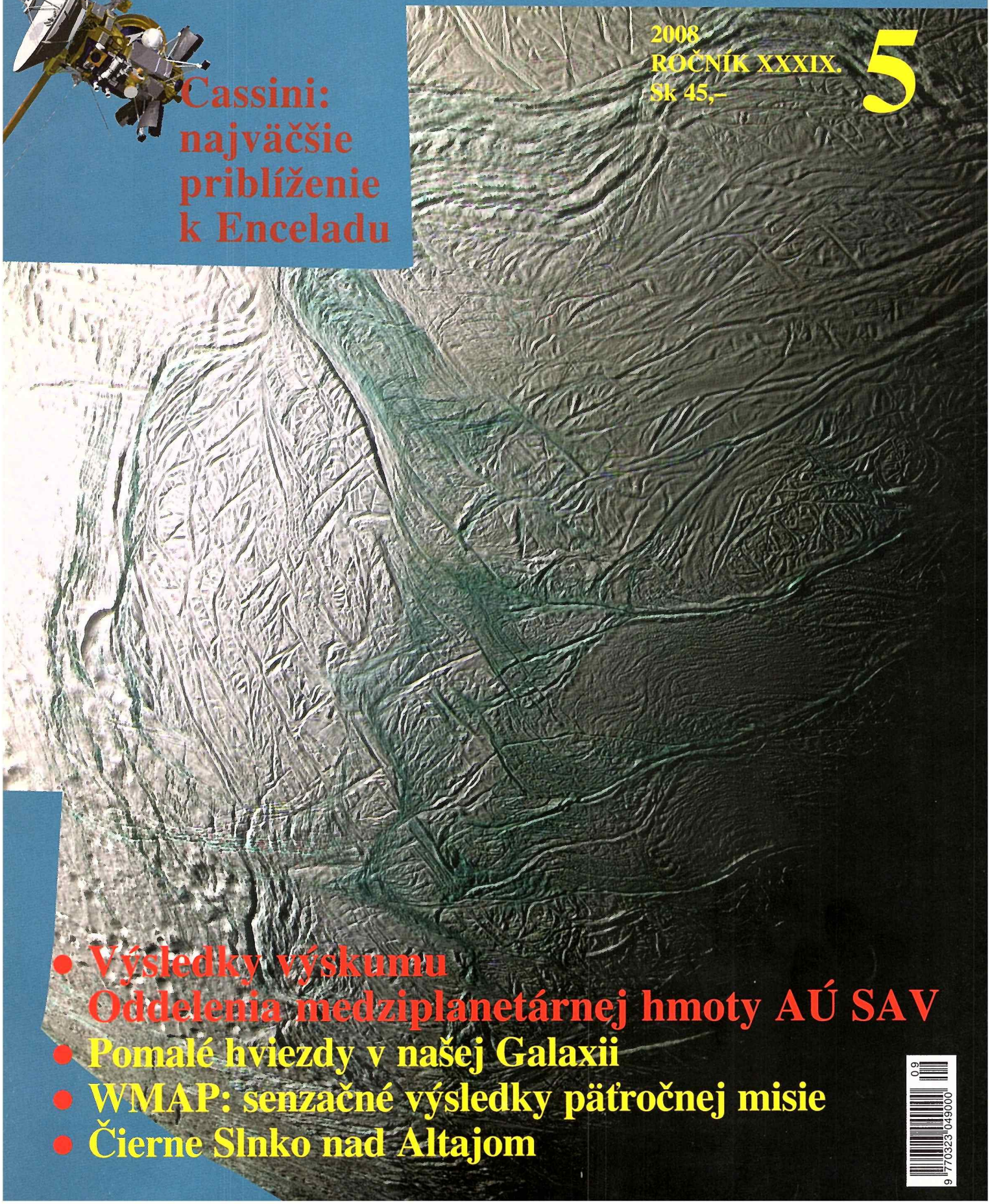
KOZMOS

2008
ROČNÍK XXXIX.
Sk 45,–
5

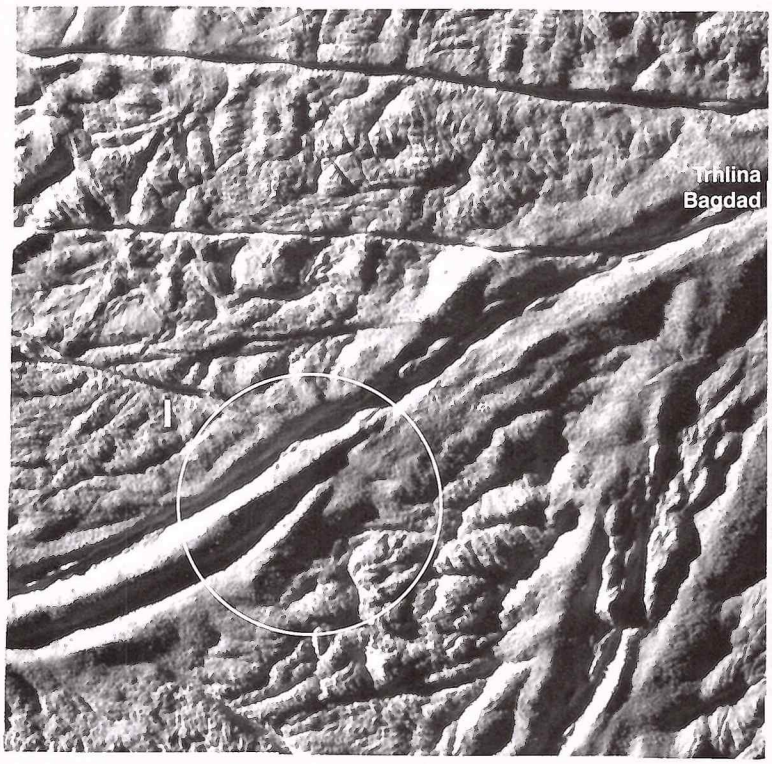
Cassini: najväčšie priblíženie k Enceladu

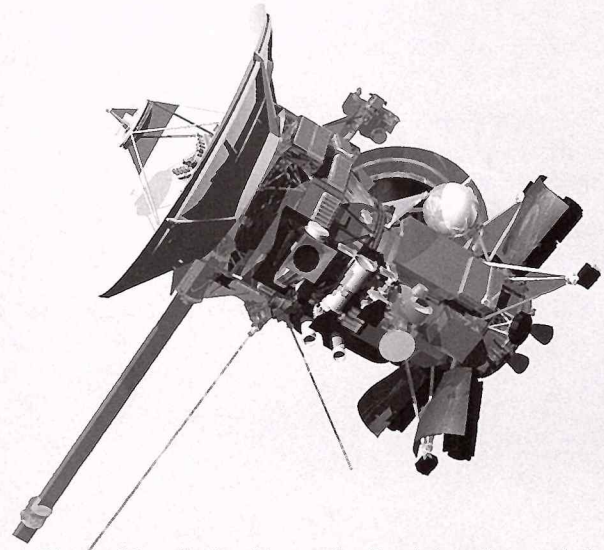


- Výsledky výskumu Oddelenia medziplanetárnej hmoty AÚ SAV
- Pomalé hviezdy v našej Galaxii
- WMAP: senzačné výsledky päťročnej misie
- Čierne Slnko nad Altajom

9 770323 049000 09

Bagdad, Káhira, Alexandria, Damašek: trhliny, z ktorých tryskajú gejzíry na Encelade



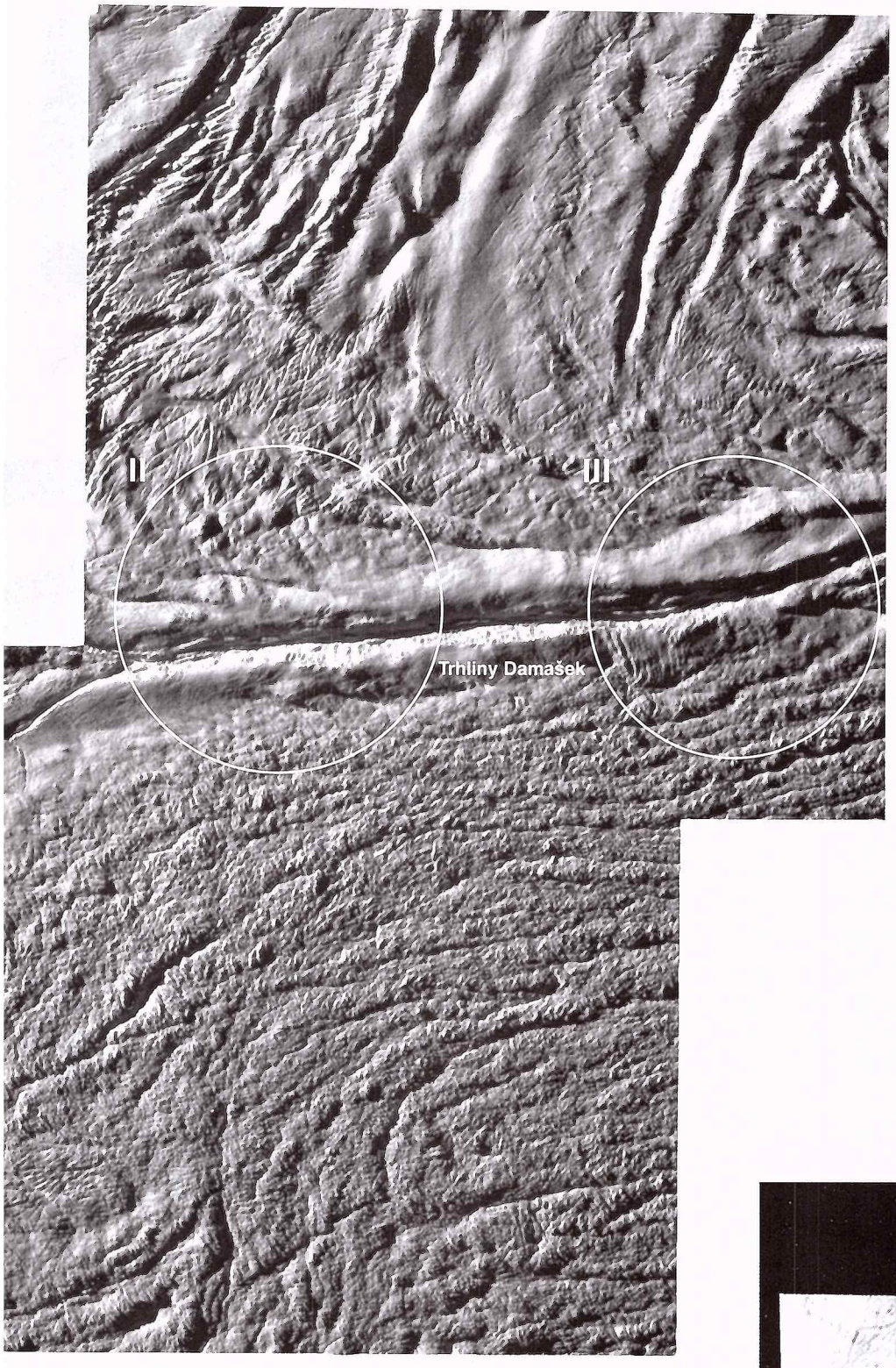


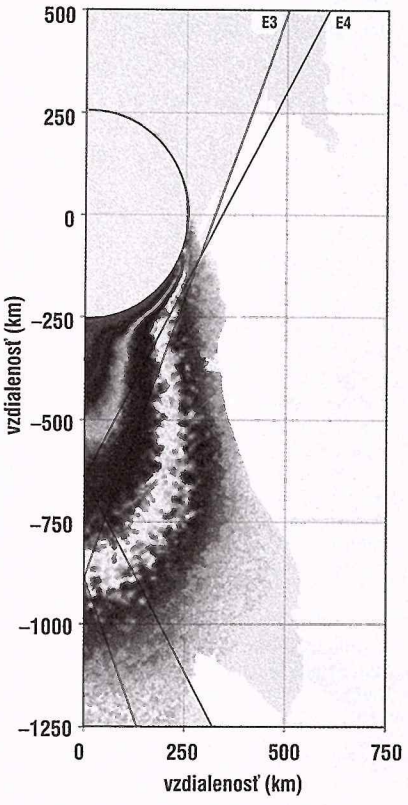
Planetológovia jasajú: sonda Cassini počas posledných blízkych obletov objavila a nasnímala miesta, odkiaľ tryskajú gigantické gejzíry mrznúcich kvapiek vody na Saturnovom mesiaci Enceladus. Už infračervené snímky z predošlých obletov objavili teplé „tigrie pásy", ktoré prekrývali hlboké trhliny v popraskanej ľadovej kôre okolo južného pólu. Ukázalo sa, že práve nad trhlinami a okolo nich má povrch ľadového mesiaca najvyššiu teplotu. Vedci si boli takmer istí, že fontány tryskajú práve z týchto trhlín. Nevedeli iba, kde sa v trhlinách ústia gejzírov nachádzajú.

Snímky exponované počas posledného obletu 11. augusta 2008 priblížili nielen 150 až 160 km dlhé trhliny, ale aj ústia štyroch gejzírov v nich. Trhliny, hlboké asi 300 metrov, majú tvar véčka. Okolo niektorých sa vŕšia ozrutné záveje jemných zrniečok ľadu. Terén okolo trhlín pokrývajú bloky tvrdého ľadu, veľké ako malý dom. Posilnil sa tak predpoklad, že v podzemí Enceladu, prinajhoršom pod južným pólom, je bazén tekutej vody, ktorú nejaký mechanizmus (najskôr tlak spôsobený slapovými silami) vyvrhuje až do výšky 300 kilometrov. Kvapôčky vyvrhnutej vody sa okamžite zmenia na drobné kryštáliky ľadu. Časť kryštálikov unikne z príťažlivosti mesiaca, časť sa vracia späť na povrch.

Ústia gejzírov v trhlinách sa pravdepodobne menia v závislosti od tektoniky kôry. Počas posledných obletov nasnímala sonda štyri najvýraznejšie trhliny: Damašek, Bagdad, Alexandria a Káhira. Pomenovali ich podľa miest, kde sa odohráva najviac príbehov z Tisíc a jednej noci. Vedci predpokladajú, že okolo južného pólu Enceladu sú činné najmenej štyri ďalšie gejzíry.

Trhliny Bagdad (hore) a Káhira (dole): aj tu kruhy (I a V) označujú miesta, s momentálne činnými gejzírmi. Rozlíšenie: 14,5 m/pixel. Vyhľadávanie a štúdium týchto gejzírov a materiálu v ich okolí sa zameria na hľadanie stôp po organickom materiáli, ktorý sa sformoval pod ľadovou kôrou v tekutej vode.

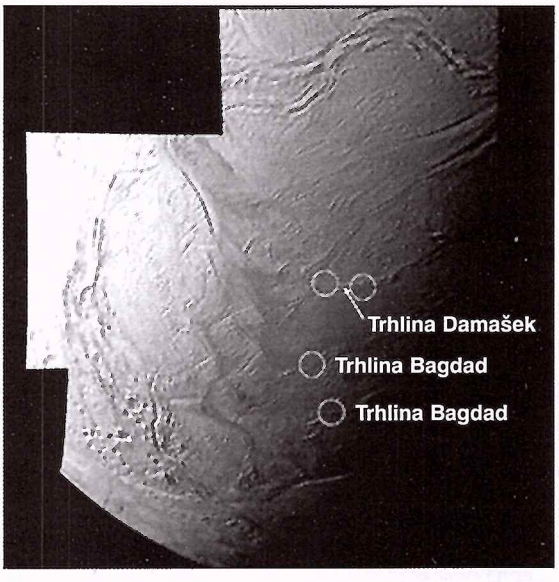




Ilustrácia znázorňuje Enceladus aj s gejzírmi, ktoré tryskajú z oblasti pod južným pólom. Dve pretínajúce sa čiary znázorňujú dráhy sondy Cassini počas dvoch posledných obletov – tretieho a štvrtého. Priesečník dráh je bod najväčšieho priblíženia. Jednotlivé zábery kombinovaných fotografií cez rôzne filtre však boli kvôli rýchlemu pohybu sondy (64 000 km za hodinu) exponované z podstatne väčších vzdialeností.

Trhlina Damašek, z ktorej tryskajú dva gejzíry. Biele kružnice (označené II a III) vymedzujú oblasti s identifikovanými zdrojmi výtryskov. Oblasť sa nachádza necelých 9° nad južným pólom. Menšie trhliny v okolí naznačujú, že ľadová kôra okolo pólu „pracuje". Ďalšie gejzíry sa môžu objaviť v ktorejkoľvek hlbšej trhline. Rozlíšenie 27 m/pixel.

Obálka



Veľká polárna oblasť: snímka vznikla kombináciou snímok optickej kamery ISS cez ultrafialový, zelený a blízkoinfračervený filter. Zelenkavé oblasti sú pokryté zrnkami ľadu a väčšími ľadovými balvanmi. Belavé sú zanesené ľadovým púdrom a kryštálikmi vodného ľadu. Trhlinami pokrytý povrch končí až na 50° južnej šírky. Snímka bola exponovaná ešte v roku 2005. Trhliny s gejzírmi Bagdad a Káhira nájdete v pravom dolnom rohu.

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: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove 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 Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/ /98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998. Zadané do tlače 16. 9. 2008

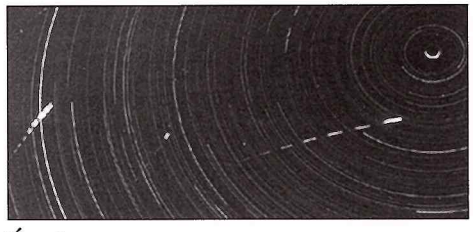
ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

2. ob. **Bagdad, Káhira, Alexandria, Damašek: trhliny, z ktorých tryskajú gejzíry na Encelade**

4 **Phoenix v plné práci** / *Tomáš Přibyl* (+ 3 str. obálky)

VÝSLEDKY VÝSKUMU ODDELENIA MEDZIPLANETÁRNEJ HMOTY ASTRONOMICKÉHO ÚSTAVU SAV



11 **Úvod**

12 **Populácie malých telies a posledné štádium vzniku Slnečnej sústavy** / *Luboš Neslušan, Marián Jakubík*

15 **Dynamika Slnečnej sústavy** / *Eduard Pittich, Nina Solovaya*

17 **Štruktúra meteorických prúdov** / *Ján Svoreň, Vladimír Porubčan, Zuzana Kaňuchová*

19 **Výskum komét a asteroidov na Skalnatom plese** / *Marek Husárik, Ján Svoreň*

21 **Bolidy v Európskej sieti** / *Vladimír Porubčan, Ján Svoreň*

22 **Meteory na radare** / *Vladimír Porubčan*

23 **Kozmický prach a elektromagnetické žiarenie** / *Miroslav Kocifaj*

26 **Medzihviezdne meteoroidy** / *Mária Hajduková Jr.*

23 **Pozorovanie komét z Mauna Kea** / *Jana Pittichová*

31 **Čierne Slnko nad Altajom** / *Stanislav Kaniansky*

Aktuality

3 **Prvé snímky neviditeľných hraníc heliosféry**
Exoplanéta, ktorá krúži okolo Slnku podobnej hviezdy

5 **Dolovanie molekúl z Mliečnej cesty**
Čudná dvojhviezda zaujala stelárnikov

6 **Nový dôkaz existencie tmavej hmoty**

7 **Čierne diery premenia hviezdy na lievance**
Stredne veľké čierne diery asi neexistujú

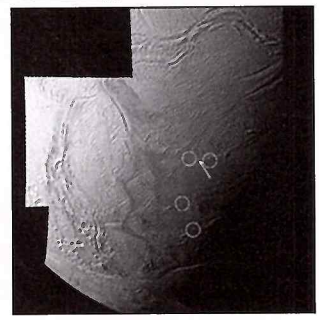
8 **Čierna diera osvetľuje galaxiu**
Kvarkové hviezdy, najhustejšie hviezdy vo vesmíre?

9 **Neskutočne pomalé hviezdy v našej Galaxii**

10 **WMAP: Senzačné výsledky päťročnej misie**
Fabrika na kyslík v blízkej galaxii

Obálka

Veľká polárna oblasť: snímka vznikla kombináciou snímok optickej kamery ISS cez ultrafialový, zelený a blízkoinfračervený filter.

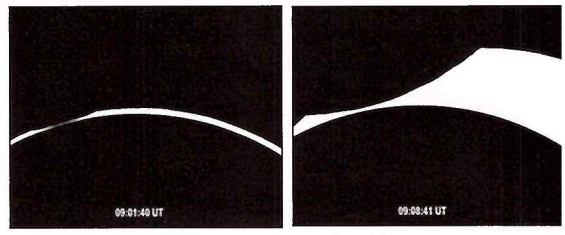


Viac na 2. strane obálky a 1. strane

Rubriky

ALBUM POZOROVATEĽA

32 **Augustové zatmenia** / *Pavol Rapavý*



Zatmenie Slnka cez protuberančný ďalekohľad. Foto: P. Rapavý

38 **Čiastkové zatmenie Slnka** / *Marián Mičúch*

POZORUJTE S NAMI

35 **Obloha v kalendári** / *Pavol Rapavý*

PODUJATIA

34 **Celestron NexImage – jednoduchá CCD kamera** / *Daniel Tóth*

39 **Letné astronomické praktikum 2008** / *Zdeněk Komárek*
Letný astronomický tábor – Vinné 2008 / *Gabriela Kramáreková*
Expedícia Perzeidy 2008 vo Vrchteplej / *Marián Mičúch*

40 **Slnečná aktivita** (jún – júl 2008) / *Milan Rybanský*

Rôzne

33 **Velký skok pro člověka...** / *Tomáš Přibyl*

40 **Asteroid 32294 má meno Zajonc** / *Peter Poliak*

Prvé snímky neviditeľných hraníc heliosféry

STEREO, solárne satelity NASA, nečakane detegoval častice z hranice Slnečnej sústavy. Vedcom sa tak podarilo zmapovať energetické častice v oblasti, kde sa horúci slnečný vietor zráža s chladnou hmotou medzihviezdneho priestoru.

Na svete je nová oblasť astronómie: mapovanie kozmu pomocou neutrálnych častíc (bez elektrického náboja), ktorá umožňuje okrem iného štúdium doteraz nepreskúmaných oblastí heliosféry, ktoré sú pre normálne optické ďalekohľady „prázdne".

Heliosféra je „sférický priestor" okolo Slnka s pulzujúcim rozhraním. Toto rozhranie je vo viac ako dvojnásobnej vzdialenosti Slnko/Pluto. Za týmto rozhraním, ktoré nazývame heliopauza, sa až do vzdialenosti 100 AU rozprestiera relatívne pokojný medzihviezdny priestor.

Údaje zo sondy STEREO vysvetlili nezrovnalosti medzi doteraz získanými hodnotami energie, ktorú dodáva do medzihviezdneho priestoru čoraz pomalší slnečný vietor. Údaje, ktoré do seba nezapadali, získala vlani sonda Voyager 2, keď križovala koncový náraz našej Slnečnej sústavy a prenikla do obálky heliosféry, ktorá ju obklopuje. Vonkajší okraj nárazovej vlny je oblasť heliosféry, kde sa rýchlosť slnečného vetra zníži pod hranicu rýchlosti zvuku a splynie z medzihviezdnym médiom. Helioobálka je oblasť zvírenej plazmy medzi okrajom rázovej vlny a medzihviezdnou hmotou.

Vedci nedávno v helioobálke objavili nový druh iónov, ktoré nesú 70 % energie uvoľnenej z koncového nárazu. Prístroje Voyageru 2 nedokázali tieto ióny ani detegovať, ani zmerať.

V období medzi júnom a októbrom 2007 detegovali prístroje na satelitoch STEREO neutrálne atómy z rovnakej oblasti oblohy. Atómy jasne zviditeľnili heliopauzu i koncový náraz slnečného vetra, rozhranie, za ktorým vietor preniká do medzihviezdneho média.

Senzory schopné detegovať superteplé elektróny vyvinuli kvôli detekcii elektricky nabitých elektrónov, ktorých intenzita kolíše v závislosti od magnetického poľa. Vedcov preto prekvapilo, že intenzita častíc v helioobálke nezávisí od magnetického poľa. Ergo: musia to byť elektricky neutrálne častice.

Fyzici z Kalifornskej univerzity usúdili, že energeticky neutrálne atómy boli pôvodne iónmi. Tieto ióny sa prechodom cez koncový náraz zahriali, stratili elektrické náboje v prospech chladných atómov medzihviezdnom médiu. Magnetické pole nemá na pohyb neutrálnych atómov vplyv. Preto sa začali vracať späť k Slnku. Preto niektoré z nich zachytili senzory superteplých elektrónov na satelitoch STEREO.

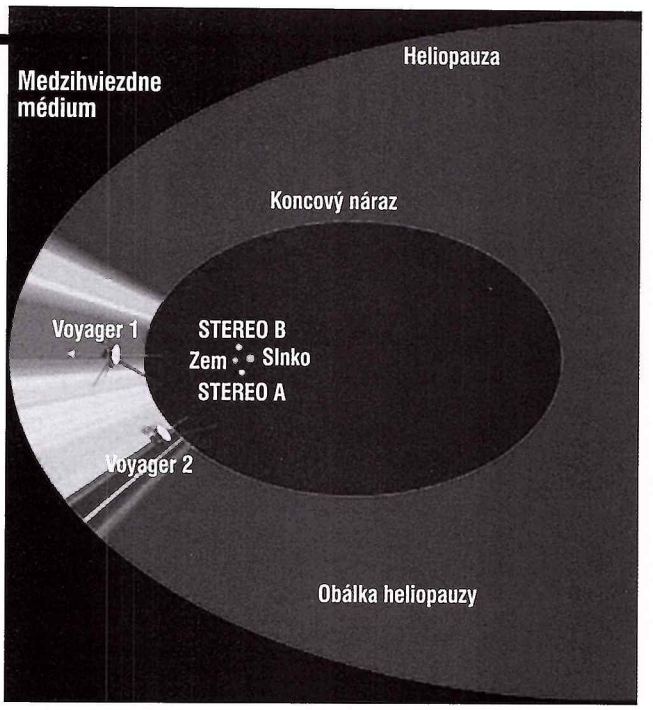
Vedcom sa po prvýkrát podarilo zmapovať energeticky neutrálne častice za hranicou heliosféry. Tak sme získali informácie o horúcich iónoch v helioobálke.

Neutrálne atómy sú pravdepodobne atómami vodíka, nakoľko väčšinu atómov v medzihviezdnom médiu tvoria atómy tohto prvku.

Výmena nábojov medzi horúcimi iónmi a neutrálnymi atómami generuje **energeticky neutrálne atómy**. Tento proces je dobre známy okolo Slnka a planét, vrátane Zeme a Jupitera. Využívajú ho prístroje na sonde Cassini počas opakujúcich sa meraní energie v iónovej plazme, pretože neutrálne atómy sa od zdroja vzďaľujú ďalej ako ióny.

IBEX (Interstellar Boundary Explorer) sonda, ktorú vypustia koncom tohto roku, sa zameria najmä na mapovanie nízkoenergetických iónov v helioobálke. Jej úlohou je zmerať pomocou neutrálnych atómov štruktúru koncovej rázovej vlny heliosféry a zároveň i spresnenie hodnoty zrýchlenia iónov vodíka v tejto oblasti.

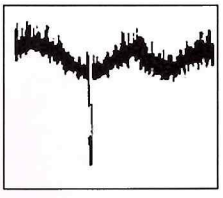
STEREO Press Release



Toto je jedna z prvých snímok periférie Slnečnej sústavy, ktorá nevznikla zachytením svetla, ale detekciou neutrálnych, nenabitých častíc. Satelity STEREO detegovala neutrálne atómy (ENA) z okraja Slnečnej sústavy, kde sa slnečný vietor mieša z medzihviezdnym médiom.

Exoplanéta, ktorá krúži okolo Slnku podobnej hviezdy

Satelit COROT.



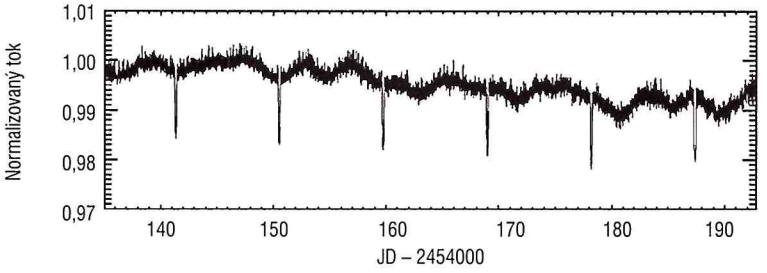
Svetelná krivka materskej hviezdy exoplanéty COROT-exo-4b.

Európski astronómovia objavili pomocou satelitu COROT exoplanétu. Satelit krúži okolo Zeme už vyše 600 dní a počas tejto doby preskúmal vyše 50 000 hviezd.

Posledným objavom sondy je exoplanéta COROT-exo-4b, ktorá má takmer totožné parametre s Jupiterom. Materskú hviezdu obehne za 9,2 dňa, čo je druhá najdlhšia perióda pri planéte, ktorú objavili meraním pohasnutia hviezdy počas zákrytu.

Hviezda je o niečo väčšia ako Slnko a rotuje rovnakou rýchlosťou ako exoplanéta. To je záhada, pretože hmotnosť a vzdialenosť exoplanéty od hviezdy takúto synchrónnosť nepripúšťajú.

COROT je prvým satelitom, ktorého hlavnou úlohou je objavovanie exoplanét. Vzhľadom na vzdialenú obežnú dráhu a citlivosť prístrojov dokáže detegovať aj terestriálne planéty s parametrami Zeme.



Dlhší segment svetelnej krivky materskej hviezdy exoplanézy COROT-exo-4b. Jednotlivé vrcholky prezrádzajú dobu obehu 9,2 dňa v juliánskych dňoch (JD).

COROT-exo-4b monitorovali niekoľko mesiacov. Tím zaznamenal periodicky pokles jasnosti materskej hviezdy. Rotáciu hviezdy vypočítali vedci z pohybu tmavých škvŕn na jej povrchu.

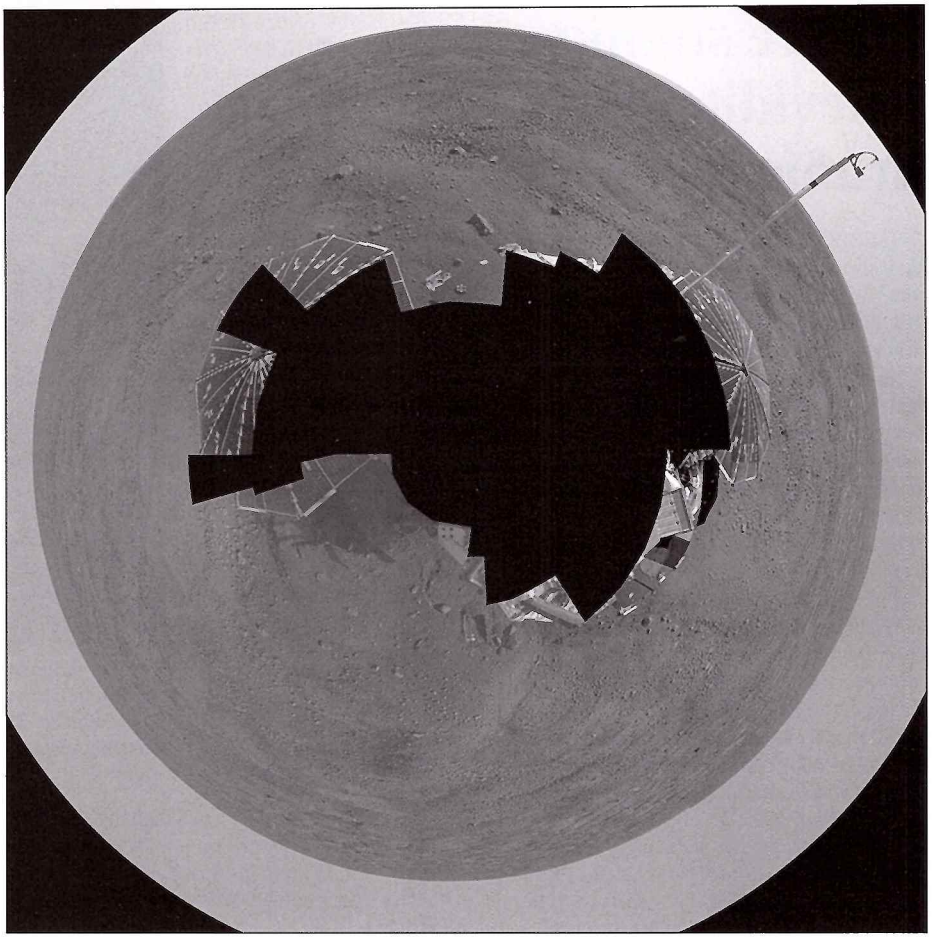
Vedci zatiaľ nevedia, či sa synchrónna rotácia hviezdy a jej exoplanéty ustálila už v čase ich sformovania pred 1000 miliónmi rokov, alebo sa zosynchronizovali neskoršie. Štúdium podobných systémov pomôže vedcom spresniť predstavy o interakciách hviezd a ich planét.

COROT-exo-4b je prvou zákrytovou exoplanétou s takou nezvyklou kombináciou hmoty a periódy. Sformovanie a vývoj takej sústavy je pre planetológov zaujímavým problémom.

ESA Press Release

Phoenix v plné práci

V minulém Kozmosu jsme se se sondou Mars Phoenix rozloučili v okamžiku, kdy 36. sol pobytu na Rudé planetě umístil manipulátor RA do analyzátoru TEGA další vzorek horniny. Pojďme se nyní podívat na další průběh této unikátní mise.



Fotomontáž ukazuje celé místo přistání sondy Phoenix.

Z dalších událostí stojí za zmínku sol 41, kdy byl pomocí robotického manipulátoru RA přenesený druhý vzorek do „mokré" laboratoře MECA. Následující sol probíhalo testování odběru vzorků pomocí škrabání horniny – a to jak primárním ostřím lopatky, tak sekundárním (které je vyrobeno z wolframu). Pevnost některých materiálů v místě přistání je totiž bez nadsázky srovnatelná s betonem, o čemž svědčí i fakt, že po padesáti škrábnutích bylo získáno jen malé množství materiálu (které ani nešlo nabrat lopatkou).

Sol 43 znamenal první kontakt elektrovodivostní sondy MECA s povrchem Marsu. Ta je složena ze čtyř 15 mm dlouhých snímacích hrotů, které se „zabodnou" do povrchu planety a následně je studován přenos tepla a elektrického proudu mezi nimi (měření mohou hodně napovědět o přítomnosti vody).

Následující odběry vzorků zdržel malý incident, a to neplánovaný kontakt RA s kamenem pojmenovaným Alice. Ihned po kontaktu automatika další práci zastavila. Následné testy ale neodhalily problémy, a tak mohlo dojít (sol 50) k dalším zkouškám wolframové škrabky. Zkušební odběry ukázaly, že vzorek se z vizuálního hlediska během několika hodin měnil – evidentně z něj sublimoval led.

Sol 54 byl ve znamení přípravy na příjem prvního vzorku ledové půdy do komory číslo 0 analyzátoru TEGA. Vědci ale chtěli mít jistotu ohledně chování vzorků, a tak provedli další testy, kdy došlo ke snímkování horniny po každém pátém „škrábnutí". Tyto zkoušky navíc posloužily k přípravě primárního výkupu Snow White pro odběr „ostrého" vzorku.

Následovalo čistění lopatky (sol 59) a zkouška vyhřívání komůrky v analyzátoru TEGA. Vše bylo připraveno, a tak v sol 61 byly z výkopu Snow White (v té době hloubka 5 cm, šířka 23 cm a délka 60 cm) naškrábané cca 3 cm krychlové horniny. Následovalo však zklamání, protože část materiálu zůstala v lopatce a část se vysypala vedle analytické komory. Proto byl pokus o odběr zopakovaný 62. sol. Tentokrát použili vědci rychlejší postup (aby vzorek nestihl přimrznout k lopatce). Ale opět neměli úspěch.

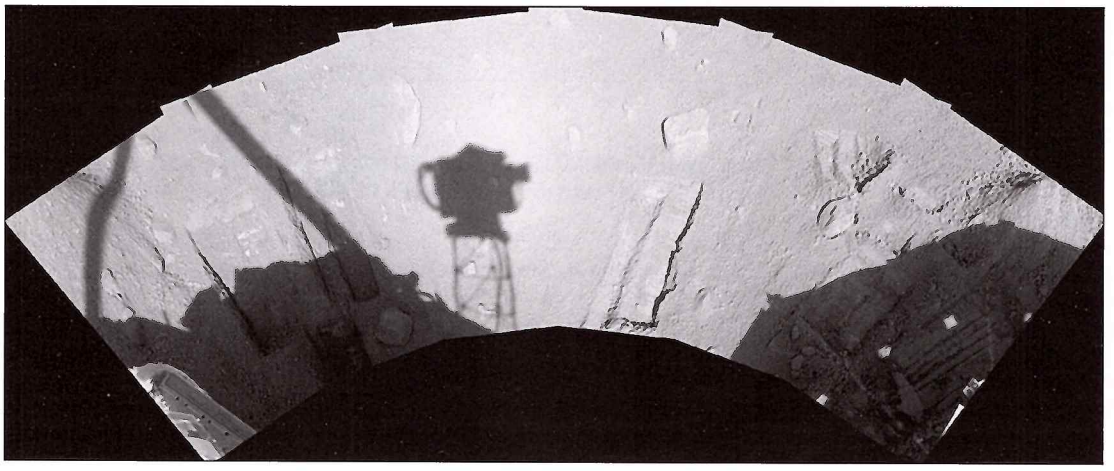
Triumfovalo až se vzorkem odebraným v sol 64, s jehož pomocí byla definitivně potvrzena přítomnost ledu jen několik centimetrů pod povrchem Marsu.

Sol 69 pak znamenal opětovné potvrzení chloristanu v půdě. Což vedlo k mnoha laickým i odborným spekulacím, ale faktem je, že z hlediska možného života na Marsu není ani dobrým ani špatným signálem. „Jen" změní některé náhledy na možný život na Marsu. Pro úplnost: na Zemi se chloristany běžně vyskytují v některých suchých oblastech, jsou stabilní a neohrožují život. Pro některé bakterie navíc představují zdroj energie.

