jen 3 kpc, takže absolutní hvězdná velikost ve výbuchu mohla dosáhnout až $-9,6$ mag (o řád více než u klasických nov), a zároveň na podivné spektrum, v němž je patrný přebytek Li, Ba a La. Výbuch sám nebyl důsledkem překotné termionukleární reakce, protože nebyl doprovázen výronem rentgenového záření a rovněž tak nešlo o pozdní heliový záblesk ve slupce hvězdy, jak se dosud většina autorů domnívá. Když se počátkem října 2004 hvězda znovu vynořila na noční obloze, její infračervená jasnost byla stále velmi vysoká ($J = 7,5$; $K = 5,5$ mag) a ve spektru byl vidět absorpční pásy CO a AlO.

Další podobnou záhadu představuje objekt Sakurai (**V4334 Sgr**), jenž náhle vzplanul již r. 1996 a od té doby slábne a chladne. Podle A. Evanse aj. se objekt od r. 2001 nápadně zjasňuje v submilimetrovém spektrálním oboru a současně pokračuje chladnutí prachové slupky kolem hvězdy, která ročně ztrácí $3 \cdot 10^{-5} M_{\odot}$. Prach však tvoří jen 1/75 hmotnosti plynných slupek, jež rovněž nejspíš vytvářejí planetární mlhovinu. Podle M. Lechnera a S. Kimeswengera je chování objektu Sakurai velmi podobné už staršímu příběhu proměnné **V605 Aql**, která vzplanula r. 1919 a byla zpočátku považována na novu, ale dnes už víme, že šlo o *závěrečný heliový záblesk červeného obra na asymptotické větvi*, jenž je od nás vzdálen 3,1 kpc. Pomocí dalekohledu NTT ESO se podařilo v r. 2002 objevit kolem objektu rozpínající se planetární mlhovinu A58 o průměru 0,3 pc, která vznikla asi před 8 tis. lety. „Mateřský“ bílý trpaslík o hmotnosti $0,6 M_{\odot}$ má svítivost $325 L_{\odot}$ a povrchovou teplotu 120 kK.

N. Smith a J. Morse zjišťovali chemické složení další pozoruhodné proměnné, opravdové superstar **etaCar**, která – jak známo – prodělala obrovský výbuch v polovině 19. stol. a od té doby je obklopena produkty výbuchu v podobě mlhoviny Homunculus. Zmínění autoři studovali chemické složení kondenzací vně mlhoviny, které zřejmě pocházejí ze starších výbuchů během posledních tisíců let a zjistili, že nejbližší ke hvězdě je v kondenzacích hodně dusíku a téměř žádný kyslík, zatímco směrem od hvězdy klesá zastoupení N a naopak stoupá výskyt O. Autoři odtud usuzují, že ve hvězdě probíhá termionukleární cyklus CNO a „popel“ (N) z této reakce se teprve nedávno dostal na povrchu a je vyvrhován do prostoru rychlostí přes 3200 km/s. P. Whitelocková aj. získali z infračervené fotometrie hvězdy v letech 2000 – 2004 další dobré důkazy o tom, že také etaCar je dvojhvězda s oběžnou dobou 5,5 roku, ve shodě s názorem řady jiných autorů. R. Naye připomněl, že při výbuchu kolem r. 1850 dosáhla hvězda 1 mag a vyvrhla celkem $5 M_{\odot}$ hmoty, kdežto nyní činí tato ztráta hmoty pouze $0,001 M_{\odot}/r$. Sekundární složka soustavy má protáhlou dráhu, takže v periastru silně interaguje s primární velmi hmotnou hvězdou, což bylo dobře patrné zvláště v rentgenovém oboru spektra. *Hvězda patří k nejsvítlivějším známým hvězdným objektům s maximální jasností řádu $10 ML_{\odot}$.*

Další záhadný hvězdný objekt byl objeven počátkem května 2000 v galaxii NGC 3432 (LMi; vzdálenost 10,5 Mpc). Nejprve byl označen jako **supernova 2000ch** ($V = 17,4$ mag), ale brzo se na archivních snímcích z let 1997 – 2000 ukázalo, že po celou tu dobu se jeho červená jasnost pohybovala kolem 19,5 mag. Spektroskopie prokázala rozpínání plynných obálek rychlostí jen 1550 km/s a absolutní hvězdná velikost ve výbuchu $-12,7$ mag byla blízká téměř parametru již zmíněné etaCar při výbuchu v 19. stol. (-14 mag). R. Wagner aj. proto usoudili, že pozorujeme analogii velmi hmotné a extrémně svítivé hvězdy/dvojhvězdy typu LBV (svítivé modré proměnné hvězdy). Aby snad těch záhad ve hvězdné astronomii nebylo málo, tak se – jak známo – jasná hvězda **deltaSco** zjasnila v polovině června 2000 z obvyklých 2,3 mag na 1,7 mag a na této úrovni se stále držela i po celý rok 2004, čímž zřetelně pozměnila vzhled souhvězdí Štíra. Příčina tak výrazného a dlouhotrvajícího zjasnění není známa.

P. Kervella aj. dokázali pomocí interferometru VINCI/VLTI změřit **úhlové průměry 7 cefeid** v naší Galaxii v rozmezí $0,001 - 0,003''$ s relativní přesností neuvěřitelných 5% a odtud odvodit nepřímou jejich vzdálenosti v rozmezí 250 – 603 pc; chyba těchto měření je však větší než 30%. Titíž autoři odtud odvodili přesnější kalibraci vztahu perioda-poloměr a perioda-svítlivost, potřebných pro určování vzdáleností galaxií a uvádějí, že metoda má dobrý potenciál do budoucnosti, protože v dosahu VLTI je asi 30 cefeid. S. Engle aj. shrnuli historické údaje o nejbližší cefeidě, kterou je známá **Polárka** s periodou téměř přesně 4 d. Ještě před sto lety kolísala v této periodě její jasnost o plných 15%, kdežto do r. 1995 se amplituda světelných změn snížila na 2%. Od té doby však opět pomalu roste. Současně se zmíněná perioda světelné křivky prodlužuje tempem 8 s/r. V porovnání s dobou kolem počátku křesťanského letopočtu se však průměrná jasnost Polárky zvýšila o plnou 1 mag; během minulého století se zvýšila o 0,17 mag. V r. 2004 bylo obnoveno monitorování jasnosti Polárky družicí WIRE, jejíž fotometr pracuje s přesností $\pm 0,1$ milimag. Podle měření z družice HIPPARCOS je Polárka od nás vzdálena 130 pc a na rozdíl od většiny ostatních cefeid pulsuje v 1. harmonické složce základní pulzní periody, protože se nalézá teprve ve vývojové fázi přechodu od horké modré hvězdy hlavní posloupnosti do stádia červeného veleobra, zatímco většina ostatních cefeid se už z tohoto stádia vrací zpět.

N. Vogt aj. se zabývali otázkou, zda některé hvězdy považované za fotometrické standardy nejsou ve skutečnosti **proměnné s velmi dlouhou periodou**. Zkusili náhodně vybrat 216 polních hvězd v archivu snímků hvězdárny v Sonnebergu za léta 1961 – 95

v oblasti souhvězdí Vozky, Býka a Orionu v rozmezí jasností B 7,8 ÷ 12,2 mag, přičemž přesnost fotometrie dosahovala ±0,1 mag. Zjistili, že z tohoto souboru má 17 hvězd světelné změny nad 0,1 mag během 2,75 ÷ 22 roku; asi polovina z nich může mít ještě delší periody proměnnosti. Odhadli též, že v archivu ze Sonnebergu je dosud na 45 tis. neobjevených proměnných, což může po odhalení jejich fotometrických parametrů významně ovlivnit naše představy o stavbě nitra a vývoji hvězd. E. Waagen aj. referovali o převedení obsáhlé **databáze proměnných hvězd AAVSO** do digitální podoby díky grantu NASA. V letech 1911 – 2001 shromáždilo na 6 tis. astronomů-amatérů celkem 9,5 mil. pozorování jasnosti proměnných hvězd a tyto údaje jsou nyní volně přístupné na řadě webových stránek, což je doslova astronomický poklad.

2.7. Planetární mlhoviny a bílí trpaslíci

C. O Dell (astronom, který byl prvním šéfem projektu obřího kosmického teleskopu NASA v letech 1972 – 82) aj. odvodili ze záběrů nejbližší (210 pc) planetární mlhoviny **Hlemýžď** (Helix, NGC 7293, Aqr), pořízených HST a 4 m teleskopem CTIO rozměry soustředných prstencových struktur kolem centrální hvězdy. Vnitřní poloměr vnitřního prstenu činí 0,5 pc a jeho šířka 0,25 pc. Vnější prsten má střední poloměr 1,8 pc. Vznikly při epizodách překotné ztráty hmoty centrální hvězdy před 6,6 a 12,1 tis. roky. R. Corradi aj. využili snímků osmi planetárních mlhovin, pořízených HST, k rozpoznání mnoha dalších **soustředných prstenců** kolem centrálních hvězd, jejichž původ je dosud velkou záhadou. Nejspíš však dokazují epizodické ztráty hmoty mateřské hvězdy – červeného obra na konci asymptotické větve v diagramu HR dříve, než se zhroutí na bílého trpaslíka. Tak např. u planetární mlhoviny **NGC 6543** v Draku, zvané „Kočičí oko“, zjistili, že její vnitřní plynné obálky se počaly rozpínat již před 1300 lety. U planetární mlhoviny ***IC 4677*** má vnitřek „oka“ průměr 0,2 pc, zatímco soustředné vnější obálky až 3,4 pc. Odtud vychází interval mezi epizodami překotných ztrát hmoty 1500 let.

J. Birrielová ukázala, že pouze 1/10 planetárních mlhovin je kulově souměrných; všechny ostatní tedy pravděpodobně vznikají v **součinnosti s druhou složkou těsné dvojhvězdy** – dalších 11% mlhovin vykazuje alespoň osovou (bipolární) souměrnost, ale většina je amorfních, protože se tam vyskytují i akreční disky a výtrysky z jedné či obou složek. O. de Marcová aj. dokonce tvrdí, že osamělá hvězda nedokáže planetární mlhovinu vůbec vytvořit, tj. *že existence průvodce bílého trpaslíka je nutnou podmínkou pro vznik planetární mlhoviny*. Autoři totiž sledovali polohy 11 centrálních hvězd planetárních mlhovin a v 10 případech zjistili, že centrální hvězda obíhá kolem společného těžiště s (neviditelným) průvodcem, s nímž tvoří těsnou (jednočarovou) spektroskopickou dvojhvězdu s oběžnou dobou od několika hodin až po několik měsíců. Velkým problémem při fyzikální interpretaci planetárních mlhovin je dle J. Phillipse problematické určování jejich **vzdáleností** – nejistoty pro danou mlhovinu dosahují poměru až 1:2,7!

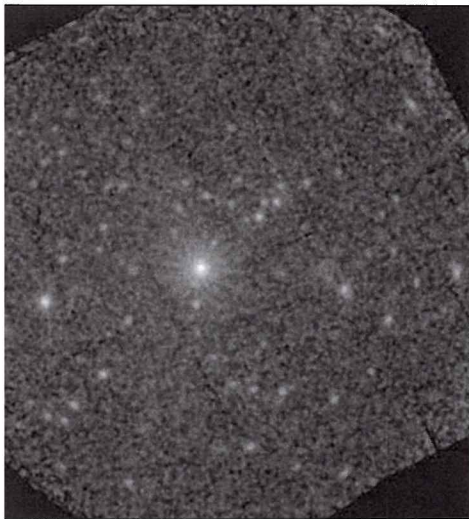
T. Marsh aj. zkoumali binární bílé trpaslíky **V407 Vul** (oběžná doba 9,5 min), **ES Cet** (10,3 min) a **RX J0806.3+1527** (5,3 min!). Z obecné teorie relativity vyplývá, že soustavy ztrácejí oběžnou energii vinou vyzařování gravitačních vln, což nakonec povede ke splynutí složek v intervalech řádu 100 mil. roku. Pro soustavu V407 Vul naměřili T. Strohmayer aj. po desetiletém sledování zrychlování oběžné periody řádu 10^{-17} Hz/s. Pokud je součet hmotností obou složek vyšší než Chandrasekharova mez, teorie předvídá, že při splynutí soustava vybuchne jako supernova třídy Ia a tím se zcela zničí. Pokud však součet hmotností složek nedosahuje Chandrasekharovy meze, vzniknou dle autorů polodotykové soustavy třídy AM CVn. Podle současných odhadů je v Galaxii v současnosti asi 200 mil. binárních bílých trpaslíků.

V. Makarov zjistil z vlnovky vlastního pohybu nejbližšího (4,4 pc) bílého trpaslíka **van Maanen 2**, že degenerovaná hvězda o hmotnosti $0,8 M_{\odot}$ má průvodce v podobě hnědého trpaslíka s hmotností $<0,08 M_{\odot}$, obíhajícího kolem společného těžiště v periodě 1,6 roku a ve střední vzdálenosti 18 mil. km. R. Scholz aj. však objevili pomocí přehlídek 2MASS a DENIS chladného bílého trpaslíka ***J1549-3544*** (Lup), který je navíc osamělý a patrně ještě bližší (= 4 pc) než van Maanen 2. P. Dobbie aj. našli v otevřené hvězdokupě ***Praesepe*** v Raku další dva bílé trpaslíky o hmotnostech $0,9 M_{\odot}$. Odhadli jejich stáří na 280, resp. 500 mil. roku a usoudili, že předchůdci obou trpaslíků byly hvězdy hlavní posloupnosti s hmotnostmi $>2,5 M_{\odot}$. C. Brinkworth aj. usoudili z periodických změn jasnosti magnetického (B = 1,3 T) bílého trpaslíka **GD 356**, že se na povrchu trpaslíka nachází skvrna, která sdílí rotaci bílého trpaslíka v periodě 115 min. V současné době je známo už 120 magnetických (indukce 1T – 100 kT) bílých trpaslíků, u nichž se dá dobře měřit rotační perioda na témže principu - nejkratší je pouze 12 min.

A. Mukadam aj. shrnuli měření krátkoperiodických oscilací jasnosti bílého trpaslíka ***ZZ Ceti*** (14 mag; $0,5 M_{\odot}$) za posledních 31 roku a zjistili, že jeden z módů oscilací s periodou 213 s se za uvedenou dobu zpomalil v relativní míře jen o $2,5 \cdot 10^{-8}$ při amplitudě změn 1%. Oscilující bílí trpaslíci se tak mohou stát dlouhodobými frekvenčními normály s přesností stokrát lepší než je krátkodobá stálost křemenných oscilátorů.

Soustavným měřením oscilací (asteroseismologií) lze, jak známo, zkoumat i nitro hmotnějších bílých trpaslíků, což se podařilo T. Metcalfeovi aj. pro bílého trpaslíka **BT Cen** (BPM 37093) o hmotnosti $1,1 M_{\odot}$, jenž vykazuje oscilace s frekvencemi 1,5 – 2,0 mHz (periody 11 – 8 min). Trpaslík, který má dosud vodíkovou atmosféru, se skládá z tuhého (krystalického) jádra a tekutého pláště, jehož vrstvy dosud pulzují. Měření tak prokázala, že krystalické jádro, jehož mříž je tvořena atomy C a O, představuje 90% celkové hmotnosti bílého trpaslíka, ve shodě s předpovědí, kterou již v r. 1960 vyslovili A. Abrikosov, D. Kirzhnits a E. Salpeter: *jádra dostatečně hmotných bílých trpaslíků jsou patrně největší a současně pekelně žhavé diamanty* ve vesmíru při teplotách až 8 kK.

E. Gatesová aj. našli v katalogu SDSS dosud nejhladnějšího (<4 kK!) a tudíž zajisté velmi **starého bílého trpaslíka**. J. Madej aj. využili téhož katalogu ke studiu rozložení fyzikálních parametrů 1175 bílých trpaslíků s efektivními teplotami >12 kK. Zjistili tak, rozložení hmotností bílých trpaslíků nezávisí na chemickém složení (zastoupení O a C), a že střední hmotnost bílých trpaslíků v souboru činí $0,56 M_{\odot}$. Rozložení hmotností je nesouměrné – prudce klesá směrem k nižším hmotnostem, zatímco pokles četnosti k vyšším hmotnostem až po Chandrasekharovu mez je povlnový. M. Naleztya a J. Madej uveřejnili pak **katalog 112 bílých trpaslíků** s hmotností $>0,8 M_{\odot}$. Čtyři nejhmotnější ($>1,3 M_{\odot}$) bílí trpaslíci jsou vesměs magnetičtí, ale nemagnetičtí bílí trpaslíci vytvářejí na křivce rozložení hmotností podružné maximum pro hmotnost $1,04 M_{\odot}$. Osamělí bílí trpaslíci mají hlavní maximum četnosti hmotností pro hodnotu $0,60 M_{\odot}$, což je v mezích přesnosti měření prakticky totožné s již citovanou hodnotou pro všechny bílé trpaslíky.



Pulsar RX J0720.4-3125 na snímke röntgenového ďalekohľadu XMM-Newton.

Neutrónové hviezdy majú veľmi silné magnetické polia: bilionkrát silnejšie ako magnetické pole Zeme. Niekedy je magnetická klietka taká silná, že ovplyvňuje prenos tepla z vnútra hviezdy cez kôru, čo sa prejavuje škvrnami na povrchu, ktoré sa sústreďujú najmä okolo pólů.

Emisie z „polárnych čiapočiek“ v röntgenovom spektre dominujú. Poznáme iba niekoľko neutrónových hviezd, z ktorých dokážeme priamo zachytiť tepelné emisie z povrchu. Jednou z nich je RX J0720.4-3125, ktorá má periódu 8,5 sekundy. „Keďže vieme, že tieto telesá chladnú pomaly a kontinuálne, prekvapilo nás, že sa röntgenové spektrum v priebehu niekoľkých rokov výrazne mení,“ vraví Frank Haberl za Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics v Garchingu (Nemecko), vedúci tímu.

Potvrdilo sa, že celkovú teplotu ovplyvňujú horúce škvrny, ktoré sa počas rotácie objavujú v zornom poli pozorovateľa a opäť sa z neho strácajú. Podobný efekt spôsobuje podľa všetkého precesia, kolísanie rotačnej osi, ovplyvňujúca v priebehu rokov geometriu pozorovania. Precesia musí vzniknúť vtedy, keď neutrónová hviezda, napríklad pod vplyvom silného magnetického poľa, nie je dokonalou guľou.

Keď ďalekohľad XMM-Newton pred šiestimi rokmi po prvýkrát pozoroval neutrónovú hviezdu RX J0720.4-3125, jej teplota bola na minime. Prístroj rozlíšil na povrchu jedinú škvrnu. O štyri roky neskôr, keď sa vďaka precesii objavila na povrchu aj ďalšia, oveľa horúcejšia škvrna, teplota sa výrazne zvýšila. Výkyvy teploty sa tak vysvetlili.

Medzičasom Haberlov tím vytvoril model RX J0720.4-3125, pomocou ktorého vysvetlili aj ďalšie pekulárne charakteristiky čudnej neutrónovej hviezdy. Ukázalo sa, že výkyvy spôsobujú „rozličné časti“ horúcich polárnych čiapočiek, presnejšie ich meniacia sa vzájomná poloha v priebehu 7- až 8-ročného cyklu.

Podľa tohto modelu môžu pozorované efekty vytvárať dve polárne oblasti s rozličnou teplotou a veľkosťou, čo vysvetľuje aj vlastnosti ďalších izolovaných neutrónových hviezd zaradených do rovnakej triedy. RX J0720.4-3125 je ideálnym objektom pre štúdium precesie na neutrónových hviezdach s röntgenovými emisiami,

viditeľnými priamo na povrchu. Pomocou precesie sa môžeme veľa dozvedieť o vnútre neutrónových hviezd a spoznať vlastnosti hmoty v podmienkach, ktoré sa v laboratóriu nedajú napodobniť.

Výnimočnú hviezdu budú vedci ďalej sledovať. Údaje z ďalekohľadu XMM-Newton im pomôžu vytvoriť teoretický model, ktorý prezradí viac nielen o tepelnej evolúcii a o geometrii magnetického poľa tejto zvláštnej hviezdy, ale aj o štruktúre vnútra iných neutrónových hviezd.

ESA Portal

Mliečna cesta je bezpečná galaxia

Tvrdia to vedci z Ohio State University, podľa ktorých pravdepodobnosť blízkych, mohutných vzplanutí žiarenia gama je na našom hviezdnom ostrove mimoriadne nízka. To je dobrá správa, pretože gama vzplanutie do vzdialenosti 3000 svetelných rokov od Zeme, by na našej planéte zničilo vyššie formy života.

Vzplanutia žiarenia gama (GRB) sú vysokoenergetické lúče, ktoré vygenerujú polárne magnetické polia istej triedy hviezd vo chvíli, keď ich život končí výbuchom supernovy. Našu Zem by takáto explózia ohrozila už zo vzdialenosti 3000 svetelných rokov. Jeden svetelný rok má približne 10 biliónov kilometrov. Priemer našej Galaxie je 100 000 svetelných rokov, takže aj lokálny výbuch môže našu Slniečnu sústavu z času na čas ohroziť.

Podľa najnovšej štúdie je takáto možnosť oveľa menšia, ako sme si donedávna mysleli. Vedci z Ohio State University zistili, že GRB sa vyskytujú najmä malých galaxiách, ktorým okrem vodíka, hélia a líthia chýbajú ostatné ťažšie prvky. Ale ani v týchto galaxiách sa výbuchy supernov nevyskytujú často. Astronómia v nich detegujú jedno GRB v priebehu niekoľkých rokov.

