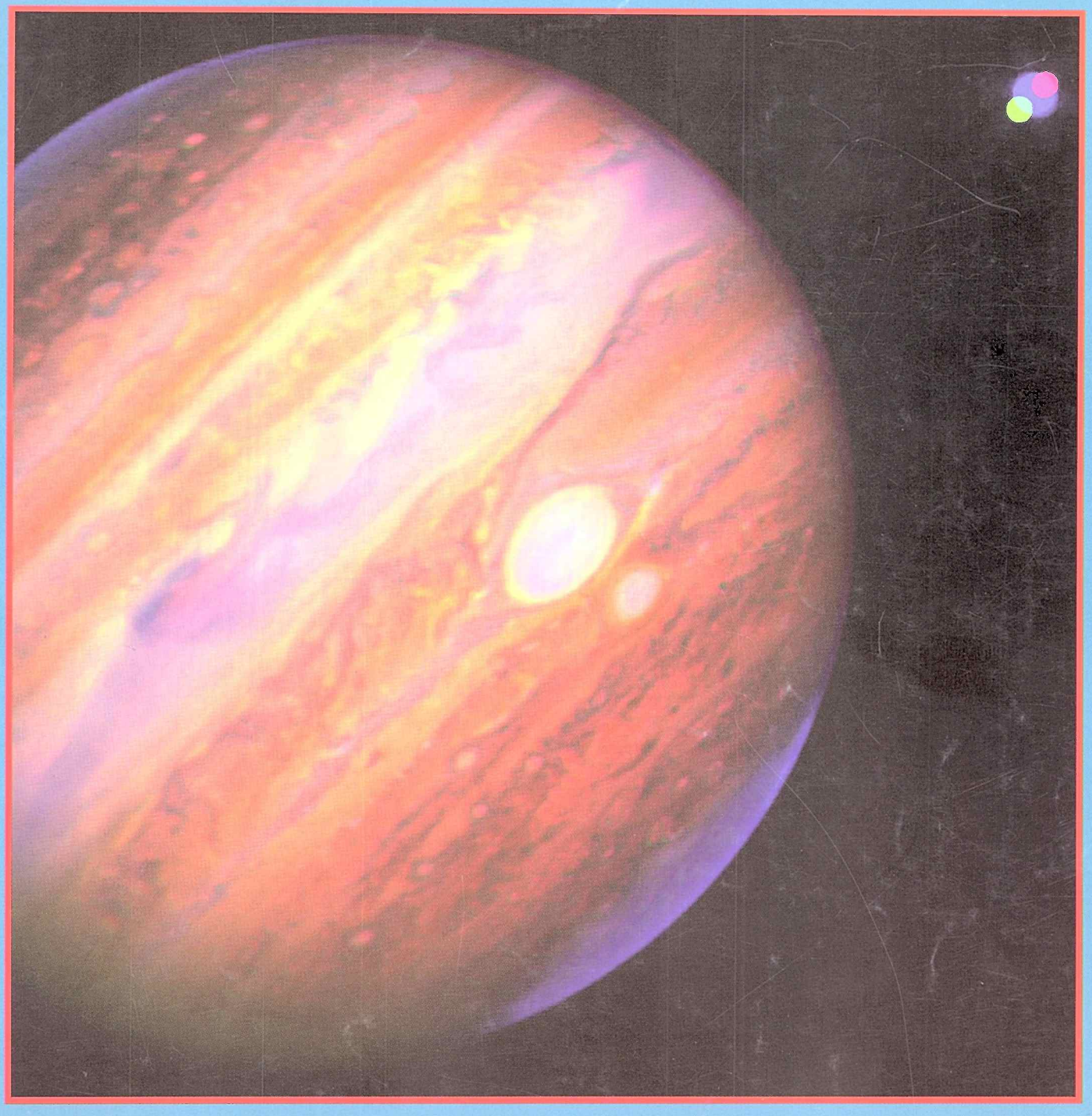
KOZMOS

2006
ROČNÍK XXXVII.
Sk 45,–
5

Výsledky výskumu stelárneho oddelenia Astronomického ústavu SAV



- Swift: svedok kozmických kolízií
- Stardust – „revízia“ teórií o pôvode komét?
- Oph 1622: prvá osamelá dvojplanéta
- V Slnečnej sústave máme opäť 8 planét

Pluto degradovali

IAU sa rozhodla, že Pluto je „trpasličou planétou“ a je prototypom novej kategórie transneptunických objektov.

Máme teda 8 planét, ktoré spĺňajú podmienky, že obiehajú okolo Slnka, sú dostatočne hmotné na to, aby sa sformovali do približne guľového tvaru, sú vo svojom okolí dominantné, t. j. počas svojho vzniku nazbierali okolitý materiál a vyčistili priestor okolo svojej dráhy.

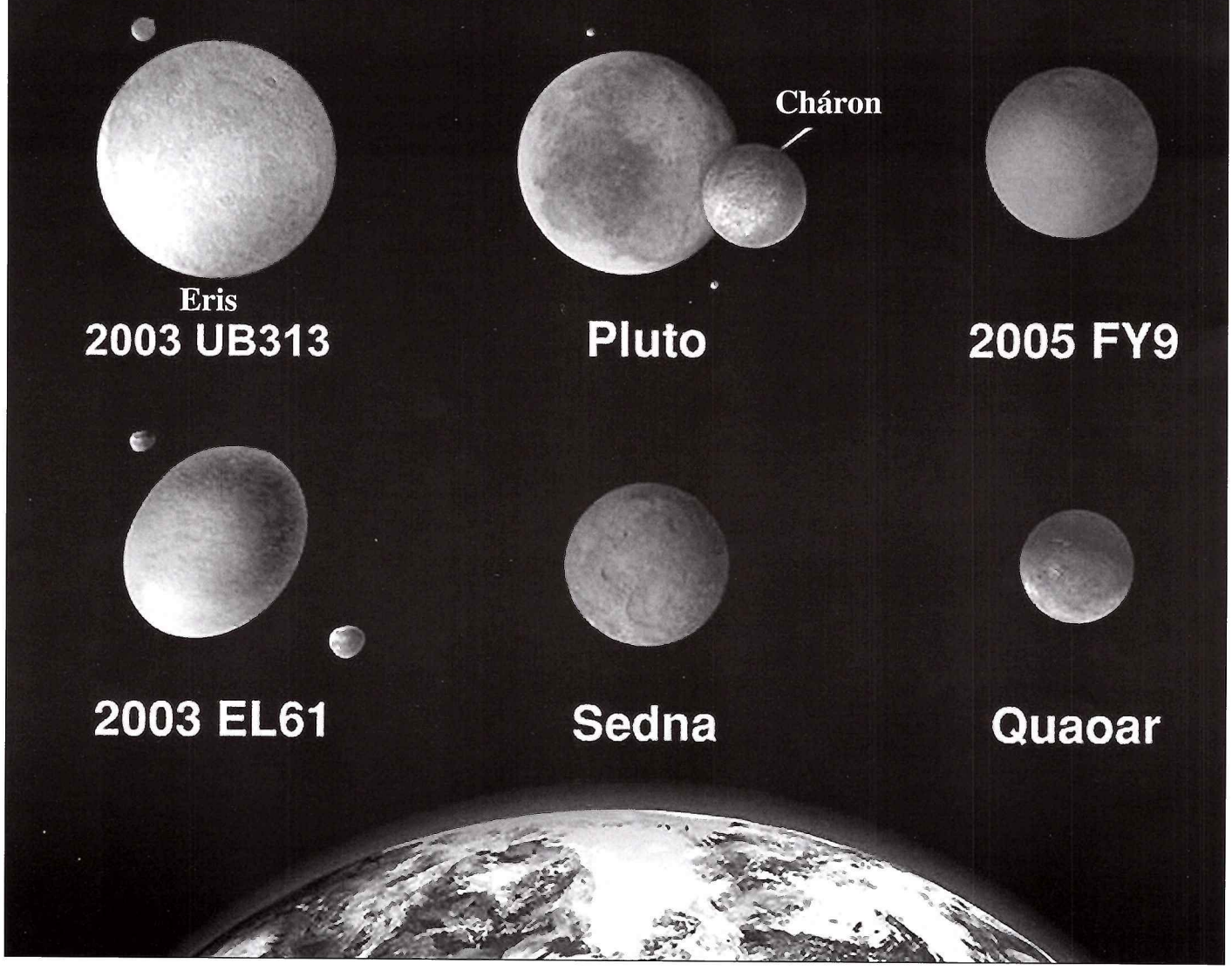
Ďalej máme „trpasličie planéty“, ktoré spĺňajú všetky vyššie uvedené podmienky okrem vyčistenia svojho okolia a nie sú satelitom ďalšieho telesa. Sem patrí napr. asteroid Ceres s priemerom 940 km, pričom Medzinárodná astronomická únia bude skúmať aj u ďalších telies splnenie týchto podmienok.

Všetky zvyšné telesá sa nazývajú malými telesami Slnečnej sústavy. Patria sem všetky kométy a z asteroidov a ľadových objektov Edgeworthovho-Kuiperovho pásu všetky objekty okrem najväčších, ktoré spĺňajú podmienku pre zaradenie medzi „trpasličie planéty“.

Medzi „trpasličími planétami“ bola vydelená kategória veľkých telies za dráhou Neptúna, ktorých prototypom je Pluto. Z ľadových objektov Edgeworthovho-Kuiperovho pásu sem ešte patrí objekt 2003 UB313 (oficiálne Eris). Ostatné patria medzi malé telesá Slnečnej sústavy so špeciálnou kategóriou pre transneptunické objekty, ktorá ešte nebola pomenovaná.

Pri ďalšom prehodnocovaní je pravdepodobné, že k trpasličím planétam pribudnú aj ďalšie telesá (už objavené a stále objavované) za dráhou Neptúna.

Viac na 30. a 31. strane



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 Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – 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 Kulčár, CSc., RNDr. Bohuslav Lukáč, 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: 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. 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 Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného 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. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechách rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v Čechách bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998.
Zadané do tlače 22. 9. 2006

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

4 **Swift: svedok kozmických kolízií** / *Rüdiger Vaas*

6 **Stardust – „revízia" teórií o pôvode komét** / *Marián Jakubík*

12 **Venus Express: za dalšími tajemstvími Venuše** / *Tomáš Přibyl*

VÝSLEDKY STELÁRNEHO VÝSKUMU AsÚ SAV

14 **Prvá detekcia bipolárnych výtryskov v sústave Z And – prototype skupiny symbiotických hviezd** / *Augustin Skopal, Theodor Pribulla*

15 **Protohviezda V1647 Ori: FUor, EXor, či reprezentant nového typu objektov?** / *Drahomír Chochol*

16 **Rozprava o symbiotických hviezdach III: Procesy rozptylu** / *Augustin Skopal*

20 **Aj hviezdy žijú v pároch** / *Theodor Pribulla*

23 **Fyzika v atmosférach horúcich hviezd** / *Juraj Zverko*

25 **Ako sa rodí objav** / *Ladislav Hric, Rudolf Gális*

30 **V Slnečnej sústave máme opäť 8 planét** / *Ján Svoreň;* (+2. str. ob)

Aktuality

3. ob. **Čiastočné zatmenie Mesiaca** / *Peter Delinčák*

2 **Nové snímky Jupiterových červených škvŕn**

3 **Kde sa skrývajú supermasívne čierne diery?**

7 **Hviezda s tromi Neptúnmi; Planéty okolo pulzarov; Objav exoplanéty malým ďalekohľadom**

8 **Destiny: satelit, ktorý preskúma vlastnosti tmavej energie; Vplývajú kvazary a GRB na zhlukovanie galaxií?**

9 **Zvláštna dvojhviezda; Objav prvej terestrickej planéty na obzore?**

10 **Oph 1622: prvá osamelá dvojplanéta; Disky brzdia rotáciu hviezd**

11 **Je Proxima Centauri osamelou hviezdou? Dráma v sústave RS Ophiuchi**

12 **Venus Express: za dalšími tajemstvími Venuše** / *Tomáš Přibyl*

13 **Priamy dôkaz existencie tmavej hmoty**

Rubriky

32 **Škvrny nového slnečného cyklu** / *Daniela Rapavá, Pavol Rapavý*

34 **Obloha v kalendári Október – november 2006** / *Pavol Rapavý*

37 **Kalendár úkazov a výročí** / *Pavol Rapavý*

38 **Slnečná aktivita (jún – júl 2006)** / *Milan Rybanský*

32 **Ahoj, Venuša** / *Daniela Rapavá*

33 **Poznávanie bez hraníc**

38 **Letné astronomické praktikum; Letný astronomický tábor 2006** / *Zdeněk Komárek*

38 **Ebicykl 2006** / *Míra Mašinfíra (Kratoška)*

39 **S ďalekohľadom na cestách** / *Lucia Klapková*

40 **Recenzia knihy Nový kvantový vesmír** / *Milan Rybanský*

Obálka

Na fotografii v blízkej infračervenej oblasti vidíme vo falošných farbách obe červené škvrny na Jupiteri a vpravo hore i rozmazaný mesiac Io, ktorý nahradil referenčnú hviezdu. Snímka zobrazuje rovnaké oblaky, ako optické fotografie. Modrastá farba zvýrazňuje slnečné svetlo odrazené od vrstvy metanových sadzí, ktorá sa vznáša nad oblakmi. Rozlíšenie 370 km na pixel. Mesiac Io je rozmazaný, pretože expozícia bola dlhá. *(Viac na 2. strane)*

Astronomický kalendár 2007

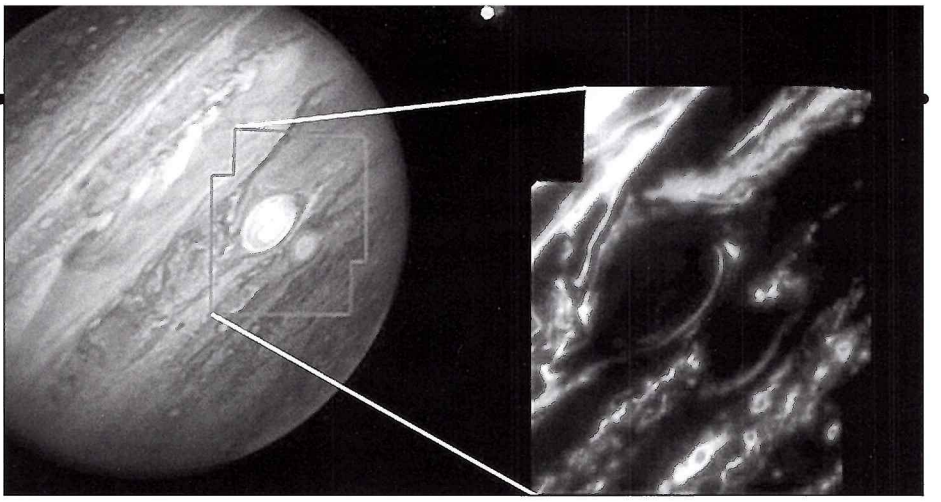
Autor: Mgr. Ladislav Druga

V týchto dňoch vydala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove Astronomický kalendár na rok 2007. Na jeho stránkach sú uvedené bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčšej vzdialenosti od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximách meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 135 rokov ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná najnovšími farebnými fotografiami hmlovín, galaxií a hviezdokôp, ktoré vyfotografoval Hubbleho vesmírny ďalekohľad NASA v nekonečných hlbinách vesmíru.

Cena publikácie: 90 Sk.

Informácie: Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese Slovenská ústredná hvezdáreň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo (tel. 035/7602484-6, fax: 035/7602487, e-mail: suhlib@suh.sk) alebo priamo zakúpiť vo všetkých hvezdárňach na Slovensku. **Ladislav Druga**

Nové snímky Jupiterových červených škvŕn



Jupiterove červené škvrny (Senior a Junior) na povrchu planéty a v detaile.

Astronómovia z Kalifornskej univerzity v Berkeley a z Keckovho observatória na Havajských ostrovoch získali v blízkej infračervenej oblasti snímky Veľkej červenej škvrny i červenej škvrny Junior s vysokým rozlíšením. Veľká červená škvrna, gigantický hurikán v atmosfére Jupitera, je stabilný útvar, ktorý študujeme už 342 rokov. Škvrna Junior sa vytvorila iba nedávno.

Mladá červená škvrna sa sformovala splynutím troch bielych škvŕn, menších atmosférických vírov, v rokoch 1998 až 2000. Červené sfarbenie však nadobudla až v decembri 2005. Junior má priemer našej Zeme, Veľká červená škvrna je dvakrát taká veľká.

Analýza snímok z ďalekohľadu Keck II (exponovala ich blízko-infračervená kamera druhej generácie) ukázala, že vo viditeľnom svetle je farba oboch škvŕn takmer rovnaká. Rozdiely sa prejavujú iba v infračervenom svetle. Pri pohľade cez úzkopásmový filter (1,56 mikrónu) vyzeral Junior (už keď bol bielou škvrnou s oficiálnym názvom Oval BA) podstatne tmavší ako Senior. To znamená, že vrcholky búrkovej špirály ležia oveľa hlbšie ako pri Červenej škvrne, pretože hrubšia atmosféra nad zanorenejšou škvrnou obsahuje viac molekúl metánu, ktoré infračervené svetlo absorbujú.

„Vylúčiť nemožno ani možnosť, že Junior neodráža toľko svetla, pretože oblaky v jeho lieviku sú redšie," vysvetľuje Imke de Pater, astronómka z Berkeley, vedúca výskumu.

Veľká červená škvrna sa vypína nad okolitými oblakmi do výšky 8 kilometrov. Sčervenanie Juniora mohlo spôsobiť to, že sa oblaky krúžiace vo víre Juniora tiež vysunuli nad okolitú oblačnosť, ale výšku Seniora zatiaľ nedosahujú.

Ako vidieť, debaty okolo toho, prečo sú obe škvrny červené, sú v plnom prúde. Podaktorí sa nazdávajú, že vír krúžiaci vo Veľkej červenej škvrne rýchlosťou až 670 kilometrov/h vynáša z hĺbok atmosféry materiál. Ten, vystavený ultrafialovému žiareniu, postupne červenie. Také vlastnosti by mohol mať fosfín (PH_3), plyn, ktorý sondy na Jupiteri detegovali. Fosfín sa pod vplyvom UV žiarenia môže zmeniť na fosfor (P_4). Iné, zložitejšie teórie predpokladajú, že fosfán sa po chemických reakciách s metánom a amoniakom premení na metylfosfán (CH_3PH_2).

Najnovšie teórie však naznačujú, že červená farba súvisí so vzácnymi molekulárnymi konfiguráciami síry, ktoré tvoria reťazce či prstence čistej síry (S3-S20). Tie sa tvoria tak, že častice hydrosulfidu amonného vzostupné víry v škvrnách vynášajú hore, kde sa pod vplyvom UV žiarenia rozpadnú. Následné chemické reakcie vytvárajú potom dlhé reťazce alotropickej síry, ktorých sfarbenie sa mení od červenej po žltú farbu.

Sčervenanie červenej škvrny Juniora ako prvý spozoroval amatérsky astronóm Christopher Go. Neušla mu ani zmena tvaru Juniora, ktorý Seniora vo svojom páse dobehol, do pretiahnutejšej elipsy. To isté sa stalo už v rokoch 2002 a 2004, keď sa obe škvrny míňali, ibaže vtedy bol ešte Junior biely.

Veľká červená škvrna rotuje proti smeru hodinových ručičiek, opačne ako Jupiter. Škvrna Junior rotuje v smere hodinových ručičiek, rovnako ako ostatné pásy. Samotný Jupiter sa okolo vlastnej osi otočí raz za 10 hodín.

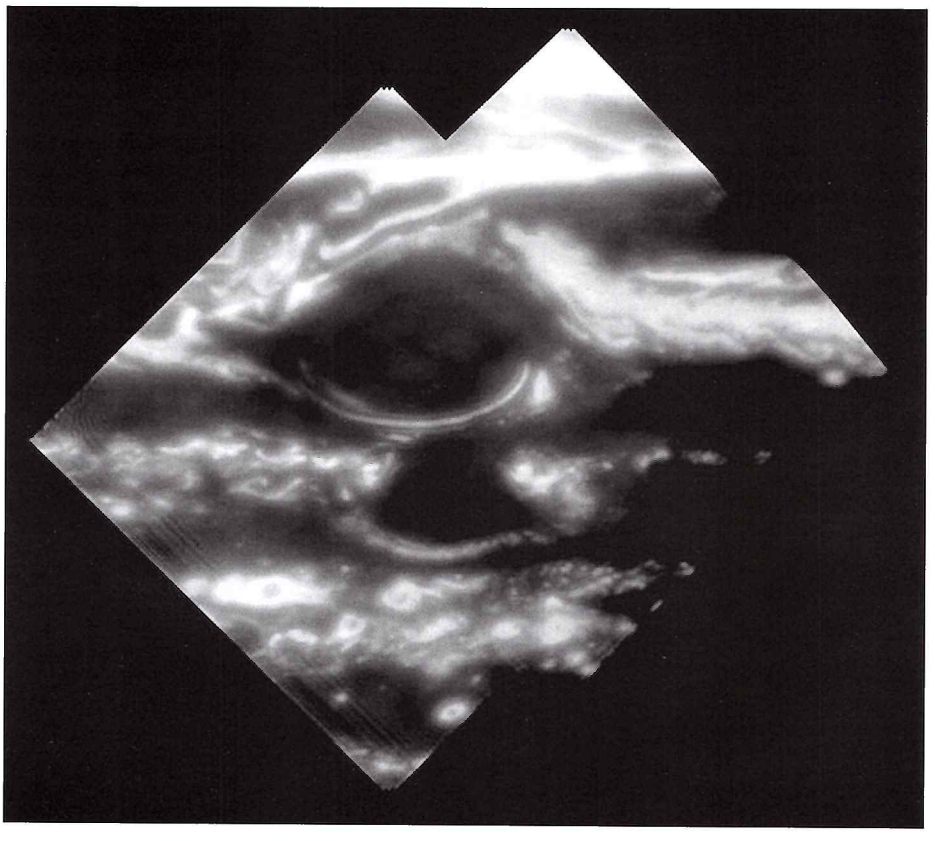
Vedci predpokladajú, že rastúci počet škvŕn v Jupiterovej atmosfére signalizuje zmeny globálnej klímy. Sformovanie škvrny Juniora z troch menších bielych škvŕn je jedným z dôkazov tohto trendu. Premiešavanie atmosféry vírmi udržuje na celom povrchu Jupitera približne rovnakú teplotu. Keď táto aktivita utíchne, rovník sa prehreje a oblasti pólov ochladnú.

V apríli tohto roku získal tím de Paterovej pomocou HST aj snímky v blízkej infračervenej, ultrafialovej a optickej oblasti spektra. Následne sa pokúsili zmerať rýchlosť vetra v oboch škvrnách. Pokus (pozemským ďalekohľadom Keck) však nebol celkom úspešný, pretože rozmery Jupitera a jeho svietivosť zmiatli systém adaptívnej optiky ďalekohľadu, takže podrobnejšie fotografovanie, napriek výhodnej polohe referenčného objektu (Io), sa odložilo na inokedy.

Fotografická korisť systému adaptívnej optiky s využitím lasera je napriek tomu pozoruhodná, pretože snímky, exponované s pomocou referenčného telesa – mesiaca Io (až kým nezapadol za obzorom), majú vysoké rozlíšenie. Keď sa táto technika zdokonalí, rozlíšenie detailov na povrchu Jupitera bude ešte vyššie.

UC Press Release

Infrasnímka z tesného priblíženia dvoch červených škvŕn na Jupiteri zviditeľňuje tepelné žiarenie aj z hlbších vrstiev oblakov v atmosfére. Snímky na vlnovej dĺžke 5 mikrónov zviditeľňujú detaily oblačnosti, ktoré sa na iných vlnových dĺžkach neprejavujú. Pomocou nich budeme môcť študovať vertikálnu štruktúru oboch červených škvŕn i ďalších atmosférických krútňav na Jupiteri a ďalších obrích planétach.



Kde sa skrývajú supermasívne čierne diery?

Teoretici predpokladali, že by mali hniezdiť v centrách veľkých galaxií. Po podrobnom preskúmaní najbližších galaxií ich tam, kde by mali byť, objavili iba niekoľko. Tento prekvapujúci objav možno vysvetliť iba tým, že čierne diery majú oveľa lepšie skrýše, ako vedci predpokladali, alebo že sa vyskytujú iba vo vzdialenejšom vesmíre.

Čierne diery, najmä tie supermasívne, by sa naozaj mali skrývať za hrubou obálkou prachu a plynu. Z takýchto trezorov uniká iba röntgenové žiarenie s najvyššou energiou. Ak toto žiarenie unikne zo zdroja, kombinuje sa s röntgenovým žiarením kozmického pozadia, ktoré vypĺňa celý vesmír.

Vyhľadávanie čiernych dier je prvou etapou prieskumu oblohy v röntgenovom svetle s najvyššou energiou. Talianski astronómovia (vedení Loredanou Bassani) zistili, že v blízkom vesmíre čierne diery hniezdia iba v 15 % preverených galaxií. Tak to vyplynulo z analýzy údajov, ktoré získala sonda Integral (Gamma Ray Astrophysics Laboratory).

Do výskumu sa zapojili aj americkí astronómovia z Goddardovho Space Flight Centra v Greenbelte (Maryland). Tí výsledky Talianov potvrdili.

Obloha v röntgenovom svetle je tisícmiliónkrát energetickejšia ako v optickej oblasti. Teória predpokladá, že väčšiu časť tejto energie generujú práve čierne diery, ktoré nasávajú gigantické množstvá materiálu zo svojho okolia.

Prvé previerky röntgenovej oblohy urobili satelity Chandra/NASA a Rossiho X-Ray Timing Explorer. Tie však detegovali iba slabšie zdroje röntgenového žiarenia v rozpätí 2 000 až 20 000 elektrónvoltov (pre porovnanie: viditeľné svetlo má energiu iba 2 elektrónvoltov). Integral však zmapoval aj donedávna nepreskúmané zdroje v oblasti vysokých energií, najmä tvrdého röntgenového žiarenia v rozpätí 20 000 až 300 000 elektrónvoltov.

„Röntgenové pozadie je prenikavo žiariaca blana röntgenového svetla, ktorú pozorujeme všade na oblohe. V oblastiach, kde kulminuje, dosahuje 30 000 elektrónvoltov, lenže čo generuje také žiarenie, ani netušíme," vraví Neil Gehrels z NASA.

Vedci sa nazdávali, že špičkové hodnoty röntgenového žiarenia boli generované skrytými čiernymi dierami (malo ísť o tzv. tučné Comptonove objekty). Integral je prvým satelitom, ktorého prístroje sú dostatočne citlivé na vyhľadávanie takýchto objektov v blízkom vesmíre.

Podľa predbežných výsledkov získaných Integralom z galaxií, ktoré sonda preskúmala, ani jedna z desiatich nepatrí medzi Comptonových tučniakov. Teória sa rozsypala. Nikto nevie, aké zdroje produkujú röntgenové žiarenie v röntgenovom kozmickom pozadí.

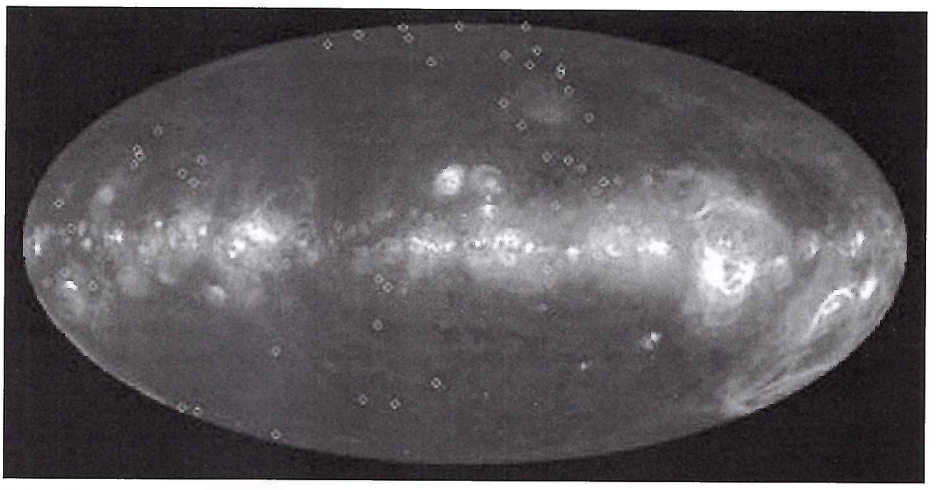
Čierne diery, ktoré sme objavili, môžu produkovať iba niekoľko percent z hodnoty röntgenového žiarenia kozmického pozadia," vraví Bassaniová. „To znamená, že hlavné zdroje musíme hľadať vo vzdialenom vesmíre. Prečo? Pretože v bližšom mladšom vesmíre ešte čierne diery nestihli skonzumovať všetok materiál, ktorý ich obklopuje. Jednoducho, ešte nie sú dostatočne obnažené."

Zahalené čierne diery neprodukujú toľko röntgenového žiarenia, pretože jeho hlavným zdrojom je rýchle špirálujúci, horúci plyn, ktorý čierna diera nasáva. Ak sa plyn spotrebuje a čierna diera sa obnaží, röntgenové žiarenie zoslabne a pohasne.

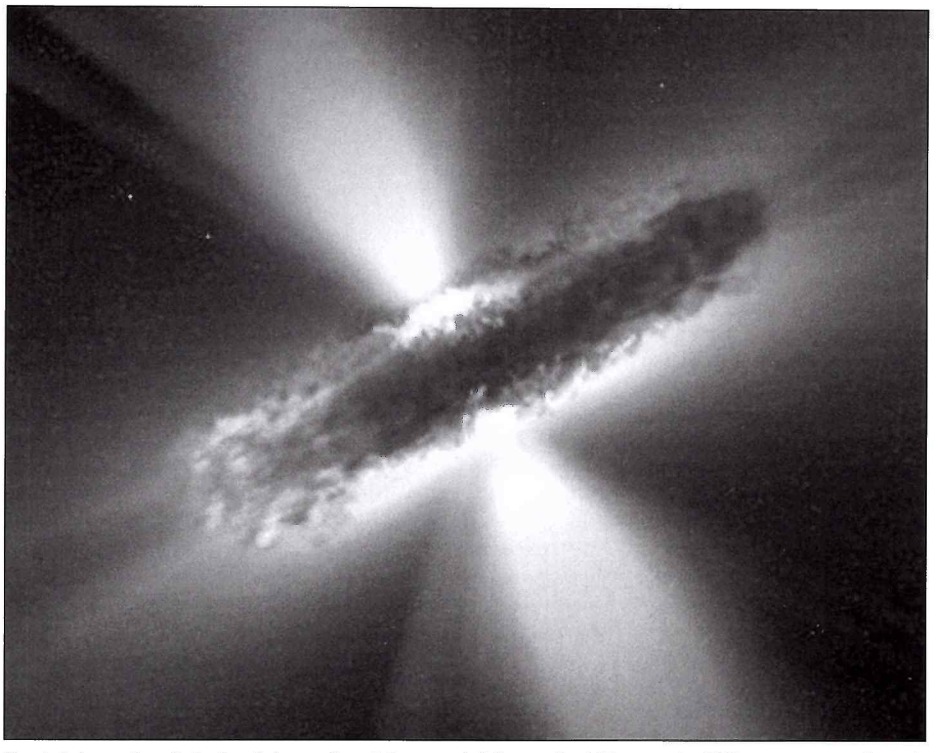
Je tu aj iná možnosť: čierne diery môžu byť zahalenejšie, ako sa pôvodne predpokladalo. To, že prístroje čierne diery neobjavili, ešte neznamená, že tam nie sú. Prinajmenšom Integral nemal na palube také citlivé prístroje, ktoré by to dokázali.

Američania plánujú rozšíriť hľadanie supermasívnych čiernych dier do vzdialenejšieho vesmíru. O niekoľko mesiacov budú mať v rukách údaje, ktoré dodá satelit Swift. Hľadanie bude pokračovať až dovtedy, kým vedci nezmapujú aktivitu čiernych dier v mladom vesmíre. Táto výzva už dnes vzrušuje všetkých röntgenových a gama astronómov.

The Astrophysical Journal

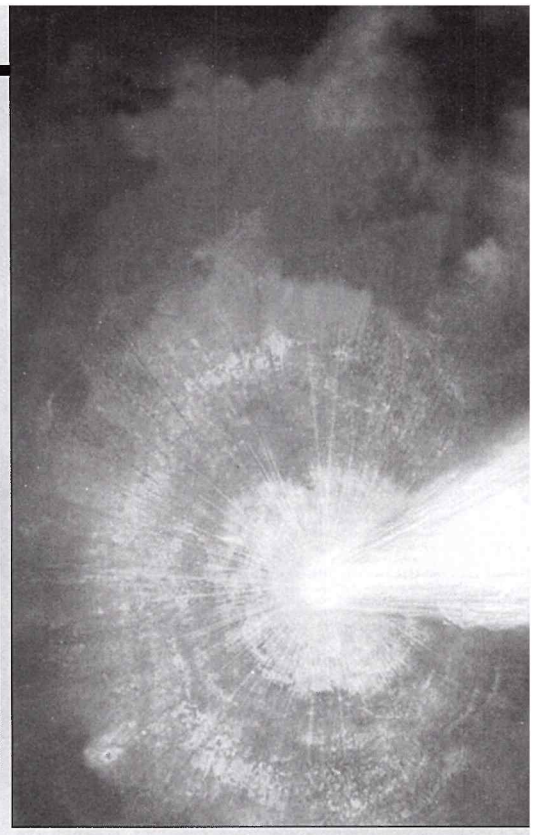


Prístroje Integralu dokážu preniknúť záclonami prachu a plynu a identifikovať čiernu dieru v jej hniezde. V lokálnom vesmíre ich však Integral veľa nenašiel. To znamená, že svetlo generované diskom torus zablokoval, alebo čierne diery sa sformovali najmä vo vzdialenejšom vesmíre. Táto úplná mapa oblohy zviditeľňuje oblasti ionizovaného vodíka v bližších vesmírnych oblastiach. Skryté čierne diery, ktoré Integral pri vyhľadávaní röntgenových zdrojov s vysokou energiu detegoval, sa prezrádzajú svetlými škvrnami pripomínajúcimi diamanty. Veľa zdrojov sa nachádza v rovine Mliečnej cesty, kde sa zľava doprava ťahá „diamantový náhrdelník".

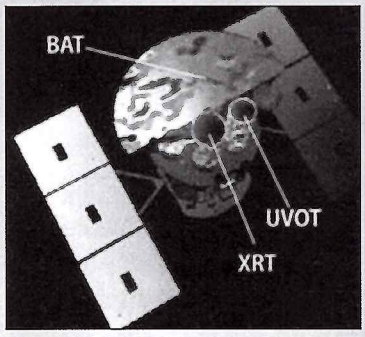


Ilustrácia znázorňuje hrubý prachový torus, aký by mal obklopovať väčšinu supermasívnych čiernych dier a ich akréčnych diskov. Keď takýto torus pozorujeme zboku (ako v tomto prípade), väčšina emitovaného žiarenia v ňom uviazne, čierna diera ostane skrytá.

Swift: svedok kozmických kolízií



Swift je satelit z dielne NASA. Na obežnú dráhu okolo Zeme ho vypustili koncom novembra 2004. Jeho hlavnou úlohou bolo objavovať a študovať vzplanutia žiarenia gama. Už počas prvého roka objavil Swift celý rad vzplanutí, vrátane jedného krátkeho, záhadného, ktorý sa odohral na oblohe zdanlivo neďaleko slnečného kotúča, takže ďalekohľady sondy boli oslepené.



Satelit Swift a jeho tri ďalekohľady: BAT, XRT a UVOT.

Na začiatku posledného polroka misie detegoval satelit už 120. vzplanutie gama, niektoré z nich tak podrobne ako nijaký prístroj pred ním.

O polnoci, 9. mája 2005 zaznamenal ďalekohľad BAT (Burst Allert Telescope) na palube satelitu krátke, ale silné vzplanutie gama v súhvezdí Vlasy Bereniky. V priebehu niekoľkých sekúnd sa zamerali na zdroj aj ďalšie ďalekohľady na palube Swift: röntgenový teleskop XRT a ultrafialovo-optický ďalekohľad UVOT. O čosi viac ako minútu boli na svete prvé snímky vzplanutia.

GRB: ešte vždy záhada

Vzplanutia žiarenia gama (GRB) sú od svojho objavu začiatkom 70. rokov jedným z najväčších mystérií astronómie. Ich krátka životnosť (máloktoré trvajú dlhšie ako 100 sekúnd, mnohé netrvajú ani sekundu!) spôsobuje, že okrem pôvodného záblesku žiarenia gama sa na iných vlnových dĺžkach nedali zaznamenať. Nedostatok údajov zapríčinil, že pri GRB sme mohli ich fyzikálne parametre, vzdialenosť, polohu a intenzitu iba odhadovať.

Začiatkom 90. rokov sa objavilo niekoľko teórií vysvetľujúcich GRB. Najväčší záujem upútali dve teórie, ktoré tvrdili, že v prípade GRB ide o gigantické explózie v kozmologických vzdialenostiach.

Jedna teória hovorila o výbuchu supernovy, generátorom ktorého je rýchly kolaps jadra masívnej hviezdy. Podľa druhej teórie dochádza ku GRB vtedy, keď gravitačne splývajú dve neutrónové hviezdy, alebo neutrónová hviezda s čiernou dierou.

Po vypustení Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu a talianskeho röntgenového satelitu BeppoSAX v roku 1996 sa podarilo po prvýkrát určiť polohu niekoľkých vzplanutí. V oboch prípadoch išlo o dlhšie vzplanutia (trvali viac ako 2 sekundy), ktoré sa udiali (podľa nameraných hodnôt červeného posuvu) vo vzdialenosti mnohých miliárd svetelných rokov. Ukázalo sa, že v prinajmenšom jednom prípade by mohlo ísť o ultraenergetickú explóziu, o výbuch hypernovy. Dnes sa domnievame, že dlhé vzplanutia sú produktom kolapsu masívnej hviezdy a jej premeny na čiernu dieru.

Pre vzplanutia kratšie ako 2 sekundy sme zatiaľ vysvetlenie nenašli. Ich dosvity rýchle pohasínajú, rýchlejšie, ako na ne dokážeme zamieriť ďalekohľady a uskutočniť potrebné merania. A bez údajov z dosvitu, rádiového, vizuálneho i röntgenového, ktorý generuje kolízia rázovej vlny, šíriacej sa po výbuchu do okolia s medzihviezdnou hmotou, nie je možné presnejšie zmerať ani polohu, ani vzdialenosť, ani štruktúru krátkych GRB.

Swift je satelit, ktorý dokáže na každé vzplanutie pohotovo reagovať. V momente, keď detektor zaregistruje vzplanutie, Swift automaticky lokalizuje jeho polohu a nastaví sa tak, aby XRT a UVOT mohli nasnímať rýchle pohasínajúci dosvit aj z najkratšieho vzplanutia.

Najkratší GRB

9. mája 2005 dokázal Swift už 6 sekúnd po vzplanutí GRB 050509B, najkratšom aký bol kedy detegovaný (trval iba 40 milisekúnd!), zamerať naň svoje ďalekohľady. Ďalekohľad XRT zachytil 11 röntgenových fotónov zo vzplanutia GRB, a tak mohli vedci po prvýkrát pozorovať krátke GRB na iných ako gama vlnových dĺžkach.

Vedci okamžite určili polohu tohto GRB, a tak bola po prvýkrát presne označená poloha zdroja krátkeho vzplanutia gama. Nachádza sa blízko jasnej, eliptickej galaxie s červeným posunom $z = 0{,}225$, ktorý prezrádza, že galaxia je od nás vzdialená 3 miliardy svetelných rokov.

Nijaký ďalekohľad, ani tie na Swifte, však nedokázal exponovať optický náprotivok vzplanutia z 9. mája. Preto sa nepodarilo určiť ani jeho červený posun. Polohu náprotivku sa však podarilo určiť analýzou röntgenovej snímky: nachádza sa vo vnútri kopy galaxií, vo vzdialenosti 9,8" od masívnej, eliptickej galaxie.

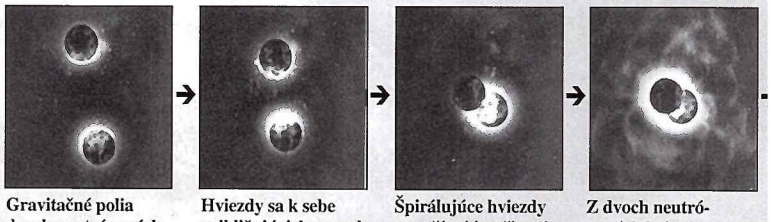
24. júla 2005 zaznamenal Swift ďalšie krátke vzplanutie gama. Po preskúmaní spektra konštatovali, že toto krátke vzplanutie má takmer totožné spektrálne čiary ako GRB 080500B.

Jedno je isté: čiary krátkych vzplanutí gama sa zásadne líšia od čiar dlhých vzplanutí. Zdá sa, že teória, podľa ktorej ich produkujú navzájom sa požierajúce neutrónové hviezdy, získala silnú podporu.

Dlhé vzplanutia, aspoň tie, ktoré sa doteraz detegovali, sa našli vo vnútrach malých, mladých galaxií, kde prebieha búrlivá hviezdotvorba. Pre dlhé vzplanutia GRB je príznačné, že sa odohrávajú vo vzdialnostiach 7 – 10 miliárd rokov, teda v čase, keď sa v mladom vesmíre formovalo podstatne viac mladých hviezd.

Obe krátke vzplanutia sa však uskutočnili pri červených, starých, eliptických galaxiách, kde sa mladé hviezdy formujú iba zriedkavo. Tam sa supernovy vyskytujú iba vzácne. Navyše: zdá sa,

Dve, gravitačne splynuté neutrónové hviezdy generujú krátke vzplanutia gama. Na dvanástich políčkach vidíte evolúciu procesu vzájomného požierania a jeho dôsledky.



Gravitačné polia dvoch neutrónových hviezd interagujú. → **Hviezdy sa k sebe približujú, ich povrch je čoraz horúcejší.** → **Špirálujúce hviezdy sa začínajú požierať.** → **Z dvoch neutrónových hviezd vznikne jediná.**

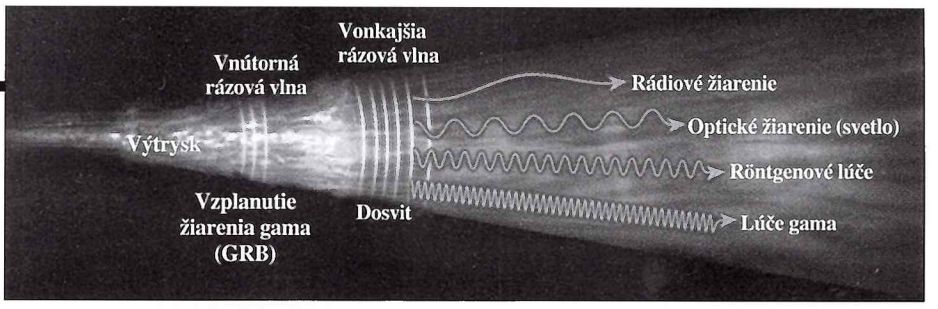
že obe explózie sa uskutočnili skôr na periférii hostiteľských galaxií, ako v ich vnútre. Obe GRB majú nízku hodnotu červeného posunu, čo naznačuje vzdialenosť 3 miliardy svetelných rokov od Zeme.

Zo všetkých údajov vyplýva, že krátke GRB generujú skôr gravitačné kolízie dvoch neutrónových hviezd, alebo neutrónovej hviezdy a čiernej diery, nie kolaps jadra masívnej hviezdy.

Ak sa stane, že dvojhviezdu tvoria dve neutrónové hviezdy (takýto pár nie je zriedkavý, pretože ich progenitori, stredne masívne normálne hviezdy, ktoré majú neraz podobný vek i fyzikálne parametre, paralelne zostarnú a skolabujú do podoby neutrónovej hviezdy), takáto sústava obieha spoločné ťažisko neobyčajne dlho. Astronómovia z tímu Swift očakávali, že v červených, starých galaxiách nájdu práve takéto staré, neutrónové dvojičky. Predpokladali aj to, že explózia, pri ktorej sa sformuje z dvoch hviezd jediná neutrónová hviezda, posunie nový objekt mimo galaktického hniezda.

Relatívne malá vzdialenosť od Zeme v prípade oboch GRB podporuje teóriu neutrónových hviezd, dvojičiek, ktoré gravitačne splynuli. Kým sa takýto systém vyvinie a dozrie, uplynie veľa času, takže priamo úmerne k narastajúcemu veku vesmíru takýchto kataklizmiem pribúda.

Obe vzplanutia sú mimogalaktické. V našej špirálovej Galaxii, prinajmenšom v našich končinách, je podobný úkaz veľmi nepravdepodobný. Naproti tomu eliptické galaxie sú pre vznik a evolúciu binárnych systémov dvoch neutrónových hviezd či neutrónovej hviezdy a čiernej diery priam stvorené.



Výtrysk, ktorý sa sformoval po vzplanutí žiarenia gama sa rozpína do okolitého medzihviezdneho priestoru, pričom intenzívne žiari. Keď dve neutrónové hviezdy, alebo neutrónová hviezda a čierna diera gravitačne splynú, vnútorná rázová vlna generuje vzplanutie gama. Vonkajšia rázová vlna generuje dosvit, pozorovateľný nielen na vlnových dĺžkach gama, ale aj v rádiovom, optickom a röntgenovom okne.

Pohasínanie dosvitu GRB

Vzplanutie GRB 060709 sa stalo míľnikom v dejinách astronómie. V tomto prípade sa po prvýkrát podarilo zaznamenať ho aj vo viditeľnom svetle a vypočítať hodnotu červeného posunu zdroja.

Satelit HETE 2/NASA detegoval tento GRB v júli 2005. Širokouhlý röntgenový monitor a kamery na snímanie mäkkého röntgenového žiarenia určili polohu vzplanutia, kľúčový údaj pre odhadnutie jeho vzdialenosti.

30 sekúnd po pôvodnom vzplanutí (trvalo 1/10 sekundy) bola zaznamenaná 150 sekúnd trvajúca emisia röntgenového žiarenia. Vzápätí satelit Chandra vyhotovil röntgenovú snímku dosvitu.

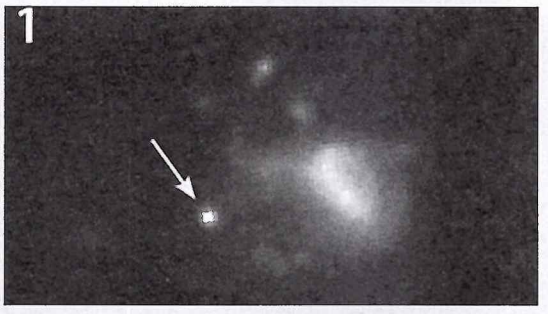
Optický dosvit exponovali astronómovia zo Zeme, z ESA observatória v La Silla (Chile), pomocou 1,54 m ďalekohľadu.

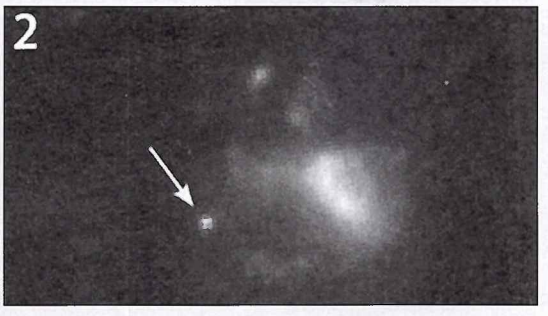
Optický proťajšok dosvitu GRB fotografoval Hubblov vesmírny ďalekohľad štyrikrát: 5,6, 9,8, 18,6 a 34,7 dní po vzplanutí. ***(Všetky štyri snímky vidíte na priložených fotografiách.)***

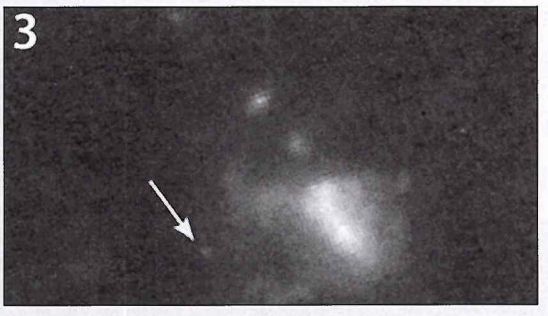
Pozemský ďalekohľad Gemini North na Havajských ostrovoch pozoroval hostiteľskú galaxiu GRB. Hodnota jej červeného posunu je $z = 0{,}16$. Z toho vyplýva, že jej vzdialenosť od Zeme je zhruba 2 miliardy svetelných rokov.

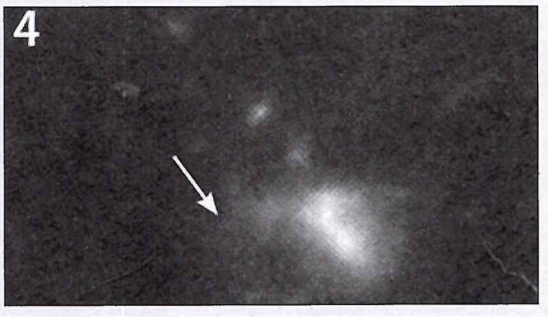
Vzhľadom na relatívnu blízkosť GRB 050709 od Zeme sa vedci nazdávajú, že v tomto prípade išlo (asi) o splynutie neutrónovej hviezdy a čiernej diery, alebo dvoch neutrónových hviezd. Kozmická kolízia bola generátorom krátkeho GRB.

Všimnite si, že na poslednej fotografii z HST, *(políčko 4)*, už nijaký dosvit nevidíme.