Sol 72 přinesl nový pokus dostat materiál do analyzátoru TEGA, a to do páté komory. Vzorek sice napoprvé nepropadl přes ochrannou mřížku, ale po rozvibrování mřížky si dal říci a propadl. Soly 80 až 84 se nesly ve znamení několika nových výkopů a odběru dalších vzorků. Sol 85 (20. srpna 2008) přinesl zatím poslední odběr vzorků z Marsu, a to do sedmé komory analyzátoru TEGA. Manipulátor RA jej odebral z místa zvaného Burning Coals.

NASA tedy zatím počítá s provozem sondy Phoenix do 30. září 2008. Nicméně je jisté, že mise bude prodloužena, dokud bude sonda fungovat – ovšem stejně tak je jisté, že někdy v průběhu října (nejpozději listopadu) klesající okolní teplota zničí její elektroniku a automat se definitivně odmlčí.

TOMÁŠ PŘIBYL
Foto NASA



Takto vypadá celý „pracovní prostor" manipulátoru RA.

Dolovanie molekúl z Mliečnej cesty

Pomocou obrovského rádioteleskopu Green Bank Telescope (GBT) prehľadávajú vedci bohaté molekulárne oblaky v našej Galaxii. Pátrajú najmä po nových, komplexných molekulách v medzihviezdnom priestore, bez ktorých by nemohol vzniknúť a vyvinúť sa život.

Predpokladá sa, že keď slnečné sústavy na svojej ceste okolo jadra Galaxie križujú molekulárne oblaky, molekuly sa môžu na planétach usadiť a vytvoriť štartovacie podmienky pre chémiu života. Vedci z National Radio Astronomy Observatory (NRAO) sa rozhodli, že metodicky preskúmajú všetky chemické zlúčeniny v najbohatších molekulárnych oblakoch.

Počas posledných rokov sa tímu podarilo objaviť 10 nových medzihviezdnych molekúl. V takom krátkom čase sa toľko molekúl nepodarilo objaviť nijakému konkurenčnému tímu.

Molekuly v oblaku rotujú a vibrujú, emitujú rádiové vlny na špecifických frekvenciách. Každá molekula sa prejavuje na iných frekvenciách nazývaných spektrálne čiary. Spektrálne čiary sú otlačkami, podľa ktorých sa molekuly dajú identifikovať.

Väčšinu doteraz objavených interstelárnych molekúl identifikovali v laboratóriách, nie v medziplanetárnom priestore. Napriek tomu sa molekulárnych oblakoch podarilo doteraz objaviť viac ako 140 molekúl.

Metóda, ktorú tím používa na ďalekohľade GBT, tento proces obrátila naruby. Vedci najskôr zaznamenajú spektrálne čiary a až potom vytvárajú pomocou špeciálneho softvéru molekuly, ktoré spektrálnym čiaram vyhovujú.

Tím sa pripravuje na podrobnú prehliadku medzihviezdnych oblakov v širokom rozsahu frekvencií 300 MHz až 50 GHz. Pozorovanie na týchto frekvenciách umožňuje iba rádioteleskop GBT. Očakáva sa, že parametre tohto prístroja otvoria novú éru astrochémie.

Podľa doterajších štúdií existuje v molekulárnych oblakoch celý rad komplexných, prebiotických molekúl, ale iba širokosieťové pozorovanie pomocou GBT umožňuje ich objav.

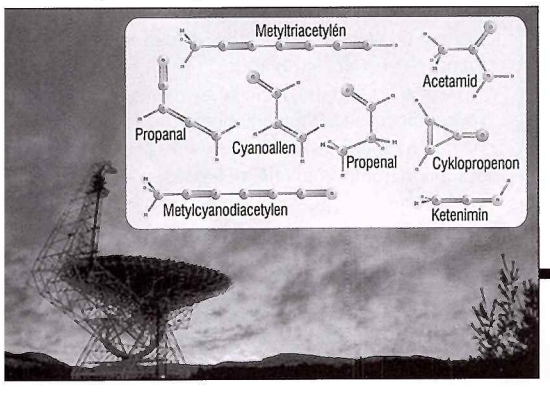
Komplexné organické molekuly v medzihviezdnom priestore sú základným materiálom astrobiológie. Ak sa vedcom podarí skompletizovať ich výskyt, bude to významný krok k pochopeniu fyzikálnych podmienok na vznik života v takýchto oblakoch.

Objavy budú sprístupnené všetkým astrobiologickým pracoviskám, rovnako ako softvér, ktorý umožňuje vydolovať nové molekuly z oblakov.

Tím teraz pozoruje Sagittarius B2(N), molekulárny oblak neďaleko jadra našej Galaxie, vzdialený od Zeme 25 000 svetelných rokov. Práve v tomto oblaku objavili v minulosti početné molekuly.

National Radio Astronomy Observatory

Rádioteleskop Robert C. Byrd Green Bank Telescope a molekuly, ktoré vydoloval z molekulárneho oblaku blízko jadra našej Galaxie.

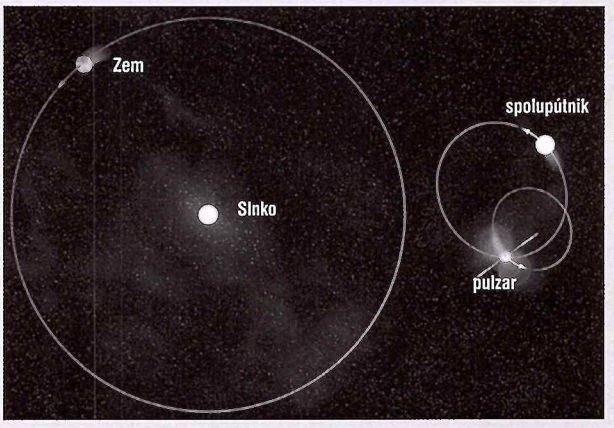


Čudná dvojhviezda zaujala stelárnikov

Astronómovia objavili rýchlo rotujúci pulzar na predĺženej obežnej dráhe okolo Slnku podobnej hviezdy. Aj pre znalcov je záhadou, ako sa takýto bizarný pár mohol vyvinúť. O čo ide? Neveľmi vieme, či obežná dráha a typ spolupútnika v takomto systéme ovplyvňuje vznik rýchle rotujúcich pulzarov. Objav pulzaru J1903+0327 podnietil vznik niekoľkých scenárov, ktoré, každý inakšie, túto záhadu osvetľujú.

Pulzar J1903+0327 je úlovkom z dlhodobej prehliadky rádioteleskopom National Science Foundation v Arecibe. Vylovili ho počas analýzy údajov ešte v roku 2006. Objav potvrdili aj ďalšie obrie rádioteleskopy.

Pulzar, ktorý rotuje okolo vlastnej osi 465-krát za sekundu, je vo vzdialenosti 21 000 svetelných rokov od Zeme. Okolo hviezdy/spolupútnika obehne za 95 dní. Obrí ďalekohľad Gemini North na Havajských ostrovoch exponoval v polohe, odkiaľ vysiela pulzar, infračervenú fotografiu Slnku podobnej hviezdy. Ak ide naozaj o spolupútnika nášho pulzaru, ide o hviezdu, aká sa v páre s pulzarom ešte nikdy nevyskytla. Navyše, aj pulzar má čudné parametre. Je nezvyčajne masívny.



Porovnanie našej Slnečnej sústavy s dvojhviezdou, ktorej zložkou je pulzar P1903+0327. Veľkosť Slnka a možného spolupútnika pulzaru sú 10-násobne zväčšené. Naša Zem je 1000-násobne, pulzar (aj s lúčmi žiarenia z oboch pólov) až 100 000-násobne zväčšené.

Takáto kombinácia vlastností nemá obdobu. Stelárnici nevedia vysvetliť, ako dvojhviezda vznikla, ale tešia sa. Nezvyklá kombinácia zložiek tohto systému im pomôže objasniť, ako sa správa hmota v podmienkach extrémnej hustoty.

Pulzary sú neutrónové hviezdy so silným magnetickým poľom. Zo štice magnetických siločiar „povievajúcich" nad obidvomi pólmi uniká žiarenie pozorovateľné v rozličných oblastiach spektra. Pulzar funguje ako otáčajúci sa svetlomet na majáku. Ak je k nám priaznivo naklonený, žiarenie z jeho pólov sa prejavuje zábleskami, ktoré dokážeme detegovať.

Typický pulzar rotuje rýchlosťou niekoľko otočiek za sekundu. Niektoré, medzi nimi i PS1903+0327, rotujú oveľa rýchlejšie. Okolo vlastnej osi sa otočia aj niekoľko stokrát. To sú milisekundové pulzary.

Vedci sa nazdávajú, že zrýchľovanie rotácie pulzaru spôsobuje hmota, ktorú pulzar nasáva zo spolupútnika. Prenos hmoty je možný iba vtedy, keď sa pulzar okolo spolupútnika pohybuje po blízkej obežnej dráhe, ktorá sa časom ustáli v podobe takmer dokonalej kružnice. Obežné dráhy pulzarov sú najdokonalejšími kružnicami vo vesmíre. Predĺžená dráha pulzaru P1903+0327 je preto záhadou.

„Objavili sme milisekundový pulzar na nezvyklej obežnej dráhe krúžiaci okolo hviezdy, ktorá sa v páre s pulzarom ešte nevyskytla," čuduje sa David Champion, spoluobjaviteľ pulzaru z Australia Telescope National Facility. „Teraz musíme zistiť, ako takýto systém vznikol."

Vedci zvažujú tri možnosti. Prvá: pulzar sa tak rýchle otáčal už vo chvíli zrodu. (V tom prípade musela byť progenitorom masívna planéta, ale tie sa po kolapse nemenia na pulzar, ale na čiernu dieru.)

Druhá: pulzar sa zrodil vo hviezdokope, kde nejaká blízka hviezda zrýchlila jeho otáčky. Neskôr, po blízkom stretnutí dvojhviezdy s inou, masívnou hviezdou, bol pulzar unesený. Nijakú hviezdokopu v blízkosti bizarného páru však zatiaľ neobjavili.

Tretia: Pulzar mohol byť zložkou trojhviezdy. V takom prípade by mal za 95 dní obiehať buď inú neutrónovú hviezdu či bieleho trpaslíka, ale nie Slnku podobnú hviezdu na infračervenej snímke. Navyše, takáto hviezda by mala krúžiť na vzdialenejšej obežnej dráhe okolo dvojice pulzarov.

Ako jednu zo zložiek dvojhviezd objavili zatiaľ 50 pulzarov. Je P1903+0327 prvým pulzarom v trojhviezde?

Vedci sa zamerali na štúdium spolupútnika. Je naozaj Slnku podobnou hviezdou? Je naozaj zložkou dvojhviezdy, ku ktorej patrí pulzar? Podrobnejšie údaje pohybu pulzaru dodajú rádioteleskopy.

Prehliadka pomocou obrieho rádioteleskopu v Arecibe objavila mnoho konvenčnejších milisekundových pulzarov, ale aj niekoľko ďalších exotov.

NSF Press Release

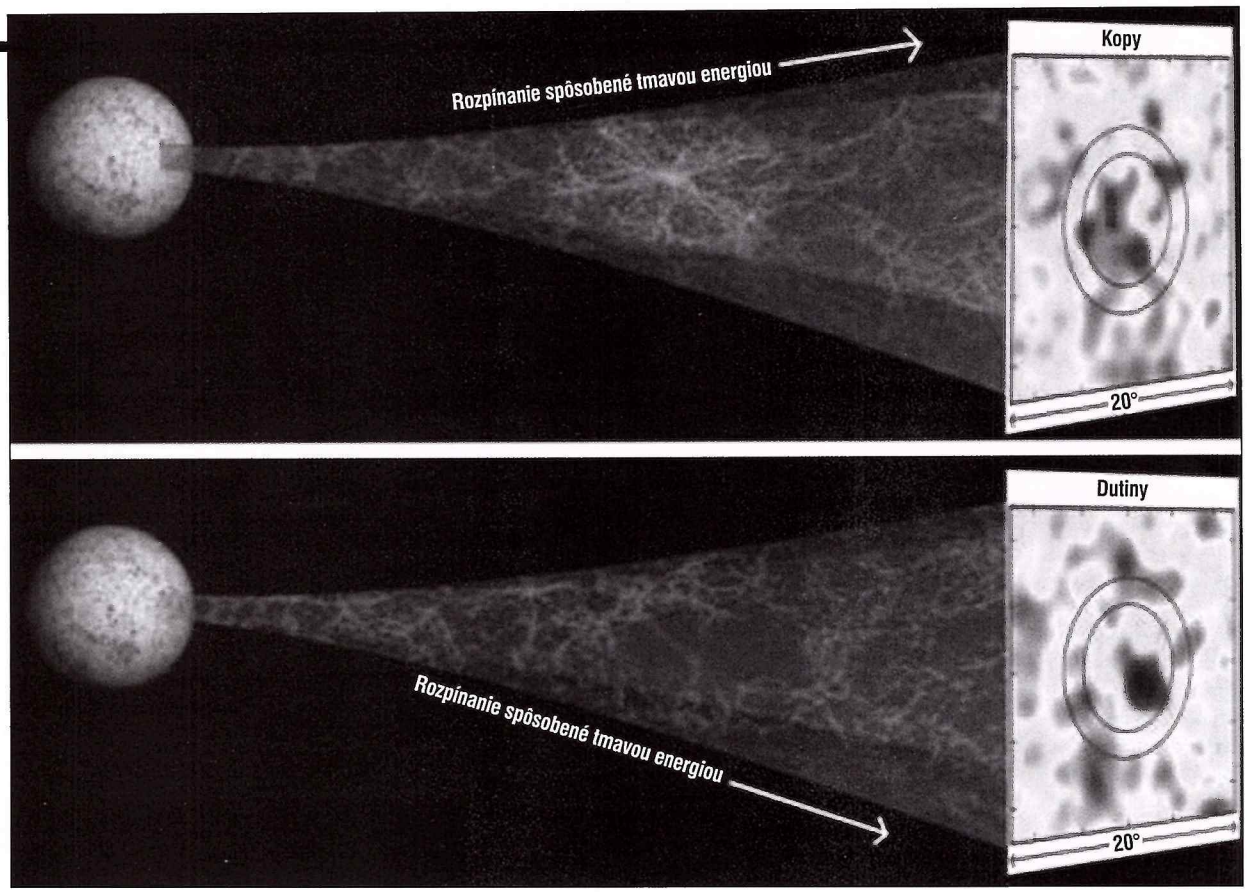


Schéma rozpínania sa vesmíru pod vplyvom tmavej energie. Na štvorcovom priemete, pod kontrolným terčíkom, sú zobrazené superkopy a superdutiny, ktoré sa navzájom od seba vzďaľujú.

Nový dôkaz existencie tmavej hmoty

Vedci z Havajskej univerzity porovnali existujúcu databázu galaxií s mapou mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CBM) a zaznamenali gravitačný vplyv tmavej energie na najväčšie kozmické štruktúry: superkopy galaxií. V superkopách sú oblasti s vysokou koncentráciou galaxií i relatívne prázdne priestory, dutiny, v ktorých je iba málo galaxií. Vedcom sa podarilo zobraziť tmavú energiu v akcii, zviditeľniť, ako rozpína superdutiny a superkopy.

Objav z roku 1998, podľa ktorého sa vesmír rozpína s čoraz vyššou rýchlosťou, astronómov prekvapil. Usúdili, že niečo musí vypĺňať obrovské, prevažne prázdne priestory vesmíru a urýchľovať jeho rozpínanie. To niečo nazvali tmavá energia. Tmavá energia je sila pôsobiaca proti gravitácii, ktorá sťahuje galaxie dohromady. Tmavá energia je od istého času silnejšia ako gravitácia, preto sa vesmír rozpína čoraz rýchlejšie. Podstata tmavej energie, čo ju tvorí a prečo vznikla, je jedným z najväčších tajomstiev modernej vedy.

Vedci z Havajskej univerzity zmerali nepatrný vplyv superkôp a superdutín na mikrovlny, ktoré nimi prechádzajú. Superkopy a superdutiny sú najväčšími štruktúrami vo vesmíre.

„Keď mikrovlna vstúpi do superkopy, získa trochu gravitačnej energie, a preto sa jej vibrácie o niečo zvýšia," vysvetľuje István Szapudi z Havajského astronomického inštitútu. „Neskôr, keď mikrovlna superkopu opustí, rovnaké množstvo energie stratí." Tieto efekty sa dajú merať. Ak tmavá energia naozaj generuje čoraz rýchlejšie rozpínanie vesmíru, superkopa by sa mala v priebehu pol miliardy rokov (toľko trvá putovanie mikrovlny z jedného konca na druhý), zväčšiť. Mikrovlny si však aj potom časť energie, ktorú získali vstupom do superkopy, udržia. „Pamätajú" si prostredie, kopu či dutinu, ktorými prenikli. Táto pamäť sa dá „prečítať", zmerať.

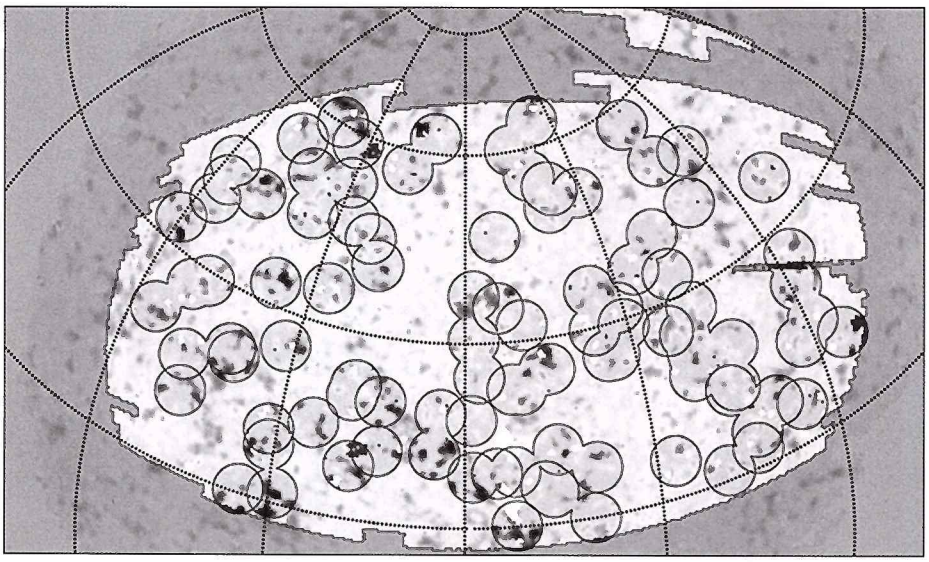
Keď vedci premietli polohy galaxie na mapu mikrovlnného žiarenia, zistili, že mikrovlny sú po prekonaní superkopy trochu silnejšie a po prekonaní superdutiny trochu slabšie ako predtým.

Tieto nepatrné rozdiely energie mikrovĺn sa ťažko merajú, pretože záhyby v primordiálnej CMB sú väčšie ako odtlačky jednotlivých superkôp a superdutín. Vedci preto spriemerovali škvrny na mape CMB okolo 50 najväčších superkôp a 50 najväčších superdutín, ktoré detegovali v extrémne jasných galaxiách v Sloanovej digitálnej prehliadke oblohy. V rámci projektu zmapovali distribúciu galaxií na štvrtine oblohy.

Analýza potvrdila, že superkopy sa zväčšujú a vzďaľujú. Od pozemského pozorovateľovi i navzájom od seba. Práve tak by sa mali v rozpínajúcom sa vesmíre správať.

Astronómovia možnosť, že by namerané údaje spôsobila náhoda, odhadujú pomerom 1: 200 000. István Szapudi označil výsledok projektu za doteraz najpresvedčivejší dôkaz existencie tmavej hmoty.

University of Havaj Press Release



Zakrúžkované superkopy galaxií a superdutiny medzi nimi na pozadí mapy mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia.

Čierne diery premenia hviezdy na lievance

Hviezdy, ktoré sa dostanú do zajatia čiernej diery, majú svoj život spočítaný. Gravitácia masívneho telesa premení guľatú hviezdu na plochý lievanec a roztrhá ho. Časť hmoty skonzumuje, časť vyvrhne do priestoru. Najnovšie pozorovania dokázali, že tento proces je oveľa búrlivejší, ako sa predpokladalo.

Zajatú hviezdu nedeštruuje iba gravitácia čiernej diery, ale aj mohutná jadrová explózia. Navyše vo hviezde, ktorá sa premenila na lievanec, vznikajú mohutné nárazové vlny. Tie vyžarujú vysokú teplotu, ktorá sa navonok môže prejaviť v podobe nového typu vzplanutí v röntgenovej a gama oblasti.

Čierna diera najsilnejšie pôsobí na privrátenú stranu hviezdy, ktorá sa dostala do jej gravitačného zajatia. Slapové sily ju zdeformujú do podoby rotujúcej elipsy. Keď sa hviezda ocitne v tzv. polomere slapu, rozpadne sa v priebehu niekoľkých hodín.

Francúzski astronómovia z parížskeho observatória Meudon zistili, že slapové sily generované čiernou dierou môžu vznietiť aj jadrovú explóziu, ktorá hviezdu rozmetá na márne kúsky. Vyplynulo to z počítačových modelov slapového poľa čiernej diery.

Už pred dvadsiatimi rokmi z podobných modelov vyplynulo, že v momente, keď sa hviezda dostane do slapového poľa čiernej hviezdy a premení sa na lievanec, hustota a teplota v jej vnútre vzrastie do takej miery, že sa spustia deštruktívne jadrové reakcie. Oponenti namietali, že nárazové vlny, ktoré generuje hviezda počas gravitačného splošťovania, jadrový výbuch vylučujú.

Najnovšie modely, ktoré zohľadnili aj vplyv nárazových vĺn, potvrdili prvú hypotézu. Ba čo viac: jadrový výbuch hviezdy/lievanca by mal byť taký silný, že väčšina hmoty rozpadajúcej sa hviezdy unikne z gravitácie čiernej diery.

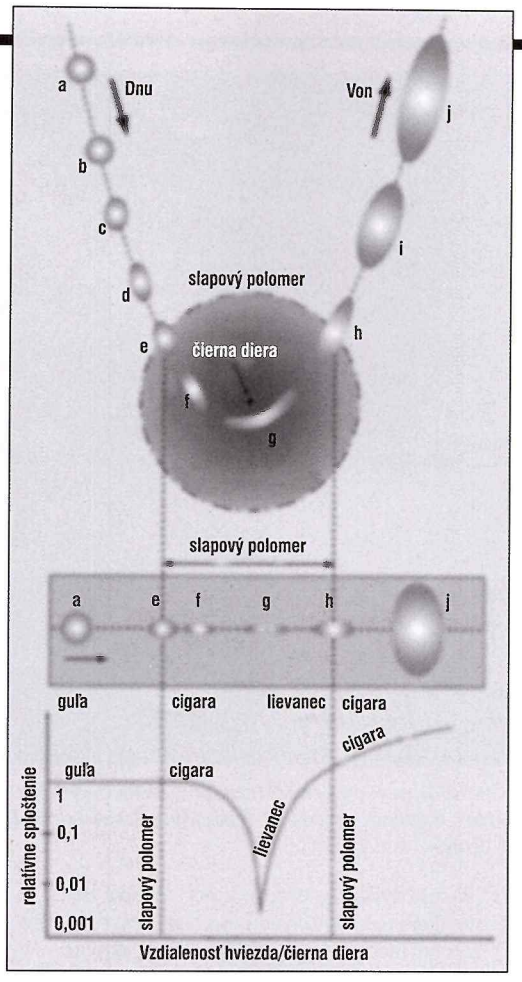
Slapové deštrukcie hviezd v zajatí čiernych dier by mali byť pozorovateľné aj súčasnými prístrojmi. Satelity GALEX, XMM a Chandra by ich mali zaznamenať, ale až niekoľko mesiacov po rozpade hviezdy. Vtedy, keď sa hmota zaniknutej hviezdy, ktorá špiráluje k čiernej diere, zohreje do takej miery, že začne intenzívne žiariť v röntgenovej oblasti. Ak rozpad hviezdy spôsobuje jadrový výbuch, prístroje by udalosť mohli zaznamenať oveľa skôr. Explózie tohto typu by mohli zaznamenať ďalekohľady novej generácie, napríklad Large Synoptic Survey Telescope (LSST), ktorého poslaním bude detekcia veľkého počtu supernov.

Rozpad hviezdy sa môže prejaviť ešte skôr. Nárazové vlny v hviezde/lievanci generujú krátke (0,1 sekundy), ale veľmi vysoké (10^9 K) vzplanutia tepelnej energie, ktoré sa budú šíriť zo stredu na povrch hviezdy. Prejavia sa röntgenovými a gama vzplanutiami nového typu, takže astronómovia ich budú môcť pozorovať ešte pred rozpadom.

Aký je počet hviezd/lievancov v galaxii? Vieme, že vo všetkých galaxiách, vrátane našej Mliečnej cesty, hniezdia masívne čierne diery. Takže: odvtedy, ako sa vesmírom šíri tvrdé röntgenové a gama žiarenie, v pozorovateľnom vesmíre každoročne dozreje a rozpadne sa niekoľko hviezd/lievancov.

Plánované celooblohové prehliadky sú priam stvorené na detekciu vzplanutí tohto typu. Umožnia rýchle určenie polohy čiernou dierou formovaných lievancov, takže pozorovanie dosvitu v optickej, infračervenej a rádiovej oblasti nebude problém. Dozvieme sa tak viac o procesoch, ktoré sprevádzajú kanibalizmus čiernych dier.

Meudon Press Release



Obrázok znázorňuje proces deformácie hviezdy, ktorá periodicky križuje oblasť vo vnútre slapového polomeru čiernej diery. V hornej časti vidíte deformáciu v rovine obežnej dráhy. Druhý obrázok znázorňuje rovnaký proces pri pohľade zboku. Tretí obrázok (graf) ukazuje rozsah splošťovania hviezdy. V bodoch (*a*) až (*d*) je pôsobenie slapových síl slabé. Hviezda si ešte udržuje guľatú formu. V bode (*e*) už hviezda vniká slapového polomeru a začína sa splošťovať. Najprv nadobudne formu cigary, neskôr sa zmení na lievanec. Po prekonaní bodu (*h*) unikne načas z oblasti maximálnej gravitácie a začína sa rozpínať, až sa napokon rozpadne na oblaky plynu.

Stredne veľké čierne diery asi neexistujú

Najmenšie čierne diery sú 10-krát hmotnejšie ako Slnko. Vznikajú, keď masívna hviezda zanikne výbuchom supernovy. Najväčšie čierne diery majú hmotnosť až niekoľkých miliárd slnečných hmotností. Hniezdia v jadrách väčšiny galaxií. Vytvorili sa splynutím dvoch alebo viacerých čiernych dier a narastajúcim nabaľovaním hmoty z okolia.

Vedci sa dlho nazdávali, že by mali existovať aj stredne veľké čierne diery. Tieto by mali sídliť guľových hviezdokopách, ktoré sú zhlukom niekoľkých miliónov hviezd a obiehajú okolo stredu Galaxie. Hypotetické stredné diery mali byť 1000 až 10 000-krát hmotnejšie ako Slnko.

Vedci z NASA/JPL v Pasadene hľadali čiernu dieru guľovej hviezdokopy RZ2109, vo vzdialenosti 50 miliónov svetelných rokov v blízkej galaxii. Použili röntgenový satelit XXM-Newton, ktorý objavil otlačok aktívnej, teda nabaľujúcej sa čiernej diery v jadre hviezdokopy. Určiť jej rozmery však spočiatku nedokázali.

Guľová hviezdokopa RZ2109, v ktorej hniezdi malá čierna diera.

Až keď pomocou obrieho ďalekohľadu Keck na Mauna Kea získali chemický odtlačok, spektrum guľovej hviezdokopy, zistili, že čierna diera v jej jadre má iba 10-násobok hmotnosti Slnka. Podľa teórie v hviezdokope s malou čiernou dierou sa nemôže vyskytovať aj stredne veľká čierna diera. Dôvod: tá väčšia by menšiu dávno skonzumovala, alebo ju z hviezdokopy vyhostila.

Najsilnejším dôkazom toho, že čierna diera v RZ2109 je naozaj malá, sú hviezdne vetry, ktoré z nej unikajú. Z väčšej čiernej diery by taký silný vietor neunikal.

Existujú vôbec stredne veľké čierne diery? Teoretici tvrdia, že ich treba hľadať na periférii našej Galaxie, v malých trpasličích galaxiách, alebo v ich zvyškoch. Z takej diaľky však stredne veľké diery nedokážeme detegovať. Ani nepriame dôkazy o ich existencii.

Caltex Press Release

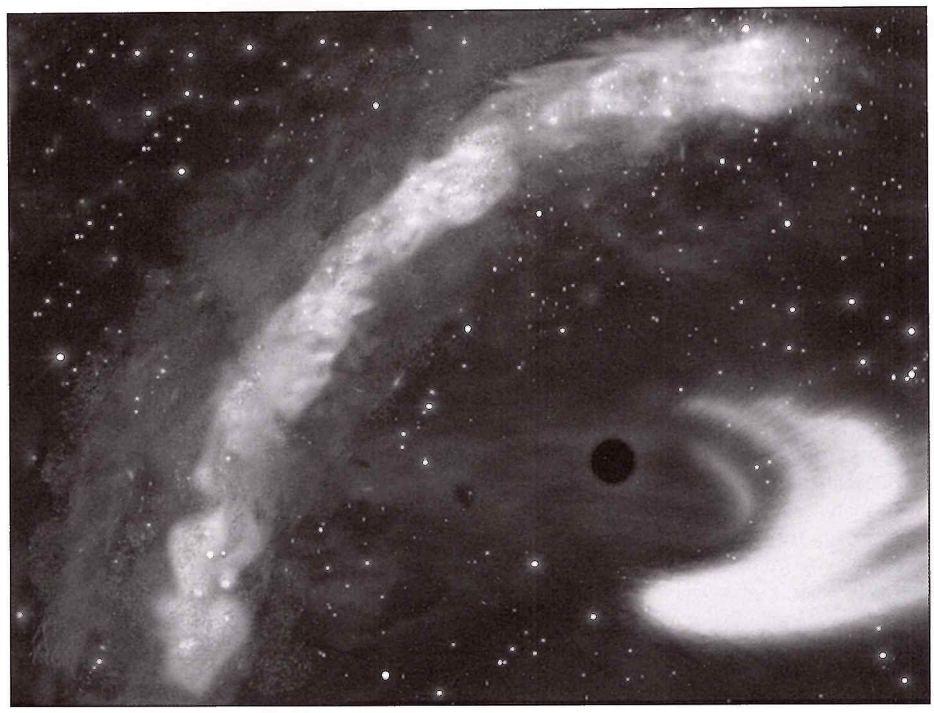
Čierna diera osvetľuje galaxiu

Keď medzihviezdne oblaky zohreje žiarenie, začnú emitovať svetlo. Tak vzniká svetelná ozvena. Medzinárodný tím pod vedením vedcov z Planckovho inštitútu pre mimozemskú fyziku pozoroval svetelnú ozvenu po mohutnom vzplanutí röntgenového žiarenia, ktoré vzniklo potom, ako sa masívna hviezda rozpadla pod vplyvom gravitácie čiernej diery. Vedci mohli po prvý raz podrobne pozorovať takýto dramatický úkaz. Svetelná ozvena nie je len dôkazom o rozpade hviezdy. Umožňuje neobyčajne presné mapovanie galaktických jadier.

Keď sa hviezda rozpadne v gravitačnom poli čiernej diery, jej zvyšky čierna diera prehltne. Tento proces prebieha postupne: zvyšky rozpadnutej hviezdy obohatia akrečný disk, ktorý obieha okolo čiernej diery, pričom nárast rýchlosti a teploty materiálu v disku generuje intenzívne ultrafialové a röntgenové žiarenie. Vysokoenergetické žiarenie sa šíri jadrom galaxie a osvetľuje hmotu (prachoplynové a molekulárne oblaky), vďaka čomu môžeme tieto končiny pozorovať.

„Pozorovanie jadra normálnej galaxie pripomína pohľad na New York, keď vypadne elektrický prúd. Nerozlíšite ani budovy, ani cesty, ani parky," vraví Stefanie Komossa, vedúca tímu. „V prípade, keby ktosi počas výpadku usporiadal ohňostroj, situácia by sa zmenila. Takýmto ohňostrojom v galaktickom meradle je vzplanutie vysokoenergetického žiarenia." Vystriehnuť galaktický ohňostroj však nie je ľahké. Vzplanutie nikdy netrvá dlho.

Zo sily, stupňa ionizácie a odhadnutých rýchlostí rýchlo sa meniacich emisných čiar môžu fyzici zistiť, ktorá časť galaxie je iluminovaná. Emisné čiary sú odtlačkami atómov horúceho plynu, ktorý bol zahriaty vzplanutím. Galaxia SDFSSJ0952+2143 (objavená v rámci Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy) upozornila na seba mimoriadne silnými čiarami železa: boli to najsilnejšie čiary, aké sa kedy v galaxii pozorovali. Vedci sa nazdávajú, že žiarenie je generované v mohutnom molekulárnom toruse (masívnom trojdimenzionálnom disku), ktorý zohráva dôležitú úlohu v modeloch aktívnych galaxií.



Čierna diera je uprostred. Ilustrácia zviditeľňuje svetelnú ozvenu v masívnom toruse, ktorý okolo nej krúži. Svetelná ozvena je produktom čoraz horúcejšej a čoraz rýchlejšie sa pohybujúcej hmoty v toruse.

Z toho modelu vyplýva, že všetky aktívne galaxie sa skladajú z rovnakých komponentov a zdanlivé rozdiely medzi nimi vyplývajú iba z toho, že ich vidíme z rozličných smerov pod rôznymi uhlami. Najdôležitejšou súčasťou tohto modelu je molekulárny torus, ktorý obieha okolo čiernej diery, a jeho akrečný disk. Šírky spektrálnych čiar, ktoré vedci merajú, sa menia v závislosti na smere, odkiaľ pozorovateľ torus pozoruje.

Zdá sa, že tím Kolossovej objavil prvý silný, v čase sa meniaci signál z masívneho molekulárneho torusu. Vďaka svetelnej ozvene sa im podarilo torus zmapovať a spresniť jeho geometriu.

Významné informácie prinieslo aj detegovanie premenlivých emisií v infračervenej oblasti: vedci čiary interpretovali ako „posledné volanie o pomoc" prachu v toruse predtým, ako ho vysoká teplota premenila na plyn.

Vedcov neprekvapili iba silné čiary železa, ale aj premenlivý tvar emisných čiar vodíka, takých, aké nikdy predtým nevideli. Vyčítali z nich aktivity v disku, ktorý krúži okolo čiernej diery. Disk je vytvorený takmer iba z vodíka.

Svetelnú ozvenu neustále monitoruje niekoľko najsilnejších ďalekohľadov. Vzplanutie medzičasom pohaslo. Röntgenový satelit Chandra však neustále deteguje slabnúce, ale ešte vždy merateľné žiarenie z jadra galaxie.

Mapovanie svetelných ozvien otvára nové možnosti študovania galaxií. Komossovej tím pomocou tejto metódy preskúma fyzikálne vlastnosti hmoty v aktívnych i neaktívnych galaxiách.

Max Planck Institute Press Release

Kvarkové hviezdy, najhustejšie hviezdy vo vesmíre?

Nedávne pozorovania ultrasvietivých supernov naznačujú, že tieto explózie môžu spôsobovať naozaj exotické objekty: kvarkové hviezdy. Ale pekne poporiadku:

Neutrónové hviezdy sa sformujú po agónii normálnej, masívnej hviezdy, ktorá vybuchne ako supernova. Ich priemer sa odhaduje na 16 až 20 km. Tento malý, hustý objekt (s hmotnosťou 1,5 Slnka) môže byť príliš veľký pre štruktúru neutrónov, ktorá ho drží pohromade. Čo sa stane, keď neutrónové štruktúry v neutrónovej hviezde skolabujú? Môže sa sformovať kvarková hviezda, menšia a hustejšia ako neutrónové hviezdy?

V poslednom čase pozorovali vedci tri mimoriadne jasné supernovy, ale ich parametre nevedeli vysvetliť. Vzplanutie supernovy je najviditeľnejším dôsledkom zániku masívnej hviezdy, ktorá skolabuje do superhustého telesa, neutrónovej hviezdy, alebo čiernej diery. Neutrónové hviezdy sú zložené z neutrónov. Najčastejšie ich pozorujeme ako rýchlo rotujúce pulzary, ktoré emitujú rádiové vlny a röntgenové žiarenie. Z najmasívnejších hviezd sa po explózii sformujú čierne diery. Vedci už dávnejšie špekulujú, či sa po výbuchu supernovy môže vytvoriť aj iné teleso, niečo medzi neutrónovou hviezdou a čiernou dierou.

Zdá sa, že menšie, ale masívnejšie teleso ako neutrónová hviezda môže existovať. Nie je zložené z hadrónov (neutrónov), ale z kvarkov, ktoré sa na rôzny spôsob do hadrónov skladajú: z kvarkov. Kvarkové hviezdy sa skladajú z ultrahustej hmoty, z rozpadnutých neutrónov, pričom niektoré z „horných kvarkov" a „dolných kvarkov" (kvarkov poznáme 6), sa skonvertujú na „podivné kvarky". A z podivných kvarkov sa sformuje podivná hmota. Preto kvarkové hviezdy majú aj synonymum: podivné (strange) hviezdy.