Naša Mliečna cesta sa od týchto „nebez-

pečných galaxií“ líši vo všetkých parametroch: Žijeme vo veľkej špirálovej galaxii, ktorá má dostatok ťažkých prvkov.

Astronómia z Ohia vypracovali štatistiku GRB, ktoré sa zaznamenali v blízkych galaxiách. Porovnali hmotnosť štyroch hostiteľských galaxií, počet mladých hviezd, ktoré sa v nich formujú, a ich priemernú metalicitu s galaxiami, ktorých parametre uvádza Sloanova digitálna prehliadka oblohy.

Ukázalo sa, že v jednej z týchto galaxií, ktorá má najvyšší podiel ťažkých prvkov (0,15 %), bolo zaznamenaných najmenej GRB! Naša Galaxia má však dvakrát vyšší podiel ťažkých kovov, takže GRB by sa v nej mali vyskytovať ešte zriedkavejšie. Oproti tým na kovy chudobným galaxiám sú explózie supernov na našom hviezdnom ostrove 14-krát zriedkavejšie.

Astronómia študujú GRB už viac ako 40 rokov, ale iba nedávno prišli na to, že ich generujú vzplanutia supernov. Krzysztof Stanek, vedúci tímu z Ohio State University, patril k skupine, ktorá túto súvislosť v roku 2003 objavila. Spolu s Gnedinom vysvetlili, že keď masívna, rýchle rotujúca hviezda vybuchne ako supernova, magnetické pole sformuje žiarenie do vysokointenzívnych výtryskov, prúdiacich zo severného a južného pólu hviezdy.

Vedci zmerali intenzitu týchto udalostí a zistili, že ak by jeden z týchto lúčů našu Zem „oblizol“, mohol by zničiť vyššie formy života. Podaktorí vyslovili hypotézu, že masové vymieranie druhov pred 450 miliónmi rokov spôsobilo práve blízke vzplanutie žiarenia gama. Kdesi „za našimi humnami“, v našej Galaxii, do vzdialenosti 3000 svetelných rokov, musela vybuchnúť supernova.

Z objavu vyplývajú aj ďalšie zaujímavé dôsledky. Ani v galaxiách chudobných na kovy nebude život vystavený veľkému ohrozeniu, pretože pravdepodobnosť jeho výskytu je na týchto hviezdnych ostrovoch mimoriadne nízka. Tam, kde chýbajú ťažké kovy, počet planét musí byť rádovo nižší. To isté platí aj pre vznik a vývoj vyšších foriem života v „zelenom páse“. Sú to podľa všetkého galaxie, v ktorých je iba málo planetárnych sústav. A život, aj v tej najprimitívnejšej forme, je tam vyslovenou vzácnosťou.

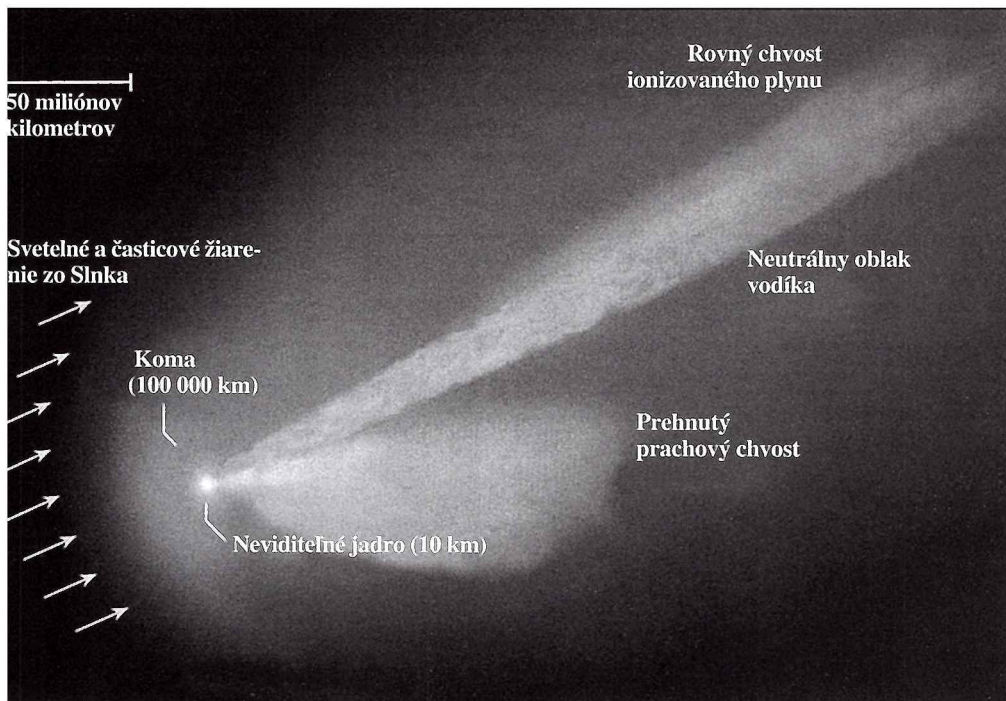
Ohio State University



Biely bod uprostred je dosvit po vzplanutí žiarenia gama (GRB 030329).

Kométy – záhadní poslovia z mladého vesmíru

Kométy Hale/Bopp nasnímaná v marci 1997 1,9 m Schmidtovou kamerou. Modrastý chvost tvoria molekuly plynu, biely chvost tvorí prach.



Štruktúra kométy.

Pred 4,6 miliardami rokov sformovalo sa po kolapse prachoplynového oblaku Slnko. Nepatrná časť materiálu unikla z kolapsu a sformovala sa do podoby protoplanetárneho disku. V disku sa sformovali planetesimály, objekty s priemerom niekoľkých stoviek metrov.

Vo vnútorných oblastiach disku sa planetesimály sformovali prevažne z prachu. Gravitačným zhlukovaním planetesimál vznikli terestrické planéty. Vo vonkajších oblastiach, kde bola teplota oveľa nižšia, krúžili v disku aj kusy zamrznutých plynov. Vzdialené planetesimály obsahovali a obsahujú oveľa väčší podiel ľadu. Iba v takýchto podmienkach sa mohli sformovať obrie planéty joviánskeho typu.

Časť týchto planetesimál „prežila“ aj formovanie obrích planét.

Jupiter sa sformoval veľmi rýchle a jeho gravitácia znemožnila vytvorenie planéty medzi Marsom a Jupiterom, lebo planetesimály obiehali Slnko po nestálych, nestabilných dráhach, čo spôsobovalo početné kolízie, narušujúce proces planétotvorby. Pás asteroidov, ktoré pozorujeme a objavujeme, je produktom tohto nezavršeného procesu.

Planetesimály, ktoré sa sformovali medzi Jupiterom a Neptúnom, vyhostil gravitačný bi-liard veľkých planét z našej Slnčnej sústavy, ale

bo ich premiestnil na vzdialenejšie dráhy. Tak vznikol vo vzdialenosti 1000 až 100 000 AJ Oorthov oblak, v ktorom sa na periférii našej Slnčnej sústavy zachovali miliardy planetesimál. Keď Slnko sa svojej dráhe okolo jadra našej Galaxie mŕňa hviezdy, alebo veľké molekulové oblaky, súhra gravitačných síl mení obežné dráhy týchto telies. Niektoré z nich usmerní do vnútra Slnčnej sústavy. Tieto telesá sa usadia na relatívne stabilných dráhach, takže sa do našich končín pravidelne vracajú. Hvezdári ich nazvali dlhoperiodickými periódami.

Za dráhou Neptuna bola hustota primordiálneho disku príliš nízka. Planéty sa tam tvoriť nemohli. Z menších telies, ktoré sa tam sformovali, vznikol Kuiperov pás. Ani dráhy týchto objektov nie sú zväčša stabilné. Niekedy preniknú do vnútornej Slnčnej sústavy. Z Kuiperovho pásu prichádza do našich končín väčšina krátkoperiodických komét.

Kométy väčšinu svojho „života“ strávia ďaleko od Slnka, na periférii Slnčnej sústavy. Teplota je tam taká nízka, že väčšina chemických reakcií a fyzikálnych procesov tam prebieha veľmi pomaly. Preto sa väčšina komét zachovala v pôvodnom stave, tak ako sa zo slnečnej hmloviny sformovali. Vďaka nim získavame dôležité informácie o podmienkach, ktoré pri vzniku Slnčnej sústavy panovali.

Ako vznikali kométy?

Vo veľkých vzdialenostiach od Slnka majú kométy iba jadro s priemerom niekoľkých kilometrov. Jadro tvorí zmes ľadov (najväčší podiel má vodný ľad) a prachu. Keď sa kométy približujú k Slnku, ich povrch sa ohrieva a ľad začne sublimovať. Plyn, ktorý takto vzniká, uniká z jadra, pričom strháva aj zrníčka prachu. Tak vzniká koma s priemerom niekoľkých 100 000 kilometrov.

Plyn v kome je vystavený pôsobeniu ultrafialového žiarenia Slnka a slnečnému vetru, takže väčšina molekúl sa disociuje, rozpadáva: H_2O na $OH + H$; OH na $O + H$. Životnosť molekúl pri oboch reakciách vo vzdialenosti 1 AJ nepresiahne 24 hodín. Počas rozpadu sa uvoľňuje energia, ktorej najväčšia časť sa premení na kinetickú energiu atómov vodíka. Rýchlosť týchto molekúl sa zvýši z 1 km/s na 10 až 20 km/s, čo sa prejaví oblakom vodíka, ktorého priemer je podstatne väčší ako priemer komy.

V tejto fáze sa plyn v kome ionizuje. Ióny strháva slnečný vietor. Tak vzniká plazmový chvost kométy, ktorý sa sformuje radiálne smerom od Slnka. V oblasti optického spektra sa najjasnejšie prejavuje ión CO^+ . Vďaka nemu sú chvosty komét namodralé.

Tlak slnečného vetra pôsobí aj na zrníčka prachu v kome. Ich rýchlosť smerom od Slnka rastie. Vo chvíli, keď sa prach ocitne za kométou, jeho rýchlosť vzhľadom na Slnko sa zníži, preto za kométou zaostáva. Vďaka tomu chvost kométy nadobudne tvar oblúka.

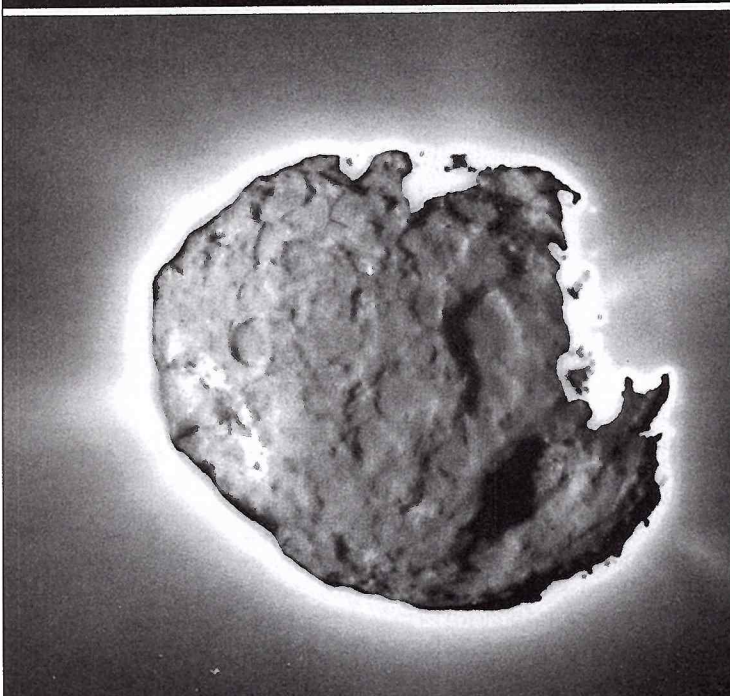
Deštrukcia kometárnych jadier pod vplyvom slnečného žiarenia spôsobuje, že kométy pri každom návrate k Slnku časť hmotnosti stratia. Po približne tisícke návratov sa väčšina ich materiálu rozplynie v priestore. Zachová sa iba neaktívny objekt, ktorý pripomína asteroidy. Niektoré kométy sa rozpadnú na menšie časti, niektoré zaniknú v Slnku alebo v Jupiterovej atmosfére.



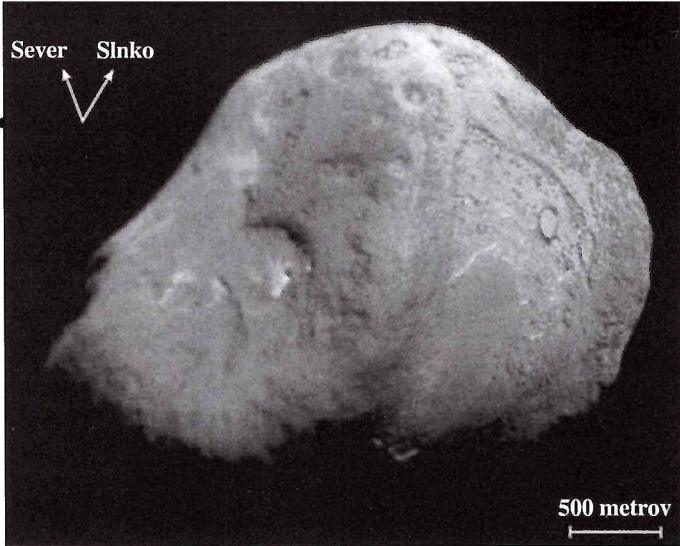
Kométa 1P Halley nasnímaná kamerami sondy Giotto.



Kométa 19P/Borelli, ktorú odfotografovala sonda Deep Space.



Kométa Wild 2, ktorej podoba vyrobili z niekoľkých snímok s rozličnou expozíciou.



Kométy Tempel 1 pred zásahom projektilu zo sondy Deep Impact.

Pri kométe Hale-Bopp sa po prvýkrát (navyše vo veľkej vzdialenosti od Slnka) detegovali v kome rozličné plyny. Mnohé „rodičovské molekuly“ (ide o molekuly, ktoré vysublímujú priamo z jadra) možno detegovať v rádiovkej a submilimetrovej oblasti. Ďalšie molekuly (medzi ktorými chýbal CO_2) sa prejavajú iba v infračervenej a UV oblasti spektra. Vedcom neušlo, že vo vzdialenostiach nad 3AJ od Slnka dominovala sublimácia oxidu uhoľnatého (CO), zatiaľ čo bližšie (pod 2,5 AJ) najmä sublimácia vody z OH. Z týchto dvoch (najdôležitejších) meraní vyplynulo, že najprchavejšie látky sublimujú v najväčšej vzdialenosti od Slnka.

Kométy Hale-Bopp a Hyakutake boli neobyčajne aktívne, takže sa v nich podarilo detegovať mnohé, dovtedy neznáme, komplexné molekuly: HCOOH (kyselina mravčia), NH_2CHO , HCOOCH_2 (kyselina octová), $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (etylénglykol), látka, ktorá sa na Zemi používa ako prímies od chladivcov (v zime). Ukázalo sa, že zloženie komét zodpovedá zloženiu ľadových komponentov v medzihviezdnom médiu. Aj to je dôkaz, že kométy sa od svojho vzniku príliš nezmenili.

Deutérium a pôvod vody na Zemi

V kométach Hale/Bopp a Hyakutake sa po prvýkrát detegovala aj ťažká voda (HDO), ktorej zložkou je aj deutérium. Z pomeru ťažkej vody a normálnej vody (H_2O) možno vysvetliť pôvod vody v pozemských oceánoch: vieme, že voda v oceánoch nepochádza iba z planetesimál, ktoré sa sformovali prevažne vo vnútornej slnečnej sústave. Vedci predpokladali, že významným dodávateľom „chýbajúcej vody“ boli kométy. V pozemských oceánoch pripadá na 6000 ľahkých atómov vodíka 1 atóm deutéria. Vo vyššie spomínaných kométach je pomer deutéria k vode dvojnásobne väčší, ale to zároveň znamená, že kométy príliš veľa vody na našu planétu nedopravili. Príjmomom tie krátkoperiodické...

Dlhoperiodické kométy sa vytvorili medzi Uránom a Neptúnom. Vedci sa nazdávajú, že objem vody v kométach so vzdialenosťou od Slnka v čase zrodu narastá. Voda v oceánoch môže byť teda zmesou vody, ktorú dopravili dlhoperiodické kométy (vysoký obsah D) a vody z krátkoperiodických komét (s nízkym obsahom D). Iná teória tvrdí, že pôvodným (a najväčším?) dodávateľom vody na Zem boli asteroidy a planetesimály, ale ešte v čase, keď sa Zem iba formovala.

Odpoveď na tieto otázky môžu poskytnúť aj údaje z väčšieho počtu komét najrozličnejšieho pôvodu. Kometári si veľa sľubujú najmä od ďalekohľadu APEX (Atacama Pathfinder Experiment), ktorý začal pracovať vlni v Chile. Tento submilimetrový 12 m ďalekohľad je vlastne prototypom ALMA (Atacama Large Millimeter Array), ktorú zostavia zo 64 takýchto ďalekohľadov. APEX preskúmal kométu Schwassmann/Wach-

čo znamená, že odráža iba 4 % slnečného svetla. Veľkosť jadra ($15 \times 7 \times 7 \text{ km}$) bola väčšia, ako sa očakávalo. Ukázalo sa, že iba 10 – 15 % povrchu tejto kométy je ešte aktívna. Uniká z neho plyn i prach. Sondy zistili, že z povrchu vyhasínajúceho telesa uniká materiál v niekoľkých jemných, prepletených výtryskoch. Vedecká korisť z týchto misíí naše poznatky o kométach podstatne rozšírila.

Jadro ďalšej kométy sa zblízka skúmalo až v roku 2001. Sonda Deep Space 1 (NASA) sa priblížila ku kométe Borelli. Vedcov najviac prekvapili fotografie geologicky mimoriadne pestrého povrchu. Pohoria, hory a údolia na telese s priemerom 6 kilometrov sa neočakávali. Mimoriadne cenné boli i údaje o sublimácii ľadu, ktoré potvrdili, že práve sublimácia spôsobuje eróziu jadra.

Blízke oblety komét Wild 2 (sonda Stardust v januári 2004) a Tempel 1 (v rámci misie Deep Impact) v júli minulého roka naše poznatky ďalej rozšírili. Ukázalo sa, že povrchy všetkých zblízka pozorovaných komét sú geologicky odlišné! V prípade dvoch posledných komét sa na povrchoch objavili čudné okrúhle štruktúry, ktoré by mohli byť impaktnými krátermi.

Hale-Bopp a Hyakutake

V júli 1995 objavili dvaja americkí astronómovia kométu, ktorá mimoriadne rýchle zjasnievala. Bola to najjasnejšia zo všetkých doteraz skúmaných vlasatíc. Vo vzdialenosti 7AJ od Slnka mala už 10 magnitúdy, čo znamená, že bola v rovnakej vzdialenosti 100-krát jasnejšia ako Halleyova kométa. Vyše dvoch mesiacov bola hodnota jej jasnosti väčšia ako +1 magnitúda, počas prechodu perihéliom dosiahla maximum: -1 magnitúdy. V tom čase sa dala pozorovať voľným okom aj na presvetlenej oblohe nad mestom.

Japonský amatér Yiji Hyakutake objavil v januári 1996 kométu, ktorá sa koncom marca 1996 priblížila k Zemi na vzdialenosť 0,1 AJ. (Jasnosť: +0,5 magnitúdy.)

Vlastnosti kometárnych jadier

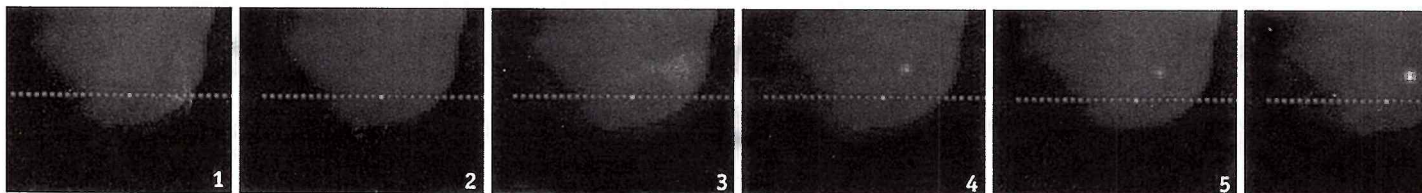
Jadrá komét sa ťažko pozorujú. Vo veľkej vzdialenosti od Slnka má tmavé, iba niekoľko kilometrov veľké kometárne jadro, nepatrnú svietivosť. Keď sa kométa priblíži k Slnku a jej koma napučne, jadro sa v jej jase celkom stráca. Napriek tomu sa podarilo veľkosť jadier a ich rotáciu pri mnohých kométach určiť vďaka pozemským pozorovateľom i vesmírnym ďalekohľadom.