Swift má zelenú

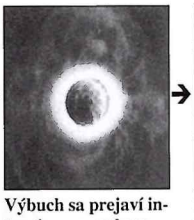
Prístroje na palube sondy sú prepojené tak, že dokážu neobyčajne produktívne zaznamenávať astronomické úkazy, pri ktorých je pohotovosť pozorovateľa rozhodujúca.

GRB sa vyskytujú sporadicky. Swift sa vo voľnom čase venuje iným pozorovaniam. Napríklad 28. júna 2005 detegoval dosvity po niekoľkých supernovách, vrátane supernovy SN2005cs v galaxii M51. Tieto údaje nám pomáhajú pochopiť povahu výbuchov supernov, ktoré sú „štandardnými sviecami", teda objektmi, pomocou ktorých dokážeme spoľahlivo odhadnúť absolútnu magnitúdu a pomocou nej aj ďalšie parametre.

Prioritou pre satelit Swift však ostávajú vzplanutia žiarenia gama. Počas svojej misie bude satelit priebežne monitorovať oblohu a zaznamená každé vzplanutie. Až dovtedy, kým astronómovia celkom vylúštia jedno z najstarších astronomických tajomstiev.

Podľa Astronomy 7/2006

plynutie
eneruje
xplóziu.



Výbuch sa prejaví intenzívnym vzplanutím žiarenia gama.

Rázové vlny sa šíria na všetky strany.

Rázová vlna sa šíri ďalej.

Vo výtryskoch sa začínajú formovať póly rázovej vlny.

Výtrysky pred ďalším rozpínaním musia vyzrieť.

Vyvinuté výtrysky pri pohľade zboku.

Dosvit začína pohasínať.

STARDUST – „revízia“ teórií o pôvode komét?

V Kozmose č. 3 sme sa v článku *STARDUST – o misii a jej prvých výsledkoch* venovali priebehu misie Stardust a prvým výsledkom, ktoré sa objavili hneď po tom, čo táto sonda úspešne pristála na zemskom povrchu. Ako sme už naznačili, misia Stardust priniesla veľmi zaujímavé, aj keď ešte stále veľmi čerstvé, a teda ťažšie overiteľné, predbežné závery, týkajúce sa vzniku a vývoja komét v Slnečnej sústave.

V uvedenom článku sme konštatovali, že bude potrebné prehodnotiť doterajšie teórie týkajúce sa vzniku a následného vývoja komét. V tomto článku si chronologicky priblížime viacero teórií, ktorými sa vedci už niekoľko storočí snažia vysvetliť tento fenomén kometárnej astronómie.

O kométach ako nebeských telesách začali ľudia uvažovať niekedy začiatkom 17. storočia. Priekopníkmi tohto názoru boli Tycho Brahe, Johannes Kepler a Galileo Galilei. Avšak prvý seriózny pokus o vysvetlenie pôvodu komét urobil Immanuel Kant až v roku 1755. Vo svojej práci opísal teóriu vzniku Slnečnej sústavy z rozptýlenej difúznej hmloviny. Podľa jeho úvah by kométy mali mať podobné zloženie ako planéty, ale na rozdiel od planét mali vzniknúť v iných oblastiach pôvodnej hmloviny.

Prvé skutočne vedecké teórie týkajúce sa pôvodu komét boli publikované začiatkom 19. storočia, t. j. po dvoch storočiach od prvotných úvah. Napriek tomu, že odvtedy už uplynuli ďalšie dve storočia, otázka pôvodu komét nie je uspokojivo zodpovedaná dodnes. Výskum pôvodu komét sa rozdeľuje do dvoch hlavných názorových prúdov. Jeden prúd reprezentujú medzihviezdne teórie vzniku komét, druhý zase teórie vzniku komét v Slnečnej sústave.

V roku 1805 priniesol Laplace svoju teóriu, v ktorej obhajoval medzihviezdny pôvod komét. Poukázal na fakt, že medzihviezdny priestor obsahuje veľmi veľké množstvo komét. Domnieval sa, že Slnko sa na rozdiel od populácie komét v medzihviezdnom priestore nepohybuje. Naznačil tým, že možno očakávať obrovský nárast blízkoparabolických alebo málohyperbolických dráh komét. A pozorovania tomu nasvedčujú. Ďalej určil, že kométy sú v medzihviezdnom priestore rozložené rovnomerne a teda by mali do planétárnej sústavy vstupovať náhodne zo všetkých smerov. Tento efekt tiež vychádzal z analýzy pozorovaní. Existenciu komét na eliptických dráhach vysvetľoval predpokladom o záchyte komét planétami.

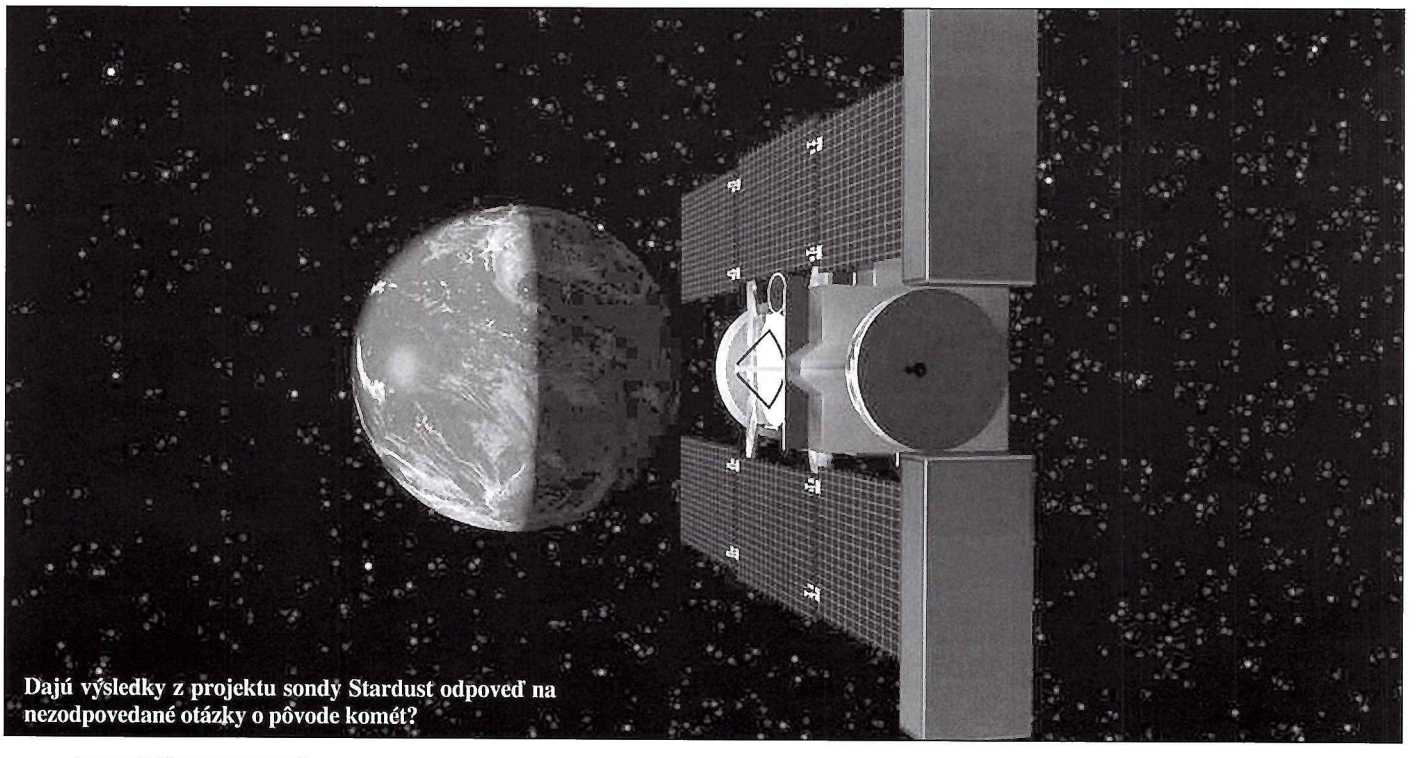
Neskôr, v roku 1814, publikoval Lagrange teóriu, ktorá reprezentovala teórie o pôvode komét v Slnečnej sústave. V tejto práci vysvetľoval vznik komét tým, že ich považoval za fragmenty zničenej planéty, ktorá mala existovať medzi Marsom a Jupiterom. Toto vysvetlenie bolo rozšírením vysvetlenia pôvodu planétok ako fragmentov zničenej planéty v tejto oblasti, ktorým sa Olbers v roku 1802 snažil vysvetliť vznik planétok Ceres a Pallas. Okrem tohto scenára vzniku komét ďalej uvažoval, že kométy by mohli vznikať aj pri gigantických explóziách na niektorých obrích planétach (ako napríklad Jupiter a Saturn).

Až do polovice 20. storočia sa astronómovia snažili riešiť problémy, ktoré sa objavili ako dôsledky rôznych teórií opierajúcich sa o spomínané hlavné prúdy pojednávajúce o vzniku komét.

Prelomovým rokom v poznávaní vzniku komét bol rok 1950, keď holandský astronóm J. H. Oort publikoval svoju prevratnú prácu, v ktorej na základe vtedy dostupnej databázy 19 pôvodných dráh dlhoperiodických komét vyslovil názor, že našu Slnečnú sústavu obklopuje sféricky symetrický oblak komét, ktorý dodnes považujeme za ich rezervoár. Pôvodnými dráhami rozumieme dráhy komét pred vstupom do planétárnej oblasti, a teda predtým, než boli ovplyvnené gravitačným poľom planét. Vo svojej práci postrehol to, že rozdelenie kometárnych dráh je koncentrované v okolí nulovej energie, ktoré zodpovedá hodnotám veľkej polosi v rozmedzí od 10 000 AU do 25 000 AU. Vysoká koncentrácia kometárnych dráh s veľmi vysokými hodnotami veľkých polosí sa vysvetľovala tým, že kométy vznikajúce v oblasti Jupitera boli Jupiterom a Saturnom vyvrhnuté do veľkých vzdialeností, ďaleko od nášho planétárneho systému. Následne sa zjavila otázka, ako sa kométy dostali z veľmi vzdialených oblastí späť do planétárnej oblasti. Oort predpokladal, že kométy na dráhach vo veľkých vzdialenostiach môžu byť rušené hviezdami prechádzajúcimi blízko Slnečnej sústavy, následkom čoho sa tieto kométy môžu dostať späť do oblasti planét.

Neskôr Safronov vo svojich štúdiách (1969, 1972) ukázal, že kométy boli do Oortovho oblaku vyhodené najmä Neptúnom a v menšej miere aj Uránom, keďže Jupiter a Saturn kvôli svojmu silnému vplyvu vyhadzujú kométy vo väčšej miere do medzihviezdneho priestoru. Safronov uvažoval, že planéty vznikali postupnou akréciou, ktorá však trvá veľmi dlhý čas, a tak spomínané odmrštenia komét planétami nebolo v jeho prístupe dostatočne jasná.

Fernández (1978) použil Monte Carlo simuláciu na výpočet pravdepodobnosti, či kométa pri



Dajú výsledky z projektu sondy Stardust odpoveď na nezodpovedané otázky o pôvode komét?

priblížení sa k niektorej z planét bude vypudená preč zo Slnečnej sústavy, alebo sa dostane na blízkoparabolickú dráhu. Zistil rovnako ako Safronov, že Neptún aj Urán by mali do kometárneho oblaku dopraviť významnú časť jeho celkovej hmoty. V roku 1980 Fernández rozšíril uvedenú prácu o skúmanie následnej evolúcie blízkoparabolických dráh komét, ktoré vznikli v oblasti Uránu a Neptúna. Do štúdie zahrnul vplyv blízkych priblížení hviezd k Slnečnej sústave a takisto vplyv obrích planét. Ukázal, že v súčasnosti sa v Oortovom oblaku nachádza len 10 % komét, a teda predpokladané pôvodné množstvo hmoty rozptýlené obrími planétami muselo byť asi desaťnásobné.

Hills (1981) publikoval prácu, v ktorej ukázal, že ostré ohraničenie Oortovho oblaku pre veľké polosi asi 20 000 AU vyplývajúce z pozorovaní (pozn.: nepozorovali sa kométy prichádzajúce prvýkrát z Oortovho oblaku, ktorých veľké polosi boli menšie než 20 000 AU), bolo spôsobené pozorovacími výberovými efektmi. Priekopníckym záverom jeho práce bola predpoveď existencie vnútorného rezervoára (vnútorného resp. Hillsovho oblaku), ktorého početnosť bola až 100-krát vyššia než početnosť vonkajšieho oblaku.

Neskôr nasledovali práce ďalších autorov, ktoré v deväťdesiatych rokoch viedli k názoru, že podľa klasického scenára vzniku Oortovho oblaku bola prevažná časť kometárnych jadier vyvrhnutá dvoma vonkajšími planétami, Uránom, a najmä Neptúnom, pretože kométy v oblasti Jupitera a Saturna sú ovplyvnené oveľa silnejšími poruchami a sú vyvrhované až do medzihviezdneho priestoru. O klasickom scenári ejekcie komét pôsobením Uránu a Neptúna hovoríme ako o tzv. primordiálnej teórii vzniku Oortovho oblaku.

Neskôr sa však ukázalo, že ani primordiálna teória vzniku Oortovho oblaku nie je úplným riešením otázky vzniku komét. Problém vznikol tým, že odhad počiatočnej celkovej hmotnosti oblaku, ktorý bol urobený na základe výsledkov prác rôznych autorov, asi o jeden rád prevyšuje súčet hmotností Urána a Neptúna. Takto sa stáva problematickým vysvetlenie, odkiaľ vzali kométy dostatok energie na prechod z málo excentrických na blízkoparabolické dráhy.

Práve týmto problémom, týkajúcim sa nedostatočnej energie, sa ďalej zaoberali viacerí autori, ktorí sa snažili hľadať možné riešenia. V roku 1997 Fernández vo svojej práci navrhol riešenie, že Slnečná sústava sa zrodila vnútri hviezdnej asociácie a/alebo v hmlovinnom prostredí. Ako hviezdy vo hviezdokope, tak aj okolitá hmlovina by mali za následok zvýšenie efektivity Jupitera a Saturna vyvrhovať jadrá komét do oblaku. Avšak blízke hviezdy v asociácii by zároveň museli silne rušivo pôsobiť na jadrá, ktoré sa už do oblaku dostali. Tým by zároveň dochádzalo k ochudobňovaniu oblaku, a teda nárast efektivity vyvrhovania komét do oblaku, ako to predpokladá Fernández, je otázny.

Iný pokus o vyriešenie problému vysokej hmotnosti publikoval v roku 2000 Neslušan. Navrhol scenár, podľa ktorého sa kometárne jadrá už nachádzali v zárodočnom oblaku Slnečnej sústavy a zostali vo veľkých heliocentrických vzdialenostiach, čo je možné následkom rôznej dynamiky makroskopických a mikroskopických častí protoslnečnej hmloviny počas jej kolapsu. Treba pripustiť, že tento obraz má nedostatky v tom, že doposiaľ nie je známy mechanizmus, ktorý by vysvetlil, ako mohli makroskopické kometárne jadrá vzniknúť v relatívne riedkom medzihviezdnom prostredí.

V roku 2001 Stern a Weissman analyzovali zrážkovú evolúciu komét po ich vzniku v protoplanetárnom disku a zistili, že pôvodne väčšie telesá sa museli v hojnej miere drobiť, následkom čoho by typická hmotnosť kometárneho jadra, a tým aj celková hmotnosť oblaku bola nižšia, ako sa predpokladá, a teda by sa vytratil problém nedostatočnej energie, ktorý sme už spomenuli. Tento záver je však v rozpore s doteraz určenými rozmermi kometárnych jadier.

Z predchádzajúceho textu je zrejmé, že otázka vzniku komét v Slnečnej sústave ešte stále nie je úplne vyriešená, a preto je namieste v skratke opísať aj principiálne odlišné teórie, snažiace sa vysvetliť pôvod komét záchytom z medzihviezdneho prostredia. Takéto teórie vznikali už v dávnych dobách spolu s teóriami, ktoré sme opisovali vyššie. Dôležitým míľnikom v názoroch na záchyt komét z medzihviezdneho priestoru bol koniec sedemdesiatych, resp. začiatok osemdesiatych rokov, keď boli objavené molekulárne oblaky v našej Galaxii. Možné prelety Slnečnej sústavy obrími molekulárnymi oblakmi a následné záchyty kometárnych jadier viedli niektorých autorov k záveru, že kométy pravdepodobne nie sú zložené z pôvodného materiálu, z ktorého sa vytvorila Slnečná sústava. Tento názor bol silne podporený ideou, že Zem bola počas svojej existencie významne ovplyvnená občasnými dažďami meteoroidných, asteroidálnych alebo kometárnych trosiek. Súčasne sa však v prácach iných autorov objavili námietky, že záchyt komét z medzihviezdneho prostredia je vysoko nepravdepodobný.

V súčasnosti je všeobecne prijímaný názor, že kométy sú „archeologickými odtlačkami" vzniku Slnečnej sústavy, a teda vznikali spolu s planétami, ako to opisuje primordiálna teória vzniku komét. Túto problematiku sme už prebrali, a je zrejmé, že ani táto teória bezproblémovo nevysvetľuje vznik komét. Ako sme uviedli v predchádzajúcom článku, prvotné výsledky analýzy materiálu, ktorý priviezla sonda Stardust, komplikujú náš doterajší pohľad na vznik komét. Zo zloženia materiálu je zjavné, že kometárne jadrá nemohli vznikať „len" v chladných oblastiach Slnečnej sústavy, ale museli sa nejakým spôsobom dostať aj do horúcich oblastí, ktoré takisto formovali ich zloženie.

Momentálne je materiál privezený sondou Stardust k dispozícii vedcom na celom svete, ktorí sa snažia analyzovať jeho zloženie. Neskôr sa teoretici budú snažiť „zapracovať" nové poznatky do svojich teórií a vyriešiť jednu z veľmi dôležitých otázok astronómie. Predpokladáme, že je len otázkou času, kedy bude možné zodpovedať otázky, ktoré sa objavili po prvých analýzach materiálu privezeného z kométy 81P/Wild2.

MARIÁN JAKUBÍK,
Tatranská Lomnica
Astronomický ústav SAV

Hviezda s tromi Neptúnmi

Švajčiarsky tím lovcov extrasolárnych planét objavil pri hviezde HD 69830 planetárnu sústavu. Hviezda podobná Slnku sa nachádza vo vzdialenosti 42 svetelných rokov v súhvezdí Puppis. Hviezdu obiehajú najmenej tri planéty s hmotnosťami 10- až 18-násobku hmotnosti Zeme. (Urán je 14,5-krát, Neptún 17,1-krát hmotnejší ako Zem.) Okrem planét obieha materskú hviezdu aj mohutný pás asteroidov. Tím študoval sústavu vyše dvoch rokov. Tri čo do hmotnosti porovnateľné planéty majú periódy 7,67, 31,6 a 197 dní. Všetky obiehajú materskú hviezdu po dráhach, ktoré sú k nej bližšie ako obežná dráha Venuše v našej planetárnej sústave.

Najvzdialenejšia a zároveň najmenšia z troch planét sa pohybuje v „zelenom páse", kde by (vzhľadom na parametre materskej hviezdy) mohla na povrchu terestrickej či ľadovej planéty existovať voda v kvapalnom skupenstve. Tri planéty zo sústavy hviezdy HD 69830 zaradili planetológovia vzhľadom na fyzikálne vlastnosti ešte do skupiny terestrických planét. **Nature**

Planéty okolo pulzarov

Vesmírny ďalekohľad Spitzer objavil v disku pulzaru 4U 0142+61 príznaky formujúcej sa planétarnej sústavy. Ukazuje sa, že tri extrasolárne planéty, ktoré objavil ešte v roku 1992 poľský astronóm Wolszczan pri pulzare B1257+12, nie sú bizarnou výnimkou. Aj v tomto prípade sa planéty sformovali až potom, keď pôvodná hviezda ukončila svoj život výbuchom supernovy a skolabovala do podoby rýchle rotujúceho pulzaru, ktorého pulzy sa prejavujú v rádiovej oblasti.

Ak pôvodná hviezda mala nejaké planéty, tie výbuch supernovy pred 100 000 rokmi neprežili. Prachová zložka výbuchom vyvrhnutej obálky sa však postupne priblížila k pulzaru. Tak vznikol disk, v ktorom sa formuje druhá generácia planét. **Nature**

Objav exoplanéty malým ďalekohľadom

Skupina profesionálnych a amatérskch astronómov zo Space Telescope Science Institute (STScI) v Baltimore vyvinula dve unikátne 200-milimetrové šošovky pre telekameru, ktoré fungujú ako binokulár. Týmto neveľkým ďalekohľadom (XO-Telescope) objavili extrasolárnu planétu.

Lovci planét z Havajských ostrovov preskúmali počas dvoch rokov desaťtisíce jasných hviezd. Pozorovania vyhodnocoval počítač a v približne 50 prípadoch objavil príznaky existencie planétarnych systémov.

Pri podrobnejšom štúdiu kandidujúcich hviezd v jednom prípade zaznamenali periodický pokles svietivosti. Hviezdu nazvali XO-1. Kooperujúci tím na McDonaldovom observatóriu v Texase na základe údajov uhlovej rýchlosti dospel k presvedčeniu, že objekt periodicky prekrývajúci hviezdu je planéta.

Do katalógov extrasolárnych planét ju zapísali ako planétu XO-1b.

Destiny: satelit, ktorý preskúma vlastnosti tmavej energie

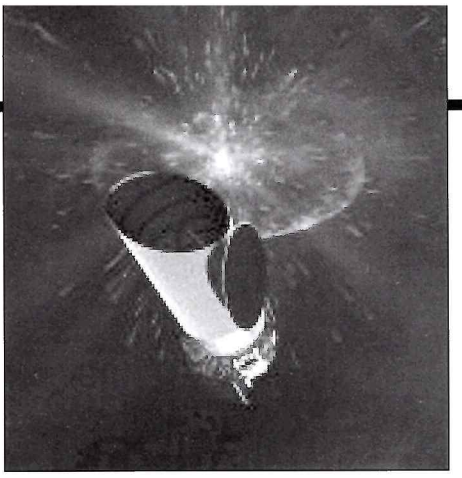
NASA sa rozhodla vyvinúť vesmírny ďalekohľad, ktorý má hľadať zdroje tmavej energie, mysterióznej sily, ktorá spôsobuje rozpínanie vesmíru. Destiny (Dark Energy Space Telescope) by mal v priebehu dvoch rokov monitorovať viac ako 3000 supernov. Tieto údaje pomôžu astronómom rekonštruovať rozpínanie vesmíru a vypočítať, či sa rýchlosť rozpínania v čase menila. Ak všetko dobre pôjde, sondu vypustia v roku 2013.

Vesmírny ďalekohľad novej generácie má vyvinúť zmiešaný tím NOAO (National Optical Astronomy Observatory) a Goddard Space Flight Center pri NASA. Misia má dve časti. Počas prvej zmonitoruje ďalekohľad 3000 supernov. Počas druhej detailne preskúma 1000 oblúkových stupňov oblohy v blízkom infračervenom svetle. Zo snímok a ďalších údajov sa vedci pokúsia rekonštruovať, ako sa veľkoškálové štruktúry v kozme po big bangu vyvíjali. Údaje z oboch prehliadok budú mať 10-násobne väčšie rozlíšenie ako údaje z dnešných najväčších pozemských teleskopov. V roku 2015 by sme mali mať v rukách vedecký materiál, bez ktorého vedci nedokážu pochopiť pôvod tmavej energie a jej vlastnosti, ktoré súčasné fyzikálne teórie vysvetľujú skôr intuitívne.

„Destiny bude malá, lacná misia. Problém tmavej hmoty preskúma s vysokou štatistickou presnosťou," vraví Tod R. Lauer, vedúci výskumník projektu. „V projekte využijeme technológie z HST. Najmä tie, ktoré nám pomôžu získať kvalitné spektrá zo supernov a zároveň aj ich fotografie. S tradičnými kamerami sa totiž kvalitné spektrá supernov nedajú získať. Prístroje na Destiny pomocou špeciálnej technológie dokážu simultánne získavať spektrá všetkých objektov v pozorovanom poli. To je veľký pokrok, bez ktorého by sme nedokázali charakterizovať tieto vzdialené explózie hviezd."

Objav mysterióznej tmavej energie ohlásili v roku 1998 dva vedecké tímy, ktoré už dávnejšie študovali vzdialené supernovy a zároveň merali, ako sa hodnota rozpínania vesmíru v priebehu času menila. Oba tímy, ktoré využívali ďalekohľady NOAO v Chile, šokoval fakt, že oproti klasickej teórii, ktorá predpovedala spomaľovanie rozpínania vesmíru, z ich údajov jednoznačne vyplynulo jeho zrýchľovanie. To by malo fatálne dôsledky nielen na kozmologické teórie, ale aj na osud vesmíru (významový ekvivalent anglického slova „destiny" v slovenčine je „osud"), v ktorom žijeme. Jediným vysvetlením šokujúceho objavu bol logický záver, že vesmír okrem viditeľnej a tmavej hmoty musí obsahovať aj tmavú energiu, ktorá zásadným spôsobom ovplyvňuje vývoj vesmíru.

Na projekte misie sa zúčastňujú okrem už spomínaných aj tímy ďalších šiestich amerických univerzít. Lauer svoj tím zostavil už v roku 1990. Podieľal sa aj na vývoji širokouhlej planetárnej kamery na palube Hubblovho ďalekohľadu, na jej kalibrácii a prvých operáciách. Lauerovci sú najčastejšími užívateľmi HST. Pomocou tohto ďalekohľadu dosiahli špičkové výsledky pri hľadaní a štúdiu čiernych dier v centrách galaxií i mapovaní veľkoškálových štruktúr vo vesmíre.



Ilustrácia ďalekohľadu Destiny.

Destiny je koncepciou JDEM (Joint Dark Energy Mission), financovaného NASA a štátnym Departementom pre energiu v Los Alamos. Hlavným cieľom misie je získať spoľahlivé údaje o tmavej energii. Destiny s 1,65-metrovým ďalekohľadom vynesie nosič Delta IV (alebo Atlas V) do druhého Lagrangeovho bodu systému Slnko/Zem. Táto poloha umožní priebežnú a spoľahlivú činnosť. Výskum prebehne v súčinnosti s veľkými, už jestvujúcimi pozemskými ďalekohľadmi i s teleskopmi novej generácie (napríklad Large Synoptic Survey Telescope (LSST), ktoré sa ešte len vyvíjajú.

NASA Press Release

Vplývajú kvazary a GRB na zhlukovanie galaxií?

Medzi najenergetickejšie objekty/úkazy vo vesmíre patria kvazary a vzplanutia žiarenia gama (GRB). Môžu vplývať na formovanie a zhlukovanie galaxií v popredí? Zdá sa, že môžu. Zistili to astronómovia z Kalifornskej univerzity v Santa Cruz, ktorí preskúmali vyše 50 000 kvazarov a 15 vzplanutí gama. Považujú to za záhadu.

Objavitelia tohto mystéria analyzovali prehľad galaxií pozdĺž zorných lúčov, spájajúcich pozemských pozorovateľov s extrémne jasnými kvazarmi a vzplanutiami gama v pozadí. Ukázalo sa, že galaxie sa v popredí týchto úkazov/objektov vyskytujú štyrikrát hojnejšie ako inde!

Za kvazary dnes považujeme objekty, ktorých žiarenie je generované hmotou špirálujúcou v akrečnom disku do supermasívnych čiernych dier. Vzplanutia žiarenia gama, generované gravitačným zrútením masívnych hviezd, sú najenergetickejšími úkazmi vo vesmíre. Čo však kvazary a vzplanutia s galaxiami v popredí gama spája?

„Objav podkopáva prijaté kozmologické teórie," vraví Jason X. Prochaska, profesor astronómie na Kalifornskej univerzite. Prochaska analyzoval údaje zo satelitu Swift, ktorý zaznamenal zákryty dosvitov galaxiami po dlhých vzplanutiach gama vo vzdialenom vesmíre. Výsledky, ktoré zverejnil, vyvolali celosvetovú diskusiu.

Prochaska analyzoval spektrá kvazarov a GRB, ktorých svetlo na istých vlnových dĺžkach absorbuje plyn galaxií v popredí. Takéto spektrum má charakteristickú signatúru. Spektrálne odtlačky monitorovaných objektov dokazujú, že medzi kvazarmi či GRB v pozadí a Zemou sa zväčša nachádzajú zhluky galaxií. Spektrálne odtlačky ich prezradia aj vtedy, keď sú také slabé, že ich pozemské prístroje nerozlíšia.

Prochaska analyzoval spektrá pätnásť GRB i kvazarov a zistil, že v štrnástich prípadoch boli spektrá upravené galaxiou/galaxiami v popredí. K približne rovnakému výsledku dospel po analýze spektier 50 000 kvazarov, takže pravdepodobnosť, že výsledky spôsobila štatistická chyba, je 1:10 000.

Teoretici navrhli tri možné riešenia záhady.

Niektoré kvazary môžu byť prekryté mladými galaxiami, ktoré sú ešte plné prachu. V takom prípade by boli výsledky pochybné. Ibaže veľký počet pozorovaných kvazarov túto možnosť takmer vylučuje.

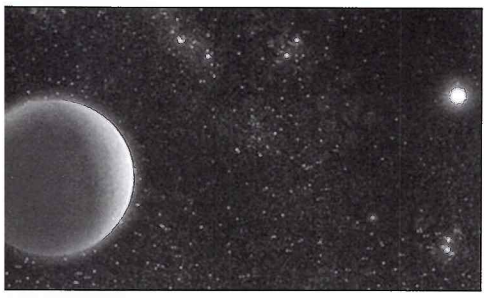
Vylúčiť sa nedá ani možnosť, že absorpčné čiary vo spektrách GRB sú odtlačkami plynu, ktorý bol vyvrhnutý vzplanutiami gama. Teda intervenujúce galaxie naň nevplývali. A naozaj, skoro v každom z preverovaných prípadoch našli vedci galaxiu v rovnakej polohe ako plyn.

Prijateľným vysvetlením je však aj možnosť, že intervenujúca galaxia pôsobí ako gravitačná šošovka, ktorá zjasňuje svetlo objektov v pozadí, hoci v takomto prípade by sa spektrá GRB a kvazarov odlišovali. Prochazka sa prikláňa k tejto alternatíve, ale viacerí jeho oponenti považujú šošovkovanie GRB sa nepravdepodobné.

Diskusia okolo najnovšieho mystéria je čoraz búrlivejšia, ale vedci sa zatiaľ na ničom nezhodli. Prochazka chce v najbližších mesiacoch až štvornásobne zvýšiť počet skúmaných GRB, aby podprel štatistickú hodnotu svojej analýzy. Uvidíme, k čomu dospeje... Tak ako doteraz využije pridelený čas na štyroch observatóriách: Keck Observatory, Gemini Observatory, Very Large Observatory a Paranal Observatory. Čas na mamutích observatóriách mu pridelili prednostne. Problém je teda naozaj horúci.

NASA Press Release

Ilustrácia znázorňuje vzplanutie gama.



Hnedý trpaslík v popredí so svojim súputnikom – bielym trpaslíkom.

Zvláštna dvojhviezda

Ďalekohľad VTL/ESO objavil zvláštnu dvojhviezdu: horúceho bieleho trpaslíka a hnedého trpaslíka, gravitačne zviazaných v dvojhviezdnom systéme. Masívnejšia hviezda bola kedysi červeným obrom. Hnedý trpaslík ju obiehal v jej rozpínajúcej sa obálke. Trenie spôsobilo, že sa hnedý trpaslík po špirále presúval bližšie, do aktuálnej (dočasnej) polohy. Červený obor potom skolaboval na bieleho trpaslíka.

Zložky dvojhviezdy nie sú oveľa väčšie ako obrie planéty. Horúci biely trpaslík má polovičnú hmotnosť Slnka. Oveľa chladnejší hnedý trpaslík je 55-krát hmotnejší ako Jupiter. „Je vzrušujúce rekonštruovať príbeh takejto dvojhviezdy," nadchýna sa Pierre Maxted, člen tímu. „Je nepochopiteľné, že hnedý trpaslík prežil rozpínanie a kolaps svojho súputnika bez následkov!"

Obe hviezdy delí nepatrná vzdialenosť: 2/3 polomeru Slnka, čo je 1/1000 vzdialenosti Slnko/Zem. Spoločné ťažisko obehnú za 2 hodiny. Rýchlosť hnedého trpaslíka dosahuje 800 000 kilometrov za hodinu!!

V minulosti delila obe hviezdy oveľa väčšia vzdialenosť. Keď sa však pôvodne normálna, Slnku podobná hviezda zmenila na sklonku svojho života na červeného obra, vzdialenosť sa dramaticky zmenšila. Rozpínajúca atmosféra červeného obra pribrzdila pohyb hnedého súputnika, takže už nedokázal vzdorovať jeho gravitácii a po špirále sa k nemu priblížil. Keď sa po kolapse obra jeho obálka rozptýlila v okolitom priestore, približovanie sa výrazne spomalilo, ale nezastavilo. Keby mal hnedý trpaslík menšiu hmotnosť ako 20 J, približovanie by neprežil. Vyparil by sa...

V priebehu 1,4 miliardy rokov sa perióda vzájomného obehu skráti o celú hodinu. Vtedy začne v tesnej dvojhviezde prebiehať stelárny kanibalizmus. Biely trpaslík začne z hnedého odsávať veľké množstvo hmoty.

Biely trpaslík WD0137-349 bol známy už dávnejšie. Hnedého trpaslíka objavili iba pomocou mimoriadne citlivého zariadenia EMMI pripojeného k New Technology Telescope na observatóriu ESO v La Silla, ktorý získal prvé spektrá slabého objektu. Ďalších 20 spektier, z ktorých vedci vyčítali údaje o perióde i hmotnosti, získal spektrograf UVES na ďalekohľade VLT.

Nature

Objav prvej terestrickej planéty na obzore?

Bezmála všetky doteraz objavené extrasolárne planéty (s výnimkou niekoľkých saturnických a dvoch horúcich neptúnických planét) majú parametre Jupitera a jeho násobkov. Môžu v takýchto sústavách existovať aj terestrické, Zemi podobné planéty? Vedci pomocou počítačov umiestnili do niekoľkých extrasolárnych sústav, v ktorých boli objavené obrie planéty, planéty podobné Zemi. Ukázalo sa, že prinajmenšom v jednom z týchto systémov by sa exoZem mohla sformovať dokonca v zelenom páse. Vo vzdialenosti, kde by sa na povrchu udržal aj dostatok vody v kvapalnom skupenstve.

V počítači namodelovali situácie štyroch blízkych exoplanetárnych systémov. V každom z nich obieha materskú hviezdu obria planéta s parametrami Jupitera. V jednom z nich by sa planéta s podmienkami pre vznik a vývoj života mohla sformovať. V druhom iba pás skalnatých objektov s parametrami Marsu a našich najväčších planétok. V ďalších dvoch systémoch nie sú pre sformovanie terestrickej planéty podobnej Zemi vhodné podmienky.

Všetky namodelované systémy sa nachádzajú vo vzdialenosti 250 svetelných rokov. V každom z nich obiehajú materskú hviezdu najmenej dve planéty joviánskeho typu, ktoré sa postupne, po špirále, z pôvodnej dráhy premiestnili tesne k hviezde, približne do vzdialenosti Merkúra.

Vedci do každého zo štyroch exoplanetárnych systémov vložili dve protoplanéty s cieľom, zistiť, či by tieto planetárne embryá dokázali v daných podmienkach nabaliť toľko materiálu, aby sa z nich sformovala exoZem. V každom systéme preverili 10 rozličných kombinácií. Základné podmienky sa nemenili. Nepatrne sa menili iba polohy a hmotnosti každej „nasadenej" protoplanéty.

Sean Raymond, vedúci tímu Arizonskej univerzity: „Boli sme šokovaní, že exoZem, (planéta čo do hmotnosti, teploty a výskytu vody podobná Zemi) by sa mohla sformovať už v jednej z prvých objavených extrasolárnych sústav."

Z posledných štúdií vyplýva, že v mnohých extrasolárnych systémoch sa vyskytujú dostatočne stabilné oblasti, v ktorých by sa mohli sformovať planéty s rozpätím hmotnosti Zem až Saturn. Zvlášť podrobne boli preštudované extrasolárne systémy 55 Cancri, HD 38529, HD 37124 a HD 74156. Vedci zistili, že obežné dráhy veľkých planét sú týchto systémoch stabilizované, takže v nich existujú podmienky pre formovanie skalnatých, terestrických planét.

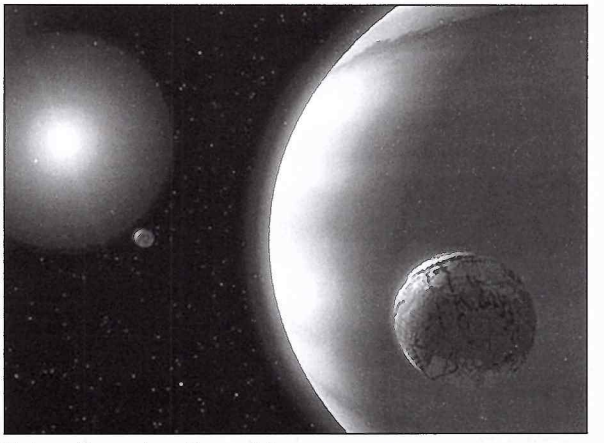
Protoplanéty, ktoré vedci nasadili medzi dve obrie planéty, mali hmotnosť Mesiaca. Ich vývoj sledovali 100 miliónov rokov. V prípade 55 Cancri sa sformovala exoZem. V systémoch HD 37124 a HD74156 sa planéty nesformovali.

Raymond: „Najviac nás prekvapil systém, v ktorom sa formovali iba planéty s parametrami Marsu či našich najväčších planétok. Objekty, ktoré si nabalili viac hmoty, sa stali nestabilnými. Vytvorilo sa však množstvo malých protoplanétok, s desatinou hmotnosti Zeme.

Z modelov vyplynulo, že prinajmenšom 100 miliónov rokov sa v skúmaných systémoch udržali podmienky, v ktorých protoplanéty mohli vyzrieť do podoby telies s hmotnosťou Mesiaca a Marsu. V namodelovaných systémoch, podobných tomu nášmu pred 4,6 miliardami rokov, vedci vo vnútre sústavy pozorovali stovky takýchto telies.

Technika nám zatiaľ neumožňuje objavy terestrických exoplanét. O plynových gigantoch zasa vieme, že sa mohli sformovať iba v určitej vzdialenosti od materskej hviezdy. Tam, kde sa pod vplyvom žiarenia z hviezdy nevyparujú kryštáliky zamrznutých plynov.

Náš Jupiter je na svojej obežnej dráhe spoľahlivo ukotvený. Prečo sa obrie planéty v niektorých exstrasolárnych systémoch po sformovaní začali spúšťať k materskej hviezde a premenili sa na horúce Jupitery, zatiaľ nevieme... Ak k tejto migrácii došlo v pokročilom štádiu vývoja planetárnej sústavy, obri nabalili väčšinu materiálu, z ktorých sa mohli sformovať terestrické planéty.



Extrasolárna planetárna sústava.

Raymondov tím uverejnil aj ďalšiu štúdiu. Pomocou 450 počítačových simulácií zmapoval obežné dráhy planetárnych obrov a vyselektoval tie, ktoré umožňujú vznik a vývoj terestrických planét. Ak je obor v tesnom susedstve protoplanéty, neumožňuje nabaľovanie skalnatého materiálu na planétu s parametrami Zeme. Zo štúdie vyplynulo, že asi 5 percent z doteraz objavených exoplanetárnych systémov môže mať Zemi podobné planéty. Tento poznatok je senzačný. Vyplýva z neho, že vo vesmíre sa vyskytuje bezpočet takých planetárnych sústav, ako je naša.

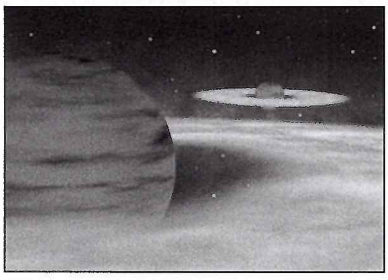
Astrophysical Journal

Oph 1622: prvá osamelá dvojplanéta

Lovci exstrasolárnych planét získali zvláštny úlovok: objavili planéty-dvojičky, ktoré nemajú materskú hviezdu. Jedna je sedemkrát, druhá štrnásťkrát hmotnejšia ako Jupiter. Pohybujú sa v priestore spolu, obiehajúc spoločné ťažisko. Ako sa takýto systém sformoval?

V prípade niektorých osamelých planét, blúdiacich vesmírom, (objavili ich zatiaľ asi 30), sa ich príbeh dá rekonštruovať, alebo aspoň odhadnúť. Každá sa sformovala v nejakom protoplanetárnom disku pri materskej hviezde, dozrievala, až kým ju gravitačný prak po kolízii so sesterskou planétou z rodnej sústavy nevyhostil.

Takéto vyhostenia sú časté v nestabilných sústavách, kde planéty, terestrické i obrie, krúžia po výstredných dráhach, alebo sa po špirále z dráhy, kde sa sformovali k materskej hviezde približujú, prípadne sa od nej, rovnako po špirále, vzďaľujú. Migrujúce planéty, najmä joviánski obri, môžu na svojej púti menšie sesterské planéty z materskej sústavy vyhostiť. V krajnom prípade môže vyhostením jednej z planét skončiť aj gravitačná kolízia dvoch plynových obrov. Ako však vysvetliť existenciu gravitačne zviazanej dvojplanéty pohybujúcej sa v priestore bez materskej hviezdy? Navyše, ak obe zložky bludného systému sú obrie joviánske planéty, ktorých hmotnosť dosahuje 7 poťažne 14J? To je záhada...



Ilustrácia znázorňuje dvojplanétu Oph1622. Vlastne nie dvojplanétu. Objavitelia navrhli, že podobné objekty, vzhľadom na ich celkom originálny pôvod, by sa nemali nazývať planétami. To, čo vidíte, teda nie sú planéty, ale planemosy.

Približne polovica Slnku podobných hviezd obieha jadro Galaxie v páre. V pároch sa pohybuje aj šestina hnedých trpaslíkov, nevyvinutých hviezd, ktoré majú menšiu hmotnosť ako 75 J. V tomto prípade však bola po prvýkrát objavená dvojplanéta: Oph 162225-340515, skrátene Oph1622.

Záhadný pár objavili na fotografii 3,5 m New Technology Telescopu na observatóriu ESO v La Silla. Hneď po objave bol na objekt zameraný 8,2 m ďalekohľad VLT, ktorý získal optické spektrum a snímky v infračervenej oblasti. Tak vedci získali istotu, že ide naozaj o dvojplanétu a nie o náhodnú konštelláciou dvoch osamelých objektov v zornom poli. Z ďalších pozorovaní vyplynulo, že oba objekty sú mladé, nachádzajú sa v rovnakej vzdialenosti od Zeme a sú príliš chladné na to, aby mohli byť hviezdami. Takmer identické fyzikálne parametre naznačujú, že ide o planetárne dvojičky, ktoré sa sformovali spoločne a približne v rovnakom čase! Je možné, že sa planéty môžu formovať nielen v prachoplynovom disku, ktorý sa vytvára okolo mladej hviezdy, ale aj vo fragmentoch kolabujúceho oblaku bez vplyvu blízkej hviezdy? Ak áno, potom existujúce teórie planétotvorby treba rozšíriť.

Dvojplanétu objavili v oblasti búrlivej hviezdotvorby Ophiuchus, vo vzdialenosti 400 svetelných rokov. Obe zložky sústavy majú približne milión rokov. Vzdialenosť medzi nimi je šesťnásobok vzdialenosti Slnko/Pluto. Objavitelia Ray Jayawardhena a Valentin Ivanov sa nazdávajú, že objekty v sústave nemôžu nazvať planétami, pretože sa s vysokou istotou nesformovali ako naozajstné planéty v protoplanetárnom disku, obiehajúceho hviezdu.

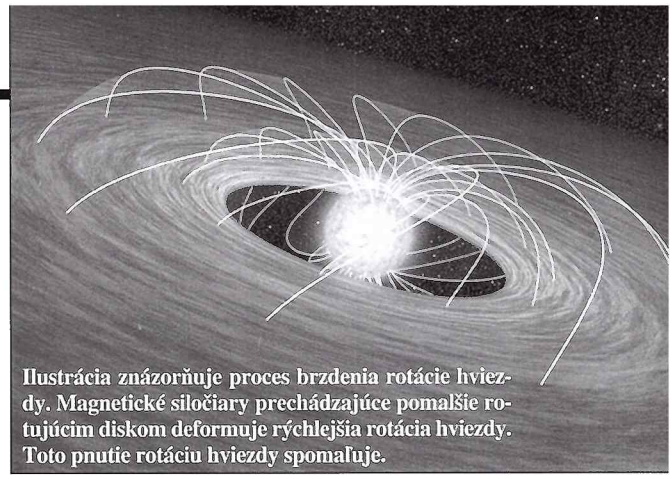
Totožnosť dvojičiek Oph1622B bola potvrdená aj spektroskopicky. Stali sa tak druhou a treťou exoplanétou, zviazanou s iným objektom, ktoré majú spoľahlivý rodokmeň. Obe však majú primát, ktorým sa zapísali do dejín astronómie. Stali sa prvou dvojplanétou, ktorej zložky sa sformovali a vyvíjajú sa bez materskej hviezdy!!!

Existencia týchto dvojičiek nabúrala aj ďalšiu teóriu, ktorá tvrdí, že hnedí trpaslíci a planéty, ktoré osamelo blúdia vesmírom sú napospol vyhnancami z viachviezdnych systémov. Prečo?

Dve planéty Oph1622 sú také vzdialené, že ich gravitačné puto je mimoriadne slabé. Takýto zväzok by sa počas dramatického vyhostenia z materskej sústavy určite rozpadol.

Dvojplanéta Oph1622 je jedným z najsenzačnejších objavov v posledných rokoch. Planetológovia sa v najbližších rokoch pokúsia zistiť, či je takýto systém ojedinelý, alebo je dvojplanét viac.

ESO Press Release



Ilustrácia znázorňuje proces brzdenia rotácie hviezdy. Magnetické siločiary prechádzajúce pomalšie rotujúcim diskom deformuje rýchlejšia rotácia hviezdy. Toto pnutie rotáciu hviezdy spomaľuje.

Disky brzdia rotáciu hviezd

Na základe údajov, ktoré získal vesmírny ďalekohľad Spitzer, vedci zistili, že prachové protoplanetárne disky, v ktorých sa formujú planéty, spomaľujú rotáciu mladých hviezd, okolo ktorých obiehajú.

Mladé hviezdy sú plné energie, rotujú neobyčajne rýchle: okolo vlastnej osi sa otočia za 12, ale i menej hodín. Rotovali by ešte rýchlejšie, ale čosi ich brzdí. Zdá sa, že brzdou, ktorú astronómovia už dlho hľadajú, by mohli byť protoplanetárne disky.

Luisa Rebull zo Spitzer Science Center skúma túto možnosť už vyše desať rokov. Hviezdy sa formujú z kolabujúceho, scvrkávajúceho sa, hustnúceho oblaku plynu, ktorý rotuje tým rýchlejšie, čím je hustejší a menší. Počas kolapsu sa časť prachu a plynu z oblaku pod vplyvom rotácie odstredí a usadí sa okolo roviny ekliptiky v podobe protoplanetárneho disku. V disku sa za istých okolností môžu sformovať planéty.

Formujúce sa hviezdy strácajú kvôli rýchlej rotácii tak veľa hmoty, že by bez spomalenia rotácie nikdy nemohli nadobudnúť takú hmotnosť a hustotu, aby sa premenili na hviezdy. Teoretici predpokladali, že rotáciu hviezd by mohli spomaľovať protoplanetárne disky, ale nevedeli ako. Najpravdepodobnejšou brzdou sa zdali byť magnetické polia hviezdy. Magnetické siločiary *(pozri obrázok)* prechádzajú aj diskom, pričom ich jeho pohyb unáša, deformuje, ohýba, pretože hviezda rotuje rýchlejšie ako disk! Diskom spútané magnetické polia hviezde nedovolia, aby rotovala rýchlejšie.

Spitzer túto teóriu potvrdil. Tento satelit vypustili v auguste 2003. Infračervené vesmírne observatórium je priam stvorené na vyhľadávanie protoplanetárnych diskov. Prach v diskoch je totiž horúci, zahrievaný svetlom hviezdy, a preto intenzívne žiari na infračervených vlnových dĺžkach.

Rebullovej tím preskúmal 500 diskov mladých hviezd v hmlovine Orion. Rozdelili ich na rýchlych a pomalých rotátorov a zistili, že pomaly rotujúcich hviezd, ktoré majú disk, je päťkrát viac ako rýchle rotujúcich. „V oblasti, ktorú sme študovali, disky rotáciu hviezd brzdia. Rozličné oblasti však majú rozličné vlastnosti. Inde sa hviezdy môžu správať inakšie," vyhlásila Rebullová. „V budúcnosti budeme musieť preskúmať aj vplyv iných faktorov, hviezdnych vetrov či gravitácie sformovaných sa planét.

Ak je pravda, že protoplanetárne disky spomaľujú rotáciu hviezd, platí aj to, že hviezdy s planétami rotujú pomalšie ako hviezdy bez planét? Nie vždy. Niektoré, pomalšie rotujúce hviezdy, vytvárajú disky oveľa dlhšie. Môže sa preto stať, že pôvodne pomalšie rotujúca hviezda rotuje po uplynutí istého času rýchlejšie ako jej identická sestra z rovnakej kolísky, pretože svoj disk vytvorila zdĺhavo, a ten ju preto začal oveľa neskoršie brzdiť.