Kvarkové hviezdy sú ešte vždy hypotetickými telesami, ale astrofyzici majú čoraz viac dôkazov potvrdzujúcich ich reálnu existenciu. Napríklad: supernovy SN2005 gj, SN2006gy a SN2005ap sú približne 100-krát jasnejšie ako „štandardný model" výbuchu supernovy. Kanaďania vytvorili model neutrónovej hviezdy, pomocou ktorého skúmali, čo by sa stalo, keby

Neskutočne pomalé hviezdy v našej Galaxii

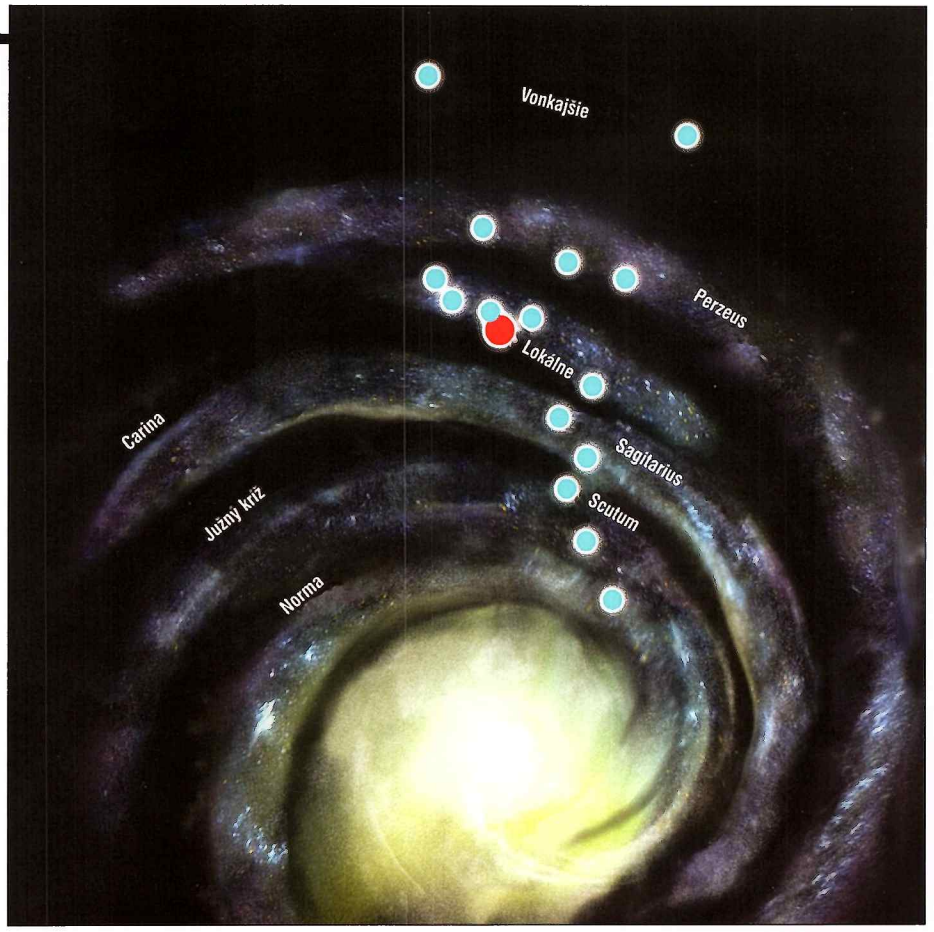
Mapovanie Zeme je pomerne ľahké. Stačí poskladať fotografie a mapa je hotová. Mapovanie Mliečnej cesty je oveľa zložitejšie. Vzdialenosti sú veľké, priame mapovanie je nemožné. A tak sa Galaxia mapuje zo Zeme, ktorá je, spolu so svojou hviezdou, Slnkom, jej súčasťou. Iba kvôli predstave: ide o experiment, ktorý pripomína sardinku, pokúšajúcu sa zmapovať Tichý oceán. Mapovanie sťažujú aj gigantické prachoplynové oblaky, ktoré takmer znemožňujú mapovať objekty vzdialnejšie ako 6000 svetelných rokov.

Very Large Baselin Array (VLBA) je rádioteleskop, ktorý astronómom umožňuje presnejšie mapovanie galatických štruktúr a meranie pohybov jej mladých hviezd. Analýza prvého súboru nameraných údajov priniesla veľké prekvapenie: mnohé zo skúmaných hviezd nekrúžia okolo stredu Galaxie po ideálnych kružniciach, ale skôr po pretiahnutých, vlnitých elipsách.

„Skoro všetky hviezdy, ktoré sme skúmali, sa pohybujú proti pohybu rotácie Galaxie," vraví Mark Reid, jeden z členov tímu.

Astronómovia sa nazdávajú, že pohyb týchto hviezd spôsobujú špirálové ramená Galaxie prostredníctvom tzv. „hustotných vĺn". Tento proces pripomína situáciu na diaľnici, keď sa rýchlo pohybujúce autá priblížia k pomalšiemu a musia spomaliť. Tak sa správajú aj oblaky plynu, pričom každé priblíženie zvýši v interagujúcich objektoch ich hustotu a teplotu. Tak vznikajú kolísky, v ktorých sa rodia mladé hviezdy.

Čoraz pomalší pohyb a pokles hybnosti mení obežné dráhy hviezd z kruhových na eliptické! Reid zmeral paralaxu, zjavnú zmenu polohy skúmaných objektov na oblohe spôsobenú pohybom Zeme okolo Slnka, a tak vypočítal presné vzdialenosti dvanástich oblastí, kde sa rodia hviezdy. To mu umožnilo presné pozorovania každej oblasti. Skombinovaním týchto údajov s údajmi o pohyboch v zornom lúči získal reálny, trojdimenzionálny pohyb každého sledovaného objektu.



Toto je mapa bližšej časti Mliečnej cesty s dokreslenými reálnymi údajmi o polohách vytipovaných hviezd. Vidíme na nej niekoľko špirálových ramien. Slnko (červený kotúčik) vidíme medzi dvomi ramenami. Modré kotúčiky označujú oblasti, v ktorých sa formujú hviezdy. Ich vzdialenosti boli zmerané pomocou paralaxy.

VLBA nemá v tomto ohľade konkurenta. Najpresnejšie prístroje na palube astrometrického satelitu Hipparcos dokázali určiť polohu hviezd s presnosťou 1 milioblúkovej sekundy. VLBA je stonásobne presnejšia.

V najbližších rokoch Reid a jeho kolegovia v Nemecku, Taliansku a v Číne budú v mapovaní pokračovať a zmerajú polohu niekoľkých tuctov hviezdnych terčov. Tak získajú údaje, ktoré spresnia predstavy o skutočnej štruktúre našej Galaxie.

„Ešte vždy nevieme, koľko má Mliečna cesta ramien, dve či štyri?", vravi Reid. Tím sa spolieha aj na údaje zo satelitu Gaia, oveľa výkonnejšieho nástupcu sondy Hipparcos. Gaia dokáže spresniť polohu jednej miliardy hviezd našej galaxie do vzdialenosti 30 000 svetelných rokov od Zeme.

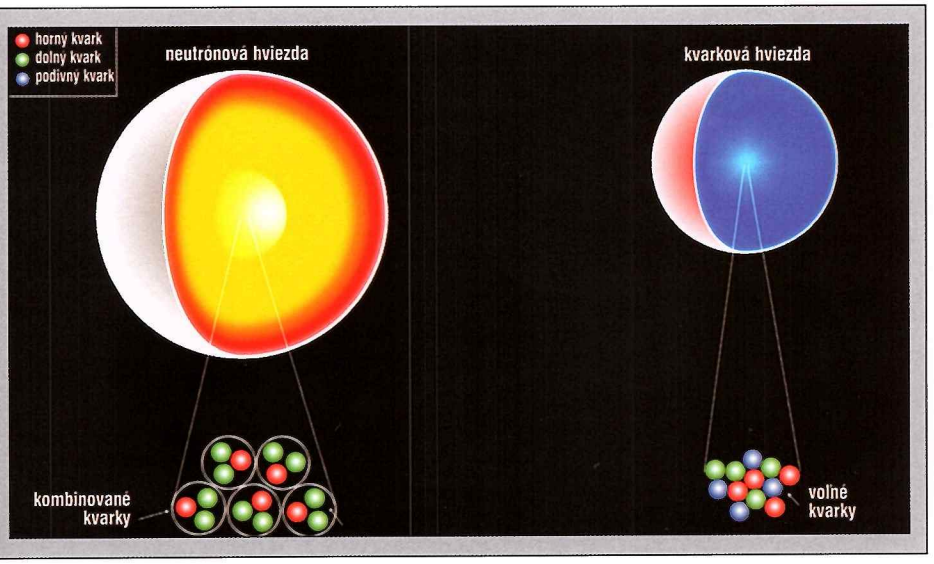
Mliečna cesta má ešte veľa nezmapovaných, bielych miest. V nasledujúcich rokoch tieto biele miesta zmiznú. **CfA Press Release**

sa ťažká neutrónová hviezda stala nestabilnou a neutróny by sa premenili na polievku podivnej hmoty.

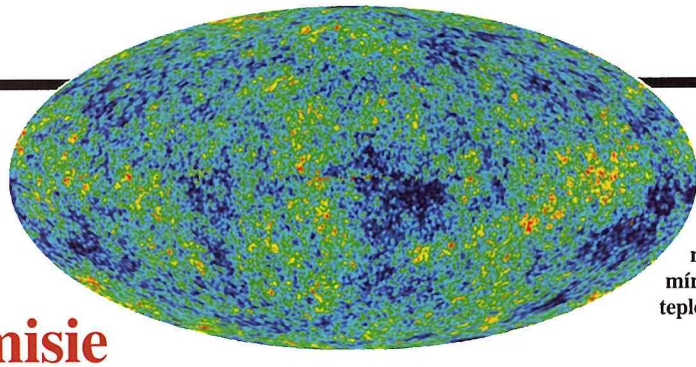
Z modelu vyplynulo, že v týchto troch prípadoch sa z normálnych hviezd, ktorých život sa končí výbuchom supernovy, vytvorili najprv neutrónové hviezdy, ale tie neskôr opäť skolabovali. Počas kolapsu sa z hadrónových väzieb uvoľnila gigantická energia a vzniklo menšie, ale hustejšie teleso, kvarková hviezda. Sekundárny výbuch a jeho viditeľné dôsledky pomenovali „kvarková nova".

Ak sa dokáže, že ultrasvietivé supernovy súvisia so vznikom kvarkových hviezd, potom by sme tieto superhusté telesá mali považovať za superhadróny, ktoré nedrží pohromade silná jadrová sila, ale gravitácia.

University of California, Berkeley



WMAP: senzačné výsledky päťročnej misie



Najnovšia mapa kozmických mikrovlnných fluktuácií, ktorú zostavili z údajov, získaných počas piatich rokov činnosti satelitu WMAP. Farby zviditeľňujú nepatrné fluktuácie teploty, zvyšku po horúcej rozpínajúcej sa bubline mladého vesmíru. Červené škvrny majú nepatrne vyššiu teplotu ako modré.

NASA vydala v júni súhrnnú správu o výsledkoch päť rokov trvajúcej misii satelitu WMAP (Wilkinson Microwave Anisotrophy Probe), ktorá skúmala mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia. Analýza údajov prehĺbila naše poznatky o vesmíre a jeho vývoji a priniesla tri zásadné objavy:

- **Nový dôkaz, že vesmír križuje bezpočet kozmických neutrín.**
- **Jasný dôkaz o tom, že prvé hviezdy potrebovali pol miliardy rokov, aby vytvorili kozmickú hmlu.**
- **Nové poznatky o expanzii vesmíru počas prvej biliónttiny sekundy.**

„Žijeme v mimoriadnej dobe," vyhlásil Gary Hinshaw z Goddardovho vesmírneho centra pri NASA v Greenbelte. „Narodili sme sa do prvej generácie, ktorá dokáže získavať také presné merania vesmíru z takého vzdialeného obdobia."

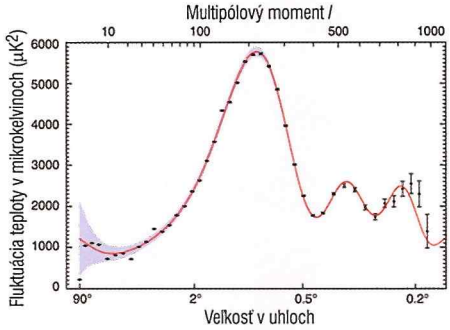
WMAP meria zvyšky mladého vesmíru, jeho najstaršie svetlo. Podmienky tohto obdobia sa v tomto svetle zachovali. Dá sa z nich vyčítať to, čo sa dialo krátko po zrode vesmíru, i ako sa mladý vesmír ďalej vyvíjal. Najstaršie svetlo vo vesmíre, ktorý sa rozpína 13,7 miliardy rokov, stratilo už podstatnú časť energie, takže WMAP ho číta iba v podobe mikrovĺn. Presným meraním vlastností mikrovĺn získali vedci fakty o veku vesmíru, jeho vývoji i zložení.

Vesmír je plný kozmických neutrín. Tieto subatomárne častice s prakticky nulovou hmotnosťou sa pohybujú bezmála rýchlosťou svetla. Počas jedinej sekundy prenikne naším telom milión kozmických neutrín.

Mikrovlnné žiarenie, ktoré mapuje WMAP, vzniklo v čase, keď mal vesmír asi 380 miliónov rokov. Z analýzy údajov vyplynulo, že neutrína v tom čase tvorili 10 %, atómy 12 %, tmavá hmota 63 % a fotóny 15 % hmoty vesmíru. Po tmavej energii ešte nebolo ani stopy.

Dnešná bilancia vesmíru podľa údajov z WMAP: 4,6 % atómov, 23 % tmavej hmoty, 72 % tmavá energia a 1 % neutrín.

Kozmické neutrína významne ovplyvňovali vývoj mladého vesmíru. Mali vplyv aj na mikrovlny, ktoré mapuje WMAP. Údaje s 99,5-percentnou pravdepodobnosťou naznačujú, že na prvopočiatku kozmu existovalo pozadie kozmických neutrín. Tento dôkaz bol po prvý raz potvrdený dôveryhodnými údajmi.



Prvý, najvyšší vrcholec grafu zviditeľňuje špecifický rozmer zvukových vĺn v mladom vesmíre, podobne ako dĺžka struny na gitare ovplyvňuje špecifický tón. Druhý a tretí vrcholec znázorňujú vyššie harmonické frekvencie.

Najviac údajov vyčítali vedci zo súostrovia nehomogenít, zhlukov hmoty s odlišnými fyzikálnymi vlastnosťami, ktoré vytvárajú mapu mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia. Tieto útvary vznikli pod vplyvom zvukových vĺn v mladom vesmíre. Rovnako ako pri hre na gitaru, keď prvý tón generuje celú sériu odvodených tónov. Tretí odvodený tón prístroje satelitu zmapovali. Práve z týchto údajov získali vedci dôkaz o existencii kozmických neutrín.

Mladý vesmír bol jadrovým reaktorom, ktorý produkoval hélium. Množstvo neutrín v tomto období vypočítali vedci z objemu hélia v dnešnom vesmíre. Najnovšie údaje z WMAP sú v dobrej zhode s teóriami, ktoré vznikli po presnom zmeraní vlastností neutrín pozemských urýchľovačoch častíc.

Rovnako prevratný je dôkaz odvodený z údajov WMAP, že prvé hviezdy potrebovali pol miliardy rokov na to, aby vytvorili kozmickú hmlu. Dozvedeli sme sa, ako sa skončil tmavý vek, keď sa v tme začali zažíhať prvé hviezdy. Žiarenie týchto protohviezd vytvorilo v plyne hmlu z elektrónov. Hmla rozptyľovala svetlo podobne ako hmla okolo majáka rozptyľuje jeho blikajúce svetlo.

Vedci tak získali dôkaz, že produkcia elektrónovej hmly sa začala vtedy, keď mal vesmír 400 miliónov rokov a pričom nasledujúci vývoj trval pol miliardy rokov. Takéto merania dokáže zatiaľ robiť iba WMAP.

Tretí veľký objav, ktorý umocnili údaje z WMAP, dokazuje existenciu inflácie, nepredstaviteľného rozopnutia vesmíru počas prvej biliónttiny jeho existencie. Práve v tomto čase vznikli v tkanine vesmíru prvé záhyby. Objav vylúčil viacero verzií inflačnej teórie a naopak, podporil iné.

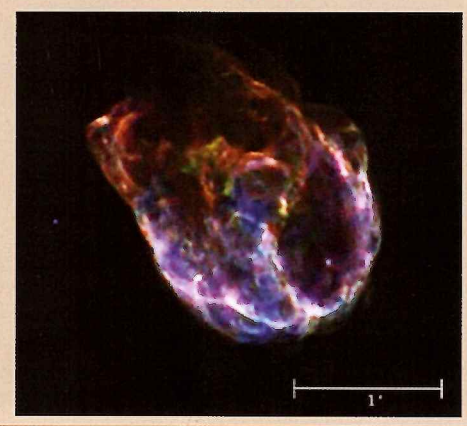
„Najnovšie údaje zo satelitu WMAP vylučujú platnosť inflačných teórií stredného prúdu, ktoré popisujú gigantické rozopnutie vesmíru v mladom vesmíre", zdôrazňuje vedúci tímu WMAP Charles Bennet. „Je vzrušujúce, že dnes už dokážeme konfrontovať predpovede prvých okamihov s dôveryhodnými meraniami."

WMAP Press Release

Fabrika na kyslík v blízkej galaxii

Na snímke z röntgenového satelitu Chandra vidíme pozostatky po mohutnej explózii vo Veľkom Magellanovom oblaku, malej galaxie vzdialenej 160 000 svetelných rokov. Zvyšok po výbuchu supernovy N123D je najväčší v Magellanových oblakoch. Ide o zriedkavý pozostatok po supernove, bohatý na kyslík. Väčšina kyslíku, ktorý dýchame na Zemi, vznikla z podobných explózií.

Farby na snímke znázorňujú röntgenové žiarenie s nízkou energiou (červená); so stredne silnou energiou (zelená) a s vysokou energiou (zelená) v strede snímky. Röntgenová snímka z Chandry korešponduje s optickými fotografiami, ktoré urobil Hubblov vesmírny ďalekohľad. Rozpínajúca sa elipsovitá obálka N123D má celkom iný tvar ako pozostatky po výbuchoch supernov G292.0+1,8 či Puppis A, dvoch na kyslík bohatých supernov v galaxii, ktoré majú približne rovnaký vek. Pôvod týchto obálok je nejasný. Vytvorila ich „niklová bublina" krátko po výbuchu supernovy. Bublina vznikla pôsobením rádioaktívnej energie generovanej niklom, ktorý je produktom explózie. Teoretici takéto bubliny už dávnejšie predpovedali.



Výsledky objavu umožňujú spresniť hmotnosť progenitora, hviezdy, ktorá explodovala, a získať nové poznatky o tom, ako masívne hviezdy explodujú a rozprašujú ťažké prvky ako kyslík do okolitého priestoru.

Chandra Press Release

Výsledky výskumu

Oddelenia medziplanetárnej hmoty Astronomického ústavu SAV

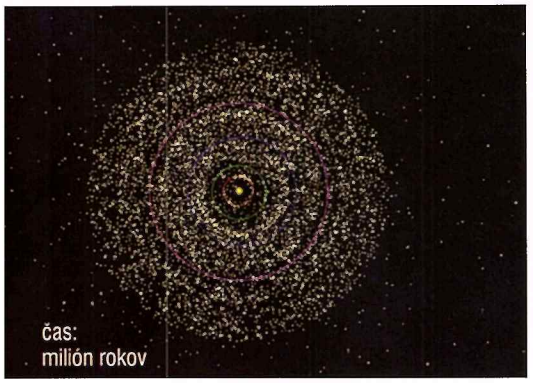
História výskumu medziplanetárnej hmoty na Astronomickom ústave SAV má niekoľko hviezdnych období. Predovšetkým sú to päťdesiate roky, keď bolo na Skalnatom plese a Lomnickom štíte objavených 18 nových komét. Ďalej je to obdobie vytvorenia vedeckej školy profesora Kresáka, zameranej na štúdium evolúcie a vzájomných súvislostí jednotlivých populácií medziplanetárnej hmoty. V poslednom období sem môžeme zaradiť renesanciu pozorovacích programov asteroidov a komét, svetovo uznávané práce z meteorickej astronómie i moderné výskumy dynamiky Slnečnej sústavy využívajúce počítačové modelovanie.

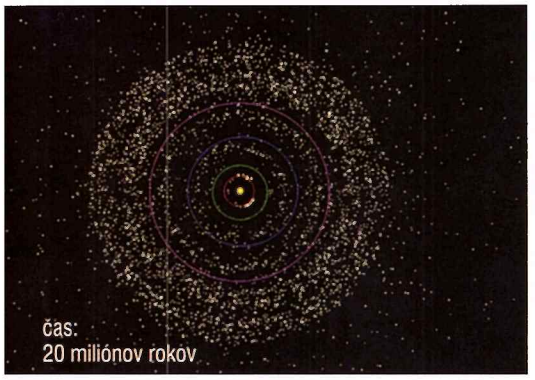
Ľudská bytosť je len malé zrnko na Zemi,
Zem malé zrnko v Slnečnej sústave,
Slnečná sústava malé zrnko v Galaxii,
Galaxia malé zrnko vo Vesmíre.
Všetko veľké sa však skladá z menšieho.

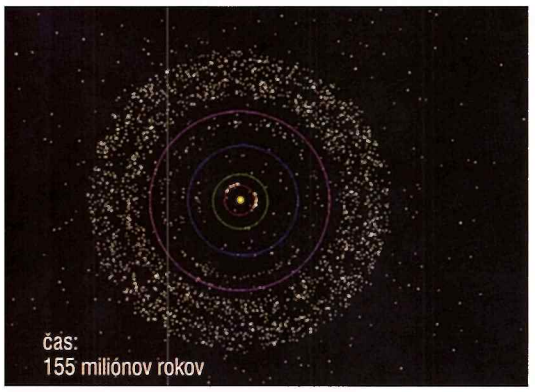
Drobné i väčšie zrnká prachu a ľadu,
konglomeráty skál a zmznutých plynov
vo forme meteoroidov, komét a asteroidov;
to všetko tvorí medziplanetárnu hmotu.
Skúmanie týchto telies, ktoré prešli
od čias svojho sformovania len
malými zmenami, nám pomáha odhaľovať podmienky
za akých vznikali planéty, vrátane našej Zeme.

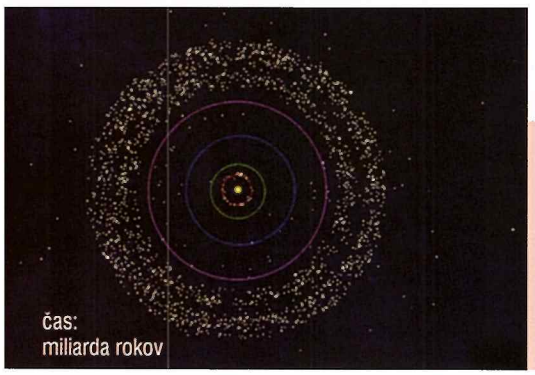
Populácie malých telies a posledné štádium vzniku Slnečnej sústavy

RNDr. Luboš Neslušan, CSc.,
Mgr. Marián Jakubík, PhD.

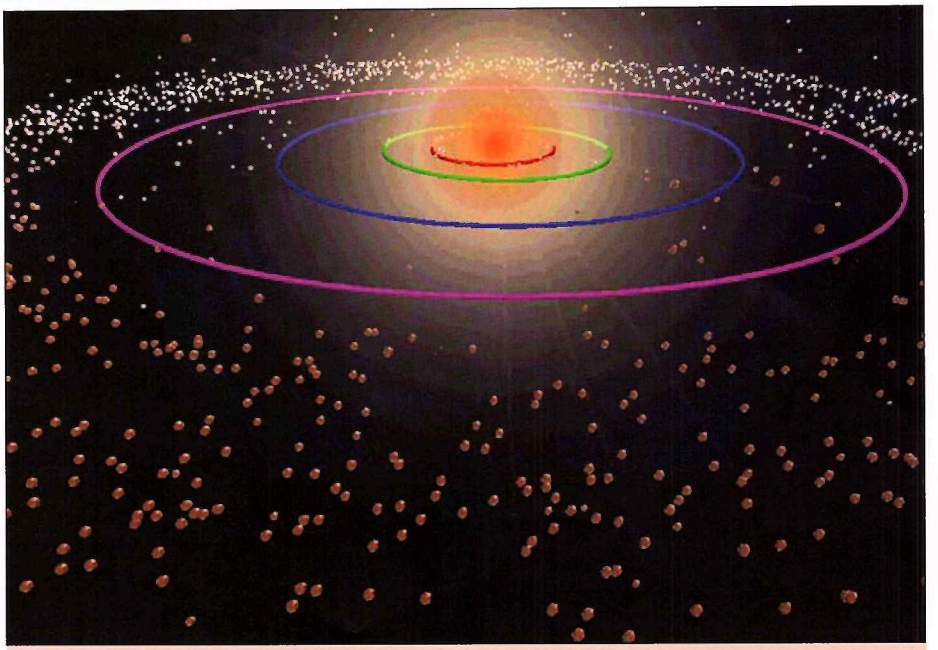








Obr. 1. **Vývoj proto-planetárneho disku (pohľad zo smeru severného pólu ekliptiky) podľa našej simulácie. Znázornená je situácia (zhora dole) v časoch 1, 20, 155 a 1000 miliónov rokov. Biele body predstavujú planetesimály. Červená, zelená, modrá a fialová elipsa (takmer kružnica) znázorňuje dráhu Jupitera, Saturna, Uránu, resp. Neptúna.** Grafické spracovanie: Eva Pajorová, Ústav informatiky SAV.



Obr. 2. **Iný pohľad na protoplanetárny disk z obr. 1 v čase 1 miliardy rokov.** Grafické spracovanie: Eva Pajorová, Ústav informatiky SAV.

1. Úvod

Na základe pozorovaní oblastí zrodu hviezd, mladých hviezd a ich prachovo-plynných obálok, môžeme dnes pomerne spoľahlivo popísať scenár vzniku Slnečnej sústavy. Podľa neho, asi pred 4,5 miliardami rokov došlo ku gravitačnému kolapsu hustej časti veľkého medzihviezdneho oblaku. Jeho výsledkom bolo proto-Slnko a okolo neho sa točiaci disk plynu a prachu. Prachové zrnká sa postupne usadzovali v rovníkovej rovine disku a vďaka zvýšenej koncentrácii sa spájali do stále väčších a väčších telies. Po určitom čase sa rast najväčších telies zrýchlil a najmenších spomalil, čo viedlo k vytvoreniu malého počtu veľmi hmotných telies – planetárnych embrií. Mikroskopická, prachovo-plynná časť protoplanetárneho disku bola vtedy už takmer celá rozptýlená do medzihviezdneho priestoru, alebo pohltená Slnkom, či rodiacimi sa protoplanétami.

Z tohto dôvodu je možné popísať ďalší vývoj Slnečnej sústavy v rámci dynamiky makroskopických telies. Pozostatky dynamického vývoja týchto telies môžeme pozorovať ešte aj v súčasnosti, čo napomáha pri spresňovaní našich znalostí o poslednom štádiu vzniku planét a riešení aktuálneho problému, či joviálne planéty vznikli v oblastiach ich dnešných dráh, alebo tam postupne doputovali nabaľujúc hmotu planetesimál, ktoré pri svojej migrácii stretávali. S tým súvisí aj otázka: kam až siahal pôvodný protoplanetárny disk? Výskumníci sa v poslednom období snažia o vypracovanie takého scenára posledného štádia tvorby joviálnych planét, ktorý by zároveň vysvetľoval existenciu a štruktúru všetkých známych rezervoárov malých telies vo vonkajších častiach Slnečnej sústavy: Jupiterových trójanov, Kentaurov, komét Jupiterovej rodiny, či komét Halleyho typu, Kuiperovho pásu, rozptýleného a rozšíreného rozptýleného disku, ako aj vnútorného a vonkajšieho Oortovho oblaku.

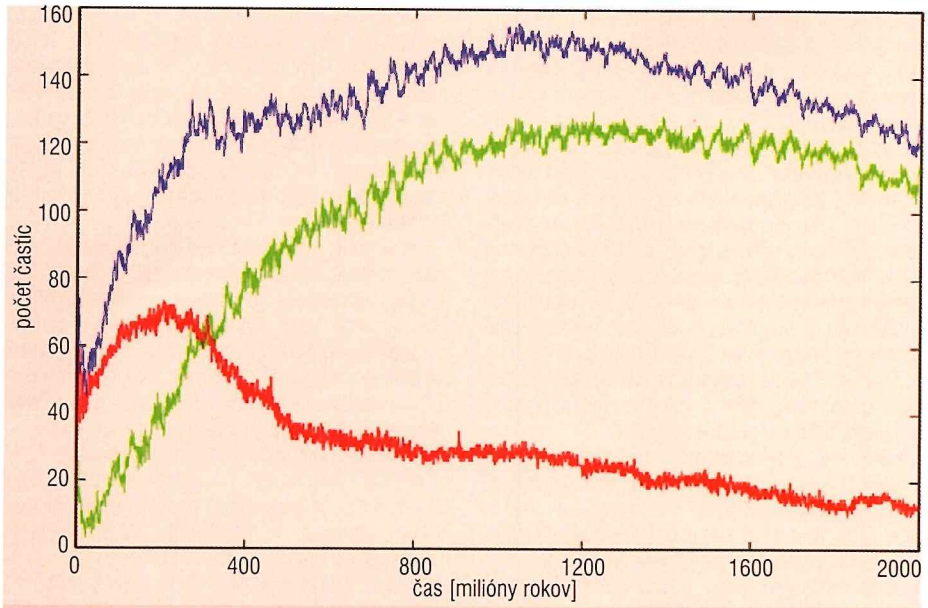
V ďalšej časti sa podrobnejšie zmienime o niektorých problémoch súvisiacich s posledným štádiom formovania sa joviálnych planét a priľahlých populácií malých telies a o našom príspevku k ich riešeniu.

2. Privysoká hmotnosť Oortovho oblaku

Malé telesá v protoplanetárnom disku neboli všetky spotrebované na tvorbu planét. V určitej fáze vývoja Slnečnej sústavy začalo dochádzať k ich rozptyľovaniu. Zatiaľ čo Jupiter a Saturn predlžovali veľké polosi dráh malých telies natoľko, že bežne dochádzalo k ich úniku do medzihviezdneho priestoru, Urán a Neptún nespôsobovali až tak drastickú zmenu dráh. Malé telesá z ich oblasti sa dostávali do heliocentrických vzdialeností typicky niekoľko desiatok tisíc astronomických jednotiek. V tejto vzdialenosti už pôsobia galaktické slapy, ktoré len nepatrne ovplyvňujú veľké polosi dráh malých telies, ale výrazne menia ich ostatné elementy. Pôsobením slapov došlo k postupnému nárastu vzdialenosti perihélia malých telies, ktoré sa takto dostali z oblasti rušivého gravitačného pôsobenia planét do relatívne stabilného rezervoára, ktorý dnes voláme Oortov oblak.

Stabilita dráh telies v Oortovom oblaku pravdaže neznamená stabilitu absolútnu. Galaktické slapy, ale aj hviezdy prelietavajúce v blízkosti Slnečnej sústavy naďalej menia dráhy telies v oblaku a z času na čas skrátia vzdialenosť perihélia malého zlomku komét natoľko, že sa dostanú do oblasti planét, ba dokonca do blízkosti Zeme, kde sú dobre pozorovateľné. Táto skutočnosť nám pomohla odhaliť existenciu a najzákladnejšie štrukturálne črty jedného z útvarov, ktorý je pozostatkom poslednej fázy vzniku Slnečnej sústavy.

Dlho nevyjasneným problémom Oortovho oblaku bol odhad jeho príliš vysokej celkovej hmotnosti zistenej z pozorovaného toku komét, ktoré z neho prichádzajú do zóny viditeľnosti.



Obr. 3. **Vývoj početnosti Oortovho oblaku komét počas prvých dvoch miliárd rokov existencie Slnečnej sústavy. Vývoj početnosti celého oblaku je znázornený modrou krivkou. Rovnaký vývoj vonkajšieho oblaku, z ktorého prichádzajú kométy priamo do zóny viditeľnosti, je znázornený červenou krivkou a vývoj hypotetického vnútorného oblaku zelenou krivkou.**

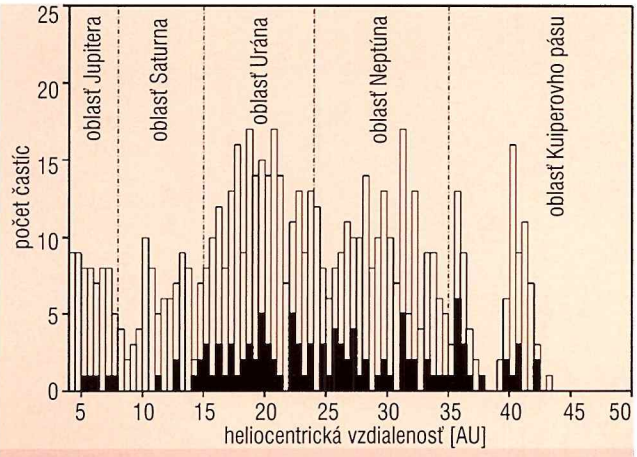
Táto hodnota je o jeden až dva rády vyššia, než hmotnosť oblaku určená na základe simulácií jeho vzniku z protoplanetárneho disku. Ukázali sme, že podstata riešenia problému príliš vysokej hmotnosti Oortovho oblaku spočíva v nesprávnom odhade toku tzv. nových komét, ktoré z neho prichádzajú do zóny viditeľnosti po prvý raz. Pozorovacie výberové efekty totiž zapríčiňujú, že v celej novodobej ére bola objavená len asi desatina všetkých komét, ktoré prešli zónou viditeľnosti. Ak teda chceme odhadnúť skutočný tok komét zónou viditeľnosti, musíme pozorovaný tok vynásobiť istým korekčným faktorom (asi 10). Rovnaký faktor sa pritom používal pre všetky druhy komét, a to aj napriek tomu, že už od predpovede existencie kometárneho oblaku Oortom v roku 1950 bolo známe, že nové kométy majú ešte veľkú, nespotrebovanú zásobu prchavých látok a sú tak zrejme oveľa jasnejšie a tým objavované s oveľa väčšou pravdepodobnosťou než ostatné kométy. Čiže správny korekčný faktor by mal byť výrazne nižší pre nové kométy, čo následne vedie aj k výraznej redukcii počtu komét v Oortovom oblaku a tým aj k jeho nižšej celkovej hmotnosti.

3. Simulácia dynamického vývoja

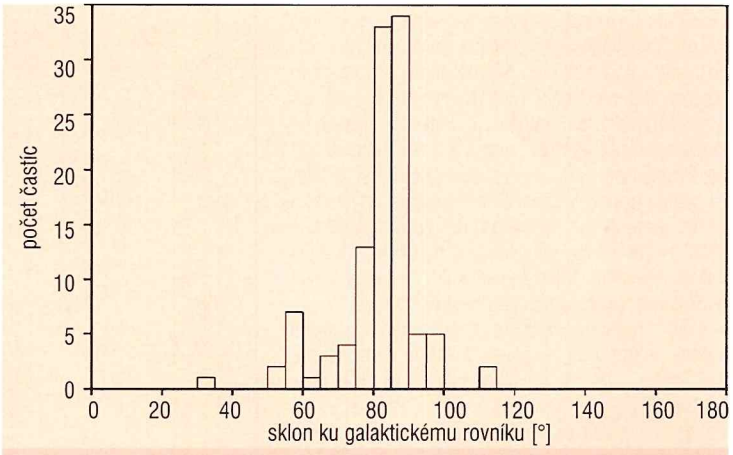
K snahe vypracovať jednotnú teóriu kozmogónie joviálnych planét, Kuiperovho pásu, rozptýleného disku a Oortovho oblaku prispeli aj pracovníci oddelenia MPH AsÚ SAV. V spolupráci s Astronomickým observatóriom univerzity A. Mickiewicza v Poznani (Poľsko) a Astrofyzikálnym observatóriom v Catanii (Taliansko), uskutočnili doteraz najrozsiahlejšiu simuláciu vzniku rezervoárov malých telies. Simulácia predpokladala existenciu planét na súčasných dráhach a so súčasnými hmotnosťami. Na testovacie častice, ktoré reprezentovali malé telesá o celkovom počte vyše 10 tisíc, v časti protoplanetárneho disku vzdialené od jeho stredu 4 – 50 AU, pôsobili okrem planét aj galaktické slapy a cudzie hviezdy náhodne prechádzajúce okolo Slnečnej sústavy. Simulácie tohto druhu si vyžadujú výkonnú výpočtovú techniku. Skupina z oddelenia MPH využila viac než 100 rýchlych procesorov celoeurópskej gridovej siete, pozostávajúcej z okolo 50 tisíc procesorov. Prístup bol sprostredkovaný pracovníkmi Ústavu informatiky SAV. Okrem toho, spolupracovník z Catanie využil na simuláciu niekoľko desiatok procesorov juhoeurópskej časti gridu.

Simulácie pokryli prvé 2 milardy rokov dynamickej evolúcie. Ukázali, že najdôležitejšie evolučné procesy sa odohrali počas prvej pol miliardy rokov. Najdlhšie sa utváral vnútorný Oortov oblak, ktorého početnosť dosiahla maximum asi po 1 a štvrť miliarde rokov. Vývoj štruktúr v oblasti planét pre niekoľko časových okamihov je znázornený na *obr. 1*. Iný pohľad na túto oblasť v čase 1 miliardy rokov je na *obr. 2*. Populárne spracované animácie uvedeného vývoja sú na webovej stránke: http://www.astro.sk/~mjakubik/AstroDyn/3Dvisual/. Narastanie, aj neskorší pokles početnosti Oortovho oblaku v jeho vnútornej a vonkajšej časti, je znázornený na *obr. 3*.

Zaujímavou je aj otázka, ako jednotlivé časti protoplanetárneho disku prispeli k migrácii telies do kometárneho oblaku. V minulosti dlho panoval názor, že kometárne jadrá vznikli hlavne v studenej oblasti, kde sa dnes nachádzajú dráhy Uránu a Neptúna. Fyzikálne dôkazy boli podporené aj dynamickými dôkazmi, svedčiacimi o tom, že kométy mohli byť do oblasti Oortovho oblaku účinne dopravené najmä Neptúnom a v menšej miere Uránom. Saturn tam mohol dopraviť len malý zlomok telies a Jupiter celkom zanedbateľnú časť. Z tohto dôvodu bolo veľkým prekvapením zistenie, že chemické zloženie kométy C/1999 S4 (LINEAR) zodpovedá jej formovaniu sa niekde v oblasti Jupitera a Saturna. Naša simulácia odhalila, že pomery telies z jednotlivých oblastí protoplanetárneho disku, ktoré sa nachádzajú v Oortovom oblaku, zďaleka nezodpovedajú pomerom účinností priľahlých planét vyvrhnúť telesá do tohto oblaku. Telesá, predtým než boli vyvrhnuté do Oortovho oblaku, v hojnom počte migrovali naprieč oblasťou planét. Často sa stávalo, že teleso vzniknuté v oblasti Jupitera bolo Neptúnom dopravené do Oortovho oblaku. Mohlo dôjsť aj k opačnej situácii, keď teleso vzniknuté v oblasti Neptúna bolo vyvrhnuté Jupiterom von do medzihviezdneho priestoru. Kométa C/1999 S4 teda nepredstavuje nijakú záhadu. Rozdelenie častíc, ktoré boli prítomné vo vnútornom Oortovom oblaku v čase 2 miliárd rokov, podľa oblasti ich pôvodu v protoplanetárnom disku, je znázornené na *obr. 4*.