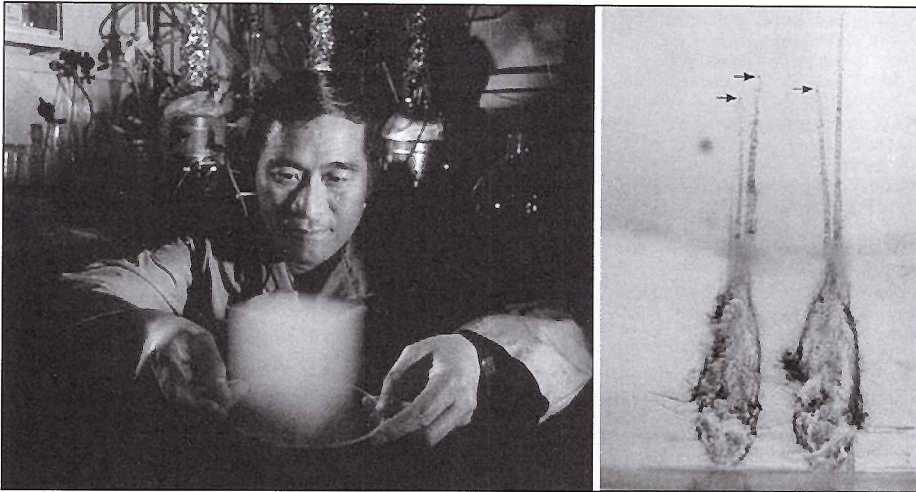
Ak sa jadro kométy rozpadne, dajú za určiť aj ďalšie jeho vlastnosti. Pri rozpade sa uvoľní a obnaží materiál, ktorý nebol vystavený pôsobeniu slnečného žiarenia počas predošlých návratov. Je to primordálny, prapôvodný materiál. Keď sa v roku 1994 rozpadla kométa Shoemaker/Levy (oblietala Jupiter tak blízko, že ju jeho gravitácia roztrhala na viac ako 20 fragmentov), v júli sa tieto úlomky zrútili do Jupiterovej atmosféry. Pozorovatelia vtedy zistili, že homogenita jadra je veľmi nízka. Vtedy sa po prvýkrát podarilo odhadnúť hustotu jadra kométy na $0,6 \text{ g/cm}^3$. Ukázalo sa, že materiál v jadre je porézny a ľahší ako voda.

Krátkoperiodická vlasatica Schwassmann/Wachmann 3, ktorá Slnko obehne zhruba za 5,4 roka, je rozpadnutá kométa. Počas jej posledného návratu objavili pozorovatelia pri prelete perihéliom niekoľko úlomkov jadra. Jadro sa začalo rozpadáť v roku 1995. Dôvod: čoraz rýchlejšia rotácia a búrlivá sublimácia plynu v obnaženom materiále. Počas návratu v rokoch 2000/2001 sa táto kométa priblížila k Zemi na 1,8 AJ; v máji tohto roku sa zhľuk úlomkov (doteraz objavili 7) priblížil k nám na 0,05 až 0,08 AJ. Pre astronómov to bola príležitosť spresniť poznatky o príčine rozpadu i o homogenite úlomkov.

Povrch kometárneho jadra možno priamo preskúmať iba pomocou sond. Prvé snímky jadra kométy sa získali v roku 1986, počas posledného návratu Halleyovej kométy, keď ju zblízka skúmalo 5 sond. Najcennejšie fotografie získala HMC kamera na palube európskej sondy Giotto. Na fotografii sme videli tmavé jadro s albedom 0,04,

Náraz projektilu, vyslaného sondou Deep Impact, na povrch kométy Tempel 1. Dvanásť obrázkov s expozíciou 50 milisekúnd exponovala kamera v priebehu 0,7 sekundy.





Peter Tsou (NASA), ukazuje kus aerogelu, hmoty, v ktorej bez poškodenia uviaznu čiaščočky prachu z kométy. Vpravo stopy kometárneho prachu v lapači prachu na Palube sondy Stardust, krátko po pristátí v púšti na teritóriu štátu Utah. Polapené čiaščočky prachu sa nachádzajú na hrote stôp, označené šípkami.

mann 3 ešte v tomto roku. ALMA začne pracovať až v roku 2011. Ešte predtým však vypustia vesmírny teleskop Herschel, ktorý vyvinuli pre pozorovanie v ďalekej infračervenej i submilimetrovej oblasti. Očakáva sa, že Herchel získa spektrálne čiary, ktoré pozemská atmosféra neprepúšťa. Popri prakticky všetkých čiarach vody k ním patrí aj najsilnejšia čiara ťažkej vody (HDO).

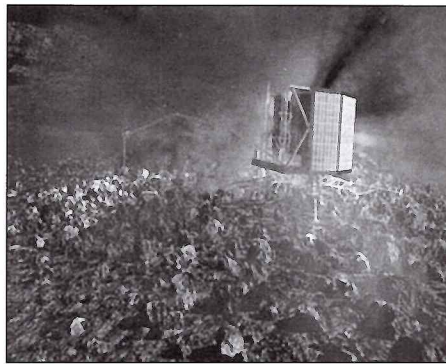
Zloženie jadra

Ako sa zmenili fyzikálne vlastnosti komét od ich vzniku? Zloženie kometárneho materiálu po prvýkrát získali sondy vypravené k Halleyovej kométe. Sondy Vega 1 a Vega 2 i sonda Giotto mali na palube prístroje, ktoré analyzovali zloženie jednotlivých zrníčok prachu. Porovnanie s výskytom prvkov vo fotosfére Slnka ukázalo, že prvkov ťažších ako kyslík je v kométach približne toľko ako vo fotosfére. Láhších prvkov (vodík, uhlík, dusík a kyslík) je na kométach menej.

Slnko si ešte uchovalo zloženie prahmloviny, z ktorej naša Slnčná sústava pred 4,6 miliardami rokov vznikla. Pomer prvkov v nejakom telesa sa normuje podľa CI-chondritov, meteoritov, ktoré vzhľadom na pomer prvkov a izotopov považujeme za najpôvodnejší materiál v Slnčnej sústave. Z pomeru ľahko prchavých materiálov v kometárnych jadrách však vyplýva, že kométy sú ešte staršie telesá. Inými slovami: ich materiál sa v priebehu miliárd rokov prakticky nezmenil.

Z Halleyovej kométy sa získali aj prvé údaje o organických materiáloch. Vedci zistili, že organické zložky sa skladajú prevažne z nenasytených polymérov uhlovodíkov. Tie obsahujú molekuly C-H a C-N-H. Zmerali sa aj niektoré pomery izotopov. Podakťoré čiaščočky mali v prípade izotopov $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ až 50-násobne vyššiu hodnotu ako na Zemi.

V januári 2004 obletela americká sonda Star-



Pristávací modul sondy Rosetta, ktorá letí ku kométe Churjumov/Gerasimenko. Modul Philae pristane na povrchu kométy v roku 2014.

dust jadro kométy Wild 2 vo vzdialenosti 236 kilometrov. Zloženie jadra všetkých prekvapilo: prevládali v ňom čiaščočky zložené prevažne z organických látok.

Ukázalo sa, že počet čiaščočiek v kome je neobyčajne premenlivý, mení sa v priebehu niekoľkých sekúnd. Najpriateľnejším vysvetlením je rozpad týchto zrníkov vo výtrysku, ktorý ich uniesol z povrchu. Pre vedcov to bol ďalší dôkaz neobyčajnej krehkosti primordiálneho materiálu.

Stardust po prvýkrát priviezol hmotu kométy na Zem. Vedcov vzrušujú najmä zachované organické látky, ktoré mohli hrať dôležitú úlohu pri vzniku života na Zemi. Špeciálny kolektor zachytil čiaščočky i molekuly bez toho, aby ich zničil. Tri roky po stretnutí s kométou obletel Stardust (v januári 2006) Zem a vyslal kolektor opatrený padákom. Puzdro s kolektorom pristálo na soľnom jazere v Utahu. Už po prvom preskúmaní aerogelu, v ktorom sa čiaščočky a molekuly zachytili, sa ukázalo, že korisť je bohatá.

Deep Impact a vnútro kometárnych jadier

V jadre komét sa nachádza primordiálny materiál, ktorý sa v priebehu vekov najmenej zmenil. Počas pravidelných návratov k Slnku sa síce ohreje aj vnútro jadra, ale v oveľa menšej miere ako povrch. Do hĺbky nepreniknú ani častice kozmického žiarenia.

Súčasťou misie Deep Impact ku kométe Tempel 1 bolo preto aj vystrelenie projektilu, ktorého dopad mal spôsobiť explóziu a rozptýliť nad povrchom kométy aj materiál spod povrchu. Experiment mal umožniť porovnanie materiálu z povrchu s tým v hlbších vrstvách.

Po dopade sa vytvoril oblak horúceho materiálu, ktorý sa rýchlosťou 7 až 10 km/s vzdaloval od impaktného krátera. Prístroje na sonde zaznamenali 45 minút po impakte aj druhý oblak, ktorý sa rozptyľoval pomalšie, čo svedčilo o tom, že ide o materiál, ktorý je už spojený s jadrom.

Zaujímavé boli údaje z infračerveného spektrometra, ktorý mal preskúmať zloženie materiálu v kome s materiálom uvoľneným z jadra. Detektory zaznamenali prudký vzostup organického materiálu na báze vody i slabší vzostup materiálu s väzbami $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$. Údaje zatiaľ nemožno hodnotiť ako dôkaz nehomogenity v zložení kométy. Vedci však majú v rukách silný dôkaz, že pod povrchom je viac organických látok ako na ňom.

Celkovú hmotnosť impaktom rozptýleného materiálu sonda nemohla zmerať. Sonda, vzhľadom na limity jej hmotnosti, nemala na palube mnoho prístrojov. Preto sa do pozorovania zapojilo aj 73 pozemských ďalekohľadov a niekoľko vesmírnych sond. Kométa Tempel 1 sa tak stala doteraz najlepšie preskúmanou kométou.

Kamery na sonde Rosetta, ktorá je na ceste ku kométe Churjumov/Gerasimenko, získala údaje o celkovom množstve impaktom uvoľneného prachu a ľadu. Prístroje zaznamenali zvýšenie počtu molekúl OH, ktoré vznikajú rozpadom vody. Vedci tak zistili, že impaktom sa uvoľnilo 500 ton vody! Oveľa menej ako prachu! Tak vieme, že prinajmenšom táto kométa je skôr zamrznutá „guľa prachu“ ako „špinavá snehová guľa“ tak ako to už desaťročia predpokladajú teoretici.

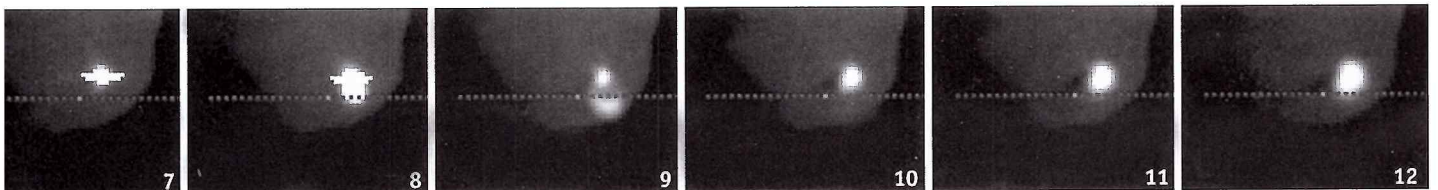
Impakt nemal na kométu Tempel 1 nijaký významnejší vplyv. Už po týždni sa uvoľnený materiál natolko rozptýlil, že ho nebolo možné detegovať. Ani v kome sa neobjavila nová štruktúra.

Kométa Churjumov/Gerasimenko

Rosetta po desiatich rokoch priletí ku kométe Churjumov/Gerasimenko a prinajmenšom rok ju bude sprevádzať. Na materskej lodi je pristávací modul Philae, ktorý sa má pokúsiť o prvé mäkké pristátie na vlasatici.

Philae preskúma povrch i vnútorné zloženie jadra. Materská loď bude skúmať komu.

Ak sa misia vydarí, o kométach budeme vedieť opäť viac. **Sterne und Weltraum**

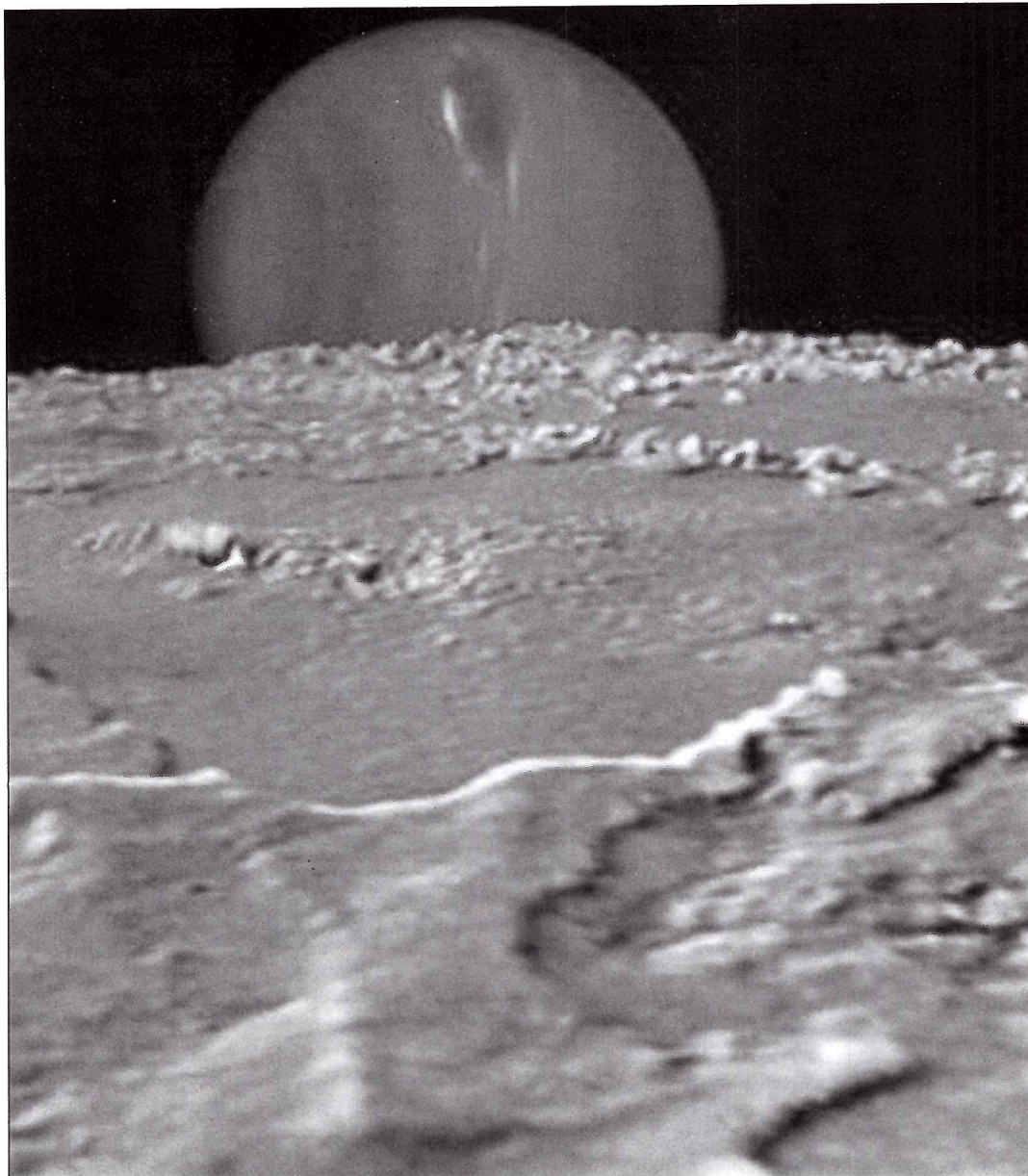


Ako sa votrel Triton do Neptúnovej rodiny?

Okolo planéty Neptún obieha osem mesiacov. Tritón a Nereidu poznajú astronómovia už dávno, ostatné objavila sonda Voyager počas preletu v roku 1989. Tritón je záhadné teleso. Čo do hmotnosti ho možno porovnať s našim Mesiacom, má však opačnú, retrográdnú rotáciu ako planéta, ktorú obieha. Je takmer isté, že Tritón sa nesformoval spolu s Neptúnom. Planetológovia vylučujú aj možnosť, že by sa od materskej planéty oddelil po kolízii Neptúna s iným telesom, tak ako náš Mesiac. V tom prípade by jeho rotácia musela mať (aj po katastrofickom pôrode) rovnaký smer, ako materská planéta. Opačná rotácia je nepriamym dôkazom, že najväčší Neptúnov mesiac je votrelec, ktorý uviazol v gravitačnom poli obrej planéty. Také prípady sa v minulosti našej Slnecnej sústavy neraz stali.

Craig Agnor z University of California a Douglas Hamilton z University of Maryland popísali v časopise *Nature* nový model zachytávania planetárnych satelitov. Vychádza z predpoklady blízkeho stretnutia planetárnych dvojčiek a veľkej planéty. Podľa tohto scenára bol kedysi Tritón jednou zo zložiek páru menších telies, obiehajúcich spoločne ťažisko. Podobný binárny systém predstavuje Pluto s Chárónom. Gravitačné interakcie počas blízkeho stretnutia, odpúťali Tritón od jeho súputníka a začlenili ho do Neptúnovej rodiny.

Tritón má podobné parametre ako Pluto, ale o 40 % vyššiu hmotnosť. Okolo Neptúna obieha po mierne naklonenej, kruhovej dráhe, uprostred malých mesačikov s normálnymi (prográdnymi) i retrográdnymi obežnými dráhami. V Slnecnej sústave sa vyskytujú aj iné retrográdne mesačiky, vrátane drobných vonkajších mesačikov Jupitera a Saturna. V porovnaní s Tritónom je to „planetárny drobzig“, s niekoľkotisíc násobne nižšími hmotnosťami. Okolo svojich materských planéty sa pohybujú po oveľa väčších, excentrických obežných dráhach.



Na kombinovanej snímke (Voyager 2) vidíme ako nad horizontom Tritóna vychádza Neptún.

Dvojplanéta, ktorej zložkou bol Tritón, naozaj pripomínala systém Pluto/Chárón. Menší Chárón je relatívne masívny (osmina hmotnosti Pluta), napriek tomu neobieha okolo väčšieho súputníka, ale spolu s ním obieha ťažisko, ležiace medzi nimi. Takýto systém sa po blízkom stretnutí s veľkou planétou rozpadne. Fyzikálne zákony v prípade dvojplanéty spôsobujú, že jedna z nich sa pohybuje pomalšie ako druhá. Po rozpade spôsobenom vplyvom gravitácie iného telesa, si každý objekt svoj pohyb zachová. Ide si po svojom, môže vstúpiť do ďalšieho „manželstva“. Tento mechanizmus, známy pod menom „výmenná reakcia“, posunul Tritón na jednu z mnohých možných obežných dráh okolo Neptúna. (Jeho súputníka vyhodil gravitačný biliard opačným smerom. Dnes je už, možno, mimo našej Slnecnej sústavy.)

Existujú aj iné teórie. Podľa jednej z nich sa Tritón zrazil s iným satelitom Neptúna. Musel by to však byť objekt väčší ako Tritón, iba taký by dokázal jeho pohyb dostatočne spomaliť, ale nie príliš veľký, aby menšieho účastníka kozmickej kolízie nerozbitil na márne kúsky. Pravdepodobnosť takej kolízie je extrémne nízka.

Podľa inej teórie pohyb Tritóna mohol pribrzdiť aj prachový disk, krúžiaci okolo mladého Neptúna. Tento scenár však má niekoľko háčikov. Spomaliť pohyb Tritóna natoľko, aby ho mohla zachytiť Neptúnova gravitácia, mohol iba hustý disk. Taký mohol krúžiť okolo Neptúna iba krátko po sformovaní obrej planéty. Nesmel to však byť tak hustý disk, ktorý by votrelca spomalil natoľko, že by Tritón napokon dopadol na Neptún a splynul

s ním. Takéto vlastnosti mohol mať disk iba relatívne krátky čas.

Počas posledného desaťročia objavili astronómovia niekoľko dvojčiek. Nielen v Kuiperovom páse, ale aj vo vnútornejších častiach Slnecnej sústavy.

Z najnovších štúdií vyplýva, že približne 11 % objektov Kuiperovho pásu a 16 % blízkozemných asteroidov má prinajmenšom jedného súputníka.

Podobné objekty zotrávajú v „manželstve“ miliardy rokov, takže blízke stretnutia dvojčiek s veľkou planétou nie sú ojedinelé. „Výmenná reakcia“ z dielne Agnora a Hamiltona významne prispieva k pochopeniu evolúcie našej Slnecnej sústavy, v ktorej sa pohybuje veľa výstredných satelitov.

NASA Press Release

Dokáže Slnko zachytiť objekty z iných sústav?