Pretrvávajúce nejasnosti okolo rýchlosti rotácie hviezd znepokojujú najmä lovcov planét. Ako vplýva rotácia mladej hviezdy na formovanie disku, už tušíme. Do akej miery rýchlosť rotácie materskej hviezdy vplýva na formovanie planét? Predbežne sa nazdávame, že planéty sa formujú najmä okolo pomaly rotujúcich hviezd. Naše Slnko je lenivá hviezda. Okolo vlastnej osi sa otočí raz za 28 dní. Ani lovci planét zatiaľ nenašli exoplanétu okolo rýchle rotujúcej hviezdy.

Možné je, že planéty sa formujú aj okolo rýchle rotujúcich hviezd. Či je to naozaj tak, zistíme až vtedy, keď bude v prevádzke ďalšia generácia pozemských a vesmírnych ďalekohľadov.

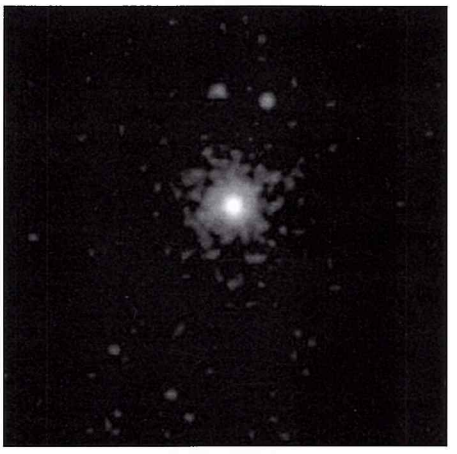
Spitzer Press Release

Je Proxima Centauri osamelou hviezdou?

V každej učebnici astronómie stojí, že Proxima Centauri je našou najbližšou hviezdou. Svetlo Slnka k nej letí iba 4,2 svetelného roka. Odvtedy, ako vedci po prvýkrát určili túto vzdialenosť sa traduje, že Proxima je súčasťou trojhviezdnej sústavy Alpha Centauri. V 90. rokoch sa však objavil názor, že Proxima Centauri je sólohviezda, ktorá sa tam, kde je teraz, ocitla náhodou počas svojej sólocesty okolo jadra slnečnej sústavy. Ale poporiadku:

Škótsky astronóm Thomas Henderson už v roku 1839 vypočítal, že Alpha Centauri je najbližším hviezdnym systémom. Zmeral posun hviezdy oproti pozadiu z dvoch protiľahlých polôh Zeme na jej obežnej dráhe. Vzdialenosť Alpha Centauri odhadol na 2,7 svetelných rokov. Dnes vieme, že skutočná vzdialenosť systému je 4,4 svetelných rokov, ale na tie časy to bol úctyhodný výkon.

Proxima Centauri získala prívlastok najbližšej hviezdy v roku 1917, keď zmerali jej paralaxu. Vzdialenosť určili na 4,2 svetelných rokov. Vzhľadom na to, že sa nachádza blízko dvojhviezdy Alpha Centauri a pohybuje sa po oblohe tým istým smerom, astronómovia usúdili, že ide o trojhviezdnu sústavu.



Röntgenovú snímku hviezdičky Proxima Centauri získal satelit Chandra.

Pred dvanástimi rokmi sa zistilo, že dvojhviezda Alpha Centauri nemá dostatočne veľkú gravitáciu na to, aby udržala vo svojej rodine aj pomerne vzdialenú, hoci malú Proximu. Z toho vyplynulo, že nepatrí do rodiny Alpha Centauri, ale sformovala sa v inom prachoplynovom oblaku, a tam, kde je, sa ocitla iba náhodou, a bude tam, hoci sa pohybuje rovnakým smerom ako Slnko a dvojhviezda Alpha Centauri, iba dočasne.

Najpresnejšie údaje o hmotnosti, rýchlosti a pohyboch hviezd zo sústavy Alpha Centauri získala v roku 1997 astrometrická sonda Hipparcos. Tieto údaje sa v priebehu posledných rokov ešte spresnili. Po ich analýze tímom Kalifornskej univerzity sa zistilo, že Proxima Centauri s najväčšou pravdepodobnosťou obieha gravitačný stred sústavy Alpha Centauri. Obieha ho po extrémne excentrickej dráhe a momentálne sa nachádza na jej od nás najvzdialenejšom bode.

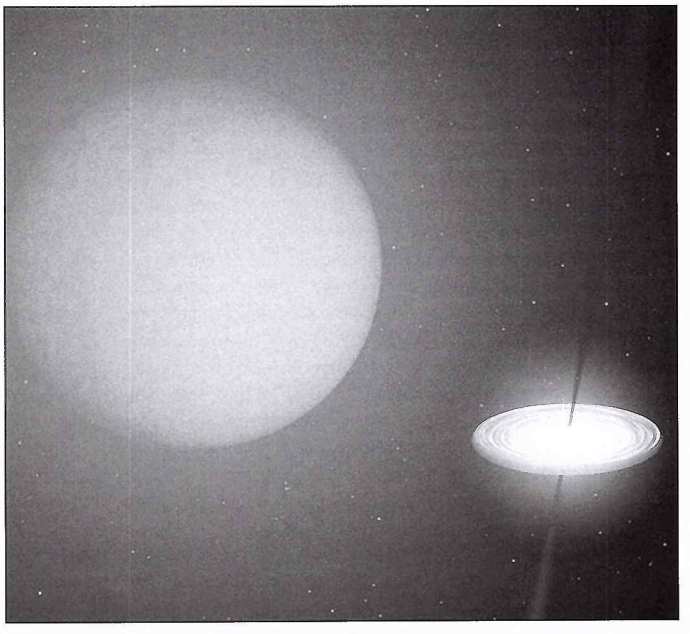
Či ide o sesterskú hviezdu, ktorá spolu so zložkami sústavy Alpha A a B vznikla v spoločnej kolíske, alebo bola touto dvohviezdou zachytená, predbežne nevieme. Jedno je isté: v prípade, že by sme k nej vyslali sondu, budeme ju môcť správne navigovať. Proxima Centauri bude tam, kde momentálne je. **Universetoday**

Dráma v sústave RS Ophiuchi

Začiatkom tohto roku zaznamenali výbuch novy v sústave RS Ophiuchi. Ide o dvojhviezdu, ktorej zložkami sú biely trpaslík a červený obor, ktoré obiehajú spoločné ťažisko. Biely trpaslík sa však na svojej dráhe prediera napuchnutou obálkou obrieho suseda, pričom strháva hmotu na svoj povrch. Kolízia väčšieho balíka hmoty s povrchom bieleho trpaslíka spôsobila explóziu, ktorá sa prejavila ako nova. Nie je vylúčené, že v budúcnosti, po pohltení väčšieho balíka hmoty z červeného obra, vzplanie biely trpaslík ako supernova.

12. februára 2006 sa na oblohe objavila nova. Trpasličia hviezda vzplanula takým svetlom, že ju mohlo rozlíšiť aj ľudské oko. Spôsobila to termojadrová explózia, ktorá obnažila jadro bieleho trpaslíka a rozmetala jeho vonkajšiu obálku.

Vzplanutie novy nie je nijakou zvláštnosťou, táto však astronómov zaujala. Predpokladajú totiž, že ide iba o predohru oveľa väčšieho ohňostroja, výbuchu supernovy v ďalekej budúcnosti. Výbuchy supernovy sú také jasné, že ich možno pozorovať aj zo vzdialenosti miliárd kilometrov. Sústava RS Ophiuchi sa však nachádza v našej Galaxii, takže astronómovia majú príležitosť prehĺbiť svoje znalosti o evolúcii jednej zo zriedkavých hviezdnych sústav, v ktorej dozrievajú podmienky na výbuch supernovy.



Ilustrácia znázorňuje dvojhviezdu RS Ophiuchi: červeného obra s rozpínajúcou sa obálkou, v ktorej blúdi biely trpaslík, momentálne krátko po výbuchu novy. Všimnite si výtrysky a prstenec.

RS Ophiuchi sa nachádza vo vzdialenosti 5000 svetelných rokov. Jednou z jeho zložiek je hustý biely trpaslík, nie väčší ako Zem, ale s hmotnosťou väčšou ako má Slnko. Druhou zložkou je umierajúci hviezdny obor. Silné vetry z červeného obra hrnú materiál aj smerom k trpaslíkovi. Keď sa nahromadí isté množstvo hmoty a gravitácia bieleho trpaslíka ho pritiahne na povrch, kolízia vygeneruje gigantickú termojadrovú explóziu.

Červený obor, ako to už na sklonku života týchto hviezd býva, sa rozpína. Biely trpaslík ho obieha, brázdiac hmotu tejto obálky. Toto odhŕňa materiál obálky a vyvoláva rázovú vlnu. Tá zohrieva plyn do takej miery, že emituje energetické röntgenové žiarenie a urýchľuje aj pohyb elektrónov. Urýchlené elektróny generujú rádiové vlny.

Astronomické satelity i pozemské ďalekohľady študujú RS Ophiuchi na mnohých vlnových dĺžkach. To, čo nepriamo prezradia röntgenové lúče, zviditeľnia rádioteleskopy. Medzi nimi i jeden z najvýkonnejších svojho druhu – Very Long Baseline Array.

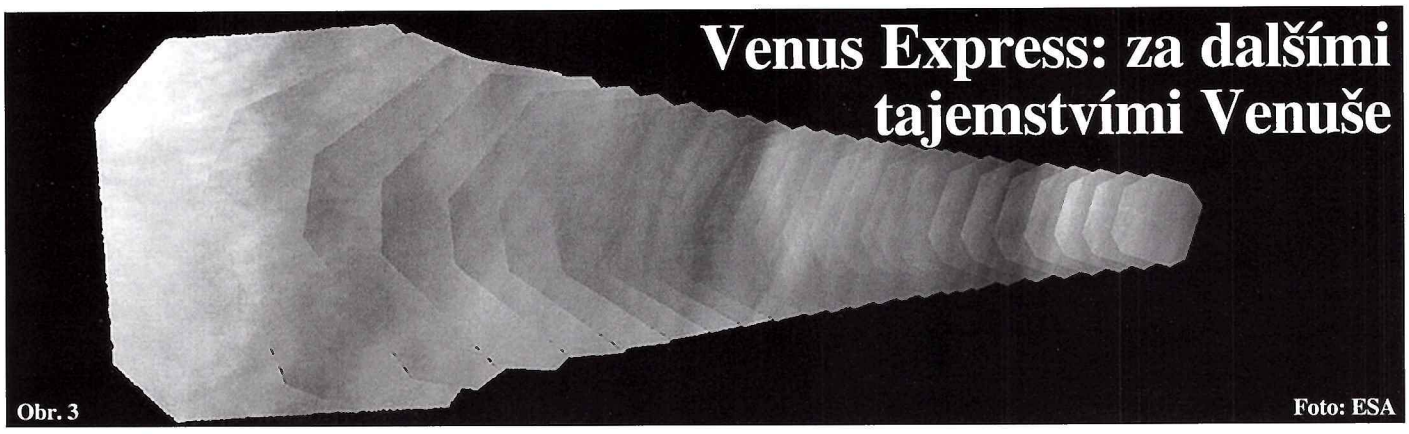
Už prvé údaje prezradili, že explózia bola oveľa komplexnejšia ako si vedci pôvodne mysleli. Teória (i na základe počítačových modelov) predpokladá, že hmota vyvrhnutá výbuchom sa šíri rovnomerne na všetky strany ako rozpínajúca sa guľa. Ukázalo sa však, že po výbuchu sa vytvorili dva protiľahlé výtrysky a čosi ako pokrčený prstenec.

Sústava podobná RS Ophiuchi môže za istých podmienok vzplanúť aj ako supernova. Vieme, že všetky výbuchy supernov tohto typu (1a) nastanú vtedy, keď biely trpaslík nasaje toľko hmoty, aby nadobudol kritickú hmotnosť. Preto explózie týchto supernov majú takmer identickú jasnosť. Je samozrejmé, že tieto supernovy sú priam ideálnymi „štandardnými sviecami", pomocou ktorých astronómovia odhadujú vzdialenosti.

Vedci na základe údajov zo satelitu Rossi X-Ray Timing Explorer vypočítali, že biely trpaslík má 1,4 hmotnosti Slnka, čo je hodnota, ktorá sa iba nepatrne odlišuje od kritickej, pri ktorej biely trpaslík začne kolabovať. Tá chvíľa sa blíži, hoci do výbuchu nás delia ešte milióny rokov.

CfA News Release

Venus Express: za dalšími tajemstvími Venuše



Obr. 3 Foto: ESA

V minulém Kozmosu jsme se s evropskou sondou Venus Express rozloučili na konci letošního června. Její technický stav byl výtečný, vrásky výzkumníkům na čele působil jen skener PFS, který se zablokoval a přes veškerou snahu jej nebylo možné uvést do provozu.

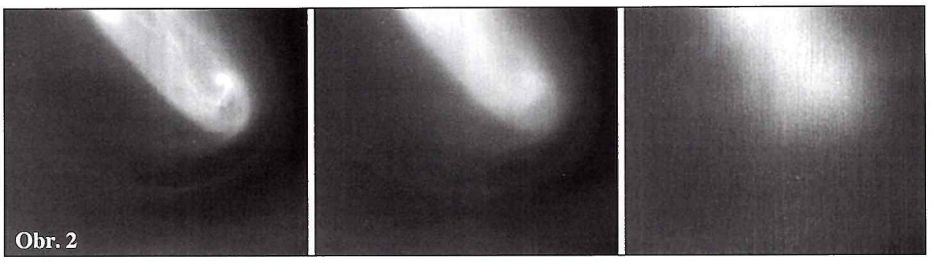
Čtvrtého července 2006 byla zveřejněna první hodnotící zpráva sondy „Mission Commissioning Results Review". Z vědeckého hlediska v ní nebylo nic nového, co bychom v minulém Kozmosu nepřinesli. Za zmínku stojí jen několik technických opatření, která byla přijata na základě zkušebního provozu (např. zlepšení monitorování palubní teploty sondy za účelem zvýšení bezpečnosti). Zpráva obsahovala i několik návrhů řešení problémů se skenerem PFS, ale ani jeden z nich se do uzávěrky tohoto Kozmosu neukázal funkční...

Z formálního hlediska nicméně došlo k ukončení zkušebního provozu a přechod sondy Venus Express do módu operačního. A s přívalem dat včetně jejich interpretace se roztrhl pytel... Největší pozornost poutal velký atmosférický vír nad jižním pólem planety. „Když se díváme na tento gigantický vír do různých hloubek, zjišťujeme, jak moc se jeho tvar mění s výškou," uvádí Pierre Drossart, jeden ze spolutvůrců přístroje VIRTIS z Observatoire de Paris. „Je to skoro jako bychom se dívali na různé struktury, a ne na jedinou. A nová data ukazují ještě větší rozdíly..." *(Snímek jižní polární oblasti v ultrafialovém spektru viz obr. 1; detaily víru jsou na obr 2.)*

Proč je ale vír vertikálně tak pestrý, zůstává nezodpovězené. A je z toho nová záhada pro evropské vědce – a k jejímu odkrytí má posloužit práce Venus Express.

Snímky v ultrafialovém spektru z kamery VMC zase ukazují komplexní morfologii oblačných vrstev. Jedno z nejdůležitějších potvrzení první sady získaných dat přitom potvrzuje existenci „UV absorbérů", což jsou ultrafialové vrstvy na vrcholech mraků (*viditelné na mozaikových snímcích z VMC jako tmavá místa – viz obr. 3*). Tyto pohlcují přes polovinu slunečního záření. Která substance toho způsobuje – to je další hádanka.

„Pochopení původu těchto oblastí a co způsobuje jejich vysokou absorpční sílu je nyní jedním z hlavích úkolů [mise] Venus Express," říká Wojciech J. Markiewicz, VMC Principal Investigator z Max Planck Institute v Lindau (Německo). „Nyní máme potvrzení jejich existence, takže můžeme začít pracovat na tom, jakého jsou původu. Díky jejich úžasné absorpční síle jsou velmi důležitým klíčem k pochopení radiační a termální stability planety stejně jako dynamiky atmosféry."

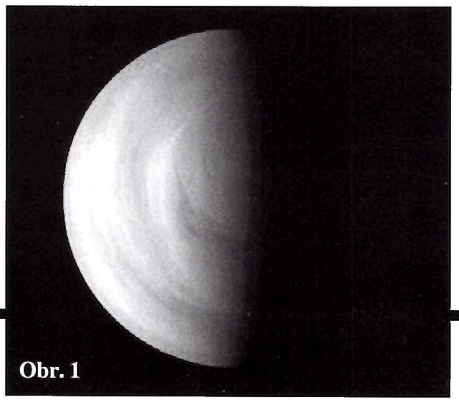


Obr. 2

S pomocí přístrojů na palubě Venus Express také dochází ke sledování pohybu oblačnosti a k charakteristikám rychlosti větru. „Nyní můžeme poprvé provést kvalitativní vyhodnocení větrných polí a cirkulace, které odpovídá dřívějším zjištěním z průletu sondy Galileo nad severním pólem [planety]," uvádí Giuseppe Piccioni (spolutvůrce přístroje VIRTS). „Teď shromažďujeme další data z rozdílných vrstev atmosféry, abychom získali přesný model."

A Pierre Drossart (další z týmu vědců kolem VIRTS) dodává: „Získáváme první informace o chemických komponentech v atmosféře. S [přístrojem] VIRTIS můžeme vidět do atmosféry hlouběji než při jakékoliv předchozí misi, takže už jsme mohli začít skládat data o dosud neznámém chemickém složení nižších vrstev atmosféry, abychom mohli vytvořit globální obraz. Studování proměnlivosti složení atmosféry v různých vrstvách a hloubkách je také velmi důležitým zdrojem informací o globálním atmosférickém pohybu."

Při pohledu na nejvyšší vrstvy atmosféry přitom čekalo na vědce další překvapení. Dosud jsme se domnívali, že dvacet kilometrů silná vrstva nejvyšší oblačnosti na Venuši zasahuje do výše až 65 km. Jenomže měření (sledování „východů" hvězd nad noční stranou planety) prokázala, že neprůhledná mlha nad noční stranou Venuše zasahuje až do 90 km – jinak sahá až do výšky 105 km, ale už je průhledná (řidší). „Na Zemi je atmosféra zcela průzračná ve výškách nad dvacet kilometrů," doplňuje Jean-Loup Bertaux (autor přístroje SpicaV). „Jsme opravdu překvapeni zjištěním, jak nečekaně vysoko oblačnost Venuše zasahuje." Fenomén je možná způsoben kondenzací ledových krystalů na noční straně, ale je příliš brzy na to vyloučit i další vysvětlení. „Teď potřebujeme získat a studovat další data, abychom pochopili tento jev ve vysokých vrstvách atmosféry – tedy v oblasti, která byla před průzkumem přístrojem Spica V zcela neprobádaná," dodává Bertaux.



Obr. 1

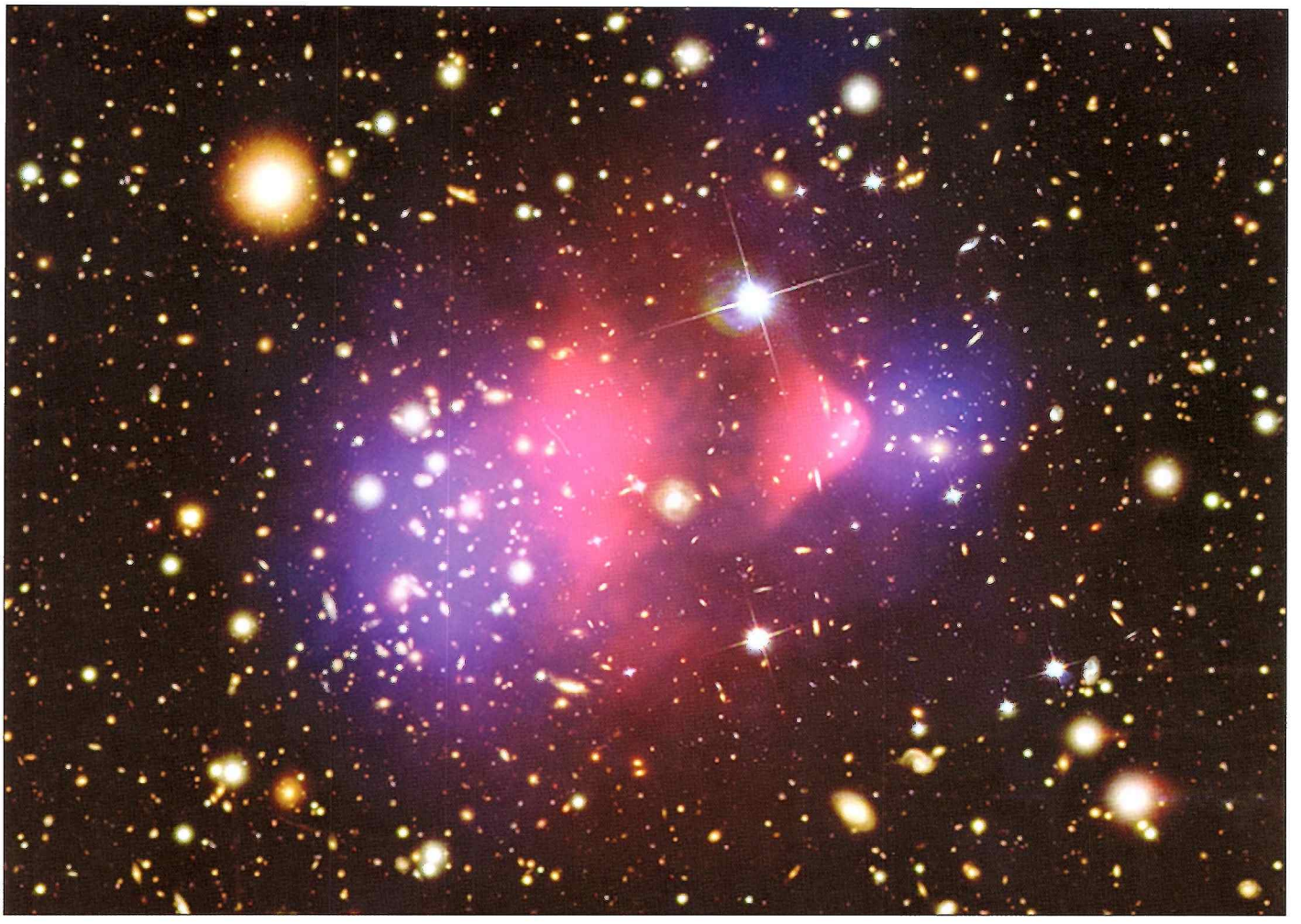
Zároveň vyjádřil uspokojení z objevení těžké vody v atmosféře pomocí spektrometru SOIR. „Nalezení těžké vody v atmosféře planety a její percentuální poměr k normální vodě je velmi důležité k porozumění toho, kolik vody bylo přítomno na planetě v minulosti a o kolik již přišla."

„Množství vodní páry v atmosféře dnes by stačilo planetu pokrýt třícentimetrovou vrstvou vody. Pokud zjistíme, že těžká voda coby stopa původní vody je masivně přítomna v horních vrstvách atmosféry, odkud může mnohem snadněji uniknout, pak množství vody v minulosti mohlo odpovídat vrstvě několik set metrů silné."

A konečně: s pomocí přístroje ASPERA dochází ke studování procesu úniku jednotlivých složek z atmosféry. Zatím byl detegován např. masivní únik kyslíku. „Prvotní informace potvrzují silnou interakci mezi slunečním prostředím a atmosférou Venuše – planety bez magnetického pole, které by ji chránilo před slunečním větrem," uvádí Stanislav Barabash, ASPERA Principal Investigator ze Swedish Institute of Space Physics ve švédské Kiruně. „Studium interakce přitom poskytuje důležité články v komplexním řetězci mechanismů, jimiž jsou atmosférické plyny uvolňovány do vesmíru, a o tom, jaký měl tento proces vliv na klima Venuše v minulosti."

Jinak rutinní mise Venus Express byla narušena dne 26. srpna 2006, kdy sonda přešla do bezpečného módu, ale prakticky ihned se podařilo obnovit její normální provoz. V době uzávěrky tohoto Kozmosu teprve probíhalo šetření incidentu.

TOMÁŠ PŘIBYL



Kombinovaná snímka (optická a röntgenová) kopy galaxií 1E0657-56, ktorá sa sformovala po zrážke dvoch kôp galaxií. Ide o doteraz najenergetickejšiu udalosť s výnimkou big bangu. Dva ružové chuchvalce obsahujú zväčša normálnu, baryonickú hmotu. Galaxie sú oranžové a biele. Modrá farba vymedzuje oblastí, kde sa skoncentrovala najmä tmavá hmota.

Priamy dôkaz existencie tmavej hmoty?

Tmavá hmota a normálna hmota sa po kolízii dvoch veľkých galaxií oddelili. Údaje, ktoré o tejto kataklizme zaznamenal röntgenový satelit Chandra, ale aj ďalšie ďalekohľady, hodnotia vedci ako doteraz najpresvedčivejší, priamy dôkaz existencie tmavej hmoty.

„Táto, doteraz najenergetickejšia udalosť okrem big bangu nám poskytla dôkaz, že väčšina hmoty vo vesmíre je tmavá," tvrdí Maxim Markevitsch z Harvard Smithsonian Center for Astrophysics v Cambridge, USA.

Väčšina vedcov o tomto fakte už dávno nepochybuje. Skeptikov je čoraz menej, ale ich námietky nie sú celkom neopodstatnené. Niektoré z najnovších teórií hovoria, že gravitácia vo veľkých škálach pôsobí silnejšie, ako predpokladali Newton a Einstein. Efekty, ktoré kolízia spôsobila, však tieto teórie poriadne podkopali.

Normálna hmota v kopách galaxií – atómy, z ktorých sa formujú planéty či hviezdy, sa vyskytuje najmä vo forme prachu a plynu. Množstvo horúceho plynu medzi galaxiami je oveľa väčšie ako hmota všetkých hviezd vo všetkých galaxiách. Táto normálna, viditeľná hmota je viazaná v kope galaxií gravitáciou nepomerne hmotnejšej tmavej hmoty. Keby tmavej, nedetegovateľnej hmoty (prejavuje sa iba gravitáciou) v kopách galaxií nebolo, hviezdne súostrovia a oblaky plynu by sa už dávno roztratili v priestore.

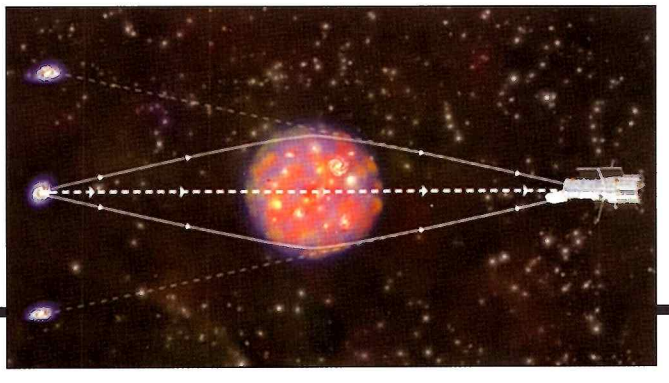
Tím z Arizonskej univerzity vyše 100 hodín pomocou röntgenového satelitu Chandra pozoroval kopu galaxií IE0657-56. Táto kopa má prívlastok „guľatá", pretože jej súčasťou je guľatý oblak plynu s teplotou sto miliónov stupňov. Tvar tohto oblaku vytvoril vietor, produkt kolízie väčšej a menšej kopy galaxií, ktoré sa pohybovali vysokými rýchlosťami.

Vedci doplnili röntgenové snímky zo satelitu Chandra pozorovaniami Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu a pozemského VLT/ESO.

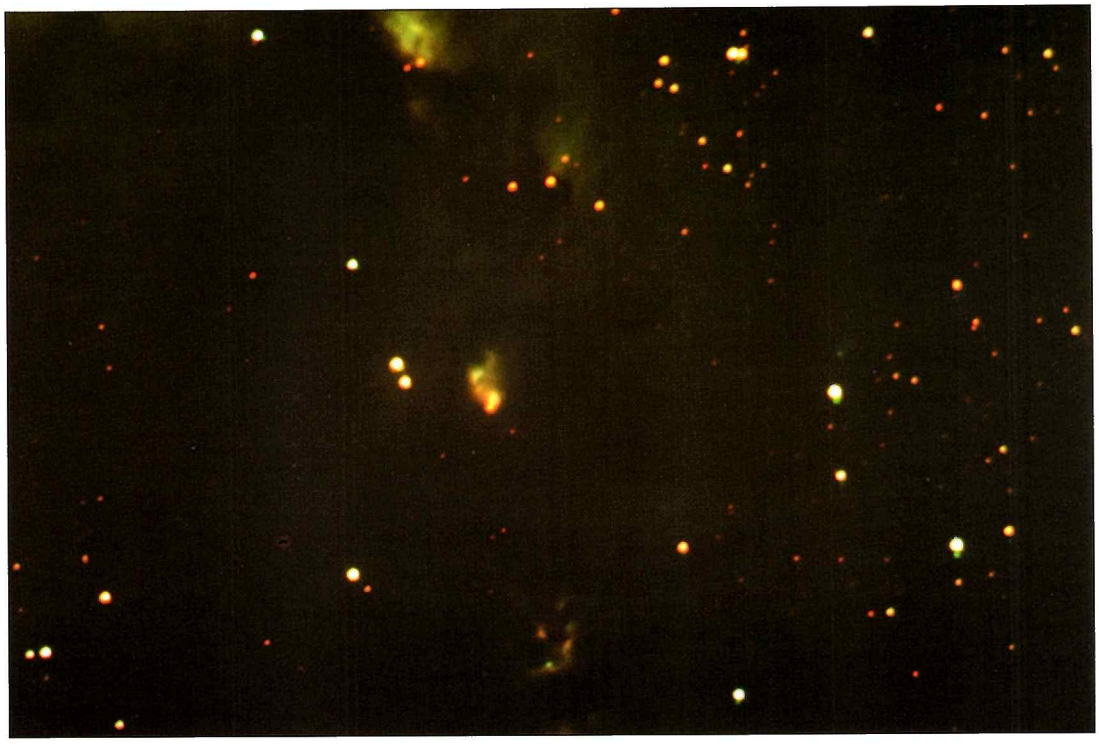
Tak zistili rozloženie hmoty v kope. Pomohli si najmä šošovkovaním svetla vzdialených galaxií hmotou skúmaných galaktických kôp. Ukázalo sa, že plyn počas kolízie čosi pribrzdilo. Akoby vnikol do hustej atmosféry... Naproti tomu tmavú hmotu kolízia nespomalila, pretože tá interaguje s iným ostrovom tmavej hmoty či s plynom iba gravitačne. Tmavá a normálna hmota sú preto jasne rozlíšiteľné. Keby bol plyn najhmotnejšou súčasťou kopy (tak ako to tvrdia prívrženci alternatívnych teórií), takúto separáciu by sme nepozorovali.

Kozmológovia prijali výsledky tímu s nadšením. Ignorovať ich nebudú môcť prívrženci žiadnej z alternatívnych teórií, nakoľko fakty jednoznačne ukázali, že Newtonova gravitácia funguje rovnako na Zemi i vo veľkoškálových štruktúrach kôp galaxií.

NASA Press Release



Tejto kombinovanej ilustrácii šošovkovanej kopy galaxií sa dobre prizrite: tam kde dominuje modrá, objavili najviac hmoty. Ide o tmavú hmotu, ktorá je jasne oddelená od fialovej, normálnej hmoty. Galaxie kopy sú zvýraznené bielou a oranžovou farbou.



McNeillova hmlovina v Orione bola objavená v januári 2004 po vzplanutí protohviezdy V1647 Ori, ktorá ju osvetľuje. Snímka, získaná 4. 12. 2004 CCD kamerou umiestnenou v Newtonovom ohnisku 0,5 m ďalekohľadu Astronomického ústavu SAV v Starej Lesnej, vznikla zložením 63 expozícií vo filtroch V, R_c, I_c. Limitná magnitúda je 20.

Autor snímky: T. Pribulla

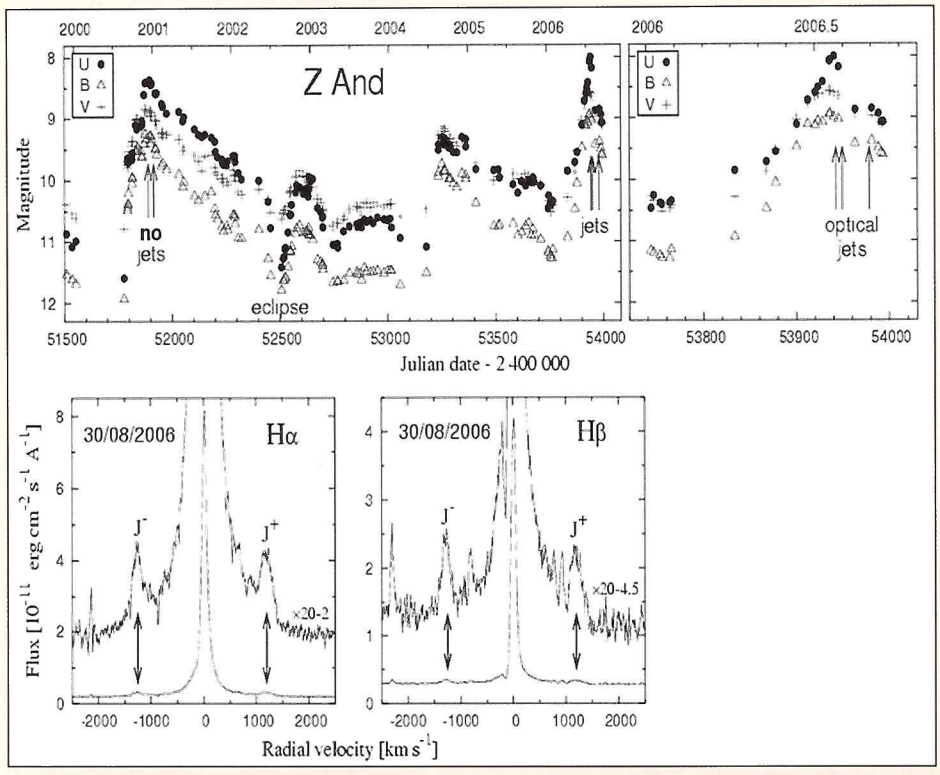
Prvá detekcia bipolárnych výtryskov v sústave Z And – prototype skupiny symbiotických hviezd

Oznamujeme, že v sústave Z And, prototype skupiny symbiotických hviezd, sme počas vzplanutia objavili spektrálne rysy usmernených bipolárnych výtryskov, detegovaných po optickom maxime jasnosti.

Naša nová $UBVR_C$ fotometria získaná na observatóriách Astronomického ústavu SAV ukazuje postupný nárast jasnosti objektu od 7. apríla 2006 (U = 9,86, B = 10,94, V = 10,29 a R_C = 9,27) do 19. júla 2006 (U = 8,06, B = 8,94, V = 8,58 a R_C = 8,10). Ide o najvyššie zaznamenané maximum jasnosti od roku 1983.

30. augusta 2006 o 19. hodine svetového času sme 1,88 m ďalekohľadom observatória David Dunlop Univerzity v Toronte získali vysokodisperzné spektrá Z And (R = 11000) v spektrálnych oblastiach 6430 – 6700 Å a 4620 – 4915 Å. Vodíkové čiary Hα a Hβ vykazovali silnú centrálnu emisiu v blízkosti laboratórnej vlnovej dĺžky, obklopenú slabšími satelitnými emisiami s rýchlosťami –1260 a +1210 km/s v obidvoch čiarach. Celkové toky v týchto emisiách, zodpovedajúcim výtryskom, dosiahli 5,4 a 2,3×10^{-12} erg/s/cm^2 v čiarach Hα a Hβ. FWHM (celková šírka v polovici maxima) fialovej emisie bola 183 km/s a červenej emisie 204 km/s. Okrem toho, bola detegovaná silná absorpčná zložka v profiloch čiar Hβ a HeI 4713 Å s rýchlosťami –150 a –90 km/s. Všetky radiálne rýchlosti sú heliocentrické. Bipolárne výtrysky v optickom spektre Z And boli zaznamenané po prvý raz.

A. Skopal, T. Pribulla
Astronomický ústav SAV
Astronomer's Telegram č. 882, 14. septembra 2006



Horný panel ukazuje svetelné krivky Z And v U, B a V filtroch, ktoré pokrývajú dve hlavné vzplanutia s maximom v decembri 2000 a júli 2006. V pravej časti je detail svetelnej krivky posledného vzplanutia, počas ktorého Z And dosiahla historické maximum jasnosti okolo 19. júla 2006. Po maxime boli po prvýkrát v spektre Z And pozorované bipolárne výtrysky (jety) ionizovanej hmoty od centrálnej hviezdy s radiálnymi rýchlosťami približne ±1250 km/s. Pre sklon obežnej dráhy 76° to znamená, že vyvrhnutá hmota sa v priestore pohybuje vo forme výtryskov rýchlosťou až 5000 km/s. Dva spodné panely ukazujú indikáciu týchto výtryskov v profiloch vodíkových čiar Hα a Hβ (označené ako J^+, J^-). Symbiotická dvojhviezda Z And vyzerá podobne ako dvojhviezda RS Oph na str. 11 tohto čísla.

Protohviezda V1647 Ori:
FUor, EXor, či reprezentant nového typu objektov?

RNDr. DRAHOMÍR CHOCHOL, DrSc.

Štúdium erupcií veľmi mladých hviezd – protohviezd, je dôležité nielen pre porozumenie raných štádií ich vývoja, ale aj odhalenie fyzikálnych procesov, ktoré hviezdny vývoj ovplyvňujú.

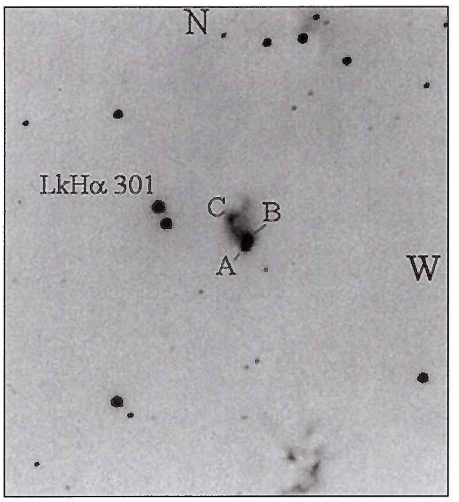
Hviezdy sa rodia vo vnútri obrovských plynových mračien nazývaných *hmloviny*, akou je napr. hmlovina v Orione. Sú to oblasti, v ktorých je plyn a prach, v dôsledku gravitačného vplyvu okolitých hviezd, ale aj v dôsledku procesov súvisiacich s vývojom predchádzajúcich hviezd, rozložený nehomogénne. V oblastiach mračien s väčšou hustotou sa začínajú vytvárať zhustky – chuchvalce hmoty, ktoré v dôsledku pohybov v mračne rotujú. Čím viac hmoty sa v chuchvalci naakumuluje, tým viac rastie jeho gravitačné pôsobenie na okolitú látku. Centrálne, hustejšie oblasti chuchvalca, kolabujú rýchlejšie než menej husté vonkajšie oblasti. Počiatočný kolaps jadra chuchvalca je rýchly a trvá rádovo desiatky tisíc rokov. V centre sa sformuje protohviezda – embryonická hviezda, ktorej hmotnosť postupne rastie akréciou ďalších vrstiev chuchvalca, vytvárajúcich *akréčny disk*. Akrécia vonkajšej redšej obálky na protohviezdu už prebieha pomalšie – trvá milióny rokov. Rastúca gravitácia priťahuje okolohviezdny materiál, čo môže spôsobovať explózie v akréčnom disku. Protohviezda získava energiu z gravitačnej kontrakcie a akrécie a je zdrojom intenzívneho *hviezdneho vetra*, usmerneného akréčnym diskom do dvoch protiľahlých prúdov. Dochádza k tzv. *bipolárnemu* odtoku hmoty. Hviezdnym vetrom môže uniknúť z rodiacej sa hviezdy materiál s hmotnosťou až 0,4 hmotnosti Slnka. Podľa toho, koľko materiálu takéto hviezdy obsahujú, pozorujeme ich buď ako málohmotné, relatívne chladné, *T Tauri* hviezdy o hmotnosti 0,5 – 2 hmotnosti Slnka, alebo hmotnejšie *Herbig-Bellove* hviezdy, známe aj ako *Ae/Be* hviezdy – mladé hviezdy spektrálneho typu A alebo B s emisnými čiarami, nachádzajúce sa v tmavých mračnách medzihviezdnej hmoty, ktoré osvetľujú jasnú hmlovinu v ich bezprostrednej blízkosti.

K náhlemu zjasneniu hmloviny, ktorá obklopuje rodiacu sa hviezdu, dochádza aj pri prudkom náraste jej jasnosti v dôsledku explózie v akréčnom disku. K takémuto javu došlo aj koncom roku 2003 u protohviezdy V1647 Orionis, optickom náprotivku infračerveného zdroja IRAS 05436-0007. Hmlovinu, ktorú táto hviezda osvetlila, objavil Julian W. McNeil z USA 7,6 cm refraktorom 23. januára 2004. Hmlovina s uhlovými rozmermi 78″×57″ sa nachádza v tmavom mračne medzihviezdnej hmoty Lynds 1630 v blízkosti známej hmloviny M 78 v Orione. Priebeh erupcie, pri ktorej sa hviezda zjasnila takmer o 5 magnitúd, pričom dosiahla ~14,5 magnitúdu v I_C oblasti spektra, sme v rokoch 2004 a 2005 pozorovali pomocou CCD kamery umiestnenej v Newtonovom ohnisku 0,5 m ďalekohľadu observatória v Starej Lesnej. Farebná snímka McNeilovej hmloviny, získaná týmto ďalekohľadom 4. decembra 2004 zložením CCD snímok vo $V(RI)_C$ oblastiach spektra (index C označuje Coussinsove filtre), je na *14. strane*. CCD snímka McNeillovej hmloviny s jej najjasnejšími oblasťami A, B, C je na *obr. 1*.

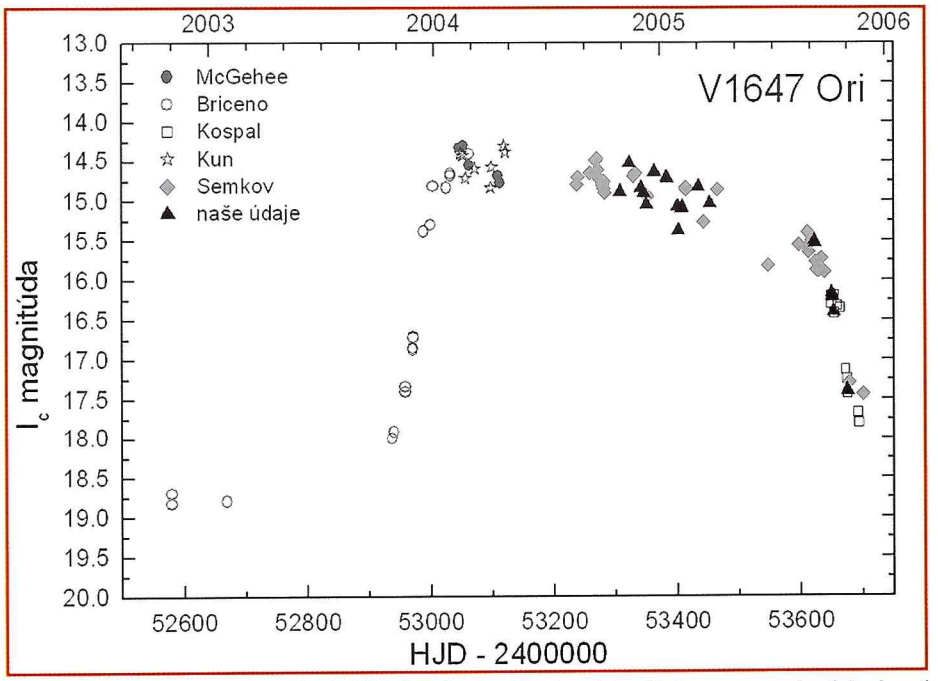
Podobné erupcie ako u protohviezdy V1647 Ori môžeme pozorovať u dvoch typov protohviezd FU Ori *(FUory)* a EX Lupi *(EXory)*. U FUorov sa protohviezda zjasní o 5 – 6 magnitúd a trvá celé desaťročia, než poklesne na pôvodnú jasnosť pred vzplanutím. Erupcia FU Ori trvá už vyše 70 rokov. Väčšina EXorov vykazuje erupcie v trvaní od 6 mesiacov do jedného roka, v prípade V1143 Ori až 4 roky. Kým EXory sú charakterizované viacnásobnými erupciami, erupcie FUorov boli registrované iba raz. Ako je vidieť z *obr. 2*, erupcia V1647 Ori trvala 26 mesiacov. Podobná erupcia bola zaznamenaná aj v roku 1966 s dĺžkou trvania v rozmedzí 5 – 20 mesiacov. Dĺžka trvania erupcie a rekurencia javu zaraďuje V1647 Ori medzi EXory. Niečo iné ale hovorí spektroskopia.

Počas erupcií vykazujú FUory absorpčné spektrá nadobrov spektrálneho typu F alebo G, v spektrách EXorov dominujú emisie typu T Tauri. Zatiaľ čo FUory sú rýchlo rotujúci nadobri s akréčným diskom, silným odtokom hmoty hviezdnym vetrom a prachovou obálkou, EXory sú aktívne T Tauri hviezdy s magnetosférickou akréciou. Spektrálne rozdelenie energie V1647 Ori pred a po erupcii sa podobá skôr známym FUorom než EXorom. Ani optické spektrum V1647 Ori, raného B typu, detegované v r. 2004 v odrazenom svetle z hmloviny Bricenom a kol., nie je v súhlase so spektrami typu T Tauri pozorovanými pri erupciách EXorov. Na druhej strane, blízke IR spektrum s prítomnosťou CO pásov v emisii na 2,3 – 2,5 μm a chýbajúce absorpcie vody na 1,4 a 1,9 μm odlišujú spektrum V1647 Ori aj od FUorov, v spektre ktorých dominujú CO absorpcie. Zdrojom CO emisií, pozorovaných aj u iných mladých hviezd, by mohli byť husté horúce oblasti akréčneho disku. Z týchto dôvodov autor tohto článku v práci, uskutočnenej v kooperácii s talianskymi astronómami a prijatej do tlače v astronomickom časopise Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, naznačil, že objekt V1647 Ori by mohol byť prototypom novej triedy objektov. Protohviezda OO Ser, ktorá sa zjasnila v rokoch 1994 – 95 o 5 magnitúd a vrátila sa do stavu pred erupciou v r. 2004, by mohla byť ďalším členom tejto triedy.

DRAHOMÍR CHOCHOL
Astronomický ústav SAV



Obr. 1: **CCD snímka McNeillovej hmloviny s jej najjasnejšími oblasťami A,B a C. Bodový zdroj A je protohviezda V1647 Ori.** *(Pozri obrázok na strane 14 vo farbe.)*



Obr. 2: **Svetelná krivka protohviezdy V1647 Ori v I_C oblasti spektra. Naše pozorovania sú doplnené pozorovaniami publikovanými ďalšími autormi.**

Rozprava o symbiotických hviezdach

III. Procesy rozptylu

RNDr. AUGUSTIN SKOPAL, DrSc.

1. Úvod

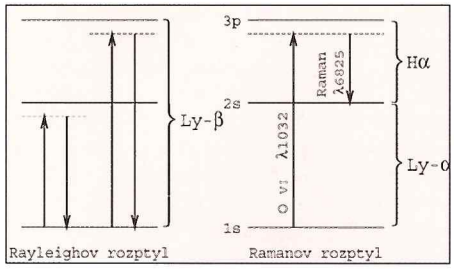
Okolohviezdne prostredie symbiotických sústav je veľmi rozsiahle a skladá sa z oblastí extrémne rozdielnych vlastností. Vnútorná oblasť zahrňuje symbiotický pár s jeho blízkym okolím o rozmeroch niekoľko astronomických jednotiek. Okolohviezdna látka je tu charakterizovaná veľmi vysokými koncentráciami častíc v rozsahu $10^9 - 10^{12}$ v kubickom centimetri. Vonkajšie oblasti symbiotických sústav môžu siahať až do vzdialenosti 1 000 astronomických jednotiek od centrálnej dvojhviezdy. Štruktúry týchto oblastí možno odhaliť na rádiových, prípadne optických snímkach z vysokým uhlovým rozlíšením získaných veľkými pozemskými či družicovými ďalekohľadmi. Vo vonkajších oblastiach meriame podstatne nižšie koncentrácie častíc, približne $10^3 - 10^7$ v kubickom centimetri. Takéto výrazné hustotné rozdiely a súčasná prítomnosť silného zdroja ionizujúceho žiarenia (horúca hviezda) ako aj silného zdroja neutrálnych častíc (chladný obor) sú zodpovedné za veľmi komplikovanú ionizačnú štruktúru prostredia symbiotických hviezd. V prípade vysokej straty hmoty chladným obrom v tzv. symbiotických miridách, dochádza ku kondenzácii neutrálnych častíc na prachové zrná.