Obr. 4. **Znázornenie oblastí pôvodu častíc, ktoré sa podľa našej simulácie nachádzali vo vnútornom Oortovom oblaku. Čierne stĺpce zachytávajú situáciu v čase 2 miliardy rokov. Biele stĺpce znázorňujú sumárny počet častíc, ktoré sa počas prvých dvoch miliárd rokov aspoň na krátky čas objavili v tomto oblaku.**



Obr. 5. **Rozdelenie sklonu dráh telies, ktoré sa v čase 2 miliárd rokov nachádzali vo vnútornom Oortovom oblaku, k rovine galaktického rovníka. Vidíme, že najviac telies sa pohybovalo po dráhach so sklonom zhruba od 80° do 90°.**

Najstaršia simulácia formovania sa Oortovho oblaku, ktorú v roku 1987 vykonali Duncan, Quinn a Tremaine, naznačovala, že vonkajší oblak by mal byť už po 1 miliarde rokov „termalizovaný", čiže orientácia dráh telies v ňom by mala byť náhodná. Naša pokročilejšia simulácia ukázala, že tomu tak nie je. Ak sa uvažujú realistickejšie východzie dráhy testovacích častíc, galaktické slapy udržiavajú ich veľmi vysoký sklon ku galaktickému rovníku relatívne dlhý čas. Čiže pravdepodobnosť nájdenia častice na dráhe s vysokým galaktickým sklonom je výrazne vyššia, než pravdepodobnosť jej nájdenia na dráhe so stredne vysokým alebo nízkym sklonom. V rozdelení galaktických sklonov, ktoré je znázornené na grafe na *obr. 5*, sa táto skutočnosť prejaví maximom pre sklony blízke 90°.

4. Strmý okraj Kuiperovho pásu

Prvé teleso Edgeworthovho-Kuiperovho pásu, skrátene často len Kuiperovho pásu, bolo objavené v roku 1930 a dostalo názov Pluto. Keďže v tom čase teória nebola pripravená na objav úplne nového rezervoára malých telies a dlho potom nebolo žiadne ďalšie takéto teleso objavené, Pluto bolo klasifikované ako planéta. Až v polovici 20. storočia, keď sa výskumníci začali zaoberať dlhodobou stabilitou dráh v rôznych oblastiach Slnečnej sústavy, sa zistilo (priekopnícke práce urobili Brit Edgeworth v roku 1948 a Američan Kuiper v roku 1951), že mnohé dráhy telies vo vonkajšej časti kedysi existujúceho protoplanetárneho disku, za dráhou Neptúna, sú dostatočne stabilné na to, aby pretrvali celú doterajšiu existenciu Slnečnej sústavy. Hľadanie telies tohto reliktného pásu za Neptúnom bolo však, s výnimkou Pluta, úspešné až v roku 1992, keď boli objavené ďalšie objekty za Neptúnom. Tieto objavy pokračujú rastúcim tempom až dodnes.

Už po štúdiu dráh prvých desiatok týchto telies, začala byť nápadná neprítomnosť telies s nízkym sklonom a veľkou polosou väčšou než asi 50 AU. Znamená to, že tzv. chladná zložka klasického Kuiperovho pásu, so sklonom dráhy k ekliptike nižším ako 4°, má pomerne výrazný okraj. Počet objektov za týmto okrajom je veľmi nízky. Možno to vidieť na *grafe (b) obr. 6*. Táto skutočnosť sa nedá vysvetliť pozorovacími výberovými efektami, ktoré, samozrejme, preferujú objavy jasnejších a teda spravidla bližších telies. Pokles koncentrácie telies vo vzdialenosti 50 AU je príliš strmý.

Na vysvetlenie „odrezania" klasického Kuiperovho pásu bolo navrhnutých viacero mechanizmov. Prvá kategória vysvetlení predpokladá gravitačné rozrušenie pásu vo vzdialenosti 50 AU nejakým hmotným telesom, planétou alebo hviezdou. Planéta o veľkosti Zeme, či dokonca menšia, o veľkosti Marsu by naozaj mohla spôsobiť relevantný pokles koncentrácie. Problémom tohto vysvetlenia je nutnosť zotrvania takejto planéty v danej oblasti dodnes. Jej jasnosť by ale nemohla byť nižšia, než asi 20 magnitúd a je ťažké uveriť, že tak jasný objekt by mohol dodnes unikať objaveniu. Iným vysvetlením je blízky prelet hviezdy počas jestvovania Slnečnej sústavy.

Naše simulácie ukázali, že dostatočne vhodná gravitačná porucha vyvolaná hviezdou nemohla nastať. Pokles koncentrácie telies v tomto prípade nie je dosť prudký. Blízky hviezdny prelet v čase, keď makroskopické telesá za dnešnou dráhou Neptúna ešte neboli sformované, však zrejme mohol narušiť prachový disk za 50 AU takým spôsobom, že makroskopické telesá sa už neutvorili. Táto hypotéza musí byť ešte braná do úvahy.

Iným navrhovaným vysvetlením je scenár, tzv. *Nice model* (pomenovaný podľa mesta vo Francúzsku, kde bol vytvorený), podľa ktorého planetárne embryo Jupitera sa utvorilo o niečo ďalej od Slnka, ako je súčasná dráha tejto planéty a naopak embryá Saturna, Urána a Neptúna sa utvorili zasa na k Slnku bližších dráhach. Okraj disku planetesimál bol už niekde v oblasti 30 až 35 AU. Neptún, pri tom ako sa jeho dráha zväčšovala a vzďaľovala od Slnka, gravitačne tlačil von malé telesá zachytené v jeho rezonanciách. Takto telesá dopravil až do oblasti dnešného Kuiperovho pásu, kde sa naozaj v jeho chladnej zložke najvzdialenejšie telesá pozorujú v poslednej silnej rezonancii, a to rezonancii 2:1. Naša simulácia nepredpokladá migráciu planét, preto nemôže tento scénar ani podporiť, ani vyvrátiť. Poukazuje však na to, že telesá z oblasti planetárnych dráh sa do Kuiperovho pásu mohli dostať aj vtedy, ak takáto migrácia nenastala, čo dokumentuje *obr. 6*.

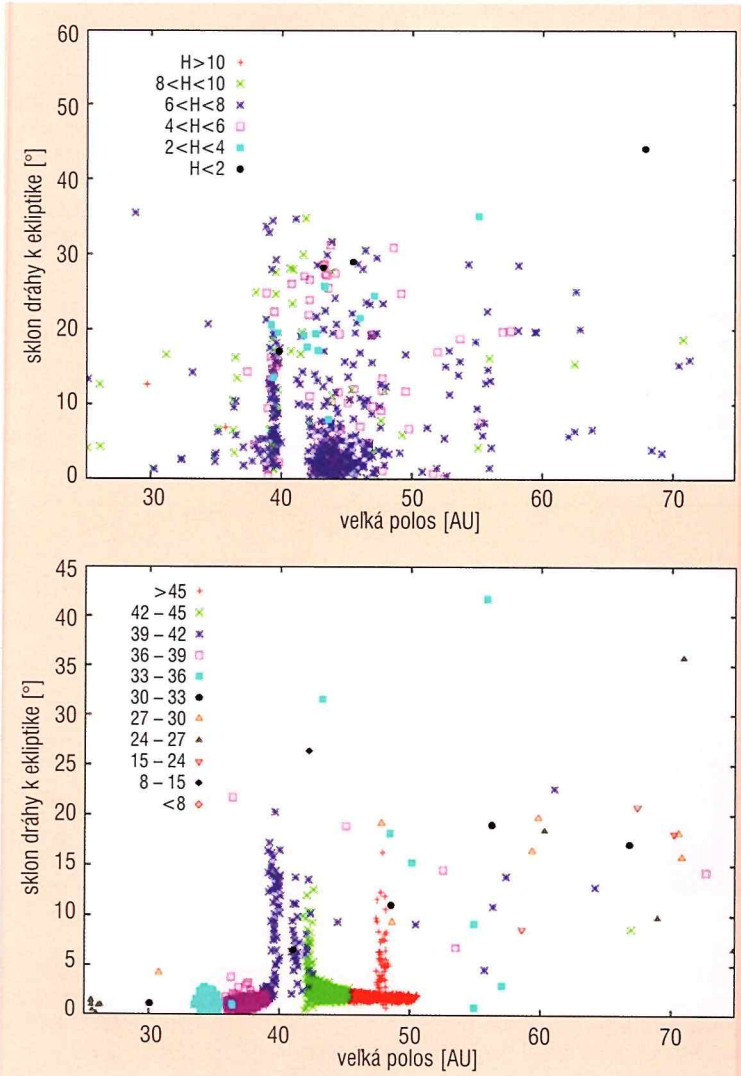
Odrezanie disku však môže byť aj zdanlivé, čo môže mať fyzikálnu, nie dynamickú príčinu. Weidenschilling koncom 90. rokov 20. storočia ukázal, že s rastúcou heliocentrickou vzdialenosťou klesá maximálna veľkosť formujúcich sa telies a za istých podmienok môže byť tento pokles pomerne náhly. A takéto podmienky sa dali najviac očakávať práve vo vonkajších častiach protoplanetárneho disku.

5. Jupiterovi Trójania

Na *obr. 1* je vidieť pomerne veľa častíc v okolí najvnútornejšej dráhy Jupitera, znázornenej červenou farbou. Sú to známi Jupiterovi Trójania, ktorí obiehajú okolo Slnka po dráhach so skoro rovnakou obežnou dobou, akú má Jupiter. Hovoríme tiež, že sú s Jupiterom v rezonancii 1:1. V minulých storočiach nebol pôvod týchto telies úplne jasný. Existencia relatívne blízkeho pásu asteroidov, v ktorom sa nachádzajú telesá podobných rozmerov, nabádala hľadať pôvod Trójanov v tomto páse, pričom sa hypoteticky predpokladalo, že do súčasných rezonančných dráh boli zachytené.

Detailnejšie dynamické štúdie ale teóriu záchytu vôbec nepodporovali. Najnovšie štúdie ukázali, že Jupiterovi Trójania sú telesami, ktoré obiehajú okolo Slnka na tých istých dráhach, na ktorých aj vznikli. Ide teda o dynamicky veľmi starú skupinu. Naša simulácia tento záver podporuje. Aj po dvoch miliardách rokov sa v blízkosti dráhy Jupitera udržiava pomerne početná skupina častíc.

V okolí dráh Saturna a Urána neboli objavené žiadne telesá v rezonancii 1:1. Podľa simulácie tieto planéty síce tiež kedysi mali populáciu svojich Trójanov, no trvalo to pomerne krátko. Už po prvej miliarde rokov sa táto populácia pri oboch planétach rozplynula. Stabilita takejto skupiny telies pri planéte, ktorá má dráhu vo vnútri dráh iných planét, je nízka. Populáciu Trójanov možno opäť nájsť až pri poslednej, vonkajšej planéte, Neptún. Simulácia ukazuje, že napriek tomu, že ich početnosť je trikrát nižšia, než početnosť Trójanov pri Jupiteri, pretrvávali aj na konci simulácie v čase 2 miliardy rokov. Navyše boli objavené aj 3 skutočné telesá na dráhach v rezonancii 1:1 s Neptúnom.

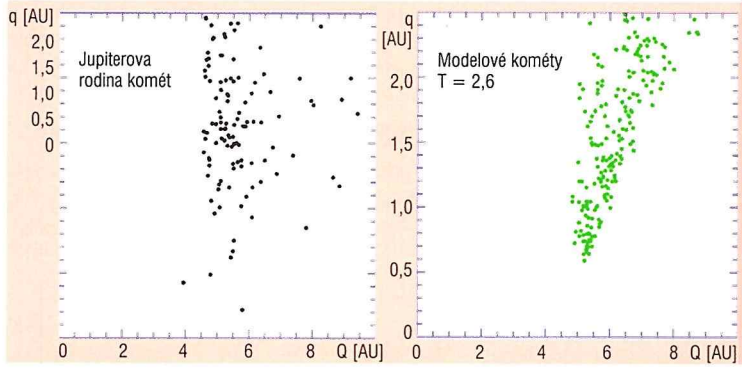


Obr. 6. **Rozdelenie objektov nachádzajúcich sa v oblasti Kuiperovho pásu a okolí vo fázovom priestore „sklon dráhy k ekliptike – veľká polos".** Graf (a) **znázorňuje rozdelenie doteraz objavených skutočných objektov. Objekty sú rozlíšené rôznymi symbolmi podľa intervalov absolútnej jasnosti *H*, ktorá korešponduje s ich veľkosťou.** Graf (b) **znázorňuje uvedené rozdelenie častíc v našej simulácii v čase 2 miliárd rokov. Tieto sú rozličnými symbolmi rozdelené do intervalov podľa ich pôvodu v protoplanetárnom disku na začiatku jeho existencie.**

Dynamika Slnečnej sústavy

RNDr. Eduard Pittich, DrSc.,
Nina Solovaya, DrSc.

Fragmenty kométy P/Shoemaker-Levy 9 padali na Jupiter od 16. do 22. júla 1994. Kométa sa rozpadla prinajmenej na 21 častí, ktorých priemer mohol mať až 2 km. Bola to prvá pozorovaná kolízia kométy s planétou v Slnečnej sústave.



Perihéliové vzdialenosti *q* verzus aféliové vzdialenosti *Q* v AU pre kométy Jupiterovej rodiny (vľavo) a modelové kométy s Tisserandovým parametrom *T = 2,6* (vpravo) 10 000 rokov po rozpade materskej kométy.

Na pohyb telies v Slnečnej sústave má dominantný vplyv jej gravitačné pole. Gravitácia riadi pohyb ôsmych planét okolo Slnka, ich mesiacov, komét, malých planétok, telies v Kuiperovom páse a Oortovom oblaku, meteoriodov, prachu a plynu, ako aj kozmických lodí a sond.

Menej hmotné telesá sú citlivé aj na iné sily. Pohyb umelých družíc okolo Zeme ovplyvňujú slapové sily, nesférický tvar planéty a odpor horných vrstiev atmosféry, v ktorej sa pohybujú. Rovnako pohyb blízkych mesiacov planét korigujú sily spojené so slapmi na príslušnej planéte a jej odchýlka od nesférického tvaru. Odpor atmosféry planéty výrazne mení gravitačnú dráhu prelietavajúceho meteoroidu. Na pohyb aktívnych komét pôsobí negravitačná sila, ktorá vzniká únikom prachových a plynných častíc z jadra kométy. A pohyb najmenších telies, mikrometeoroidov, ovplyvňuje viacero negravitačných síl, súvisiacich s ich interakciou s časticami medziplanetárneho a medzihviezdneho prachu a plynu a magnetickým poľom.

Na keplerovskej dráhe okolo Slnka by sa pohybovalo teleso iba vtedy, ak by okrem neho a Slnka neexistovali žiadne iné telesá. Presnejšie, išlo by o uzavretú sústavu dvoch telies, na ktorú by nepôsobil ani gravitačný potenciál Galaxie. Pripomeňme si, že keplerovské dráhy sú teoretické dráhy izolovanej sústavy dvoch telies. Každé ďalšie teleso je poruchovým telesom. Pohyb na keplerovskej dráhe sa jeho vplyvom mení na pohyb po dráhe blízkej keplerovskej, avšak iba v krátkom časovom intervale. V dlhšom časovom období musíme pri výpočte dráhy telesa brať do úvahy nielen gravitačné pole Slnečnej sústavy ale aj ostatné sily, ktoré naň pôsobia. V kozmologicky dlhom časovom intervale musíme zobrať do úvahy aj gravitačný potenciál Galaxie.

Sústreďme sa teraz na pohyb komét a asteroidov v Slnečnej sústave. Aj to len na niektoré špecifické problémy spojené s ich migráciou medzi jednotlivými oblasťami Slnečnej sústavy.

Jupiterova rodina komét

Najstaršou známou skupinou krátkoperiodických komét je Jupiterova rodina komét. Patria k nej kométy obiehajúce okolo Slnka na prográdnych dráhach, s krátkymi periódami a malým sklonom, ktorých aféliá ležia v blízkosti dráhy Jupitera. Spočiatku astronómovia predpokladali, že ide o dlhoperiodické kométy z Oortovho oblaku, ktoré zmenili svoju dráhu gravitačnou silou Jupitera. V roku 1972 E. Everhart našiel pre ne priamy transfér z Oortovho oblaku, ktorý sa uskutočňuje opakovanými priblíženiami k Jupiteru. Podmienkou pre pôvodné dráhy bola poloha perihélia v blízkosti dráhy Jupitera a malý sklon. Podobný scenár v tom čase rozpracovala aj E. I. Kazimirčak-Polonskaja. S tým rozdielom, že na zmene dráhy sa podieľali všetky veľké planéty.

Prísun komét do Jupiterovej rodiny migráciou objektov z Kuiperovho pásu je energeticky menej náročný. Migráciu možno vysvetliť procesom gravitačného záchytu objektov z transneptúnickej populácie s nízkymi sklonmi, na ktorom participujú všetky veľké planéty.

Existenciu pásu malých telies za dráhou Neptúna predpokladal K. E. Edgeworth ešte v roku 1943. Ale až objav prvého objektu tejto populácie telies, planétky 1992 QB_1, znamenal počiatok novej éry vo výskume Slnečnej sústavy. Kuiperov pas sa stal viac ako realitou. Počet objavených transneptúnických telies rýchlo presiahol tisícku.

Existuje i ďalší možný zdroj komét Jupiterovej rodiny, súvisiaci s rozpadom veľkej kométy na menšie časti. Existencia tohto procesu je dnes už neodvratným faktom, pozorovaným u mnohých komét. Príkladom je verejnosti dobre známy rozpad kométy P/Shoemaker-Levy 9, ktorej fragmenty sme v roku 1994 videli dopadať na Jupiter. Alebo 92 komét SOHO, ktoré vznikli rozpadom veľkej materskej kométy pred viac ako 2000 rokmi.

Potvrdiť alebo vyvrátiť dopĺňanie Jupiterovej rodiny komét rozpadom veľkej kométy sme skúmali metódou Monte Carlo. Modelovali sme dráhy 84 fragmentov fiktívneho rozpadu materskej kométy počas 10 000-ročného intervalu po rozpade. Za materské kométy sme vybrali sériu telies, pohybujúcich sa po dráhach s hodnotou Tisserandovho parametra z intervalu od 2 do 3, teda podobnú hodnote akú majú kométy Jupiterovej rodiny. Fragmenty veľmi rýchle stratili dynamické znaky spoločného pôvodu a pokryli podstatnú časť priestoru, v ktorom sa pohybujú pozorované kométy Jupiterovej rodiny. Výsledkom výskumu je i skutočnosť, že z pozorovaného rozdelenia dráh Jupiterovej rodiny nevieme jednoznačne rozlíšiť kométy, ktorých pôvod súvisí s rozpadom materskej kométy, od tých, ktoré boli zachytené Jupiterom, či už z Kuiperovho pásu alebo Oortovho oblaku.

Dodnes však nie je vyriešený jeden problém komét Jupiterovej rodiny. Novozachytené kométy z Kuiperovho pásu majú malé sklony dráh. Ich opätovné priblíženia k Jupiteru sklony dráh zväčšujú, ale do intervalu širšieho aký pozorujeme.

Problém dráhy kométy Encke

Kométu 2P/Encke objavil 17. januára 1786 P. F. A. Méchain na observatóriu v Paríži, ako hmlistý, voľným okom viditeľný objekt. Odvtedy kométa prešla perihéliom 68-krát. My sme ju pozorovali 60-krát, od roku 1970 na celom úseku jej dráhy.

Dráha kométy sa mení iba nepatrne. Malé poruchy dráhy spôsobujú jej priblíženia sa k Merkúru (najtesnejšie v roku 1848 na vzdialenosť 0,038 AU) a Jupiteru (najtesnejšie v roku 1903 na vzdialenosť 0,906 AU). Dráhu kométy rušia negravitačné sily spojené s ejekciou materiálu z jadra. Kométa bola v minulosti členom Jupiterovej rodiny komét.

Kométa Encke je jedinou periodickou kométou s vysokou hodnotou Tisserandovho parametra 3,03, bez tesných priblížení s Jupiterom. V sučasnosti poznáme viacero malých asteroidov s podobnými dráhami. Ich prechod z hlavného pasu asteroidov na súčasné dráhy za rozumný čas vieme vysvetliť gravitačnými silami planét. Zmena dráhy kométy Encke z Jupiterovej rodiny komét na jej terajšiu dráhu pod vplyvom gravitácie by trvala najmenej stotisíc rokov. To je oveľa dlhší čas ako obecne prijímaná doba života periodickej kométy: 600 až 1100 návratov k Slnku. Z tohto dôvodu by sme museli predpokladať, že kométa Encke pri návratoch k Slnku v minulosti nevykazovala aktivitu. Ak zavrhneme túto alternatívu, na zmenu dráhovej energie kométy Encke musíme zobrať do úvahy aj negravitačné sily.

Možnú existenciu dráh prechodu medzi Jupiterovou rodinou komét a dráhami podobnými dráhe kométy Encke sme skúmali s uvážením negravitačných síl numerickou integráciou pohybových rovníc. Pri experimente hodnoty negravitačných síl neprevýšili hodnoty vypočítané z pozorovaní. Výsledok ukázal, že niektoré modelové dráhy dosiahnu dráhu podobnú dráhe kométy Encke za rozumný čas, kratší ako 40 000 rokov, typický pre jej aktívnu fázu života.

Zistili sme, že kométa, pri prechode rezonanciami s Jupiterom, sa v nich môže dočasne zachytiť, čo zabráni jej bezprostrednému priblíženiu sa k Jupiteru a v konečnom dôsledku vedie k zväčšeniu excentrici-

ty dráhy. To má za následok zväčšenie negravitačných síl. Preto rezonancie a negravitačné sily sa zdajú byť kľúčovým faktorom pri prechode dráhy z Jupiterovej rodiny komét na dráhu podobnú kométe Encke.

Asteroidy s vysokými sklonmi a SOHO kométy

Prevažná väčšina známych asteroidov má prográdny pohyb so sklonom dráhy k rovine ekliptiky menším ako 20°. Asteroid 2102 Tantalus je asteroid s najväčším známym sklonom (64°) aký poznáme.

Pozorovacie programy na vyhľadávanie asteroidov sa obmedzujú hlavne na nízke ekliptikálne šírky. To limituje naše poznatky o asteroidoch s vysokými sklonmi dráh. Predpokladať existenciu asteroidov s vysokými sklonmi nám umožňujú nielen okliešťené pozorovacie programy, ale aj objavy SOHO komét. Z nich mnohé sa pohybujú, či už prográdne alebo retrográdne, na dráhe s vysokým sklonom.

Pre výskum asteroidov s vysokými sklonmi sme zvolili modelové dráhy asteroidov z hlavného pásu malých planétok. Vybrali sme tie, ktoré ležia v oblasti hranice kritéria Hillovej stability z reštringovaného problému troch telies. Počiatočné hodnoty veľkých polosí modelových dráh asteroidov sme vypočítali z Jacobiho integrálu pre hodnoty konštantné vo vnútornom rovnovážnom bode.

V súčasnosti poznáme takmer 1 500 komét Kreutzovej skupiny, ktoré sa tesne priblížujú k Slnku (tzv. sungrazery). Jednu z nich sme v roku 1979 odpozorovali koronografom na Lomnickom štíte. Väčšina z nich sú SOHO kométy s polomerom jadra menším ako 100 m. Pre malý rozmer sú SOHO kométy slabé objekty. Možno ich pozorovať iba keď sú dostatočne jasné, čo nastáva vtedy, keď sa dostanú do blízkosti Slnka alebo Zeme

Dráhy SOHO komét sa z dostupných pozorovaní nedajú presne vypočítať. Je to preto, že doba pozorovania týchto objektov vo väčšine prípadov nepresahuje niekoľko dní pred prechodom perihéliom. V prvom priblížení ich poznáme ako dráhy parabolické. Potvrdzujú to aj lepšie určené dráhy sungrazerov objavených zo Zeme. Medián sklonov SOHO komét s prográdnymi dráhami je okolo 60°, s retrográdnymi dráhami okolo 145°. Medián perihéliových vzdialeností SOHO komét je 0,0055 AU.

Pre výskum evolúcie modelových dráh SOHO komét sme zvolili blízkoparabolické dráhy s excentricitami od 0,9900 do 0,9993, so sklonom 60° a 145° a perihéliovou vzdialenosťou 0,0055 AU. Evolúciu modelových dráh asteroidov s vysokými sklonmi ako aj modelových dráh SOHO komét sme skúmali numerickou integráciou pohybových rovníc v období 200 000 rokov. Použili sme pritom gravitačný model Slnečnej sústavy so všetkými planétami. Chovanie oskulačných modelových dráh na obdobie 20 000 rokov znázorňuje pripojený obrázok.

Zistili sme, že evolúcia dráh asteroidov s vysokými sklonmi a modelových dráh SOHO komét je veľmi podobná. Asteroidy s vysokými sklonmi môžu vplyvom gravitačných síl planét periodicky meniť excentricity a sklony v širokom rozsahu. Pritom veľké polosi ich dráh sa menia iba nepatrne, bez sekulárnych porúch. Pretože perihéliová vzdialenosť je funkciou excentricity a veľkej polosi, ich perihéliové vzdialenosti sa menia spolu so zmenami excentricity. Aj SOHO kométy na modelových dráhach migrujú v celej oblasti Slnečnej sústavy, od blízkeho okolia Slnka do vzdialených vonkajších oblasti Slnečnej sústavy.

Obe skupiny telies prichádzajú periodicky do blízkosti dráh terestrických planét, niektoré z nich ich križujú v uzle. Telesá môžu pri tesnom priblížení k planétam dramaticky meniť svoje dráhy alebo sa s nimi zraziť.

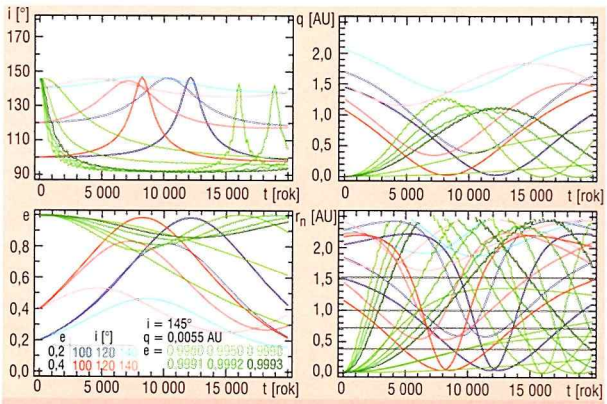
Migrácia transneptúnických objektov

V poslednom období astronómovia objavili veľa malých telies pohybujúcich sa v oblasti za dráhou Neptúna, v tzv. Kuiperovom páse (30–50 AU). Delíme ich na viacero populácií podľa ich fyzikálnych a dynamických parametrov. Jednou z nich je populácia tzv. klasických objektov, obsahujúca telesá s priemerom od 1000 km a menšie. Charakterizujú ju takmer kruhové dráhy telies, s excentricitou menšou ako 0,1, a malé sklony do 10°.

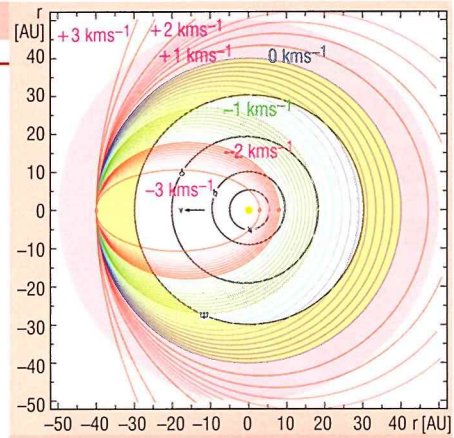
Analytické periodické riešenie vonkajšieho variantu reštringovaného problému troch telies (Slnko, Jupiter, malé teleso) zodpovedá keplerovským oskulačným dráham, v ktorých excentricita, sklon a veľká polos podliehajú iba periodickým poruchám. Preto iba dodatočné sily majú vplyv na zmenu periodických dráh klasických objektov. Tieto môžu meniť ich dráhy v rozumnom časovom intervale tak, že začnú vykazovať sekulárne poruchy od planét. Numerické modelovanie ukazuje, že v časových horizontoch miliónov rokov môžu tieto objekty migrovať z pôvodných dráh na prechodové dráhy bez dodatočných síl.

Pozorovania svedčia o možných vzájomných zrážkach telies v Kuiperovom páse. Priemerná rýchlosť telies v Kuiperovom páse je okolo 1,5 km s^{-1}. Je to dostatočná rýchlosť na katastrofický rozpad telies pri zrážke, alebo na zmenu dráhovej rýchlosti niektorého z úlomkov. Efekty vyvolané zrážkou telies závisia na ich hmotnosti, rýchlosti a smere zrážky.

V našom výskume sme sa zamerali na jednu z možností ako dostať teleso z Kuiperovho pásu, pohybujúce sa po stabilnej periodickej dráhe, na prechodovú dráhu. Predpokladáme pritom zrážku telesa s dlhoperiodickou alebo neperiodickou kométou Kreutzovho typu, prelietavajúcou Kuiperov pás. Skúmali sme potrebnú zmenu dráhovej rýchlosti, ktorú musí teleso Kuiperovho pásu získať od prelietavajúceho telesa, aby bola dostatočná na zmenu periodickej dráhy na prechodovú dráhu, po ktorej teleso môže migrovať do vnútornej alebo vonkajšej časti Slnečnej sústavy. Kométy na dráhach podobných dráham Kreutzových komét, dosahujú v oblasti Kuiperovho pásu rýchlosti 7,7–5,9 km s^{-1} (pre heliocentrické vzdialenosti 30–50 AU). Tieto rýchlosti sú pri zrážke s objektom Kuiperovho pásu dostatočné na rozpad a teda aj na zmenu dráhovej rýchlosti zasiahnutého objektu alebo jeho časti.



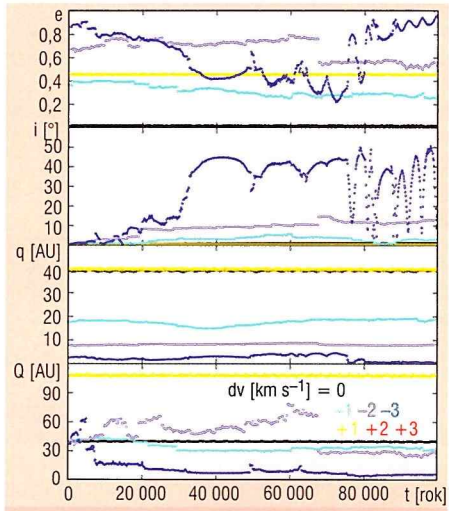
Evolúcia sklonu *i*, excentricity *e*, perihéliovej vzdialenosti *q* a heliocentrickej vzdialenosti telesa v uzle dráhy *rn* oskulačných modelových dráh asteroidov s vysokými sklonmi a SOHO komét.



Schematické znázornenie počiatočnej heliocentrickej kruhovej dráhy s polomerom 40 AU ležiacej v rovine ekliptiky a dráh s prírastkom tangenciálnej dráhovej rýchlosti o ±0–3 km s^{-1}.

Pre našu štúdiu sme zvolili počiatočné kruhové dráhy s polomerom 30, 40, a 50 AU a menili sme dráhovú rýchlosť o ±0–3 km s^{-1}. Evolúciu modelových dráh sme vypočítali numerickou integráciou pohybových rovníc na 100 000 rokov. Použili sme pritom opäť gravitačný model Slnečnej sústavy, uvažujúci všetky planéty. Výsledok potvrdil, že vzájomná zrážka klasického objektu Kuiperovho pásu s malým telesom, pohybujúcim sa na vysoko excentrickej dráhe s malým sklonom vedie k zmene dráhy.

Dráhy, vzhľadom na odovzdaný moment hybnosti sa môžu zmeniť tak, že ich ďalší vývoj bude riadiť Neptún s ostatnými planétami. Pri malej zrážkovej rýchlosti nemusí dôjsť k rozpadu telesa. Zmení sa iba jeho dráha. Napríklad k tomu, aby pohyb klasického Kuiperovho objektu na kruhovej dráhe s polomerom 40 AU začal riadiť Neptún, stačí, ak sa rýchlosť objektu zmenší o 0,4–0,5 km s^{-1}. Neptún sa potom už postará o jeho ďalší prechod z Kuiperovho pásu. Pri zvýšení dráhovej rýchlosti sa afélium dráhy telesa vzďaľuje z Kuiperovho pásu úmerne prírastku rýchlosti. Po prekonaní bariéry parabolickej rýchlosti, teleso uniká zo Slnečnej sústavy.°



Evolúcia počiatočnej heliocentrickej kruhovej dráhy s polomerom 40 AU so sklonom 0 a jej modelových variantov so zmenenou tangenciálnou dráhovou rýchlosťou o ±0–3 km s^{-1} počas 100 000 rokov.

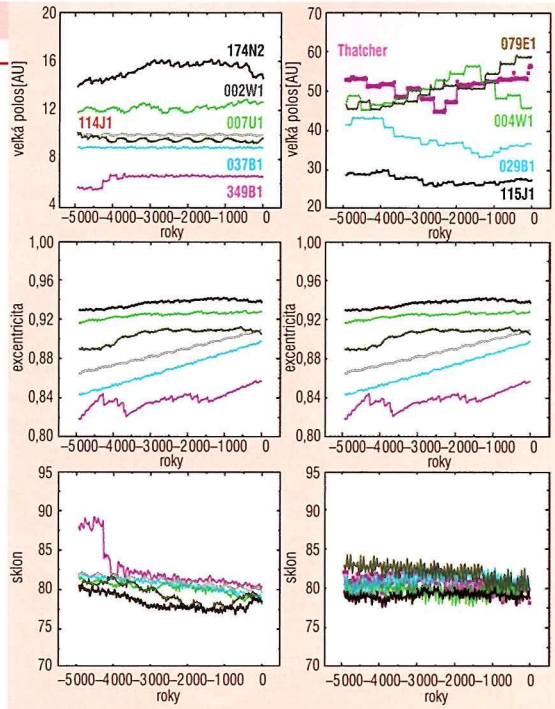
Proces vzájomných zrážok telies v Kuiperovom páse ako aj ich zrážok s kométami s vysoko excentrickými dráhami mení štruktúru Kuiperovho pásu. Objekty po zrážke môžu migrovať do centrálnej oblasti Slnečnej sústavy, iné do jej vzdialenejších častí a niektoré ju dokonca opustia.

Štruktúra meteorických prúdov

Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., Prof. RNDr. Vladimír Porubčan, DrSc. Mgr. Zuzana Kaňuchová, PhD.

Začať na Slovensku článok delením meteorov na sporadické a rojové je ako nosiť drevo do lesa. Obrovská armáda pozorovateľov meteorov vie o tom svoje. Napriek tomu nejakú triesku priložíme. Sporadické meteory sú totiž posledným štádiom na ceste od oblaku častíc uniknutých z materského telesa (kométy alebo asteroidu) cez vlákno a prúd až k čiastočkám, ktorých pôvod je v dôsledku dlhodobého dynamického vývoja veľmi nejasný. Študovať preto jemnú štruktúru prúdov meteoroidov znamená postupne rozpletať zamotanú históriu ich vývoja.

Skúmať jemnú štruktúru možno len v tých prúdoch, ktoré sú dostatočne početné, alebo počas mimoriadnej jednorazovej alebo opakovanej aktivity. Uvedieme niekoľko výsledkov, ktoré sú prvými krokmi na zložitej ceste mapovania jemnej štruktúry prúdov meteoroidov.



Obr. 1. **Vývoj dráhových elementov veľkej polosi *a*, excentricity *e*, vzdialenosti perihélia *q* a sklonu i individuálnych členov Lyríd za posledných 5000 rokov: krátkoperiodická zložka (ľavý stĺpec), dlhoperiodická zložka a kométa C/1861 G1 Thatcher (pravý stĺpec).**

Lyridy

Aprílové Lyridy sú známe ako pravidelný meteorický roj s relatívne nízkou aktivitou, maximom okolo 21. – 22. apríla a zenitovou hodinovou frekvenciou 5 – 10 meteorov. Materským telesom prúdu je kométa C/1861 G1 Thatcher, s obežnou dobou 415 rokov, objavená v roku 1861. Je to kométa s najdlhšou obežnou dobou, ktorá je pôvodcom známeho meteorického roja. V dôsledku zvýšeného počtu častíc v dráhe prúdu sú detegované občasné ostré maximá aktivity. Pozorovania za posledných 200 rokov ukázali na ich krátke trvanie nepresahujúce dve hodiny, čo poukazuje na možnú filamentárnu štruktúru prúdu.

Štruktúra prúdu bola študovaná na základe dráhového vývoja jeho individuálnych členov. Vychádzali sme z najnovšej doplnenej databázy fotografických dráh meteorov IAU Meteor Data Centra (MDC), z ktorej sme, aplikáciou Southworthovho-Hawkinsovho D-kritéria podobnosti dráh, odseparovali 17 Lyríd z časového obdobia 21. – 25. apríla, odvodili stredný denný pohyb radiantu, jeho veľkosť a tvar. Veľkosť radiačnej plochy koreluje s rozptylom dráh ako aj so štruktúrou prúdu. Radiačná plocha Lyríd je oválna s veľkosťou 5°×2°. V centrálnej časti je koncentrovaná a zaberá plochu len 2°×1,5°.

Dráhy fotografických Lyríd sú z obdobia 55 rokov, čo pokrýva len 13 % obežnej doby materskej kométy a tak poskytuje veľmi obmedzenú informáciu o rozložení meteoroidov pozdĺž celej dráhy prúdu. Na základe veľkej polosi dráh častíc v Slnečnej sústave možno Lyridy rozdeliť na tri odlišné zložky: **i)** krátkoperiodickú, s veľkou polosou dráhy $a \approx 6 - 14$ AU, **ii)** dlhoperiodickú, s $a \approx 27 - 61$ AU, **iii)** extrémne dlhoperiodickú, s $a > 300$ AU. Aby sme vysvetlili takéto štrukturálne rozdelenie, previedli sme numerickú integráciu dráh členov krátkoperiodickej a dlhoperiodickej zložky Lyríd počas obdobia 5000 rokov do minulosti. Na *obr. 1* je zobrazený vývoj dráh jednotlivých meteoroidov (pri zachovaní ich označenia v IAU databáze) vo veľkej polosi *a*, excentricite *e* a v sklone dráhy *i*. Krátkoperiodická a dlhoperiodická zložka prúdu je dobre rozlíšteľná. K dlhoperiodickej zložke (pravý stĺpec) je pridaný aj vývoj kométy Thatcher. Extrémne dlhoperiodická, resp. hyperbolická časť prúdu je pravdepodobne dôsledkom chybne zmeraných rýchlostí pri spracovaní pozorovaní, pretože žiadny meteoroid tejto skupiny sa v minulosti nestretol s väčším rušivým telesom, ktoré by mohlo spôsobiť jeho urýchlenie na hyperbolickú dráhu.