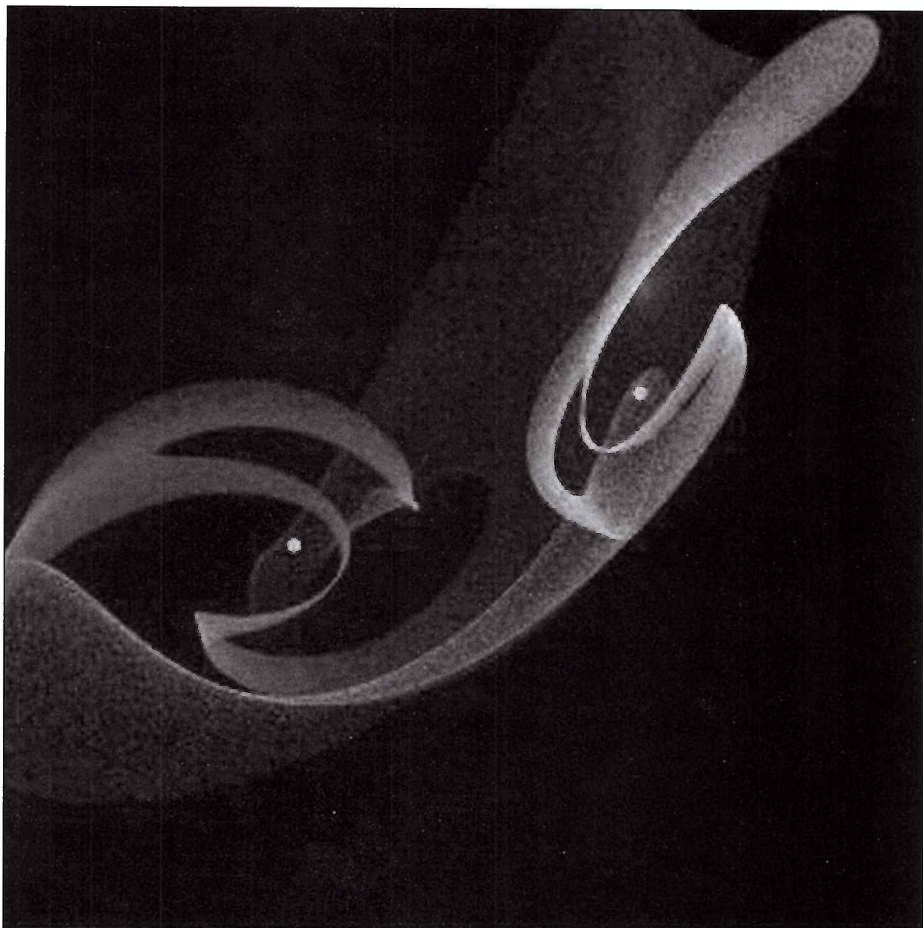
Z počítačových modelov vyplýva, že počas blízkeho stretnutia našej Slnčnej sústavy, obiehajúcej okolo jadra našej galaxie, s inou planetárnou sústavou, dochádza opakovane k výmene hmoty. Telesá na vzdialených vonkajších dráhach zachytí gravitácia iného systému a pretiahne ich do svojej rodiny. Na snímke vidíte jeden z modelov, ktorý znázorňuje dôsledky takeého stretnutia pred 4 miliardami rokov.

Podľa štúdie, ktorá vznikla pomocou superpočítača v Jet Propulsion Laboratory (NASA), sú takéto gravitačné výmeny bežné. Vedci v počítači nasimulovali, čo by sa stalo, ak by sa v našej Galaxii krátko po sformovaní našej Slnčnej sústavy, priblížila k nej iná hviezda na vzdialenosť 20 až 32 miliárd kilometrov. V tom čase bola naša slnečná sústava mohutným prachoplynovým diskom, obiehajúcim okolo mladého Slnka, v ktorom sa začali formovať planéty.

Predstavme si kolíziu dvoch slnečných sústav ako kontakt dvoch okružných píl. Takýto kontakt by vonkajšie okraje diskov rozmetal. Planetesimály by sa rozpadli na prach, molekuly a atómy, ktoré by sa rozleteli na všetky strany.

Autori štúdie, Ken Bromley a Scott Kenyon pomocou počítača zistili, že prelínajúca sa gravitácia dvoch mňajúcich sa hviezd by:

1. Presunula planéty z pôvodne kruhových dráh na excentrické, predĺžené dráhy. To by vysvetlovalo aj existenciu a obežnú dráhu Sedny, objektu z Kuiperovho pásu, s priemerom 900 až 1600 kilometrov.
2. Odrezala by z Kuiperovho pásu jeho vonkajšie časti, pás malých telies pozliepaných z ľadu a skál, obiehajúci Slnko za obežnou dráhou Neptúna. Kuiperov pás záhadne končí vo vzdialenosti 7,5 miliardy kilometrov od Slnka.
3. Umožnila by uniesť z približujúcej sa planetárnej sústavy planéty či planétky. Jednou z nich by mohla byť Sedna.



Keď sa dve hviezdy a ich planetárne sústavy na okružnej ceste okolo jadra našej Galaxie k sebe priblížia, ich gravitácia môže uniesť menšie objekty z jednej sústavy do druhej. Jednu z možností „barterovej výmeny“ hmoty v kozmickej škále, ukazuje simulácia superpočítača v Pasadene.

„Extrasolárne planéty hľadáme pri najbližších hviezdach. Čo ak máme extrasolárne planéty rovno pod nosom, v našej Slnčnej sústave?“ pýta sa Kenyon.

Počítačové simulácie dokazujú, že takéto únosy boli a sú možné. Bromley a Kenyon vytýčili oblasti v našej Slnčnej sústave, kde by sa unesené objekty mohli nachádzať. Sústredili sa na uhol a tvar ich dráh. „Ak by sme na miestach, ktoré sme vytipovali, našli nejaké objekty, bol by to dôkaz, že boli unesené z inej sústavy počas blízkeho obehu.“

V rozmedzí 30 až 50 AJ od Slnka, obieha okolo Slnka niekoľko objektov s priemerom okolo 1000 kilometrov. Sedna, ktorú objavili v roku 2003, sa na tieto objekty podobá. Jej dráha je však mimoriadne výstredná. Parametre jej dráhy: 70 až 1000 AJ od Slnka! Dráha Sedny, eliptická a predĺžená, má voči rovine ekliptiky veľký sklon.

Pohyb a dráhu viacerých telies z Kuiperovho pásu ovplyvňuje gravitácia Neptúna. Za bizarnosť parametrov obežnej dráhy Sedny však Neptun zodpovednosť nenesie. Je príliš ďaleko na to, aby ju mohol vykopnúť na takú výstrednú dráhu. Aký mechanizmus to môže vysvetliť? Tieto otázky si Bromley a Kenyon položili.

Simulácie na počítači ukázali, že pravdepodobnosť možnosti, že sa Sedna sformovala

v našej slnečnej sústave sa pohybuje v rozmedzí 5 až 10 percent. Jej pôvodná dráha bola bližšie k Plutu a Neptúnu, do súčasnej polohy ju posunuli gravitačné poruchy po blízkom priblížení dvoch slnečných sústav.

Pravdepodobnosť, že Sedna bola po priblížení dvoch sústav unesená, nepresahuje 1 %. V prípade iných telies v Kuiperovom pásu (sú ich tisíce, objavili sme iba zopár), by pravdepodobnosť únosu mohla byť vyššia.

„Jedno je isté: Kuiperov pás je urezaný. Končí, ako by ho uťal, vo vzdialenosti 50 AJ od Slnka. Prečo, to nedokážeme vysvetliť“, vraví Bromley.

Vie o čom hovorí. Keby naša slnečná sústava neprekonalala nijaké stretnutie s inou sústavou, hmota krúžiaci okolo nej by so vzdialenosťou od Slnka redla do stratena. Počítač dokázal, že ostro zrezaný okraj môže byť dôsledkom blízkeho stretnutia dvoch slnečných sústav.

Zažijeme v budúcnosti ďalšie stretnutie s inou slnečnou sústavou? Musíme sa obávať jeho dôsledkov, napríklad bombardovania eskadrou komét, presmerovaných zo vzdialených obežných dráh do vnútra slnečnej sústavy? Bromley takúto možnosť považuje za nulovú. Na rozdiel od minulosti, keď susedné hviezdy vytvárali spolu s našim Slnkom hustejšiu formáciu, možno dnes takúto kolíziu vylúčiť.

NASA Press Release



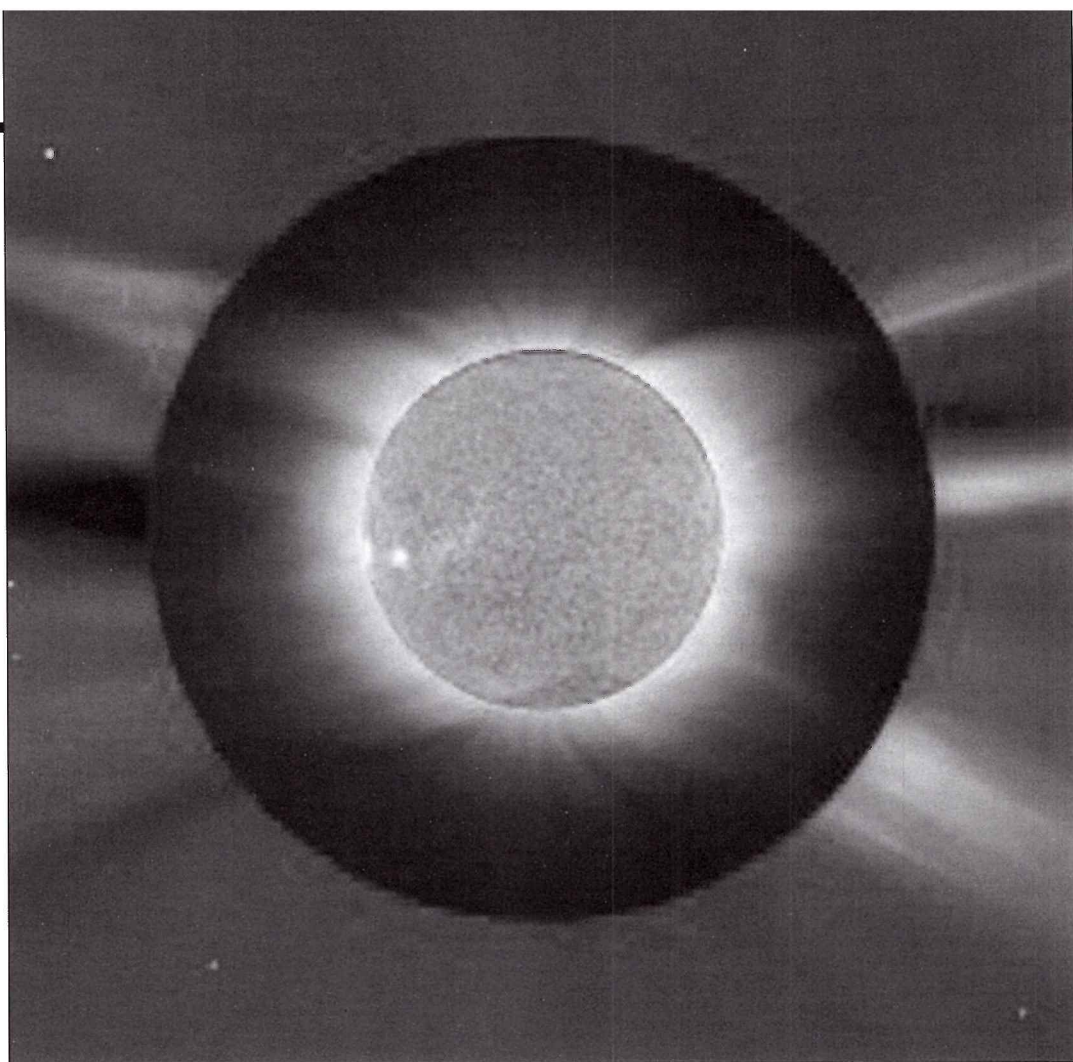
Sedna, teleso z inej planetárnej sústavy?

Astronomická snímka roka: Krabia hmlovina očami HST

Hmota masívnej hviezdy, ktorá ukončila svoj život výbuchom supernovy, rozpína sa na všetky strany už 952 rokov. Nádherná Krabia hmlovina má dnes priemer 6 svetelných rokov. Oranžové vlákna na fotografii, (pozri obálku) obsahujú hmotu výbuchom rozmetanej hviezdy, zväčša vodík. Rýchle rotujúca neutrónová hviezda uprostred hmloviny je dynamom, ktorý spôsobuje modrasté sfarbenie vnútorných častí hmloviny. Modré svetlo generujú elektróny, ktoré bezmála rýchlou svetla špirálujú okolo siločiar magnetického poľa neutrónovej hviezdy/pulzaru. Pulzar, ultrahustý pozostatok po kolapse zaniknutej hviezdy, rovnako ako maják, vysiela dva protiľahlé lúče žiarenia, ktoré blikajú v rytme jeho rotácie: 30-krát za sekundu.

Krabiu hmlovinu pokrstil v roku 1844 írsky astronóm Lord Rosse, ktorý ju často študoval svojim 36-palcovým ďalekohľadom. Pripomínala mu kraba. Na snímkach HST či najväčších pozemských teleskopoch, ponúka nám Krabia hmlovina najdetailnejší pohľad do rozpínajúcich sa pozostatkov bývalej hviezdy. Modrá farba vlákien na periférii hmloviny zviditeľňuje molekuly neutrálneho kyslíka, zelená ionizovaná síru, červená dvakrát ionizovaný kyslík.

Snímku poskladali z 24 snímkov, ktoré exponovala širokouhlá planetárna kamera na Hubblovom ďalekohľade. Jednotlivé snímky boli exponované už v októbri 1999, v januári a decembri 2000. Do výsledného obrazu ich spracovali až v tomto roku. Mnohí astronómovia ju už dnes označujú za snímku roka.



Zatmenie Slnka z 29. marca 2006.

Nová éra v predpovediach slnečnej aktivity?

Stalo sa, čo nikto nečakal: počítačová simulácia správania sa slnečnej koróny pre 29. marec 2006, deň keď slniečkári pozorovali úplné zatmenie Slnka, bola na nerozoznanie od fotografií koróny, ktoré sa exponovali v ten deň v pásme totality!

Na tomto úspechu, ktorý otvára novú éru solárnej astronómie, podieľajú sa slniečkári NASA. „Dokázali sme, že počítačové modely dokážu popísať fyziku slnečnej koróny“, vyhlásil na zasadaní Divízie slnečnej fyziky (pri Americkej astronomickej spoločnosti) Zoran Mikic zo Science Applications International Corporation (SAIC), v San Diegu.

Turbulentnú korónu Slnka formujú premenlivé magnetické polia pod viditeľným povrchom Slnka. Evolúcia týchto magnetických polí a ich interakcie generujú búrľivé erupcie a slnečné búrky v koróne.

Pružné magnetické polia Slnka sa zmršťujú i rozpínajú, menia svoj tvar. Táto aktivita sa nad povrchom prejavuje výronmi miliárd ton plazmy do okolitého priestoru. Tieto výrony, šíriace sa rýchlou miliónov kilometrov za hodinu, označujú sa skratkou CME. Po slovensky: ejekcie koronálnej hmoty.

Magnetické polia však gigantické aj gigantickými vzplanutia, porovnateľné (čo do uvoľnenej energie) s výbuchmi miliardy megatonových bômb. Ak častice uvoľnené CME a vzplanutiami zasiahnu Zem, môžu vyradiť satelity, spôsobiť poruchy komunikácií a energetických systémov.

„Monitorovanie počasia na Zemi pomocou satelitov

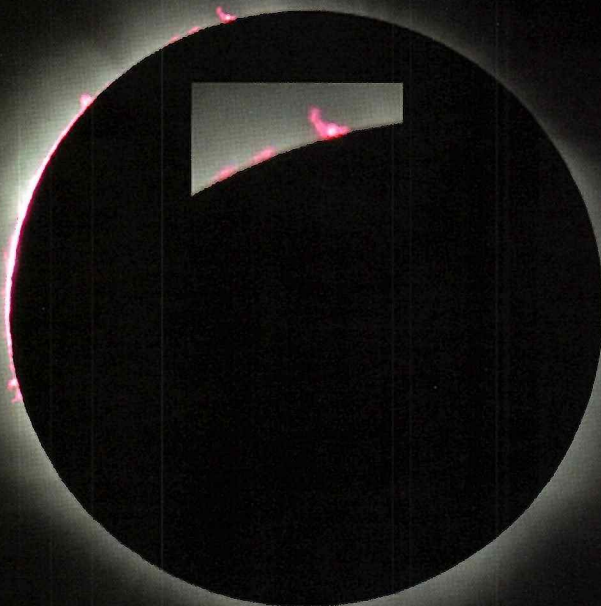
sa osvedčuje najmä pri hurikánoch. Včasné varovanie umožní ľuďom na predpokladanej trase hurikánov pripraviť sa“, vysvetľuje Paul Bellaire, riaditeľ Oddelenia pre atmosférické vedy pri National Science Foundation (NSF). „Odteraz budeme spoľahlivo predpovedať aj „počasie“ v okolitom vesmíre. Ak dokážeme určiť štruktúru slnečného vetra už pri jeho zdroji, Slnku, budeme mať dost času predpovedať jeho dráhu i prípadné interakcie s atmosférou Zeme.“

Úspešný model koróny je prvým z celého radu modelov, ktoré bude produkovať Centrum integrované modelovanie kozmického počasia. Počítačový model bol vyvinutý na základe údajov magnetickej aktivity na povrchu Slnka, ktorá má vplyv na procesy v koróne i na jej tvar. Tím uverejnil simulované „fotografie“ koróny počas zatmenia dva razy: 13 a 5 dní pred 29. marcom 2006, keď sa zatmenie uskutočnilo. Ukázalo sa, že simulované fotografie sa od reálnych takmer neodlišovali!

Slnečnú korónu môžeme zo Zeme (bez koronografu) pozorovať iba počas zatmenia. Koróna je neobyčajne premenlivý útvar, takže počas každého zatmenia vyzerá inakšie. Simulácie sa kedysi opierali o zjednodušené modely, prispôbené možnostiam dostupných počítačov. Najnovší model po prvýkrát zahŕňa aj podrobné fyzikálne údaje o tom, ako sa energia prenáša do koróny. Na vyhotovenie komplexného modelu sú potrebné štyri dni, počas ktorých 700 počítačov údaje spracuje a vyhotoví prognózu.

NSF Press Release

Expedícia SASTUR 2006 úspešná



Slnko, chromosféra, protuberancia, koróna – nádhera.



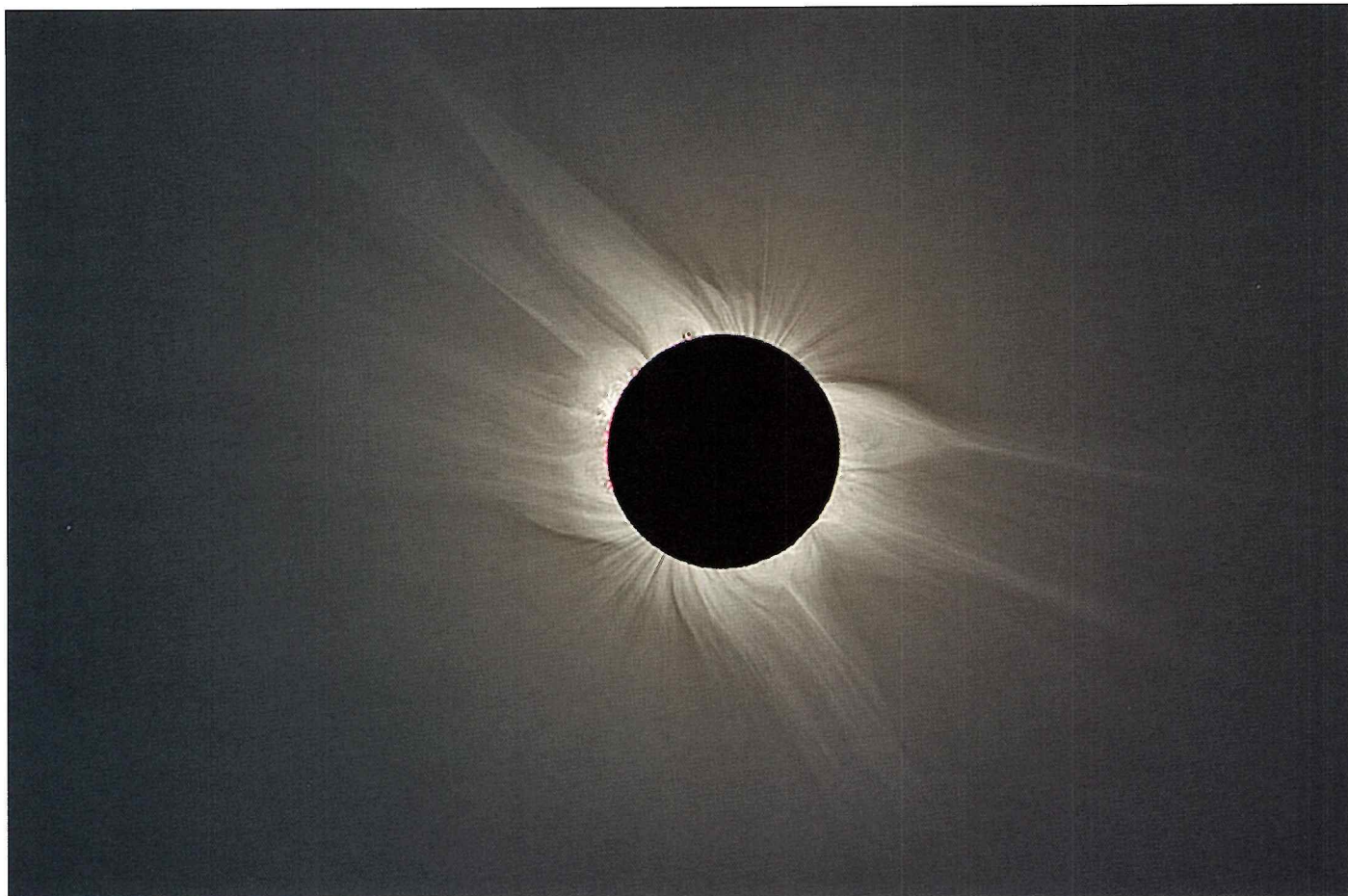
Účastníci pred veľmi dlhým autobusom, ktorý sa stal ich domovom na 16 dní.

Krásna príroda Kappadocie.