V takomto extrémne komplikovanom heterogénnom prostredí symbiotických dvojhviezd dochádza k špecifickej interakcii energetického žiarenia s časticami (elektróny, neutrálne atómy, prachové zrná), pri ktorej sa žiarenie zoslabuje v smere vyžarovania. Hovoríme o tzv. procesoch *rozptylu*. Pri popise hocakého procesu rozptylu uvažujeme určitý objem rozptyľujúcich častíc, ktorý je ožarovaný zväzkom svetelných lúčov. Interakcia v dôsledku rozptylu potom spôsobí zoslabenie svetla v smere jeho pôvodného dopadu a naopak tvorbu rozptýleného svetla v ostatných smeroch. Dôležitou vlastnosťou rozptýleného svetla je jeho polarizácia a dopplerovské posunutie v dôsledku pohybu rozptyľujúcich častíc relatívne ku dopadajúcim fotónom. Prvá vlastnosť sa využíva pri rekonštrukcii tzv. spektropolarimetrických dráh, zatiaľ čo druhá vlastnosť poskytuje informáciu o kinematike oblastí, v ktorých procesy rozptylu prebiehujú. Z veľkosti útlmu dopadajúceho žiarenia môžeme potom odvodiť množstvo rozptyľujúcich atómov na dráhe pozorovania a z toho usudzovať o rozložení neutrálnej látky v dvojhviezde. Procesy rozptylu v symbiotických hviezdach sú tak zdrojom množstva dôležitých informácií o geometrickej, ionizačnej a kinematickej štruktúre ich prostredia a, špeciálne, aj ich dráhových parametrov.

Efekty rozptylu v symbiotických hviezdach si v tejto Rozprave bližšie predstavíme na príkladoch Rayleighovho a Ramanovho rozptylu ultrafialového žiarenia na neutrálnych atómoch vodíka. Ide o procesy, ktoré sa významnou mierou a takmer výlučne uplatňujú v prostredí symbiotických hviezd. Ich efekty sú z pozorovacieho hľadiska veľmi atraktívne, čo je aj motívom ich súčasného intenzívneho štúdia.

2. Princíp Rayleighovho a Ramanovho rozptylu

Tieto procesy sú podmienené súčasnou prítomnosťou ako neutrálnych atómov, tak vysokoenergetických fotónov v danom prostredí. Z tohto hľadiska sú symbiotické hviezdy ideálnym a súčasne



Obrázok 1: **Schematický hladinový diagram Rayleighovho rozptylu v okolí čiar Ly-α a Ly-β (vľavo) a Ramanovho rozptylu čiary OVI λ1032 na atómoch neutrálneho vodíka.**

aj jedinečným laboratóriom pre výskum Rayleighovho a Ramanovho rozptylu vo vesmíre. Vlastnou fyzikálnou príčinou je prítomnosť tzv. *intermediálnych* hladín v okolí hlavných hladín atómov, ktoré sú charakterizované hlavným kvantovým číslom 1, 2, 3... Intermediálne hladiny sú veľmi nestabilné, čo znamená, že pravdepodobnosť zachytenia sa elektrónu na týchto energetických úrovniach je veľmi malá, alebo, inák povedané, *účinný prierez* odpovedajúcej zrážky je veľmi malý. V prípade, že fotón po zrážke s neutrálnym atómom predsa presunie (odbornejšie, excituje) elektrón zo základného do tohto intermediálneho stavu, tento má snahu okamžite sa stabilizovať, teda presunúť sa (deexcitovať) späť do pôvodného alebo iného hlavného stavu. Pokiaľ sa elektrón pri tomto procese vráti priamo späť do pôvodného stavu, vyžiari tú istú energiu, akú prijal, avšak do hocakého smeru. V smere pozorovania tak dôjde k zoslabeniu fotónov, ktoré tento prechod v atóme spôsobili, v prospech okolitého difúzneho žiarenia. Tento proces sa nazýva Rayleighov rozptyl. Ide o tzv. elastický rozptyl, čím sa poukazuje na energetickú bilanciu procesu – rovnaká energia (t. j. vlnová dĺžka) fotónu pred a aj po rozptyle. *Obrázok 1 vľavo* schematicky znázorňuje tento proces pre prechody v okolí 2. a 3. hlavnej hladiny atómu vodíka, ktoré energeticky zodpovedajú spektrálnym čiaram Ly-α a Ly-β. V prípade, že sa elektrón excitovaný do intermediálnej hladiny stabilizuje v inej hlavnej hladine, než v pôvodnej, vyžiari fotón s menšou energiou (teda s dlhšou vlnovou dĺžkou). Tento proces sa nazýva Ramanov rozptyl. Ide o tzv. neelastický rozptyl – rozdielna energia fotónu pred a po rozptyle. *Obrázok 1 vpravo* ukazuje excitáciu elektrónu z prvej do blízkosti tretej hlavnej hladiny vodíkového atómu, ktorá nastala po zrážke s fotónom 5-krát ionizovaného kyslíka OVI λ1032, a jeho následnú stabilizáciu na 2. hlavnej hladine, čím sa vyžiari fotón s oveľa nižšou energiou, zodpovedajúcou vlnovej dĺžke 6825 A.

Nižšie podrobnejšie popíšeme najčastejšie pozorované efekty Rayleighovho a Ramanovho rozptylu v spektrách symbiotických hviezd.

3. Rayleighov rozptyl

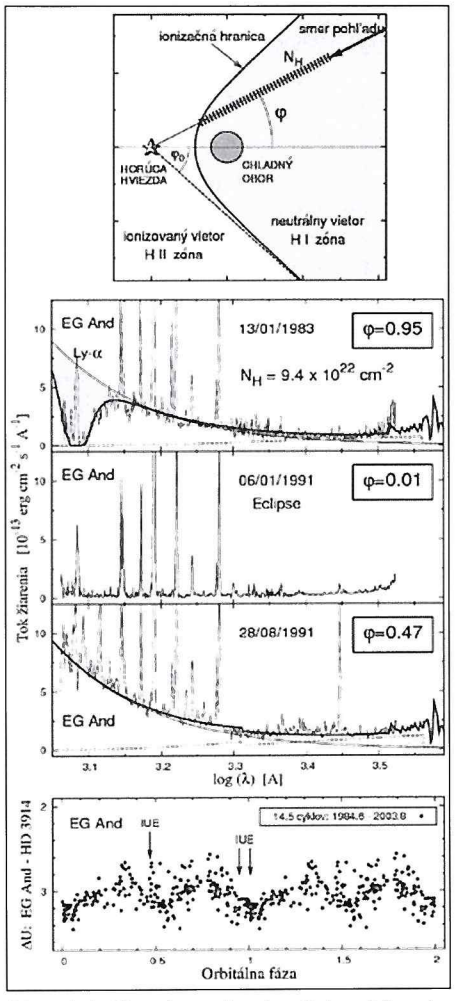
3.1. Základné vlastnosti

Intermediálne hladiny predstavujú len schematické znázornenie pre vysvetlenie procesu. V skutočnosti ide o miesta s rôznou pravdepodobnosťou zachytenia elektrónu, ktorá je najvyššia v blízkosti hlavných hladín, od ktorých klesá v závislosti od vlnovej dĺžky ako funkcia λ^{-4}. Znamená to, že fotón s hocakou energiou, aj v širšom okolí hlavnej hladiny, môže byť zachytený, čím dôjde k rozptylu (t. j. útlmu) *spojitého* spektra v smere pozorovania. Pravdepodobnosti týchto prechodov sú však extrémne malé. Napríklad, účinný prierez Rayleighovho rozptylu v okolí druhej hladiny atómu vodíka (1216 A) je σ (Rayleigh) ~ $2{,}3\times10^{-23}$ cm^2. To znamená, že na to, aby tento efekt bol merateľný, potrebujeme značné množstvo, rádovo aspoň 10^{21}, neutrálnych atómov (rozptyľovačov) v smere pozorovania, t. j. na dráhe spojujúcej zdroj horúceho žiarenia s pozorovateľom. Z toho vyplýva, že najvýraznejší efekt Rayleighovho rozptylu bude spôsobený atómami neutrálneho vodíka, ktorý je najpočetnejším prvkom. Najprv sa pokúsime odhadnúť, či množstvo neutrálnej látky, produkovanej chladným obrom vo forme hviezdneho vetra, je dostatočné na vytvorenie takej vrstvy, ktorá bude účinne utlmovať prechádzajúce žiarenie procesom Rayleighovho rozptylu. Vieme, že červení obri v symbiotických hviezdach strácajú hmotu s tempom rádovo 10^{-7} hmotností Slnka za rok. Za predpokladu sféricky symetrického konštantného odtoku hmoty (= hustota × rýchlosť × plocha sféry v danej vzdialenosti), je zodpovedajúca koncentrácia častíc vo vzdialenosti polomeru obra (t.j . približne 100 polomerov Slnka) rádovo 10^9 v kubickom centimetri. Potom vrstva takéhoto materiálu so základňou 1 cm^2 a dĺžkou 100 polomerov Slnka (= 7×10^{12} cm) bude obsahovať rádovo $10^{21} - 10^{22}$ častíc, čo postačuje na účinný Rayleighov rozptyl žiarenia z blízkeho okolia vodíkovej čiary Ly-α. Pre kvantifikáciu efektu zavádzame parameter tzv. stĺpcovej hustoty vodíka, N_H, ktorá nám udáva počet neutrálnych atómov vodíka v stĺpci so základňou 1 cm^2 v smere pozorovania. Horný panel na *obr. 2* znázorňuje, ako tento parameter v symbiotickej

dvojhviezde počítame. Jednoducho sumarizujeme koncentrácie v každom kubickom centimetri pozdĺž lúča pohľadu cez neutrálnu časť hviezdneho vetra. Presným výpočtom dostaneme hodnoty $N_H \approx 10^{20}$ až 10^{24} častíc na 1 cm^2 (t. j. v stĺpci od pozorovateľa až po ionizačnú hranicu so základňou 1 cm^2), podľa toho, cez akú časť neutrálneho hviezdneho vetra horúci objekt pozorujeme.

3.2. Efekt útlmu ultrafialového žiarenia

Za predpokladu najjednoduchšej ionizačnej štruktúry, ktorá je znázornená na *obr. 2*, je hodnota N_H závislá od orbitálnej fázy, najmä pre sústavy s vysokým sklonom dráhy. *Obrázok 2* ukazuje príklady ultrafialového spektra zákrytovej sústavy EG And meraného v rôznych orbitálnych fázach. Vo fáze $\varphi \sim 0{,}95$, teda asi 18 stupňov pred dolnou konjunkciou červeného obra, prechádza svetlo od horúcej hviezdy v smere k pozorovateľovi cez značnú časť oblasti neutrálneho vodíka, a teda možno očakávať silný vplyv Rayleighovho rozptylu. Výsledkom je široké minimum lievikovitého profilu okolo čiary Ly-α λ1216, ktoré je spôsobené rozptylom žiarenia na $9{,}4\times10^{22}$ neutrálnych atómov vodíka. Túto situáciu znázorňuje horný panel *obr. 2*. Pri pozorovaní dvojhviezdy v polohách bližších k spodnej konjunkcii obra bude žiarenie horúcej hviezdy prechádzať cez silnejšiu vrstvu neutrálneho vodíka ($N_H \approx 10^{23}$ alebo viac) a teda efekt rozptylu bude výraznejší – minimum bude širšie, k útlmu môže dochádzať už od vlnovej dĺžky 1500 Å. Pre sústavy s vysokým sklonom dráhy dôjde v okolí dolnej konjunkcie obra ($\varphi \sim 0 \pm 0{,}05$) k úplnému zákrytu horúcej hviezdy. Jej príspevok zo spektra zmizne. Viditeľné bude len žiarenie okolitej hmloviny, ktorej časti nie sú predmetom zákrytu *(obr. 2)*. Spojité žiarenie ultrafialového spektra je prakticky nulové, prítomné sú len emisné čiary vysokoionizovaných prvkov, avšak chýbajú také, ktoré sa tvoria v blízkosti horúcej hviezdy (napr. HeII λ1641, NV λ1240). V takomto prípade hodnota N_H enormne narastá (teoreticky do nekonečna), jej určenie nie je možné. Naopak, vo vzdialenejších polohách, v blízkosti ionizačnej hranice zo strany neutrálnej zóny, sú hodnoty N_H minimálne a v orbitálnych fázach $\varphi > \varphi_0$, t. j. v oblasti ionizovaného vetra *(viď obr. 2)*, svetlo horúcej hviezdy už neprechádza cez neutrálny vodík, a teda Rayleighov rozptyl sa nemôže uplatniť. *Obrázok 2* ukazuje príklad odpovedajúceho spektra pozorovaného v polohe, keď horúca hviezda je vpredu ($\varphi \sim 0{,}5$). Spektrum je charakterizované strmým profilom vzrastajúcim smerom ku kratším vlnovým dĺžkam – žiarenie horúcej hviezdy nie je utlmené.



Obrázok 2: **Horný panel znázorňuje schému ionizačnej štruktúry symbiotickej dvojhviezdy EG And v rovine jej obežnej dráhy. Hrubá čiara rozdeľuje priestor na ionizovanú a neutrálnu časť. Rayleighov rozptyl môže byť pozorovateľný len v prípade, keď vektor smeru pohľadu prechádza cez neutrálnu oblasť hviezdneho vetra obra (sivá časť). Kužeľ neutrálneho vodíka je určený uhlom φ_0. Hrubá šrafovaná čiara znázorňuje fyzikálny význam stĺpcovej hustoty vodíka pozdĺž smeru pozorovania. Stredné panely ukazujú UV spektrá EG And v rôznych polohách: Pred konjunkciou (fáza 0,95) je spojité žiarenie v okolí Ly-α utlmené Rayleighovým rozptylom (sivá časť), v polohe konjunkcie ($\varphi \sim 0$) nastáva totálny zákryt horúcej hviezdy obrom a z opačnej strany ($\varphi \sim 0{,}5$) sa efekt Rayleighovho rozptylu neuplatňuje. Spodný panel ukazuje svetelnú krivku EG And, ktorá nemá žiadne charakteristiky zákrytovej sústavy, napriek tomu, že jej rovinu obežnej dráhy vidíme pod uhlom takmer 90 stupňov.**

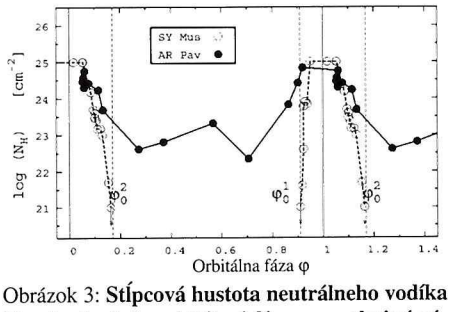
3.3. Indikácia vysokého sklonu dráhy

Z vyššie uvedených vlastností vyplýva, že efekt Rayleighovho rozptylu je zároveň indikátorom vysokého sklonu dráhy. Keď si predstavíme neutrálnu zónu vodíka priestorovo, ako rotačný kužeľ symetrický s osou dvojhviezdy a vrcholovým uhlom φ_0, potom pre taký sklon dráhy i, pre ktorý platí $90^o - i > \varphi_0$, efekt Rayleighovho rozptylu nebude pozorovateľný v žiadnej polohe. Opačne, výrazný útlm spojitého žiarenia v ďalekej UV oblasti znamená, že žiarenie horúcej hviezdy prechádza cez hrubú vrstvu neutrálneho vodíka ($N_H \sim 10^{22}$ cm^{-2} a viac), čo je možné len vtedy, keď sklon dráhy sústavy voči pozorovateľovi je vysoký ($90^o - i << \varphi_0$). Jediným zdrojom neutrálnych častíc je totiž obor, ktorý so svojím horúcim súpútnikom zdieľa spoločnú rovinu obežnej dráhy. V prípade tzv. pokojných symbiotických hviezd, u ktorých sme zatiaľ nezaznamenali žiadne vzplanutie (napr. EG And, SY Mus, RW Hya), je efekt Rayleighovho rozptylu jediným prostriedkom umožňujúcim odhadnúť sklon obežnej dráhy. Svetelné krivky týchto symbiotík totiž vykazujú periodické vlnenie – minimá sú veľmi široké, nemožno ich prisúdiť zákrytovému efektu. *Obrázok 2* ukazuje príklad takejto svetelnej krivky pre EG And. Ako vieme z Rozpravy II, počas pokojných fáz je dominantným príspevkom svetla v optickej oblasti spektra žiarenie hmloviny, ktorá v dvojhviezde zaujíma veľmi rozsiahly priestor. Periodické variácie sú spôsobené rozdielnou nepriezračnosťou hmloviny pri pozorovaní v rôznych polohách. Z týchto dôvodov sa usudzovalo, že EG And pozorujeme pod uhlom približne 45 stupňov, ako tomu nasvedčovala diskusia funkcie hmotnosti a modelovanie svetelnej krivky. Avšak analýza UV spektier, systematicky získavaná IUE družicou, odhalila vplyv a význam Rayleighovho rozptylu a jednoznačne tak ukázala, že uhol sklonu symbiotických hviezd EG And, SY Mus a RW Hya je veľmi vysoký, napriek tomu, že ich svetelné krivky nevykazujú ani náznak zákrytového javu.

3.4. Mapovanie geometrickej štruktúry neutrálnej oblasti

Pokiaľ máme dostatočné množstvo pozorovaní v ultrafialovej oblasti spektra počas orbitálneho pohybu, efekt Rayleighovho rozptylu poskytuje informáciu o rozložení neutrálnej látky v dvojhviezde. *Obrázok 3* ukazuje meranie stĺpcovej hustoty neutrálneho vodíka pre pokojnú sústavu SY Mus a aktívnu sústavu AR Pav. Obidve sú známe ako zákrytové sústavy. V prípade SY Mus pozorujeme silný útlm ďalekého UV žiarenia len v blízkom okolí spodnej konjunkcie obra, približne vo fázach $\varphi \sim 0 \pm 0{,}05$. Avšak, ako je z obrázku vidno, neutrálny vodík je rozložený nesymetricky vzhľadom na čas konjunkcie. Pred konjunkciou, približne od fázy 0,9, počet atómov vodíka narastá rýchlo, zatiaľ čo po konjunkcii pozorujeme pomalší pokles. Podľa *obr. 2* (schéma na hornom paneli) to znamená, že uhol φ_0, ktorý vymedzuje rozsah neutrálnej zóny, je po konjunkcii *(φ_0^2 na obr. 3)* väčší než pred ňou *(φ_0^1)*. Túto asymetriu rozloženia neutrálnej hmoty v sústave možno vysvetliť ako dôsledok orbitálneho pohybu obra. V oblastiach v smere jeho pohybu, ktoré pozorujeme vo fázach okolo 0,9, obor častice v priestore dvojhviezdy svojím orbitálnym pohybom doháňa. Tieto oblasti sú preto hustejšie a menej rozsiahle než redšie a rozsiahlejšie oblasti za obrom. Tento efekt možno prirovnať k „zametaniu" častíc obrom v dvojhviezde.

Zaujímavým príkladom rozloženia neutrálnej látky v dvojhviezde sú aktívne symbiotické sústavy s vysokým sklonom dráhy, u ktorých pozorujeme zoslabenie ďalekého ultrafialového žiarenia Rayleighovým rozptylom v ľubovoľnej orbitálnej fáze. Znamená to, že neutrálna látka obklopuje celú dvojhviezdu, minimálne v rovine obežnej dráhy. *Obrázok 3* ukazuje príklad AR



Obrázok 3: **Stĺpcová hustota neutrálneho vodíka N_H ako funkcia orbitálnej fázy pre pokojnú sústavu SY Mus a aktívnu sústavu AR Pav. V prvom prípade sa neutrálna látka pozoruje len v okolí spodnej konjunkcie obra (má však nesymetrický tvar), zatiaľ čo v druhom prípade je neutrálny vodík indikovaný z ľubovolného smeru. Obidve sústavy sú zákrytové.**

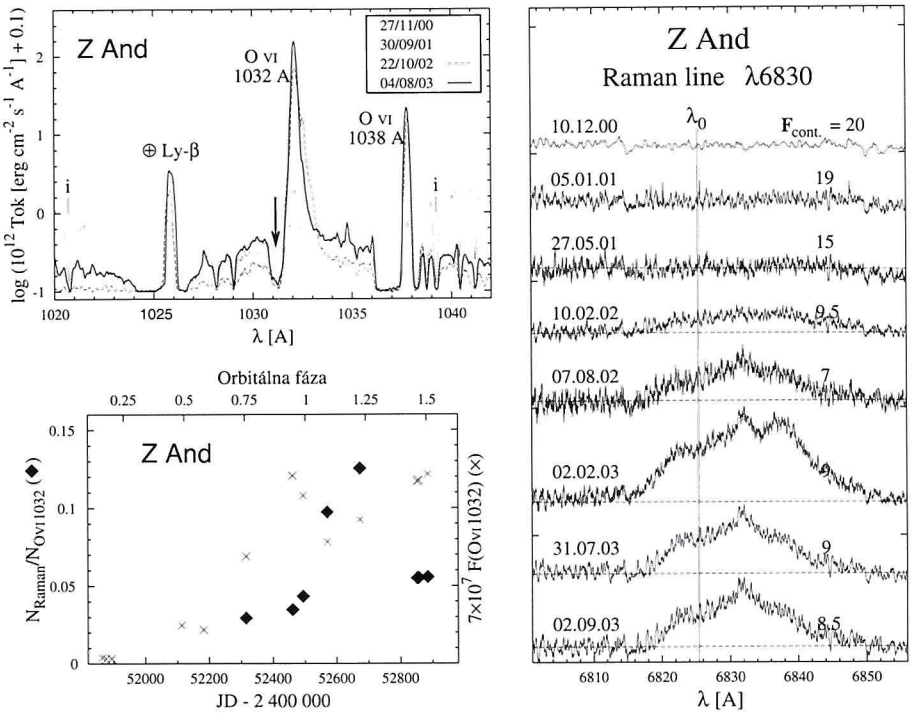
Pav. V okolí dolnej konjunkcie obra stĺpcová hustota neutrálneho vodíka dosahuje maximálne hodnoty a jej profil v závislosti od orbitálnej fázy je podobný ako pre pokojné symbiotické hviezdy, napríklad SY Mus na *obr. 3*. Vo fázach vzdialenejších od konjunkcie sú stĺpcové hustoty vodíka o 1 až 2 rády nižšie. Z Rozpravy I vieme, že pozorovanie neutrálnej látky z hocakej polohy okolo celej sústavy s vysokým sklonom dráhy je prechodný jav, ktorého prítomnosť je spojená s aktivitou sústavy. Pri prechode do pokojnej fázy prejavy neutrálneho vodíka zostanú pozorovateľné len v okolí dolnej konjunkcie obra, ako v pokojných sústavách. Vysvetlenie takého správania možno hľadať v zmene ionizačnej štruktúry počas aktívnych fáz. Vieme, že počas aktivity dochádza k tvorbe opticky hrubého disku okolo horúcej hviezdy v rovine jej dráhy, ktorého okrajové časti sú vertikálne rozšírené a svietia pri teplotách výrazne nižších (20 až 30 tisíc kelvinov) než centrálna hviezda (100 tisíc kelvinov a viac). Takáto geometrická a teplotná štruktúra aktívneho objektu spôsobí prudký pokles ionizácie vodíka v rovine disku, t.j. v rovine obežnej dráhy zložiek dvojhviezdy, pretože žiarenie s teplotou 25 000 K nie je prakticky schopné vodík ionizovať. Naopak, oblasti nad a pod diskom, ktoré sú v priamom dosahu žiarenia centrálnej hviezdy, zostávajú ionizované. Za týchto okolností sa neutrálny vodík hviezdneho vetra obra môže nachádzať v okolí obežnej dráhy, v „ionizačnom tieni" okrajových častí disku, a tak spôsobovať pozorovaný útlm UV žiarenia Rayleighovým rozptylom, bez ohľadu na orbitálnu fázu pozorovania. Keď sa disková „obálka" rozplynie, prestane tieniť ionizujúce žiarenie z centra, čo umožní ionizáciu aj oblastí v rovine dráhy. Sústava tak prechádza do štádia pokoja, Rayleighov rozptyl sa v týchto častiach dvojhviezdy prestane uplatňovať.

Merania stĺpcovej hustoty ako funkcie orbitálnej fázy nám poskytuje dôležité informácie o rozložení a štruktúre neutrálneho materiálu v sústave.

4. Ramanov rozptyl

4.1. Základné vlastnosti

K najvýraznejším prejavom Ramanovho rozptylu v spektrách symbiotických hviezd patrí rozptyl fotónov rezonančného dubletu 5-krát ionizovaného kyslíka, OVI λ1032 a λ1038 Å, na atómoch neutrálneho vodíka, ktorého výsledkom sú široké emisné pásy v okolí vlnovej dĺžky 6830 a 7088 Å. Prítomnosť týchto emisií bola prvý raz detegovaná v spektre rekurentnej symbiotickej novy RS Oph v roku 1945. Od tej doby sa zistilo, že asi polovica známych symbiotických hviezd obsahuje v spektre silnejší pás λ6830. Avšak svojou šírkou a neznámou identifikáciou prechodu zostávala podstata týchto emisií veľmi dlho záhadou. Ešte v roku 1980 David Allen (jeden z priekopníkov výskumu symbiotických hviezd) sa márne pokúšal nájsť zodpovedajúci prechod v hocakom atóme. Zhrnul však ich vlastnosti, ktoré ukázali na vzájomné súvislosti medzi pásmi. Zistil, že pás λ6830 sa vyskytuje výlučne v spektrách symbiotických hviezd. Slabší pás v okolí λ7088 je prítomný len v tých spektrách, ktoré obsahujú silnú emisiu λ6830, pričom intenzity oboch pásov vzájomne korelujú – pomer ich intenzít I(6830)/I(7088) ≈ 4. Typická šírka pásov je okolo 20 Å a ich profily sú porovnateľné. Pozorovania



Obrázok 4: **Efekty Ramanovho rozptylu čiary OVI λ1032, pozorované v spektrách symbiotickej hviezdy Z And počas jej nedávnej aktivity. Ľavý horný panel ukazuje vývoj čiary OVI λ1032, ako ju zmerala družica FUSE (šípka označuje absorpčnú zložku P-Cygni profilu). Na pravom paneli je zodpovedajúci vývoj jej rozptýlenej časti v optickej oblasti spektra okolo λ6830. Ľavý dolný panel potom znázorňuje efektivitu tohto rozptylu (plné štvorce) podľa vzťahu (1). Porovnané sú intenzity OVI čiary v relatívnej škále (krížiky).**

tiež ukázali, že pás λ6830 sa vyskytuje len v takých objektoch, ktoré v svojich spektrách obsahujú emisné čiary vysokoionizovaných prvkov, ako napríklad [FeVII], NeV. Toto naznačovalo, že zdrojom pásu λ6830 je ión s ionizačným potenciálom vyšším ako 100 eV. Hádanka emisných pásov λ6830 a λ7088 v spektrách symbiotických hviezd bola vyriešená až v roku 1989 za pomoci atómovej fyziky. Vtedy prof. Nussbaumer (viac ako polovicu svojej kariéry pracoval v oblasti atómovej fyziky) so svojou skupinou navrhol a jednoznačne zdôvodnil vznik a pozorované vlastnosti týchto emisných pásov ako výsledok Ramanovho rozptylu rezonančných čiar OVI λ1032 a λ1038, na atómoch neutrálneho vodíka. Podstata spočíva v tom, že OVI čiary sú často extrémne intenzívne a súčasne sa v spektre nachádzajú blízko vodíkovej čiary Ly-β λ1025.72. To znamená, že fotóny týchto čiar môžu atóm vodíka excitovať do intermediálneho stavu „pod" 3. hlavnou hladinou, ktorý pri stabilizácii do 2. hlavnej hladiny vyžiari ramanovsky rozptýlený OVI fotón v okolí λ6830 a zvyšná energia, zodpovedajúca prechodu z 2. do základnej hladiny, sa potom vyžiari v čiare Ly-α. Schematický hladinový diagram pre Ramanov rozptyl čiary OVI λ1032 je ukázaný na *obr. 1 vpravo*. Pravdepodobnosť Ramanovej konverzie je tiež extrémne malá. Pre danú vlnovú dĺžku je dokonca menšia než pre proces Rayleighovho rozptylu. Táto skutočnosť vyplýva z ich rozdielnej podstaty. Rayleighov rozptyl sa totiž môže opakovať viackrát, lebo sa pri ňom vyžiari fotón tej istej vlnovej dĺžky, ktorý tak môže podstúpiť ďalší proces rozptylu. Proces sa opakuje n-krát, pokiaľ sa fotón nedostane z neutrálneho prostredia von, nie je v ňom pohltený alebo rozptýlený ramanovsky. Na strane druhej, OVI fotón, ktorý sa raz rozptýli ramanovsky, okamžite opúšťa prostredie, lebo nemá s čím interagovať – v prostredí sa nenachádza atóm s prechodom zodpovedajúcim jeho vlnovej dĺžke 6825 Å. Ramanov rozptyl sa teda nemôže opakovať, a preto je jeho pravdepodobnosť menšia než Rayleghovho rozptylu. Napríklad, na vlnovej dĺžke 1032 Å je pomer účinných prierezov σ(Rayleigh)/σ(Raman) ≈ 5. To znamená, že fotón s vlnovou dĺžkou 1032 Å sa pri stretnutí s atómom vodíka rozptýli s 5-krát väčšou pravdepodobnosťou Rayleighovým procesom než Ramanovým.

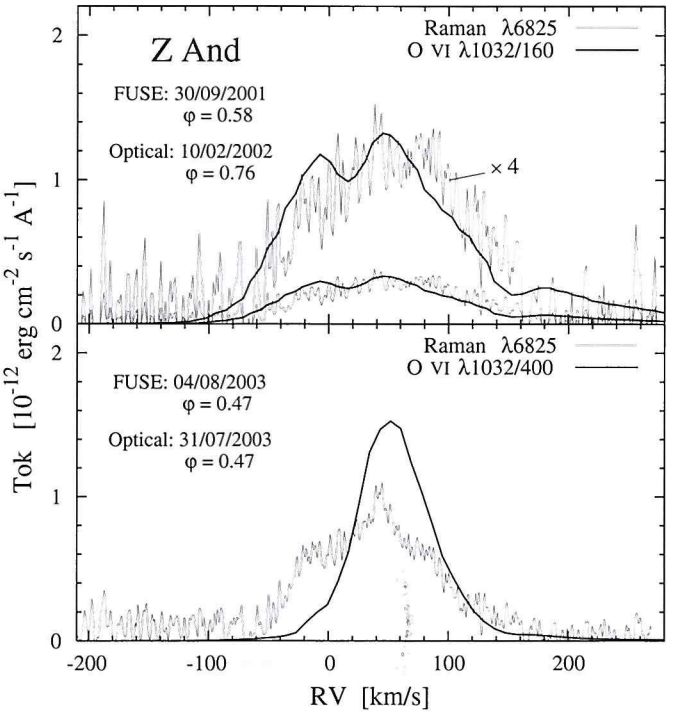
4.2. Účinnosti Ramanovho rozptylu a veľkosť neutrálnej oblasti

Aby bol efekt Ramanovho rozptylu čiary OVI λ1032 merateľný, musí táto čiara byť veľmi intenzívna a musí mať v ceste obrovské množstvo neutrálneho vodíka. Zhodou okolností emisné čiary OVI λ1032 a λ1038 patria k najsilnejším (sú to rezonančné čiary; prechody sú veľmi pravdepodobné lebo končia v základnom stave). *Obrázok 4* (ľavý horný panel) ukazuje tieto emisie pre symbiotickú hviezdu Z And ako ich počas jej nedávneho vzplanutia zmerala družica FUSE (*Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer*). Pokúsme sa odhadnúť jej svietivosť. Asi 1,5 až 2 roky po začiatku vzplanutia dosahovala emisia produkovaná čiarou OVI λ1032 maximálne hodnoty okolo $1{,}6\times10^{-9}$ ergov vyžarovaných každú sekundu plochou $1\,cm^2$ v mieste pozorovania. Do celej sféry potom hviezda vyžarovala $4\pi d^2$ krát viac, teda okolo 100 Sĺnk pre vzdialenosť d = 1,5 kpc, a to len jedinou čiarou(!). Dá sa ľahko ukázať, že fotónový plyn takto silného žiarenia má aj vo veľkých vzdialenostiach od zdroja, napríklad 100 slnečných polomerov, kde sa už môže stretávať s neutrálnym vodíkom hviezdneho vetra obra, hustoty rádovo 10^9 fotónov na kubický centimeter

(z rovnice kontinuity: počet fotónov produkovaných do priestoru za jednotku času = $4\pi r^2$ × koncentrácia × rýchlosť svetla). V týchto vzdialenostiach (najmä na spojnici zložiek dvojhviezdy alebo v jej okolí) sa aj neutrálny vodík nachádza v podobných koncentráciách, a to vo vrstvách so stĺpcovou hustotou 10^{21} cm^{-2} a viac. Možno teda očakávať relatívne silný, (v závislosti na účinnosti rozptylu; viď ďalej), efekt Ramanovho rozptylu. Z vyššie uvedeného je zrejmé, že pokiaľ jedna zložka bude veľmi slabá (či už samotná OVI λ1032 čiara alebo nedostatočné množstvo rozptyľovačov vo forme neutrálneho vodíka), efekt Ramanovho rozptylu bude sotva pozorovateľný. Opačne, pri vysokej emisivite OVI λ1032 čiary a veľmi rozsiahlej oblasti vodíka v sústave možno očakávať aj relatívne výrazný výsledok rozptylu – silný emisný pás λ6830. Z hľadiska rozsahu neutrálneho vodíka je dôležité, aká časť „oblohy" zdroja OVI fotónov je vodíkom pokrytá, teda je OVI fotónmi „viditeľná". Pokiaľ teda budeme mať zmeraný tok žiarenia pôvodnej OVI čiary, napr. F_{1032}, a jej rozptýlenej časti, F_{Ram}, budeme môcť usudzovať, ako je v danej sústave neutrálna látka rozložená. Z týchto dôvodov je užitočné zaviesť účinnosť η Ramanovho rozptylu ako pomer počtu rozptýlených fotónov k počtu pôvodných OVI fotónov. Teda, napríklad pre čiaru OVI λ1032 možno účinnosť procesu vyjadriť ako

$$\eta = N_{Ram}/N_{1032} = (F_{Ram}/h\nu_{Ram})/(F_{1032}/h\nu_{1032}) = 6{,}614 \times F_{Ram}/F_{1032}, \quad (1)$$

kde faktor 6,614 = λ1031,92/λ6825,44, a laboratórna vlnová dĺžka Ramanovej čiary je 6825,44 Å. V profile OVI čiary často pozorujeme silnú absorpciu zo strany kratších vlnových dĺžok, ktorá vytvára tzv. P-Cygni typ profilu *(obr. 4 vľavo hore)*, a tak posunie centrálnu vlnovú dĺžku emisie viac k dlhším vlnovým dĺžkam, a teda aj jej Ramanov rozptýlený náprotivok, ktorý preto pozorujeme okolo 6830 Å, a nie okolo 6825 Å *(obr. 4 vpravo)*. Pravý panel obrázku 4 znázorňuje vývoj ramanovsky rozptýlenej čiary OVI λ6830 pozdĺž hlavného vzplanutia Z And v období od decembra 2000 (optické maximum) do septembra 2003. Neprítomnosť (presnejšie nemerateľnosť) tejto emisie na začiatku vzplanutia, keď Z And bola najjasnejšia, pravdepodobne súvisela s veľmi nízkou emisiou pôvodnej čiary OVI λ1032 v dôsledku nízkej ionizačnej schopnosti horúcej hviezdy, ktorá, ako vieme z Rozpravy I, sa môže na začiatkoch vzplanutí výrazne ochladiť. Podľa *obrázku 4* bol Ramanov pás λ6830 merateľný až v r. 2002 za súčasného prudkého zosilnenia čiary OVI λ1032. Pozorovaná účinnosť Ramanovej konverzie 3 až 4 percentá *(obr. 4 vľavo dole)* znamená, že muselo dôjsť aj k zodpovedajúcemu rozšíreniu neutrálnej zóny v dvojhviezde. Podľa vzťahu (1) by totiž samotné zvýšenie intenzity čiary OVI viedlo k poklesu účinnosti Ramanovho procesu. Táto situácia je pravdepodobne výsledkom výrazného rozšírenia oblasti 5-krát ionizovaného kyslíka, čo umožnilo OVI fotónom „vidieť" oveľa väčšiu časť neutrálneho vetra než na začiatku vzplanutia, keď OVI zóna bola relatívne veľmi malá. K výraznému nárastu efektivity konverzie λ1032 → λ6825 na 10 až 12 percent došlo na prelomu rokov 2002 a 2003 *(obr. 4 vľavo dole)*. Podľa teoretických modelov Schmida (1996, Monthly Notices, 282, 511) by neutrálna látka



Obrázok 5: **Porovnanie profilu čiary OVI λ1032 s jej Ramanovsky rozptýleným náprotivkom v okolí λ6830 zo začiatku vzplanutia Z And (hore) a pri prechode sústavy do pokojnej fázy (dole). Pozorovaný tok žiarenia OVI čiary je naškálovaný podľa rozptýlenej čiary.**

mala zaujímať až jednu polovinu „OVI oblohy". Túto prechodnú situáciu možno vysvetliť ako dôsledok rozplynutia sa diskovej obálky okolo horúceho objektu. Odstránením tohto bloku tak OVI fotóny mohli preniknúť do najhustejších vrstiev neutrálneho hviezdneho vetra v rovine obežnej dráhy a súčasne sa uvoľnila aj cesta pre hviezdny vietor horúcej zložky v tejto oblasti. Následne došlo k zrážke s masívnym vetrom obra, čo rozdelilo priestor dvojhviezdy na dve približne rovnaké časti neutrálnej a ionizovanej hmoty, čo je v súlade s pozorovaným nárastom účinnosti Ramanovho procesu. Ku koncu aktivity, na sklonku r. 2003, sa podmienky v Z And ustálili a boli blízke tým z pokojnej fázy. Zvýšenie emisie čiary OVI λ1032 a pozorovaná efektivita Ramanovho procesu okolo 5 percent znamenala pokles rozmerov neutrálneho vodíka, ktorý zaberal približne jednu tretinu „OVI oblohy". Geometrická štruktúra neutrálnej látky bola už zrejme blízka ionizačnému modelu pre vysokú schopnosť ionizácie žiarenia horúcej hviezdy *(obr. 2* v Rozprave II), akú pre Z And pozorujeme vo fázach pokoja.

Parameter efektivity Ramanovho rozptylu nám dáva informáciu predovšetkým o veľkosti neutrálnej oblasti v symbiotickej sústave.

4.3. Profil OVI λ6830 čiary a kinematika neutrálnej oblasti

Ďalšie informácie, najmä o kinematike neutrálnej látky, možno odhadovať porovnaním profilov pôvodnej čiary OVI (napr. λ1032) a jej rozptýlenej časti (λ6830). Pri porovnávaní týchto čiar však musíme vziať do úvahy zodpovedajúcu transformáciu intervalu radiálnych rýchlostí (ΔRV), respektíve vlnových dĺžok (Δλ). Z princípu zachovania energie Ramanovho rozptylu: hν(1032) = hν(Ly-α) + hν(Ram) *(obr. 1 vpravo)*, sa dá ľahko odvodiť, že ΔRV(1032) = ΔRV(Ram)/6,614, respektíve Δλ(1032) = Δλ(Ram)/[6,614]^2, kde faktor 6,614 má ten istý význam ako vo vzťahu (1). Táto vlastnosť Ramanovej konverzie tak vysvetľuje, prečo sú rozptýlené čiary také široké. V praxi, pokiaľ máme k dispozícii len rozptýlenú zložku, musíme jej šírku vo vlnových dĺžkach (napríklad 20 Å) podeliť faktorom [6,614]^2 = 43,745, aby sme dostali zodpovedajúcu šírku pôvodnej (nerozptýlenej) OVI čiary (0,46 Å), a tak správne usudzovali o kinematike prostredia v blízkosti horúcej hviezdy, kde čiara OVI λ1032 najčastejšie vzniká. Pre tento príklad ide o rýchlosti okolo 130 km/s (tepelné a turbulentné pohyby v plazme, ako aj hviezdny vietor). Na obrázku 5 porovnávame profily obidvoch čiar zo začiatku vzplanutia Z And, po prvom zázname λ6830 emisie, a na jeho konci, pri prechode sústavy do pokojnej fázy. V prvom prípade sú profily obidvoch čiar veľmi podobné, čo znamená, že rozptyľujúce prostredie sa takmer nepohybovalo vzhľadom na dopadajúce OVI λ1032 fotóny. Túto situáciu možno vysvetliť prítomnosťou opticky hrubého materiálu diskového tvaru okolo horúcej hviezdy, ktorý blokuje OVI žiarenie v rovine obežnej dráhy, ktoré tak môže „vidieť" len vonkajšie časti neutrálneho vetra. Ich stĺpcové hustoty neutrálneho vodíka v smere ku zdroju OVI fotónov sú relatívne malé, ako aj ich radiálna rýchlosť vzhľadom na smer OVI žiarenia. Výsledkom je len slabá emisia Ramanovho pásu s profilom, ktorý kopíruje nerozptýlenú OVI čiaru. Plytké minimum v centrálnej časti profilu sa prisudzuje vlastnej absorpcii v blízkosti horúcej hviezdy. Ku koncu aktívnej fázy v r. 2003, rozptýlená čiara vyvinula výraznú zložku posunutú asi –40 km/s relatívne k profilu pôvodnej čiary OVI λ1032. Pri prechode do pokojnej fázy, keď došlo k rozplynutiu diskovej obálky, OVI fotóny začali ožarovať zo smeru od horúcej hviezdy aj expandujúci neutrálny vietor obra v rovine dráhy. V takom prípade Ramanove fotóny v „modrom" krídle vznikajú v najhustejších neutrálnych oblastiach okolo osi dvojhviezdy, ktoré sa pohybujú proti OVI fotónom, a teda sú dopplerovsky posunuté ku kratším vlnovým dĺžkam. Podrobnejší popis štruktúry horúceho objektu počas nedávnej aktivity Z And nájde čitateľ v práci autora publikovanej v Astronomy & Astrophysics, 453, 279-293 (2006), alebo na http://arxiv.org/abs/astro-ph/0603718.

V nasledujúcej časti „Rozpravy o symbiotických hviezdach" si predstavíme problematiku ich hviezdnych vetrov.

AUGUSTIN SKOPAL
Astronomický ústav SAV

Aj hviezdy žijú v pároch

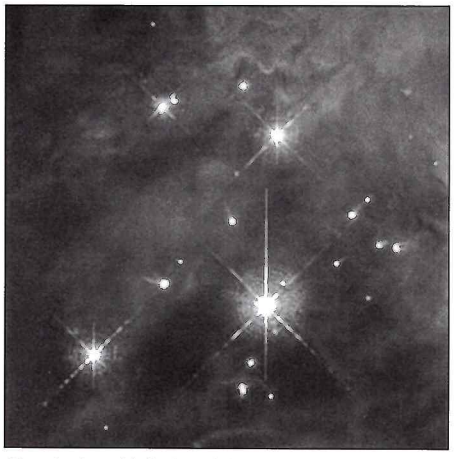
Tesné dvojhviezdy ako viacnásobné sústavy

RNDr. THEODOR PRIBULLA, CSc.

Naše Slnko je výnimočné tým, že nie je gravitačne zviazané s inou hviezdou. V našej Galaxii je totiž až 70 % objektov dvojhviezdnych a takmer 20 % trojhviezdnych. Multiplicita hviezd nie je náhodná. Orbitálny pohyb zložiek dvojhviezdy umožňuje pohltiť nadbytočný uhlový moment rotácie kolabujúcich protohviezdnych mračien. Zdá sa, že vznik tesných dvojhviezd má na svedomí asistencia tretej zložky. Keďže ďalšie telesá vo viacnásobných sústavách sú len odrobinky, ktoré zostali pri formácii centrálnej dvojhviezdy, ich identifikácia nie je ľahká. Ide totiž zvyčajne o chladných a málo hmotných trpaslíkov spektrálneho typu M.

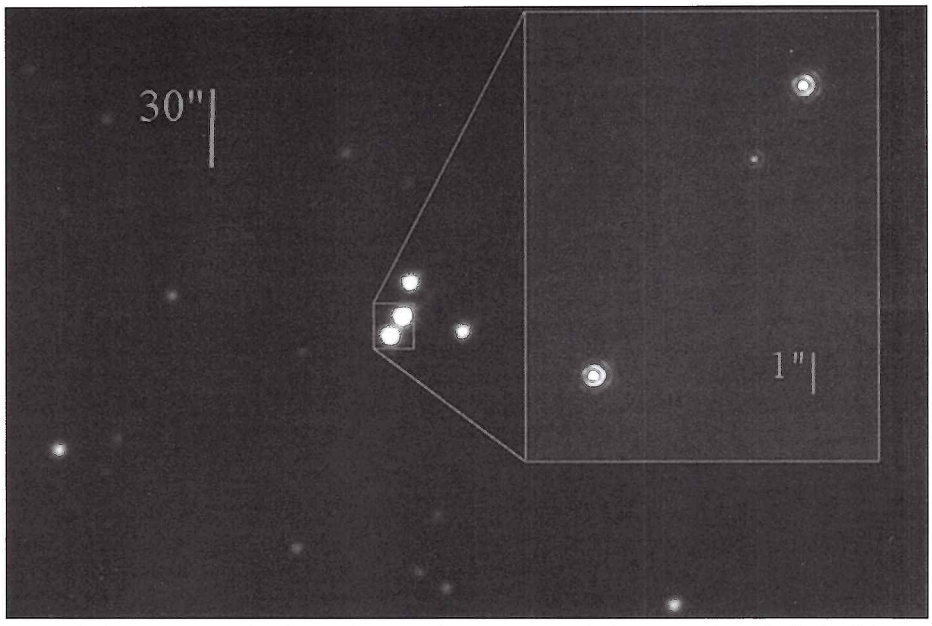
Problematika viacnásobných hviezdnych sústav vďaka zdokonaľovaniu pozorovacích metód, ale aj rýchlemu spracovaniu dát prináša v poslednej dobe hrbu nových detekcií, podnecuje vznik nových teórií a naberá na astrofyzikálnom význame. Dnes už poznáme aj trojhviezdnu sústavu s extrasolárnou planétou (HD 188753). Katalóg gravitačne zviazaných viacnásobných hviezd [1] dnes obsahuje zhruba tisíc sústav. Pri určovaní dráh zložiek hrá rozhodujúcu úlohu apertúrna syntéza a interferometria s dlhou základňou (VLT interferometer, Mark III atď.). Pekným príkladom asociácie hviezd, kde sa formujú nielen osamotené hviezdy, ale aj viacnásobné sústavy, je Trapéz v M42 *(obr. 1)*.

Popudom na môj výskum a hľadanie ďalších telies v tesných dvojhviezdach bola teória známeho astrofyzika Petra Eggletona, hovoriaca, že pravdepodobne všetky tesné dvojhviezdy vznikli vo viacnásobných sústavách. Ak totiž dvojhviezdy vznikajú priamo pri kolapse protohviezdnych mračien, kde rozmery zložiek sú značne väčšie ako ich rozmery počas vývoja na hlavnej postupnosti (čiže spaľovania vodíka v jadre), nemôže dôjsť k vzniku dvojhviezd s obežnými periódami len niekoľko hodín. Zložky v protohviezdnom štádiu by sa už pri obežných periódach niekoľkých dní dotýkali. Napriek tomu pozorujeme obrovské množstvo dvojhviezd s periódami kratšími ako jeden deň. I keď už dávno som mal indície, že tesné dvojhviezdy sú sprevádzané ďalšími zložkami, na základe fotometrických pozorovaní sa to zvyčajne nedalo potvrdiť. Prelomom bolo až pozvanie Prof. Rucinského z David Dunlap Observatory (University of Toronto) v Kanade. Nezávisle odo mňa si všimol, že v jeho vzorke spektroskopických dvojhviezd je až priveľa tretích telies, aby to bola náhoda. Pozvanie som prijal a popri spektroskopických pozorovaniach na 1,88-metrovom ďalekohľade som začal zhromažďovať všetky možné indikácie, ktoré by naznačovali na prítomnosť ďalších telies v tesných dvojhviezdach. Výsledkom niekoľkomesačnej práce bolo zistenie, že minimálne 2/3 tesných dvojhviezd sú členmi viacnásobných sústav. Nuž ale poďme pekne po poriadku.