Ukazuje sa, že rozhodujúcim telesom pre vývoj krátkoperiodickej zložky prúdu je Jupiter. K vývoju dlhoperiodickej zložky okrem Jupitera významne prispieva aj Saturn. Vývoj dráh v tejto zložke je stabilnejší a veľmi podobný vývoju dráhy materskej kométy. Vzhľadom na veľký sklon dráhy (≈ 79°), dôležitú úlohu zohráva poloha uzlov dráh meteoroidov. Zatiaľ čo výstupné uzly krátkoperiodickej zložky ležia za dráhou Jupitera, výstupné uzly dlhoperiodickej zložky sa nachádzajú v blízkosti dráhy Saturna. Zostupné uzly oboch zložiek sa nachádzajú v blízkosti dráhy Zeme a počas celých 5000 rokov boli stabilné. Možno teda konštatovať, že pozorovaná štruktúra Lyríd je dôsledkom gravitačného pôsobenia Jupitera a Saturna na prúd meteoroidov.

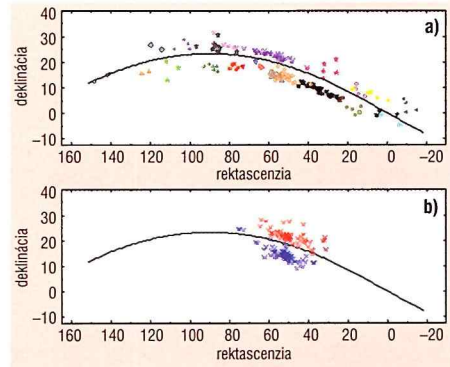
Tauridy

Tauridy tvoria rozsiahly difúzny prúd s najdlhšou aktivitou zo známych meteorických rojov. Aktivita roja má zložitý charakter a v dôsledku malého sklonu dráhy prúdu Zem ním prechádza dvakrát do roka. V predperihéliovej časti ich pozorujeme ako nočné Severné a Južné Tauridy a v poperihéliovej časti ako denné roje, ktoré možno pozorovať len rádiovými metódami ako Zeta Perzeidy a Beta Tauridy. Už začiatkom 20. storočia bol odhalený zložitý charakter prúdu, keď v ňom Denning identifikoval 13 aktívnych oblastí v súhvezdiach Barana a Býka. Vo všeobecnosti prevláda názor, že prúd predstavuje celý komplex, pozostávajúci z niekoľkých malých rojov, a že niektoré z nich geneticky súvisia s kométou 2P/Encke a ďalšie sú zviazané s asteroidmi typu Apollo.

Tauridy sú bohaté na jasné meteory, preto je aktivita i štruktúra prúdu najlepšie preskúmaná z fotografických pozorovaní, ktoré zároveň poskytujú najpresnejšie dráhy. Na odhalenie jemnejších štrukturálnych zvláštností prúdu Tauríd sme na presné fotografické dráhy, zosumarizované v katalógu IAU MDC, aplikovali iteračnú vyhľadávaciu procedúru, založenú na D-kritériu Southwortha a Hawkinsa. Rozlíšili sme 23 filamentov s 2 – 56 členmi, celkove 210 členov Tauríd, z ktorých 84 patrí do severnej a 126 do južnej vetvy *(obr. 2)*. Redukcia radiantov na spoločnú dĺžku Slnka (220°), *obr. 2 – dole*, zobrazuje celkovú radiačnú plochu komplexu s rozmermi približne 25°×15°ş. Radiačné plochy severnej a južnej vetvy sú kompaktné a zreteľne od seba oddelené. Radiant Tauríd počas celého obdobia aktivity prechádza postupne piatimi súhvezdiami, od Rýb, cez Barana, Býka, Oriona až do Blížencov. Aktivita Tauríd pretrváva štyri mesiace (september – december) a zahŕňa aj meteory, ktoré autori rôznych katalógov zaraďovali do iných malých rojov.

Trvanie aktivity, rozptyl dráh a zložitosť stavby Tauríd, ako sú lokálne zhustenia v určitých obdobiach (predtým uvažované ako individuálne malé roje), nedovoľujú jednoduché vysvetlenie pôvodu celého komplexu. V súčasnosti sa uvažuje, že na vzniku komplexu sa okrem kométy 2P/Encke podieľalo aj viacero menších telies pochádzajúcich z hierarchického rozpadu veľkého telesa typu Chiron. Preto sme v ďalšom kroku hľadali potenciálne asociácie asteroidov k filamentom Tauríd medzi asteroidmi známymi do polovice roku 2005 (*Asteroid Orbital Elements Database*, Ted Bowell, Lowell Observatory). Asociácie boli vyhodnocované pomocou D-kritéria, ďalej porovnávaním geocentrických rýchlostí a teoretických meteorických radiantov. Pre hodnotu kritéria D < 0,30 sa našlo 91 asteroidov pohybujúcich sa v blízkosti komplexu. Pre overenie potenciálnej asociácie sme následne stredné dráhy všetkých filamentov Tauríd a 91 NEA integrovali a sledovali ich dráhový vývoj na časovej škále 5000 rokov dozadu. Analýza vzájomnej súvislosti filamentov a asteroidov ukázala, že na základe časového vývoja D-kritéria možno navrhnúť asociácie, pre ktoré sú na určitom časovom úseku dráhy filamentov a asteroidov podobné.

Sledovaním dráhového vývoja sme našli možné asociácie medzi 7 filamentami komplexu a 9 objekt-



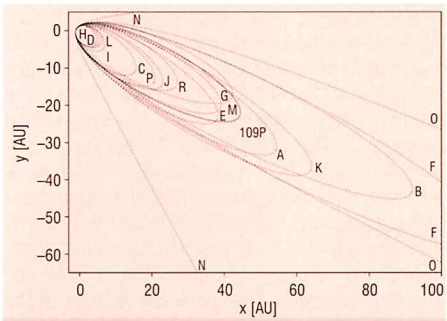
Obr. 2. **Rozloženie radiantov meteorov komplexu Tauríd** (horný obrázok) **a radiačná plocha radiantov redukovaných na spoločnú dĺžku Slnka 220°** (dolný obrázok). **Meteory jednotlivých filamentov na hornom obrázku sú zobrazené odlišnými symbolmi.**

mi NEO. Všetky NEO v komplexe Tauríd sú malé telesá, s priemerom pod 2 km. Môže ísť o fragmenty po kolíziách, neaktívne kometárne jadrá alebo väčšie meteoroidy. Z analýzy vyplýva, že za najlepšie asociované filamenty ku kométe 2P/Encke možno považovať filament odpovedajúci hlavnej vetve Severných Tauríd, ktorý bol z kométy uvoľnený približne pred 4000 – 4500 rokmi a filament odpovedajúci hlavnej vetve Južných Tauríd, ktorý je pravdepodobne starší ako 5000 rokov.

Perzeidy

Pri analýze údajov sme pracovali so súborom dráh novej verzie IAU MDC databázy presných fotografických pozorovaní meteorov, ktorá obsahuje 4581 dráh. Pokiaľ v tejto práci hovoríme o prúde meteoroidov Perzeíd, máme na mysli súbor 875 dráh vybraných z IAU MDC databázy pomocou metódy indexov.

Porovnali sme výsledky štúdia jemnej štruktúry prúdu meteoroidov Perzeíd získané dvomi odlišnými metódami. Pomocou metódy indexov založenej len na štatistických predpokladoch sme zistili, že vo vnútri prúdu meteoroidov Perzeíd možno rozpoznať 17 vlákien *(obr. 3)*. Analýza priestorového usporiadania nájdených vlákien ukázala, že väčšina z nich nie je rozložená v priestore náhodne, ale je súčasťou vyšších usporiadaných štruktúr, tzv. vetiev prúdu. Vlákna boli identifikované len v najhustejšej časti roja, odpovedajúcej časovému intervalu od 4. do 15. augusta.

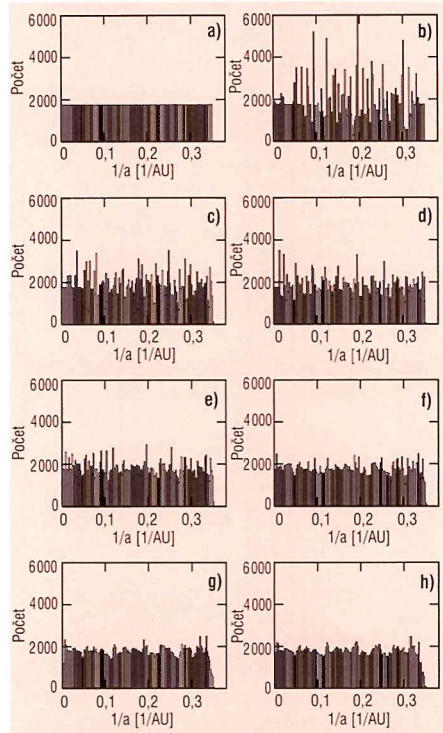


Obr. 3. **Projekcia dráh vlákien do strednej dráhovej roviny 560 Perzeíd. Dráha kométy je zobrazená plnou čiarou.**

Vetvy prúdu Perzeíd boli identifikované na základe vizualizácie priestorového rozloženia vlákien, ako aj výpočtu Southworthovho a Hawkinsovho D-diskriminantu všetkých dvojíc vlákien. Stredné dráhy všetkých členov danej vetvy sú si veľmi podobné. To naznačuje na možnosť ich podobného dynamického vývoja. Nájdené štruktúry – vlákna a vetvy – sú ponorené v oblaku 315 rozptýlených dráh.

Z porovnania teoretických polôh planetárnych rezonancií a umiestnenia objavených vlákien sme zistili, že vlákna sa vyskytujú v tesnej blízkosti silných rezonancií stredného pohybu s obrími planétami. Preto vlákna môžu s veľkou pravdepodobnosťou reprezentovať zvýšené počty častíc, ktoré boli gravitačne vypudené z rezonančnej medzery a usadené (dočasne) v jej tesnej blízkosti. Vlákna s hodnotou 1/*a* približne 0,039 sú vytvárané časticami, ktoré sa pohybujú na dráhach blízkych k dráhe materskej kométy a/alebo, ako navrhol Jenniskens, časticami zotrvávajúcimi na takýchto dráhach vplyvom stabilizujúcej 1:11 rezonancie s Jupiterom.

Pri analýze nájdených vlákien sme zistili mimoriadne zaujímavú skutočnosť, že 4 vlákna, ktoré sa zdajú byť v rezonancii s Jupiterom, tvoria jednu vetvu v metóde indexov. Podobne 3 vlákna v rezonancii so Saturnom patria do druhej vetvy v metóde indexov.



Obr. 4. **Rozdelenie častíc Perzeíd v 1/a – pôvodné a po 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 a 6250 rokoch.**

Prvú skupinu by sme mohli teda nazvať Jupiterovou vetvou a druhú Saturnovou vetvou prúdu Perzeíd.

Na potvrdenie alebo vylúčenie nášho predpokladu, sme skúmali rýchlosť vytvárania medzier v rozdelení veľkých polosí po úniku testovacích častíc z jadra materskej kométy a tiež stabilitu týchto vzniknutých zoskupení. Vykonali sme numerickú integráciu 245 700 testovacích meteoroidov počas 6250 rokov, t. j. približne 51 obehov kométy. Oblak testovacích častíc sme zvolili tak, aby v priestore pokrýval oblasť od dráhy materskej kométy až do vzdialenosti reálneho výskytu Perzeíd. Treba povedať, že náš integračný test si nekládol za úlohu nájsť reálne pôvodné rozdelenie častíc. Chceli sme len overiť ako Jupiterovské planéty vplývajú na vybraný oblak testovacích častíc.

Účinnosť gravitačného poruchového pôsobenia planét je obrovská. Už po prvom obehu častíc prúdu bolo možné vidieť medzery na miestach odpovedajúcich rezonanciám s Jupiterom a Saturnom. Medzery sa postupne prehlbovali, pričom najlepšie viditeľné boli medzi 4. a 8. obehom. Neskôr sa vytvorené štruktúry rozmazali. Postupné znižovanie vrcholov a vyrovnávanie vzorky je tiež *vidno na priložených obrázkoch* zobrazujúcich počty častíc po 500, 1000 a 2000 rokoch.

Keďže náš testovací súbor je tvorený časticami uniknutými z kométy len počas jedného priblíženia k Slnku, z výsledkov uvedených vyššie vyplýva, že nájdené vlákna musia byť mladými štruktúrami.

Obr. 5. **Dve fotografické Perzeidy nad Lomnickým štítom.**

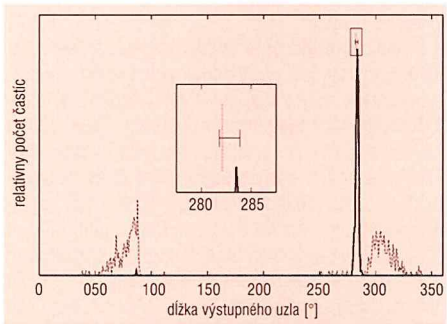
Kvadrantidy

Napriek svojej relatívne vysokej, i keď krátkej aktivite (3. až 4. január), patria Kvadrantidy medzi meteorické roje, u ktorých stále presne a jednoznačne nepoznáme materské teleso, z ktorého pochádzajú. Počas histórie bádatelia navrhli niekoľko potenciálnych materských telies na základe podobnosti ich elementov a strednej dráhy Kvadrantíd; spomeňme napríklad prvých kandidátov z roku 1953 kométy C/1939 (Kozik-Peltier) a 8P/1790 A2 (Tuttle); ďalšie kométy C/1860 D1, C/1939 B1, C/1490 Y1 a prvý navrhovaný asteroid 5496.

Vo výskume sme sa zamerali na dve, v súčasnosti najpravdepodobnejšie materské telesá: kométu 96P/ /Machholz navrhnutú McIntoshom a nedávno objavený asteroid 2003 EH1, ktorý je podľa navrhujúceho Jenniskensa vyhasnutým jadrom kométy C/1490 Y1. Aby sme zistili, ktorý z týchto dvoch objektov je pravdepodobnejším materským telesom, namodelovali sme vznik teoretických prúdov počas ich niekoľkých minulých prechodov perihéliom (do roku 2962 p.n.l) a skúmali ich dráhový vývoj v Slnečnej sústave až do súčasnosti, aby sme mohli konečné rozdelenie teoretických dráh teliesok približujúcich sa k dráhe Zeme – pozorovateľných ako meteory – porovnať s reálnym rozdelením dráhových elementov fotograficky pozorovaných Kvadrantíd *(napr. obr. 6)*.

Dokázali sme, že aspoň jedno z týchto dvoch telies je materským telesom Quadrantíd, ale kvôli nepresnosti dráh a neznámym negravitačným efektom nie je možné rozhodnúť, ktoré z nich je dominantným „prispievateľom" meteoroidov, prípadne či Kvadrantidy pochádzajú z oboch telies. Veľká časť meteoroidov Kvadrantíd, ktoré v súčasnosti pozorujeme, musela uniknúť z materského telesa (alebo telies) prinajmenšom pred niekoľkými tisíckami rokov. Ak sa Zem stretáva aj s mladšími – niekoľko 100-ročnými časticami, tak pochádzajú z asteroidu 2003 E H1 a predstavujú len časť celého roja Kvadrantíd.

Podľa našich simulácií nie je tiež vylúčené, že telesá 96P a 2003 EH1 vznikli rozpadom nejakého spoločného pôvodcu. Otázku, či k rozpadu skutočne došlo, by sme mohli zodpovedať len vtedy, ak by sme zobrali do úvahy aj fyzikálne vlastnosti študovaných telies. Rovnako je možné, že sa v prúde Kvadrantíd nachádzajú meteoroidy pochádzajúce z ďalších kandidátov: kométy C/1939 B1 alebo asteroidu 5496.



Obr. 6. **Ilustrácia výbornej zhody predpovedaných hodnôt výstupného uzla častíc prúdu kométy Machholz približujúcich sa v súčasnosti k Zemi s reálne pozorovanými hodnotami Kvadrantíd. Prúd bol modelovaný v čase prechodu kométy perihéliom v roku 2962 p.n.l. Plnou čiarou je vynesené rozdelenie hodnôt Ω častíc považovaných za Kvadrantity (q>0,8). Maximum teoretického prúdu (zvislá prerušovaná čiara) sa vyskytuje v intervale reálne pozorovaných Kvadrantíd, vyznačenom horizontálnou úsečkou.**

Výskum komét a asteroidov na Skalnatom plese

Mgr. Marek Husárik,
Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.

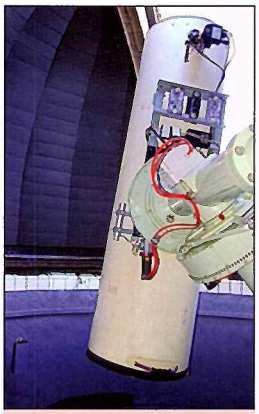
Kto sme, odkiaľ pochádzame a kam kráčame?

Zodpovedať na túto večnú a nezodpoveda(teľ)nú otázku by nám mohli pomôcť aj asteroidy, ktorých je v Slnečnej sústave obrovské množstvo. Prečo práve asteroidy? Slnečná sústava je nesmierne dynamický systém, v ktorom nové štruktúry preberajú miesto po starých. Napríklad, pozrime sa na krátery na Zemi. Ak by neexistovala erózna činnosť atmosféry, tektonická a vulkanická činnosť, zachovalo by sa na jej povrchu nespočetné množsto kráterov, z ktorých by sme ľahko vyčítali aj veľmi rané okamihy evolúcie Zeme. Ostatné planéty takisto predstavujú dynamické prostredia, v ktorých sa dávna minulosť pomerne rýchlo vytráca. Na štúdium nám tak zostávajú asteroidy, kométy a meteoroidy (medziplanetárny prach).

Na observatóriu na Skalnatom plese sa prakticky od jeho vzniku v roku 1943 pracovníci zaoberali výskumom medziplanetárnej hmoty, predovšetkým objavovaním komét a štúdiom ich dynamického a fyzikálneho vývoja a tiež pozorovaním a analyzovaním meteorických rojov. V roku 1964 pribudol aj výskum asteroidov. Spočiatku to bola len astrometria, neskôr takmer úplne nahradená fotometriou a analýzou fotometrických kriviek blízkozemských asteroidov a zaujímavých asteroidov hlavného pásu. Z množstva úspešných projektov a programov môžeme spomenúť len niektoré.

Kométy zo Skalnatého plesa a Lomnického štítu

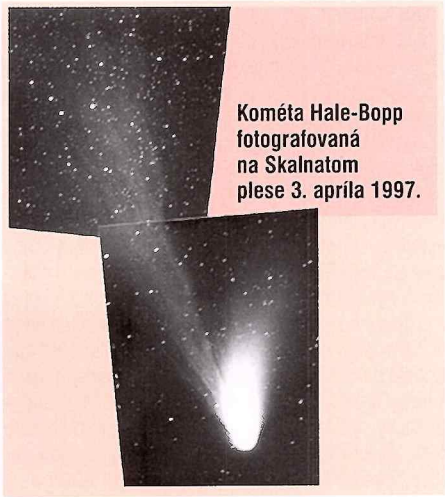
Celkom na začiatku boli tatranské objavy komét. V rokoch po 2. svetovej vojne sa pracovníci observatória na Skalnatom plese systematicky venovali hľadaniu nových komét. Ich úsilie prinieslo mimoriadne výsledky. Zo 70 komét objavených v rokoch 1946 – 1959 na celom svete, pripadlo 18 na observatóriá na Skalnatom plese a Lomnickom štíte, na observatóriom Mt. Palomar v USA 13 objavov a na ostatné svetové observatóriá po 5 alebo menej. Pracovníci ústavu si pripísali na svoje konto plné dve tretiny všetkých vizuálnych objavov, vrátane tých, ktoré bolo možné pozorovať len z južnej pologule.



Automatický 61-cm reflektor typ Newton observatória na Skalnatom plese slúži na pozorovanie asteroidov a komét.

Tri z objavených komét boli krátkoperiodické. Kométa P/Honda-Mrkos-Pajdušáková pravdepodobne súvisí s meteorickým rojom α Capricornid. Kométa P/Tuttle-Giacobini-Kresák patrí ku kométam, ktoré dlhšie obdobia pokoja prerušujú náhlym nečakaným zvýšením jasnosti. V roku 1973 zvýšila svoju jasnosť pri dvoch výbuchoch prechodne až 4 000-násobne. Najkrajšou z tatranských komét bola kométa 1957 V Mrkos. Vytvorila široký prachový chvost a štruktúrou plazmového a prachového chvosta pripomínala nedávno pozorovateľnú kométu Hale-Bopp.

V súčasnosti už trend objavovania nových komét na našom observatóriu prestal byť aktuálny, vyžadoval by obrovské množstvo času stráveného pozorovaním veľkej časti oblohy s minimálnou šancou na objavenie nového telesa, keďže vo svete existujú viaceré prehliadky určené priamo na tento účel (LINEAR, NEAT, Spacewatch, Catalina a ďalšie). Preto sa náš výskum zameral v posledných rokoch najmä na dohľadávanie novoobjavených komét a asteroidov, výpočty ich presných polôh a dráh v Slnečnej sústave, ale predovšetkým na skúmanie ich tzv. fyzikálnych vlastností. Vzhľadom na to, že počet komét a asteroidov neustále narastá a dosahuje už dnes úctyhodné čísla, výskum aj málonákladovými sondami, ktoré by pracovali priamo na objekte alebo v jeho tesnej blízkosti, by bol nie veľmi efektívny, aj keby prinášal cenné informácie, ktoré by sme pozemskými prostriedkami len ťažko získali. Dnes sú pozemské pozorovania – fotometrické, radarové, zákrytové a s vysokým rozlíšením pomocou veľkých ďalekohľadov – kľúčovým prostriedkom získavania informácii o kométach a asteroidoch.



Kométa Hale-Bopp fotografovaná na Skalnatom plese 3. apríla 1997.

Evolúcia kometárnych jadier

Dlhodobým a veľmi úspešným projektom bolo skúmanie procesov starnutia v kométach. Teoretické závery boli overované na reálnych dátach vypísaných z katalógov a prehľadov pozorovaní komét. Takmer všetky procesy, ktoré môžeme pozorovať na kometárnych jadrách, sú spojené s ich postupným rozpadom. Procesy starnutia v kométach majú za následok ohraničený čas aktívnej existencie komét.

Pracovníci ústavu zistili, že procesy starnutia, zrýchľujúce sa s klesajúcou heliocentrickou vzdialenosťou, sú príliš pomalé a nepravidelné, aby sme ich mohli zaznamenať počas jednotlivého návratu. Keďže životné doby jednotlivých komét sú veľmi krátke v porovnaní s históriou Slnečnej sústavy, na vysvetlenie súčasného stavu kometárnej populácie je potrebné ich dopĺňanie predtým neaktívnymi objektami. Prejavy starnutia môžeme študovať pomocou sekulárneho poklesu jasnosti periodických komét. Unikajúce plyny ovlyvňujú fyzikálne vlastnosti jadra, keďže menia jeho pórovitosť, premiestňujú prchavé látky a vytvárajú kôru z minerálnych látok na povrchu. Pracovníci ústavu na čele s prof. Kresákom vyvrátili reálnosť veľmi prudkého poklesu jasnosti pre Jupiterovu rodinu komét, ktorý našiel ruský astronóm Všechsvjatskij. Podstatná časť poklesu bola vysvetlená ako dôsledok prístrojových efektov závislých na čase. Aktívny životný čas kométy sa môže skladať z opakujúcich sa aktívnych fáz oddelených dočasnou nečinnosťou. Zdá sa, že straty spôsobené sublimáciou sú veľmi pomalé. Ak kométy skutočne slabnú, robia tak veľmi pomaly, alebo príležitostne. Zistilo sa, že typická periodická kométa prekoná 200 – 300 priblížení k Slnku ako aktívne teleso.

Jednou zo spoločných požiadaviek na zaznamenanie mnohých vývojových procesov je schopnosť pozorovať holé jadro kométy a zaznamenať aktivitu vo veľkých heliocentrických vzdialenostiach. Pracovníci ústavu odvodili fotometrické parametre pre súbor 67 dlhoperiodických komét na základe fotometrických pozorovaní vo vzdialenostiach viac ako 2,5 AU od Slnka. Počas tejto práce vznikol unikátny počítačový katalóg obsahujúci cez 10 000 odhadov a meraní jasnosti dlhoperiodických komét pozorovaných v rokoch 1861–1976. Výhodou katalógu v porovnaní s inými databázami sú kompletné referencie umožňujúce návrat k primárnym zdrojom a tiež jeho elektronická forma umožňujúca prácu v poloautomatickom režime.

Aktivita komét a rozmery kometárnych jadier

Pracovníci ústavu študovali aktivitu komét nepriamo, z hodnotenia údajov o objavoch komét a ich dynamických charakteristík. Aktivita komét sa prejavuje od mierneho zvýšenia zdanlivej jasnosti, cez náhle zvýšenie jasnosti až o niekoľko magnitúd, až po čiastočný alebo úplný rozpad jadra. Práce boli prvým pokusom sumárne zhodnotiť výberové efekty pri objave nových komét a získať údaje o aktivite kometárnych jadier v rôznych heliocentrických vzdialenostiach. Štúdium priestorového rozloženia rozpadov jadier a náhlych zvýšení jasnosti komét ukázalo na spojitosť týchto javov s intenzitou slnečnej radiácie a slapových síl Jupitera.

Veľkú pozornosť venovali pracovníci ústavu určovaniu rozmerov kometárnych jadier. Použili rôzne metódy, z ktorých najpresvedčivejšie výsledky poskytlo skúmanie chovania komét vo veľkých vzdialenostiach od Slnka v čase, keď nie je prítomná kóma a jasnosť kométy je takmer výlučne spôsobená odrazom slnečného svetla na pevnom jadre.

Na vysvetlenie nápadne malého rozdielu rozmerov dlhoperiodických komét a najväčších objektov populácie krátkoperiodických komét sformulovali pracovníci ústavu hypotézu, ktorá umožnila vysvetliť odvodené nízke hustoty jadra (100 – 200 kg/m^3) bez posunu oblasti formovania komét z oblasti Urána a Neptúna do väčších heliocentrických vzdialeností. Strata hmoty z kométy nemusí byť sprevádzaná rýchlym zmenšovaním jej rozmerov, ale môže byť aj dôsledkom poklesu hustoty jej jadra.

Fotoelektrická fotometria komét

V rámci svetového trendu štandardizácie meraných spektrálnych oblastí, pracovníci Astronomického ústavu SAV zaviedli na Slovensku fotoelektrickú fotometriu komét cez strednepásmové filtre centrované na najvýznamnejšie kometárne emisie a na relatívne čisté oblasti spektra bez emisií, potrebné na kalibráciu vyžarovania v emisiách. Pri zavádzaní tejto metódy využili dlhoročné skúsenosti kolegov zo stelárneho oddelenia. V ostatných rokoch bol uvedenou metodikou získaný kvalitný pozorovací materiál o všetkých jasných kométach.

Fotoelektrické merania C_2-magnitúd v najväčšej použitej clone (220 oblúkových sekúnd) sú vo veľmi dobrej zhode s priemernou hodnotou celkových vizuálnych odhadov, čo umožňuje bezproblémové naviazanie v čase, keď nie je možné kométy merať fotoelektricky pre malú uhlovú vzdialenosť od Slnka.

Odvodili sme údaje o jasnostiach komét v rôznych emisiách, výskyte molekúl v rôznych vzdialenostiach od jadra a zmenách ich produkcie s meniacou sa heliocentrickou vzdialenosťou. Postupný nárast jasnosti Halleyovej kométy, spôsobený jej približovaním sa k Zemi a Slnku, bol prekrytý náhlymi zjasneniami. Výrazné zjasnenie pred 13. decembrom 1985 bolo detegované v emisiách C_3, CN a oboch kontinuách. Výbuch bol potvrdený nezávisle z Japonska v C_2-emisii. Pre kométu Austin sme na základe porovnania zmeny produkcie materských molekúl C_2 a CN po perihéliu zistili, že tvorba týchto dvoch radikálov podlieha rôznym mechanizmom, z ktorých jeden je spojený s uvoľňovaním prachu z jadra kométy. Pre kométu Hale-Bopp sme zistili, že produkcia prachu v období dvoch mesiacov pred prechodom perihéliom sa menila so vzdialenosťou od Slnka ako $r^{-5,2}$, na rozdiel od produkcie molekúl spôsobujúcich emisiu C_2 ($r^{-3,3}$) a CN ($r^{-2,5}$). Tento anomálny chod sme vysvetlili zatienením žiariacich molekúl plynu oblakmi prachu.

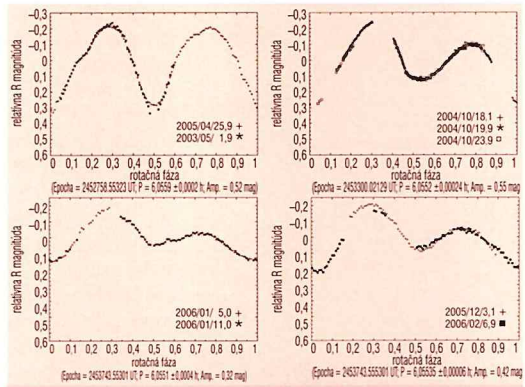
Fotometria asteroidov

Najefektívnejšou metódou určovania fyzikálnych vlastností asteroidov je fotometria, dostupná nielen profesionálnym astronómom, ale aj zanietencom astronómie. Nevyžaduje príliš nákladné investície. Stačí mať menší ďalekohľad s digitálnym záznamovým médiom (napr. CCD kameru) a počítač alebo notebook so softvérom, schopným spracovávať napozorované dáta. Oddelenie medziplanetárnej hmoty na observatóriu na Skalnatom plese disponuje 61-cm reflektorom (zrkadlovým ďalekohľadom typu Newton), v ktorého ohnisku je umiestnená CCD kamera SBIG ST-10XME s Johnson-Cousinsovými UBVRI fotometrickými filtrami. Pomocou tohto vybavenia sme schopní zaznamenávať aj veľmi slabé objekty s jasnosťami okolo 20. magnitúdy (pre takéto objekty počítame hlavne polohy), ale základným výskumným programom je fotometria jasnejších asteroidov do 17. magnitúdy, ktorých jasnosti možeme určiť spoľahlivo a s minimálnymi chybami. Výsledným výstupom sú pre nás svetelné krivky, t. j. súbory jasností závislých na čase. Svetelné krivky sú teda najdôležitejším zdrojom informácií o malých telesách Slnečnej sústavy. Predstavujú komplexnú informáciu o niektorých fyzikálnych vlastnostiach asteroidov alebo komét. Rôznymi inverznými metódami sme schopní určiť rýchlosť rotácie a zmenu jasnosti v širšom časovom intervale pozorovaní, ale vieme približne odhadnúť aj veľkosť a tvar telesa, prípadne jeho povrchové zloženie.

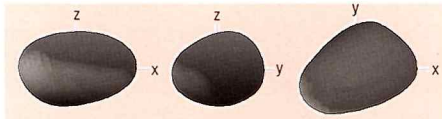
Modelovanie asteroidov

Jednou zo zaujímavých úloh observatória bolo dlhodobé fotometrické pozorovanie troch vybraných asteroidov (787) Moskva, (1095) Tulipa a (1257) Mora. Úlohou bolo:

- spresniť rotačnú periódu (rýchlosť rotácie),
- zistiť, ako výrazne sa mení veľkosť zmien jasnosti na vzájomnom postavení Slnka, asteroidu a pozorovateľa,
- určiť smery ich rotačných osí na nebeskej sfére vzhľadom na ekliptiku (rovinu, v ktorej obieha Zem okolo Slnka),
- zistiť akým smerom prebieha ich rotácia okolo osi (prográde – ako naša Zem, alebo retrográde – ako napr. Venuša),



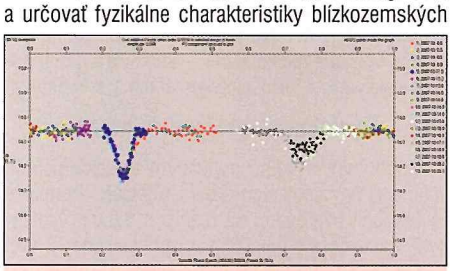
Ukážka napozorovaných svetelných kriviek asteroidu (787) Moskva zo Skalnatého plesa (roky 2003, 2005 a 2006) a z Ondřejova (rok 2004). Variácie zmien jasnosti rotujúceho asteroidu sú spôsobené zmenou vzájomnej polohy Slnka, asteroidu a pozorovateľa.



3D model asteroidu (787) Moskva získaný pomocou inverznej konvexnej metódy. Uvedené sú tri pohľady – dva zboku a zhora. Os *z* predstavuje os rotácie.

- pokúsiť sa vymodelovať ich 3D konvexné tvary na základe modernej inverznej metódy vypracovanej M. Kaasalainenom a J. Torppou z univerzity v Helsinkách a J. Ďurechom z Karlovej univerzity v Prahe.

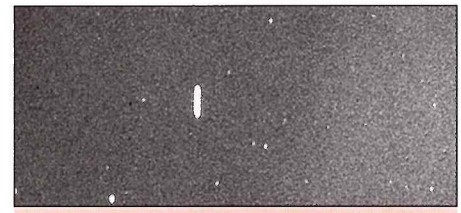
V súčasnosti sú vypracované modely pre asi 100 asteroidov! Ak vezmeme do úvahy ich obrovský počet, je to naozaj *žalostne* málo. Príčinou sú často nevyhovujúce podmienky na dlhodobé pozorovanie – malá výška objektu nad obzorom, nedostatočná jasnosť pre menšie ďalekohľady, prechod cez husté hviezdne polia, príliš dlhá rotačná perióda, atď. A tiež absencia viacerých systematických kampaní určených na dlhodobé pozorovania. V blízkej budúcnosti by sa mala spustiť na Havajských ostrovoch prevádzka projektu Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System), ktorý má za úlohu nachádzať, sledovať, katalogizovať a určovať fyzikálne charakteristiky blízkozemských telies (NEOs) až do veľkosti 140 metrov s efektívnosťou 90 percent do 15 rokov. Doterajším cieľom bolo zinventarizovať telesá do veľkosti jeden kilometer. Druhým výkonným hľadacím systémom, ktorý sa už v USA pripravuje je LSST (Large Synoptic Survey Telescope). Od obidvoch projektov sa očakáva objav viacerých nových objektov Slnečnej sústavy, ktoré by mohli byť zaujímavé na pozorovanie aj pre menšie observatóriá.



Objavenie podvojnej podstaty asteroidu (8116) Jeanperrin. Objavili sme ju už v noci 8. októbra 2007 (4. riadok, zelený bod v zozname na obrázku), no potvrdili sme ju až na prelome 11./12. októbra 2007 (zvýraznené modré body). Zákryt väčšieho asteroidu vlastným mesiačikom sa prejaví vo svetelnej krivke hlbším poklesom jasnosti. Naopak, keď väčší asteroid zakryje svoj mesiačik, prejaví sa to plytkejším poklesom. V prípade tohto páru dochádza k opakovaniu zákrytov každých 36,15 hodiny, čo je perióda obehu mesiačika okolo väčšieho asteroidu. Ostatné svetelné krivky pochádzajú ešte od nás a od pozorovateľov z Modry, USA, Charkova a Pic du Midi. Obrázok poskytol dr. P. Pravec.

Hľadanie binárnych asteroidov

Pred pár rokmi sme sa zapojili do fotometrického výskumu tzv. asynchrónnych podvojných (binárnych) asteroidov, ktorý vedie dr. Pravec z Astronomického ústavu Akadémie vied Českej republiky v Ondřejove. Cieľom tohto výskumu je objavovať takéto objekty v blízkosti Zeme, v okolí dráhy Marsu a vo vnútornom hlavnom páse asteroidov a kontrolovaným spôsobom simulovať výberové efekty a vplyvy v získanej vzorke. V tejto kampani je zapojených viac ako 20 observatórií z USA, Kanady, Ukrajiny, Portugalska, Talianska a Austrálie. Pozorovania zo Skalnatého plesa odhalili podvojnosť troch asteroidov a prispeli k objavu ďalších desiatich podvojných asteroidov. Samozrejme, v rámci tejto kampane sme fotometricky pozorovali ďalších približne 80 *obyčajných* asteroidov, ktorým sme stanovili alebo pomohli stanoviť presné rotačné periódy.



Na obrázku je zachytený asteroid 2006 VV2, ktorý patrí medzi blízkozemské asteroidy typu Apollo. Bol tiež klasifikovaný ako potenciálne nebezpečný. Snímka bola exponovaná 30. marca 2007 o 20:30 UT. Pohyb asteroidu bol výrazný, preto sa prejavil na 50-sekundovej expozícii ako úsečka. V skorých ranných hodinách 31. marca 2007 preletel okolo Zeme vo vzdialenosti viac než 3 milióny kilometrov (asi 9 vzdialeností Mesiaca od Zeme).

Astrometria komét a asteroidov

S výnimkou fyzikálne zaujímavých objektov sa celosvetove dlhodobo pociťuje nedostatok astrometrických meraní periodických komét. Astrometrické merania sú potrebné pre výpočet dráh a efemeríd a pre dynamické modelovanie negravitačných efektov u komét, vytvorených tryskovým pôsobením unikajúcich plynov.

Astrometrický program patrí počas existencie Astronomického ústavu SAV k najdlhodobejším a najúspešnejším. Celkovo bolo získaných viac ako 3700 presných polôh komét a viac ako 3300 presných polôh asteroidov. Detailným štúdiom vybraných asteroidov sme sa podieľali na spresňovaní základnej siete astronomických súradníc a určovaní systematických opráv v pozičných hviezdnych katalógoch. Astrometria telies približujúcich sa k Zemi nám umožnila študovať rozloženie telies v okolí Zeme a predpovedať možné kolízie Zeme s kométou alebo asteroidom. Náš astrometrický výskum komét a asteroidov, ktoré boli alebo budú cieľom kozmických letov, poskytol životne dôležité údaje pre správne navedenie sond.