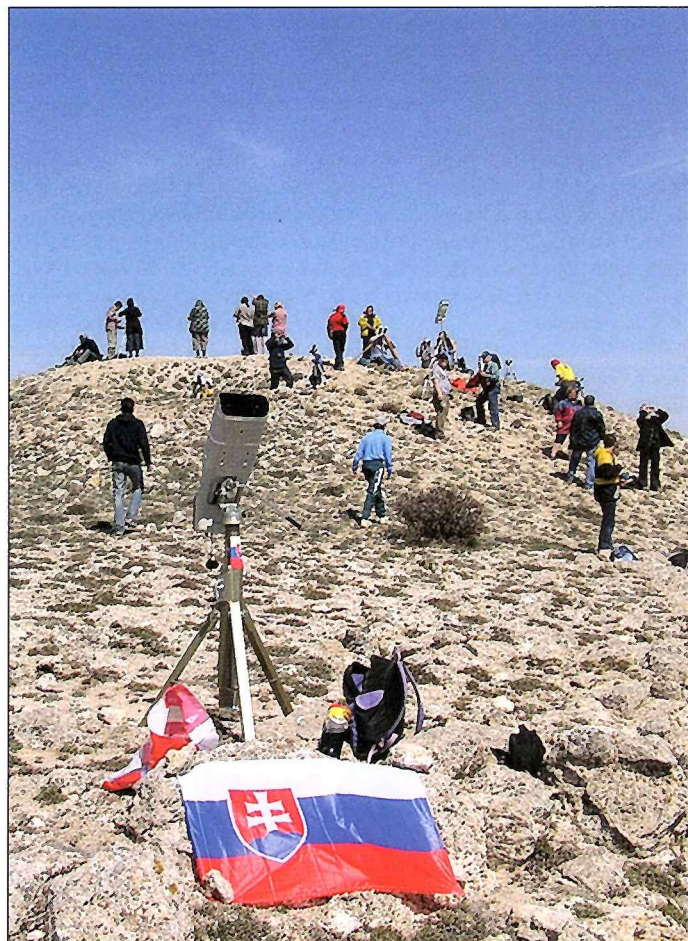


V Kozmose 6/2005, str. 29 sme písali o prípravách medzinárodnej expedície Slovenskej astronomickej spoločnosti za úplným zatmením Slnka do Turecka. Expedícia sa vydarila po každej stránke, zúčastnilo sa jej 55 pozorovateľov zo Slovenska a Čiech, ktorí precestovali autobusom celkovo 6250 km. Slovom a hlavne obrazom by som rád priblížil našim čitateľom atmosféru, ktorá na expedícii panovala.

Cesta do pásu totality v tureckej Kappadocii bola náročná a vyžiadala si dva nočné presuny autobusom. 27. marca, dva dni pred zatmením, sme už chodili po okolí základného tábora, ktorý sa nachádzal v nadmorskej výške 1220 m pri dedinke Göreme, a pritom sme sa stretávali so skupinkami pozorovateľov zatmenia z Belgicka, Japonska, Španielska, Nemecka, Švajčiarska a mnohých ďalších krajín sveta. Našou snahou bolo nájsť vhodný vrchol, z ktorého by bolo možné vidieť aj vzdialený horizont a pozorovať približujúci sa tieňový kužeľ. Nakoniec sme sa rozhodli pre pozorovacie miesto v nadmorskej výške 1329 m. Len pár kolegov s väčšími prístrojmi zostalo v základnom tábore. Počasie nám mimoriadne prišlo a už deň pred zatmením sa obloha po predchádzajúcich dažďoch nádherne vyjasnila. Dohľadnosť bola najmenej 60 km, lebo smerom na východ, tesne za okrajom pásu totality, bolo možné pozorovať zasnežené svahy sopky Erciyes Dagi s nadmorskou výškou 3916 m. V osudný deň pred zatmením sa pod naším stanovišťom začali schádzať autá a autobusy z celého okolia. Ktosi priniesol veľké bubny na odplašenie „čierneho draka“, ktorý by mal za pár hodín zakryť životodarné Slnko. Nechýbala ani turecká televízia, ktorá keď zbadala naše slovenské vlajôčky, nahrala s nami aj krátky rozhovor. Okrem toho predavači ponúkali okuliare na pozorovanie zatmenia voľným okom, ale aj jedlá a nápoje pre tých, ktorých by pozorovanie vyčerpalo. Vrchol kopca bol v tej chvíli už posiaty stativmi s najrôznejšou fotografickou technikou, ktorú sme samozrejme museli vyniesť asi 130 výškových metrov na pleciach. Mesiac sa zahryzol do slnečného disku a zdola sa ozvalo zlovestné bubnovanie. Kappadocia sa už na prvý pohľad javí ako mesačná krajina. Mesačný tieň, ktorý sa k nej teraz neúprosne blížil rýchlosťou 50 km za minútu mal tento pocit ešte mnohonásobne posilniť. Farba krajiny sa postupne menila, svetla ubúdalo, začal fúkať vietor a celkovo sa ochladilo o 8 °C. Vzrušenie vrcholilo, od juhozápadu sa prihnal tieň totality, obloha na horizonte sa sfarbila na červeno, objavila sa Venuša, protuberancie, chro-



Zatmenie Slnka od Hany a Miloslava Druckmüllerovcov.



mosféra, koróna, dlhé siločiarly v smere na 5 hodínach, sopka svieti, fotoaparáty cvakajú, pohľad do sometu, baterkou posvietiť na zmenu expozičnej doby, v okolitých dedinách strieľa ohňostroj, zvuk bubnov sa stupňuje a skutočne sa podarilo draka odplasiť, prvý slnečný lúč a je koniec, je to úspech. Bolo to iné ako v roku 1999, a aké to bude nabudúce, kedy a kde?

Cesta domov nám trvala ešte ďalších 10 dní, počas ktorých sme navštívili najkrajšie miesta Turecka. Na záver našej cesty nás prijal môj dávny priateľ – astronóm, rektor Univerzity v Canakkale, Dr. Osman Demircan. Všetkých účastníkov pozval na turecký obed a po ňom na prehliadku jeho observatória Ulupinar nad Dardanelami. Na observatóriu sa nachádzajú dva robotické ďalekohľady Cassegrain-Schmidt LX 200 s priemerom 30 a 40 cm, určené na CCD fotometriu zákrytových dvojhviezd a dva newtony s priemerom 10 a 29 cm pre popularizovanie astronómie. Dr. Demircanovi som podaroval knihu o Vysokých Tatrách, aby videl, že aj my máme hory, aj keď podstatne nižšie ako tie, ktoré sme videli na rôznych miestach v Turecku.

Fotografie získali Dr. M. Bartolomejová, Dr. R. Gális, Dr. J. Grygar, Dr. P. Kalinay a J. Roháč. Fotografie zatmenia softwérovu spracoval E. Kundra.

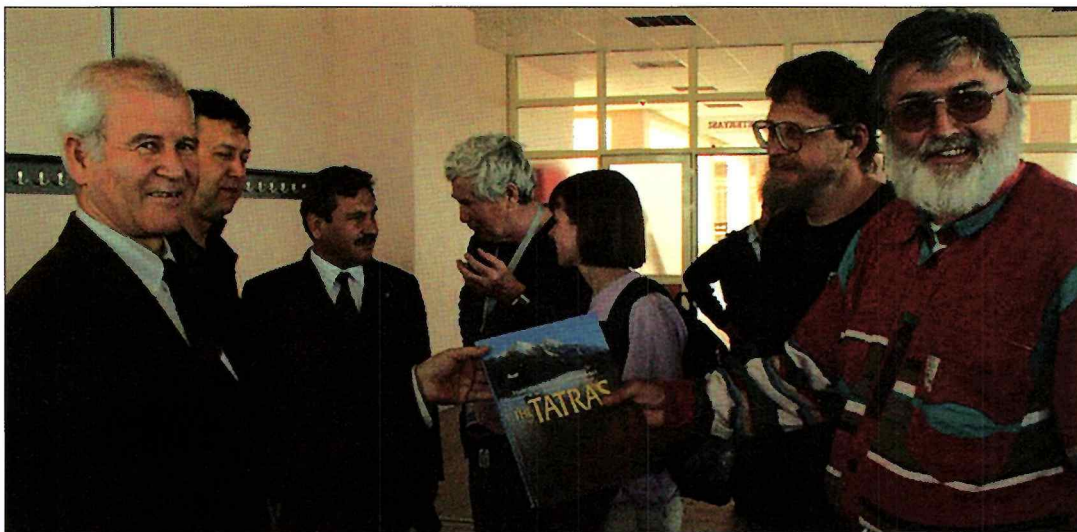
Za SASTUR Dr. LADISLAV HRIC,
vedúci expedície

Nakoľko si českí kolegovia nevzali vlajku, urobili sme ju naživo – vľavo biela, vpravo červená a hore modrá.

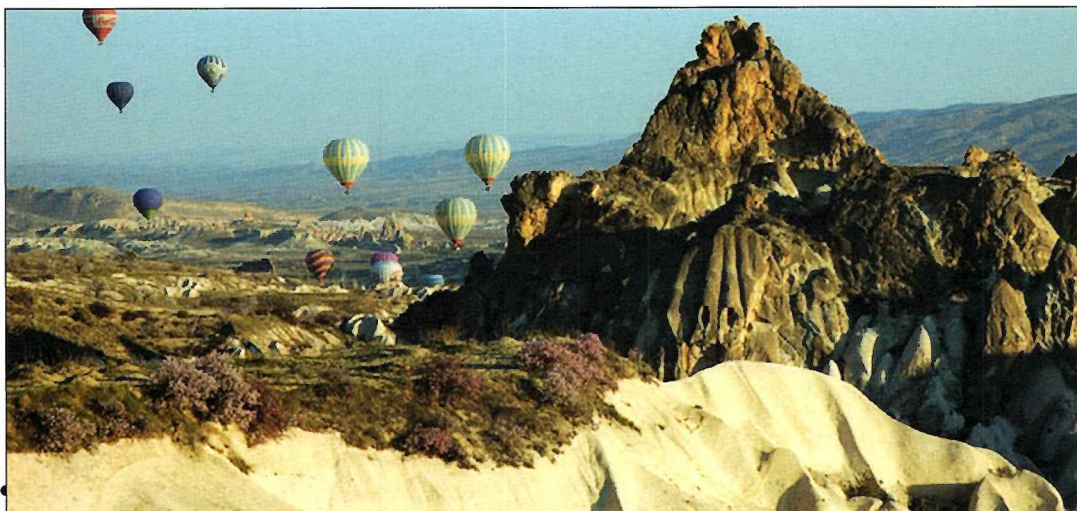




Protuberancia, ktorá sa objavila na všetkých podobných záberoch.



Dr. Hric odovzdáva Dr. Demircanovi malý darček zo Slovenska.



Na balónoch za zatmením.

Již brzy
Maksutov 180

Sky-Watcher

... hvězdám blíž



Refraktor ED 120/900 mm

- ED dvojlenný objektiv
- SkyScan naváděná montáž
- ideální dalekohled pro astrofotografii, pozorování Měsíce a planet

Maksutov Cassegrain 150/1800

- katadioptrický systém
- SkyScan naváděná montáž
- ideální dalekohled pro pokročilá astronomická pozorování

SUPRA 
Praha, spol. s r.o.

☎ 284 820 939 • 602 37 11 3

Mochovská 23 • 198 00 • Praha

www.skywatcher.cz • info@supra.cz

Planétka 2004 XP 14 s obežnou dobou 1,09 roka bola objavená automatizovaným systémom LINEAR 10. 12. 2004. Jej priemer je asi 600 metrov a 3. 7. 2006 preletela okolo Zeme vo vzdialenosti len o niečo väčšej ako Mesiac. Najbližšie (426 660 km) bola 3. 7. ráno o 5:30 SEČ. V tom čase sa premietala do Trojuholníka a pohybovala sa medzi hviezdami rýchlosťou vyše 8° za hodinu! U nás v Rimavskej Sobote bola na začiatku nautického súmraku už v Baranovi vo výške len 7° ako objekt 11,5 mag. Spolu s L. Urbančekom (alias Dobry deň) sme sa snažili toto tesné priblíženie nasnímať, no počasie boli proti, nad východným obzorom ani hviezdíčka. Podľa súradníc sme teda nastavili zorné pole kamery na Spiegli a exponovali. Čo ak predsa... Prekvapenie sa nekonalo, pole bolo správne, no najslabšie hviezdy boli jasnejšie ako mala byť planétka... Na Spacewetheri sa ráno objavila fotografia z Austrálie s dvomi slabými čiarkami a to bola výzva na nočné pozorovanie. Počasie sa umúdrilo a tak po presnom spočítaní súradníc nájsť planétku s jasnosťou 12 mag už veľký problém nebol. O polnoci sa však pohybovala už len 1° za hodinu.

Ná obrázku je niekoľko polôh planétky (4. 7. 2006) medzi 00:31 a 01:06 UT. Najjasnejšia hviezda vľavo od stredu je SAO 17765 (8 mag), dvojica jasných hviezd dole nad stredom je SAO 17751 (8,6 mag) a SAO 17751 (8,1 mag). Na pozorovanie bol použitý objektív 4/300, CCD kamera SHT. Expozície mali dĺžku 25 sek a interval medzi jednotlivými polohami planétky je asi 2 minúty.

P. Rapavý



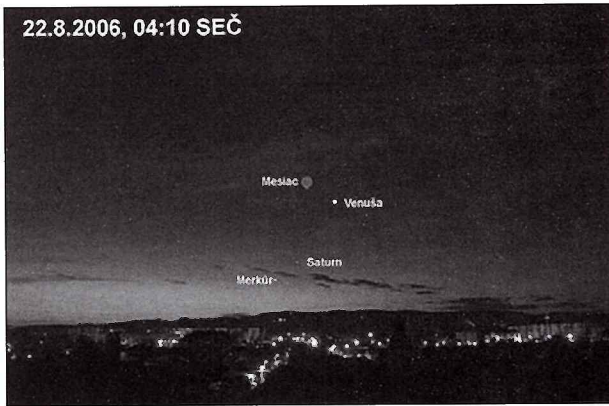
Blízkozemná planétka 2004 XP 14



Planétka 2004 XP14 z 3. 7. 2006.
Refraktor Borg 77, $f = 500$ mm,
CCD kamera astropix 1.4,
exp. 40×5 s, binované 2×2 ,
prvá expozícia: $23^{\text{h}}00^{\text{m}}30^{\text{s}}$ UT,
posledná expozícia:
 $23^{\text{h}}20^{\text{m}}00^{\text{s}}$ UT.

V Marianke pri Bratislave
pozorovali:
R. Piffl, T. Maruška,
P. Urban, I. Majchrovič.

22.8.2006, 04:10 SEČ



Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

august –
september
2006

**Prechody Veľkej červenej škvrny Jupitera
centrálным poludníkom**

1. 8.	21:03	18. 8.	20:11	16. 9.	19:18
6. 8.	20:12	23. 8.	19:20	21. 9.	18:28
8. 8.	21:51	30. 8.	20:09	26. 9.	17:38
11. 8.	19:22	4. 9.	19:19		
13. 8.	21:01	9. 9.	18:29		

Polovica školských prázdnin je už za nami a pre väčšinu aj časť dovoleniek. Príjemné letné noci dávajú veľa možností na obdivovanie krás nočnej oblohy. Meteorári sú pripravení na svoju „žatvu“ a pre nočných fotografov v prírode je snád len jediným problémom rosenie prístrojov. Striebristý pás Mliečnej dráhy pretína oblohu a hviezdári žijúci v presvetlených sídlach na svojich expedíciách sú stále prekvapení tým, že aj hviezdna obloha môže byť taká nádherné tmavá... Planéty pripravujú niekoľko pekných zoskupení a ako bonus bude septembrové čiastočné zatmenie Mesiaca.

Merkúr je ráno začiatkom augusta na konci nautického súmraku vo výške 5° ako objekt len 1,2 mag, no jeho nájdanie nám uľahčí Venuša o 6° vyššie, ktorá bude pri svojej jasnosti neprehliadnuteľná. Jeho viditeľnosť bude pomerne stabilná a navyše začne príjemne zjasňovať. 7. 8. je v najväčšej západnej elongácii (19,2°) pri jasnosti 0 mag, 10. 8. v konjunkcii s Venušou (2,2°) a práve v tomto období urobí svojim vlastným pohybom popod Venušu elegantnú krivku, čo by mohlo inšpirovať aj lovcov zaujímavých fotografií.

V poslednej augustovej dekáde sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka značne rýchlejšie zmenšovať, pretože 1. 9. bude v hornej konjunkcii. V polovici tretej dekády už vychádza len na začiatku občianskeho súmraku no už ako pomerne jasný objekt –1,6 mag. 16. 8. je na okraji otvorenej hviezdokopy Jasličky, čo stojí za pokus urobiť nejaký ten záber, napriek tomu, že uhlová vzdialenosť od Slnka bude 16°.

21. 8. bude v relatívne tesnej (0,5°) konjunkcii so Saturnom a jedinou chybičkou krásy je len pomerne malá uhlová vzdialenosť od Slnka (11°). Keďže je však sklon ekliptiky k obzoru priaznivý, začiatkom občianskeho súmraku budú obe telesá 4° nad obzorom a o niečo vyššie (10°) bude žiariť Venuša a tenký kosáčik Mesiaca (21°). O deň neskôr bude v konjunkcii s Mesiacom, ktorá nastáva ešte pod obzorom, no pred východom Slnka bude nad východným obzorom mimoriadne pekné zoskupenie Merkúra so Saturnom, Venušou a Mesiacom.

Na večernej oblohe nájdeme Merkúr s problémami až koncom septembra. Jeho uhlová vzdialenosť od Slnka bude síce dostatočná, no nevhodné geometrické podmienky jeho pozorovanie veľmi sťažujú, zapadá krátko po západe Slnka. Aj keď na presvetlenej oblohe (zapadnú ešte za občianskeho súmraku), predsa stojí za pozretie či fotografovanie tesná (0,2°) konjunkcia Merkúra s Marsom 15. 9.

po západe Slnka. Ďalšia konjunkcia, tentokrát s Mesiacom (2°) nastane 24. 9. pod obzorom, a tak obe telesá v úctyhodnej vzdialenosti sa môžeme pokúsiť nájsť na svetlej súmrakovej oblohe deň pred a deň po konjunkcii.

Venuša (–3,9 mag) bude perlou rannej oblohy napriek tomu, že sa jej uhlová vzdialenosť od Slnka pomaličky zmenšuje. Začiatkom augusta bude na konci nautického súmraku vo výške 11°, koncom septembra len 1°, no pri svojej stabilnej jasnosti bude výrazným objektom. 19. 8. prejde južnou časťou Jasličiek a 22. 8. sa dostane do konjunkcie s tenkým Mesiacom a nad obzorom im bude ešte asistovať Merkúr a Saturn. 27. 8. nastane skvelá, tesná (0,1°) konjunkcia Venuše so Saturnom. Najtesnejšie priblíženie nastáva ešte v noci, no aj ráno budú obe planéty od seba len 0,2°. Septembrová konjunkcia Venuše s Mesiacom nastane 21. 9. až popoludní a tak priblíženie oboch telies môžeme dobre pozorovať len na druhý deň ráno. Venuša bude od Mesiaca 2,5°, a keďže Mesiac bude ako úzky kosáčik s pekným popolavým svitom, bude aj toto nie veľmi tesné zoskupenie fotogenické.

Mars bude pozorovateľný len ťažko, nakoľko začiatkom augusta je na konci občianskeho súmraku len vo výške 4°, ako slabý načervenalý objekt 1,8 mag. V ďalších dňoch sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka zmenšuje, bude pozorovateľný stále horšie a horšie a na prelome Mesiacom sa stratí vo večernom súmraku. 25. 8. bude v konjunkcii s Mesiacom, no vzhľadom na presvetlenú oblohu bude táto konjunkcia pozorovateľná asi len ďalekohľadom. Podobne na tom bude aj tesná konjunkcia s Merkúrom 15. 9. 30. 9. bude Mars od nás najďalej –2,60937 AU.

Jupiter (–2,1 až –1,8 mag) je vo Váhach pozorovateľný v prvej polovici noci, zapadá poldruhodiny pred polnocou a je výrazným objektom večernej oblohy. Jeho nočná viditeľnosť sa skraca a koncom septembra zapadá pred 19. hodinou. Jeho vlastný pohyb smerom na východ si najlepšie môžeme všimnúť okolo 12. 9., keď bude 0,5° severne od dvojhviezdy $\alpha^{1,2}$ Lib (2,7 + 5,2 mag). Z konjunkcii s Mesiacom nastanú tri, no vo všetkých prípadoch bude vzdialenosť oboch telies úctyhodná (2. 8. –4,9°; 20. 8. –5,5°; 26. 9. –5,6°), fáza Mesiaca sa pri jednotlivých konjunkciách bude postupne zmenšovať. Už malým ďalekohľadom sa dajú dobre vidieť známe Galileiovské mesiace a pri väčšom zväčšení pekne uvidíme túto planétu ako miesme sploštený kotúčik s výraznými pásmi a známou červenou škvrnou.

Saturn (0,3 – 0,5 mag) sa presunie na prelome mesiacov z Raka do Leva. Začiatkom augusta je nepozorovateľný, nakoľko 7. 8. je v konjunkcii so Slnkom a zároveň aj najďalej od Zeme (10,16109 AU). Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu a už v polovici mesiaca ho môžeme nájsť veľmi nízko nad obzorom. Podmienky jeho viditeľnosti sa rýchlo zlepšujú a koncom septembra už vychádza 1,5 hodiny po polnoci. Pri pohľade ďalekohľadom stále pútajú mohutné prstence, ktoré sú ešte dostatočne široko roztvorené (Kozmos 1/2006). 22. 8. a 19. 9. bude v konjunkcii s Mesiacom. Augustová konjunkcia nastáva počas dňa, no na pekné zoskupenie ráno sme upozornili pri Merkúre, septembrová nastáva počas astronomického súmraku. O konjunkciách s Merkúrom a Venušou sme písali vyššie. Vlastný pohyb Saturna si môžeme dobre všimnúť 5. a 6. 8., nakoľko sa presunie len 0,8° severne od hviezdy SAO 98388 (8,4 mag).