Obr. 1: **Asociácia horúcich hviezd v srdci M42 nazývaná Trapéz. Temer každá z týchto hviezd je dvojhviezdou. Podľa tohto nestabilného nakopenia hviezd nazývame voľné, nehierarchické viacnásobné sústavy trapezoidálneho typu. Snímok získaný HST.**

Autori: J. Bally, D. Devine, R. Sutherland



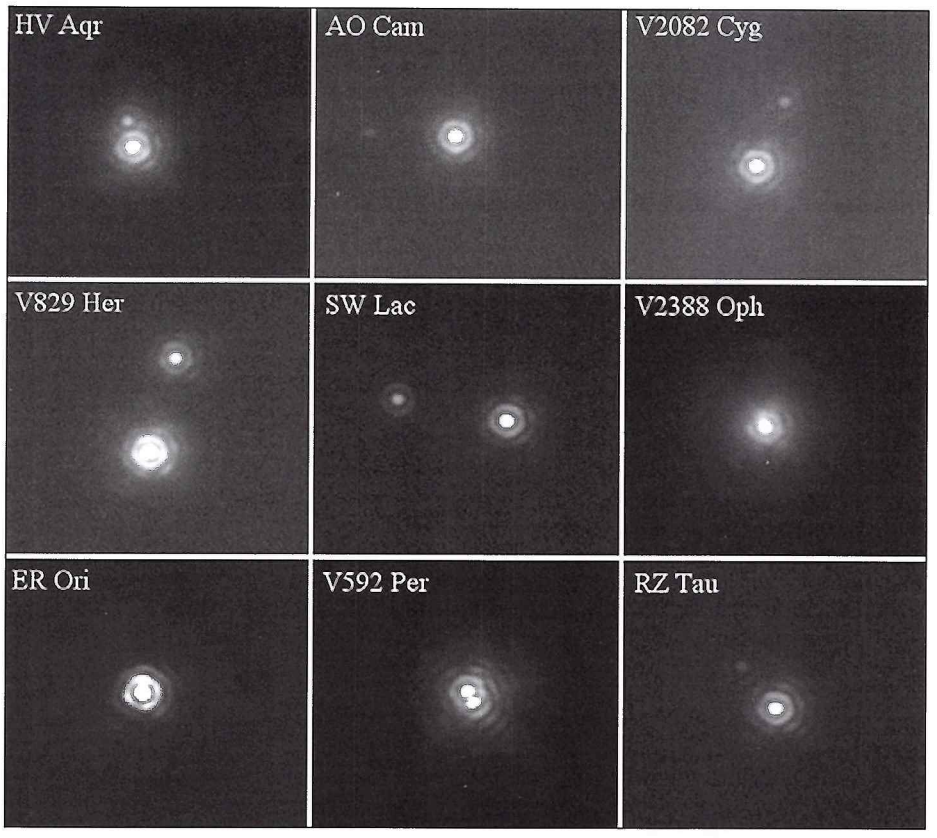
Obr. 2: **Snímka trapezoidálnej viacnásobnej sústavy, obsahujúcej kontaktnú dvojhviezdu GZ And (v pravom hornom rohu vo výreze). Porovnanie rozlíšenia 50 cm ďalekohľadu Astronomického ústavu SAV v Starej Lesnej a 3,6 m CFHT. Zatiaľ čo teoretická rozlišovacia schopnosť 50 cm ďalekohľadu vo vizuálnej oblasti je zhruba 0,2", turbulencia v atmosfére zníži rozlíšenie na 1 – 2" od závislosti na pozorovacích podmienok. Využitím adaptívnej optiky sú v infračervenej oblasti získavané difrakčne limitované snímky s rozlíšením 0,14", pričom typický seeing počas pozorovaní bol 0,8".**

Snímky získali: T. Pribulla a S. Rucinski

Existencia ďalšieho telesa v dvojhviezdnej sústave spôsobuje viacero efektov, ktoré na jednej strane rušia pohyb a vývoj tesnej dvojhviezdy, na druhej strane nám umožňujú jeho detekciu: V najhrubšom priblížení by sa dali detekčné metódy rozdeliť na (i) priamu alebo vizuálnu detekciu (ii) astrometrickú indikáciu (iii) spektroskopické metódy (iv) fotometrickú indikáciu cez light-time efekt a (v) iné indikácie.

Priame pozorovania

Hlavným zdrojom vizuálnych dvojhviezd je Washington Double Star Catalog (WDS) [2]. V súčasnosti obsahuje informácie o vyše 100 000 vizuálnych dvojhviezdach. Orbitálny pohyb väčšiny z nich je veľmi pomalý a len okolo 1 800 z nich má spočítané vizuálne dráhy. Zo 151 kontaktných dvojhviezd jasnejších ako 10 mag, ktoré boli vzaté do úvahy, patrí 43 k známym vizuálnym dvojhviezdam. Keďže jedna zo zložiek je zaručene dvojhviezda, ide minimálne o trojhviezdy. Dvojhviezdy v tomto katalógu boli detegované vďaka dostatočnej uhlovej vzdialenosti zložiek a otázka detekcie bola viac-menej náhodná. Za cieľavedomý prieskum možno označiť až pozorovania, ktoré získal v rokoch 1998 a 2005 Slavek Rucinski na 3,6 m CFHT na Havajských ostrovoch. Vďaka dobre pracujúcej adaptívnej optike a rozlíšeniu blízkemu difrakčnému limitu sa podarilo vo vzorke 43 kontaktných dvojhviezd detegovať 7 nových zložiek. Na *obrázku 2* je porovnanie rozlíšenia 50 cm ďalekohľadom v Starej Lesnej obmedzené seeingom a výsledok práce adaptívnej optiky na CFHT. Hranicou pozorovacích možností sa ukázala V2388 Oph, kde sa ďalšia zložka prejavila len ako deformácia Airyho disku pri separácii len 0.09". Mozaika z niekoľkých pekných detekcií je na *obrázku 3*. Problémom pri priamej detekcii, či už adaptívnou optikou alebo škvrnkovou interferometriou, je potvrdenie gravitačnej väzby medzi zložkami a vylúčenie optických párov. Na pomoc nám tu môžu prísť spektroskopické pozorovania, prípadne rozumný



Obr. 3: **Difrakčne limitované snímky vizuálnych dvojhviezd získané 3,6m ďalekohľadom CFHT (Mauna Kea, Hawaii) v rokoch (1998 a 2005) v K filtri (2,2 mikrometra) využitím adaptívnej optiky. Zatiaľ čo dvojhviezdna podstata väčšiny objektov je zrejmá, pri ER Ori sa sprievodca skrýva v 1. difrakčnom krúžku a v prípade V2388 Oph (uhlová vzdialenosť zložiek 0,09") sa prejavuje len deformáciou difrakčného obrazu. Uhlový rozmer všetkých obrázkov je 4,6×4,1".**

Snímky získal S. Rucinski

rozdiel jasností a farebných indexov alebo rovnaký vlastný pohyb.

Astrometrická detekcia

V súčasnosti najlepším zdrojom astrometrických informácií o okolitých hviezdach sú katalógy Hipparcos a Tycho, ktoré sú výsledkom misie ESA. Katalóg Hipparcos udáva vysokopresné paralaxy, polohy a vlastné pohyby pre vyše 118 000 najjasnejších hviezd. Hoci katalóg bol publikovaný už pred 9 rokmi, stále sa oplatí doň nazrieť. Okrem základného katalógu obsahuje aj tzv. „Double and Multiple Annex", kde sú uvedené údaje o vizuálnych dvojhviezdach a viacnásobných sústavách. Pre každý objekt je uvedený typ astrometrického riešenia (paralaktický plus vlastný pohyb na oblohe). Z pohľadu detekcie viacnásobných sústav sú najzaujímavejšie riešenia typu „G" a „X". Sú to zdanlivo osamotené hviezdy, ktoré vykazujú astrometrické poruchy. Pri riešení typu „G" na spoľahlivý popis paralaktického pohybu (vyvolaného pohybom Zeme okolo Slnka) bolo treba pridať akceleračný člen. To znamená, že zdanlivo osamotená hviezda sa na oblohe nepohybuje rovnomerne, ale jej pohyb sa zrýchľuje alebo spomaľuje, čiže pozorujeme časť dráhy astrometrickej dvojhviezdy. Riešenia typu „X" (stochastické) sú zase odrazom zdanlivo nevysvetliteľného „náhodného" pohybu hviezdy na oblohe (tzv. cosmic error). Na rozdiel od akceleračných riešení tu bude orbitálna perióda neviditeľnej zložky značne kratšia ako interval pozorovaní Hipparcosu (3 roky). Zo vzorky 151 hviezd sa našlo 8 sústav, ktoré vykazujú astrometrické poruchy. Najväčší astrometrický zmätok predstavuje V401 Cyg, ktorá okolo strednej polohy poskakuje o zhruba 0,025".

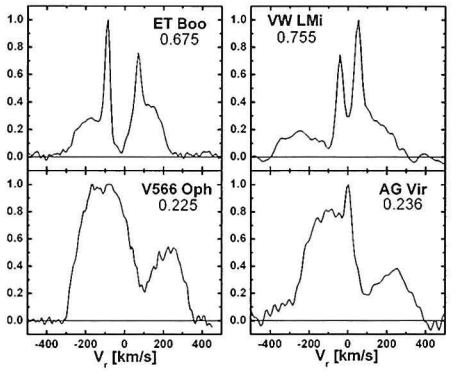
Spektroskopické metódy

Spektroskopia poskytuje veľmi dôležité informácie nielen o chemickom zložení, teplote, tlaku alebo rotácii hviezd, ale umožňuje detegovať a študovať aj viacnásobné sústavy. Vzhľadom na amatérske rozmery našich prístrojov na Slovensku som si po spektroskopické pozorovania musel zájsť až za „veľkú mláku". Detekcie tretích telies už boli medziproduktom programu na David Dunlop Observatory po niekoľko rokov. Zvlášť tvrdým a nevyriešeným orieškom boli 3 štvorhviezdne sústavy VW LMi, ET Boo a TV UMi. Všetky tri majú hierarchiu podobnú známej štvorhviezde severnej oblohy epsilon Lyrae: dve tesné dvojhviezdy obiehajú po relatívne veľkej vzájomnej dráhe okolo seba. Pritom jedna dvojhviezda je vždy zákrytová, druhá má dlhšiu orbitálnu periódu a zákryty nevykazuje. Zatiaľ čo čiary nezákrytovej dvojhviezdy v ET Boo a TV UMi boli separované len v niekoľkých nociach, u VW LMi to bolo naopak: v čiarach bolo vidieť zvyčajne 4 profily. Aby bolo možné pochopiť konfiguráciu sústavy, bolo treba identifikovať v každom spektre jednotlivé zložky. Aj keď sa zdalo, že všetko je správne zmerané, radiálne rýchlosti vykazovali neúmerný rozptyl. Nakoniec sa ukázalo, že perióda vzájomného obehu dvojhviezd tvoriacich štvorhviezdu je iba 355 dní! Okrem priamych detekcií v spektrálnych čiarach *(pozri obr. 4)* sa prítomnosť ďalšej zložky podarilo preukázať po odpočítaní príspevku dvojhviezdy v 7 prípadoch. Zvyčajne išlo o K alebo M trpaslíkov vykazujúcich typické spektrum plné čiar kovov, či dokonca molekúl. Existencia tretieho telesa môže byť indikovaná aj zmenami rýchlosti ťažiska dvojhviezdy. Problémom je tu zvyčajne nedostatok homogénnych pozorovaní.

Light-time efekt (LITE)

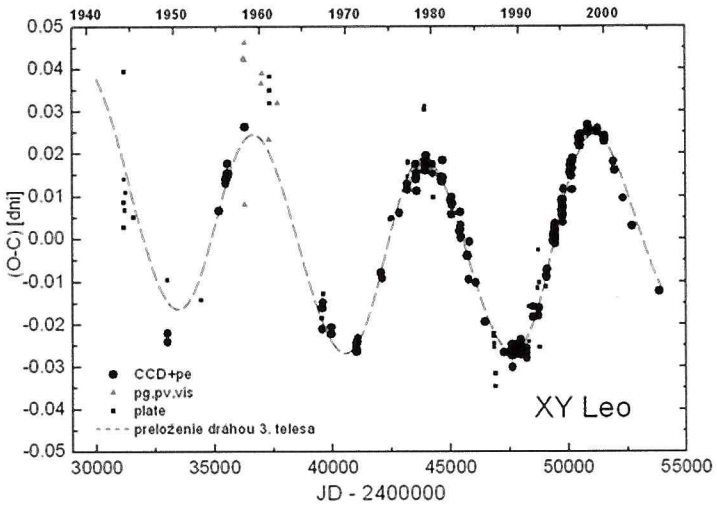
Tento zvláštny termín nie je nič iné ako časové oneskorovanie sa javov v astronómii, spôsobené konečnou rýchlosťou svetla. V roku 2004 mu bola venovaná samostatná konferencia „Light-time effect in Astrophysics", ktorá sa konala v Bruseli.

Už v 17. storočí Ole Roemer na základe oneskorovania a predbiehania sa úkazov Galileiho mesiačikov Jupitera určil rýchlosť svetla vo vákuu. LITE asistoval aj pánom Hulseovi a Taylorovi pri objave a štúdiu prvého dvojhviezdneho pulzaru PSR 1913+16, kde dôsledkom konečnej rýchlosti svetla sa perióda pulzov neutrónovej hviezdy periodicky menila kvôli obehu okolo druhej neutrónovej hviezdy. LITE sa dá použiť na zistenie ďalšieho telesa všade tam, kde máme zdroj presne periodických zmien jasnosti alebo pulzov, čiže presné astrofyzikálne hodiny. Takými sú minimá zákrytových dvojhviezd, prípadne maximá pulzujúcich hviezd. V našom prípade boli využité všetky dostupné okamihy miním študovaných kontaktných dvojhviezd. LITE u časti z nich bol známy (*obr. 5*, LITE pri XY Leo) a existencia ďalšieho telesa potvrdená. U 8 sústav sa však podarilo interpretovať zmeny orbitálnej periódy prítomnosťou ďalšieho telesa po prvý raz. Keďže LITE spôsobuje zmena vzdialenosti zdroja od pozorovateľa, analýzou miním môžeme získať orbitálne parametre, podobne ako pri spektroskopických pozorovaniach, kde sledujeme rýchlosť pozdĺž zorného lúča. Nevýhodou LITE pri štúdiu tesných dvojhviezd je fakt, že ho môžu



Obr. 4: **Detekcia tretích aj ďalších zložiek skrývajúcich sa pri zákrytových dvojhviezdach využitím spektroskopie. Extrakcia funkcie rozšírenia (podobnej strednému profilu čiary) umožnila detegovať nové viacnásobne sústavy, ktoré pri pohľade na oblohu vyzerajú ako osamotené hviezdy. Tesnej zákrytovej dvojhviezde zodpovedajú široké profily, ďalším, pomaly rotujúcim zložkám úzke profily. Orbitálna fáza tesnej kontaktnej dvojhviezdy je uvedená pod názvom. Zatiaľ čo ET Boo a VW LMi sú štvorhviezdy a AG Vir je trojhviezda, V566 Oph nevykazuje v spektrách žiadne ďalšie zložky. Pozorovania získané na 1,88 m ďalekohľade DDO.**

Podľa práce [4]

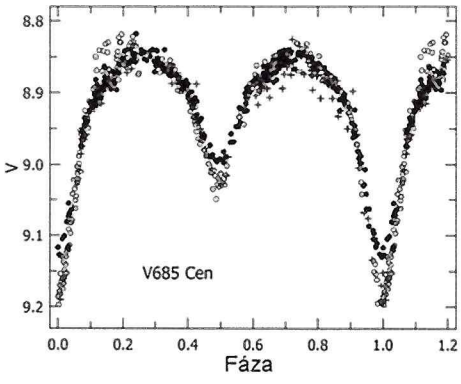


Obr. 5: **Light-time efekt v štvornásobnej sústave XY Leo zloženej zo zákrytovej kontaktnej dvojhviezdy a aktívnej dvojhviezdy so zložkami neskorého spektrálneho typu. Prítomnosť druhej dvojhviezdy sa prejavuje oneskorovaním sa alebo predbiehaním okamihov miním zákrytovej dvojhviezdy. Perióda vzájomnej dráhy je 21 rokov.**

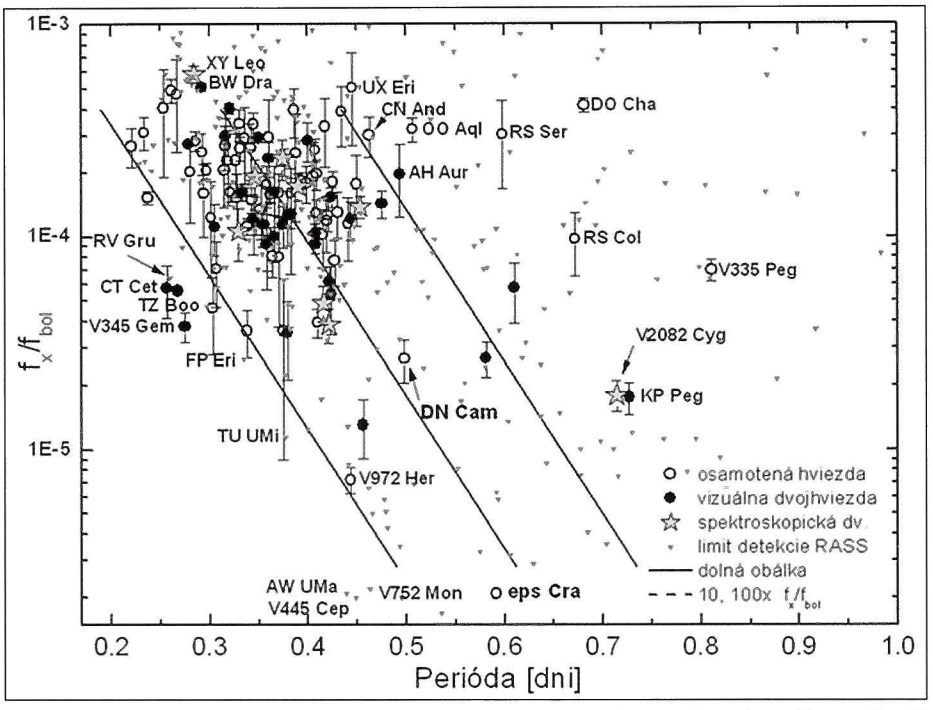
ovplyvniť, prípadne simulovať skutočné zmeny periódy, spôsobené prenosom hmoty medzi zložkami, či odtokom hmoty zo sústavy.

Iné, nepriame metódy

Okrem týchto zjavných metód existencia tretieho telesa môže byť indikovaná rôznymi pekuliaritami fotometrických a spektroskopických meraní. Ak je pomer periód dráhy tretieho telesa a tesnej dvojhviezdy malý (povedzme medzi 10 až 100), poruchy dráhy tesnej dvojhviezdy už nie sú zanedbateľné. Výsledkom sú dva možné efekty: (i) apsidálny pohyb excentrických dráh (ii) precesia dráhy tesnej dvojhviezdy. Keďže apsidálny pohyb má zvyčajne príčiny v tesnej dvojhviezde samotnej, druhý efekt je rukolapnejší. Ak je tesná dvojhviezda zákrytová, precesia dráhy spôsobí zmeny sklonu dráhy, a teda aj zmeny hĺbky miním. Doteraz je známych 7 takýchto zákrytových dvojhviezd. Zaujímavým prípadom je SS Lac, ktorá bola do roku 1955 zákrytovou dvojhviezdou, vďaka precesii dráhy sa zákryty postupne stratili a dnes svoju jasnosť prakticky nemení. Poslednou sústavou, ktorú sa podarilo detegovať [3] je V685 Cen, kde pozorovania v intervale 21 rokov indikujú zmenu sklonu dráhy asi o 5 stupňov *(obr. 6)*. Hoci pri kontaktných dvojhviezdach nie je známa žiadna takáto sústava, táto technika s prírastkom pozorovaní môže viesť k detekcii viacnásobných sústav.



Obr. 6: **Precesia dráhy zákrytovej dvojhviezdy V685 Cen, s veľkou pravdepodobnosťou vyvolaná masívnym tretím telesom na krátkoperiodickej dráhe. Dôsledkom precesie dráhy je zmena uhla sklonu dráhy prejavujúca sa zmenami amplitúdy svetelnej krivky.** Prevzaté z práce [3].



Obr. 7: **Pomer röntgenových a bolometrických tokov pre kontaktné dvojhviezdy jasnejšie ako V = 10 mag. Kontaktné dvojhviezdy s dlhšími periódami, kde sa neočakáva silné röntgenové žiarenie, hostia pravdepodobne osamotenú hviezdu alebo dvojhviezdu neskorého spektrálneho typu. „Dolná obálka" približne vyznačuje dolnú hranicu pomeru röntgenového a bolometrického toku pre sústavy neskorých spektrálnych typov. Niekoľko objektov pod touto hranicou sú známe trojviezdy (V345 Gem, TU UMi, CT Cet alebo V752 Mon), kde neaktívna, ale dominantná zložka znižuje tento pomer.** Podľa práce [5].

Pri štúdiu vzorky 151 tesných sústav jasnejších ako V = 10 mag boli použité ako indikácia aj pekuliarita röntgenového toku *(obr. 7)* a pekuliarita farebného indexu. Podobne ako u Slnka, dôsledkom rotácie hviezd neskorých spektrálnych typov s konvektívnymi obálkami je vytváranie magnetického poľa a vyžarovanie röntgenového žiarenia. Pri dvojhviezdach raných spektrálnych typov s radiačnými obálkami preto emisiu röntgenového žiarenia nemôžeme očakávať. Ako zdroj údajov nám poslúžila prehliadka oblohy v röntgenovom žiarení: ROSAT All Sky Survey (RASS). Ukázalo sa, že časť objektov, vykazuje silné röntgenové žiarenie, aj keď to pri ich spektrálnom type nemôžeme očakávať. Je pravdepodobné, že skrývajú opticky nedetegovanú hviezdu, prípadne dvojhviezdu, ktorá generuje pozorované röntgenové žiarenie.

Cez niekoľko kontaktných dvojhviezd prechádza počas svojho 18-ročného cyklu Mesiac. Jeho ostrý okraj a veľká vzdialenosť predčí rozlíšením aj najväčšie ďalekohľady. Zákryty hviezd Mesiacom však zostávajú pri štúdiu viacnásobných sústav pomerne nevyužité.

Konečný cenzus...

Problémom väčšiny metód je, že potrebujú nezávislé potvrdenie. Až dlhoročné pozorovania viacerými metódami umožňujú poznanie jednotlivých sústav a potvrdenie ich multiplicity. Preto pri finálnom spočítaní boli vzaté do úvahy len sústavy, kde je existencia ďalšieho telesa zistená spektroskopicky alebo astrometricky, prípadne viacerými indikáciami.

Z našej vzorky 151 kontaktných sústav sa ukázalo byť členom viacnásobnej sústavy 64 sústav, čiže 42% objektov [5]. Ak vezmeme do úvahy len severnú oblohu, kde je k dispozícii bohatší pozorovací materiál, toto číslo sa vyšplhá až na 59%. Pritom je zrejmé, že niektoré zložky sú príliš slabé, iné príliš blízko, pre časť zákrytových dvojhviezd nie je dostatočný počet okamihov miním. Keďže výberové efekty neboli započítané, je možné, že všetky tesné dvojhviezdy vznikajú vo viacnásobných sústavách.

THEODOR PRIBULLA
Astronomický ústav SAV

Referencie:

[1] Tokovinin, A. A., 2004, A&AS, 124, 75
[2] http://ad.usno.navy.mil/wds/
[3] Mayer, P., Pribulla, T., Chochol, D., 2004, Inf. Bull. Variable Stars No. 5563
[4] Pribulla, T., Rucinski, S. M., Lu, W. et al., 2006, Astron. J., 132, 769
[5] Pribulla, T., Rucinski, S. M., 2006, Astron. J., 131, 2986

Fyzika v atmosférach horúcich hviezd

RNDr. JURAJ ZVERKO, DrSc.

Najväčšie teleskopy súčasnosti upierajú svoje oči stále ďalej k horizontom vesmíru. Správy z oblasti fyziky hviezd ostávajú v tieni kozmologických objavov stále vzdialenejších kvazarov a najmladších galaxií. Ale aj fyzika hviezd napreduje s rozvojom pozorovacej a výpočtovej techniky, podporovaná neodmysliteľným rozvojom teórie. Od jednoduchých statických modelov vnútornej stavby hviezd prešla k zložitejším modelom skutočných hviezd – rotujúcich telies, telies so silným magnetickým poľom, telies vyskytujúcich sa v dvojhviezdach, ale aj viacnásobných sústavách.

Modely hviezd

Stabilita hviezdneho telesa je predpísaná jednoduchou podmienkou hydrostatickej rovnováhy. Váha obrovského množstva plynu obsiahnutého v telese hviezdy je nesená jeho vlastným tlakom narastajúcim smerom dovnútra a tlakom žiarenia smerujúceho z vnútra na povrch. Kým výpočet tlaku plynu je pomerne jednoduchá úloha, do výpočtu tlaku žiarenia vstupuje viac procesov. Jedným z nich je napríklad spôsob interakcie žiarenia s plynom, cez ktorý musí prejsť. Táto interakcia závisí nielen od fyzikálnych podmienok okolia (tlak, teplota), ale aj od chemického zloženia plynu (plazmy). Žiarenie je mnohonásobne pohlcované a znovu vyžarované jednotlivými atómami a práve rozmanitosť týchto procesov a ich čo najúplnejšie zmapovanie posúva súčasné modely stavby hviezd k realite. Za určitých podmienok sa plyn hviezdneho vnútra stáva nepriehľadný a nastáva prenos energie prúdením – vytvára sa konvektívna vrstva. Konvektívnych vrstiev sa v rôznych hĺbkach môže vytvoriť aj viac. V prípade takéhoto prenosu energie sa vnútorná štruktúra hviezdy podstatne odlišuje od situácie, keď prenos energie z jadra na povrch má charakter žiarenia. Ešte zložitejšia situácia nastáva v prípade, keď hviezda má silné globálne magnetické pole. Toto magnetické pole prispieva k zvýšeniu tlaku v každom mieste, ale nie je sféricky symetrické. Keďže v magnetickom poli sa elektricky nabité častice pohybujú iba v smere siločiar, konvektívne zóny ľahšie vznikajú v oblastiach blízkych osi magnetického poľa. Celý obraz o vnútornej stavbe hviezdy sa zásadne zmení, ak ide o hviezdu, ktorá rotuje. Rotácia hviezdy vyvoláva tzv. meridionálne prúdenie. Odstredivá sila rotácie unáša plyn z polárnych oblastí smerom k rovníku, kde sa stretáva s prúdom prichádzajúcim od pólov druhej pologule, mieša sa s ním, vnára sa pod povrch a v hĺbke pokračuje naspäť smerom k pólom. Rotácia navyše vyvoláva deformáciu hviezdy a spôsobuje jej elipsoidálny tvar. Zaoberať sa takýmito procesmi a pozorovať ich dôsledky priamo na hviezdach je možné iba vďaka modernej pozorovacej technike poskytujúcej vysoké rozlíšenie a výkonnej výpočtovej technike umožňujúcej ich napodobovanie.

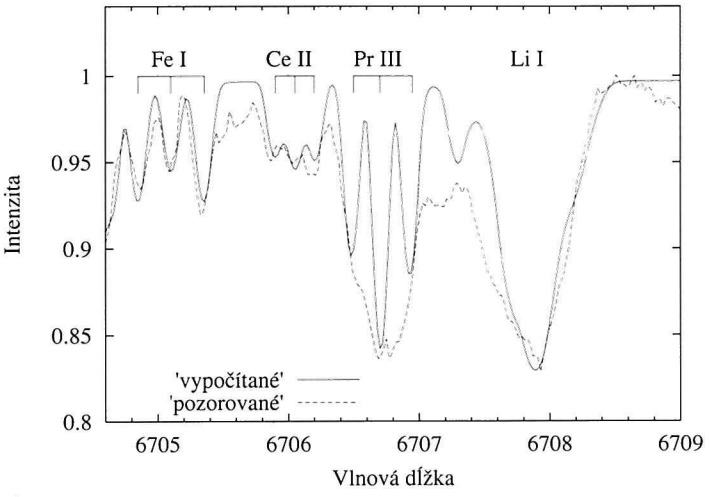
Fyzika atmosfér, pozorovania, spektrá

Nič z toho, čo sme opisovali vyššie, však nie je možné pozorovať priamo – optikou nevidíme pod povrch hviezdy a významnou pomocou sa stala astroseizmológia. Tá skúma šírenie vĺn telesom hviezdy, ktoré spôsobujú chvenie hviezdneho povrchu pozorovateľné citlivou fotometriou z pozemských i kozmických teleskopov. Podobne ako pozemskí seizmológovia, vedia astrofyzici z takýchto pozorovaní odvodiť vnútornú štruktúru hviezdy. (Podrobnejšie sme v Kozmose v minulosti už písali o tejto metóde v článku o helioseizmológii, autor Neslušan). Astroseizmológia vo viacerých prípadoch ukázala, že vnútorné oblasti hviezdy rotujú rýchlejšie ako povrch.

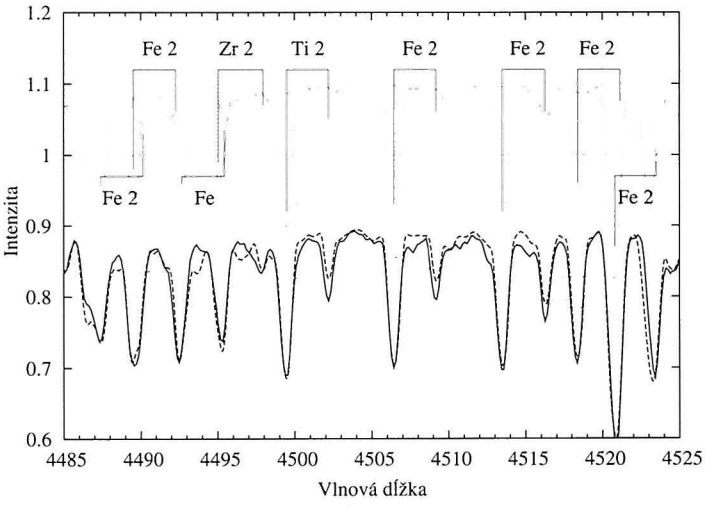
Priame optické pozorovania nám umožňujú študovať iba atmosféru hviezdy. Aj tu sa však odohrávajú procesy, ktoré nesú stopy diania hlbšie pod povrchom. Z hľadiska stavu povrchu hviezdy môžeme hviezdy hlavnej postupnosti H-R diagramu rozdeliť do dvoch skupín. Hviezdy prvej skupiny majú atmosféru tvorenú konvektívnou vrstvou, hviezdy druhej skupiny majú atmosféru v žiarivej rovnováhe. V prvej skupine sa energia spod povrchu dostáva na povrch prúdením, v druhej žiarením. Hviezdy prvej skupiny sú chladnejšie a vyskytujú sa v dolnej polovici hlavnej postupnosti. Hviezdy druhej skupiny sú horúce a nájdeme ich v hornej polovici hlavnej postupnosti. K hviezdam prvej skupiny patrí Slnko, o hviezdach druhej skupiny sa zmienime podrobnejšie.

Smerom k vyšším teplotám

Výraznejšie charakteristiky konvektívnej vrstvy miznú z povrchu niekde uprostred spektrálnej triedy F. Stopy po konvekcii je možné pomocou analýzy profilov spektrálnych čiar nájsť ešte aj v neskorých spektrálnych typoch spektrálnej triedy A. Atmosféra bez konvekcie je v podstate veľmi pokojná a začínajú sa v nej uplatňovať procesy difúzie. Difúzia znamená pozvoľné klesanie ťažších elementov pôsobením gravitácie a nebyť žiarenia prúdiaceho z hĺbky na povrch, po



Úsek spektra magnetickej, chemicky pekuliárnej hviezdy HD 166473. Pozorované spektrum je znázornené čiarkovanou, vypočítané súvislou čiarou. Rozštiepenie spektrálnych čiar do troch zložiek je dobre vidieť na čiarach Fe I a Ce II. Čiara 2× ionizovaného prazeodýmu má zložitejšiu štruktúru Zeemanovských zložiek. V jej vypočítanom profile sme použili zjednodušenú schému s prostrednou a dvoma krajnými zložkami. Čiara lítia je zložená z celej série čiar izotopov ^{6}Li a ^{7}Li, preto jej rozštiepenie do Zeemanovských zložiek sa na tomto spektre neprejavilo.



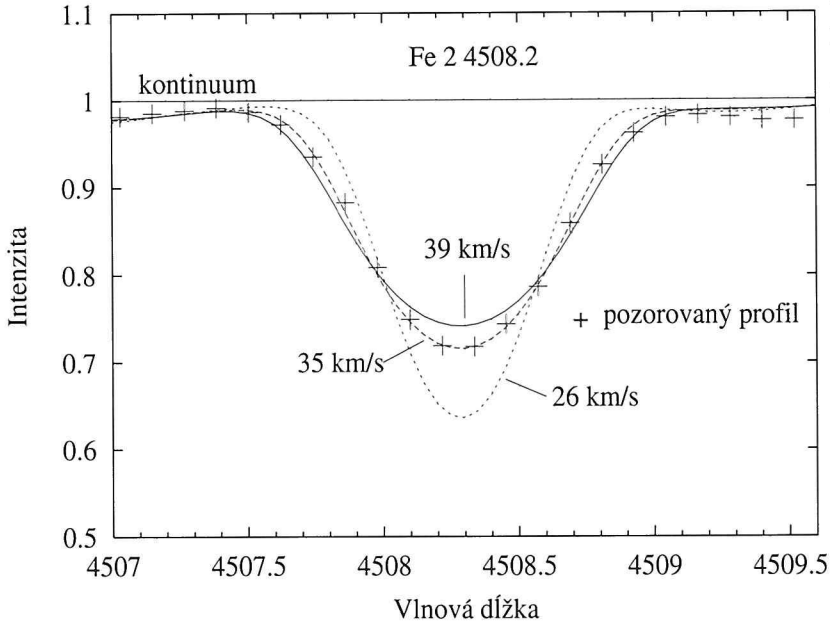
Spektrum HR6611 v okolí vlnovej dĺžky 4500Å. Hore sú vypočítané spektrá každej zložky dvojhviezdy navzájom dopplerovsky posunuté (súvislá čiara – primárna zložka, čiarkovaná – sekundárna zložka posunutá doprava) v dôsledku ich dráhového pohybu. Primárna zložka je 2× jasnejšia ako sekundárna, čo sa prejaví aj príslušným pomerom intenzity spektrálnych čiar. Dolu je výsledné spektrum: čiarkovaná čiara je vypočítané spektrum, hrubá súvislá čiara je pozorované spektrum.

dosť dlhej dobe by nastalo rozvrstvenie atmosféry s ťažkými prvkami na dne a ľahkými na povrchu atmosféry. Na povrchu by bol iba vodík. Žiarenie však naráža na častice plynu, ale atómy rôznych chemických prvkov naň reagujú rôzne. V rozličnej miere z neho preberajú moment hybnosti, a preto sú viac alebo menej náchylné vznášať sa, vystupovať k povrchu a meniť tak pomerné zastúpenie chemických prvkov v danej oblasti atmosféry. Tento proces voláme *žiarením riadená difúzia* a v extrémnych prípadoch vedie k vzniku chemickej pekuliarity hviezd. Hviezd, ktoré je možné takto pomenovať, je asi 15 – 20 % zo všetkých hviezd hornej polovice hlavnej postupnosti. Všetky hviezdy s atmosférou bez konvekcie, teda v žiarivej rovnováhe, majú pomerné zastúpenie chemických prvkov ovplyvnené žiarivou difúziou. To je aj jeden z dôvodov, prečo medzi týmito hviezdami nenájdeme dve s identickým chemickým zložením povrchovej vrstvy. Z pozorovaní je známe, že je to tak aj v otvorených hviezdokopách, kde je predpoklad, že všetky hviezdy vznikli z jedného mraku dobre premiešanej zmesi prachu a plynu. A predsa tam popri hviezdach s normálnym chemickým zložením nachádzame aj hviezdy chemicky pekuliárne.

Ak postupujeme po hlavnej postupnosti vyššie k hviezdam vyšších hmotností a povrchových teplôt, stretávame sa s novým javom, hviezdnym vetrom. Hviezdny vietor týchto hviezd má iné príčiny ako známy slnečný vietor. Slnečný vietor je produktom povrchovej konvektívnej zóny a lokálneho magnetického poľa, ktoré urýchľuje elektricky nabité elementárne častice do medziplanetárneho priestoru. Hviezdny vietor horúcich hviezd je hnaný intenzívnym žiarením odnášajúcim energiu produkovanú termonukleárnym reaktorom v jadre masívnej hviezdy. Pri tých najmasívnejších hviezdach spektrálnych tried O a raných B tento vietor interaguje s medzihviezdnym prostredím vytvárajúc oblasti ionizovaného plynu, známe Strömgrenove sféry alebo H II oblasti.

Dvojhviezdy a vnútorná stavba, vývoj hviezd

Všeobecnou vlastnosťou všetkých hviezd je rotácia. Jej pôvod je v turbulentných (chaotických, prevažne rotačného charakteru) pohyboch celých oblastí prachu a plynu v materskom mraku. Po rozpade mraku jednotlivé oblasti začnú kontrakčnú cestu k zrodu hviezdy. Jednotlivé zárodky hviezd si odnášajú svoj diel rotačného momentu. Najmenej polovica sa ocitne v dvojhviezdnych alebo aj viacnásobných systémoch. Aj v nich je časť turbulentných pohybov pôvodného mraku zakonzervovaná v dráhových pohyboch zložiek týchto systémov. Najjednoduchšia predstava rotujúcej hviezdy je rotujúca guľa z pevného materiálu. Hviezdy však z takého materiálu nie sú. Prvotnou fázou predhviezdneho vývoja je gravitačná kontrakcia so sprievodným zvyšovaním hustoty, tlaku a teploty vnútri protohviezdy. V tejto fáze ide v podstate o voľný pád častíc k centru hviezdy, čo je pohyb rovnomerne zrýchlený, centrálna oblasť sa teda zmršťuje najrýchlejšie, čím sa v dôsledku zachovania hybnosti zrýchľuje najviac rotácia jadra. Vzniká diferenciálna rotácia hviezdy – vnútro rotuje rýchlejšie ako povrch. Ak v pôvodnom mraku boli zvyšky magnetického (napr. slabého galaktického) poľa, diferenciálna rotácia je ho schopná zosilniť na hodnoty kilogaussov, ktoré sa skutočne u mnohých hviezd hlavnej postupnosti pozorujú. (Diferenciálna rotácia iného druhu sa pozoruje aj na hviezdach dolnej polovice hlavnej postupnosti. Napr. polárne oblasti Slnka rotujú pomalšie ako rovníkové). Počas života hviezdy na hlavnej postupnosti sa také rozdelenie rotácie vo hviezde môže pomaly meniť buď prenosom momentu hybnosti k povrchu v hlbokých konvektívnych zónach, pôsobením viskozity prostredia, alebo väzbou hviezdnej plazmy na siločiary zosilňujúceho sa magnetického poľa. Podstatnejšia prestavba rotačného profilu (rýchlosť rotácie v závislosti od hĺbky) ako aj vnútornej štruktúry hviezdy nastáva na konci života hviezdy na hlavnej postupnosti. Vtedy sa míňa vodíkové palivo termonukleárnych reakcií a pokles produkcie energie má za následok ďalšiu kontrakciu jadra a mierne nafúknutie zvyšku hviezdy. Kontrakcia jadra zrýchli jeho rotáciu, zväčšenie polomeru hviezdy spomalí rotačnú rýchlosť povrchu. Že je to naozaj tak, zisťujeme pri pozorovaní dvojhviezd.



Určenie rotačnej rýchlosti primárnej zložky dvojhviezdy HR 6611 pomocou profilu spektrálnej čiary ionizovaného železa Fe II 4508. Znázornený je teoretický profil pre tri rôzne hodnoty rotačnej rýchlosti. Hodnota 39 km/s odpovedá rotačnej rýchlosti synchronizovanej s dráhovým pohybom. Pozorovanej rotačnej rýchlosti však vyhovuje hodnota 35 km/s a znamená subsynchrónnu rotáciu. Rozdiel je zreteľný a vysoko prevyšuje presnosť pozorovaného spektra, ktorá je v intenzite lepšia ako 0,004.

Pri vzniku dvojhviezdneho páru má každá zo zložiek vlastnú rotačnú rýchlosť. Tá, pretože je výsledkom zrýchľovania rotácie pri kontrakcii, je podstatne vyššia, ako keby sme ju premietli do dráhovej rýchlosti, ktorou obe zložky okolo spoločného ťažiska obiehajú. V blízkych pároch, ktorých obežné doby sú niekoľko dní, sa pôsobením slapových síl rotačné rýchlosti spomalia a nastane synchronizácia periódy rotácie zložiek s periódou obehu. To trvá, až kým hmotnejšia zložka nie je pri konci svojho života na hlavnej postupnosti. Vtedy dôjde k vyššie spomenutému spomaleniu rotácie jej povrchu.

Dvojhviezdy sa pohybujú po eliptických dráhach podľa známych pohybových rovníc platných pri určitých zjednodušujúcich predpokladoch. Jedným z nich je, že hviezdy považujeme za hmotné body, alebo aspoň za homogénne sféricky symetrické telesá. Čo, ako vieme, nie je pravda. Hviezdy sú rotáciou deformované do eliptického tvaru a, v prípade blízkych párov, vzájomnou príťažlivosťou do tvaru pretiahnutého smerom k druhej zložke (trojosí elipsoid). To má za následok, že poloha periastra na dráhe (jeden z elementov dráhy) sa neustále posúva. Tento „posun priamky apsíd" je z pozorovaní známy a pri viacerých systémoch aj dobre zmeraný. Malou troškou k nemu podľa okolností môže prispievať aj efekt známy z teórie relativity (ako napr. v prípade stáčania perihélia Mekúra) alebo interakcia systému s blízkym medzihviezdnym prostredím. Najnovšie sa však zistilo, že druhý najvýznamnejší príspevok k posunu periastra vzniká z diferenciálnej rotácie hviezdy. Dlhodobé pozorovania zákrytových systémov s blízkymi zložkami a dobre viditeľnými spektrálnymi čiarami oboch zložiek môžu priniesť nové poznatky o vnútornej štruktúre a vývoji hviezd. Jedným z takých systémov je V624 Her (známa tiež ako HR 6611 alebo HD 161321). Detailná analýza spektra oboch zložiek tejto sústavy potvrdila ich chemickú pekuliaritu. Z rozboru profilu spektrálnych čiar primárnej zložky navyše vyplýva, že povrch tejto hviezdy naozaj rotuje pomalšie oproti rýchlosti synchronizovanej s dráhovým pohybom. Už z rozboru základných hviezdnych parametrov (priemer, svietivosť, teplota) tejto zložky vyplývalo, že sa blíži ku koncu svojho pobytu na hlavnej postupnosti a spomalenie rotácie znamenajúce zväčšenie polomeru, takého charakteristického pre toto krátko trvajúce štádium vývoja, je tiež potvrdením tohto faktu. Najstaršie pozorovania tejto hviezdy sú zo 70-tych rokov minulého storočia. Očakávame, že súčasná séria pozorovaní pomôže osvetliť detaily tohto systému s významnými dôsledkami pre fyziku hviezd.

JURAJ ZVERKO
Astronomický ústav SAV

Ako sa rodí objav

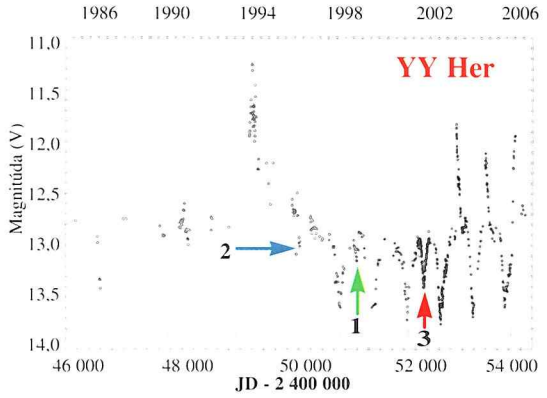
RNDr. LADISLAV HRIC, CSc. a RNDr. RUDOLF GÁLIS, PhD

V tomto článku budeme hovoriť o tom ako môžu aj amatérske pozorovania premenných hviezd prispieť k zaujímavému astrofyzikálnemu objavu. Takýto objav sa pravdaže niekedy rodí celé roky a je za ním skrytá dlhodobá systematická práca, preto sa musíme vrátiť trochu do histórie.

Pred vyše štvrťstoročím vznikla na Slovensku možnosť vydávať Astronomickú ročenku pre najširší okruh záujemcov o astronomické dianie na dennej, ale aj nočnej oblohe. Jeden z autorov tohto článku (L.H.) sa vtedy podujal, že vypracuje mapky a podklady pre pozorovateľov premenných hviezd a že sa bude snažiť kontaktovať takýchto pozorovateľov hlavne preto, aby ich pozorovania nezapadli do zabudnutia, ale aby sa využili pri ďalšom výskume premenných hviezd. Po niekoľkých rokoch sa ukázalo, že na Slovensku neexistuje dostatočne silná skupina pozorovateľov premenných hviezd, preto spolu s kolegom Skopalom publikovali v roku 1989 výzvu na pozorovanie symbiotických hviezd na medzinárodnej úrovni. Našťastie symbiotické hviezdy už netreba predstavovať našim čitateľom, nakoľko v minulých číslach časopisu Kozmos ich veľmi podrobne a zaujímavo opísal kolega Skopal. Spomínaná kampaň priniesla svoje ovocie a pozorovacie dáta začali prichádzať z rôznych krajín Európy. Do kampane sa vtedy zapojil aj Ing. Z. Velič – jeden z najlepších slovenských pozorovateľov premenných hviezd. Kampaň bola pripravená do najmenších podrobností. S A. Skopalom sme pripravili pre všetky navrhované hviezdy pozorovacie mapky, porovnávacie hviezdy a ďalšie potrebné informácie pre pozorovateľov. Medzi sledovanými symbiotickými hviezdami bola aj nenápadná symbiotická hviezda YY Her, ktorá je trochu slabšia ako širšia skupina najznámejších zástupcov tejto skupiny premenných hviezd, ktoré zaraďujeme do obecného typu kataklizmatických premenných hviezd.

YY Her patrí do skupiny klasických symbiotických hviezd so vzplanutiami podobnými nove. Ako premenná hviezda bola objavená Wolfom v roku 1919. V tridsiatich rokoch ju Plaut a Böhme klasifikovali ako nepravidelnú premennú. Až v roku 1950 ju Herbig identifikoval ako symbiotickú hviezdu na základe detailného popisu jej spektra. Naša súčasná predstava o tejto sústave je taká, že horúcou zložkou je biely trpaslík o teplote 100 000 K obklopený hustou obálkou, ktorá je doplňovaná látkou, prenášanou zo sekundárnej zložky. Sekundárnou zložkou je červený obor, vypĺňajúci svoj Rocheov lalok, s povrchovou teplotou 3500 K. Ani po 60 rokoch od jej objavu neboli pre ňu k dispozícii dostatočne dobré fotometrické dáta, preto sme dúfali, že široká medzinárodná kampaň prinesie dobré pokrytie svetelnej krivky a odhalí jej ďalšie vlastnosti. Žiaľ nestalo sa tak, nakoľko pre pozorovateľov bol objekt príliš slabý, a tak dali radšej prednosť pozorovaniu osvedčených symbiotík, u ktorých sa striedali štádiá aktivity so štádiami pokoja a u ktorých občasné neočakávané silné vzplanutia prinášali pre pozorovateľov zadosťučinenie a odmenu za dlhodobú systematickú prácu. Systematické pozorovanie tohto objektu vykonával iba Z. Velič na svojom súkromnom observatóriu v Beluši pomocou vlastnoručne zostrojenej CCD kamery. Takto sme mali k dispozícii CCD dáta v štyroch filtroch BVRI, ktoré pokrývali časový úsek od júla 1995 až do novembra 2000. Svetelná krivka bola poznačená monotónnym poklesom jasnosti od silného vzplanutia, ku ktorému došlo ešte v roku 1993. Navyše sa dali rozoznať tri minimá, ktorých časové zmeny dobre odpovedali orbitálnej perióde, ktorá bola v tom čase už približne známa. Okrem toho sme však na svetelnej krivke objavili tri body, ktoré naznačovali pokles jasnosti v roku 1998 presne v strede medzi hlavnými minimami!

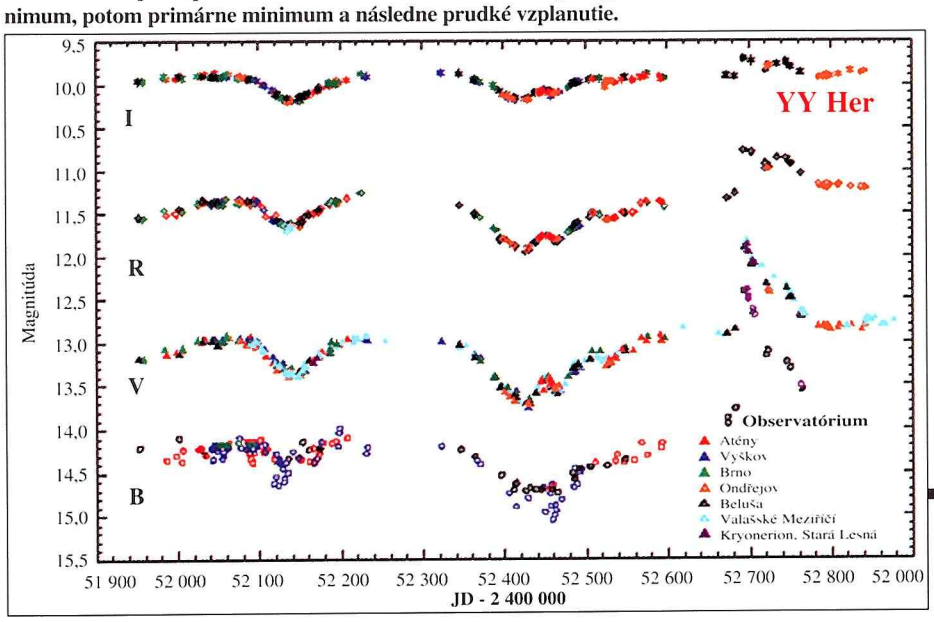
Iba tri body na svetelnej krivke nám vnukli myšlienku, že takéto správanie je možné vysvetliť ako sekundárne minimum v zákrytovej sústave. Takéto vysvetlenie bolo úplne neočakávané a navyše podporené len pár bodmi z jedného observatória. Na *obrázku 1* sú tieto tri body označené zelenou šípkou (číslo 1) a vyjadrovali nádej, že takýto pokles budeme detegovať aj v ďalšom cykle orbitálnej periódy. Toto sa nám však tiež nepodarilo, iba keď sme išli v našej analýze do minulosti, našli sme na svetelnej krivke dva body z roku 1995, ktoré však mohli súvisieť s monotónnym poklesom jasnosti, alebo aj s počiatočnými problémami pri spustení novej aparatúry. Tieto dva spomínané body sú na tom istom obrázku vyznačené modrou šípkou (číslo 2). Keď sme všetky takto získané výsledky vyhodnotili, dospeli sme k názoru, že ak pozorované poklesy jasnosti sú reálne, je možné takéto správanie objektu vysvetliť zákrytovým modelom s pozorovanými primárnymi, ale aj sekundárnymi zákrytmi. Spresnili sme aj orbitálnu periódu celého systému na 587,54 dňa. Sekundárne zákryty by boli ale novým objavom v tejto sústave, nakoľko takéto správanie zatiaľ nielenže nikto nepredpokladal, ale dokonca Talian Munari – známy odborník na symbiotické hviezdy v dvoch svojich prácach z roku 1997 zákryty vylúčil ako možnú príčinu pozorovaných variácií. Keď sme teda napísali prácu o zákrytovom modeli a výsledky sme prezentovali aj na medzinárodnej úrovni v roku 2001, nezískali sme pre náš model podporu v medzinárodnej komunite. Panovala aj nedôvera k získaným údajom iba z jedného prístroja a tiež široká medzinárodná kampaň na symbiotické hviezdy neprinášala nové výsledky. Vtedy sme sa rozhodli, že treba vyhlásiť cielenú medzinárodnú kampaň, zameranú len na jeden skúmaný objekt, v našom prípade YY Her.