Bolidy v Európskej sieti

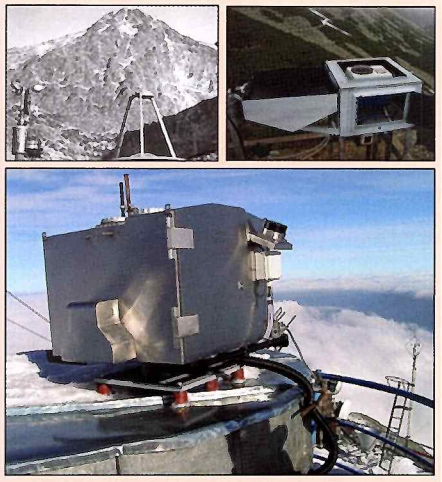
Prof. RNDr. Vladimír Porubčan, DrSc., Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.

Pod bolidmi rozumieme veľmi jasné meteory, ktoré na oblohe zažiaria aspoň tak jasno ako Venuša. Sú to meteoroidy s rozmermi približne od niekoľkých centimetrov do niekoľkých metrov a ich jas na oblohe silne závisí od rýchlosti, ktorou vnikajú do atmosféry, ďalej od hmotnosti, chemického zloženia a vnútornej štruktúry. Časti z väčších meteoroidov, rádove od desiatok centimetrov, ktoré nezhoria úplne v atmosfére, dopadajú na povrch ako meteority. Ešte donedávna bola jasná hranica medzi veľkými meteoroidmi a malými asteroidmi. Avšak prudký nárast počtu novoobjavených objektov z populácie k Zemi sa blížiacich asteroidov systematickými pozorovaniami robotickými prehliadkovými ďalekohľadmi po roku 1980 viedol k objavom nových populácií asteroidov rozmerov desiatok metrov a menej, čím sa reálna hranica medzi meteoroidmi a malými asteroidmi prakticky zmyla.

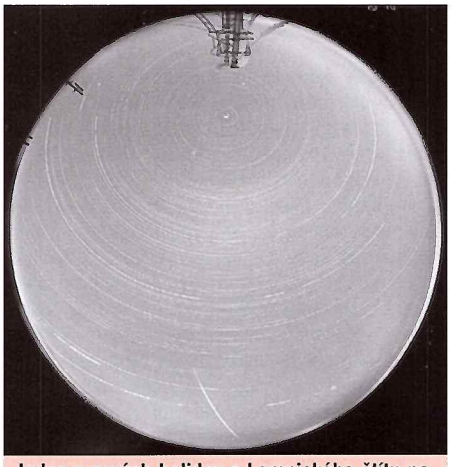
V poslednom období silne narastá záujem o výskum malých telies Slnečnej sústavy v celej škále ich rozmerov a hmotností. Viaceré z nich môžu byť potenciálnym nebezpečenstvom pre Zem a aj preto sa úsilie astronómov sústreďuje na čo najdôkladnejšie poznanie celej tejto populácie a jej dynamické a fyzikálne charakteristiky. Z tohto hľadiska sú veľmi dôležité celoplošné pozorovania, umožňujúce získať údaje, ktoré sú základom pre určovanie dráh a výskum fyzikálnych vlastností týchto telies. Do tohto systému pozorovaní zapadajú aj fotografické bolidové siete, ktorých hlavným účelom je monitorovať práve populáciu veľmi jasných meteorov, teda väčších meteoroidov, výpočet ich presných dráh v medziplanetárnom priestore a možností pádu meteoritov na povrch Zeme.

Impulzom pre vznik prvej bolidovej siete bol pád meteoritu Příbram 7. apríla 1959. Sieť sa začala budovať v Československu v roku 1963 a postupne sa rozšírila na Európsku bolidovú sieť (EN). Každá stanica tejto siete tzv. celooblohových fotografických kamier pozostávala z komerčného kinofilmového fotoaparátu (Praktica alebo Zenit, f = 58 mm), umiestneného na kovovej trojnožke nad vypuklým sférickým zrkadlom, do ktorého sa premietala celá obloha. Tesne pred objektívom fotoaparátu bol umiestnený rotačný sektor umožňujúci určovanie atmosférických rýchlostí meteorov. Nevýhodou systému bola relatívne malá presnosť merania polohy meteoru, potreba častého pokovovania povrchov zrkadiel a získavanie časov preletov bolidov potrebných pre výpočet dráhy len na základe informácií od náhodných pozorovateľov. V rokoch 1964 – 1985 pracovali celooblohové kamery na Slovensku v Banskej Bystrici, Hurbanove, Močiari, Piešťanoch, Rožňave, Skalnatom Plese, Somotore, Stropkove a Trenčianskych Stankovciach. Najzaujímavejším záznamom slovenskej časti EN bol prelet bolidu –12 absolútnej fotografickej magnitúdy, vyfotografovaný 27. mája 1979 piatimi stanicami. Podľa výpočtov dr. Ceplechu bolo isté, že zvyšky pôvodného 220 kg meteoroidu, ktorý sa rozpadol na štyri časti, dopadli až na povrch v oblasti mesta Zvolen. Najväčší mal mať hmotnosť približne 1 kg. Po meteoritoch pátralo niekoľko expedícií, ale bezúspešne. Ani početní svedkovia preletu bolidu nedokázali nahradiť, čo do presnosti dráhy, blízku stanicu v Močiari, ktorá začala exponovať až niekoľko minút po tomto prelete.

Záznam meteoritu Turji-Remety zo Skalnatého plesa.



Tri generácie celooblohových komôr.



Jeden z prvých bolidov z Lomnického štítu naexponovaný 7. 12. 2007.

Začiatkom 90-tych rokov boli komerčné fotografické kamery postupne vymieňané za nové s objektívmi typu „rybie oko" (Opton-Distagon a Hazelblad, f = 30 mm), ktoré umožňujú priamu fotografiu celej oblohy na planfilmy o rozmeroch 9×12 cm, bez potreby zrkadiel. Kinofilmový formát snímkov bol nahradený podstatne väčším formátom, čím sa zároveň zvýšila pozičná presnosť meraní, a keďže pri niektorých pevných kamerách sú prevádzkované aj pointované kamery, umožňuje to zároveň určiť aj čas preletu bolidu nezávisle od náhodných pozorovateľov. Donedávna pracovali na Slovensku dve stanice s objektívmi tohto typu a to na Skalnatom Plese a na observatóriu Univerzity Komenského v Modre, na ktorom je zároveň aj pointovaná kamera. Snímky získané v rámci EN sú centrálne spracovávané na Astronomickom ústave AV ČR v Ondřejove. Pre viacstaničné bolidy sú počítané atmosférické i heliocentrické dráhy a pravdepodobné miesta pádov pre potenciálne meteority. Keďže ide o priamu fotografiu, úspešnosť siete veľmi závisí od počasia.

Jedna z najstabilnejších staníc bolidovej siete je stanica na Skalnatom plese. Od roku 1964 bolo na nej získaných viac ako 2900 expozícií. Napríklad v roku 2006 bolo na Skalnatom Plese získaných 156 snímok, na ktorých 5 bolidov bolo spoločných s inými stanicami. Doteraz najvýznamnejším bolidom, zaznamenaným na Skalnatom plese i v Modre, je bolid –18 absolútnej fotografickej magnitúdy zo 17. novembra 2001, po ktorom na základe výpočtu dr. Spurného nasledoval pád okolo 450 kg meteoritov. Bolid preletel nad Západnou Ukrajinou smerom na Slovensko. Prelet bol pozorovaný mnohými náhodnými pozorovateľmi na Ukrajine i na Slovensku a zaznamenaný 5 stanicami EN. Meteoroid o hmotnosti okolo 4300 kg vstúpil do atmosféry rýchlosťou 18,5 km/s a pohasol v blízkosti ukrajinskej dediny Turji-Remety vo výške iba 13,5 km, čím sa stal najhlbšie v atmosfére fotograficky zaznamenaným meteorom v histórii. Meteoroid sa rozlámal na viacero úlomkov, z ktorých tri najväčšie s najväčšou pravdepodobnosťou mali koncové hmotnosti viac ako 100 kg. Na predpokladané miesto pádu bolo uskutočnených niekoľko ukrajinských expedícií a jedna z Univerzity Komenského v Bratislave, meteorit sa však doteraz nepodarilo nájsť.

Od októbra 2007 je stanica na Skalnatom Plese nahradená novou, plne automatickou fotografickou bolidovou kamerou, vybavenou objektívom typu „rybie oko", ktorá je umiestnená na Lomnickom štíte vo výške 2634 m n. m., kde má úplne ideálny obzor. Kamera, ktorá je majetkom Astronomického ústavu Akadémie vied ČR v Ondřejove, pracuje plne automaticky bez obsluhy počas získania 32 snímok. Prevádzku kamery zabezpečuje Astronomický ústav SAV, interpretácia najzaujímavejších javov bude spoločná. Podobné kamery využíva výskumný tím z Ondřejova pod vedením dr. Spurného v českej časti bolidovej siete už viacero rokov a štyri pracujú i v novej sieti vybudovanej v západoaustrálskej púšti. Kamera, ktorej lepším pomenovaním je **automatické bolidové laboratórium**, je veľmi dômyselná. Sama vyhodnocuje stav počasia, podľa vopred nastaveného pozorovacieho programu volí začiatok i koniec expozície a cez sieť komunikuje priamo s riadiacim centrom. Okrem záznamu na film je bolidové laboratórium vybavené aj detektorom celkového jasu oblohy, ktorý umožňuje určiť okamihy preletu veľmi jasných bolidov. Pri náhlom zvýšení jasu oblohy je aktivovaný aj zvukový detektor pre prípad, že by prelet bolidu bol sprevádzaný zvukovými efektami. Záznamy z detektora jasu sú prenášané dátovou sieťou do riadiaceho centra v Ondřejove. Príjem viacerých záznamov v rovnakom čase z rôznych staníc je neklamným znakom mimoriadneho javu.

Doterajšie polročné umiestnenie kamery na Lomnickom štíte dokumentovalo vysokú efektívnosť systému. Vďaka občasným inverzným situáciám a tiež umiestneniu nad dolnou vrstvou oblakov bola v zimnom období stanicou, ktorá v európskej sieti najlepšie využívala možný pozorovací čas. Keďže na Lomnickom štíte prakticky neexistuje uzemnenie, v letnom období nie je možnosť chrániť takéto citlivé zariadenie pred bleskami, kamera bude preto od apríla do septembra snímkovať meteory z alternatívneho zariadenia v Starej Lesnej a len v zime z najvyššie položeného pracoviska na Slovensku.

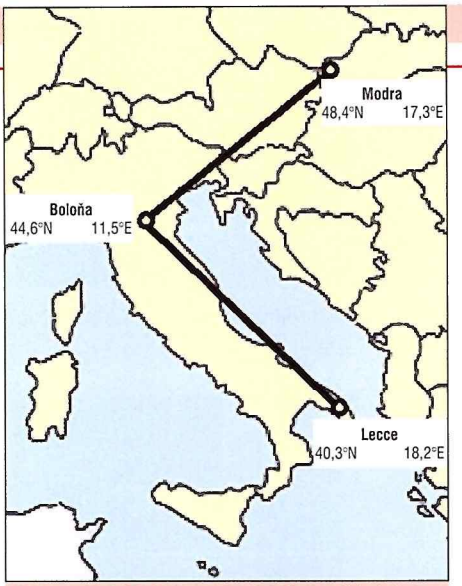
Meteory na radare

Prof. RNDr. Vladimír Porubčan, DrSc.

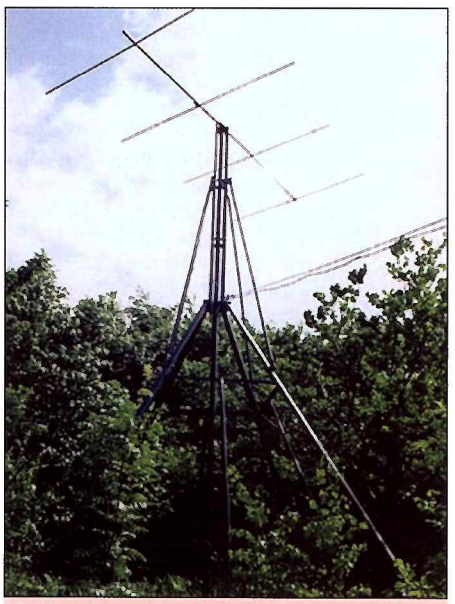
Rádiové pozorovania meteorov využívajú skutočnosť, že meteoroid pri prelete atmosférou vytvára ionizovanú elektricky vodivú stopu, ktorá rozptyľuje elektromagnetické žiarenie, dopadajúce na ňu. V praxi sa používajú dva systémy na registráciu žiarenia odrazeného od stopy, podľa toho, či je prijímač umiestnený priamo v mieste vysielača alebo vo vzdialenosti niekoľko sto kilometrov od vysielača. Prvý systém využívajú štandardné meteorické radary typu *back-scatter* umožňujúce okrem registrácie meteorickej ozveny priame meranie jej vzdialenosti. Na druhom systéme sú založené tzv. dopredné meteorické radary typu *forward-scatter*, ktorými registrujeme meteorické ozveny bez priamej možnosti poskytnúť informáciu o vzdialenosti.

V rámci spolupráce medzi Astronomickým ústavom SAV a ústavom Istituto di Scienze dell' Atmosfera e Clima (ISAC) Talianskej akadémie vied v Boloni bol uvedený do prevádzky nový dopredný meteorický radar označovaný BLM (Boloňa-Lecce-Modra), ktorý je prístrojom ústavu ISAC a pracuje podľa dohodnutého programu systematicky od septembra 1996. Rádiový signál je vysielaný z Budria pri Boloni pozdĺž dvoch navzájom takmer kolmých základní smerom na prijímač v Lecce (južné Taliansko) a na prijímač v Modre (Astronomicko-geofyzikálne observatórium UK). Zariadenie pracuje na frekvencii 42,77 MHz s nepretržitým amplitúdovo modulovaným signálom o frekvencii 1 kHz a výkonom 0,25 kW. Vysielacie i prijímacie antény sú typu Yagi, maximálny zisk je vysielaný pod sklonom 14° a vzdialenosti medzi základňami sú Budrio-Lecce 728 km a Budrio-Modra 612 km.

Systémom BLM sa pozoruje pravidelne jeden až dva týždne v mesiaci počas aktivity vybraných meteorických rojov a v období aktivity sporadického pozadia. Geometria systému umožňuje simultánne pozorovania v dvoch navzájom kolmých smeroch a tým i možnosť detailnejšieho štúdia štrukturálnych zvláštností rojov v priečnej i pozdĺžnej priestorovej stavbe z monitorovania ich jednotlivých návratov. Od roku 1996 sa systémom monitorovali všetky hlavné roje, z ktorých práve v tomto období boli najatraktívnejšími Leonidy.



Schematické zobrazenie orientácie základní meteorického dopredného radaru systému BLM s vysielačom v Budriu pri Boloni a prijímačmi v Lecce a Modre.



Prijímacia anténa dopredného meteorického radaru BLM na Astronomicko-geofyzikálnom observatóriu UK v Modre.

Leonidy

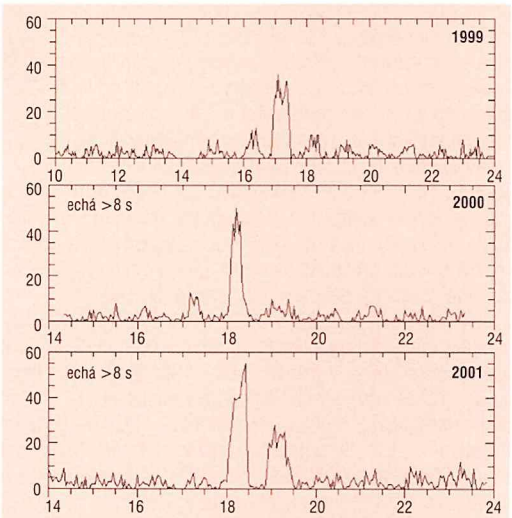
Materská kométa meteorického roja Leoníd 55P/Tempel-Tuttle obehne okolo Slnka raz za 33 rokov. Posledný návrat tejto kométy bol po jej prechode perihéliom sprevádzaný výraznými maximami Leoníd, ktoré v rokoch 1999, 2001 a 2002 dosiahli úroveň dažďov a boli doslova zážitkom pre vizuálnych pozorovateľov. Kométa 55P/Tempel–Tuttle bola najbližšie pri Zemi 17. januára 1998 a perihéliom prechádzala 28. februára. Keďže Zem pretínala dráhu prúdu 17. novembra 1998, iba 257 dní po prelete kométy, očakával sa výrazný meteorický dážď Leoníd. Táto skutočnosť vzbudila veľký záujem pozorovateľov, čo vyústilo v celosvetovú kampaň pozorovania roja všetkými dostupnými technikami. Nakoniec sa dážď nekonal, ale Leonidy 1998 boli aj tak veľmi výnimočné, keďže približne 18 hodín pred predpokladaným maximom Zem prechádzala oblakom väčších meteorických častíc, ktoré boli v atmosfére pozorované ako veľmi jasné bolidy. Že išlo o výnimočnú udalosť, dokumentuje aj snímka bolidovej celooblohovej fotografickej kamery na observatóriu UK v Modre, kde sa za 4 hodiny naexponovalo vyše 150 bolidov.

Od roku 1996 boli návraty Leoníd pozorované aj našim dopredným radarovým systémom BLM a následne analyzované z hľadiska aktivity roja, ako aj rozloženia častíc v prúde podľa hmotností. Pozorovania Leoníd sa vykonávali pravidelne v časovom intervale dvoch týždňov okolo maxima. Aktivita roja sa štandardne získava odpočítaním meteorov sporadického pozadia od počtov všetkých registrovaných ozvien (rojových i sporadických) v jednotlivých hodinách. Sporadické pozadie tvoria ozveny zo začiatku alebo konca pozorovaní, dostatočne vzdialené od maxima.

Leonidy 1998 sa prejavili v noci zo 16. na 17. novembra nečakane vysokým počtom ozvien s veľmi dlhým trvaním (jasné bolidy) a dvojitým maximom. Najvyšší počet rojových ozvien bol zaznamenaný 17. novembra o 2:15 UT (dĺžka Slnka 234,54°). Vysoký počet jasných meteorov dával tušiť, že hmotnostný exponent *s*, ktorý reprezentuje zastúpenie častíc v prúde podľa hmotností, bude malý. Hmotnostný exponent Leoníd máva hodnotu $s = 1{,}6 - 1{,}7$. V maxime Leoníd 1998 však poklesol na rekordne nízku hodnotu $s = 1{,}22$, svedčiacu o veľmi vysokom percentuálnom zastúpení väčších meteoroidov v tomto oblaku roja.

Analógiou s predchádzajúcim návratom kométy 55P/Tempel-Tuttle k Slnku, keď v roku 1965 bol pozorovaný vysoký počet bolidov v maxime a nasledujúci rok 1966 meteorický dážď, pozostávajúci hlavne z malých častíc, bolo možné očakávať meteorický dážď aj v roku 1999. Náš dopredný radar najvýraznejšie rozlišuje rojovú aktivitu od sporadického pozadia pre ozveny s dlhším trvaním. Pozorovania z 18. novembra 1999 ukázali skutočne veľmi výrazné maximum roja pre dĺžku Slnka 235,28°, v zhode s inými pozorovaniami. Odvodený hmotnostný exponent 1,6 poukazoval na to, že v Leonidách 1999 boli dominantné slabé meteory. Maximum aktivity na tej istej dĺžke Slnka bolo pozorované meteorickým radarom v Ondřejove (back-scatter). V oblasti slabých meteorov aktivita Leoníd dosiahla silu dažďa. Vizuálni pozorovatelia registrovali meteorický dážď so zenitovou hodinovou frekvenciou 3700 meteorov.

Leonidy 2001 a 2002 boli pre pozorovateľov opäť výnimočnými udalosťami. V roku 2001 sa prejavili ako dážď 18. novembra o 10:45 UT (dĺžka Slnka 236,15°). Vizuálni pozorovatelia mohli napočítať v maxime okolo 2200 meteorov za hodinu. Poloha maxima presne zodpovedala teoretickej predpovedi, podľa ktorej Zem v tom čase prechádzala filamentom uvoľneným z kométy v roku 1767. Maximum bolo veľmi výrazné aj pri pozorovaniach dopredným radarom. Leonidy 2002 boli posledným výraznejším prejavom zvýšenej aktivity roja, súvisiacim s posledným návratom materskej kométy do perihélia. Prejavili sa dvoma maximami, ktoré na základe vizuálnych pozorovaní dosiahli frekvencie nad 2500 meteorov na dĺžkach Slnka 236,62° a 236,85°. Obe maximá boli pozorované aj dopredným radarom BLM.



Hodinové počty meteorických ozvien s trvaním dlhším ako 8 sekúnd zaznamenané prijímačom dopredného meteorického radaru BLM na observatóriu UK v Modre z období novembrovej aktivity Leoníd (10. – 24. 11. 1999, 14 – 24. 11. 2000/2001).

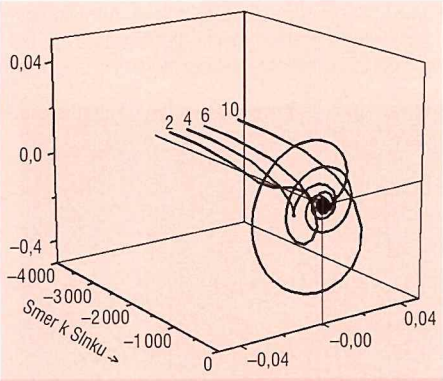
Kozmický prach a elektromagnetické žiarenie

Mgr. Miroslav Kocifaj, PhD.

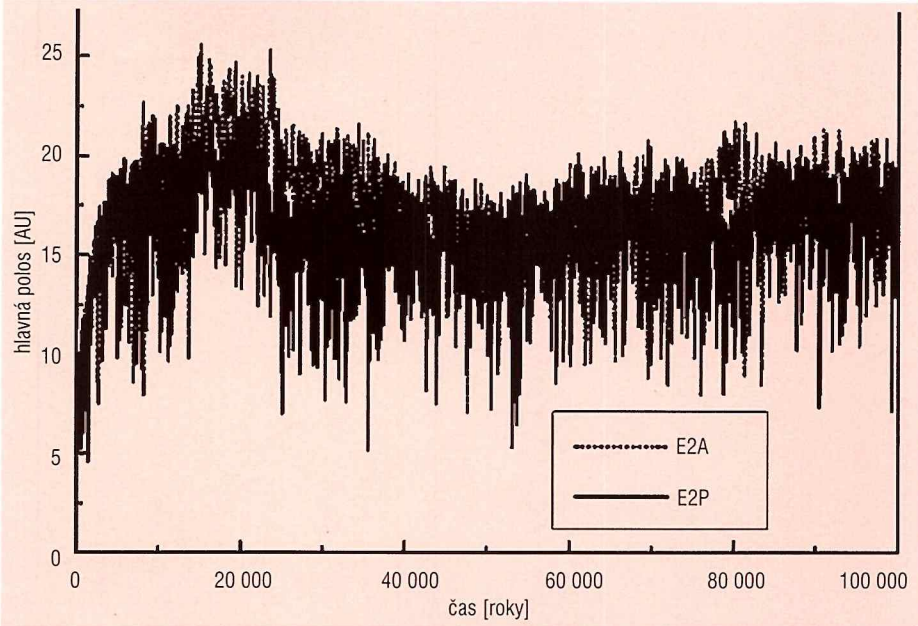
1. Úvod

Prítomnosť prachových častíc v kozmickom priestore bola zistená už dávno predtým, než sa o mikročastice začali intenzívne zaujímať aj iné, napr. environmentálne vedy. Podľa Gaila a Sedlmayera je veľká časť kozmických prachových častíc produkovaná v obálkach uhlíkových hviezd s vysokým žiarivým výkonom. I keď nie sú predstavy o vzniku častíc zatiaľ jednotné, vo všeobecnosti je akceptované, že makroskopické častice sú z veľkej miery produktom procesov kondenzácie. Je dobre známe, že zrnká prachu oslabujú žiarenie v závislosti na rozmere, tvare, chemickom zložení, a priestorovej koncentrácii jednotlivých granúl. Efektivita prenosu elektromagnetickej energie v prostredí obsahujúcom takéto častice je riadená procesami absorpcie, rozptylu a emisie. Preto sa rozdelenie energie v pozorovanom spektre hviezdy zvyčajne líši od jej skutočného spektra. Dramatický vplyv prachových častíc na energetické spektrum je typický napr. pre opticky husté prostredia prachových obálok červených obrov. Analýza detegovaného elektromagnetického žiarenia je účinným prostriedkom na „vydolovanie" informácií o časticiach schopných vyvolať pozorované zmeny spektra.

Prachové častice, tak ako aj iné objekty vo vesmíre, sú v neustálom pohybe. Spojitý tok medzihviezdnych častíc bol identifikovaný aj v Slnečnej sústave. Vplyvom gravitácie, tlaku žiarenia, magnetického poľa a iných síl je spojitý prúd týchto častíc narušený a to predovšetkým v blízkom okolí Slnka. Častice, ktoré nezaniknú priamo na Slnku alebo v jeho blízkom okolí (z dôvodu sublimácie), zvyčajne zásadne zmenia svoje trajektórie *(obr. 1)*. Rozmerovú selekciu častíc zabezpečuje elektromagnetické žiarenie. Najmenšie zrnká prachu s rozmermi menšími ako desatina mikrometra sú tlakom žiarenia doslova „vytlačené" zo Slnečnej sústavy. U tak malých zrniek je totiž účinok tlaku žiarenia významnejší než gravitačná sila. Submikrometrové častice sú Slnečnou sústavou zachytené a ich vývoj je bez detailných numerických výpočtov v podstate nepredpovedateľný. Pohyb väčších častíc o rozmeroch niekoľkých mikrometrov je ovplyvnený gravitačnou silou Slnka, ktorá núti tieto častice pohybovať sa po viac-menej hyperbolických dráhach, takže sú odklonené do okolitého kozmického priestoru.



Obr. 1. **Trajektórie nesférických medzihviezdnych častíc interagujúcich so Slnečnou sústavou. Pozície častíc sú merané v astronomických jednotkách, pričom Slnko sa nachádza v bode [0,0,0]. Častice prichádzajúce z „nekonečna" sa spočiatku pohybujú priamočiaro (najväčšie priblíženia častíc k Slnku pre prípad, že by na ne nepôsobili žiadne sily, sú dokumentované na obrázku hodnotami 2, 4, 6, a 10 polomerov Slnka). Stredný pomer najväčšieho a najmenšieho rozmeru častíc je 1,4.**

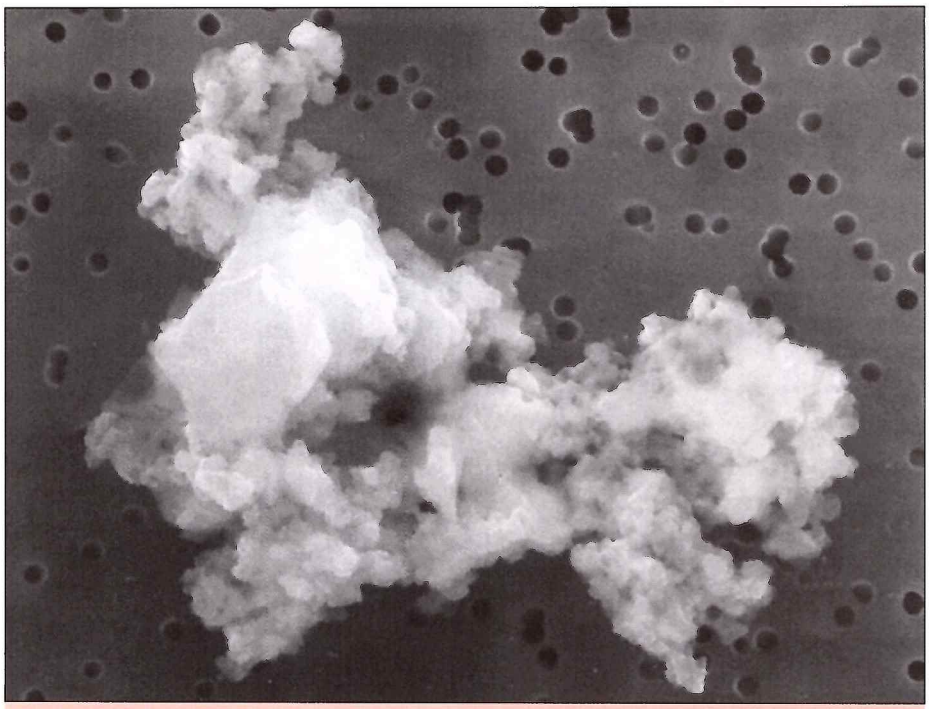


Obr. 2. **Dynamický vývoj hlavnej polosi dráhy nesférickej častice uvoľnenej v perihéliu (E1P) a v aféliu (E1A) kométy Encke. Polomer nesférickej častice je 0,4 μm a miera jej nesféricity 1,4. Na x-osi je uvedený čas v rokoch.**

V astrofyzike prachových častíc je vo všeobecnosti prijímaná Wilckova a Mannova koncepcia radiálneho pôsobenia tlaku žiarenia: impulz elektromagnetickej sily pôsobí len v smere spojnice hviezda-častica, čo v konečnom dôsledku redukuje účinky gravitačnej sily. Pred 80 rokmi poukázal Robertson na fakt, že sila tlaku žiarenia spomaľuje častice na ich keplerovských dráhach. Existencia neradiálnych zložiek tlaku žiarenia sa vôbec nepredpokladala, resp. zostala dlho nepovšimnutá, i keď priamo vyplývala z detailného riešenia Maxwellových rovníc pre nesférické a nehomogénne objekty (v našom prípade častice kozmického prachu). Súčasný rýchly rozvoj výpočtovej techniky a numerických metód otvoril priestor pre riešenie aj týchto zložitejších úloh. Ukázalo sa, že akákoľvek morfologická nepravidelnosť alebo nehomogenita častice je príčinou existencie neradiálnych zložiek hybnosti častíc (v súradnej sústave častice) a teda spôsobuje odklon od teoretickej trajektórie, počítanej pomocou Poyntingovho-Robertsonovho efektu. Z tohto dôvodu možno u častíc komplikovaného tvaru očakávať tak kladné ako aj záporné zmeny zrýchlenia na ich dráhe. Charakter pohybu rôznych častíc sa tak bude dramaticky líšiť. Z teórie vyplýva, že interakcia žiarenia s časticou vedie k následnej reemisii, ktorá spôsobuje stratu orbitálnej rýchlosti častice. Dôsledkom toho nadobudne pohyb ideálne sférickej častice špirálový charakter a častica skôr či neskôr zaniká v blízkom okolí Slnka. Doba života sférickej častice je preto bezpodmienečne „konečná" a relatívne dobre odhadnuteľná v zmysle Poyntingovho-Robertsonovho efektu. Celkom iná situácia nastáva u nesférickej častice. Takáto častica sa môže istú dobu k Slnku približovať, potom zase vzďaľovať, pričom zmeny pohybu môžu ovplyvňovať rôzne faktory, vrátane rotácie častice. Spolu s Klačkom sme ukázali, že výsledkom môže byť dočasná alebo aj dlhodobá stabilizácia častice v istej okolosnečnej zóne *(obr. 2)*. Tieto nové skutočnosti pomáhajú zodpovedať otázky týkajúce sa formovania a vývoja prachového systému v okolohviezdnych obálkach a sú motiváciou pre detailnejšie štúdium vplyvu optických vlastností častíc na ich dynamiku a dobu života.

2. Dôsledky interakcie elektromagnetického žiarenia s časticami kozmického prachu

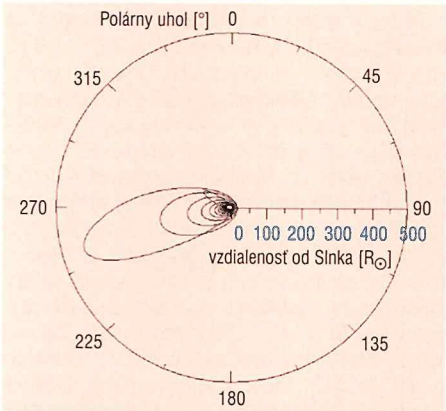
Je dobre známe, že procesy podieľajúce sa na vzniku prachových zrniek nedávajú veľkú šancu na vytvorenie ideálne sférických a homogénnych častíc, prípadne častíc s dokonale pravidelnými tvarmi, akými sú napr. elipsoidy. Výhody modelovania geometricky dobre definovaných tvarov sú zrejmé. Riešenie rozptylu elektromagnetického žiarenia na takýchto objektoch vedie, z dôvodu symetrie, k významným numerickým ale aj analytickým zjednodušeniam. Realita je však iná a, žiaľ, podstatne zložitejšia. Kozmické častice sú zväčša komplikované zhluky zrniek nanometrových až submikrometrových rozmerov *(obr. 3)*, ktoré sú často veľmi porézne. Optická odozva reálnych a idealizovaných (t. j. sférických a homogénnych) častíc je veľmi rozdielna. Sférické a nesférické častice sa líšia nielen v efektivite rozptylu a absorpcie, ale aj v tom, že neradiálne zložky tlaku žiarenia existujú len u nesférických častíc. Niektoré pozorované javy, ako sú napr. negatívna polarizácia rozptýleného žiarenia v okolí malých uhlov rozptylu, alebo existencia častíc pohybujúcich sa na dráhach s rôznymi sklonmi k rovine dráhy materského telesa, nemožno vysvetliť použitím modelu sférických častíc. Aj keď sú neradiálne zložky hybnosti nesférických častíc neporovnateľne menšie než radiálna zložka, ich existencia zásadne ovplyvňuje dynamický vývoj častíc.



Obr. 3. **Typická morfológia zrnka medziplanetárneho prachu** (podľa http://apod.gsfc.nasa.gov/apod/ap010813.html).

3. Záchyt medzihviezdnych častíc v Slnečnej sústave

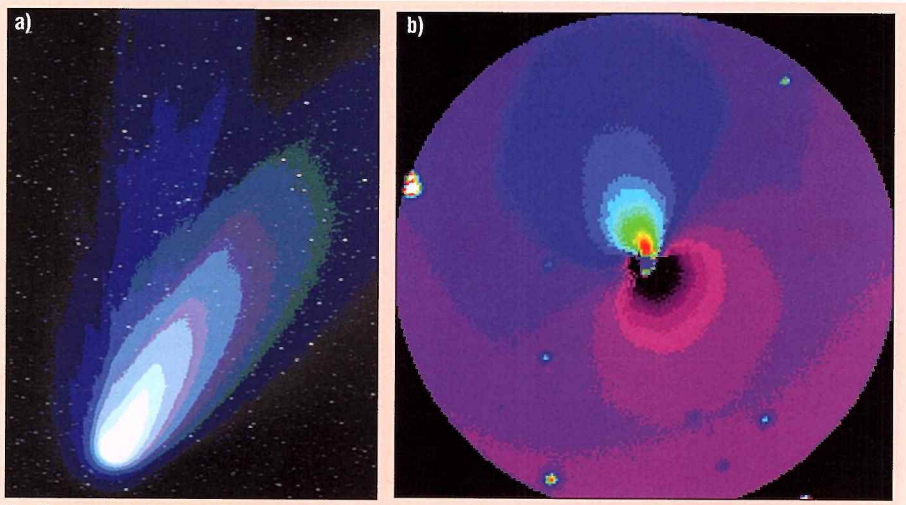
V posledných dvoch desaťročiach bola experimentálne dokázaná interakcia prúdu medzihviezdnych častíc so Slnečnou sústavou. Medzihviezdne častice dosahujú v okolí Slnka priemernú rýchlosť $v_\infty \approx 26$ km s^{-1}. Rozmer väčšiny častíc dosahuje niekoľko desatín mikrometra a len zriedka presiahne mikrometer. Otázka orbitálneho vývoja medzihviezdnych častíc nadobúda na význame pre častice nachádzajúce sa v blízkosti Slnka. Aby bolo možné modelovať trajektórie týchto častíc, je potrebné zvážiť simultánny vplyv gravitačnej, elektromagnetickej a Lorentzovej sily (generovanej medziplanetárnym magnetickým poľom). Výsledky ukazujú, že malé submikrometrové častice zvyčajne dosiahnu blízku okolosln ečnú zónu a niekoľkokrát obehnú okolo Slnka *(obr. 4)*. Ich doba života však nie je veľká a len malý zlomok týchto častíc zotrvá v tejto zóne dlhodobejšie. Zachytené sférické častice tepelnou deštrukciou a sublimáciou v blízkosti Slnka zanikajú. Nesférické častice však môžu byť odklonené na trajektórie, ktoré im zabezpečia relatívne dlhú dobu života. Takýmto spôsobom medzihviezdne častice dopĺňajú časticový systém v Slnečnej sústave a „vykrývajú" tak straty častíc, zanikajúcich v blízkosti Slnka.