Urán (5,7 mag) vo Vodnárovi vychádza už počas nautického súmraku, jeho viditeľnosť sa predĺži na celonočnú, pretože 5. 9. je v opozícii so Slnkom. Deň pred opozíciou bude k Zemi najbližšie –19,07541 AU. Do konca septembra sa jeho viditeľnosť zase o niečo skráti a bude zapadať nad ráno. Za dobrých pozorovacích podmienok ho môžeme vidieť aj voľným okom, koncom tohto obdobia bude 0,5° juhovýchodne od hviezdy λ Aqr (3,7 mag). Jeho pokojný zelentastomodrý svit nás však upúta až pri pohľade malým ďalekohľadom. 11. 8. je v konjunkcii s Mesiacom, no tento je vo veľkej fáze, krátko po splne. Ďalšia konjunkcia nastáva 7. 9., Mesiac je tentokrát v splne, no jeho jas bude zoslabený zemským tieňom a polotieňom nakoľko bude čiastočné zatmenie.

Neptún (7,8 – 7,9 mag) v Kozorožcovi vychádza za občianskeho súmraku, podmienky jeho viditeľnosti sú podobné ako u Uránu, na oblohe je asi 25° západnejšie. 10. 8. je v prízemí (29,03948) a 11. 8. v opozícii so Slnkom. Jeho konjunkcie s Mesiacom budú nevýrazné, Mesiac je vo veľkej fáze a aj vzdialenosť oboch telies bude úctyhodná. Na jeho pozorovanie postačí už triédro a planétu nájdeme stupeň severne od hviezdy ι Cap (4,3 mag). Neptún objavil základe výpočtov Urbaina Leverriera pred 160. rokmi (23. 9.1846) Johann Gottfried Galle na observatóriu v Berlíne.

Pluto (14,1 mag) je na nočnej oblohe v prvej polovici noci v západnej časti Hada, 25. 9. sa presunie do Hadonosy. Výkonným ďalekohľadom ho

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA	PA	a s/o	b s/o
2. 8.	19 44 49	D	20597	6,4	+68S	129	72	-106
4. 8.	20 41 44	D	22441	2,8	+32S	153	108	-120
4. 8.	21 22 4	R	22441	2,8	-33S	218	30	-15
17. 8.	23 58 40	R	6606	7,0	+67N	290	10	64
20. 8.	2 37 40	R	10614	5,8	+81S	273	15	83
31. 8.	18 20 23	D	22129	7,0	+75S	116	91	-77
5. 9.	18 28 22	D	29480	5,2	+57S	97	78	61
5. 9.	20 2 18	D	29531	6,6	+58S	96	106	23
9. 9.	21 48 13	D	1415	4,3	-69S	87	73	76
9. 9.	22 43 8	R	1415	4,3	+44S	200	25	124
11. 9.	0 53 11	R	2814	6,5	+27S	184	5	187
11. 9.	19 44 7	R	3714	6,9	+73S	234	-17	95
11. 9.	23 16 3	R	3852	7,0	+88N	253	52	93
12. 9.	0 57 49	R	3921	5,8	+67S	228	59	107
12. 9.	20 16 52	R	4874	4,1	+84N	262	-16	80
12. 9.	20 17 27	R	4897	7,0	+25S	191	-53	129
12. 9.	20 28 27	R	4901	7,0	+47S	213	-34	108
12. 9.	20 40 58	R	4900	6,3	+67N	279	-1	74
12. 9.	19 57 50	D	4911	2,9	-59N	45	-33	92
12. 9.	20 44 29	R	4911	2,9	+72N	274	-3	77
12. 9.	20 54 35	R	4951	6,5	+20S	186	-60	151
12. 9.	20 58 34	R	4940	7,0	+25N	321	70	0
12. 9.	20 28 57	D	4957	3,6	-81S	85	-12	80
12. 9.	21 19 56	R	4957	3,6	+67S	233	-13	105
12. 9.	20 31 20	D	4958	5,1	-83N	69	-18	88
12. 9.	21 24 36	R	4958	5,1	+83S	249	-3	96
12. 9.	21 26 17	R	4964	6,6	+43N	303	37	51
14. 9.	2 16 56	R	6393	7,0	+18S	192	-6	315
14. 9.	22 39 31	R	7710	5,6	+68S	248	-17	98
15. 9.	2 40 57	R	8040	6,7	+33S	214	34	218
15. 9.	22 34 7	R	9863	6,7	+19S	205	-81	168

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

nájde neceľý stupeň juhovýchodne od χ Ser (3,5 mag). Počas dvoch mesiacom opíše na oblohe malý oblúček, pretože 5. 9. je stacionárny a začne sa pohybovať v priamom smere.

16. 8. Mesiac zakryje Plejády, no žiaľ u nás počas dňa a pod obzorom, no ďalšie zákryty 12. 9. už pozorovateľné budú. Mesiac je síce pred poslednou štvrtou, no pozorovanie niekoľkých výstupov jasných hviezd iste poteší aj nezákrytárov. Ak chcete zákryty pozorovať nielen pre svoje potešenie nepotrebuje k tomu veľa: aspoň malý ďalekohľad, presný čas a stopky. Pri zákrytoch sa čas meria s presnosťou na 0,1 s.

Z jasnejších dotýčnicových zákrytov (do 7,5 mag) pozorovateľných z nášho územia nastane len jeden. 12. 9. bude hranica tieňa prechádzať kúskom západného Slovenska v okolí Skalice. Hviezda ZC 557 má 7,0 mag a k zákrytu dôjde 7° na neosvetlenej strane Mesiaca pred poslednou štvrtou... Podrobnejšie informácie o tom to zákryte nájdete na www.szaa.sk, alebo zjdite na najbližšiu hviezdaňa.

7. 9. bude od nás (okrem vstupu do polotieňa) pozorovateľné čiastočné zatmenie Mesiaca. Hneď po západe Slnka bude ešte na svetlej oblohe pozorovateľné postupné tmavnutie severovýchodnej časti Mesiaca. Vstup do plného tieňa už uvidíme bez väčších problémov, Slnko bude 10° pod obzorom. Maximálna fáza (0,19) zatmenia o 19:51 nastane pri výške Mesiaca 15° . Aj keď v tieni Zeme bude len malá časť Mesiaca, jeho tmavnutie aj v polotieni bude výrazné a malá výška nad obzorom dáva šancu inventívnym fotografom urobiť niekoľko zaujímavých fotografií. Ďalšie zatmenie, tentokrát úplné bude pozorovateľná 7. 3. 2007

Planétky

Z planétkok do 11. mag budú v opozícii:

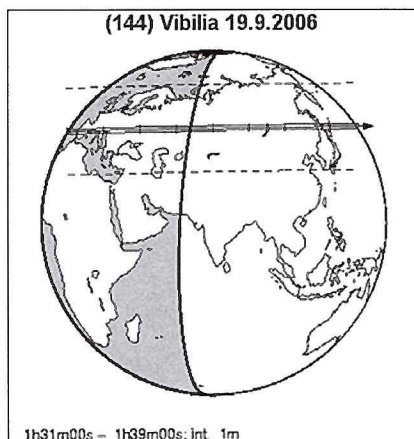
(6) Hebe (5. 8., 7,8 mag), (1) Ceres (12. 8., 7,6 mag), (349) Dembowska (13. 8., 9,7 mag),

(704) Interamnia (26. 8., 10 mag), (75) Eurydike (3. 9., 10,1 mag), (14) Irene (5. 9., 10,6 mag), (68) Leto (17. 9., 9,5 mag), (186) Celuta (17. 9., 10,9 mag), (25) Phocaea (26. 9., 10 mag).

Najväčšia planétka (1) Ceres je v opozícii, no má zápornú deklináciu a tak aj pri kulminácii bude len 12° nad obzorom. Nájdeme ju v Južnej rybe, od konca prvej septembrovej dekády v Mikroskope.

Zaujímavých zoskupení jasnejších planétkok s objektmi nočnej oblohy je tentokrát ako šafranu. Aj keď nízko nad obzorom, možno budú pre niektorých inšpirujúce aspoň slučky planétkok (10) Hygiea a (29) Amphitrite okolo jasných hviezd.

S aspoň minimálnou nádejou na pozitívne pozorovanie sú pre hviezdy do 11 mag. predpovedané len 3 zákryty. Najväčšia šanca na úspech je pri planétke (144) Vibilia. Priemer planétky je 180 km a zákryt môže trvať až 8 s, jasnosť hviezdy (9,9 mag) je dostatočná aj pre menšie prístroje.



Dátum	UT	planétka	hviezda	mag	pokles trv	[s]
13. 8.	21:36	(1258) Sicilia	TYC 0576 710	10,0	5,2	5
7. 9.	2:57	(494) Virtus	TYC 1871 287	10,8	4,2	4
19. 9.	1:35	(144) Vibilia	TYC 1879 2151	9,9	2,8	8

Upresnenia predpovedí sú na stránke <http://mpocc.astro.cz/2006/>.

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (1) Ceres			
1. 8.	21 ^h 58,7 ^m	-26°35,9'	7,7
6. 8.	21 ^h 54,7 ^m	-27°09,6'	7,7
11. 8.	21 ^h 50,5 ^m	-27°41,1'	7,6
16. 8.	21 ^h 46,1 ^m	-28°09,7'	7,6
21. 8.	21 ^h 41,7 ^m	-28°34,6'	7,7
26. 8.	21 ^h 37,3 ^m	-28°55,3'	7,8
31. 8.	21 ^h 33,2 ^m	-29°11,5'	7,9
5. 9.	21 ^h 29,5 ^m	-29°23,0'	7,9
10. 9.	21 ^h 26,1 ^m	-29°29,9'	8,0
15. 9.	21 ^h 23,3 ^m	-29°32,2'	8,1
20. 9.	21 ^h 21,0 ^m	-29°30,1'	8,2
25. 9.	21 ^h 19,3 ^m	-29°24,0'	8,3
30. 9.	21 ^h 18,2 ^m	-29°14,0'	8,4

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (349) Dembowska			
1. 8.	21 ^h 57,8 ^m	-25°34,4'	9,8
6. 8.	21 ^h 53,8 ^m	-25°56,3'	9,8
11. 8.	21 ^h 49,5 ^m	-26°16,1'	9,7
16. 8.	21 ^h 45,1 ^m	-26°33,1'	9,7
21. 8.	21 ^h 40,6 ^m	-26°46,6'	9,7
26. 8.	21 ^h 36,2 ^m	-26°56,3'	9,8
31. 8.	21 ^h 32,0 ^m	-27°01,8'	9,9
5. 9.	21 ^h 28,2 ^m	-27°02,9'	9,9
10. 9.	21 ^h 24,9 ^m	-26°59,6'	10,0
15. 9.	21 ^h 22,1 ^m	-26°52,2'	10,1
20. 9.	21 ^h 19,9 ^m	-26°40,8'	10,2
25. 9.	21 ^h 18,3 ^m	-26°25,8'	10,3
30. 9.	21 ^h 17,4 ^m	-26°07,2'	10,3

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (10) Hygiea			
1. 8.	19 ^h 15,0 ^m	-21°12,6'	9,7
6. 8.	19 ^h 11,8 ^m	-21°13,1'	9,8
11. 8.	19 ^h 09,1 ^m	-21°13,1'	9,9
16. 8.	19 ^h 06,9 ^m	-21°12,4'	10,0
21. 8.	19 ^h 05,4 ^m	-21°11,1'	10,1
26. 8.	19 ^h 04,4 ^m	-21°09,1'	10,3
31. 8.	19 ^h 04,1 ^m	-21°06,6'	10,4
5. 9.	19 ^h 04,3 ^m	-21°03,4'	10,4
10. 9.	19 ^h 05,2 ^m	-20°59,6'	10,5
15. 9.	19 ^h 06,7 ^m	-20°55,1'	10,6
20. 9.	19 ^h 08,7 ^m	-20°49,9'	10,7
25. 9.	19 ^h 11,2 ^m	-20°43,9'	10,8
30. 9.	19 ^h 14,2 ^m	-20°37,1'	10,9

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (29) Amphitrite			
1. 8.	19 ^h 13,2 ^m	-30°54,4'	9,7
6. 8.	19 ^h 09,1 ^m	-30°47,5'	9,8
11. 8.	19 ^h 05,6 ^m	-30°38,1'	9,9
16. 8.	19 ^h 02,8 ^m	-30°26,3'	10,0
21. 8.	19 ^h 00,7 ^m	-30°12,7'	10,1
26. 8.	18 ^h 59,4 ^m	-29°57,5'	10,2
31. 8.	18 ^h 58,9 ^m	-29°41,2'	10,3
5. 9.	18 ^h 59,1 ^m	-29°23,8'	10,3
10. 9.	19 ^h 00,1 ^m	-29°05,6'	10,4
15. 9.	19 ^h 01,8 ^m	-28°46,7'	10,5
20. 9.	19 ^h 04,1 ^m	-28°27,2'	10,6
25. 9.	19 ^h 07,1 ^m	-28°07,1'	10,6
30. 9.	19 ^h 10,7 ^m	-27°46,3'	10,7

**Tabuľky východov a západov
(august – september 2006)**

Slnko

	Súmrak							
	Astronomický		Nautický		Občiansky			
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 8.	4:14	19:18	3:38	19:54	2:50	20:41	1:51	21:40
6. 8.	4:21	19:10	3:45	19:46	2:59	20:31	2:03	21:26
11. 8.	4:28	19:02	3:53	19:37	3:08	20:21	2:16	21:13
16. 8.	4:35	18:53	4:00	19:27	3:17	20:10	2:28	20:59
21. 8.	4:42	18:44	4:08	19:17	3:26	19:59	2:39	20:45
26. 8.	4:49	18:34	4:15	19:07	3:35	19:48	2:50	20:32
31. 8.	4:56	18:24	4:23	18:57	3:43	19:36	3:00	20:19
5. 9.	5:03	18:14	4:30	18:46	3:52	19:25	3:10	20:06
10. 9.	5:10	18:04	4:37	18:35	4:00	19:13	3:19	19:53
15. 9.	5:17	17:53	4:45	18:24	4:07	19:02	3:28	19:41
20. 9.	5:24	17:43	4:52	18:14	4:15	18:51	3:37	19:29
25. 9.	5:31	17:32	4:59	18:03	4:22	18:40	3:45	19:18
30. 9.	5:38	17:22	5:06	17:53	4:30	18:29	3:53	19:06

Mesiac

	Východ	Západ
1. 8.	11:48	21:46
6. 8.		17:40
11. 8.	20:07	6:47
16. 8.	21:53	13:48
21. 8.	1:37	18:08
26. 8.	7:23	19:25
31. 8.	13:11	21:00
5. 9.	17:28	1:15
10. 9.	19:02	8:37
15. 9.	22:18	14:59
20. 9.	2:59	17:09
25. 9.	8:35	18:15
30. 9.	14:11	21:31

Merkúr

	Východ	Západ
1. 8.	3:00	18:05
6. 8.	2:48	18:04
11. 8.	2:51	18:10
16. 8.	3:08	18:19
21. 8.	3:37	18:27
26. 8.	4:11	18:31
31. 8.	4:46	18:32
5. 9.	5:21	18:29
10. 9.	5:52	18:24
15. 9.	6:20	18:17
20. 9.	6:47	18:10
25. 9.	7:12	18:02
30. 9.	7:34	17:53

Venuša

	Východ	Západ
1. 8.	2:15	18:05
6. 8.	2:25	18:07
11. 8.	2:36	18:08
16. 8.	2:49	18:07
21. 8.	3:02	18:05
26. 8.	3:16	18:02
31. 8.	3:30	17:57
5. 9.	3:44	17:52
10. 9.	3:59	17:46
15. 9.	4:13	17:39
20. 9.	4:27	17:31
25. 9.	4:42	17:23
30. 9.	4:56	17:15

Mars

	Východ	Západ
1. 8.	6:42	20:22
6. 8.	6:40	20:09
11. 8.	6:38	19:55
16. 8.	6:36	19:42
21. 8.	6:34	19:28
26. 8.	6:31	19:14
31. 8.	6:29	19:00
5. 9.	6:27	18:46
10. 9.	6:25	18:32
15. 9.	6:23	18:18
20. 9.	6:21	18:05
25. 9.	6:20	17:51
30. 9.	6:18	17:38

Jupiter

	Východ	Západ
1. 8.	12:32	22:29
6. 8.	12:15	22:11
11. 8.	11:58	21:52
16. 8.	11:42	21:34
21. 8.	11:25	21:15
26. 8.	11:09	20:57

	Východ	Západ
31. 8.	10:53	20:39
5. 9.	10:37	20:21
10. 9.	10:22	20:03
15. 9.	10:07	19:46
20. 9.	9:52	19:28
25. 9.	9:38	19:11
30. 9.	9:23	18:53

Saturn

	Východ	Západ
1. 8.	4:42	19:33
6. 8.	4:26	19:15
11. 8.	4:10	18:56
16. 8.	3:54	18:38
21. 8.	3:38	18:20
26. 8.	3:22	18:02
31. 8.	3:05	17:44
5. 9.	2:49	17:26
10. 9.	2:32	17:08
15. 9.	2:16	16:49
20. 9.	1:59	16:31
25. 9.	1:43	16:13
30. 9.	1:26	15:54

Urán

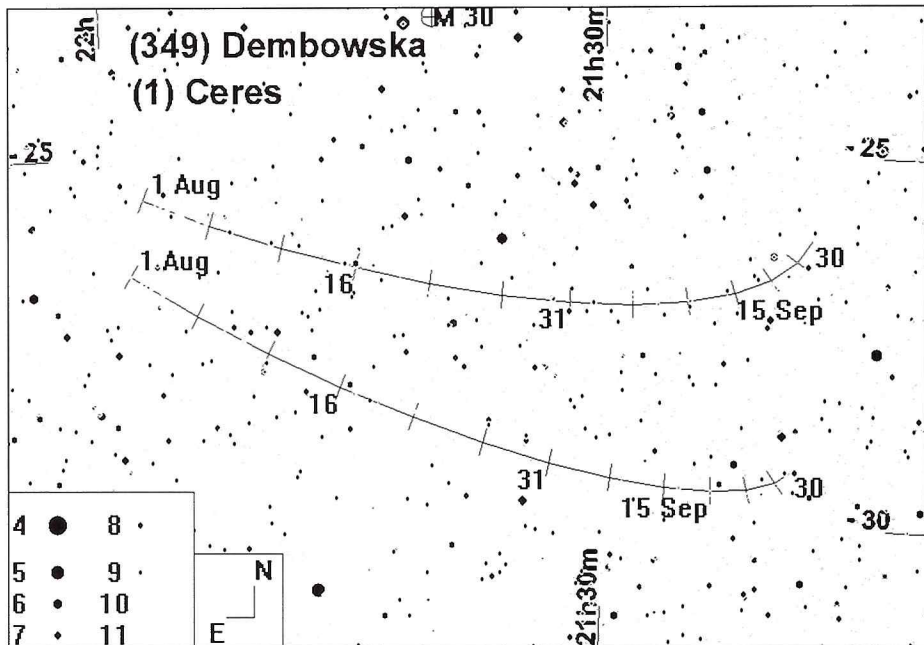
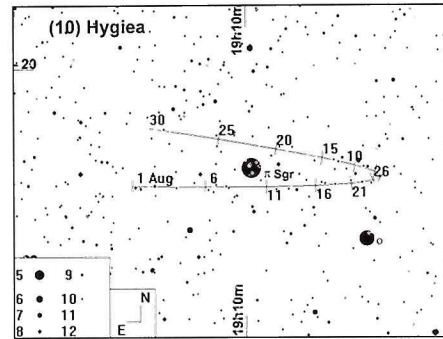
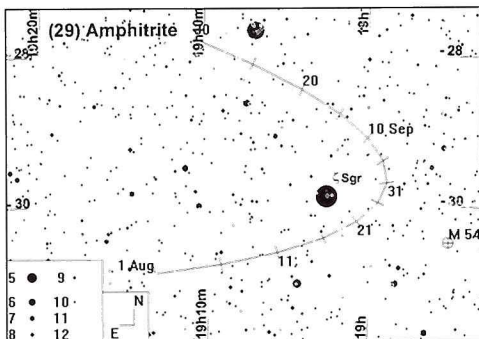
	Východ	Západ
1. 8.	20:29	7:35
6. 8.	20:10	7:15
11. 8.	19:50	6:54
16. 8.	19:30	6:33
21. 8.	19:10	6:12
26. 8.	18:50	5:52
31. 8.	18:29	5:31
5. 9.	18:09	5:11
10. 9.	17:50	4:50
15. 9.	17:30	4:29
20. 9.	17:10	4:08
25. 9.	16:49	3:48
30. 9.	16:29	3:27

Neptún

	Východ	Západ
1. 8.	19:33	5:18
6. 8.	19:13	4:57
11. 8.	18:52	4:37
16. 8.	18:32	4:16
21. 8.	18:12	3:56
26. 8.	17:53	3:36
31. 8.	17:33	3:15
5. 9.	17:13	2:55
10. 9.	16:53	2:34
15. 9.	16:33	2:14
20. 9.	16:13	1:54
25. 9.	15:53	1:34
30. 9.	15:33	1:14

Pluto

	Východ	Západ
1. 8.	15:47	1:29
6. 8.	15:27	1:08
11. 8.	15:07	0:48
16. 8.	14:47	0:28
21. 8.	14:28	0:08
26. 8.	14:08	23:44
31. 8.	13:49	23:25
5. 9.	13:29	23:05
10. 9.	13:10	22:45
15. 9.	12:50	22:25
20. 9.	12:31	22:05
25. 9.	12:11	21:46
30. 9.	11:52	21:26

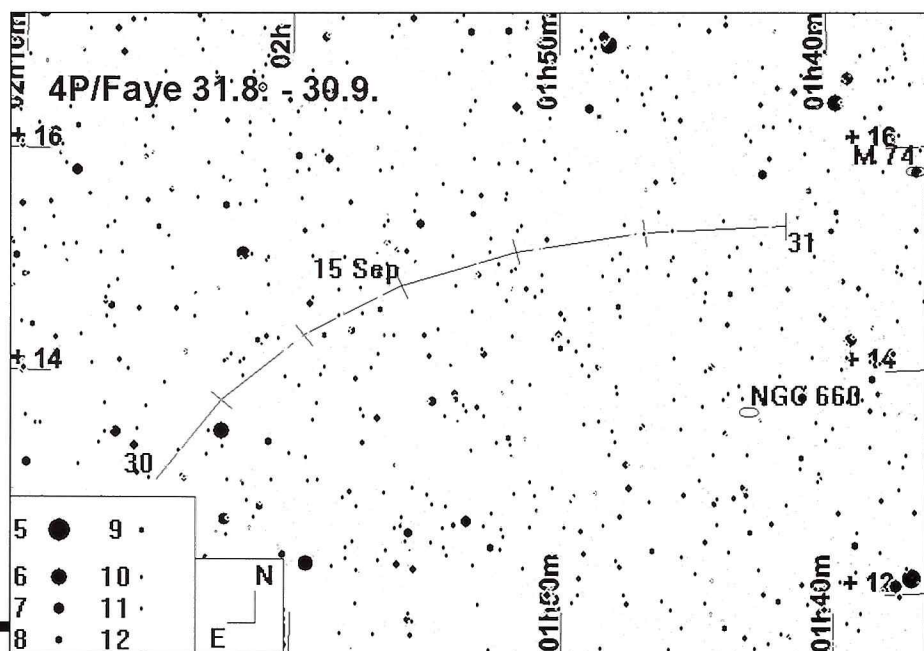


Kométy

Po skvelej nádielke kométy 73P/Schwassmann-Wachman a jej jednotlivých zložiek je toto obdobie na kométy chudobnejšie a situáciu len trošku zachraňuje kométa 4P/Faye. Rozpadajúca sa kométa 73P/Schwassmann-Wachman mnohým pripravila pekné zážitky, na internete bolo niekoľko skvelých animácií rozpadu takmer v priamom prenose. Aj jej najjasnejšie zložky C a B sú slabé, začiatkom augusta okolo 13 a 14 mag.