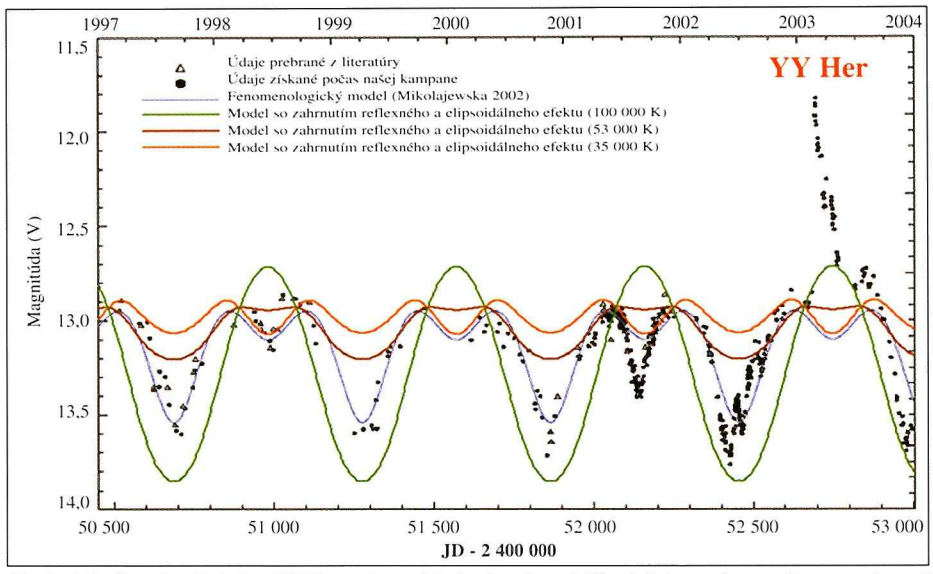


Obrázok 1: **Historická svetelná krivka symbiotickej hviezdy YY Her. Plnými krúžkami sú vyznačené naše dáta a trojuholníkmi dáta publikované v zahraničí. Polohy šípiek sú vysvetlené v texte článku. Najsilnejšia aktivita systému bola pozorovaná v roku 1993, keď došlo k prudkému vzplanutiu. Na obrázku sú zvislými čiarkami vyznačené polohy primárnych miním podľa nami určenej efemeridy. Aj keď je svetelná krivka v čase pred vzplanutím nedostatočne pokrytá, dá sa na nej pozorovať jedno primárne a jedno sekundárne minimum, ktoré podporujú náš zákrytový model sústavy.**

Cielená medzinárodná kampaň priniesla veľmi zaujímavé a presvedčivé výsledky. Do kampane sa zapojili nasledovné inštitúcie a observatóriá: Univerzita v Aténach s 0,4 m reflektorom a CCD kamerou, Národné observatórium v Aténach s 1,2 m reflektorom a fotoelektrickým fotometrom umiestneným na horskom observatóriu Kryonerion na Peloponézskom polostrove. Z Čiech sa ďalej zapojila Hvezdáreň vo Valašskom Meziříčí s 28 cm Schmidt-Cassegrainom a CCD kamerou, Hvezdáreň Vyškov s 30 cm reflektorom a CCD kamerou, HaP v Brne s 0,4 m Nasmythom a CCD kamerou, Astronomický ústav AV ČR v Ondřejove s 18 cm Maksutovom a CCD kamerou. Na Slovensku sa pokračovalo v pozorovaniach na súkromnom observatóriu v Beluši s 18 cm Newtonom a CCD kamerou a na Astronomickom ústave SAV na observatóriu v Starej Lesnej s 0,6 m Cassegrainom a fotoelektrickým fotometrom. Hlavným cieľom takéhoto masívneho nasadenia prístrojovej techniky bolo čo najhustej-

Obrázok 2: **Svetelná krivka symbiotickej hviezdy YY Her v B, V, R a I farbách bola získaná počas medzinárodnej kampane v rokoch 2001 až 2003. Na krivke je najprv zaznamenané sekundárne minimum, potom primárne minimum a následne prudké vzplanutie.**





Obrázok 3: **Svetelná krivka YY Her, z ktorej bol odstránený dlhodobý trend po veľkom vzplanutí z roku 1993. Na tejto krivke sme testovali rôzne limitné modely dvojhviezdnej sústavy. Modrá krivka reprezentuje fenomenologický model s parametrami, ktoré publikovala Mikolajewska. Zelená, hnedá a červená krivka predstavujú fyzikálne modely so zahrnutím reflexného a elipsoidálneho efektu pre teplotu bieleho trpaslíka 100 000, 53 000 a 35 000 K.**

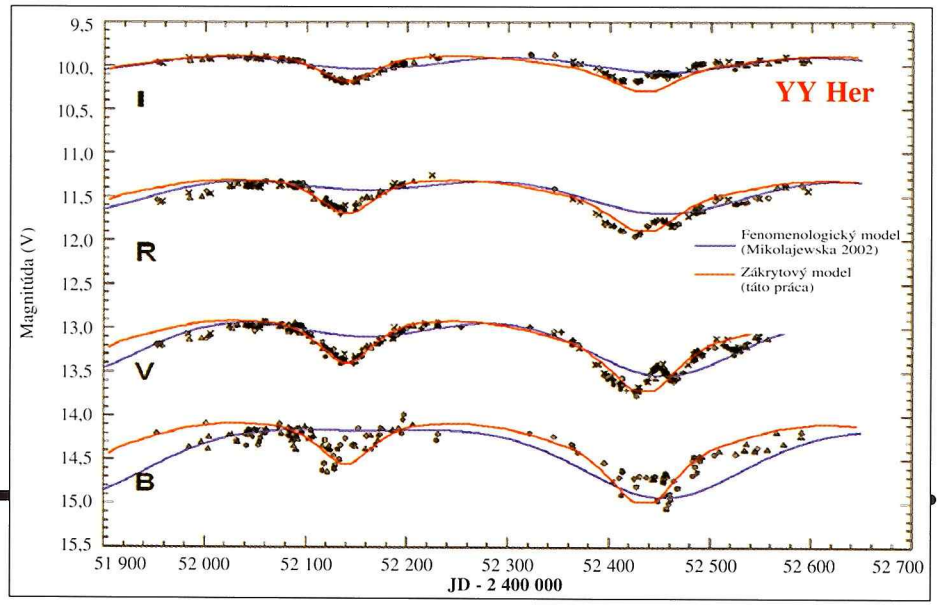
šie pokrytie svetelnej krivky v čase očakávaného sekundárneho minima. V tom čase publikovala poľská astronómka J. Mikolajewska prácu o YY Her, v ktorej navrhla model na vysvetlenie pozorovaných svetelných variácií tohto dvojhviezdneho systému. Vo svojej práci citovala aj náš článok o zákrytovom modeli, no na rozdiel od nás navrhla fenomenologický model, v ktorom svetelné zmeny vysvetľuje kombináciou elipsoidálneho efektu a sínusoidálnych variácií nebulárneho kontinua a čiarových emisií. Naša kampaň však medzitým pokračovala veľmi intenzívne a už v roku 2002 sme mali istotu, že hlavný cieľ bol splnený. Na svetelnej krivke sa objavilo krásne pokryté sekundárne minimum a náš objav bol takto definitívne potvrdený. Na *obrázku 1* je toto minimum vyznačené červenou šípkou (číslo 3). Úspešnosť kampane v nás však vyvolala zvedavosť, či by bolo možné pokryť aj primárne minimum a na základe modelovania celej svetelnej krivky, získanej počas jedného orbitálneho cyklu, potvrdiť náš predpoklad o správnosti zákrytového modelu. V kampani sa teda pokračovalo a v zime roku 2002 sme už mali odpozorované aj primárne minimum. Toto minimum však nebolo také symetrické, nakoľko v tomto období sa prejavila aktivita celého dvojhviezdneho systému, ktorá pokračovala aj v ďalšej pozorovacej sezóne a v roku 2003 vyústila do prudkého vzplanutia. Naša kampaň postupne doznela a my sme mali k dispozícii kompletnú svetelnú krivku, ktorá je vo filtroch B, V, R a I vykreslená na *obrázku 2*. Prerušenia svetelnej krivky sú počas zimy 2001 – 2002 a 2002 – 2003, keď Herkules nie je pozorovateľný. Krivky v jednotlivých filtroch veľmi dobre navzájom korešpondujú, jedine v B filtri môžeme pozorovať zvýšený šum. Tento rozptyl dát v B filtri je spôsobený tým, že v tejto oblasti elektromagnetického žiarenia sú použité CCD detektory už menej citlivé a hviezda má v tejto farbe aj najmenšiu jasnosť.

Potvrdenie alebo vyvrátenie zákrytového modelu teraz už bolo možné urobiť na základe analýzy získanej svetelnej krivky. V ďalších krokoch sme z napozorovaných dát vyhotovili dvojfarebné diagramy, sledovali sme sčervenanie a zmodranie v jednotlivých fázach orbitálneho cyklu, porovnávali sme rýchlosti zmien jasnosti v obidvoch minimách a pod. V tomto článku by sme však radi uviedli ešte aspoň dva grafy, pomocou ktorých sme testovali fenomenologický model publikovaný J. Mikolajewskou, fyzikálne modely s rôznou teplotou bieleho trpaslíka a kde je aj porovnanie s naším zákrytovým modelom. Snažili sme sa aj o to, nielen ukázať, že zákrytový model dobre vysvetľuje pozorované svetelné variácie, ale že snaha vysvetliť variácie pomocou reflexného efektu (efekt odrazu) a elipsoidálneho efektu neprináša riešenie. Na *obrázku 3* je modrou krivkou vykreslený model, ktorý publikovala Mikolajewska. Aj keď jej model dobre kopíruje primárne minimum, jej sekundárne minimum vôbec neodpovedá reálnym pozorovaniam. V tomto modeli nedochádza k zákrytom medzi zložkami, ale k zmenám dochádza hlavne natáčaním rôznych strán deformovaného červeného obra k pozorovateľovi. Toto nazývame elipsoidálnym efektom. Okrem toho sú tu ešte započítané sínusoidálne variácie hmloviny a emisných spektrálnych čiar. Tieto vplyvy však nie sú bližšie určené ani kvantitatívne spočítané. Pomocou ďalších kriviek sme na tomto obrázku vyznačili modely, v ktorých meníme teplotu bieleho trpaslíka a k zmenám jasnosti dochádza iba vplyvom elipsoidálneho a reflexného efektu. Zelená krivka odpovedá teplote bieleho trpaslíka 100 000 K, pričom vôbec nedochádza k sekundárnemu minimu. Sekundárne minimum sa na krivke objaví až keď teplotu trpaslíka znížime na 53 000 K – hnedá krivka. K rovnakej hĺbke primárnych a sekundárnych miním by dochádzalo pri teplote 35 000 K, čo je už pre bieleho trpaslíka veľmi nízka teplota – červená krivka. Z uvedenej analýzy vyplýva, že bez predpokladu zákrytov v sústave jej svetelné zmeny nedokážeme vysvetliť. V ďalšom kroku sme preto predpokladali, že biely trpaslík s vysokou teplotou je obklopený hustou obálkou, ktorú môžeme modelovať hviezdou o teplote 4000 K. Pre túto teplotu obálky sme dostali najlepší súhlas s pozorovaniami. Obálka počas orbitálneho obehu okolo spoločného ťažiska s červeným obrom ho na určitú dobu periodicky zakrýva a takto vznikajú sekundárne minimá. Naopak, keď zakrýva obor časť obálky vznikajú minimá primárne. Sklon sústavy sme určili na 85 . Treba si uvedomiť, že počas aktivity sústavy, keď dochádza k zvýšenému prenosu hmoty, môže dochádzať aj k deformáciám horúcej obálky, čo sa prejaví asymetriou pozorovaných miním.

Porovnaním predložených modelov dospievame k záveru, že náš zákrytový model najlepšie vysvetľuje správanie sústavy. Dlhodobou prácou mnohých astronómov sa podarilo zhromaždiť unikátne dáta, ktoré nás priviedli k neočakávaným výsledkom. V ďalších rokoch bude potrebné podrobnejšie preštudovať opakované vzplanutia a aktivitu, ktorá deformuje svetelnú krivku. Viac odpovedí by priniesla analýza spektroskopického materiálu, ktorý je zatiaľ v šuplíkoch na väčších svetových observatóriách. Je pochopiteľné, že ide o nezávidenia hodnú prácu, nakoľko náš model vyvrátil niektoré staršie vedecké štúdie. V súčasnosti patrí veľká vďaka všetkým pozorovateľom (A. Dobrotka, K. Gazeas, P. Hájek, K. Koss, P. Niarchos, P. Sobotka, V. Šimon, L. Šmelcer a samozrejme Z. Velič) ktorí neľutovali svoj pozorovací čas obetovať pre tento, na počiatku taký riskantný projekt.

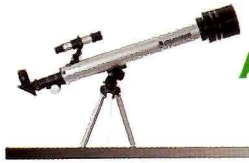
LADISLAV HRIC a RUDOLF GÁLIS
Astronomický ústav SAV

Obrázok 4: **Sekundárne a primárne minimum YY Her získané počas našej medzinárodnej kampane. Modrou krivkou je opäť vyznačený fenomenologický model s parametrami, ktoré publikovala Mikolajewska. Červenou krivkou je vyznačený náš najlepší zákrytový model sústavy s teplotou obálky okolo bieleho trpaslíka 4000 K.**



CELESTRON ASTRONOMICKÉ ĎALEKOHĽADY

POWERSEEKER 50/600



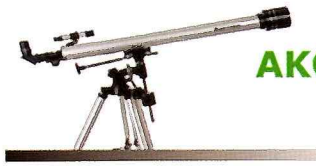
AKCIA

21039

- refraktor 50/600
- azimutálna montáž
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20, 12 a 4 mm
- barlowova šošovka 2x
- zenitový hranol

Vaša cena:
~~3000,-~~
2600,-Sk

POWERSEEKER 60/900



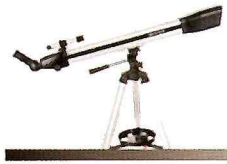
AKCIA

21043

- refraktor 60/900
- paralaktická montáž s jemným pohybom
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- zenitový hranol
- barlowova šošovka 3x

Vaša cena:
~~5700,-~~
4300,-Sk

POWERSEEKER 70/900



21047

- refraktor 70/900
- azimutálna montáž
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20, 12.5 a 4 mm, barlowova šošovka 3x
- zenitový hranol
- vak na uskladňovanie a prenášanie

Vaša cena:
3900,-Sk

POWERSEEKER 60/700

21041

- refraktor 60/700
- azimutálna montáž
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- barlowova šošovka 2x
- zenitový hranol

Vaša cena:
3600,-Sk

POWERSEEKER 76/700

AKCIA

21044

- reflektor Newton 76/700
- azimutálna montáž
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- barlowova šošovka 2x
- zenitový hranol

Vaša cena:
~~5000,-~~
3500,-Sk

POWERSEEKER 80/900

8 cm ďalekohľad
NOVINKA

21048

- reflektor 80/900
- paralaktická montáž s jemným pohybom
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- zenitový hranol
- barlowova šošovka 3x

Vaša cena:
5200,-Sk

POWERSEEKER 114/900

21045

- reflektor - Newton 114/900
- paralaktická montáž s jemným pohybom
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- barlowova šošovka 3x

Vaša cena:
6200,-Sk

POWERSEEKER 127/1000

12,7cm ďalekohľad
NOVINKA

21049

- reflektor - Newton 127/1000
- paralaktická montáž s jemným pohybom
- hľadáčik 5x24
- okuláre 20 a 4 mm
- barlowova šošovka 3x

Vaša cena:
~~8900, Sk~~
8100,-Sk

EXPLORA 80

NOVINKA

21030

Zrkadlový ďalekohľad
s 44 násobným zväčšením a 80 mm
objektívom. Skladný, spratný....
Okamžite pripravený k použitiu
Vhodný aj ako monokulár.
S držiakom na fotografický statív.

Vaša cena:
3100,-Sk

EXPLORA 100

NOVINKA

21032

Zrkadlový ďalekohľad
s 50 násobným zväčšením a 100 mm
objektívom. Skladný, spratný....
Okamžite pripravený k použitiu
Vhodný aj ako monokulár.
S držiakom na fotografický statív.

Vaša cena:
4900,-Sk

CDROM S ASTRONOMICKÝM SOFTVÉROM GRÁTIS!!!

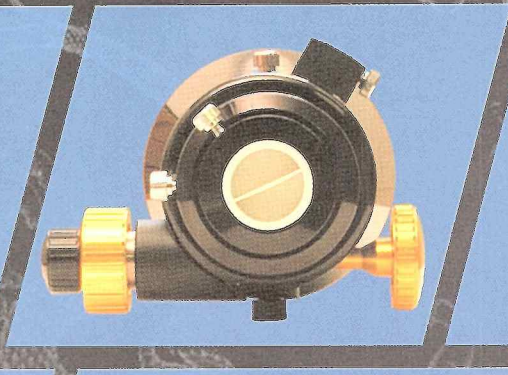
www. celestron.sk, info@celestron.sk, Tromf Banská Bystrica, Partizánska cesta 80, 97401 Banská Bystrica, tel.: 00421-(0)48-4142332

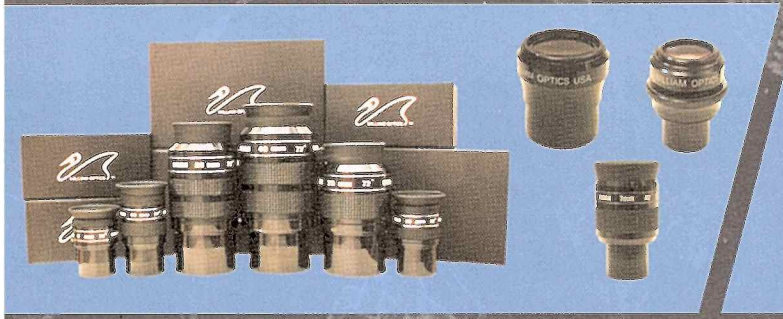
Astronomické ďalekohľady z tejto akcie si môžete pozrieť a objednať aj v Hvezdárni a planetáriu v Prešove

William Optics

WILLIAM OPTICS

Zenith Star 110 TMB APO Triplet
Atrofotografický speciál 110/770mm, f/7 s trojčlenným APO objektivem TMB, rozlišovací schopnost pod 1,05“. Dvourychlostní (1:10) ostření crayford. K dalekohledu se dodává nový red dot hledáček s měnitelnou osnovou. 2“ hranol (99%), hliníkový transporní kufr a upínací





Firma **William Optics** je známá velmi kvalitní optikou s výborným poměrem cena/výkon. Dalekohledy i veškeré příslušenství vynikají precizním dílenským zpracováním. Mezi novinky patří okuláry **UWAN** (f=28, 16, 7 a 4 mm) – zorné pole 82°, vzdálenost výstupní pupily 12mm. Dalekohledy řady **Megrez 80 II (ED)** a **Zenithstar 80** není snad již nutno představovat, díky kvalitní optice patří mezi **Hot produkty** Sky&Telescope. Z příslušenství vyniká 2” zrcátko dialektricky pokovené s odrazivostí 99%, 2.5× APO Barlow, 0.8× APO reduktor nebo projekční DCL okuláry pro afokální foto.

Mochovská 23/310 • 198 00 • Praha 9 • Česká republika
www.skywatcher.cz • info@skywatcher.cz • ☎ +420 284 820 939

SUPRA Praha, spol. s r.o.

Astronomik · me opta · Vixen · Sky-Watcher

EVOLUCE A KREATIVITA

aneb od ETX, LX, RCX přes DSI na Max Mount...

MEADE®

Meade Instrument Corporation je jeden z největších světových výrobců optiky pro astronomy všech kategorií. V posledních letech firma Meade Instruments Corporation zahájila zřetelnou obměnu, inovaci a zdokonalení veškerého sortimentu.

Na začátku byl AutoStar®

V prvních počátcích této razantnější „evoluční proměny" se objevil naváděcí a řídící systém **AutoStar®** – s databází několika tisíc objektů, s možností připojení dalekohledu k počítači a s funkcí GO-TO pro vyhledávání objektů na obloze. S tímto naváděcím systémem ve standardní výbavě jsou dnes běžně dodávány všechny dalekohledy Meade včetně nejnižší cenové kategorie. Podle počtu funkcí, objektů v databázi a ovládacích možností má **AutoStar®** několik verzí : #494, #497, Autostar II - dokonce existuje verze s bezdrátovým připojením. Součástí je i software s mapou hvězdné oblohy a verze pro připojení dalekohledu k počítači.

Schmidt-Newton...

Postupným vývojem se v nabídce firmy Meade dobře ujaly dalekohledy LXD-75 s optickou soustavou Schmidt-Newton a velkou světelností – ideální pro astrofotografii méně kontrastních a jasných objektů (mlhoviny, galaxie...). Řada zahrnuje také čočkové dalekohledy a 8" Schmidt-Cassegrain. Všechny jsou vybavené Autostarem a na montáži LXD-75.

Schmidt-Cassegrain, Advanced Ritchey-Chretien, LX90, LX200R, RCX400

Zajímavý byl vývoj dalekohledů s optickou soustavou Schmidt-Cassegrain, která byla dlouhou dobu stěžejní v sortimentu firmy Meade. Z dalekohledů LX10 a LX50 se vyvinul AutoStarem ovládaný dalekohled 8" LX-90-AT. K dalekohledům LX200 se postupně přidával **AutoStar® II** se 145.000 objekty v databázi a s možností řídit všechny funkce dalekohledu. Bylo zpřesněno navádění dalekohledu a přidána korekce periodické chyby montáže pomocí funkce **Smart Mount™**, která pravidelně zvyšuje přesnost navádění po každém vycentrování nalezeného objektu. Tato funkce pracuje na rovníkové i azimutální montáži. **Smart Drive™** koriguje permanentní periodickou chybu montáže (PPEC) v obou osách a zvyšuje tak přesnost sledování objektu. Snižuje počet nutných zásahů do navádění dalekohledu během fotografování s dlouhými expozičními časy. Funkce je na obou osách a na rovníkové i azimutální montáži.

Mnoho vylepšení se týkalo také mechanických částí **– zámek hlavního zrcadla,** který umožní pevně stabilizovat zrcadlo, zavedení dvou stupňů ostření hrubého a jemného - hlavně jemný stupeň používá AutoStarem ovládaný systém crayford , který zaručuje možnost přesného **doostření bez posouvání obrazu objektu v zorném poli.**

Dalekohledy si dnes také umí nalézt přesnou polohu na zeměkouli díky družicovému naváděcímu systému GPS a znatelně tak zpřesnit navádění a orientaci na obloze. **Sony®GPS** 16-ti kanálový přijímač automaticky nastaví přesný čas, datum a geografické souřadnice místa pozorování, což umožní rychlé a přesné nastavení dalekohledu. Ke všem dalekohledům LX200 je přidávaný tzv. **LNT modul,** který je schopen nalézt skutečný zeměpisný sever (s výjimkou míst se silnější anomálií magnetického pole) a vodorovnou polohu tubusu – což je velmi užitečné při počátečním nastavování dalekohledu na azimutální montáži.

Všechny dalekohledy jsou dnes expedovány s nastavením **AutoAlign™** - dalekohledy s touto funkcí jsou již přednastaveny od výroby. Ihned po vybalení a sestavení jsou připraveny k počátečnímu automatickému nastavení na dvě hvězdy. Tato funkce urychluje a usnadňuje počáteční nastavení dalekohledu na azimutální montáži.

Advanced Ritchey-Chretien RCX400 a LX200R

Jedním z převratných kroků bylo zavedení optického systému Advanced Ritchey-Chretien a vznik nové řady dalekohledů označovaných RCX400. Modifikovaný systém Ritchey-Chretien přináší až neuvěřitelně kvalitní optiku za dostupnější cenu ve srovnání s jinými výrobci RC systémů. Dalekohledy jsou vybaveny tubusem z grafitových vláken, vyhřívanou korekční deskou s teplotním čidlem, elektronickým ostřením ovládaným AutoStarem, vestavěným větráčkem pro rychlejší vyrovnání teplot, novým stabilnějším stativem a vidlicovou montáží a všemi výše zmíněnými funkcemi jako nejnovější verze dalekohledů LX200 a samozřejmě novým optickým systémem Advanced Ritchey-Chretien.

Dalším aktuálním krokem je odebrání systému Schmidt-Cassegrain dalekohledům LX200 a zavedením nového Advanced Ritchey-Chretien se světelností f/10. Nyní je tedy výsledkem řada s označením LX200R, s optikou Advanced Ritchey-Chretien, s GPS, LNT a všemi novinkami jako u dřívějších LX200. Toto je velmi vstřícný krok firmy Meade k rozšíření optického systému Advanced Ritchey-Chretien mezi větší počet astronomů amatérů i profesionálů.

„Kosmetické" úpravy

Nyní poslední známou „kosmetickou" úpravou bylo přidání GPS a LNT dalekohledům řady LX90 se systémem Schmidt-Cassegrain, snížení jejich ceny a hlavně rozšíření nabídky o 10", 12". Rovněž dalekohledy ETX Premiér Edition jsou vybaveny LNT modulem a funkcí AutoAlign™ pro rychlejší a přesnější nastavení a navádění. Častěji se také objevují nové hledáčky s červeným záměrným bodem.

Velmi krátce nastíněný výčet změn a novinek za posledních několik let v sortimentu Meade ještě není u konce. O zásahu do astrofotografie a CCD zobrazení včetně nové montáže Robo Max Mount se dozvíte v příštím čísle...

Zastoupení pro SR: DELTAS – Ing. Lako Daniel, Športovcov 884/4, 020 01 Púchov • **www.dalekohlady.eu** • meade@deltas.sk • tel. +421 424 710 200 • fax +421 424 642 300
Zastoupení pro ČR: Moty-Optik – Miloš Motejl, Weisova 621, 391 81 Veselí nad Lužnicí • **www.moty.cz** • info@moty.cz • tel. +420 777 107 502

V Slnečnej sústave máme opäť 8 planét

Astronómovia, ktorí sa zišli na kongrese Medzinárodnej astronomickej únie v Prahe, rozhodli vo štvrtok 24. augusta 2006, že v Slnečnej sústave je opäť len 8 planét: Merkúr, Venuša, Zem, Mars, Jupiter, Saturn, Urán a Neptún. Pluto sa stalo jednou z „trpasličích planét" a súčasne predstaviteľom ľadových objektov obiehajúcich okolo Slnka na periférii planetárnej sústavy za dráhou Neptúna. Formálne sme sa tak vrátili pred čas, keď bolo objavené Pluto, v skutočnosti sme prispôsobili definíciu planét Slnečnej sústavy obrovskému skoku v našich znalostiach o periférii Slnečnej sústavy. Veď po teoretickej predpovedi zvyškových telies z obdobia formovania planét Edgeworthom v roku 1949 bolo do dnešných čias nájdených viac ako 1000 telies – akýchsi protokomét medzi ktorými Pluto (s výnimkou toho, že bolo objavené prvé) nemá nijaké výnimočné postavenie.

V krátkosti si povedzme prečo teda došlo k zaradeniu Pluta medzi planéty pred 76 rokmi a čo predchádzalo jeho preradenie medzi „trpasličie planéty" v auguste 2006. Pluto bolo objavené v roku 1930 na Lowelovej hvezdárni vo Flagstaffe v Spojených štátoch a dlho bolo považované za chýbajúcu deviatu planétu, objavenú na základe porúch v pohybe Neptúna. V roku 1978 bol objavený najväčší mesiac Pluta Cháron (dnes už poznáme aj ďalšie 2, menšie) a z pohybu Chárona okolo Pluta bolo možné s vysokou presnosťou určiť hmotnosť obidvoch telies. Zistilo sa, že hmotnosť Pluta je príliš malá na to, aby spôsobila merateľné zmeny v pohybe Neptúna – objav v blízkosti vypočítaného miesta bol dielom obyčajnej náhody. Svojimi rozmermi i dráhovými charakteristikami Pluto nevyhovuje žiadnemu komplexnému scenáru vývoja Slnečnej sústavy. V posledných 15 rokoch bolo objavené množstvo telies za dráhou Neptúna (dnes je známych zhruba 1 000 telies z odhadovaného počtu približne 70 000 s priemerom väčším ako 100 km) – sú to tzv. ľadové objekty vonkajšej Slnečnej sústavy tvoriace Edgeworthov-Kuiperov pás, pričom niektoré z týchto objektov sú dokonca väčšie ako Pluto. Stále zreteľnejšie sa ukazovalo, že Pluto nie je planéta, ale len jeden z veľkých objektov tohto pása. Po štyroch planétach zemského typu, oddelených od štyroch obrích planét hlavným pásom asteroidov, nasleduje trpaslík Pluto, nepatriaci ani k jednej z týchto skupín. Bolo zrejmé, že objavy väčších objektov budú pribúdať. Ak sme teda nechceli mať stovku planét, bolo nutné ustúpiť z tradicionalistického prístupu a uviesť našu nomenklatúru vesmírnych objektov do súladu so skutočnosťou.

Tradícia aj tu zohrala svoju rolu. Prvý pokus takpovediac degradovať Pluto sa odohral na pôde Medzinárodnej astronomickej únie v čase, keď sa blížilo pomenovanie 10 000. asteroidu. V tom čase astronómovia už poznali veľkosť Pluta i jeho zloženie, radikálne odlišné od ostatných 8 planét. B. G. Marsden, šéf Ústredia pre malé planéty Medzinárodnej astronomickej únie, v Cambridge v USA navrhol, aby vzhľadom na svoju podstatu Pluto dostalo mimo štatútu 9. planéty aj štatút asteroidu – vzhľadom na jeho výnimočnosť navrhoval preň práve číslo 10 000. Napriek tomu, že išlo o zjavný kompromis ponechávajúci miesto aj pre tradičné chápanie, návrh nezískal dostatočnú podporu. Kým astronómovia zaoberajúci sa výskumom Slnečnej sústavy, predovšetkým z komisií 15 (fyzika komét a asteroidov), 20 (pohyb malých telies) a 22 (meteory a meteority) na základe vlastných výsledkov chápali racionalitu Marsdenovho návrhu a väčšinovo sa zaň postavili, ostatná astronomická komunita, ktorá poznala výsledky výskumu Slnečnej sústavy skôr sprostredkovane, vnímala problém viac citovo a Marsdenov návrh odmietla. Trvalo tak takmer 10 rokov, kým sa astronómovia boli ochotní vzdať pochybnej deviatej planéty. Keď však s odstupom času hodnotíme toto úsilie, je potrebné priznať, že pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu. Pri zaradení Pluta medzi očíslované asteroidy by došlo k ďalším nepresnostiam. Dlhé roky sme totiž boli zvyknutí hádzať všetky malé telesá Slnečnej sústavy mimo komét a satelitov planét do veľkej zásuvky s názvom *ASTEROIDY*. Vo veľkých zásuvkách však býva neporiadok a to bol aj náš prípad. A tak sa pod názvom Asteroidy skrývali okrem skutočných asteroidov obiehajúcich okolo Slnka v hlavnom páse, v libračných bodoch L_4 a L_5 sústavy Slnko-Jupiter a v blízkosti Zeme aj *vyhasnuté kometárne jadrá*, *Kentaury* brázdiace oblasť obrích planét a *ľadové objekty Edgeworthovho-Kuiperovho pásu* za dráhou Neptúna. Upratať zásuvky sa podarilo až teraz a výsledok je nasledovný:

Rezolúcie Medzinárodnej astronomickej únie (IAU) prijaté na kongrese v Prahe 24. 8. 2006:

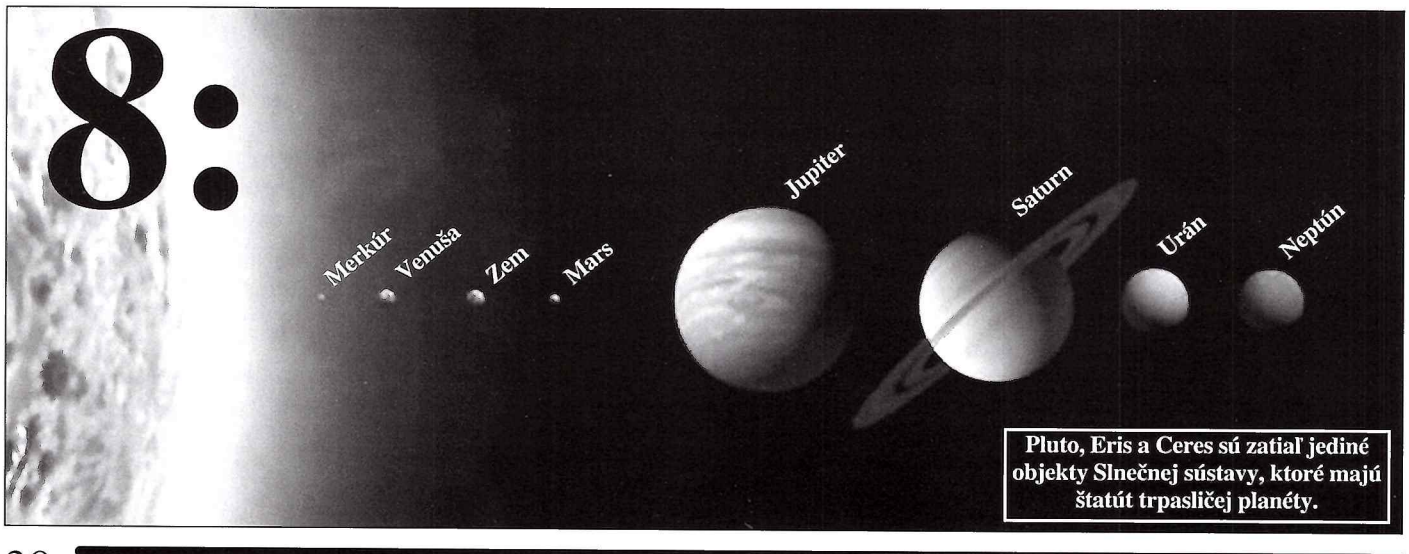
Rezolúcia 5A:

IAU sa rozhodla, že planéty a ostatné telesá našej Slnečnej sústavy sa budú deliť do troch kategórií nasledujúcim spôsobom:

Planéta[1] je nebeské teleso, ktoré
- obieha okolo Slnka,
- má dostatočnú hmotnosť, aby jeho vlastná gravitácia prekonala vnútorné sily pevného telesa, čím teleso dosiahlo tvar zodpovedajúci hydrostatickej rovnováhe (približne tvar gule) a vyčistilo okolie svojej dráhy.

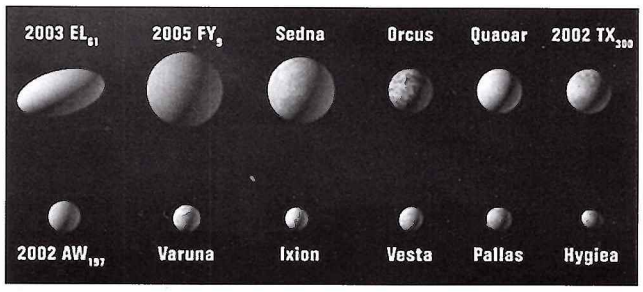
„Trpasličia planéta" je nebeské teleso, ktoré
- obieha okolo Slnka,
- má dostatočnú hmotnosť, aby jeho vlastná gravitácia prekonala vnútorné sily pevného telesa, čím teleso dosiahlo tvar zodpovedajúci hydrostatickej rovnováhe (približne tvar gule)[2],
- nevyčistilo okolie svojej dráhy a
- nie je satelitom.

S výnimkou satelitov by všetky ostatné objekty[3] obiehajúce okolo Slnka mali byť označo-



Pluto, Eris a Ceres sú zatiaľ jediné objekty Slnečnej sústavy, ktoré majú štatút trpasličej planéty.

Pôvodní dvanásti kandidáti na planéty. Konečný rezultát bol úplne iný.



Tieto telesá sú (zatiaľ) v kategórii malých telies Slnečnej sústavy.

vané spoločným termínom *malé telesá Slnečnej sústavy.*

[1] Týmito ôsmimi planétami sú: Merkúr, Venuša, Zem, Mars, Jupiter, Saturn, Urán a Neptún.

[2] IAU odštartuje proces preverenia objektov blízko tejto hranice a ich zaradenie medzi trpasličie planéty alebo do inej kategórie.

[3] Medzi ne v súčastnosti rzaraďujeme väčšinu asteroidov Slnečnej sústavy, väčšinu transneptunických objektov (TNO), komét a ďalšie malé telesá.

Rezolúcia 6A:

IAU sa rozhodla, že Pluto je podľa vyššie uvedenej definície „trpasličou planétou" a je prototypom novej kategórie transneptunických objektov.

Máme teda 8 planét, ktoré spĺňajú podmienky, že obiehajú okolo Slnka, sú dostatočne hmotné na to, aby sa sformovali do približne guľového tvaru, sú vo svojom okolí dominantné, t. j. počas svojho vzniku nazbierali okolitý materiál a vyčistili priestor okolo svojej dráhy.

Ďalej máme „trpasličie planéty", ktoré spĺňajú všetky vyššie uvedené podmienky okrem vyčistenia svojho okolia a nie sú satelitom ďalšieho telesa. Sem patrí napr. asteroid Ceres s priemerom 940 km, pričom Medzinárodná astronomická únia bude skúmať aj u ďalších telies splnenie týchto podmienok.

Všetky zvyšné telesá sa nazývajú malými telesami Slnečnej sústavy. Patria sem všetky kométy a z asteroidov a ľadových objektov Edgeworthovho-Kuiperovho pása všetky objekty okrem najväčších, ktoré spĺňajú podmienku pre zaradenie medzi „trpasličie planéty".

Medzi „trpasličími planétami" bola vydelená kategória veľkých telies za dráhou Neptúna, ktorých prototypom je Pluto. Astronómovia sa zatiaľ nezhodli na pomenovaní tejto skupiny telies. Navrhovaný názov *plutonické objekty* sa neuplatnil pre námietky geológov, ktorí majú v inej súvislosti zavedený pojem *plutonické horniny.* Laicky povedané: *plutonickými* nazývame vyvrhnuté vulkanické skaly, ktoré nesú so sebou informáciu o zložení vnútorných vrstiev planéty, minulých geologických procesoch, rozložení vnútorných zdrojov tepla, atď. *Plutonické skaly* vyvrhnuté z vnútra odlišujeme od *bazaltických*, ktoré vznikli až na povrchu stuhnutím roztavenej lávy. Keďže tieto horniny nemajú nič spoločné so skupinou „trpasličích planét" za dráhou Neptúna, astronómovia budú hľadať iný vhodný názov. Navyše, názov *plutonické objekty* by sa mohol zamieňať s pojmom *plutína* čo sú telesá na dráhach v rezonancii stredného pohybu s Neptúnom v pomere 2:3 rovnako ako Pluto.

Pracovníci Oddelenia medziplanetárnej hmoty Astronomického ústavu SAV vystupovali už v minulosti aktívne s predstavou, že Pluto nie je plnohodnotná planéta, a to tak na odborných fórach Medzinárodnej astronomickej únie, ako aj pri popularizačných prednáškach a vyhláseniach pre médiá. Ako som už konštatoval, pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu v porovnaní s pokusmi zaradiť Pluto medzi očíslované asteroidy. Takže by sa mohlo zdať, že sa splnili naše predstavy. Nič však nie je čiernobiele. Záver, že Pluto nie je planéta, je nepochybne dobrý, cesty ako sa k tomu prišlo však vytvorili aj isté riziká. Povedzme si, v čom sú slabé miesta prijatej rezolúcie IAU. Predovšetkým treba povedať, že má istý apologetický náboj – jej konštrukcia je taká, aby ostalo len 8 planét a tomu sú niekde dosť umelo prispôsobené požiadavky definície planéty. Kritická je najmä požiadavka „aby planéta vyčistila okolie svojej dráhy". Pri dnešných predstavách o migrácii planét počas evolúcie Slnečnej sústavy nemusí byť teleso, ktoré sa nám dnes javí dominantným vo svojom okolí, príčinou vyčistenia priestoru okolo svojej dráhy. Rovnako požiadavka na trpasličiu planétu, aby nebola satelitom, je minimálne diskutabilná. Snaha vylúčiť veľké mesiace obrích planét z tejto kategórie postihla aj teleso, ktoré by ináč podmienky na trpaslíčiu planétu hravo splnilo. Cháron – súputník Pluta – sa za pár dní prepadol z kandidáta na jednu z 12 planét do poslednej kategórie. Pričom na rozdiel od mesiacov obrích planét, ktoré sú dostatočne malé vzhľadom k nim, je sústava Pluto-Cháron skôr dvojitou trpasličou planétou ako trpasličou planétou a satelitom. Príčinou týchto problémov je prístup ku kategorizácii, keď telesá nedelíme podľa ich zloženia a vývojových procesov, ale najdôležitejšie je ich súčasné umiestnenie. A tak je nenulová šanca, že medzi malými mesiacmi Jupitera sú zachytené kometárne jadrá, klasické kamenné asteroidy i privandrovalé Kentaury, čo vo svojej podstate zasa môžu byť rozličné telesá.

Ospravedlňujem sa, ak som predchádzajúcim odstavcom niekomu nabúral jeho istotu, že po kongrese IAU v Prahe už bude v Slnečnej sústave definitívny poriadok. O tom, že veci nie sú zďaleka jednoznačné, svedčí aj vývoj, ktorým sa prišlo k dnešnému stavu. Na príprave rezolúcie pracoval 2 roky tím odborníkov, ktorý ešte do Prahy prišiel s návrhom 12 planét – okrem 9 učebnicových mal medzi planéty patriť Ceres, Cháron a ľadový objekt Eris (pracovné označenie 2003 UB313). Predbežné prieskumy ukazovali, že návrh nie je pre prítomných členov IAU prijateľný. Nakoniec po dlhých oficiálnych, no najmä kuloárových diskusiách boli predložené 4 rezolúcie 5A, 5B, 6A a 6B. Z nich prešli len dve, ktoré tu uvádzam. Ďalšie dve, ktoré sa pokúšali pomenovať 8 planét, čo nám zostali, názvom *„klasické planéty"* a objekty za Neptúnom *„plutónmi"* kongres neschválil.

V súčasnosti teda máme 8 planét. S pokrokom nášho poznania však nemožno vylúčiť, že vo vzdialených oblastiach Slnečnej sústavy sa nájde teleso, ktoré vyhovie pražskej definícii a učebnice sa budú opäť meniť. Táto možnosť však nemôže byť dôvodom na to, aby sme zotrvávali na názore z roku 1930 a neurobili takýto radikálny rez, akým nepochybne zmena počtu planét je.

O tom, že počet 8 nemusí byť konečný, hovoria viaceré modely vývoja Edgeworthovho-Kuiperovho pásu. Predpokladajú v jeho vývoji existenciu veľkých planetezimál veľkosti Zeme alebo Marsu. Napr. J. M. Petit, A. Morbidelli a G. B. Valsecchi sa pokúsili vysvetliť ostrý okraj pása v 50 AU. Použili na to numerickú simuláciu pohybu telesa veľkosti Marsu v dráhe s veľkou polosou približne rovnou 60 AU a excentricitou 0,15 – 0,20. Takáto planetezimála by mohla rozptýliť na dráhy križujúce Neptúnovu väčšinu objektov, ktoré boli pôvodne v oblasti 50 – 70 AU, zanechajúc tento región vyprázdnený a dynamicky vybudený. Súčasne by takáto planetezimála na svojej dráhe vo vzdialenosti približne 60 AU od Slnka nerušila vnútornú časť pásu pod 50 AU, silné poruchy by však musela spôsobiť počas svojho presunu z oblasti Neptúna do novej pozície. Podobne existencia Tritóna (mesiac Neptúna) a veľký sklon Neptúna môžu byť vysvetlené prítomnosťou niekdajšieho veľkého množstva veľkých telies interagujúcich s Neptúnovou sústavou.

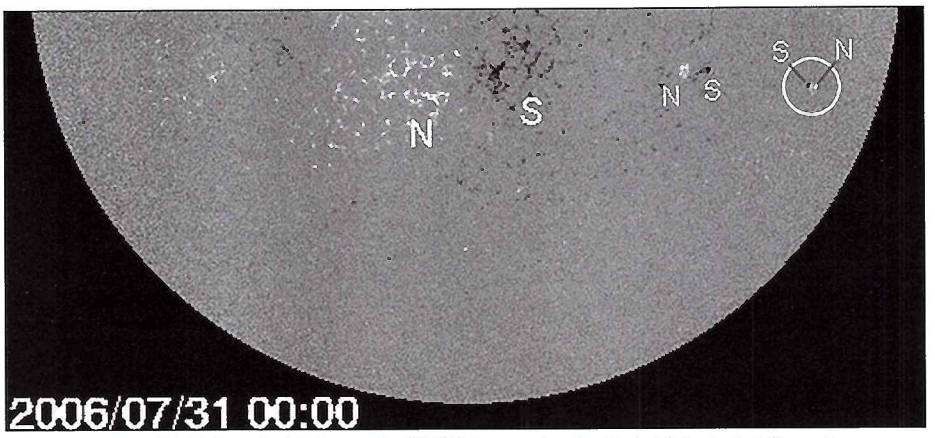
Vieme, že ak sa takéto veľké teleso raz oslobodí od Neptúna, neexistuje už žiadny známy dynamický mechanizmus, ktorý by zabezpečil jeho neskoršie odstránenie zo systému. Takže toto hmotné teleso by muselo byť ešte stále prítomné niekde v oblasti medzi 50 – 70 AU. Ak by išlo o teleso veľkosti Marsu s albedom 4 %, jeho zdanlivá jasnosť by bola väčšia než 20^{mag}. Pri sklone pod 10° by sa pohybovalo v oblasti, ktorá je predmetom mnohých prehliadok, a preto predpokladáme, že by už bolo objavené. Nemožno však vylúčiť, pokiaľ je scenár správny, že takéto teleso objavíme niekedy v blízkej budúcnosti a počet planét v Slnečnej sústave opäť vzrastie.