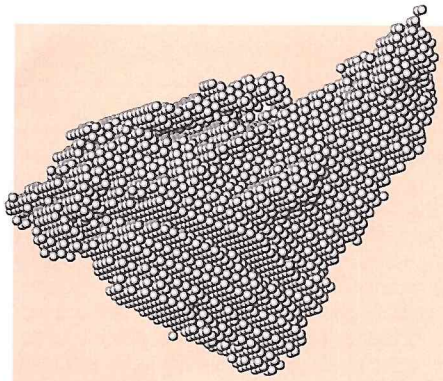
Obr. 4. **Vývoj trajektórie nesférickej častice medzihviezdneho prachu zachytenej v Slnečnej sústave (projekcia na rovinu ekliptiky). Modelové charakteristiky: polomer častice 0,4 μm, sklon rotačnej osi častice vzhľadom k rovine obehu 40°. Častica sa spočiatku pohybuje priamočiaro smerom k Slnečnej sústave a ak by na ňu nepôsobili žiadne sily, míňala by Slnko vo vzdialenosti jeho 480-tich polomerov (na obrázku je polomer Slnka značený symbolom $R_\odot$).**

4. Orbitálny vývoj častíc medziplanetárneho prachu

Na popis pohybu malých telies (mikrometeoroidov) uvoľnených z materských telies (komét a asteroidov, *obr. 5*) možno aplikovať zovšeobecnené riešenie Maxwellových rovníc pre zhluky prachových zŕn ľubovoľných tvarov. Vzhľadom na malý rozmer týchto častíc je ich trajektória ovplyvnená najmä gravitáciou a tlakom žiarenia. Gravitačný vplyv Slnka na pohyb prachových častíc je modifikovaný gravitačnými poruchami spôsobenými planétami, ktorých veľkosť závisí na aktuálnej polohe planét v Slnečnej sústave. Určujúcim faktorom pre dlhodobý dynamický vývoj jednotlivých skupín kometárnych či asteroidálnych častíc sú vlastné mikrofyzikálne charakteristiky, t. j. rozmery, morfológia, porezita, chemické zloženie, ale aj vnútorná topológia. Tieto charakteristiky hrajú kľúčovú úlohu v procesoch rozptylu a absorpcie slnečného žiarenia. Pozorovanú prítomnosť malých prachových častíc mimo orbitálnej roviny niektorých komét (a to aj v blízkosti afélia) nemožno vysvetliť tradičnými teóriami založenými na Poyntingovom-Robertsonovom efekte, platným pre ideálne sférické a homogénne čiastočky. Pre takéto objekty existuje analytické riešenie problému rozptylu žiarenia, známe ako Mieho teória. Tok žiarenia, rozptýleného časticou, určuje Poyntingov vektor, ktorý má v prípade homogénnej kompaktnej sféry striktne radiálny smer. Neradiálne zložky Poyntingovho vektora, ktoré sa objavia v prípade nesférických častíc, spôsobujú vychýlenie trajektórie častíc do rôznych smerov. Následne dochádza k narušeniu dráh jednotlivých častíc, ktoré neusporiadane prechádzajú na iné dráhy nevynímajúc ani tie, ktoré sú kolmé k dráhe materského telesa. Naše numerické výpočty ukázali, že s klesajúcim rozmerom častice rastú zmeny v ich orbitálnom vývoji v porovnaní s dráhou predpovedanou na základe Poyntingovho-Robertsonovho efektu. Tento trend zaniká pre príliš malé častice o rozmeroch zhruba o dva rády menších ako je vlnová dĺžka interagujúceho žiarenia. V tomto prípade ide o tzv. Rayleighov rozptyl, pri ktorom priestorová redistribúcia elektromagnetickej energie nezávisí od tvaru častice a je určená diagramom vyžarovania elementárneho dipólu. Interakciu elektromagnetického žiarenia s prachovou časticou možno pre jednoduchosť matematicky charakterizovať ako pôsobenie rovinnej vlny na sústavu elementárnych dipólov, ktoré tvoria teleso častice *(obr. 6)*. Minimálny počet dipólov, nevyhnutných na zachovanie požadovanej presnosti výpočtov, závisí na optických charakteristikách častice, na optických parametroch okolitého prostredia a na vlnovej dĺžke žiarenia. Keďže rozptýlené žiarenie je formálne produktom koherentných vlnení, generovaných v rôznych oblastiach telesa častice, možno ho interpreto-



Obr. 5. a) **Intenzívne uvoľňovanie prachu (http://apod.gsfc.nasa.gov/apod/ap050522.html)** a b) **detail výtrysku veľkého množstva prachových zŕn z kométy Hale-Bopp, detegovaného na observatóriu ESO v máji 1996** (podľa http://apod.gsfc.nasa.gov/apod/ap960729.html).



Obr. 6. **Dipólová reprezentácia častice U2015B10 – ide o kozmický prach katalogizovaný v NASA.**

vať vyžarovaním súboru dipólov s existujúcimi fázovými vzťahmi. Vplyv rozptylu žiarenia na evolučný vývoj prachového systému je dokázateľný aj pre častice mikrometrových rozmerov. Vplyv nesféricity a nehomogenity na vývoj niekolkomikrometrových častíc je stále nedoriešený z dôvodov enormných výpočtových nárokov, súvisiacich s riešením Maxvellových rovníc pre veľkú sústavu dipólov. Situácia sa opäť zjednodušuje u veľmi veľkých častíc o rozmeroch o 2 rády väčších ako je vlnová dĺžka interagujúceho žiarenia. Rozptyl žiarenia sa v tomto prípade riadi princípmi geometrickej optiky a v súhlase s Fresnelovskou asymptotikou je takmer celá energia rozptýleného žiarenia sústredená do oblasti malých uhlov. Dá sa preto očakávať, že existuje len určitý interval rozmerov častíc, u ktorých má nesféricita vplyv na charakter výsledného pohybu častíc v gravitačnom a elektromagnetickom poli Slnka.

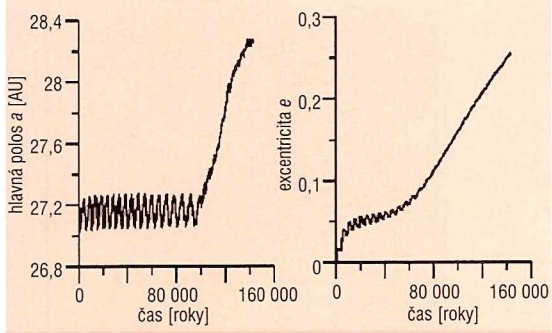
5. Prachové častice v orbitálnej rezonancii s planétami

Ďalším problémom dynamického vývoja malých prachových častíc v Slnečnej sústave sú rezonancie stredného pohybu, čiže záchyt častíc v rezonanciách s planétami. Častica je v rezonancii s planétou vtedy, ak sú stredné doby obehu častice a planéty v pomere dvoch celých čísel. Medzi záchytmi sférických a nesférických častíc sú principiálne rozdiely. Kým sférické častice zotrvávajú v rovine obežnej dráhy planéty, pohyb nesférických častíc nie je rovinný, pretože neustále dochádza k zmene vektora rýchlosti častice a to z dôvodu premenlivosti zložiek tlaku žiarenia. Nesféricita častice je tiež zodpovedná za fluktuácie parametra β – ktorý predstavuje pomer silových účinkov tlaku žiarenia a gravitácie. Pre sférické homogénne telieska je parameter β explicitne konštantný. Numerické simulácie ukázali na možnosť záchytu nesférických častíc mikrometrových rozmerov vo vonkajších rezonanciách s planétou (testy boli konkrétne realizované pre planéty Neptún a Zem). Na rozdiel od sférických častíc, ktorých doba záchytu bola podstatne dlhšia, nesférické častice neboli celkom stabilizované a viac-menej fluktuovali v istej rezonančnej zóne. Nesférické častice boli nájdené tiež vo vnútorných rezonanciách (napr. s planétou Neptún – *obr. 7*). „Vypadávanie" častíc z rezonancií často súvisí s blízkymi interakciami častíc s planétou. Zatiaľčo mimo rezonancie hlavná polos dráhy sférických častíc spojite klesá, pre nesférické častice bol pozorovaný nesystematický vývoj hlavnej polosi. Nárast hlavnej polosi dráhy je pritom jednoznačne spojený s existenciou neradiálnych zložiek tlaku žiarenia. V princípe možno konštatovať, že rezonančný záchyt nesférických častíc je ovplyvnený týmito faktormi: **i)** interakcia elektromagnetického žiarenia s nesférickou časticou mení sklon obežnej dráhy častice; **ii)** neexistuje jednoznačne definovaná rezonancia – niektoré rezonancie sa môžu navzájom prekrývať z dôvodu premenlivosti parametra β; **iii)** premenlivosť hodnoty β môže viesť k zmenám hlavnej poloosi dráhy častice a tak skrátiť dobu jej rezonančného záchytu; **iv)** z pohľadu celkovej doby rezonančného záchytu je nenulovosť všetkých troch zložiek vektora tlaku žiarenia dôležitejšia než časové zmeny parametra β.

6. Medzihviezdna extinkcia

Elektromagnetické žiarenie hviezd podlieha absorpcii. Jednou z hlavných príčin poklesu intenzity žiarenia je prítomnosť častíc medzihviezdneho prachu. Rôznorodosť chemických a fyzikálnych vlastností častíc sa prejavuje v zložitom charaktere spektrálneho priebehu extinkčnej krivky a ovplyvňuje tak analýzu fotometrických dát. Analýza extinkčných kriviek je pritom silným nástrojom na určenie rozmerovej distribúcie častíc. Osobitný význam majú merania extinkcie v ultrafialovej (UV) oblasti spektra, kde sa medzihviezdna extinkcia v spektrách hviezd prejavuje výrazným absorpčným pásom v okolí vlnovej dĺžky 220 nm. S klesajúcou vlnovou dĺžkou žiarenia od infračervenej po ultrafialovú extinkcia rastie. Spektrálny priebeh medzihviezdnej extinkcie možno interpretovať aj v zmysle rôzneho chemického zloženia častíc. Súhlas medzi spektrálnou závislosťou medzihviezdnej extinkcie a spektrálnym priebehom absorpcie amorfného uhlíka naznačuje, že na povrchu veľmi malých čiastočiek prachu by mohla byť uhlíková vrstva. Tento fakt potvrdzujú aj výsledky simulácií realizovaných na modeloch viaczložkových častíc s grafitovým jadrom. Ukázalo sa však, že grafit nepostačuje, a že základ častíc medzihviezdneho prachu musí tvoriť viacero zložiek (sklovitý uhlík a iné) a to v porovnateľnom zastúpení. Charakter medzihviezdnej extinkcie v obálke hviezdy AB Aur naznačuje na prítomnosť malých kremičitanových zrniek s rozmermi zhruba 20 nm. Predpoklad malých rozmerov častíc medzihviezdneho prachu (na úrovni stotín mikrometra) je odôvodnený, nakoľko zrnká o rozmeroch mikrometra nedokážu vysvetliť lineárny nárast extinkčnej krivky v UV oblasti. Na druhej strane charakter poklesu extinkcie vo viditeľnej časti spektra svedčí o existencii zastúpenia submikrometrových častíc v populácii častíc medzihviezdneho prachu (s rozmermi niekoľko 100 nm). Draine ukázal, že priebeh a stabilita extinkčnej krivky v UV oblasti môže byť vysvetlená aj nesféricitou častíc. Konkrétne testy pre sploštené častice s efektívnym polomerom menším než 20 nm túto skutočnosť potvrdili.

Pre výpočet rozptylu elektromagnetického žiarenia na prachovom zrnku reálneho tvaru je nutné vytvoriť počítačový model častice. Vzhľadom k technickým možnostiam sa nám podarilo digitalizovať dve častice – L2008 a U2015B10 – ktoré sme ešte v minulosti získali z NASA. Časticu L2008 možno považovať za reprezentatívnu vzorku medzihviezdneho prachu, pretože miera jej nesféricity (pomer najväčšieho a najmenšieho charakteristického rozmeru) je v dobrej zhode so známymi výsledkami infračervenej spektropolarimetrie medzihviezdneho prachu. Stredný pomer najväčšieho a najmenšieho rozmeru prachových zrniek sa pohybuje v rozmedzí od 1,3 do 1,5. Digitálny model častice L2008 sme použili na simulovanie nesféricity celej populácie častíc s rozmermi od 10 nm do 400 nm. Výsledky ukazujú, že nesféricita častíc vedie k zmene priestorovej redistribúcie toku fotónov rozptýleného žiarenia. Nesférické zrnká s rozmermi zhruba 100 nm rozptyľujú v smere postupu pôvodného žiarenia intenzívnejšie než sférické častice identického objemu. Nesféricita submikrónových zrniek okrem toho zmenšuje efektivitu extinkcie takmer na polovicu. Takéto chovanie sa potvrdilo u častíc rôzneho chemického zloženia (napr. u Mg-Fe častíc ako aj u znečisteného ľadu). Získané výsledky majú veľký význam pre štúdium difúznych prostredí. Ukazuje sa, že koncentrácia medzihviezdneho prachu získaná tradičnými metódami riešenia inverzných úloh bola doposiaľ s najväčšou pravdepodobnosťou podhodnocovaná. Ak sa ukáže, že koncentrácia prachu v kozmickom priestore je vyššia než sa predpokladalo, bude potrebné modifikovať naše názory týkajúce sa dynamickej evolúcie sledovaných plyno-prachových systémov. Nesystematické odchýlky extinkcie u nesférických a sférických častíc sa okrem iného prejavia tiež nepresnosťou určenia ich koncentrácie a rozmerovej distribúcie. Napríklad, zmena v rozmere z 1 mikrometra na 500 nm zásadne ovplyvní predstavu o dynamickom vývoji časticového systému. V konečnom dôsledku sa tým rádovo zmení aj doba života častíc v sledovanom systéme.



Obr. 7. **Časový vývoj hlavnej polosi a excentricity dráhy nesférickej Mg častice s rozmerom 4 mikrometre (parameter β 0,036). Obrázky prezentujú chovanie častice s hustotou 4 g/cm^3 vo vnútornej rezonancii 7:8 s Neptúnom. Na x-osi je uvedený čas v rokoch.**

7. Záver

Častice reálneho tvaru a zloženia sa typicky pohybujú po zložitých trajektóriách a to z dôvodu špecifického charakteru ich interakcie s elektromagnetickým žiarením. Výsledné dráhy častíc nemožno aproximovať ani použitím Poyntingovho-Robertsonovho efektu (ktorý je aplikovateľný na sférické homogénne telieska) ani iným jednoduchým matematicko-fyzikálnym modelom. Jedinou schodnou cestou je numerické modelovanie, kedy zložky rýchlosti častice a jej poloha sú určované rekurentne (fyzikálne charakteristiky v novom bode závisia od charakteristík získaných v predošlom kroku výpočtu) a závisia okrem iného od procesov interakcie žiarenia s danou časticou. Typickým aspektom pohybu sférických častíc je zachovávanie sklonu roviny obežnej dráhy. Preto jednoduchý model sférických zrniek nemôže vysvetliť pozorovaný rozptyl častíc v okolí dráhy ich materského telesa a preto je nevyhnutné zakomponovať do riešenia Maxwellových rovníc morfológiu prachových častíc v jej reálnej zložitosti. Predpoklad o sférickom tvare častíc má za následok nielen nesprávne určenie dynamického vývoja a doby života častíc v plynoprachových systémoch, ale tiež nesprávnu interpretáciu extinkčných dát (napr. vyhodnotenie kriviek medzihviezdnej extinkcie).

Medzihviezdne meteoroidy

RNDr. Mária Hajduková ml., PhD.

Problematika medzihviezdnych meteoroidov je dlhodobým a pritom stále aktuálnym problémom v oblasti výskumu medziplanetárnej hmoty. Hľadá sa tu v podstate odpoveď na otázku, či existujú meteoroidy, ktoré do Slnečnej sústavy dokázateľne prilietajú z medzihviezdneho priestoru, a ak áno, aké je ich pomerné zastúpenie medzi pozorovanými meteormi.

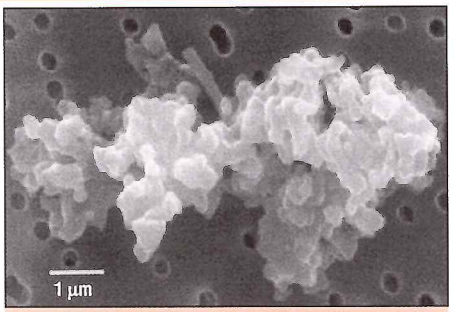
Kresák skúmal aj možnosti existencie medzihviezdnych komét, dospel však k negatívnym výsledkom. Pravdepodobnosť existencie medzihviezdnych objektov takejto veľkosti je neobyčajne nízka, preto tento výsledok neprekvapuje.

Vzhľadom na to, že celá Slnečná sústava sa pohybuje v medzihviezdnom prostredí, nevyhnutne stretáva častice medzihviezdneho prostredia. Otázkou je, koľko a akých, t. j. aký je ich tok, ich zastúpenie podľa hmotností a podľa rýchlostí, a ako ich vieme detegovať.

Odpoveď na otázku, či sa meteoroidy pohybujú okolo Slnka po eliptických alebo hyperbolických dráhach, má zásadný význam pre ich pôvod. V prvom prípade sú členmi Slnečnej sústavy a vznikajú postupným rozpadom komét, prípadne asteroidov. V druhom prípade ide o čiastočky prilietajúce z medzihviezdneho priestoru, ktoré vznikli ďaleko za hranicami Slnečnej sústavy.

Meteoroidy vstupujúce do atmosféry Zeme (všeobecne vstupujúce do Slnečnej sústavy) z medzihviezdneho prostredia majú z definície heliocentrickú rýchlosť v_h väčšiu ako v_p, kde v_p je parabolická rýchlosť vzhľadom na Slnko. Lenže $v_h > v_p$ môžu mať aj meteoroidy, ktorých pôvod je v Slnečnej sústave, ale vplyvom poruchy (napr. preletom v blízkosti planéty) boli urýchlené na hyperbolickú dráhu, alebo meteoroidy, ktorých vypočítané dráhy sú hyperbolické v dôsledku chýb merania. Hyperbolické meteory, urýchlené v dôsledku planetárnych porúch, majú však malé hyperbolické excesy rýchlosti (rozdiel medzi hyperbolickou a parabolickou heliocentrickou rýchlosťou). Väčšie pozorované excesy, ktoré by mohli svedčiť o existencii medzihviezdnych meteorov, sú zaťažené chybami pozorovaní. Až podrobná analýza jednotlivých pozorovaní, vrátane rozboru možných nepresností, môže poskytnúť definitívnu odpoveď o zastúpení medzihviezdnych častíc v rôznych súboroch dráh meteoroidov. Ak medzihviezdne meteory skutočne registrujeme, potom by rozdelenie excesov ich rýchlostí malo zodpovedať rozdeleniu radiálnych rýchlostí hviezd slnečného okolia. Najväčšia koncentrácia heliocentrických radiantov medzihviezdnych meteorov by sa mala očakávať okolo apexu Slnka.

V minulosti, keď sa uskutočňovali iba vizuálne pozorovania meteorov a technika určovania ich rýchlostí bola založená viac-menej na odhadoch ich uhlových rýchlostí, prevládal názor, že až 80 % meteoroidov je medzihviezdneho pôvodu. Hoffmeisterov katalóg bolidov z r. 1925 i známe výsledky Öpika z arizonskej meteorickej expedície v r. 1931 – 1933 tento názor, pretrvávajúci až do polovice 20. storočia, podporovali. Hlavným nedostatkom vizuálnych



Obr. 1. **Typická čiastočka kozmického prachu** (L. Colangeli, 2003).

meraní bolo podcenenie odhadov času trvania meteorov a precenenie dĺžok ich svetelných stôp.

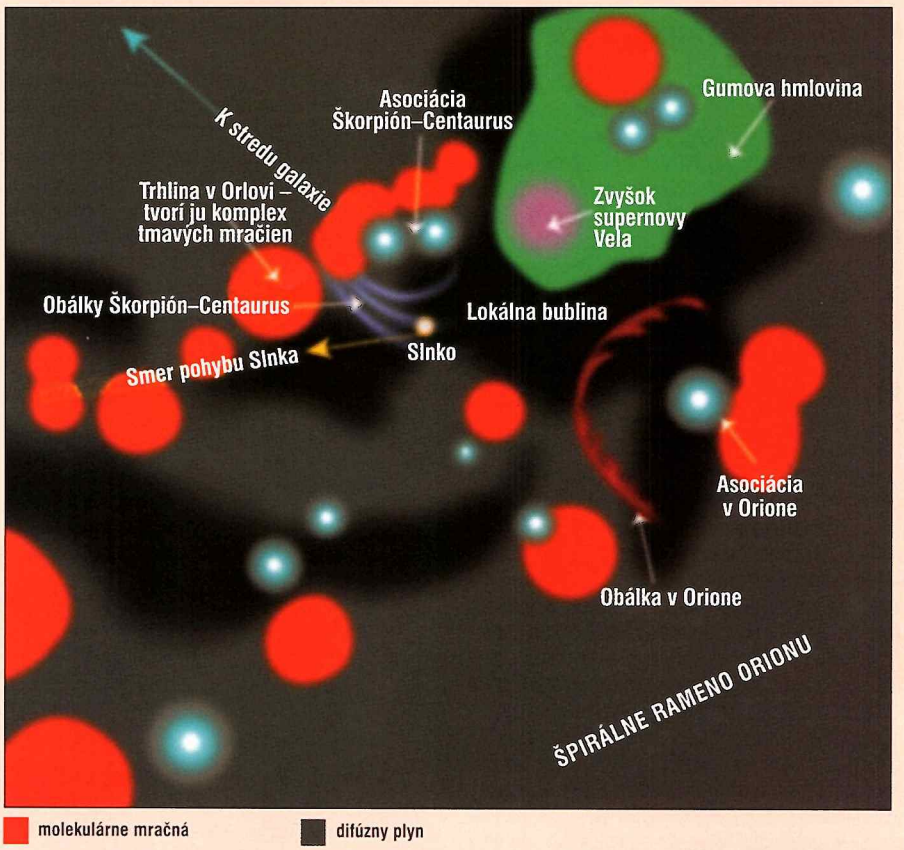
Pri postupnom spresňovaní metód pozorovania a zavádzania optických, fotografických a radarových metód, s následným zdokonaľovaním merania rýchlostí pomocou rotačných sektorov, sa čoraz viac ukazovala neudržateľnosť teórie o dominantnom postavení medzihviezdnych meteorov v rámci celej populácie meteorov. Objavili sa meteorické roje súvisiace s periodickými kométami, zistila sa koncentrácia meteorov k rovine ekliptiky, najmä sa však spresnili merania ich rýchlostí. Ukázalo sa, že rýchlosti sú oveľa menšie, než naznačovali prvé vizuálne odhady. Zásadný zlom do tejto problematiky vniesol harvardský program fotografických pozorovaní meteorov pomocou Super-Schmidtových komôr, výsledky ktorého publikovali Jacchia a Whipple r. 1961. V ich materiáli bolo tak málo meteorov s hyperbolickými rýchlosťami, že vyslovili pochybnosť, či medzihviezdne meteory vôbec existujú. Whipple ešte predtým zistil, že Hoffmeisterov najvýraznejší „medzihviezdny prúd" meteorov súvisí s kométou Encke, ktorá má zo všetkých známych komét najkratšiu dobu obehu a afélium v páse asteroidov. Fotografické pozorovania takto vyvrátili názor, že väčšina meteoroidov sa pohybuje po hyperbolických dráhach.

Problém existencie meteorov s hyperbolickými dráhami, a tým aj meteorov medzihviezdneho pôvodu, sa dostal v 60 – 70 rokoch 20. storočia do novej fázy, v ktorej išlo o čo najpresnejšie určenie zastúpenia hyperbolických dráh medzihviezdnych meteorov v populácii pozorovaných meteorov. Rádioastronomické metódy umožnili získať desaťtisíce dráh pozorovaných meteorov, čo už je štatisticky významný materiál. Presnosť radarových metód je však citeľne nižšia, než presnosť fotograficky určovaných dráh, preto sa k definitívnej odpovedi na otázku existencie medzihviezdnych meteorov nedospelo. Štohl zhrnul výsledky pozorovaní z katalógov dráh meteorov získaných do r. 1970 a zistil, že 10 – 20 % zastúpenie hyperbolických dráh je jednoznačne funkciou kvality pozorovaní, predovšetkým presnosti v meraniach ich rýchlostí.

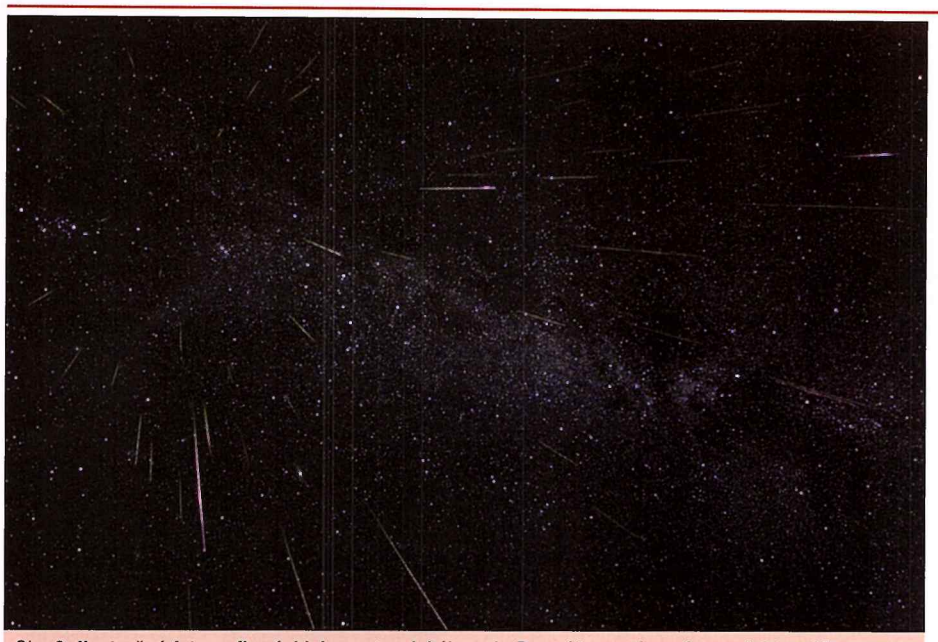
Posledné dve desaťročia pribudla nová vlna prác z problematiky medzihviezdnych meteoroidov a to najmä zásluhou detektorov na medziplanetárnych sondách Ulysses a Galileo, ktoré merali toky častíc v oblasti Jupitera. Podľa Grüna a ďalších autorov (Baguhl, Landgraf, Mann, Krüger, 1993 až 1999), zastúpenie medzihviezdnych meteoroidov v súbore veľmi malých častíc o hmotnosti rádovo 10^{-15} až 10^{-16} kg, dokonca prevláda.

Predstava dominantnosti medzihviezdnych meteorov smerom k malým čiastočkám získala veľkú podporu z pozorovaní vysokovýkonným radarovým systémom AMOR (Advanced Meteor Orbit Radar), publikovaných v rokoch 1993 až 1998 v sérii prác Baggaleyho, Taylora, Steela a ďalších. V týchto prácach sa pripúšťa existencia rýchlostí v rozmedzí 100 až 500 kms^{-1}.

Osobitnú pozornosť si zasluhujú výsledky po-



Obr. 2. **Medzihviezdne prostredie okolia Slnka** podľa Priscilly Frishovej (2000).



Obr. 3. **Ilustračná fotografia rýchleho meteorického roja Perzeíd, nasnímaná v noci 11. – 12. augusta 2004** (Fred Bruenjes, 2007). **Spätné predĺženie stôp vytvára radiant meteorického roja. Pre vysokú rýchlosť Perzeíd sa medzi nimi často vyskytujú hyperbolické dráhy, ktoré však nie sú reálne.**

Obr. 4. **Výber z celooblohovej fotografickej snímky (Leonidy 98) zo 16./17. novembra 1998 na AGO UK v Modre** (J. Tóth, 1998). **Hviezdy počas 11-hodinovej expozície vytvárajú sústredné kružnice okolo pólu. Prerušenie stôp meteorov je spôsobené rotačným sektorom pred kamerou umožňujúcim určiť rýchlosť častice.**

zorovaní televíznou technikou, kde Ueda a Fujiwara v prácach z rokov 1995 a 2001 uvádzajú až 10,9 % zastúpenie hyperbolických meteorov. Hawkes a Woodworth sa v prácach z rokov 1997 a 1999 pokúsili zjednotiť všetky doterajšie výsledky, pričom dospeli k odhadu 1 – 2 % medzihviezdnych meteorov.

V roku 2005 Weryk a Brown publikovali článok o hľadaní medzihviezdnych meteorov pomocou kanadského radarového systému CMOR (Canadian Meteor Orbit Radar) a určili hornú hranicu zastúpenia možných medzihviezdnych meteoroidov na 0,003 %.

Aj keď výsledky prác sú rozporuplné, možno konštatovať, že zastúpenie medzihviezdnych meteoroidov rastie s klesajúcim rozmerom častíc. Čo sa týka metód registrácie meteorov, vo väčšine prípadov chýba analýza spôsobu merania rýchlostí a analýza chýb merania. Na vylúčenie možných inštrumentálnych a pozorovacích chýb by bolo potrebné previesť detailnú analýzu jednotlivých pozorovaní.

Aby sme sa mohli presvedčiť o tom, či pozorované toky medzihviezdnych čiastočiek, resp. meteorov, zistené rozličnými pozemskými technikami alebo kozmickými detektormi zodpovedajú skutočne čiastočkám medzihviezdneho prostredia *(obr. 1)*, treba si všimnúť aj výsledky prác, zameraných priamo na štúdium blízkeho medzihviezdneho okolia Slnka *(obr. 2)*. Viaceré prehľadové práce z tejto problematiky ukazujú, že modely postavené na jednoduchom prítoku častíc z medzihviezdneho do medziplanetárneho prostredia majú mnoho obmedzení, a to jednak z hľadiska rozloženia blízkych medzihviezdnych mračien ako aj transformačnej histórie častíc v mračne a nakoniec v dôsledku vzájomnej interakcie toku častíc s heliosférou. Pri detailnom modelovaní treba vziať do úvahy závislosť toku častíc na ich hmotnosti, lokálnu hustotu medzihviezdneho prostredia a relatívnu, resp. charakteristickú rýchlosť Zeme (Slnka) vzhľadom na medzihviezdnu hmotu.

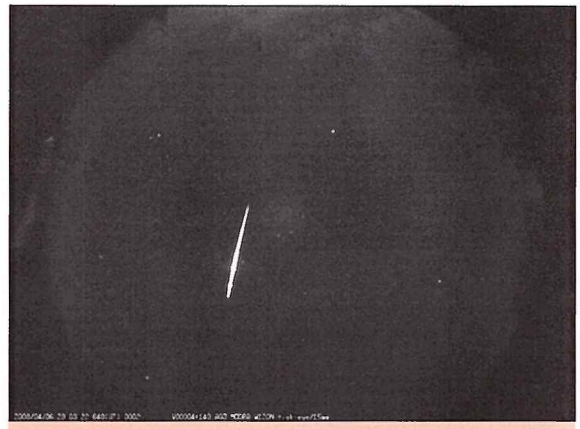
Informácie o dráhach meteorov boli dlho rozptýlené v rôznych vedeckých časopisoch, či uložené na observatóriách na rôznych médiách. V roku 1982 Medzinárodná astronomická únia (IAU) zriadila Centrum pre meteorické dáta v Lunde, ktoré začalo zhromažďovať údaje o fotografických i radarových dráhach meteorov. Nesmierny význam tejto databázy spočíva v homogénnych radoch viacročných pozorovaní meteorov. Vzhľadom na to, že táto Medzinárodná meteorická databáza – IAU MDC (International Astronomical Union Meteor Data Center) v r. 2001 prešla z Lundu na Oddelenie medziplanetárnej hmoty Astronomického ústavu SAV, bola uskutočnená nová podrobná analýza jej údajov.

Pri analýze súboru všetkých 4 581 fotografických a 62 906 radarových meteorov IAU MDC sa ukázalo, že zastúpenie medzihviezdnych meteorov v rozsahu hmotností prislúchajúcich týmto pozorovaniam je o rád nižšie, než ich počet, zodpovedajúci hyperbolickým meteorom. Hyperbolicita dráh meteorov je vo väčšine prípadov dôsledkom chýb pozorovaní alebo metód spracovania. Čím vyššia je rýchlosť meteoroidu, tým väčšia je chyba v jej určení. Výpočet dráhy ovplyvňuje aj chyba v určení polohy radiantu meteoru, ktorá sa potom premieta do nepresnosti v určení polosi dráhy meteoroidu, čo môže viesť k zdanlivej hyperbolicite dráhy.

Radarové súbory, vzhľadom na ich početnosť, umožnili posúdiť i ročnú a dennú variáciu frekvencií hyperbolických dráh. Zistilo sa, že obe variácie zhodne sledujú rovnaké variácie všetkých meteorov a neprejavujú žiadne odchýlky, ktoré by mohli byť štatisticky prisúdené prípadným medzihviezdnym prúdom. Ukázalo sa, že medzi retrográdnymi dráhami je až 2,5 násobne väčšie zastúpenie hyperbolických dráh, čo sa však nedá dobre vysvetliť inak, než narastajúcimi chybami merania úmernými meranej rýchlosti meteoru. Počet zdanlivých hyperbolických dráh stúpa nepriamo úmerne s rozdielom medzi heliocentrickou rýchlosťou medziplanetárneho meteoroidu a parabolickou hranicou rýchlosti.

Ďalej sa ukázalo, že hyperbolický exces možných medzihviezdnych meteorov je o celý rád menší, než by sa teoreticky očakávalo. Nezistila sa ani žiadna koncentrácia radiantov hyperbolických meteorov k apexu Slnka ani k inému význačnému smeru. Táto analýza však ukázala, že aj pri najpresnejších fotografických meraniach bola odvodená rýchlosť meteorov značne precenená. Evidentným dôkazom toho bola koncentrácia radiantov meteorov s hyperbolickým excesom do radiantov známych meteorických rojov. Ukázalo sa, že až 50 % meteorov, považovaných za hyperbolické, patria známym rojom. Súčasne sa ukázalo, že ešte aj v skupine s najväčším hyperbolickým excesom sú zastúpené radianty meteorických rojov.

Vzhľadom na to, že databáza predstavuje najpresnejšie dostupné údaje, boli výsledky o viac percentnom zastúpení reálne hyperbolických meteorov značne spochybnené. Maximálne možné zastúpenie medzihviezdnych meteorov v databáze nepresahuje $2{,}5\times10^{-4}$. Vyššie pomerné zastúpenie reálne hyperbolických dráh možno vylúčiť a nemožno vylúčiť ani ich úplnú absenciu. Aj analýza jednotlivých prípadov individuálnych meteorov s vysokými hyperbolickými excesmi potvrdila, že v katalógoch IAU MDC nie sú telesá s dokázateľne hyperbolickými dráhami, resp. telesá dokázateľne medzihviezdneho pôvodu. Všetky hyperbolické excesy heliocentrických rýchlostí sú v medziach chýb merania. Problém sa zredukoval na otázku, či medzihviezdne meteory vôbec registrujeme.

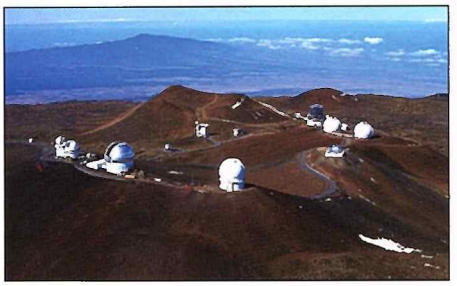


Obr. 5. **Jasný meteor (bolid) pozorovaný 13. júla 2008 na AGO UK v Modre celooblohovým televíznym systémom** (J. Tóth, 2008).

Na záver možno konštatovať, že sme iba na počiatku výskumu vzájomného prieniku toku medziplanetárnych častíc s medzihviezdnymi. Doterajšie čiastočne protirečivé výsledky vyžadujú presnejšie metódy registrácie častíc medzihviezdnej hmoty a dôkladnejšiu syntézu.

Pozorovanie komét z Mauna Kea

Mgr. Jana Pittichová, PhD.

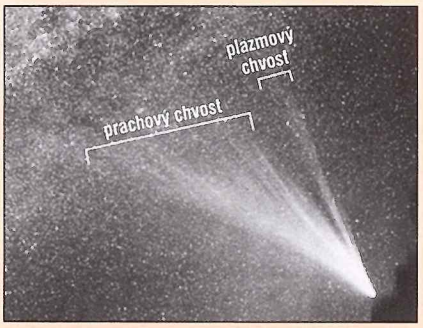


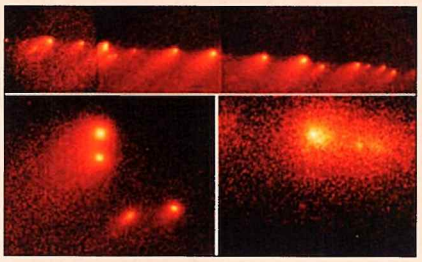
Mauna Kea, spiaca sopka na ostrove Havaj, ktorý sa nachádza v strede Tichého oceánu je domovom najväčších ďalekohľadov sveta pre optickú, infračervenú a submilimetrovú astronómiu. V nadmorskej výške 4205 m sa na „bielej hore", posvätnom mieste domorodých obyvateľov, nachádza 13 ďalekohľadov, ktoré majú ideálne podmienky na pozorovanie vďaka tmavým nociam, extémne suchému a čistému vzduchu s neznečistenou atmosférou.

Počas 50-tich rokov, od postavenia prvého 0,6 m ďalekohľadu UH (University of Hawaii) v roku 1968, boli kométy nepostrádateľnou súčasťou mnohých pozorovacích programov, využívajúcich každý jeden dostupný ďalekohľad na Mauna Kea. Za posledných 9 rokov som strávila desiatky nocí na vrchole spiacej sopky a pozorovala kométy jasné a známe ako aj malé či novo objavené. Niektoré kométy boli súčasťou jedinečných NASA vesmírnych projektov ako Stardust a Deep Impact, iné boli zvláštne tým, že boli viditeľné voľným okom, rozpadli sa, či dokonca stratili. Každá jedna kométa a jej pozorovanie, či už na 2,2 m UH alebo na 10 m Keckovom ďalekohľade bolo jedinečné a nezabudnuteľné. Ťažko by sa mi vyberal jeden projekt, ktorý by som predstavila dopodrobna, preto som radšej vybrala z každého projektu niečo zaujímavé.

Čo sú to vlastne kométy a ako veľa o nich vieme? Kométy sú malé telesá slnečnej sústavy, pohybujúce sa okolo Slnka po krátkoperiodických, dlhoperiodických alebo neperiodických dráhach. Jadrá komét sa skladajú zo zmrznutej vody, silikátových prachových častíc a rôznych plynov. Majú priemer okolo 1 – 10 km a formovali sa ďaleko za planétou Neptún, v chladných hĺbkach Slnečnej sústavy. Pri Slnku sa jadrá komét stávajú aktívnymi a vytvárajú prachovú a plynovú kómu či chvost, typické útvary charakterizujúce kométu.

V súčasnej dobe poznáme okolo 3 500 komét, z ktorých mnohé pravidelne pozorujeme. Koľko z nich ale poznáme do detailov a vieme ich presný tvar, rozmer či zloženie?

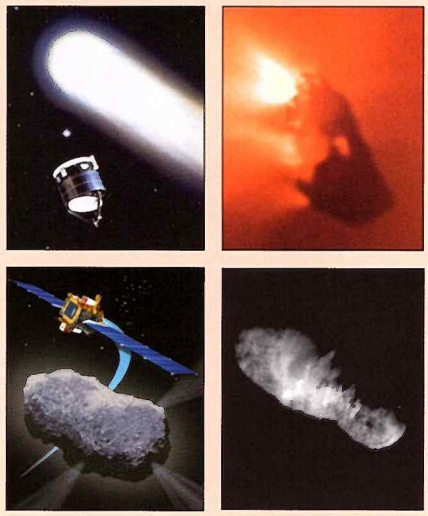




Kométa C/1975 V1 West s prachovým a plazmovým chvostom (hore); kométa P/Shoemaker-Levy 9, ktorá sa rozpadla na 21 kusov pred dopadom na planétu Jupiter (v strede); kométa C/1996 B2 Hyakutake viditeľná voľným okom nad Králičím ostrovčekom pri havajskom ostrove Oahu (dole).