Efemerida kométy 4P/Faye

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
31. 8.	1 ^h 41,6 ^m	+15°18,2'	12,0	128,2
5. 9.	1 ^h 46,9 ^m	+15°15,5'	11,8	131,8
10. 9.	1 ^h 51,7 ^m	+15°05,3'	11,6	135,7
15. 9.	1 ^h 55,9 ^m	+14°47,1'	11,5	139,7
20. 9.	1 ^h 59,6 ^m	+14°20,4'	11,3	144,0
25. 9.	2 ^h 02,6 ^m	+13°45,1'	11,2	148,4
30. 9.	2 ^h 05,0 ^m	+13°01,5'	11,0	153,0



Periodická kométa 4P/Faye sa dostane koncom augusta pod 12 mag, do konca septembra bude ešte o magnitúdu jasnejšia. Táto kométa s obežnou dobou 7,55 roka prejde perihéliom 15. 11. a začiatkom novembra bude najjasnejšia, dosiahne pravdepodobne až 9 mag.

Meteory

Meteorári majú svoju hlavnú sezónu, desiatky pozorovateľov budú na meteorických expedíciách. Vzhľadom na rušenie svetom Mesiaca však väčšina expedícií bude pravdepodobne už koncom júla a začiatkom augusta. V tomto období je v činnosti niekoľko južných rojov, ktorých spoločné frekvencie dávajú slušnú nádej nielen na získanie pozorovacích údajov, ale aj na silný estetický zážitok. Pri pozorovaní rojov s nízkym počtom meteorov však musíme venovať mimoriadnu pozornosť správnenému priradeniu meteoru k danému roju. Kým meteor priradíme danému roju musíme si dôkladne vziať jeho smer, uhlovú rýchlosť i dĺžku meteoru.

Maximum Perzeid nastane 13. 8. medzi 00 až 02:30, a ďalšie špička o 3. a 9. hodine. Mesiac je však len 4 dni po splne, bude vychádzať koncom nautického súmraku a teda bude v čase predpovedaného maxima silne rušiť pozorovanie. Kulinovať bude vo výške 46 st a jeho vzdialenosť od radiantu bude asi 60 st. Nakoľko sú však frekvencie Perzeid v maxime vysoké nemalo by nás to odradiť. Najvhodnejšie sú pozorovacie miesta vo vyšších nadmorských výškach ďaleko od zdrojov rušivého osvetlenia.

PAVOL RAPA VÝ

Meteorické roje (august – september 2006)

Roj	Aktivita	Max.	Radiant		Pohyb rad.		V. km/s	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	D			
SCP	15. 7.–11. 8.	20. 7.	20:28	-15	1	+0,2	30	5	ALPO
PAU	15. 7.–10. 8.	27. 7.	22:44	-30	1	+0,2	35	5	IMO
SDA	12. 7.–19. 8.	27. 7.	22:36	-16	0,8	+0,2	42	20	IMO
CAP	3. 7.–15. 8.	30. 7.	20:28	-10	0,9	+0,3	25	4	IMO
SIA	25. 7.–15. 8.	4. 8.	22:16	-15	1,1	+0,2	34	2	IMO
NDA	15. 7.–25. 8.	8. 8.	22:20	-05	0,8	+0,2	42	4	IMO
PER	17. 7.–24. 8.	12. 8.	03:04	+58	1,4	+0,2	59	100	IMO
KCG	3. 8.–25. 8.	18. 8.	19:04	+59	0,2	+0,1	25	3	IMO
NIA	11. 8.–31. 8.	20. 8.	21:48	-06	1	+0,1	31	3	IMO
ERI	20. 8.– 5. 9.	25. 8.	03:28	-15	0,8	+0,3	59	4	DMS
AUR	25. 8.– 5. 9.	1. 9.	05:36	+42	1,1	0	66	10	IMO
DAU	5. 9.–10.10.	9. 9.	04:00	+47	1	+0,1	64	5	IMO
SPR	5. 9.–10.10.	8. 9.	04:00	+47	1	+0,1	64	6	ALPO
ATR	9. 9.–16. 9.	12. 9.	02:00	+29	1	+0,2	35	3	ALPO
SPI	1. 9.–30. 9.	20. 9.	00:20	-01	0,8	+0,2	26	3	IMO
KAQ	8. 9.–30. 9.	20. 9.	22:36	-02	1	+0,2	16	3	DMS

SCP – σ Kaprikornidy, PAU – južné Piscidy, SDA – južné δ Akvaridy, CAP – α Kaprikornidy, SIA – južné ι Akvaridy, NDA – severné δ Akvaridy, PER – Perzeidy, KCG – κ Cygnidy, NIA – severné ι Akvaridy, ERI – π Eridanidy, AUR – α Aurigidy, DAU – δ Aurigidy, SPR – septembrové Perzeidy, ATR – Arietidy – Triangulidy, SPI – Piscidy, KAQ – κ Akvaridy

Zdroj: ALPO – Association of Lunar & Planetary Observers (Lunsford), IMO – International Meteor Organization, DMS – Duch Meteor Society

Kalendár úkazov a výročí (august – september 2006)

2. 8.	8,6	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 4,9° severne)	20. 8.	maximum meteorického roja severné ι Akvaridy (ZHR 3)	7. 9.	zákrut TYC 1871 287 (10,8 mag) planétkou (494) Virtus
2. 8.	9,8	Mesiac v prvej štvrti	21. 8.	1,4 konjunkcia Merkúra so Saturnom (Merkúr 0,5° severne)	8. 9.	40. výročie (1966) prvej epizódy Star Trek
4. 8.		maximum meteorického roja južné ι Akvaridy (ZHR 2)	22. 8.	22,9 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 0,8° južne)	8. 9.	3,1 Mesiac v prízemí (357 178 km)
5. 8.	22,1	planétka (6) Hebe v opozícii (7,8 mag)	22. 8.	17,6 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,6° južne)	9. 9.	maximum meteorického roja δ Aurigidy (ZHR 5)
6. 8.		45. výročie (1961) Vostoku 2 (G. Titov)	22. 8.	4,0 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 2,5° južne)	11. 9.	190. výročie (1816) narodenia C. Zeissa
6. 8.		825. výročie (1181) objavu supernovy v Kasiopeji	22. 8.	150. výročie (1856) narodenia F. Küstera	12. 9.	21 zákrut Plejád Mesiacom (viac pri zákrutoch)
7. 8.	1,5	Merkúr v najväčšej západnej elongácii (19,2°)	23. 8.	20,2 Mesiac v nove	14. 9.	12,3 Mesiac v poslednej štvrti
7. 8.	17,0	Saturn v maxime jasnosti (0,3 mag)	24. 8.	40. výročie (1966) štartu Lunu 11	15. 9.	19,6 konjunkcia Merkúra s Marsom (Merkúr 0,2° južne)
7. 8.	18,9	Saturn v odzemi (10,16109 AU)	25. 8.	13,2 konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,1° severne)	17. 9.	21,7 planétka (68) Leto v opozícii (9,5 mag)
7. 8.	20,1	Saturn v konjunkcii so Slnkom	26. 8.	1,4 Mesiac v odzemi (406 265 km)	17. 9.	4,3 planétka (186) Celuta v opozícii (10,9 mag)
8. 8.		maximum meteorického roja severné δ Akvaridy (ZHR 4)	26. 8.	14,1 planétka (704) Interamnia v opozícii (10 mag)	19. 9.	3,8 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,8° južne)
9. 8.	11,9	Mesiac v splne	27. 8.	0,4 konjunkcia Venuše so Saturnom (Venuša 0,1° severne)	19. 9.	zákrut TYC 1879 2151 (9,9 mag) planétkou (144) Vibilia
9. 8.	14,3	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,6° severne)	30. 8.	0,5 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,5° severne)	20. 9.	maximum meteorického roja Piscidy (ZHR 3)
9. 8.		30. výročie (1976) štartu Luny 24	31. 8.	9,9 Merkúr v maxime jasnosti (-1,8 mag)	21. 9.	15,9 konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,7° severne)
10. 8.	18,5	Mesiac v prízemí (359 748 km)	31. 8.	23,9 Mesiac v prvej štvrti	22. 9.	5,3 Mesiac v odzemi (406 499 km)
10. 8.	20,1	Neptún v maxime jasnosti (7,8 mag)	1. 9.	maximum meteorického roja α Aurigidy (ZHR 10)	22. 9.	12,7 Mesiac v nove (prstencové zatmenie Slnka, od nás nepozorovateľné)
10. 8.	21,1	konjunkcia Merkúra s Venušou (Merkúr 2,2° južne)	1. 9.	5,9 Merkúr v hornej konjunkcii	22. 9.	5. výročie (2001) sondy Deep Space 1 (kométa Borrelly)
10. 8.	22,4	Neptún v prízemí (29,03948 AU)	3. 9.	3,5 planétka (75) Eurydike v opozícii (10,1 mag)	23. 9.	5,1 jesenná rovnodennosť, začiatok astronomického jesene
10. 8.		40. výročie (1966) štartu Lunar Orbiter 1	3. 9.	30. výročie Vikingu 2 (pristátie na Marse)	23. 9.	60. výročie (1846) objavenia Neptúna (J. Galle)
11. 8.	6,2	Neptún v opozícii	4. 9.	15,4 Urán v prízemí (19,07541 AU)	24. 9.	2,3 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2° severne)
11. 8.	8,5	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,6° severne)	4. 9.	10,3 Urán v maxime jasnosti (5,7 mag)	24. 9.	100. výročie (1906) narodenia P. Swinga
12. 8.	14,6	planétka (1) Ceres v opozícii (7,6 mag)	5. 9.	6,1 planétka (14) Irene v opozícii (10,6 mag)	26. 9.	14,7 planétka (25) Phocaea v opozícii (10 mag)
13. 8.	0	maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 100)	5. 9.	11,7 Urán v opozícii	26. 9.	10,2 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,6° severne)
13. 8.	15,5	planétka (349) Dembowska v opozícii (9,7 mag)	5. 9.	11,6 Pluto v zastávke (začína sa pohybovať priamo)	30. 9.	10,8 Mars v odzemi (2,60937 AU)
13. 8.		410. výročie (1596) objavu Mira Ceti (D. Fabricius)	6. 9.	2,7 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,5° severne)	30. 9.	12,1 Mesiac v prvej štvrti
13. 8.	22,6	zákrut TYC 0576 710 (10 mag) planétkou (1258) Sicilia	6. 9.	13,2 Venuša v príslni (0,71844 AU)	30. 9.	22,9 Merkúr v odslni (0,4667 AU)
15. 8.		100. výročie (1906) narodenia F. Linka	7. 9.	15,7 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,3° severne)	3. 10.	9,4 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,6° severne)
16. 8.	2,8	Mesiac v poslednej štvrti	7. 9.	18,8 Merkúr v odzemi (1,38374 AU)	5. 10.	3,1 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,8° severne)
17. 8.	23,3	Merkúr v príslni (0,30749 AU)	7. 9.	19,7 Mesiac v splne (čiastočné zatmenie Mesiaca)	6. 10.	14,3 Mesiac v prízemí (357 409 km)
17. 8.		40. výročie štartu Pionera 7			7. 10.	4,2 Mesiac v splne
18. 8.		maximum meteorického roja κ Cygnidy (ZHR 3)				

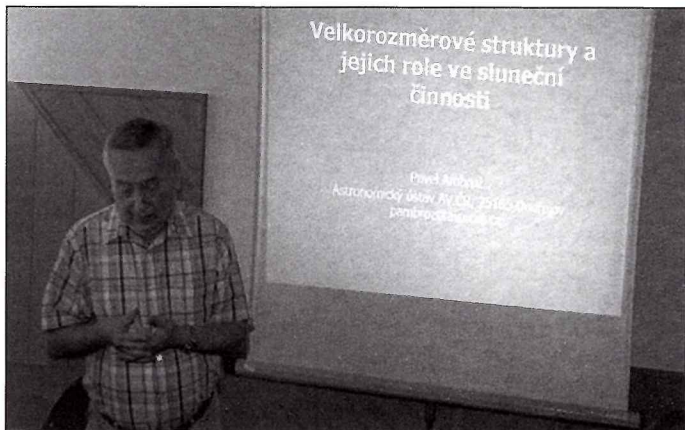
18. celoštátny slnečný seminár Modra 2006



Účastníci seminára na hrade Červený Kameň.



Primátor V. Medlen informuje účastníkov seminára o histórii a súčasnosti mesta Modra.



P. Ambrož pri prehľadovom referáte.



Účastníci seminára v prednáškovej sále.

Slovenská ústredná hviezdáreň pozvala do Modry vedeckých a odborných pracovníkov a astronómov-amatérov na slnečný seminár, ktorý má už pevné miesto v kalendári akcií slovenských a českých astronomických a geofyzikálnych pracovníkov. Vďaka trvalej odbornej podpore a hojnej účasti českých kolegov sa seminár uskutočnil už po 18. raz.

Primátor mesta Modra Ing. V. Medlen privítal účastníkov pri otvorení seminára v peknom mestečku s bohatou vinárskou a keramikárskou tradíciou. Autori rozsiahlejších pozvaných prehľadových referátov zoznámili účastníkov so súčasným stavom znalostí vo vybraných oblastiach štúdia Slnka, slnečnej atmosféry, slnečného žiarenia, kozmického žiarenia a odozvy okolozemského a zemského prostredia na slnečnú aktivitu: P. Ambrož – Velkorozměrové struktury a jejich role ve sluneční činnosti, E. Džifčáková – UV žiarenie koróny a diagnostika netermálnych distribúcií elektrónov, P. Heinzel – Je sluneční koróna chladná?, A. Prigancová – Porušenosť magnetosféry ako súčasť extrémneho kozmického počasia, K. Kudela a iní – O priechodnosti kozmického žiarenia veľmi porušenu magnetosférou, J. Laštovička – Trendy v horní atmosféře – globální obraz a podíl sluneční aktivity.

V 28 krátkych príspevkoch referujúci načrtli posledné výsledky svojej vedeckej práce, oboznámili kolegov s novými technikami pozorovania a spracovania napozorovaného materiálu a s modernizáciou existujúceho prístrojového

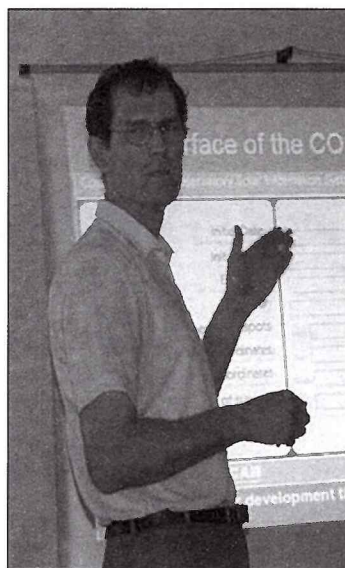
vybavenia. Veľmi zaujímavou časťou seminára boli prezentácie pozorovaní úplného zatmenia Slnka zo dňa 29. marca 2006 členmi expedícií z ČR a SR.

Hodnotný odborný program bol už tradične doplnený spoločenskými kultúrnymi a poznávacími akciami. Exkurzia do Slovenskej ľudovej majoliky v Modre, prehliadka hradu Červený Kameň, návšteva Astronomického a geofyzikálneho observatória Modra-Piesok boli príjemným spštením náročného odborného programu.

Veľká vďaka všetkým, ktorí pomohli pri organizovaní 18. slnečného seminára a o dva roky dovidenia...

MaLo

Foto: I. Dorotovič



I. Dorotovič informuje o databáze spektroheliogramov v OAUC Coimbra, Portugalsko.



Exkurzia v Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu UK, Modra-Piesok.

Slnčná aktivita

apríl – máj 2006

Slnčná aktivita je podobne ako v minulých dvoch, aj v týchto dvoch mesiacoch nadalej na veľmi nízkej úrovni. Hoci na grafoch priebehov rádiového žiarenia aj Wolfvho čísla sú náznaky striedania sa aktivity v 27-dennom rytme, deje sa tak na nízkej úrovni, takže priebeh kozmickeho žiarenia je takmer konštantný.

Máme však jednu dobrú správu. SOHO bude vykonávať pozorovania až do decembra 2009. Od štartu 2. decembra 1995 vykonallo bezprecedentné množstvo pozorovaní. Preskúmaním možnosti ďalšej činnosti sondy boli poverené dva tímy a ukázalo sa, že koniec misie možno preložiť z apríla 2007 na december 2009. Zatiaľ viac ako 2300 vedcov použilo dáta z jeho pozorovania a publikovalo sa cez 2400 vedeckých prác v recenzovaných časopisoch. Počas posledných dvoch rokov bola každý pracovný deň prijatá jedna práca na publikovanie, v ktorej boli použité dáta namerané na SOHO.

Jeden z vedúcich pracovníkov projektu SOHO Dr. Fleck neskrýva spokojnosť a tvrdí: „Predĺženie misie ‚zabetónuje‘ postavenie sondy SOHO ako najdôležitejšej kozmickej sondy v histórii slnečnej fyziky.“

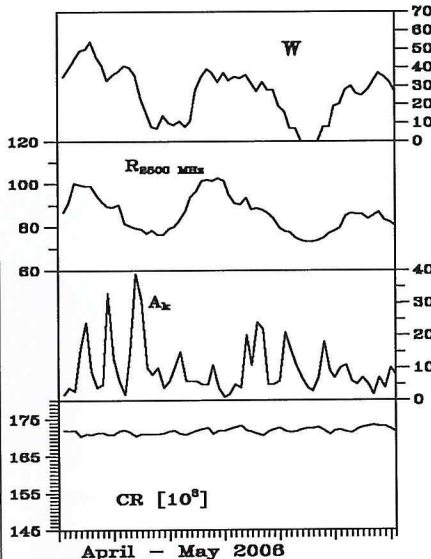
V nasledujúcich dvoch rokoch k SOHO pribudne 5 kozmických sond, ktoré sú určené na slnečný výskum. ESA sa zúčastní na dvoch projektoch, využije nórsku stanicu vo Svalbarde na príjem a distribúciu dát a na budúci rok vypustí technologický satelit PROBA-2 s prístrojmi určenými na výskum Slnka. Medzi inými tam bude aj prístroj s rovnakými parametrami, ako má EIT na SOHO, ale zatiaľ čo EIT sa zameriava na vznik a počiatočný vývoj erupcie, kamera na PROBA-2 bude mať možnosť sledovať priebeh erupcie aj v neskorších fázach.

Japonská agentúra ISAS/JAXA má v najbližšej dobe vypustiť satelit Solar B.

Neskôr v tomto roku plánuje NASA vypustiť dve družice STEREO a v roku 2008 satelit Solar Dynamics Orbiter.

Nové projekty počítajú s príspevkom observatória SOHO pri svojom postupe. Tak pri analýze pozorovaní v projekte STEREO bude SOHO zastupovať kritický tretí bod pohľadu.