Takže máme 8 planét. Povedzme si však spoločne s Voskovcom a Werichom: *Nikdo nic nikdy nemá mít za definitivní.*

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

Škvrny nového slnečného cyklu

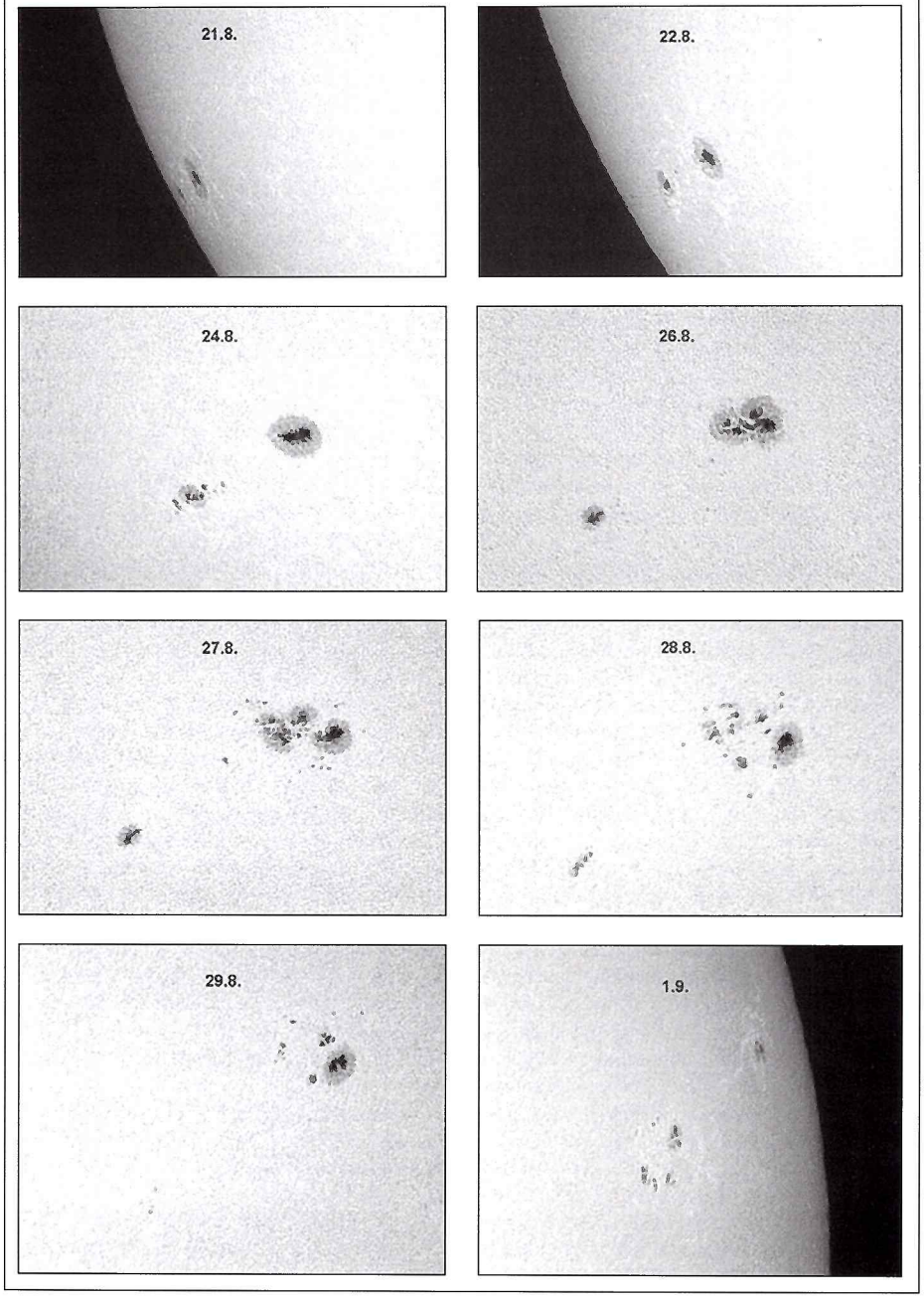
31. júla sa na Slnku objavila, kúsok západne od skupiny NOAA 10902, malá skupinka slnečných škvŕn, ktorá v priebehu niekoľkých hodín zanikla. Zdanlivo na nej nebolo nič zaujímavé. Lenže: vedúca škvrna mala severnú magnetickú polaritu, opačnú ako doteraz všetky škvrny v tejto oblasti. Táto škvrna teda patrí už do nového, 24. cyklu slnečnej aktivity. Nový cyklus sa v plnej kráse prejavil až 21. 8., keď sa na východnom okraji objavila výrazná skupina NOAA 10905. 27. 8. sa skupina v priebehu niekoľkých hodín rýchlo zmenila akoby „úderom gigantického kladiva". Táto prvá veľká skupina nového cyklu sa stratila za západným okrajom Slnka 2. 9. Celý vývoj skupiny je na www.astrors.szm.sk. **Pavol Rapavý**

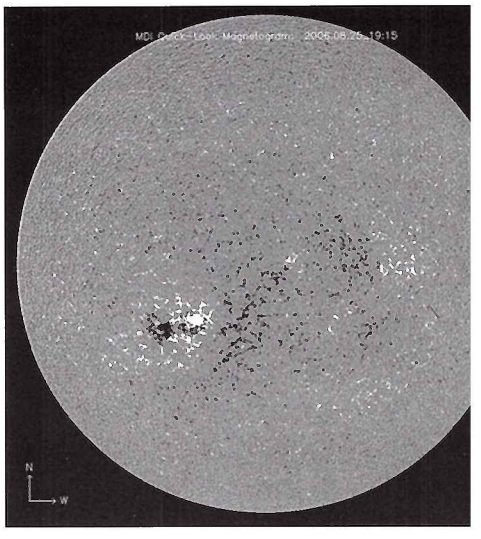


Magnetogram z 31. 7., ktorý získala sonda SOHO (severná polarita je biela, južná čierna).

Foto: Daniela Rapavá a Pavol Rapavý

Vývoj skupiny NOAA 10905, fotografovaný vo hvezdárni Rimavská Sobota





Magnetogram z 25. 8. 2006

Ahoj, Venuša

Keď vám noc uprace myšlienky a zobudíte sa nad ránom, rozospatými očami pozriete na oblohu a hneď viete, že ten žiarivý klenot medzi mrakmi je Venuša, poviete si v duchu len tak pre seba: Ahoj Venuša. Vzápätí mňa, možno aj vás by mohlo napadnúť, koľkí si to takto povedať nemôžu jednoducho preto, že ich obzor tam nesiaha a často nie ich vlastnou vinou.

A o čo prichádzajú? Zdanlivo možno nie o veľa len o vesmír, len o ten rozmer, ktorý z mravcov na planéte robí vesmírne bytosti. Ten, kto mal to šťastie a v detstve ho niekto prakticky oboznámil s oblohou tak, že dokáže voľným okom identifikovať aspoň niektoré hviezdy a planéty, že o nich niečo aj vie, že obloha pre neho nie sú len chaoticky blikajúce svetielka, vie o čom hovorím. V jeho pochopenom racionálnom svete svietia hviezdy ako míľniky priestoročasu a on vie, kde je, jeho duch sa nestratí. Taká prosto orientácia v priestore a čase a taký významný duchovný dôsledok, racionálne vnímanie sveta, úcta i pokora zároveň. Pri pohľade na hviezdnu oblohu reálne cestuje priestoročasom, premieta sa mu myšlienkový pokrok ľudstva a v mýtoch o súhvezdiach aj významná časť kultúrnej histórie. Veď len samotná najjasnejšia hviezda oblohy – Sírius je aj spomienkou na starých Egypťanov, pre ktorých bol významným kalendárnym oporným bodom. Nie je to len objavovanie nových svetov, je to zároveň posun hodnôt,

Poznávanie bez hraníc

Do roku 1992 existovala medzi astronomickými pracoviskami a pracovníkmi čulá spolupráca. Či už to bolo v oblasti odborno-pozorovateľských aktivít, alebo v oblasti kultúrno-vzdelávacej a metodicko-poradenskej. Je zrejmé, že rozdelením Československa došlo k útlmu tejto efektívnej spolupráce.

Jedným z hlavných cieľov podporných programov Európskej únie je budovať cezhraničné inštitúcie a kapacity zabezpečujúce integrovaný sociálny a kultúrny rozvoj prihraničného regiónu. Tieto programy sú zamerané na rozvíjanie ľudských zdrojov, budovanie a rozvoj vzájomnej spolupráce inštitúcií v prihraničných regiónoch. Dôraz by sa mal klásť na zachovanie a rozvoj kultúrnych tradícií, vidieka a turizmu.

V roku 2005 boli vyhlásené dve súťažné kolá Fondu mikroprojektov, programu iniciatívy Spoločenstva INTERREG IIIA SR – ČR. Využili sme teda príležitosť a požiadali o spoluprácu partnerov z Hvezdárne vo Valašskom Meziříčí, ktorá patrí medzi špičkové astronomické zariadenia nielen v prihraničnom regióne, ale aj v celej ČR. Výsledkom našej spoločnej snahy sú dva zrkadlové projekty: *Poznávanie bez hraníc* a *Cez hviezdy k spolupráci a poznaniu*, podporené subriadiacimi výbormi v celkovej hodnote takmer pol milióna korún pre Kysuckú hvezdáreň.

Hlavným cieľom týchto projektov je opätovné nadviazanie a následné upevnenie spolupráce s českou partnerskou organizáciou. V rámci tejto spolupráce chceme oživiť a rozvinúť odborno-pozorovateľské programy. Čiastkovými cieľmi sú napr. nadviazanie a prehĺbenie kultúrnych väzieb, spolupráca v oblasti astronomického vzdelávania, kultúrnych a odborných aktivít, nadviazanie kontaktov a vzťahov medzi profesijnými a záujmovými skupinami.

Prvý projekt je určený predovšetkým žiakom a študentom, pedagógom, dobrovoľným spolupracovníkom a pracovníkom hvezdární, astronómom amatérom. Druhý projekt je zameraný viac na praktickú astronómiu. V oboch projektoch predpokladáme aj výraznú účasť laickej verejnosti.

Harmonogram projektu Poznávanie bez hraníc:

16. – 17. 3. 2006
– 1. workshop pracovníkov a spolupracovníkov hvezdární
– pracovné stretnutie v regióne Žilinského kraja
– výmena praktických skúseností, vzdelávacích programov a materiálov s cieľom zvýšiť úroveň popularizačno-vzdelávacích programov a návštevnosť na podujatiach hvezdární.

Apríl 2006
– vyhlásenie súťaže *Poznávanie vesmíru bez hraníc*
– multimediálna súťaž pre žiakov 9. ročníka a študentov stredných škôl s astronomickou tematikou.

20. 4. 2006
– vernisáž výstavy s názvom *Historie a současnost astronomie v regionech*
– otvorenie výstavy v ČR
– od októbra bude putovná výstava prebiehať v regióne Žilinského kraja.

22. – 23. 4. 2006
– I. koordinačné stretnutie – Kysucké Nové Mesto.

24. – 25. 4. 2006
– 2. workshop pracovníkov a spolupracovníkov hvezdární
– pracovné stretnutie v regióne Valašského Meziříčí.

Máj 2006
– spustenie webovej prezentácie projektu – základné informácie o projekte.

8. – 9. 6. 2006
– 2. koordinačné stretnutie projektových tímov – ČR.

27. 6. 2006
– slovenské kolo súťaže *Poznávanie vesmíru bez hraníc*.

7. – 8. 8. 2006
– 3. workshop pracovníkov a spolupracovníkov hvezdární
– pracovné stretnutie v Partizánskom.

5. – 6. 10. 2006
– 4. workshop pracovníkov a spolupracovníkov hvezdární
– pracovné stretnutie v Zlíne.

28. – 29. 10. 2006
– medzinárodné kolo súťaže *Poznávanie vesmíru bez hraníc* – Orava

10. – 12. 11. 2006
– 1. Česko-slovenská konferencia pracovníkov hvezdární a pedagógov, spojená s hodnotiacim stretnutím projektových tímov.

Podrobnejšie informácie o projekte možno získať na www.astrokysuce.sk.

Kysucká hvezdáreň

Cez hviezdy k spolupráci a poznaniu

Tak znie názov projektu podporeného z programu iniciatívy Spoločenstva INTERREG IIIA SR – ČR, Fond mikroprojektov. Projekt realizuje Kysucká hvezdáreň v Kysuckom Novom Meste v spolupráci so svojím partnerom Hvezdárňou Valašské Meziříčí.

Hlavným cieľom projektu je oživenie a rozvoj odborno-pozorovateľských astronomických programov a upevnenie spolupráce s českým partnerom, s dôrazom na participáciu na medzinárodných programoch.

Parciálnymi cieľmi projektu sú napr.:
- Spoločnými odbornými aktivitami v oblasti zákrytov a pozičných meraní získať nové poznatky o telesách Slnečnej sústavy.
- Obnoviť tradíciu usporadúvania vzájomných odborno-vzdelávacích stretnutí.
- Vytypovať nové možnosti a smery pri výkone odborných pozorovaní, ich spracovania pomocou najmodernejšej techniky, vytypovať nové možnosti a špecifické programy s cieľom obnoviť údaje v oblasti pozičných meraní v rámci svojich štátov.
- Vzbudiť záujem mládeže o prírodné vedy a vzdelanie prostredníctvom astronómie, zapojiť ju do pozorovateľských programov. Zasadiť korene návykov samostatnej práce v oblasti astronomických pozorovaní a štúdiu s literatúrou.

Projekt je realizovaný od marca tohto roka a potrvá do konca februára roku 2007. Najbližšou aktivitou je seminár Zákryty a zatmenia nebeských telies. Uskutoční sa v dňoch 22. 9 – 23. 9. 2006 v Rudine (obec neďaleko Kysuckého N. Mesta).

Podrobnejšie informácie o projekte možno získať na stránke www.astrokysuce.sk.

Tento projekt je spolufinancovaný Európskymi spoločenstvami.
K jeho realizácii boli využité prostriedky Fondu mikroprojektov programu Interreg IIIA.

ymenené vnímanie sveta, priestor a čas sa spája do ıovej kvality. Vlastná skúsenosť a priame poznanie ú nenahraditeľné.

Takto oslobodenému duchu je na hony vzdialená ıstrológia, ale žiaľ, astronomická negramotnosť stále ɔrináša svoje nejedlé plody. O astrologické nezmys- 'y s možným priamym dopadom na váš život, ak im ıveríte, zakopávate dosť často. A tým nemyslím len ıa tie všeobecné psychologické rady v obľúbených ábavných astrologických rubrikách. Dosť ma ne- ıávno zasiahla skúsenosť, že aj vysokoškolsky vzde- 'aní ľudia sa nezasmejú, keď im niekto odporučí konzultovať napr. dátum operácie s astrológom. Len ıom si vtedy pomyslela, že určite pri tom vezmú do ívahy horoskopy všetkých zúčastnených...

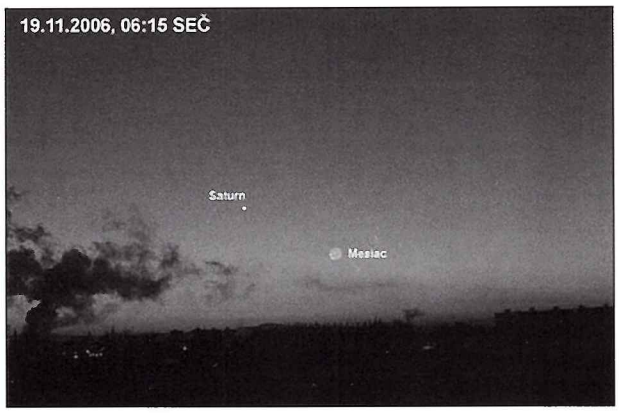
Keď nedávno jeden zabávač na margo predefi- ıovania postavenia Pluta v Slnečnej sústave po- ɔedal, že rozhodli o ňom tí, čo sú vzdialení od neho isíce svetelných rokov, tiež ma to neoslnilo; neviem otiž, čo je zábavné na demonštrácii dier vo vzde- 'aní. V ČR by sa to asi nestalo, tam sú asi aj mo- lerátori hrdí na to, že bol u nich medzinárodný kon- gres IAU. Nebyť toho, asi by som ani nedrala pero ıa túto tému. Lebo to, že nielen komerčné, ale aj ɔerejnoprávne médiá rozprávajú vážne napr. o tom, ıko nositeľ toho a toho mena je pod vplyvom tej a tej ɔlanéty, už ani nepovažujete za problém, pomyslíte si: systematické neškodné ohlupovanie...

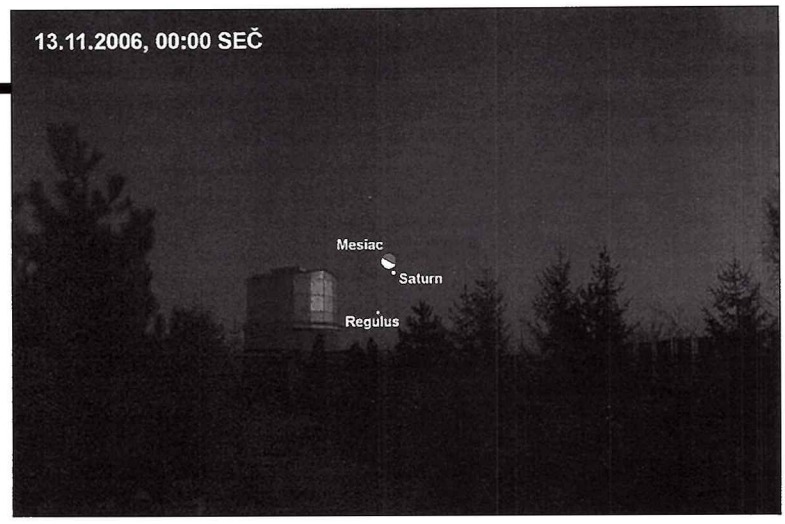
Ale ako vidno, nie všetci sú odolní. Našťastie, ıkoby toho ubúdalo, iste aj vďaka internetu a propa- gácii úspechov kozmonautiky. Ale žiaľ, ešte stále sa 'u astrológii darí, lebo astronómia, rozkúskovaná v učive ZŠ po rôznych predmetoch, takmer na okraji záujmu a prácne suplovaná počas exkurzií na hvezdárňach, asi nemá samotná silu dospieť v hlavách ľudí k racionálnemu postoju k veciam mimo Zeme. Niekedy je to ako boj s veternými mlynmi. A pritom tak, ako sa človek snaží od malička poznávať svoje čoraz širšie okolie a jeho horizont sa neustále rozširuje, malo by byť samozrejmosťou, že na večernej oblohe po Mesiaci príde na rad Venuša. Ani na východe ako Zornička ani na západe ako Večernicu si ju potom s ničím iným nemôže pomýliť; stačí, ak mu ju niekto raz ukáže, pretože po Mesiaci je to najjasnejší objekt. A keď si ju predstaví v duchu ako planétu podobnú Zemi, myšlienka, že by mohla mať vplyv na jeho konkrétny osud, mu asi nehrozí. Nie je potom až také náročné, keď vám to opäť niekto párkrát ukáže, a na hvezdárňach to ochotne a radi urobia, postúpiť od Venuši k Marsu, Jupiteru a Saturnu, a samozrejme, k elementárnym znalostiam o súhvezdiach. Vedomie, že poznanie vesmíru človeka vôbec neoberá o pocit tajomna z neho, že naopak, po spoznaní vás fascinuje viac svojimi štruktúrami a zákonmi, je povznášajúce.

Zdá sa však, a je to smutné, že asi už nežijeme s prírodou a že sa nepotrebujeme ani orientovať, ba často ani kriticky myslieť. Doba, čo nás už neusmerňuje ideologicky, lebo má omnoho lepšie materiálne páky, ktorými pôsobí na samu podstatu našej motivácie, zasahuje najmä a priamo naše emócie a pudy, nemá veľmi snahu o racionalizáciu postojov. Veď takí ľudia nie sú natoľko komerčne zaujímaví, racionálni ľudia sú predsa len náročnejší zákazníci. Ak však človeka považujeme aj za duchovnú bytosť, ktorej potreby ďaleko presahujú konzum, veď človek nie je stroj na robenie a míňanie peňazí, tak práve potreba poznávania je jedna z tých základných. Zasiahnuť čo najviac ľudí na tejto úrovni je preto dôležitým osvetovým poslaním. A na šťastie, na Slovensku funguje sieť hvezdární, ktorá vám tie povestné okná do vesmíru otvorí. Napokon, máme na to len nejakých 50 – 60 rokov, aby sme pochopili, kde sme. Tráva, strom či zviera túto šancu nemajú.

Spomínam si, možno nie celkom presne, na istú Werichovu repliku o tom, že viac ako nekonečno medzi hviezdami ho láka pár pekných rokov na Zemi. Áno, ide len o to, že tých pár rokov na Zemi bude krajších, keď pochopíme, prečo je Zem v porovnaní s vesmírom taká krásna. A či chceme, či nie, my sme jeho obyvateľmi, lebo naše (ne)chápanie zasahuje nielen tie blízke, ale i najvzdialenejšie horizonty vesmíru. Stále je aktuálny čas na ich rozširovanie; možno to nie je až natoľko kultúrna tradícia, ako je to životná nevyhnutnosť. Možno si niekto pomyslí, že sú to priveľké nároky na túto dobu, lenže mne to stále tak vychádza, že táto kultúra je ešte stále takmer zadarmo a dostupná, na rozdiel od inej... A nevážime si to, na rozdiel od tých, ktorí k nám prichádzajú zo zahraničia. Pozdrav Venuši bude potom ozaj len takým malým prejavom vzdelania a kultúry, ktorá zbližuje ľudí v poznaní, že sme všetci na jednej lodi, plavíme sa vesmírom a naše prípadné SOS by nikto nepočul.

DR





Obloha v kalendári

máj – jún 2006

Pripravil PAVOL RAPAVÝ **Všetky časové údaje sú v SEČ**

26. valné zhromaždenie Medzinárodnej astronomickej únie v Prahe rozhodlo, že Pluto už nebude patriť medzi planéty, a tak sa v našej rubrike budeme stretávať len s ôsmimi planétami. Z planét nás po tieto dva mesiace najviac poteší Merkúr, ktorého podmienky viditeľnosti sú koncom novembra veľmi dobré. Stabilne dobré podmienky má ešte Saturn, Urán a Neptún. Na svoje si určite prídu meteorári a ukrátení nebudú ani tí čo obdivujú vlasatice: kométa SWAN je veľmi príjemným spestrením jesennej oblohy.

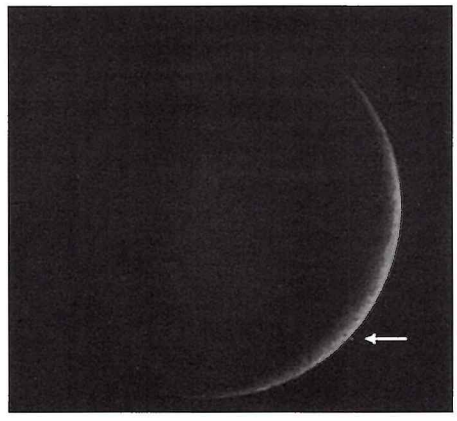
Planéty

Merkúr začiatkom októbra zapadá večer ešte počas občianskeho súmraku, podmienky jeho viditeľnosti sa do obdobia najväčšej východnej elongácie (25°) 17. 10. zlepšia len nepatrne a zapadne začiatkom súmraku nautického. Po elongácii sa jeho večerná výška nad obzorom bude ešte zmenšovať a koncom októbra sa stratí vo večernom súmraku. 8. 11. je v dolnej konjunkcii a zároveň bude prechádzať popred slnečný disk. Tento prechod však od nás pozorovateľný nebude. Ráno ho na oblohe môžeme nájsť už koncom prvej novembrovej dekády a jeho viditeľnosť sa rýchlo zlepšuje. 25. 11. bude v najväčšej západnej elongácii (20°), a keďže je sklon ekliptiky k obzoru priaznivý, nájdeme ho na oblohe bez väčších problémov, pretože na konci nautického súmraku bude vo výške 11° ako objekt –0,5 mag.

22. 10. bude v nevýraznej konjunkcii s Jupiterom na veľmi presvetlenej oblohe a o dva dni neskôr sa k nim pridruží aj tenučký Mesiačik. Keďže Merkúr je 29. 10. v zastávke, konjunkcia s Jupiterom sa zopakuje aj 1. 11. no podmienky budú ešte nepriaznivejšie. Konjunkcia s Mesiacom 19. 11. bude síce len vo vzdialenosti 6,5°, no vzhľadom na dostatočnú výšku nad obzorom to bude pekné. Mesiac bude uzulinký a Merkúr bude mať 0,2 mag.

Venuša (–3,9 mag) sa dá vidieť len začiatkom októbra počas občianskeho súmraku. Neskôr sa stratí na prežiarenej oblohe, lebo jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje, keďže 27. 11. bude v hornej konjunkcii so Slnkom. Dva dni pred konjunkciou bude od nás najďalej (1,71626 AU). Po konjunkcii sa dostane na večernú oblohu, no ešte aj koncom novembra zapadá ešte počas občianskeho súmraku.

Mars (1,6 mag) je prakticky nepozorovateľný, lebo 23.10. je v konjunkcii so Slnkom. Ráno sa začne na oblohe objavovať až koncom druhej novembrovej dekády, jeho viditeľnosť sa však bude zlepšovať len pomaličky, koncom novembra bude na začiatku občianskeho súmraku len vo výške 3°.



Zákryt Marsu Mesiacom (výstup) fotografovaný počas meteorickej expecície na Valachove 27. 7. 19:59:44 SEČ v ohnisku refraktora 150/1200 Olympusom E500, ISO 200, exp 1/3 s.

Jupiter (–1,7 mag) vo Váhach bol dlho ozdobou večernej oblohy, no jeho „vláda" sa končí a uhlová vzdialenosť od Slnka sa zmenšuje, pretože 22. 10. bude v konjunkcii so Slnkom. Na večernej oblohe ho bez problémov uvidíme do začiatku novembra, potom sa začne strácať na presvetlenej oblohe. Ráno sa pred východom Slnka ukáže až koncom novembra. Jeho konjunkcia s Merkúrom 22. 10. bude na presvetlenej oblohe, podobne ako s Mesiacom o dva dni neskôr.

Saturn (0,6 až 0,4 mag) v Levovi bude na rannej oblohe a podmienky jeho viditeľnosti sa zlepšia. Začiatkom októbra vychádza 1,5 hodiny po polnoci, no koncom novembra je už pozorovateľný takmer celú noc, pretože vychádza už pred 22. hodinou. 16. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom, no keďže táto nastáva až počas dňa, najbližšie obe telesá uvidíme ráno pred východom Slnka. Ďalšia konjunkcia 13. 11. už nastáva nad obzorom a Saturn bude od južného rohu Mesiaca necelý stupeň. Ďalekohľadom máme stále možnosť kochať sa majestátnymi Saturnovými prstencami, ktoré vidíme z ich južnej strany. Zdanlivý priamy pohyb Saturna medzi hviezdami sa spomaľuje, 6. 12. bude v zastávke a začne sa pohybovať spätne, t. j. smerom na západ.

Urán (5,7 až 5,8 mag) vo Vodnárovi má veľmi dobré podmienky pozorovateľnosti, začiatkom októbra je pozorovateľný takmer celú noc, zapadá až po 3. hodine, do konca novembra sa táto doba skráti a zapadá necelú hodinu pred polnocou. Už malým ďalekohľadom ho nájdeme kúsok južne od λ Aqr (3,7 mag). Najbližšie (25') bude 4. 10. Okolo tohto dátumu na sérii fotografií môžeme dokumentovať jeho vlastný pohyb. 20. 11. bude v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. 5. 10. bude v pomerne tesnej konjunkcii (0,8°) s Mesiacom pred splnom. Konjunkcia 1. 11. nastáva pod obzorom, no ich tretia konjunkcia 28. 11. bude najlepšia, Mesiac je po prvej štvrti, k priblíženiu dochádza nad obzorom a Urán bude necelé dva priemery Mesiaca severne.

Neptún (7,9,mag) v Kozorožcovi má podobné podmienky viditeľnosti ako Urán, je 25° západnejšie, a teda zapadá skôr. Ďalekohľadom ho na oblohe nájdeme v polovici medzi hviezdami ι Cap (4,3 mag) a 29 Cap (5,3 mag). V polovici tohto obdobia (29. 10.) je v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. Konjunkcie s Mesiacom sú nevýrazné, uvádzame ich v kalendári úkazov.

Zákryty Plejád Mesiacom

Zákryt 10. 10. nastáva počas dňa a Mesiac je len 3 dni po splne. Skúsenejší pozorovatelia však bez šance nie sú. Zákryty južnej časti Plejád 6. 11. budú pozorovateľné krátko po východe Mesiaca, ktorý je však krátko po splne, a teda budú pozorovateľné len jasnejšie výstupy.

Dotyčnicové zákryty

Pomerne bohatý mesiac na relatívne jasné dotyčnicové zákryty je november, no ako to už býva, vo všetkom je háčik (slabá hviezda, malá výška nad obzorom, zákryt nastáva blízko terminátora), ako je zrejmé z tabuľky (údaje pre Rimavskú Sobotu). Jednoznačne najlepší, priam skvelý, je zákryt, ktorého hranica prechádza západne od nášho územia. Zákryt jasnej hviezdy (η Psc – 4,3 mag)

Dátum	Hviezda	Čas	mag	%	D	h	S	PA	CA
3. 11.	ZC 146	20 20 41	4,3	96+	256	47	–46	143	17,5D
6. 11.	ZC 552	16 13 13	2,9	98–	45	7	–10	341	6,3B
9. 11.	ZC 1067	19 1 31	7,1	77–	94	7	–39	0	3,1D
10. 11.	X 10660	0 14 51	7,4	75–	52	55	–52	186	1,5D
10. 11.	X 10805	3 6 7	7,3	75–	13	68	–26	195	9,8D

čas – centrálny zákryt v UT; mag – jasnosť hviezdy; % – podiel osvetlenej časti Mesiaca (+ dorastá, – ubúda); D – vzdialenosť k zákrytu v km; h – výška nad obzorom; S –„hĺbka" Slnka pod obzorom; PA – pozičný uhol; CA – uhol od „rohu" Mesiaca

Zákryty hviezd Mesiacom (október – november 2006)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
3. 10.	20 6 0	D	30114	6,4	+87N	64	80	15
9. 10.	1 38 21	R	3440	6,8	+53N	282	101	–84
9. 10.	22 28 49	R	4484	6,0	+45S	206	15	155
10.10.	18 48 7	D	5642	5,4	–50S	117	–2	53
10.10.	19 24 33	R	5642	5,4	+42S	209	–39	118
11.10.	3 24 6	R	5948	6,6	+89N	260	92	–14
12.10.	23 14 21	D	9368	5,3	–52N	55	4	142
13.10.	0 11 8	R	9368	5,3	+64N	299	72	23
16.10.	0 44 56	R	14052	7,0	+58S	257	3	122
19.10.	3 53 54	R	17361	6,5	+40S	243	53	231
29.10.	16 57 43	D	28472	6,8	+67N	53	77	20
31.10.	17 21 5	D	30568	6,0	+35N	13	34	98
1.11.	22 41 1	D	31475	5,6	+4N	340	–86	364
6.11.	16 2 10	R	4874	4,1	+31N	303	–8	46
6.11.	16 59 4	R	4951	6,5	+81S	236	–21	93
6.11.	16 22 10	D	4957	3,6	–75N	49	–31	88
6.11.	17 8 39	R	4957	3,6	+63N	271	–4	77
6.11.	16 29 15	D	4958	5,1	–56N	30	–38	101
6.11.	17 7 33	R	4958	5,1	+44N	290	5	64
6.11.	16 51 19	R	4974	6,2	+17S	173	–105	199
6.11.	20 18 17	R	5153	6,2	+42S	198	–12	177
7.11.	20 21 59	R	6393	7,0	+65N	282	46	66
7.11.	22 29 6	R	6487	6,6	+39N	308	119	–49
8.11.	1 18 13	R	6606	7,0	+60S	228	95	98
10.11.	0 12 10	R	10614	5,8	+86N	278	81	45
10.11.	3 26 5	R	10798	6,4	+70N	295	88	–80
26.11.	16 19 31	D	29356	6,3	+78S	86	102	–22
26.11.	16 51 3	D	29350	6,7	+16N	0	–20	102
27.11.	19 14 41	D	30373	6,7	+50S	110	108	–143
30.11.	23 13 50	D	1014	6,0	+79N	57	31	–22

Predpovede sú pre polohu $\lambda_0 = 20°E$ a $\varphi_0 = 48,5°N$ 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.

nastáva 17° na neosvetlenej strane, a tak jedinou chybičkou krásy ostáva fáza Mesiaca krátko pred splnom. Podrobnejšie informácie o zákrytoch nájdete na stránkach www.astrors.szm.sk, www.szaa.sk, alebo sa informujte na najbližšej hvezdárni.

Planétky

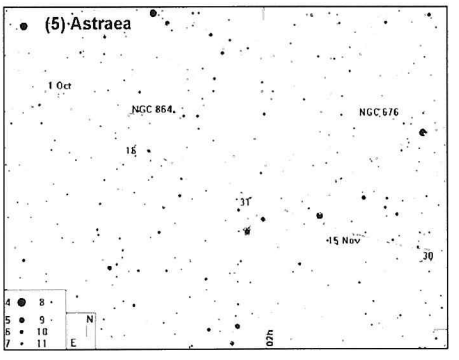
Najjasnejšou planétkou bude počas týchto dvoch mesiacov (7) Iris, ktorá v polovici novembra dosiahne 6,8 mag a do 11. mag budú v opozícii: (554) Peraga (21. 10., 11 mag), (5) Astraea (24. 10., 10,3 mag), (48) Doris (4. 11., 10,9 mag), (46) Hestia (5. 11., 10,7 mag), (356) Liguria (9. 11., 10,7 mag), (451) Patientia (13. 11., 10,7 mag), (7) Iris (14. 11., 6,8 mag).

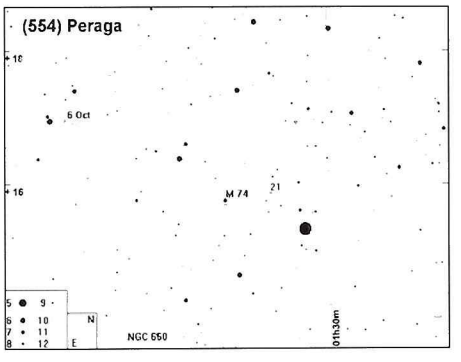
(554) Peraga prejde 18.10 len 20' severne od špirálovej galaxie M 74 a 23.10. štvrť stupňa od hviezdy η Psc (3,6 mag).

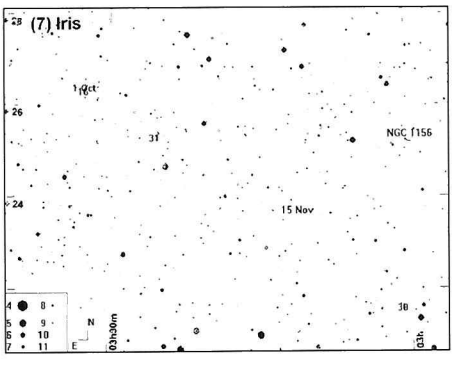
14. 10. sa planétka (5) Astraea bude presúvať 40' južne okolo galaxie NGC 864 (11,7 mag). V peknej konjunkcii (0,5°) s guľovou hviezdokopou M 30 bude (6) Hebe 20. 11., na získanie fotografií máme k dispozícii noc pred konjunkciou a po nej, lebo maximálne priblíženie nastáva počas dňa.

Podľa nominálnych predpovedí pre hviezdy do

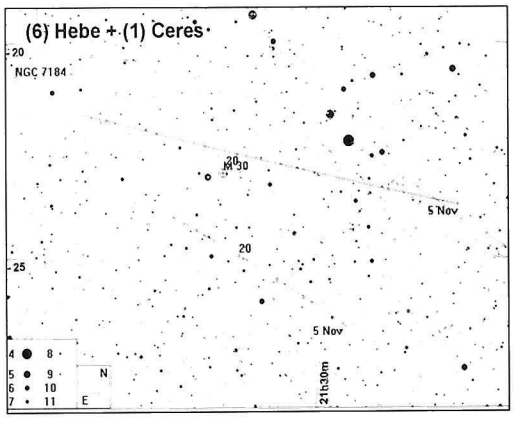
Dátum	UT	Planétka	Hviezda	mag	Pokles	trv.
7. 10.	0:16	(140) Siwa	TYC 1373 22	10,9	3,5	6,2
22. 10.	0:40	(389) Industria	TYC 2372 1066	10,4	2,0	14,6
6. 11.	2:10	(849) Ara	TYC 0184 560	10,6	3,9	6,9
12. 11.	20:57	(154) Bertha	TYC 2361 836	10,6	2,1	12,3







Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida planétky (5) Astraea			
1. 10.	$02^h25,6^m$	+06°39,3'	10,9
6. 10.	$02^h22,6^m$	+06°11,1'	10,8
11. 10.	$02^h19,0^m$	+05°41,6'	10,6
16. 10.	$02^h15,1^m$	+05°11,3'	10,5
21. 10.	$02^h10,8^m$	+04°41,0'	10,4
26. 10.	$02^h06,3^m$	+04°11,6'	10,3
31. 10.	$02^h01,7^m$	+03°44,1'	10,4
5. 11.	$01^h57,3^m$	+03°19,0'	10,5
10. 11.	$01^h53,1^m$	+02°57,3'	10,6
15. 11.	$01^h49,2^m$	+02°39,4'	10,7
20. 11.	$01^h45,7^m$	+02°25,9'	10,8
25. 11.	$01^h42,8^m$	+02°17,0'	10,9
30. 11.	$01^h40,5^m$	+02°13,0'	11,0
Efemerida planétky (6) Hebe			
5. 11.	$21^h14,6^m$	–23°49,2'	9,5
10. 11.	$21^h22,3^m$	–23°31,8'	9,6
15. 11.	$21^h30,3^m$	–23°10,0'	9,6
20. 11.	$21^h38,8^m$	–22°44,0'	9,7
25. 11.	$21^h47,6^m$	–22°14,0'	9,7
30. 11.	$21^h56,6^m$	–21°40,2'	9,8
Efemerida planétky (1) Ceres			
5. 11.	$21^h27,1^m$	–26°41,1'	8,9
10. 11.	$21^h30,6^m$	–26°10,7'	9,0
15. 11.	$21^h34,5^m$	–25°38,7'	9,0
20. 11.	$21^h38,7^m$	–25°05,1'	9,1
25. 11.	$21^h43,3^m$	–24°30,0'	9,1
30. 11.	$21^h48,3^m$	–23°53,6'	9,2
Efemerida planétky (7) Iris			
1. 10.	$03^h31,1^m$	+26°33,1'	8,0
6. 10.	$03^h32,5^m$	+26°36,9'	7,9
11. 10.	$03^h32,9^m$	+26°35,3'	7,8
16. 10.	$03^h32,3^m$	+26°27,8'	7,6
21. 10.	$03^h30,7^m$	+26°14,2'	7,5
26. 10.	$03^h28,3^m$	+25°54,3'	7,3
31. 10.	$03^h25,0^m$	+25°28,2'	7,2
5. 11.	$03^h21,2^m$	+24°56,4'	7,0
10. 11.	$03^h17,1^m$	+24°19,5'	6,9
15. 11.	$03^h12,8^m$	+23°38,6'	6,8
20. 11.	$03^h08,6^m$	+22°55,2'	6,9
25. 11.	$03^h04,7^m$	+22°10,8'	7,0
30. 11.	$03^h01,5^m$	+21°27,2'	7,2
Efemerida planétky (554) Peraga			
6. 10.	$01^h47,2^m$	+16°57,9'	11,4
11. 10.	$01^h43,0^m$	+16°40,4'	11,2
16. 10.	$01^h38,5^m$	+16°18,6'	11,1
21. 10.	$01^h33,7^m$	+15°53,1'	11,0
26. 10.	$01^h29,0^m$	+15°25,1'	11,0
31. 10.	$01^h24,6^m$	+14°55,7'	11,2



Tabuľky východov a západov (október – november 2006)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1.10.	5:39	17:20	5:08	17:51	4:31	18:27	3:54	19:04
6.10.	5:46	17:10	5:15	17:41	4:38	18:17	4:02	18:53
11.10.	5:53	16:59	5:22	17:31	4:46	18:07	4:09	18:43
16.10.	6:01	16:50	5:29	17:21	4:53	17:57	4:16	18:33
21.10.	6:08	16:40	5:37	17:12	5:00	17:49	4:24	18:24
26.10.	6:16	16:31	5:44	17:04	5:07	17:40	4:31	18:16
31.10.	6:24	16:23	5:51	16:55	5:14	17:33	4:38	18:08
5.11.	6:31	16:15	5:58	16:48	5:21	17:26	4:45	18:02
10.11.	6:39	16:08	6:06	16:41	5:28	17:19	4:51	17:56
15.11.	6:47	16:02	6:13	16:35	5:35	17:14	4:58	17:51
20.11.	6:55	15:56	6:20	16:31	5:42	17:09	5:04	17:47
25.11.	7:02	15:52	6:26	16:27	5:48	17:06	5:10	17:43
30.11.	7:09	15:49	6:33	16:24	5:54	17:03	5:16	17:41

Mesiac

	Východ	Západ
1. 10.	14:55	22:48
6. 10.	16:46	4:34
11. 10.	19:10	11:46
16. 10.	15:01	
21. 10.	5:17	16:07
26. 10.	11:09	18:23
31.10.	14:15	
5. 11.	15:48	6:24
10. 11.	20:10	12:12
15. 11.	0:53	13:49
20. 11.	6:35	15:09
25.11.	11:30	19:43
30. 11.	13:11	1:08

Jupiter

	Východ	Západ
1. 10.	9:20	18:50
6. 10.	9:06	18:32
11. 10.	8:51	18:15
16. 10.	8:37	17:59
21. 10.	8:23	17:42
26. 10.	8:09	17:25
31. 10.	7:56	17:08
5. 11.	7:42	16:51
10. 11.	7:28	16:35
15. 11.	7:14	16:18
20. 11.	7:00	16:02
25. 11.	6:47	15:46
30. 11.	6:33	15:29

Merkúr

	Východ	Západ
1. 10.	7:39	17:52
6. 10.	7:59	17:43
11. 10.	8:16	17:35
16. 10.	8:29	17:26
21. 10.	8:36	17:16
26. 10.	8:31	17:04
31. 10.	8:09	16:47
5. 11.	7:24	16:24
10. 11.	6:23	15:59
15. 11.	5:33	15:37
20. 11.	5:09	15:21
25. 11.	5:08	15:10
30. 11.	5:21	15:03

Saturn

	Východ	Západ
1. 10.	1:23	15:51
6. 10.	1:06	15:32
11. 10.	0:48	15:14
16. 10.	0:31	14:55
21. 10.	0:14	14:36
26. 10.	23:53	14:17
31. 10.	23:35	13:59
5. 11.	23:17	13:40
10. 11.	22:58	13:21
15. 11.	22:40	13:02
20. 11.	22:21	12:42
25. 11.	22:02	12:23
30. 11.	21:43	12:04

Venuša

	Východ	Západ
1. 10.	4:59	17:14
6. 10.	5:14	17:05
11. 10.	5:28	16:57
16. 10.	5:43	16:49
21. 10.	5:57	16:42
26. 10.	6:12	16:35
31. 10.	6:27	16:28
5. 11.	6:42	16:23
10. 11.	6:58	16:18
15. 11.	7:13	16:15
20. 11.	7:27	16:13
25. 11.	7:41	16:13
30. 11.	7:54	16:14

Urán

	Východ	Západ
1. 10.	16:25	3:23
6. 10.	16:05	3:02
11. 10.	15:46	2:42
16. 10.	15:26	2:21
21. 10.	15:06	2:01
26. 10.	14:46	1:41
31. 10.	14:26	1:21
5. 11.	14:06	1:00
10. 11.	13:47	0:40
15. 11.	13:27	0:20
20. 11.	13:07	0:01
25. 11.	12:47	23:38
30. 11.	12:27	23:18

Mars

	Východ	Západ
1. 10.	6:18	17:35
6. 10.	6:16	17:22
11. 10.	6:15	17:08
16. 10.	6:13	16:55
21. 10.	6:12	16:42
26. 10.	6:11	16:29
31. 10.	6:10	16:17
5. 11.	6:09	16:05
10. 11.	6:09	15:53
15. 11.	6:08	15:42
20. 11.	6:07	15:30
25. 11.	6:07	15:20
30. 11.	6:06	15:09

Neptún

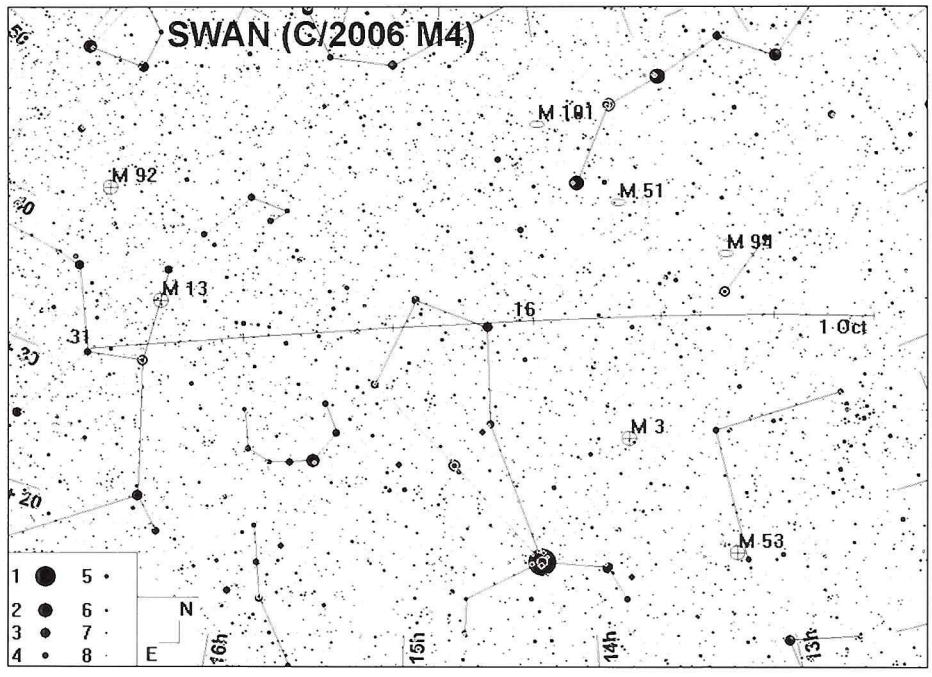
	Východ	Západ
1. 10.	15:29	1:10
6. 10.	15:09	0:50
11. 10.	14:49	0:30
16. 10.	14:30	0:10
21. 10.	14:10	23:46
26. 10.	13:51	23:27
31. 10.	13:31	23:07
5. 11.	13:11	22:47
10. 11.	12:51	22:27
15. 11.	12:32	22:08
20. 11.	12:12	21:49
25. 11.	11:53	21:30
30. 11.	11:34	21:10

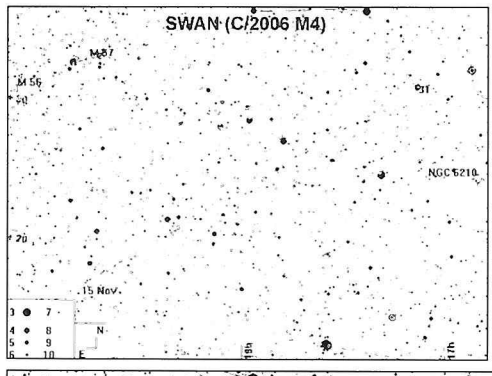
11 mag (s aspoň minimálnou šancou v rámci neurčitosti) nastanú len 4 planétkové zákryty. Najbližšie nášmu územiu prechádz tieň planétky Ara. Upresnenia predpovedí sú na stránke http://mpocc.astro.cz/2006/.

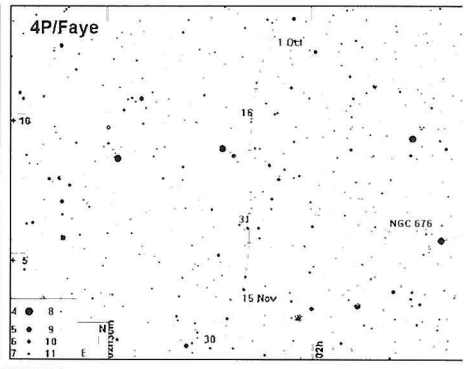
Kométy

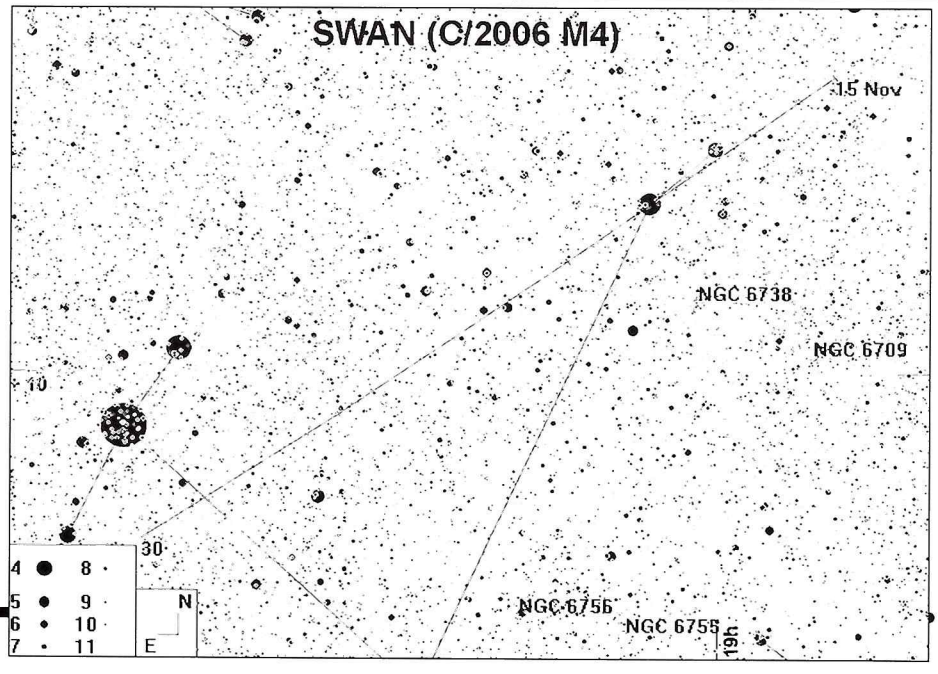
Kométa 4P/Faye zrejme nenaplní očakávané predpoklady jasnosti, ako sme písali v minulom čísle, no ak dosiahne podľa predpovede jasnosť pod 11 mag, bude pekným objektom aj pre menšie prístroje. Z Barana sa smerom na juh presunie do Veľryby.

Príjemným prekvapením je kométa C/2006 M4 (SWAN), ktorú objavili 20.6. R.D.Matson (Irvine, Kalifornia) a M.Mattiazo (Adelaide, Austrália). Pozorovacie podmienky sú veľmi dobré, kométa sa rýchlym pohybom bude posúvať západným smerom z Vlasov Bereniky cez Poľovné psy, Pastiera, Severnú korunu, Herkula až do Orla. 28. 10. prejde 3° popod guľovú hviezdokopu M 13.









Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
Efemerida kométy SWAN (C/2006 M4)				
1. 10.	$12^h06{,}8^m$	+32°46,7'	8,1	36,1
6. 10.	$12^h40{,}5^m$	+35°30,0'	7,9	40,5
11. 10.	$13^h22{,}7^m$	+37°39,1'	7,9	44,7
16. 10.	$14^h13{,}4^m$	+38°41,1'	7,9	48,8
21. 10.	$15^h10{,}3^m$	+38°01,0'	8,0	52,8
26. 10.	$16^h07{,}7^m$	+35°23,9'	8,2	56,4
31. 10.	$16^h59{,}9^m$	+31°12,2'	8,5	59,3
5. 11.	$17^h44{,}0^m$	+26°13,2'	8,9	61,3
10. 11.	$18^h19{,}9^m$	+21°11,9'	9,3	62,2
15. 11.	$18^h48{,}9^m$	+16°35,9'	9,7	62,2
20. 11.	$19^h12{,}6^m$	+12°36,0'	10,1	61,3
25. 11.	$19^h32{,}4^m$	+09°12,9'	10,5	59,8
30. 11.	$19^h49{,}1^m$	+06°23,1'	10,9	57,7
Efemerida kométy 4P/Faye)				
1. 10.	$02^h05{,}4^m$	+12°51,9'	11,0	154,0
6. 10.	$02^h07{,}1^m$	+11°59,1'	10,9	158,8
11. 10.	$02^h08{,}2^m$	+10°59,7'	10,8	163,7
16. 10.	$02^h08{,}8^m$	+09°55,0'	10,7	168,6
21. 10.	$02^h09{,}1^m$	+08°47,1'	10,6	173,0
26. 10.	$02^h09{,}1^m$	+07°38,2'	10,6	174,9
31. 10.	$02^h09{,}1^m$	+06°31,0'	10,5	172,1
5. 11.	$02^h09{,}1^m$	+05°27,8'	10,5	167,5
10. 11.	$02^h09{,}5^m$	+04°30,7'	10,5	162,5
15. 11.	$02^h10{,}1^m$	+03°41,6'	10,6	157,5
20. 11.	$02^h11{,}3^m$	+03°01,7'	10,6	152,6
25. 11.	$02^h13{,}1^m$	+02°31,9'	10,7	147,9
30. 11.	$02^h15{,}6^m$	+02°12,4'	10,8	143,5

Meteorické roje (október – november 2006)

Roj	Aktivita	Max.	Radiant RA	Radiant D	Pohyb rad. °/deň RA	Pohyb rad. °/deň D	V. km/s	ZHR	Zdroj
SPR	5. 9.–10. 10.	8. 9.	04:00	+47	1	+0,1	64	6	ALPO
DAU	5. 9.–10. 10.	8. 9.	04:00	+47	1,0	+0,1	64	6	IMO
OAR	1. 10.–31. 10.	8.10.	02:08	+08	0,9	+0,3	28	5	ALPO
GIA	6. 10.–10. 10.	8.10.	17:28	+54	20			VAR	IMO
EGE	14. 10.–27. 10.	18.10.	06:48	+27	1	+0,1	71	2	IMO
ORI	2. 10.– 7. 11.	21.10.	06:20	+16	0,7	+0,1	66	20	IMO
LMI	21. 10.–23. 10.	22.10.	10:48	+37	1	–0,4	62	2	DMS
STA	1. 11.–25. 11.	5.11.	03:28	+13	0,8	+0,2	27	5	IMO
DER	6. 11.–29. 11.	10.11.	03:52	–09	0,9	+0,2	31	2	DMS
NTA	1. 11.–25. 11.	12.11.	03:52	+22	0,8	+0,1	29	5	IMO
LEO	14. 11.–21. 11.	17.11.	10:12	+22	0,7	–0,4	71	VAR	IMO
AMO	15. 11.–25. 11.	21.11.	07:20	+03	0,8	–0,2	65	VAR	IMO
XOR	26. 11.–31. 12.	2.12.	05:28	+23	1,2	0,0	28	3	IMO
MON	27. 11.–17. 12.	8.12.	06:40	+08	0,8	+0,2	42	3	IMO

SPR – septembrové Perzeidy, DAU – δ Aurigidy, OAR – októbrové Arietidy, GIA – Drakonidy, EGE – ε Geminidy, ORI – Orionidy, LMI – Leo Minoridy, STA – Južné Tauridy, DER – δ Eridanidy, NTA – Severné Tauridy, LEO – Leonidy, AMO – α Monocerotidy, XOR – χ Orionidy, MON – Monocerotidy

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

Meteory

Zvýšená aktivita Drakoníd sa tohto roku nepredpokladá, a navyše, Mesiac je v splne, čo sťaží a pravdepodobne odradí aj nadšencov. Priam ideálne budú podmienky počas maxima Orioníd. Tento roj má relatívne stabilné frekvencie a tak po letných mesiacoch sa je na čo tešiť. Tri dni pred Orionidami má maximum aj slabý roj ε Geminidy, ktorý má radiant pomerne blízko Orioníd, a tak je nutné venovať patričnú pozornosť pri určovaní rojovej príslušnosti.

Južné Tauridy majú maximum pri splne, pri maxime severných však bude Mesiac v poslednej štvrti rušiť len v druhej polovici noci.

Veľmi dobré pozorovacie podmienky sú aj počas maxima Leoníd a alfa Monocerotíd. Maximum Leoníd nastane okolo 22. hodiny a frekvencia môže dosiahnuť niekoľko desiatok meteorov za hodinu (možno 20 – 40?). Práve pred 40 rokmi, 17. 11., bol legendárny meteorický dážď Leoníd, ktorý vyvolal mimoriadny záujem verejnosti.

PAVOL RAPAVÝ

Kalendár úkazov a výročí (október – november 2006)

3. 10. 9,4 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,6° severne)
4. 10. Svetový kozmický týždeň (4. – 10. 10.)
4. 10. 90. výročie narodenia V. L. Ginzburga
5. 10. 3,1 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,8° severne)
6. 10. 14,3 Mesiac v prízemí (357 409 km)
7. 10. 1,3 zákryt hviezdy TYC 1373 22 planétkou (140) Siwa
7. 10. 4,2 Mesiac v splne
8. 10. 8,5 denný zákryt Plejád Mesiacom
8. 10. maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)
10. 10. 275. výročie narodenia H. Cavendisha
14. 10. 1,4 Mesiac v poslednej štvrti
16. 10. 17,2 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1° južne)
17. 10. 4,8 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (24,8°)
18. 10. maximum meteorického roja ε Geminidy (ZHR 2)
19. 10. 9,6 Mesiac v odzemí (406 074 km)
21. 10. 8,5 planétka (554) Peraga v opozícii (11 mag)
21. 10. maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 20)
22. 10. 1,7 zákryt hviezdy TYC 2372 1066 planétkou (389) Industria
22. 10. 6,2 Mesiac v nove
22. 10. 11,0 konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 3,9° južne)
22. 10. 40. výročie (1966) štartu Luny 12
23. 10. 8,2 Mars v konjunkcii so Slnkom
24.10. 4,3 konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,5° severne)
24. 10. 6,0 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 1,7° severne)
24. 10. 170. výročie narodenia G. W. Hougha
24. 10. 8,5 Venuša v maxime jasnosti (–3,9 mag)
24. 10. 16,6 planétka (5) Astraea v opozícii (10,3 mag)
24. 10. 18,6 Mars v maxime jasnosti (1,6 mag)
25. 10. 4,6 Venuša v odzemí (1,71626 AU)
26. 10. 160. výročie (1846) narodenia L. Bossa
27. 10. 19,3 Venuša v hornej konjunkcii
29. 10. 0,9 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať spätne)
29. 10. 7,9 Neptún v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
29. 10. 22,4 Mesiac v prvej štvrti
30. 10. 25. výročie (1981) štartu sondy Venera 13
30. 10. 19,1 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,8° severne)
1. 11. 9,1 konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 3,2° južne)
1. 11. 9,3 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,1° severne)
2. 11. 100. výročie narodenia B. Edléna
4.11. 0,9 Mesiac v prízemí (360 595 km)
4. 11. 25. výročie (1981) Venery 14
4. 11. 17,9 planétka (48) Doris v opozícii (10,9 mag)
5. 11. 100. výročie narodenia F. L. Whiplea
5. 11. 14,0 Mesiac v splne
5. 11. maximum meteorického roja Južné Tauridy (ZHR 5)
5. 11. 160. výročie narodenia E. S. Holdena
5. 11. 13,1 planétka (46) Hestia v opozícii (10,7 mag)
6. 11. 3,2 zákryt hviezdy TYC 0184 560 planétkou (849) Ara
7. 11. 10. výročie sondy Mars Global Surveyor
7. 11. 40. výročie (1966) sondy Lunar Orbiter 2
8. 11. 0,5 Merkúr v prízemí (0,67408 AU)
8. 11. 350. výročie (1656) narodenia E. Halleyho
8. 11. 22,5 Merkúr v dolnej konjunkcii
8. 11. 22,7 prechod Merkúra popred disk Slnka (od nás nepozorovateľný)
9. 11. 7,9 planétka (356) Liguria v opozícii (10,7 mag)
11. 11. 40. výročie (1966) Gemini 12 (J. Lovell, B. Aldrin)
12. 11. 18,8 Mesiac v poslednej štvrti
12. 11. maximum meteorického roja Severné Tauridy (ZHR 5)
12. 11. 21,9 zákryt hviezdy TYC 2361 836 planétkou (154) Bertha
13. 11. 2,4 konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,2° južne)
13. 11. 12,3 planétka (451) Patientia v opozícii (10,7 mag)
13. 11. 175. výročie narodenia J. C. Maxwella
13. 11. 22,5 Merkúr v prísln (0,30749 AU)
14. 11. 70. výročie narodenia Ľ. Šeševičkovej
14. 11. 21,6 planétka (7) Iris v opozícii (6,8 mag)
16. 11. 0,3 Mesiac v odzemí (405 194 km)
17. 11. 20,2 Merkúr v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
17. 11. 21,8 maximum meteorického roja Leonidy (ZHR var)
17. 11. 40. výročie (1966) meteorického dažďa Leonidy
19. 11. 22,8 Jupiter v odzemí (6,36471 AU)
19. 11. 5,9 konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 6,5° severne)
20. 11. 14,5 Urán v zastávke (začína sa pohybovať priamo)
20. 11. 23,3 Mesiac v nove
21. 11. 22,1 maximum meteorického roja α Monocerotidy (ZHR var)
22. 11. 0,3 Jupiter v konjunkcii so Slnkom
25. 11. 14,4 Merkúr v najväčšej západnej elongácii (19,9°)
27. 11. 0,8 konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3° severne)
27. 11. 305. výročie (1701) narodenia A. Celsia
28. 11. 7,5 Mesiac v prvej štvrti
28. 11. 90. výročie (1916) narodenia K. Králička
28. 11. 16,5 konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 1,1° severne)
29. 11. 140. výročie narodenia E. W. Browna
29. 11. 45. výročie (1961) Mercury 5 (šimpanz Enos)
30.11. 250. výročie narodenia E. F. Chladniho
2. 12. 0,2 Mesiac v prízemí (365 928 km)
2. 12. 17,7 planétka (39) Laetitia v opozícii (9,7 mag)
3. 12. 1,8 Merkúr v maxime jasnosti (–0,6 mag)
5. 12. 1,4 Mesiac v splne
6. 12. 21,1 Saturn v zastávke (začína sa pohybovať spätne)

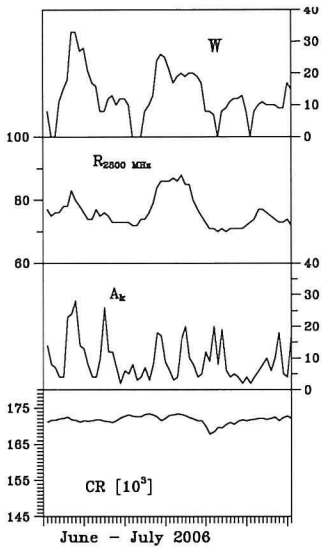
Slnečná aktivita (jún – júl 2006)

Slnečná aktivita je podobne ako v minulých dvoch, aj v týchto dvoch mesiacoch naďalej na veľmi nízkej úrovni. Hoci na grafoch priebehov rádiového žiarenia aj Wolfovho čísla sú náznaky striedania sa aktivity v 27-dennom rytme, deje sa tak na nízkej úrovni, takže priebeh kozmického žiarenia je takmer konštantný. Objavila sa aj správa, že minimum 23. slnečného cyklu už nastalo a začal sa cyklus 24.

D. Hathaway z „Marshall Space Flight" oznámil, že malá škvrna, ktorá sa objavila 31. júla (65° W, 13° S), mala magnetickú polaritu opačnú ako ostatné škvrny prislúchajúce 23. cyklu. Správa však zatiaľ nie je potvrdená z iných zdrojov. Nezvyklá je malá heliografická šírka. Škvrny nového cyklu sa obyčajne objavujú v šírkach okolo ±30°.

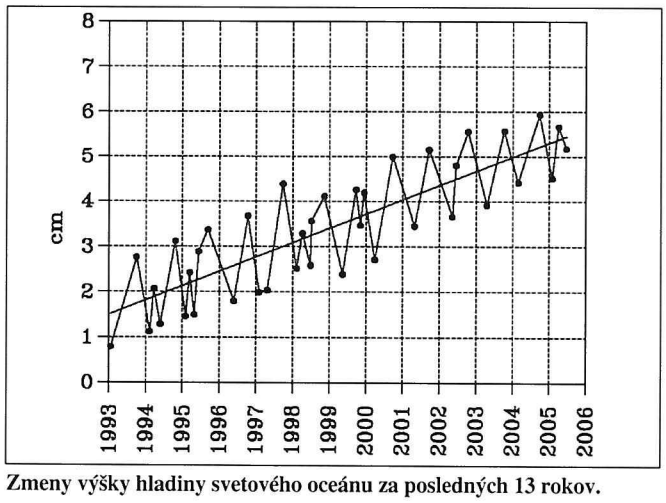
Prejdime teraz na inú tému, ktorá so slnečnou aktivitou súvisí iba okrajovo, a tou je globálne oteplenie.

Americko-francúzsky satelit *TOPEX/Poseidon*, ktorý odštartoval v Kourou 10. augusta 1992, skončil svoju misiu 18. januára 2006 po viac ako 13 rokoch veľmi úspešných pozorovaní. TOPEX (Ocean Topography Experiment) bol pôvodný americký projekt na presné meranie výšky oceánskej hladiny a Poseidon bol francúzsky projekt s rovnakým zameraním. Satelit, ktorého životnosť bola plánovaná na 3 až 5 rokov, pracoval viac ako 13 rokov, čo znamená, že je to zatiaľ rekord v dĺžke pracovania radaru v kozme. Pri experimente sa pomocou družicových (radarových) výškomerov určovala topografia oceánskeho povrchu a z nej sa odvodili vlastnosti hlbinných oceánskych prúdov. Plánovaná presnosť merania ±13,7 cm bola ďaleko prekonaná. Dosahovala neuveriteľnú hodnotu ±2,0 cm! Pritom presnosť je kritickým parametrom pre stanovenie oceánskej topografie. Určuje ju stabilná časť nehomogenít gravitačného poľa – tak je vlastne určený morský geoid aj premenná časť, ktorá je podmienená morskými prúdmi a prílivovou vlnou.



Globálne zmeny hladiny svetového oceánu sú znázornené na obrázku. Hladina oceánu nepochybne stúpa, cca 3 mm za rok, čo hovorí o vyššom energetickom príkone. Je zaujímavé, že tieto zmeny nie sú rovnaké pre celý povrch oceánu. Sú miesta, v ktorých, naopak, hladina oceánu počas 13-ročného merania poklesla, niekde až o 10 cm. Znamená to, že sa mení aj smer a rýchlosť morských prúdov. Nikto zatiaľ nevie povedať, či ide o trvalý, alebo cyklický proces, ani či je to prírodný proces alebo proces vyvolaný rozvojom civilizácie.

MILAN RYBANSKÝ



Zmeny výšky hladiny svetového oceánu za posledných 13 rokov.

LETNÉ ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

Letné astronomické praktikum (LAP 2006) sme v roku 2006 strávili už po tretí raz vo Vysokej nad Uhom, kde sme boli ubytovaní v budove ZŠ a MŠ. Praktikum sa konalo sa v dňoch 1. – 7. 8. 2006. Bolo nás tam spolu 9: 8 členov ATM a za hvezdáreň autor týchto riadkov. Mali sme so sebou dva ďalekohľady (binar 10×80 a refraktor 100/1000 mm) na pozorovanie „Deep Sky objektov", a samozrejme, že sme chceli, ako vždy, vizuálne pozorovať meteory – Perzeidy. Toto praktikum nám však, pokiaľ sa týka počasia, vôbec nevyšlo. Zo šiestich nocí sme ani raz nemohli pozorovať. Taká vec, že sme nenapozorovali nič, sa nám predtým stala len raz, a to v roku 2002 na LAPe v Moravanoch. A tak sme tentoraz pozerali televíziu a pomocou notebooku a dataprojektora filmy, hrali karty, šach. Dúfajme, že o rok nás na pozorovanie meteorov vo Vysokej nad Uhom opäť prijmú na pár nocí na LAP 2007 a počasie k nám bude oveľa priateľskejšie.

LETNÝ ASTRONOMICKÝ TÁBOR 2006

Už po piaty raz usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach svoj Letný astronomický tábor (LAT) v priestoroch Školy v prírode v Rokytove pri Humennom. Tábor sa konal v dňoch 17. – 23. 8. 2006. Tentoraz mali dvaja vedúci na starosti 19 detí. Dopoludnia mali deti jednoduché prednášky z astronómie aj prednášky na témy z ekológie – o životnom prostredí. Pomocou notebooku a dataprojektora sme im premietali na doplnenie prednášok obrázky a videoklipy. Z prednášok z astronómie sa dozvedeli niečo o našej Slnečnej sústave, ďalekohľadoch, o súhvezdiach, aj o tom, čo všetko je možné vidieť na oblohe. Popoludní bol k dispozícii miestny potok a kúpanie v ňom, čo však kvôli počasiu bolo možné len trikrát. Vždy to bolo spojené s prechádzkou a nákupom v obchode. V podvečer sa hral futbal, ale veľmi obľúbenými športmi boli aj stolný tenis a basketbal. Hrala sa však aj hra kráľov – šach. Večer zasadali všetci ku súťažiam, ktoré boli koncipované podľa dopoludňajších prednášok a boli vždy trojkolové: boli tu otázky z astronómie, ekológie a posledné kolo boli zábavné doplňovačky. Súťaže sa priebežne hodnotili; na záver sa stanovilo konečné poradie a rozdali ceny. V noci sa potom pozorovalo. To nám však tento rok nevyšlo úplne, ale len na 50 %. Zo 6 nocí sme mohli pozorovať 3. Účastníci sa učili spoznávať súhvezdia a hviezdy a pozreli si objekty v ďalekohľade. K dispozícii boli 3 ďalekohľady. Keď nám počasie neprialo, tak sme si pozreli film premietaný projektorom z notebooku. V areáli Školy v prírode potom ešte deti hľadali „stratený modul zo satelitu NASA" plný lízaniek. Vďaka ochotnému personálu Školy v prírode a podľa nás aj výbornej strave a kvalitného programu sa každý mohol niečo naučiť a prežiť pekný prázdninový týždeň. Uvidíme sa v Rokytove o rok 9. – 14. júla.

RNDr. Zdeněk Komárek
Hvezdáreň v Michalovciach

EBICYKL 2006

Memoriál Robo Rosy a Václava Slavíka – Moravskoslezský bochník

Letošní ročník se jel na Moravě v trase Blatnice – Uherský Brod – Břeclav – Rosice – Třebíč – Medlov – Mohelnice – Pustá Polom.

Již obrázek itineráře pro letošní spanilou jízdu připomínal oslavy sedmdesátin Hejtmana Ebicyklu Jiřího Grygara. Ten se jich však nemohl zúčastnit, protože jej sklátila (podle jeho vlastních slov) zákeřná viróza. Podle tradic Ebicyklu byl posléze nazván „simulantem".

Oslavenců bylo víc: 70 let slaví Jiří Komrska, Starší práče (21. 8.), 60 let Bohumil Janda (13. 3.) a 50 let Zdeněk Soldát, Nebeský mechanik alias Eddy (22. 2.), Vladimír Homola (22. 2), Petr Kaděrka (1. 2.) Pavel Kletzek (25. 12.), Zuzana Papayová (18. 4) a Danka Pyšná (4. 11).

První setkání Ebicyklu bylo na hvězdárně ve Veselí nad Moravou a odtud jsme se přesunuli do Blatnice pod sv. Antonínkem. Letošní ročník byl poznamenán velmi horkým počasím a na asfaltu to byla „řádná túra". Ve třetí etapě jsme navštívili český Hlohovec, kde Hraničním zámečkem kdysi procházela zemská hranice mezi Moravou a Rakouskem.

Kromě již zmíněné hvězdárny ve Veselí nad Moravou jsme navštívili hvězdárnu Uherský Brod (1. etapa) a Zlín.

V Budišově nad Budišovkou v poslední etapě se nám podařilo „vyplenit" restauraci a pak sledovat vyděšené pohledy personálu, vítajícího další a další ebicyklisty, pro které k jídlu již nic nezbylo.

Kdo jel všechny etapy bez zkracování, musel ujet nejméně 700 km. Letošní Ebicykl byl velmi úspěšný, další podrobnosti naleznete na stránce www.ebicykl.cz.

Míra Mašinfíra (Kratoška)

S ďalekohľadom na cestách

Projekt propagácie astronómie nielen medzi mládežou

Kto je to Pallas?

Klub astronómov Pallas je jedným zo záujmových útvarov Centra voľného času Domino v Košiciach. Už viac ako pätnásť rokov združuje mladých astronómov, ponúka im množstvo príležitostí vzdelávať sa v danom odbore teoreticky i prakticky a organizuje podujatia nielen pre nich, ale aj pre širokú verejnosť.

Čo je to S ďalekohľadom na cestách?

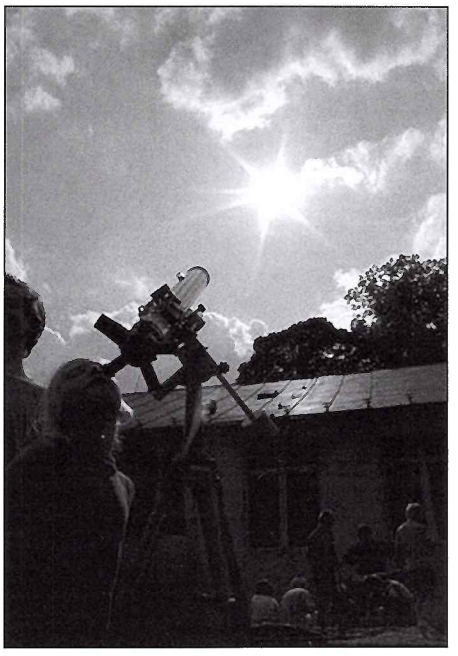
KA Pallas už mnohokrát uskutočnil verejné pozorovania dennej i nočnej oblohy, o ktoré bol takmer vždy veľký záujem. To nás priviedlo k myšlienke sprístupniť astronómiu a s ňou súvisiace vedy širokej laickej verejnosti. Prvým krokom k úspešnej realizácii tejto myšlienky bolo dôkladné vypracovanie koncepcie projektu a jeho následné schválenie grantovým programom *Mládež*, ktorý podporuje projekty tzv. neformálneho vzdelávania v mnohých krajinách Európy.

Skupina šiestich stredoškolákov v zložení R. Andrássy, R. Barsa, M. Hovan, M. Kolesár, L. Klapková a J. Jirásek v spolupráci s Ing. P. Kaňukom z CVČ Domino a RNDr. R. Gálisom, PhD. z Prírodovedeckej fakulty Univerzity P. J. Šafárika Košice tak vypracovala na Slovensku jedinečný projekt propagácie vedy, a to nielen medzi mladými ľuďmi.

Ako hlavný cieľ sme si stanovili priblíženie vedy a poznávania ľuďom z ekonomicky, geograficky aj spoločensky znevýhodneného prostredia. Cieľovou skupinou bola predovšetkým mládež, ktorá je v súčasnosti výrazne ovplyvňovaná negatívnymi civilizačnými vplyvmi. Tieto často vedú k známym problémom trávenia voľného času s rôznymi druhmi návykových a inak zdraviu a rozvoju osobnosti škodiacich činností a látok.

V pláne bolo zorganizovať desať prednášok zameraných na astronómiu v desiatich obciach Košického kraja, keďže práve tu majú žiaci a študenti naozaj len minimum príležitostí, ako zmysluplne využívať svoj voľný čas.

Po schválení Národnou kanceláriou agentúry Mládež nasledovalo niekoľko týždňov venovaných dôslednej príprave. K najdôležitejším úlohám patril návrh propagačných materiálov, pozorovacieho plánu a vypracovanie prednášky a prezentácie, ktorá by mala mať čo najširší záber so súčasným zachovaním charakteru prednášky pre prevažne mladú, laickú verejnosť. Účastníci tak



mohli s pomocou imaginárneho stroja času vidieť nielen proces vzniku vesmíru, formovania Zeme, históriu vedy a kozmonautiky, ale mohli nahliadnuť do blízkej i veľmi vzdialenej budúcnosti vesmíru.

Prvá akcia – Košická Polianka...

Prvú akciu projektu S ďalekohľadom na cestách sprevádzala značná nervozita, výrazne podporovaná nielen obavami z nízkej (príp. aj k nule blížiacej sa účasti), ale aj nepriaznivým, zamračeným počasím. Po príchode do obce, príprave a preskúšaní všetkej techniky sa začali na pôde školy objavovať prvé skupinky mladších, ale aj starších detí, dokonca dospelých. Úlohy prednášajúceho sa zhostil Robo Andrássy a jeho prednáška väčšinu detí zjavne zaujala. Po jej skončení sa uskutočnila krátka vedomostná súťaž, kde mali tí najšikovnejší, a v žrebovaní zasa tí najšťastnejší šancu získať množstvo pekných cien s astronomickou tematikou. Ostatných potešil aspoň malý darček v podobe pohľadníc, spomedzi ktorých bolo pre mnohých veľmi ťažké vybrať si. Napriek našim obavám sa prednášky zúčastnilo viac ako 50 detí. Akciu môžeme považovať za mimoriadne úspešnú aj napriek tomu, že na pozorovaní sme mohli ukázať iba Mesiac a aj ten sa nám pričasto schovával za mraky. Nás, organizátorov potešil nielen vysoký záujem, ale aj spokojnosť účastníkov.

...a pokračovanie

V nasledujúcich piatich mesiacoch sme s ďalekohľadom a prednáškou precestovali ďalšie obce Košického kraja a to konkrétne: Budimír, Slanec, Ruskov, Košická Belá, Sečovce, Svinica, Nováčany, Čaňa, Bohdanovce, Kojšov, Mníšek nad Hnilcom a Helcmanovce. Navyše sa ďalšie podujatia zorganizovali priamo Košiciach: dve pre školské kolektívy a jedno pre širokú verejnosť. Vďaka patrí školám, obecným úradom a všetkým miestnym koordinátorom projektu.

Aké sú výsledky?

Pôvodne bolo naplánovaných iba desať akcií, pre veľký záujem sme však prednášali až šestnásťkrát.

Priemerná účasť sa pohybovala približne okolo sedemdesiatich účastníkov na akciu, spolu sa tak do projektu zapojilo viac ako tisíc ľudí z celého Košického kraja, čo výrazne prekonalo všetky naše očakávania.

Súčasťou projektu sa stali predovšetkým školopovinné deti a študenti stredných škôl, ale aj dospelí účastníci a účastníci predškolského a dôchodcovského veku.

Potešilo nás vysoké percento rómskej mládeže, ktorej problémy pramenia práve vo vzdelávaní, keďže jedným z našich cieľov bolo zapojenie aj tohto etnika, zbližovanie kultúr a poukázanie na spoločnú históriu a prítomnosť všetkých Európanov.

Súčasťou projektu sa teda stali ľudia všetkých vekových kategórií a viacerých národností.

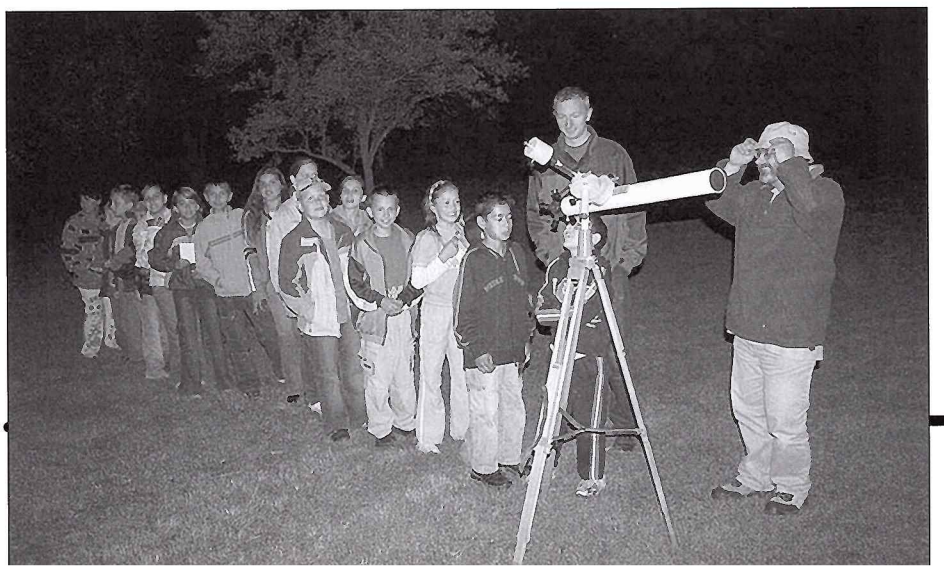
Všetci účastníci si mohli vyskúšať okrem iného aj pozorovanie astronomickým ďalekohľadom, čo bola pre väčšinu z nich veľmi zaujímavá skúsenosť. Tým mali možnosť nadobudnúť nielen teoretické poznatky, ale aj praktické skúsenosti (čo im, dúfame pomohlo zmeniť ich prípadný negatívny vzťah k prírodným vedám, ktorý si vytvorili mnohokrát iba vinou monotónneho školského vyučovania).

Dôležité je, že sa nám podarilo poukázať na jednu z mnohých pekných možností, ako využiť svoj voľný čas spôsobom, ktorý sa pre človeka môže stať prínosom.

A my – organizátori sme získali množstvo nových poznatkov a skúseností nielen z oblasti astronómie, ale aj toho, ako odovzdávať schopnosti a vedomosti svojmu okoliu.

Čo bude nasledovať?

Posledným bodom nášho projektu bola *Záverečná vernisáž*, ktorá sa uskutočnila 22. 9. 2006 v CVČ Domino na Popradskej ulici v Košiciach a boli na ňu pozvaní žiaci a študenti základných a stredných škôl z Košíc a zúčastnených obcí. Okrem výstavy fotografií získaných počas celého projektu sa školáci mohli oboznámiť aj s tým, akým spôsobom môžu svojimi nápadmi aj oni pomôcť rovesníkom



LUCIA KLAPKOVÁ
Člen KA Pallas a organizátor projektu S ďalekohľadom na cestách

Nový kvantový vesmír

Recenzia knihy

Tony Hey a Patrick Walters: **NOVÝ KVANTOVÝ VESMÍR,** ARGO/DOKOŘÁN, Praha, 2005)

Ako mnohí, aj ja otváram novú populárnu knihu o kvantovej mechanike s nádejou, že mi pomôže nájsť nejaký spôsob, aby som si mohol predstaviť procesy, ktoré prebiehajú na atómovej úrovni, a porozumieť im. Ako sa dalo očakávať, vo svojich nádejách som sa znova sklamal. Kniha sa začína citátom R. Feynmana:

...Myslím, že môžem s istotou povedať, že kvantovej mechanike nerozumie nikto.

A mám po radosti.

Kniha je širokým populárnym prehľadom kvantovej mechaniky a jej aplikácií. Má 13 kapitol, ktoré môžeme rozdeliť na „klasické" v tom zmysle, že sa vyskytujú v každej knihe s podobným zameraním, a „moderné", s ktorými sa v starších knihách nestretneme.

Knihu môžeme nazvať populárnou iba s veľkou dávkou fantázie. Je to skôr akási polopopulárna encyklopédia kvantovej fyziky. Autori chcú postihnúť všetky oblasti kvantovej fyziky bez väčších matematických výkladov, iba slovným výkladom. Myslím si, že sa to vlastne ani nedá. Keby som nemal za sebou vysokoškolské štúdium fyziky, nemohol by som v mnohých častiach pochopiť autorov ani v tom, čo vlastne chcú povedať.

Hoci v praktickej astrofyzike prichádzame veľmi často do styku s interpretáciou prechodov elektrónu medzi rôznymi energetickými hladinami v atóme, náš prístup je dosť schizofrenický. Klasickou fyzikou vysvetľujeme svoje predstavy, čo sa deje, a kvantovými zákonmi robíme kvantitatívne výpočty.

Na úvod by som sa chcel vysporiadať s otázkou kompetencie. Či som kompetentný recenziu takejto knihy urobiť. Rozmýšľam takto: recenzia je vlastne posudok, kritika a môže byť dvojakého druhu. Od odborníka, ktorý posudzuje kolegovu prácu (a medzi riadkami takej recenzie cítime, že keby recenzentovi neprekážali tzv. objektívne príčiny, asi by knihu napísal lepšie), alebo od čitateľa, ktorý sa chce viac poučiť o predmete, v ktorom sa necíti byť dosť podkutý. To posledné je môj prípad. Vráťme sa teda ku knihe.

Medzi „klasické" môžeme zaradiť prvých šesť kapitol:

1 Vlny verzus častice
2 Heisenberg a neurčitosť
3 Schrödinger a hmotné vlny
4 Atómy a jadrá
5 Kvantové tunelovanie
6 Pauli a chemické prvky

Každá kapitola je uvedená Feynmanovým citátom, ktorý je podobný vyššie uvedenému. Aj pomocou týchto citátov, ktoré sú rôzne roztrúsené aj iných miestach po texte a pochádzajú aj od iných fyzikov, snažia sa nás autori knihy odradiť od snahy „pochopiť" kvantové deje v tom zmysle, ako sme zvyknutí z klasickej fyziky. V prvej kapitole je opísaný klasický pokus s interferenciou elektrónov na dvoch štrbinách, kde sa zreteľne prejaví, že elektrón nie je ani vlna, ani častica v tom zmysle, ako sme schopní si to predstaviť. Záver je nasledujúci: *...Možno vám to pripadá záhadné. Ale ono to záhadné je! Viac pre vysvetlenie mágie kvantovej mechaniky nemôžeme urobiť. Jediné, čo môžeme urobiť, je opísať, ako sa kvantové objekty správajú.* ***Práve tento opis je kvantová mechanika.***

Znamená to teda, že procesy, ktoré prebiehajú v kvantových objektoch nemôžeme chápať, približne tak ako nemôžeme chápať štvrtý rozmer.

Pekný je aj citát sprevádzajúci Schrödingerovu rovnicu:

Odkiaľ máme túto rovnicu? Odnikiaľ. Nemožno ju odvodiť z ničoho, čo poznáte. Vznikla zo Schrödingerovej mysle.

Alebo citát sprevádzajúci princíp neurčitosti:

Jeden filozof kedysi povedal:

„Pre samotnú existenciu vedy je nevyhnutné, aby rovnaké podmienky viedli vždy k rovnakým výsledkom." No, lenže nevedú!

(Podľa toho by bolo po kvantomechanickej vede! A nielen po nej.)

Knihy z prírodovedných disciplín, teda aj z kvantovej mechaniky, sú písané hlavne dvoma spôsobami:

Prvý spôsob preferuje axiomatický prístup, keď sa najprv uvedú akési základné pravidlá a pojmy, a potom sa z nich odvodzujú všetky dôsledky tak, aby sme sa pokúsili nič nevynechať.

Druhý prístup môžeme nazvať historickým. Pri výklade sa postupuje tak, ako sa postupne k rôznym pojmom dospelo a čo vôbec viedlo ľudí k tomu, aby sa nimi zaoberali. V rôznych obdobiach a podľa mienky vedúcich osobností sa preferuje jeden alebo druhý spôsob. Myslím, že to závisí od pedagogických schopností prednášajúceho (píšuceho).

Populárne knihy sú písané hlavne druhým spôsobom. A niekedy je samotná história výskumu, pri patričnom podaní, zaujímavejšia ako samotný predmet. Najlepšie odborné knihy sú písané zmiešaným spôsobom. Mne osobne sa najviac páčil spôsob prof. Schwarza, ktorý použil v malej knižke „O rovnicích" . Axiomatický prístup je však pohodlnejší. Často aj pre študentov.

Hodnotená kniha má veľmi peknú formu. Obsah, pokiaľ ide o tieto prvé kapitoly, som videl aj lepší.

U nás, pred mnohými rokmi vo vydavateľstve Alfa vyšla veľmi pekne napísaná kniha J. Pišúta a R. Zajaca „O atómoch a kvantovaní", (1983). Pekná je aj z rušiny preložená kniha „Pravdepodobnostný svet" od D. S. Danina (Alfa, 1986).

Ďalšie kapitoly, ktoré som nazval „moderné", v kompaktnej forme v starších knihách nenájdeme:

7 Kvantová súčinnosť a supratekutosť
8 Kvantové skoky
9 Kvantové inžinierstvo
10 Zánik hviezdy
11 Feynmanove pravidlá
12 Slabé fotóny a silné lepidlo
13 Kvantová fyzika a vedeckotechnická literatúra

Anglický vedec Paul Dirac pokračoval v kvantovej „mágii". Do Schrödingerovej rovnice „zamontoval" relativistický člen. Tak „uhádol" rovnicu, z ktorej vyplýval okrem iného aj vznik antičastíc. O štyri roky, v roku 1932, bol v kozmickom žiarení objavený pozitrón (t. j. antielektrón) a v roku 1955 na urýchľovači v Berkeleyi antiprotón.

Veľmi zaujímavá je kapitola *9 (Kvantové inžinierstvo).* Je to vlastne pokračovanie kapitol 5 a 6 a je v nej opísané využitie poznatkov z kvantovej fyziky pevných látok, ktorá v dnešných časoch ústi do často spomínaného pojmu *nanotechnológie.* Opisuje sa tam vynález tranzistora a integrovaného obvodu, teda súčiastok, ktoré sú kľúčové v súčasnom rozvoji mikroelektroniky a následného ekonomického rastu krajín, ktoré zachytili tento vývoj v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch. Okrem iného sa tu ukazuje, že súčinnosť vedy a techniky je pre pokrok nevyhnutná. Zaujímavé je i to, že jediný fyzik, ktorý získal dve Nobelove ceny bol vlastne inžinier (podľa nášho ponímania). Bol to John Baarden. Prvú získal práve za účasť na vynáleze tranzistora v roku 1956, druhú v roku 1972 za príspevok do teórie supravodivosti. (Aj pani Curieová získala dve Nobelove ceny, avšak jednu za fyziku a druhú za chémiu.)

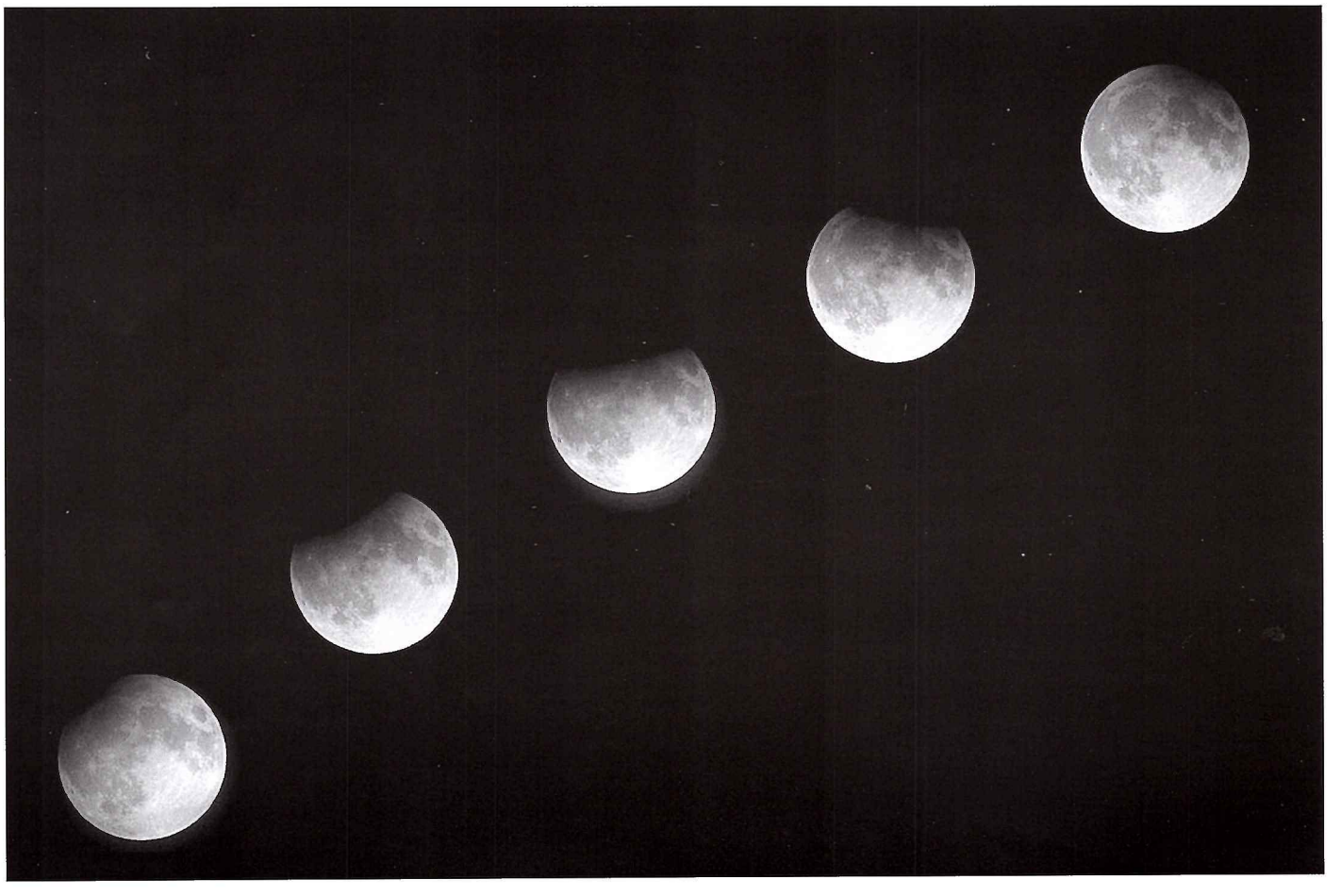
Posledná kapitola je doslovom knihy a ukazuje všemožné spôsoby, ktorými je kvantová fyzika, múdro aj menej múdro, využívaná pri písaní „sci-fi" literatúry. Spisovateľov aj čitateľov tohto druhu literatúry fascinuje hlavne možnosť cestovania v čase, prechod do iných vesmírov a podobné nesprávnou extrapoláciou kvantovomechanických zákonov odvodené „možnosti".

Kniha môže byť pre čitateľov každého druhu rozsiahlym encyklopedickým zdrojom inšpiratívnych myšlienok. Presvedčivo ukazuje, že exprapoláciou klasickej fyziky do sveta atómov sme neuspeli. Hranica je rozmerová, kdesi na úrovni niekoľkých nanometrov. Pre menšie rozmery platí celkom iná kvantová fyzika.

Mimovoľne ma napadá myšlienka, z čoho vlastne kozmologickí experti čerpajú odvahu používať naše fyzikálne zákony pre svoje fantastické teórie, údajne platné v obrovských rozmeroch galaxií? Možno z toho, že autori exprapolácií sa pri týchto fantastických rozmeroch neobávajú, že sa ich výtvory budú niekedy dať experimentálne overiť.

MILAN RYBANSKÝ

Ing. Peter Delinčák nám poslal dve fotografie zo svojho pozorovaniu čiastočného zatmenia Mesiaca 7. septembra 2006. Píše: *„Počasie tentokrát vyšlo. Takmer čistú oblohu chvíľami kazila slabá oblačnosť nad obzorom. Vonku bolo cez noc príjemne teplo. Fotografie boli urobené na Kysuciach cez ďalekohľad Newton (D = 170; F = 1150). Ostatné technické informácie sú dostupné na http://www.hvezdarnicka.sk/moon.html.“*



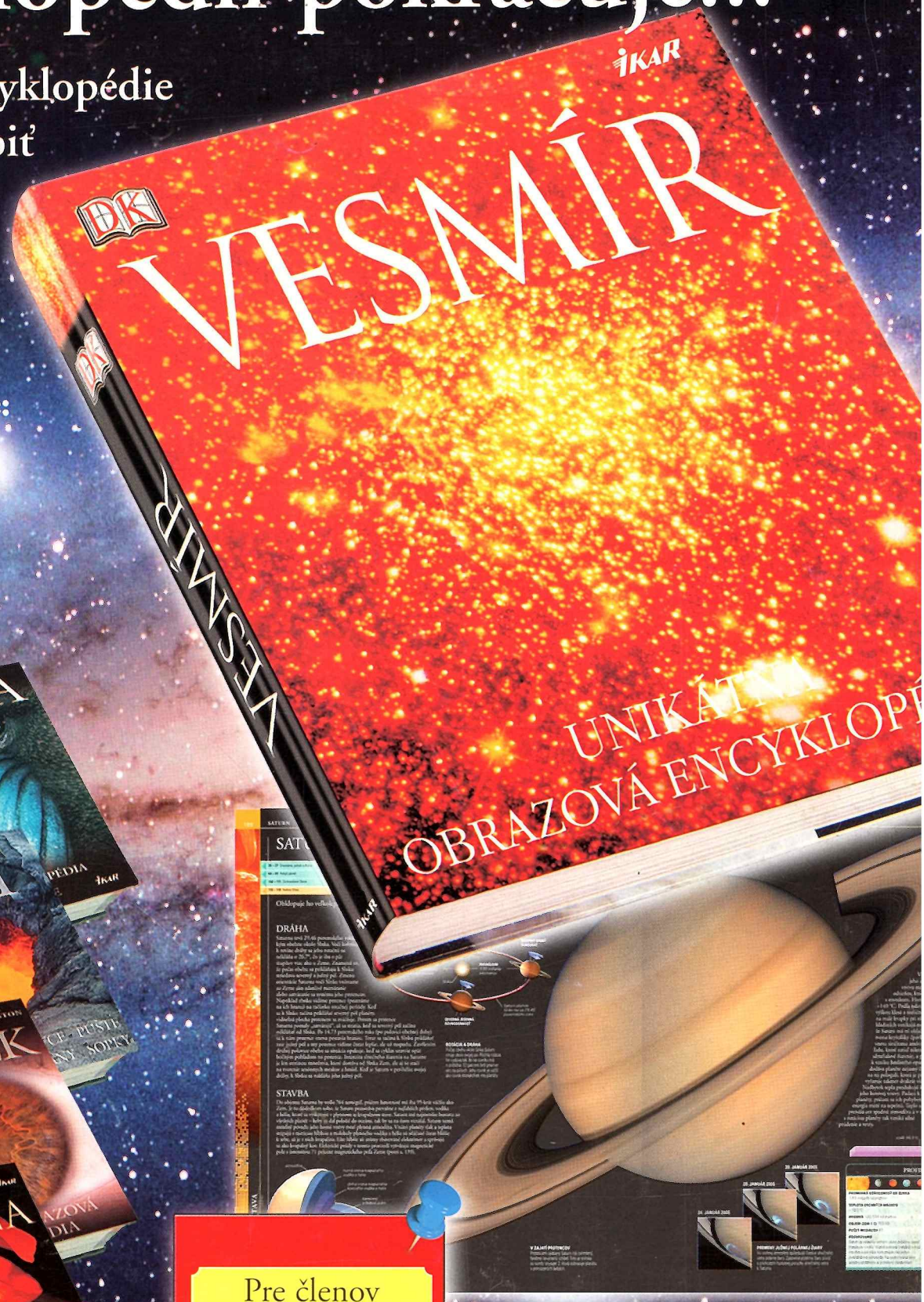
Najúspešnejšia séria encyklopédií pokračuje...

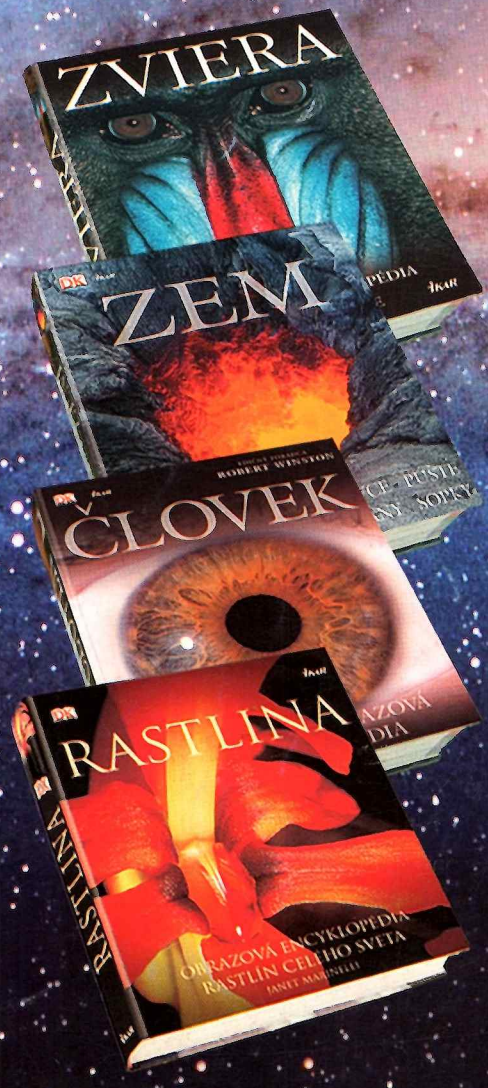
VYDAVATEĽSTVO IKAR

Unikátne encyklopédie si môžete kúpiť za 1399 Sk

V kníhkupectve: 1399 Sk

V Media klube: 999 Sk





Pre členov Media klubu platí super cena

999 Sk

O výhodách členstv

si prečítaj na www.ikar.s

alebo www.media-klub.s