Tieto programy sa realizujú v rámci *Medzinárodného heliofyzikálneho roka*, ktorý sa začne na budúci rok a projektu *Žijeme s hviezdou* (International Living With a Star, ILWS), ktorý pravdepodobne vyvrcholí okolo roku 2015, keď ESA plánuje vypustiť sondu *Solar Orbiter*, ktorá sa má priblížiť tesne k Slnku. **Milan Rybanský**



Mars štyri storočia po Keplerovi

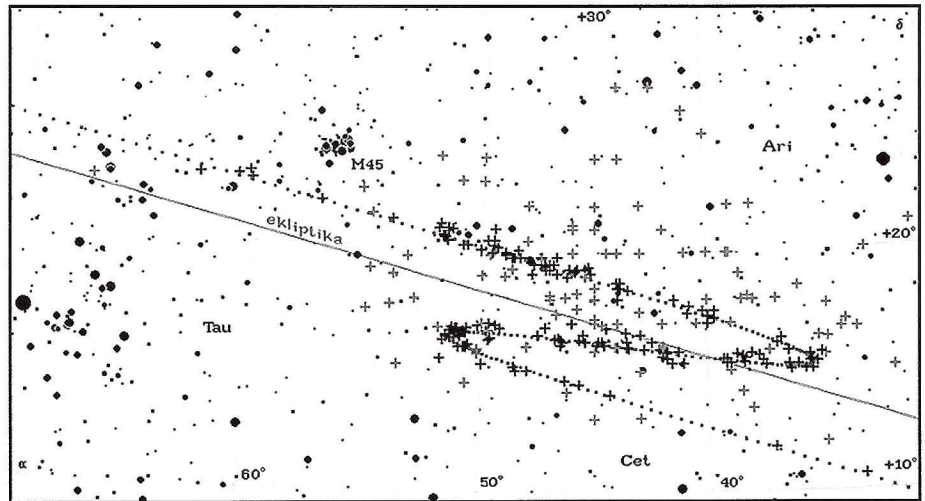
Na internetovej stránke bolo zaregistrovaných 161 pozorovateľov, z toho 88 do 15 rokov, 49 vo veku 15 – 26 rokov, 14 starších a 10 účastníkov vek neuviedlo. Niektorí pozorovatelia majú v databáze viac pozorovaní, iní pracovali tímovo pod jedným registračným menom. Koncom marca prekročil počet prístupov hranicu 4000, celkovo bolo zaznamenaných 306 polôh Marsu.

400
2005

hodina deťom

Vo väčšine šlo o členov (aj bývalých) astronomických krúžkov, predovšetkým z Banskej Bystrice a Žiaru nad Hronom, ale do programu sa zapojili deti a mládež z celého Slovenska, a dokonca i zo zahraničia. Je pravdepodobné, že „svoje“ pozorovania robili aj deti, ktoré dovtedy nemali veľa skúseností s astronómiou. Počty zaregistrovaných účastníkov na internetovej stránke možno považovať za spodnú hranicu všetkých zúčastnených.

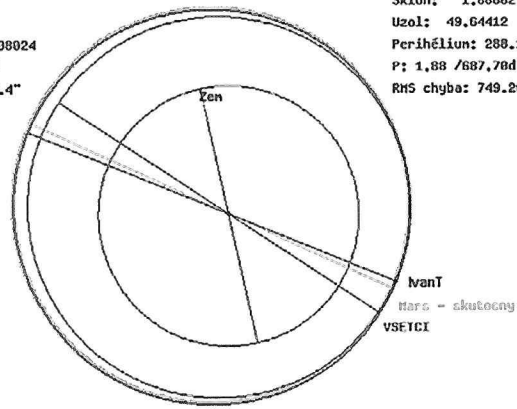
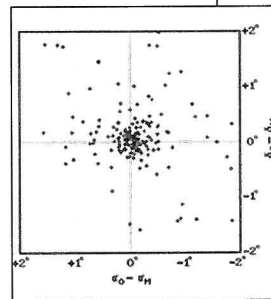
Dráhy vypočítané z pozorovaní jednotlivých pozorovateľov boli značne rozdielne. Prejavila sa jednak rôzna presnosť pri určení polohy Marsu v rovníkových súradniciach, jednak aj citlivosť softvérového spracovania najmä pri malom počte pozorovaní a pri pozorovaní za relatívne krátky čas.



Obrázok dokumentuje dráhu skutočného Marsu v porovnaní s priemernou spočítanou dráhou (z polôh všetkých pozorovateľov) a dráhou spočítanou z teleskopických pozorovaní Ivana Homoliaka (SPŠ J. Murgaša v Banskej Bystrici), ktorý s touto témou postúpil až na celoslovenské kolo SOČ. Dráhy boli počítané programom FindOrbit.

VSETCI
Pozorovania: 306
Veľká polosa: 1,4676464
Excentricita: 0,0696138
Sklon: 2,19127
Uzol: 40,47192
Perihélium: 286,08024
P: 1,78 /649,42d
RMS chyba: 13116,4"

IvanT
Pozorovania: 19
Veľká polosa: 1,5247718
Excentricita: 0,0899968
Sklon: 1,88682
Uzol: 49,64412
Perihélium: 288,13883
P: 1,88 /687,78d
RMS chyba: 749,207"



Predám: Chrómový slnečný filter (Thousand Oaks Optical, Type 2) priemer 100mm, 500 Sk. Okulár Celestron Plossl 0,96", f = 12,5 mm, 800 Sk, Ortoskop. f = 6 mm, 500 Sk, zenitový hranol 0,96", 350 Sk. Teleobjektívny Sonnar 2,8/180 mm, 2000 Sk, 4/300mm, 3000 Sk, 2,8/120 mm, 1000 Sk, Pentacón Six 1500 Sk. Okulár f = 20 mm s vlastným ostrením, 500 Sk, achromatický objektív 60/250 mm, 700 Sk. Tel. 0905 748 427, NR.

Predám: Maksutov-Cassegrain Celestron C 130 (130/2000 mm) na masívnej paralaktickej montáži CG5, hľadáčik 10x50, okulár Plossl f = 32 mm, 25 mm, adaptér na fotoaparát (závit M45), CCD kameru NEXIMAGE (USB port). V originálnom balení, nové (rodinné dôvody). Všetko 30 000 Sk. Tel. 0905 748 427, NR. Do 100 km doveziem. Dušan Brozman.

Predám teleobjektív Orestegor 4/300, má dve redukcie, a to na bajonet (P-SIX) a 42 mm (Praktica), ďalej Sonar 2,8/180 s MC vrstvami Carl ZEISS, cena dohodou. Kontakt: 052/43 95 125 (volať po 18. hodine).

Prodám astronomický ďalekohľad zn. MEADE LX 50, SCT, priemer objektívu 20 cm, kompletná sestava s príslušenstvom pro vizuálnu i fotografickú použitie: okuláry, filtry, fotoadaptéry. Cena: 80 000 Kč. dolejsi10@seznam.cz.



3. aktivita uzavrela prvú etapu projektu Postavíme mosty z hviezd

Pri zabezpečovaní množstva organizačných činností som si ani neuvedomila, že sme na konci prvej etapy nášho projektu. Ale predsa... už teraz sme si overili svoje organizátorské schopnosti, schopnosť komunikovať s partnermi, a čo je najdôležitejšie a hlavným poslaním tohto projektu, pripravili sme niekoľko zaujímavých a zmysluplných vzdelávacích aktivít pre mládež všetkých troch vekových kategórií.

Už 63 detí a mladých ľudí sa zúčastnilo na troch 3-dňových sústreďeniach, ktoré sa uskutočňovali v priestoroch Hvezdárne a planetária v Prešove v mesiacoch február, marec a apríl. Odznelo niekoľko prednášok, samozrejme, na astronomickú tému, realizovali sme praktické pozorovania oblohy či už voľným okom, ďalekohľadom, alebo CCD TV kamerou.

Najstarší účastníci (vysokoškoláci a stredoškóľáci) boli zasvätení do tajov astrofotografie (digitálna a klasická fotografia), čo prijali s veľkým nadšením. O tom svedčia ďakovné e-maily 3. kategórie (16 až 21 rokov), ktoré som nachádzala vo svojej e-mailovej schránke a ktoré sú adresované nielen mne, ale aj celému realizačnému tímu.

S dobrým pocitom som čítala články do časopisu, ktoré písali deti 2. kategórie (13- až 15-ročné), kde sa úprimne vyjadrili k priebehu sústreďenia.

A ako dopadla aktivita s najmladšími, teda s 1. kategóriou (10- až 12-ročné deti)? Celá sa niesla v duchu Komenského hesla „škola hrou“ a prebehla v apríli. Už samotný názov „Vymyslel som súhvezdie“ hovorí, že lektori mali za úlohu deti smerovať k jedinému cieľu – vymyslieť svoje vlastné súhvezdie, nakresliť ho a napísať o ňom krátky príbeh. Verte, vymyslieť súhvezdie, a ešte k tomu napísať rozprávku nie je ľahké! Ale viac-menej sa to podarilo každému a deti nás prekvapili zaujímavými príbehmi a kresbami na danú tému. Okrem toho sa od lektorov dozvedeli veľa zaujímavých informácií o už existujúcich súhvezdiach.

Keďže podnebie na Slovensku sa pomaly mení na podnebie krajín spoza polárneho kruhu, teda je často zamračené a zima, neoceniteľnú úlohu pri poznávaní súhvezdí nielen severnej, ale aj južnej oblohy zohralo planetárium. Deti tu trávili podstatnú časť svojho pobytu počas sústreďenia. V závere aktivity sme nedeľné predpoludnie strávili veľmi zaujímavou prehliadkou ešte zaujímavejšieho Technického múzea v Solivare pri Prešove, ktoré tvorí komplex technických objektov na čerpanie a varenie soli zo soľanky zo 17. storočia.

Zima a jar je pomaly za nami a my sa nielen myšlienkami, ale aj konkrétnymi prípravami chystáme na zaujímavé leto, v ktorom sa opäť stretne s našou mládežou v letných astronomických táboroch, tentoraz u našich partnerov v Observatóriu na Kolonickom sedle (pracovisko Vihorlatskej hvezdárne) a v Beskidskom Klube Astronomicznom „Polaris“ v Sopotni Wielkiej.

Súčasťou tohto článku je výber prác z jednotlivých aktivít, ktoré nás zaujali a ktoré by sme radi zverejnili.

Tento projekt je spolufinancovaný Európskym spoločenstvom.

Renáta Kolivošková
Manažér a autor projektu

Súhvezdie bobra.



Stretnutie v prešovskom planetáriu

Všetko sa začalo tým, že sme sa my (teda krúžkari z Prešova, Humenného a Polska) stretli v určenom čase v prešovskom planetáriu, kde nás srdečne prijali a začali školiť v astronomickom remesle. Prednášky v prvé popoludnie boli zaujímavé a obsiahle, ale aj unavujúce. Hneď po večeri sme si šli získané vedomosti overiť pozorovaním nočnej oblohy a vypracovaním zadaných úloh. Mohli by sme povedať, že noc je ako tajomná dáma v čiernom, ktorá síce mlčí, no zároveň nám rozpráva tisíce príbehov prostredníctvom hviezd. Tentoraz sa však rozhodla, že nám neodhalí svoje tajomstvá a prikryla sa pláštom oblačnosti, cez ktorú neprenikli naše zraky. A tak nám po čase neostalo nič iné, len pozbierať si svoje pozorovacie pomôcky a presunúť sa do planetária, kde sme poctivo vykonali jeden veľký „podvod“. Premietli sme pozorovanú oblohu na strop kupoly a zadané úlohy sme vypracovali v teple a posediačky za pomoci červených bateriek. Napriek tomu nám to trvalo pomerne dlho, a po zapísaní výsledkov našich pozorovaní sme sa autobusom presunuli do ubytovne, kde nás už čakali ustlané posteľe.

Ráno som sa zobudila neobvykle skoro a začala premýšľať, čo nové prinesie tento deň. A prekvapenie na seba nechalo dlho čakať. Mali sme pozorovať Slnko, zakresliť jeho činnosť a vypočítať relatívne číslo. Slnko nám však neprialo: bolo také čisté, že nebolo čo zakresľovať. To by však neboli ľudia ľuďmi, keby si v takejto situácii nevedeli pomôcť. A tak sme počítačom simulovali Slnko a trápili sa nad novou úlohou. To sme nakoniec tiež zvládli a išli sme sa naobedovať. Popoludní sme boli všetci unavení z práce, tak aj program bol voľnejší. Nakoniec som sa dočkala aj dlho očakávanej prednášky o súhvezdiach a mytológií.

Ešte toho máme veľa pred sebou, ale už teraz sme bohatší o nové poznatky a skúsenosti. Spoznali sme ľudí, s ktorými nás spojil náš spoločný záujem o astronómiu. Myslím, že je namieste, aby sme sa týmto spôsobom poďakovali všetkým, čo nám to umožnili, a dúfajme, že sa už čoskoro opäť stretne.

Dominika Mandžáková
Vihorlatská hvezdáreň, Humenné

Astropark nielen pre členov SZAA

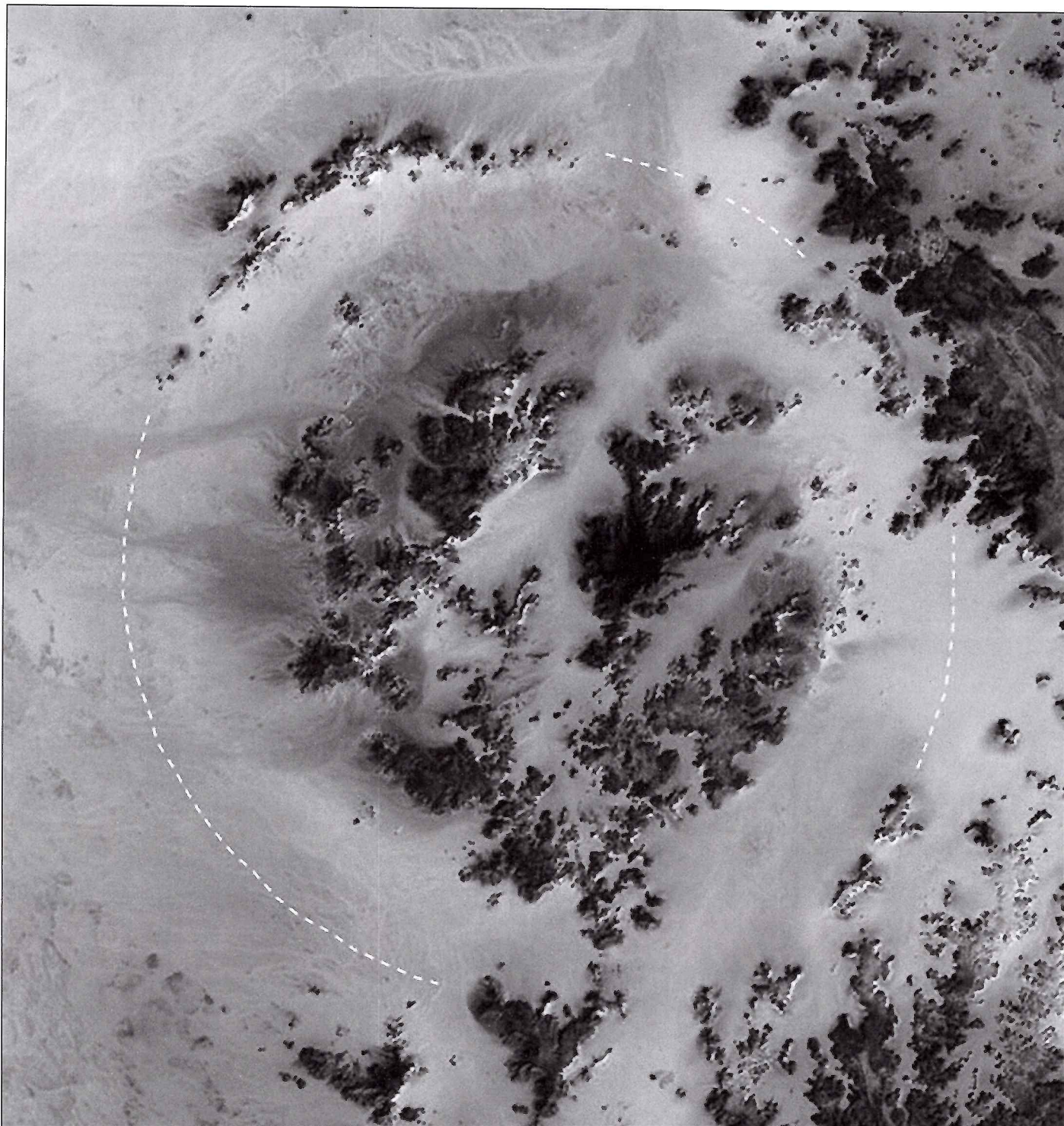
Dve planétky pri vchode a obďaleč boh Slnka vítajú návštevníkov Hvezdárne a priľahlého astroparku v Rimavskej Sobotě. Myšlienka zhmotniť planétky Rimavská Sobotá a Palorapavý do modelov sa zrodila v hlavách nadšencov SZAA celkom prirodzene, lebo od roku 1994, keď sa stala Hvezdáreň aj sídlom sekretariátu SZAA, sa stal areál s ubytovaním druhým domovom pre astronómov-amatérov. Množstvo individuálnych návštevníkov i organizovaných podujatí, seminárov či pozorovaní členov SZAA už prichýlil astropark, ktorý sa medzitým zmenil aj na malé arborétum, vybudované opäť iba z nadšenia a podpory našich priateľov. Dreviny sa získavali len z darov a z vlastného množenia zo semien a odrezkov, získaných aj počas expedícií. Zelené suveníry z Čiech, Maďarska, Španielska i Turecka, a samozrejme zo Slovenska, pripomínajú pozorovania i priateľov a návštevníkom ponúkajú pocit harmónie. Nás teší, že si k nám nachádzajú cestu i školské výlety, zahraniční návštevníci, a dokonca aj 60-členná výprava vlašských ebicyklistov si tu oddýchla vďaka pristaveným vojenským stanom na areáli, ktorý zvyčajne slúži na športovanie. Normálna kapacita v bunkách je totiž len 21 miest. Opekanie na UFO ohnisku či v krbe pod pergolou pri malom jazierku býva spretrením možností malej kuchynky. Malá solárna sprcha pri toalete dáva ubytovaným pocit nezávislosti, napokon sprchovanie pod hviezdami po horúcom dni má neobyčajné čaro. Areál, udržiavaný najmä vďaka aktívnej činnosti, nesie pečať nadšenia z budovania, a tak sa niektorí pravidelne a radi vracajú. Keď raz jedna návštevníčka ráno povedala, že by tu zostala aj tri mesiace, bola to pre nás veľká pocta. Ak aj vy na svojich prázdninových cestách po Slovensku hľadáte aj netradičné zážitky a nepotrpíte si na luxus, stretnutie s hviezdami v malom arboréte bude pre vás inšpirujúce a možno si aj vy odnesiete malé zelené suveníry...

DR



Kebira:

veľký impaktný kráter v juhozápadnom Egypte



Je to najväčší impakt, ktorý na Sahare objavili. Kráter má priemer 31 kilometrov, o 15 km väčší ako priemer druhého najväčšieho saharského krátera. Vznikol po dopade asteroidu s priemerom 1000 metrov. Katastrofa zničila všetko živé v okruhu niekoľkých stoviek kilometrov.

Pieskom zaviaty kráter objavili vedci Bostonskej univerzity Faruk El-Baz a Eman Ghoneim. Dali mu arabské meno Kebira (kebir/veľký), pričom názov korešponduje aj pomeno-

vaním oblasti Gifl Kebir v juhozápadnom Egypte, neďaleko bodu, kde sa spájajú hranice Egypta, Líbie a Sudánu.

Zaviaty kráter pozemským geológom unikol. Jeho obrysy sa prejavili až na snímkach zo satelitu. Kráter má dva kruhy valov, čo je pre impakty typické. Valy vyvrhnutých hornín (väčší vznikol v momente nárazu, menší bezprostredne po explózii impaktujúceho telesa) sú natoľko erodované, že necvičené oko pútnika ich nedokáže identifikovať ani zvnútra bazény. Krá-

ter z východu na západ pretínajú suché korytá dvoch voľakedajších riek.

Vek impaktu sa zatiaľ nepodarilo určiť. Geológovia však predpokladajú, že výskyt fragmentov zelenožltých kremičitanov, známych ako púštne sklo, ktoré sa hojne vyskytujú medzi obrovskými dunami Veľkého piesočného mora v juhozápadnom Egypte, vznikli pretavením hornín počas impaktu.

TROMF

VAŠE VÝHODY, KTORÉ ZÍSKATE LEN U NÁS

NÁKUP NA SPLÁTKY

Quatro[®]
jednoduchý nákup na splátky



Jedine u nás môžete nakupovať na splátky akýkoľvek výrobok z našej ponuky.
Poskytujeme splátkový predaj cez GE Money Multiservis, Quatro a Cetelem.
Aktuálne akontácie a výšky splátok si môžete zistiť priamo na stránkach splátkových spoločností - www.multiservis.sk, www.quatro.sk a www.cetelem.sk

VŠETKO POD JEDNOU STRECHOU

CELESTRON



Canon

Najširší sortiment značky Celestron si môžete prehliadnúť a vyskúšať jedine u nás.

Garantujeme Vám najnižšie ceny, ústretový jednanie a profesionálny prístup.

Ako jediný na Slovensku Vám ponúkame exkluzívnu astronomickú zrkadlovku Canon EOS 20D

ktorá poskytuje reálny náhľad obrazu na displeji a má odstránené UV a IR filtre.

UV a IR filtre na CCD čipe zabraňujú a znemožňujú plnohodnotnému fotografovaniu deep sky objektov.

A STÁLE VÁM PONÚKAME KUS VESMÍRU ZADARMO

KU KAŽDÉMU ASTRONOMICKÉMU ĎALEKOHLADU V CENE NAD 10.000 SKK
DOSTANETE PRAVÝ METEORIT GRÁTIS. PRÍDTE SA PRESVEDČIŤ.