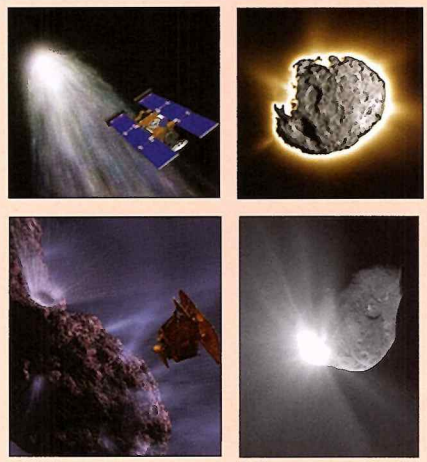
Kometárne vesmírne misie

Aj keď kometárne vesmírne misie sú v poslednej dekáde nesmierne úspešné, do dnešného dňa máme fotografie a vieme ako vyzerá jadro iba pre štyri kométy. Vesmírna misia Giotto, patriaca Európskej kozmickej agentúre, sa ako prvá v histórii priblížila 13. marca 1986 k jadru kométy 1P/Halley a nasnímala ho.



Umelecký nákres preletu sondy Giotto pri kométe 1P/Halley a fotografia jej jadra (hore). Prelet sondy Deep Space 1 popri kométe 19P/Borrelly a jej jadro (dole).

O 15 rokov neskôr ju nasledovala NASA misiou Deep Space 1, ktorá 22. septembra 2001 preletela okolo kométy 19P/Borrelly. O pár rokov neskôr, 2. januára 2004, NASA misiou Stardust skúmala jadro kométy 81P/Wild 2 a priniesla na Zem prachové častice z jej chvosta.

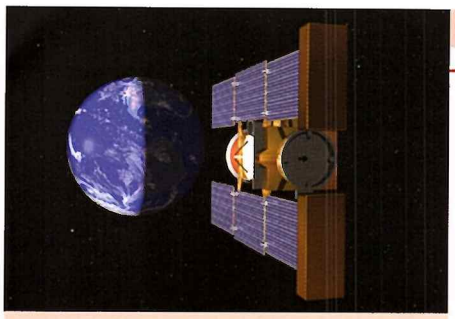


Sonda Stardust a jadro kométy 81P/Wild 2 (snímky hore). Sonda Deep Impact ako ju videl umelec a fotografia jadra kométy 9P/Tempel 1 pri zrážke s hlavicou, ktorá vytvorila kráter na jadre (snímky dole).

Zatiaľ posledná kometárna misia NASA Deep Impact je známa tým, že 5. júla 2005 preletela vo vzdialenosti 500 km od jadra kométy 9P/Tempel 1 a vytvorila kráter na jej povrchu. V blízkej budúcnosti sú naplánované ďalšie 3 kometárne misie. V septembri 2008 a júli 2010 sa uskutoční prelet misie Rosetta, patriacej Európskej kozmickej agentúre, popri dvoch asteroidoch na jej ceste ku kométe 67P/Churyumov-Gerasimenko. S kométou sa má stretnúť v máji 2014. Misia EPOXI je pokračovaním misie Deep Impact a 2. októbra 2010 pôvodná sonda misie Deep Impact preletí okolo kométy 103P/Hartley 2. Misia Stardust-NEXT je pokračovaním misie Stardust a 14. februára 2011 použije sondu misie Stardust, na návrat ku kométe 9P/Tempel 1 a do detailov preskúma kráter vytvorený v roku 2005.

Pozorovanie a dlhoročné monitorovanie aktivity komét vybraných pre vesmírne misie je veľmi dôležitou časťou prípravy a úspechu celej operácie. Z pozemských pozorovaní môžeme získať dobrý prehľad o jasnosti kométy, veľkosti, tvare a rotácii jej jadra ako aj aktívnych oblastí na jadre. Pomocou dynamických modelov môžeme zistiť veľkosť a rýchlosť častíc vyletujúceho prachu z povrchu jadra kométy, začiatok a koniec jej aktívnej činnosti a určiť, v akej vzdialenosti od Slnka sa začína nahrievať jej povrch, pričom sa uvoľňujú plyny, ktoré so sebou strhávajú prachové častice a vytvárajú na pohľad prekrásny, ale pre vesmírnu sondu veľmi nebezpečný prachový chvost.

Bez podporných pozemských pozorovaní by nebolo možné uskutočniť žiadnu vesmírnu misiu. Nemali by sme podrobné fotografie kometárnych jadier,



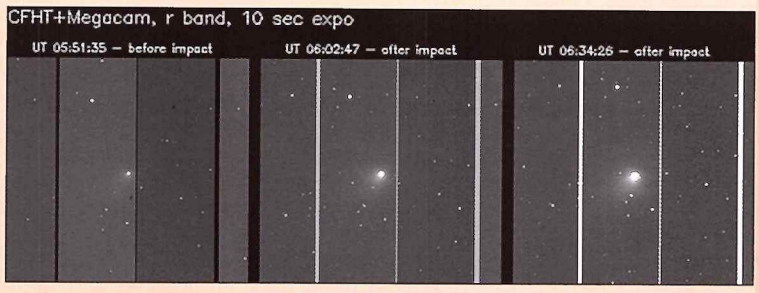
Kresba sondy EPOXI na ceste ku kométe 103P/Hartley 2 (hore) a sondy Rosetta pri prelete v blízkosti kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko (dole).

informácie o ich chemickom zložení a detailoch ich povrchových štruktúr a tvarov. Pohľad na jadro kométy z družice vo vzdialenosti 500 km je trošku iný ako zo Zeme, aj keď je to z výšky 4 205 m nad morom. Ako teda vyzerajú kométy na Mauna Kea?

Pozorovanie kométy P/Tempel 1 na 3,6 m CFHT ďalekohľade

Kométa 9P/Tempel 1 v súhvezdí Panny na snímku z 3,6 m CFHT ďalekohľadu (hore) a kupola 3,6 m CFHT ďalekohľadu (dole).

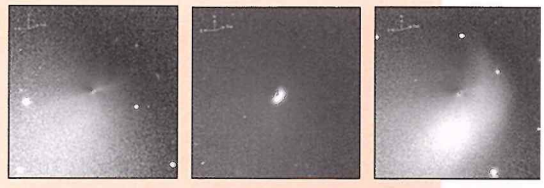
Kométa 9P/Tempel 1 sa zapísala do dejín 4. júla 2005 tým, že sa na nej uskutočnil prvý priamy experiment, keď sonda Deep Impact vystrelila 360 kg medenú kapsulu, ktorá rýchlosťou 10,2 km s^{-1} narazila a vytvorila kráter na jej jadre. Jednou z mojich úloh na tomto projekte bolo aj pozorovanie kométy na 3,6 m CFHT (kanadsko-francúzsko-havajskom) ďalekohľade na Mauna Kea pred, počas a po dopade medenej kapsuly zo sondy Deep Impact. Na pozorovanie som použila širokouhlovú Mega-Cam CCD kameru so zorným poľom 1×1 stupeň, vybavenú zeleným (G), červeným (R) a infračerveným (I) filtrom. Hlavným cieľom tohto pozorovania bolo monitorovanie vývoja a zmeny prachovej kómy pred, počas a po impakte.

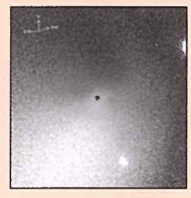


10-sekundové snímky kométy 9P/Tempel 1 krátko pred, počas a po impakte na jadro.

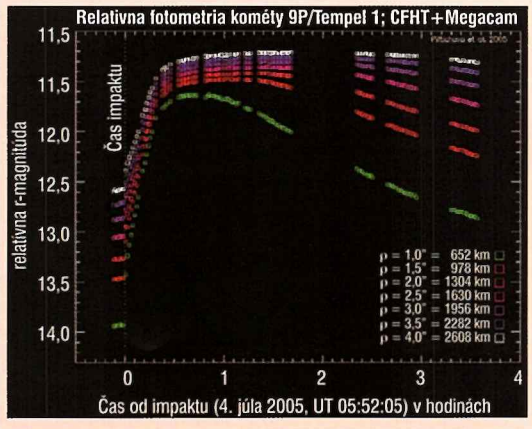
Pozorovanie sa začalo 3. júla 2005, deň pred impaktom, aby sme získali kalibračné snímky o jasnosti kométy a jej prachovej kómy na porovnanie zmeny po impakte. Kométu sme pozorovali počas 4 nocí. Pozorovania nám umožnili monitorovať vývoj blízkojadrovej prachovej kómy, zmeny veľkosti unikajúcich prachových častíc, ktoré mohli byť zapríčinené odkrytím nových aktívnych podpovrchových oblastí na jadre. Výsledky fotometrických meraní relatívnej jasnosti kométy cez R filter ukázali výrazné dvojmagnitúdové zjasnenie jadra kométy s maximom 30 minút po impakte. Jasnosť jadra potom začala postupne klesať, pričom pôvodnú hodnotu dosiahla 2 dni po impakte.

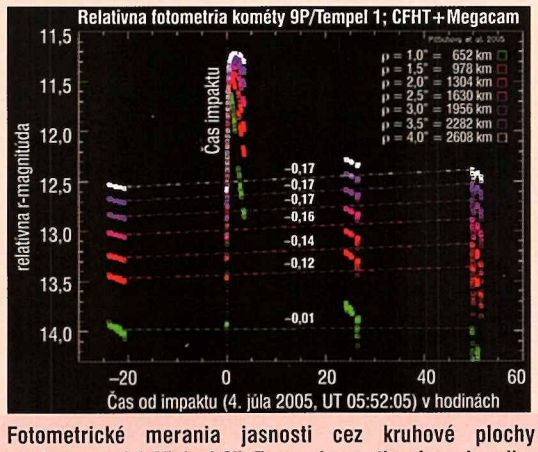
Fotometrické merania cez rôzne veľké kruhové plochy v priemere od 1,0 do 4,0 oblúkových sekúnd s krokom 0,5" nám umožnili porovnať vývoj prachových častíc rozdielnych veľkostí, ktoré sa nachádzajú v rôznych vzdialenostiach od jadra kométy. Fotometrické merania pre 1,0" boli vo vzdialenosti 652 km od jadra a pre 4,0" vo vzdialenosti 2608 km. Merania veľmi pekne ukázali, ako sa vyvrhnuté prachové častice vzďaľovali od jadra a umožnili nám vypočítať únikovú rýchlosť prachových častíc z jadra okolo 200 ms^{-1}. Na porovnanie tvaru blízkojadrovej prachovej kómy a vnútorných čŕt pre všetky štyri noci sme vytvorili modely, kde sme odstránili vonkajšiu kómu. Tvar vnútrojadrových štruktúr sa hneď po impakte zmenil, ale po piatich dňoch sa vrátil do pôvodného stavu.





Odstránenie vonkajšej kómy na zvýraznenie blízkojadrových štruktúr deň pred impaktom, počas impaktu, 1 a 2 dni po impakte.





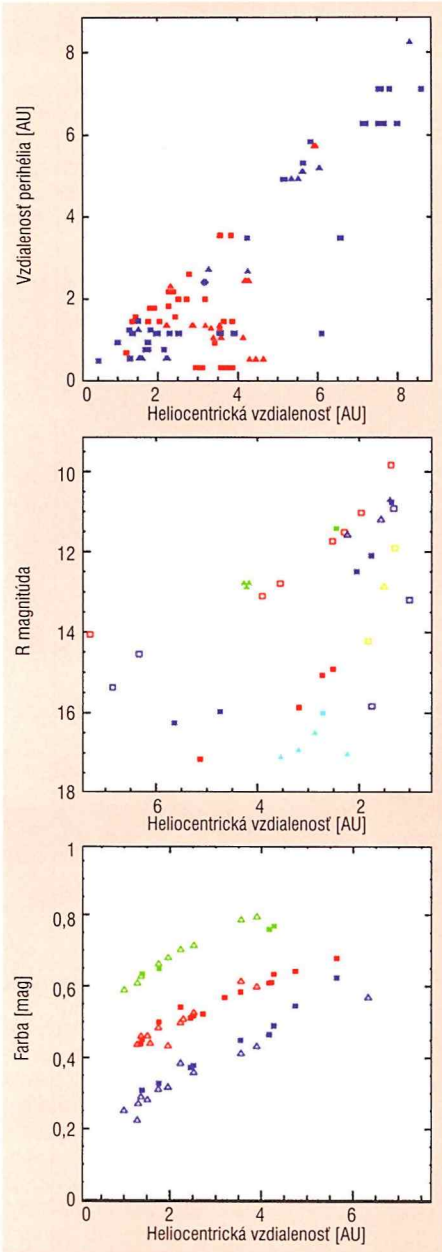
Fotometrické merania jasnosti cez kruhové plochy o priemere od 1,0" do 4,0". Zmena jasnosti v rôznych vzdialenostiach od jadra počas prvých 4 hodín po impakte (hore) **a monitorovanie počas 2 dní po impakte** (dole).

Dlhodobé pozorovanie rôznych typov komét na 2,2 m UH ďalekohľade

Popri podpore dvoch vesmírnych kometárnych misií som pracovala na dlhodobom pozorovaní a mapovaní aktivity rôznych skupín komét pri rovnakom slnečnom žiarení, t. j. v rovnakej heliocentrickej vzdialenosti. V rámci tohto projektu som pozorovala 20 nocí na Mauna Kea na 2,2 m ďalekohľade Havajskej univerzity. Použila som Tek 2048 CCD kameru so zorným poľom 7,5'×7,5' so štyrmi širokopásmovými farebnými filtrami B, V, R, I (modrý, vizuálny, červený a infračervený). V rámci projektu som pozorovala 49 komét, z toho 26 krátkoperiodických (s periódou medzi 3,3 a 19,5 rokov) a 23 dlhoperiodických a dynamicky nových komét. Pre obe skupiny komét som uskutočnila pozorovania pred aj po perihéliu. Celkovo som získala 1 580 snímok.

Dôkladné spracovanie celej databázy je stále v procese, preto som na ukážku vybrala iba 4 kométy z každej skupiny. Išlo o krátkoperiodické kométy 6P/d'Arrest, 19P/Borrelly, 65P/Gunn a 70P/Kojima, dlhoperiodické a dynamicky nové

kométy C/1999 T1, C/2000 WM1, C/2001 MD7 a C/2001 Q2. Na pripojených grafoch je znázornené rozpätie heliocentrických *r* a geocentrických *Δ* vzdialeností, v ktorých som vybrané kométy pozorovala, ako aj ich perihéliové vzdialenosti a priemerné jasnosti *M (0,0,1)* redukované na jednotkovú heliocentrickú a geocentrickú vzdialenosť a nulový fázový uhol. Farba ich prachovej kómy bola získaná použitím B, V, R, I filtrov.



Zobrazenie perihéliových vzdialeností pre všetkých 49 komét v závisloti na heliocentrickej vzdialenosti v čase pozorovania (hore). **Červená farba označuje krátkoperiodické, modrá dlhoperiodické kométy. Trojuholníky znázorňujú pozorovania pred perihéliom, štvorce pozorovania po perihéliu. Závislosť redukovanej jasnosti M (0,0,1) na vzdialenosti od Slnka znázorňuje graf v strede. Prázdne symboly patria krátkoperiodickým, plné dlhoperiodickým kométam. Závislosť zmeny farby kómy na vzdialenosti od Slnka ukazuje graf vpravo. Zelená farba je pre B-V, červená pre V-R a modrá pre R-I farebné indexy. Prázdne symboly sú pre krátkoperiodické, plné pre dlhoperiodické kométy.**

Vybrané kométy som pozorovala, keď boli vzdialené od Slnka 0,99 – 8,61 AU a od Zeme 0,58 – 8,30 AU. Tieto kométy patria do rôznych skupín v závislosti na ich veku a dráhových parametroch, čo umožňuje porovnať kométy na blízkoparabolických dráhach s krátkoperiodickými kométami, s náhlymi zvýšeniami jasnosti, výbuchmi, či dokonca rozpadom jadra na viac častíc. Excentricity pre vybrané kométy sú v rozpätí 0,04 – 1,01 AU a perihéliové vzdialenosti medzi 0,34 – 8,24 AU.

Cieľom tohto dlhodobého pozorovania je získanie informácií o fyzikálnych parametroch jadier komét a prachových častíc, o ich kómach a o porovnaní aktivity rôznych skupín komét v rovnakých vzdialenostiach od Slnka. S použitím Finston-Probsteinovho dynamického modelu môžeme určiť veľkosti a únikové rýchlosti prachových častíc z jadra ako aj odhad vzdialeností, v ktorých sa začína a končí aktivita jadra. Keďže každá kométa bola pozorovaná cez 4 farebné filtre, možno určiť ako sa mení farba a tým aj veľkosť prachových častíc so vzdialenosťou od Slnka.

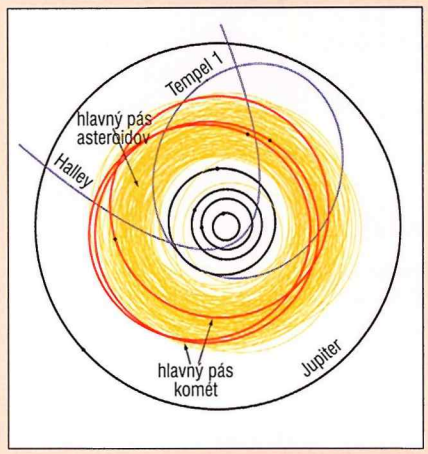
Výsledky ukazujú, že vybrané kométy sú o niečo červenšie ako Slnko a ich farba silno závisí na heliocentrickej vzdialenosti. Dlhoperiodické a dynamicky nové kométy sú aktívnejšie vo väčších heliocentrických vzdialenostiach ako krátkoperiodické kométy. Takisto zmeny v tvare kómy prvých dvoch skupín komét sú omnoho väčšie ako u skupiny tretej. Spôsobujú to čerstvé povrchové vrstvy, prichádzajúce do blízkosti Slnka po prvýkrát. Intenzívne unikajúce plyny z podpovrchových rezervoárov strhávajú prachové častice usadené na ich povrchu.

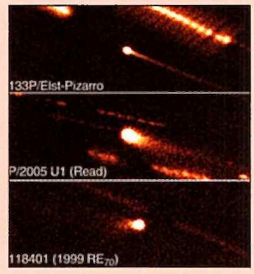
Pozorovanie nového typu komét na 10 m Keckovom ďalekohľade

Až donedáva astronómovia tvrdili, že medzi „kamennými" asteroidami a „ľadovými" kométami je jednoznačný rozdiel. Predpokladali totiž výraznú odlišnosť týchto dvoch skupín malých telies Slnečnej sústavy. Asteroidy, alebo tiež planétky, sú telesá zložené z pevného kamenného alebo kovového neaktívneho jadra. Väčšina z nich obieha okolo Slnka po nízkoexcentrických dráhach v hlavnom páse, medzi planétami Mars a Jupiter. Kométy sú ľadové telesá, ktoré sa formovali vo veľkých vzdialenostiach od Slnka ďaleko za dráhou Pluta, v Kuiperovej oblasti. Kométy utvárajú plynovo-prachovú kómu a chvost a ich aktivita sa mení s heliocentrickou vzdialenosťou. Je možné, že by tieto dve skupiny telies predsa len mohli mať niečo spoločné? Že by niektoré telesá mohli patriť do oboch skupín, či dokonca vytvoriť novú skupinu, ktorú astronómovia začínajú nazývať „kométy hlavného pásu"?

Práve astronómom Havajskej univerzity H. Hsiehovi a D. Jewittovi sa v roku 2005 podarilo pozorovať asteroid 118 401, ktorý mal prachovú kómu a chvost. Asteroid s ďalšími dvoma kométami, 133P/Elst-Pizarro a P/2005 U1 Read, o ktorých máme málo informácií, sa nachádzajú v hlavnom páse asteroidov. Pohybujú sa po dráhach podobným dráham asteroidov hlavného pásu. Pravdepodobne sa formovali v teplej vnútornej časti Slnečnej sústavy, nie v chladnej Kuiperovej oblasti. Je možné, že práve zloženie týchto troch telies môže objasniť vznik oceánov na Zemi?

Asteroid 118401 bol čoskoro preklasifikovaný na kométu 176P/Linear a spolu s kométami 133P/Elst-Pizarro a P/2005 U1 Read vytvorili novú skupinu komét – kométy hlavného pásu. Táto skupina komét je zvláštna tým, že jej členovia sa pohybujú po takmer kruhových dráhach s malým sklonom k ekliptike, typickým pre asteroidy. Na druhej strane aktivita podobná aktivite komét a tvorba prachového chvosta ich jasne odlišuje od asteroidov. Prosto, nehodia sa do žiadnej doterajšej skupiny malých telies Slnečnej sústavy.





Kométy patriace do skupiny komét hlavného pásu. Ich dráhy (hore) a snímky (dole) sú z práce H. Hsieho.

Spomenuté skutočnosti sú hlavným dôvodom, prečo sme začali pozorovať tieto tri kométy hlavného pásu. Súčasne pripravujeme plán na realizovanie novej vesmírnej misie ku kométe 133P/Elst-Pizarro v najbližších 10 rokoch. Prvé rokovania s inžiniermi z JPL boli veľmi úspešné. Tím astronómov pracuje na predložení vedeckého návrhu na financovanie MBC misie pre NASA.

V rámci prípravy tohoto nového projektu sme začali 18. júna 2007 pozorovať kométy 133P/Elst-Pizarro a 176P/Linear 10 m Keckovým ďalekohľadom. Pozorovania pokračovali v októbri a decembri 2007 ako aj v marci 2008 na 2,2 m UH ďalekohľade. Pre obe kométy máme snímky pred aj po perihéliu. V ostatnom čase, v rámci prípravy MBC misie, pracujem na príprave modelovania aktivity týchto komét. Použitím Finston-Probsteinovho modelu počítam charakteristiky prachových častíc, unikajúcich z jadra týchto komét, ako aj ich množstvo a veľkosť. Predbežné výsledky pre kométu 176P/Linear ukázali, že prachové častice, vytvárajúce jej kómu, musia byť veľkosti niekoľkých milimetrov až centimetrov. Kóma kométy neobsahuje žiadne mikroskopické častice, ktoré sú vo veľkom zastúpené v kómach iných komét. To môže byť zapríčinené tým, že kométa 176P/Linear bola formovaná v iných podmienkach ako typické kométy.

Počas niekoľkých budúcich rokov bude hlavným pozorovacím programom kometárnej astronómie na ďalekohľadoch observatória na Mauna Kea sledovanie vybraných komét pre budúce vesmírne misie. Úlohou bude získať čo najviac informácií potrebných pre uspešný priebeh plánovaných misií.

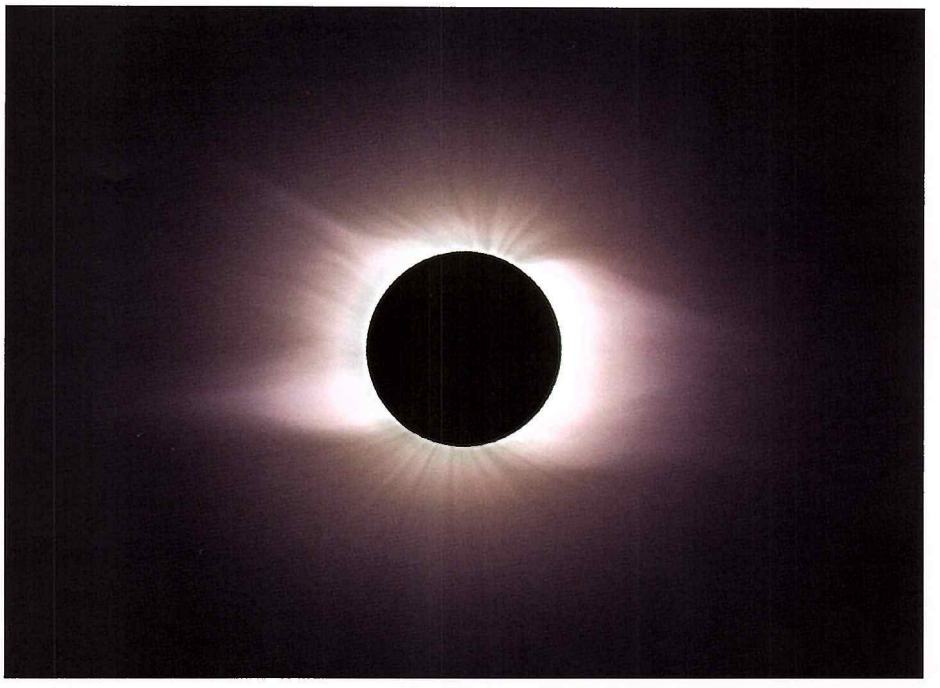
Čierne Slnko nad Altajom

1. august 2008 bol jedným z najočakávanejších dní tohto roku. V tento deň malo nastať úplné zatmenie Slnka. Lovci slnečnej koróny museli tentoraz vycestovať do stredu ázijského kontinentu – Ruska, Mongolska alebo Číny.

Naša expedičná skupina v počte deväť pozorovateľov patrila medzi niekoľko slovenských skupín, smerujúcich do Ruskej federácie. Na expedícii sa zúčastnili pracovníci Krajskej hvezdárne a planetária M. Hella, Kysuckej hvezdárne a členovia združenia Solar. Po starostlivom výbere miesta z hľadiska dlhodobých poveternostných a klimatických charakteristík (a výskytu komárov) sme sa rozhodli pre Gorno-altajsk, hlavné mesto Altajskej republiky. Nasledovalo zložité vybavovanie ubytovania, víz, poistenia, a najmä príprava pozorovacej techniky. Tá nám dala zabrať najviac, keďže sme boli limitovaní leteckými predpismi – maximálne 20 kg vrátane osobných vecí. Po rôznych kombináciách statívov, montáží, fotografickej a záznamovej techniky sme odchádzali na letisko aj tak v napätí, čo sme zabudli.

Napriek varovaniam známych cesta do cieľového miesta prebiehala až neuveriteľne hladko. O necelých 24 hodín sme sa ocitli uprostred Sibíri, šesťtisíc kilometrov od domova. Chvíľu bol problém s nájdením penziónu, kde sme mali bývať, ale nakoniec sme boli prekvapení príjemným prostredím a sympatickou majiteľkou. Do zatmenia ostávali ešte štyri dni, ktoré sme využili na prehliadku blízkeho okolia, prípravu pozorovacích stanovíšť, ale hlavne na adaptáciu časového posunu o päť hodín. Denne sme kontrolovali prostredníctvom internetu predpoveď počasia a vykonávali rôzne obrady na naklonenie si altajských duchov.

Deň zatmenia sa blížil, ale s ním aj šanca na výskyt oblačnosti. Celý týždeň bola až neznesiteľná horúčava (do 39 °C) a poveternostná zmena bola len otázkou času. Z dôvodu rozloženia rizika oblačnosti, ale i z dôvodu hlbšieho poznania krás Altaja sa skupina troch členov rozhodla deň pred zatmením vycestovať k mongolským hraniciam do oblasti Koš-agačského regiónu. Je to náhorná plošina (1 800 m n m.), obkolesená zasneženými štítmi a charakteristická ako najslnečnejšia oblasť Ruskej federácie. Keďže v Altajskej republike existuje výlučne len automobilová doprava, vzdialenosť dlhú 500 km sme absolvovali taxíkom. Šofér Askat, rodák z toho kraja, nám cestou ochotne poukazoval všetky zaujímavosti. Po noci strávenej v jednoduchom



hoteli a následnej osvete o zatmení medzi miestnymi obyvateľmi sme sa vybrali k miestu pozorovania na Kurajskej náhornej plošine. Vytipovaným miestom bola pahorkatina v centre plošiny, s výhľadom do údolia na všetky strany. Miesto bolo zámerne vybrané aj z dôvodu zachytenia tzv. letiacich tieňov, ktoré nakoniec neboli až také výrazné, ako sme očakávali. Rozloženie a prípravu pozorovacej techniky sme zvládli pomerne rýchlo, však sme si to nacvičovali mnohokrát.

S príchodom prvého kontaktu sa však objavili prvé komplikácie. Znenazdajky sa zdvihol vietor a pomaly silnel čoraz viac. Dvadsať minút pred úplným zatmením bol vietor taký silný, že sme sa rozhodli prestaviť techniku na iné záveterné miesto. Navyše sa začali tvoriť v blízkosti Slnka obláčiky. Všetci sme s napätím očakávali úplné zatmenie. Náš spoločník a šofér do poslednej chvíle neveril, že nastane tma počas bieleho dňa. A predsa nastala. V náhlom tichu bolo počuť len divoký tlkot srdc a cvakanie uzávierok fotoaparátov. Napodiv ustal aj vietor. Toto fascinujúce nebeské divadlo však trvalo len dve minúty. No za ten čas sme si skromnú korónu, Merkúr a Venušu vychutnali aj voľným okom.

Horšie na tom boli naši kolegovia, čo ostali v Gorno-altajsku. Celodenné čisté nebo začali pred zatmením križovať oblaky. Zvlášť jeden sa usídlil na Slnku a až po skončení zatmenia sa rozhodol putovať ďalej. Na nešťastie bol aj dosť hustý, takže koróna sa dala naozaj len tušiť. Len ťažko zakrývali rozpaky, no potešil ich aspoň náš úspech. Veď sme mohli dopadnúť rovnako.

Posledné dni sme využili ešte na prehliadku mesta a ochutnávku miestnych špecialít. Deviaty deň nás čakal let do Moskvy, prehliadka mesta a nakoniec návšteva Lomonosovej univerzity a stretnutie s moskovskými kolegami.

Po prílete domov sme sa vrhli na spracovanie nasnímaného materiálu. Či sa nám to podarilo, môžete posúdiť sami. Obrazový i podrobnejší textový materiál je prístupný na web-stránkach zúčastených strán www.planetarium.sk, www.astrokysuce.sk, www.solarastronomy.sk.

Záverom by som rád poďakoval hlavnému iniciátorovi expedície Kristiánovi Molnárovi zo združenia Solar, pracujúceho pri seneckej hvezdárni, ktorého pričinením sa konala táto expedícia.

STANISLAV KANIANSKY, KHaP MH ZH

Augustové zatmenia

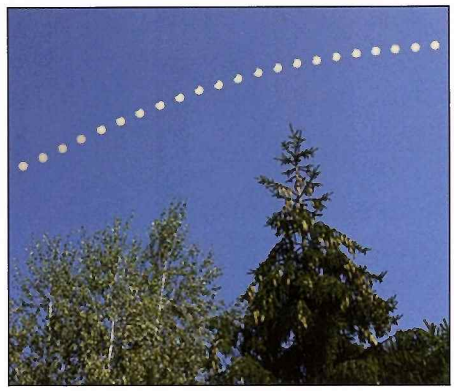
Zatmenie cez slnečné okuliare. Foto: D. Rapavá

Čiastočné zatmenie Slnka

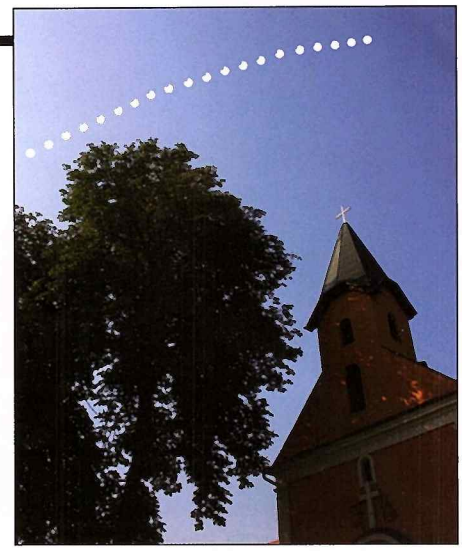
Zatmenie Slnka 1. 8. bolo od nás pozorovateľné len ako čiastočné, no pre väčšinu hvezdární je to vhodná príležitosť na pozorovania pre verejnosť a fotografi si nenechajú ujsť ďalšiu vhodnú príležitosť.

Večer pred zatmením sme s kolegom popíjali kávu na lavičke pred hvezdárňou a rozprávali sa o zajtrajšom pozorovaní. Kolega len tak medzi rečou nadhodil, aké by to bolo pekné nasnímať, ako Mesiac zakrýva protuberanciu. Samozrejme som to zavrhol, veď vo vhodnom pozičnom uhle dnes nič nebolo... No ale mýlil som sa, ráno bolo všetko inak a v pozičnom uhle 323° na Slnku bola pokojná protuberancia, Mesiac sa do nej začal „zahryzávať" ešte pred prvým kontaktom. Nuž a tak ti vlastne, milý kolega Otto, ďakujem.

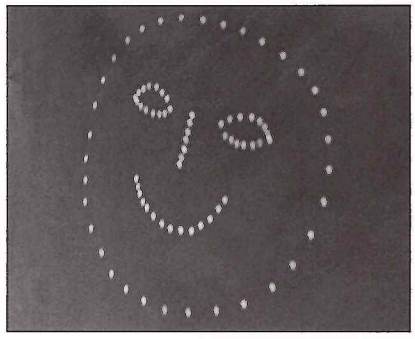
Návštevníci využívali slnečné okuliare, binokuláre i ďalekohľady, obdivovali zatmenie cez dierkovú komoru. V kupole to bola v podstate už len rutina, po zákryte protuberancie už len pravidelné exponovanie... Počasie prialo a my sme v duchu rovnako priali našim kolegom, ktorí sa vybrali za zatmením úplným do Ruska či Mongolska.



Potupka zatmenia. Foto: P. Rapavý

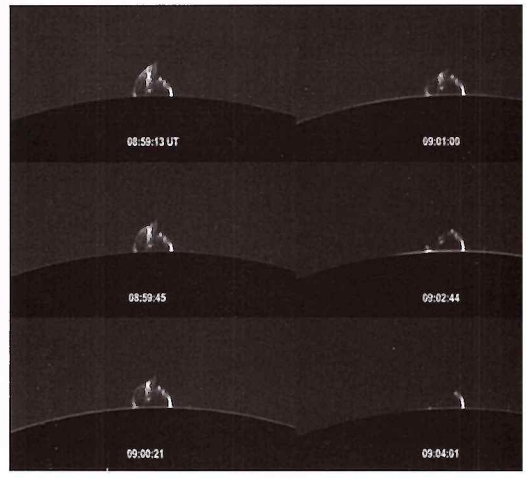


Postupka zatmenia v Šíde. Foto: Ľ.Urbančok



Usmiate Slniečko cez dierkovú komoru. Foto: D. Rapavá

Výsledky zatmenia sú na *http://www.astrors.sk/vysledzatmslnka10808.html* a *http://www.astrors.sk/vysledzatmmesiaca160808.html*



„Zákryt" protuberancie Mesiacom. Foto: P. Rapavý

Fázy zatmenia Mesiaca. Foto: P. Rapavý

Zatmenie Mesiaca

Pri najbližšom splne 16. 8. sa Mesiac ponoril do zemského tieňa a mohli sme sa kochať jeho čiastočným zatmením. Pre mňa však toto zatmenie bolo výnimočné a subjektívne veľmi dlhé. Čas sa vliekol doslova slimačím tempom. Sedel som v kupole, exponoval a exponoval. Len niekoľko desiatok metrov od kupoly však bol môj priateľ a oslavoval okrúhle životné jubileum, doliehali ku mne gratulácie i spev... S pribúdajúcou fázou zatmenia sa časť ponorená do tieňa krásne sfarbovala do červenohneda, obloha bola ako vymetená. Kolegovia sa starali o verejnosť i gratulantov, všade vládla pohoda.

Pavol Rapavý

Maximálna fáza zatmenia. Foto: P. Rapavý

Postupka zatmenia Mesiaca. Foto: P. Rapavý

Velký skok pro člověka...

Kosmonautika už dávno není vnímaná jako věda pro několik šílených vědců, ale jako regulérní oblast podnikání. O tom svědčí mj. i studie americké Space Foundation, která uvedla, že v loňském roce představovala celosvětově obrat 251 mld. USD, z čehož ovšem jen asi pětina připadala na národní a mezinárodní kosmické agentury. Zbytek připadal na soukromé investory. Není se tak čemu divit, že se jako houby po dešti objevují projekty, které se možným komerčním využitím kosmonautiky zabývají.

Některé z nich jsou přitažené za vlasy více, jiné méně. K těm značně netradičním, byť realizovatelným, patří nápad High Dive. Skok z výšky přes jedno sto kilometrů. Skok, který by se mohl stát skutečnou třešničkou na dortu pro každého příznivce adrenalinu. K jeho realizaci jsou potřeba dvě maličkosti: suborbitální letoun (což by ale neměl být problém, vždyť již příští rok chce zahájit zkušební lety na práh vesmíru se svým strojem SpaceShipTwo společnost Scaled Composites, která reálnost svých záměrů prokázala již dříve úspěšným konceptem SpaceShipOne) a skafandr, který bude schopen odolat dosud nevídané zátěži.

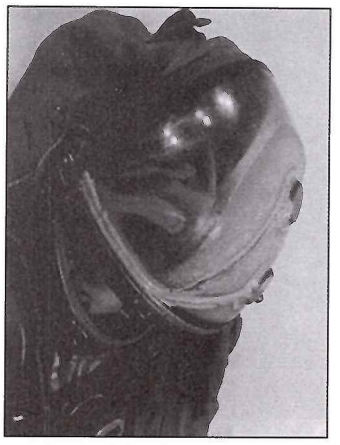
Ovšem tak jednoduché to zase není. Světový rekord dnes drží plukovník Joseph Kittinger, a to skokem z výšky 31,33 km. Jeho pád trval 14 minut a 36 sekund, přičemž dosáhl maximální rychlosti 988 km/hod (= 274 m/sec). Podotýkáme, že tento rekord byl ustanoven v rámci projektu Excelsior dne 16. srpna 1960!

Přitom tyto pokusy nebyly bez rizika: už při nácviku na rekordní seskok v listopadu o rok dříve selhal Kittingerův skafandr a on ztratil vědomí. Život mu zachránila jen automatika, která zajistila vytažení padáku i bez lidské asistence. A i v průběhu rekordního seskoku došlo k poškození hermetičnosti jeho pravé rukavice, takže ruka mu otekla na dvojnásobek běžného objemu.

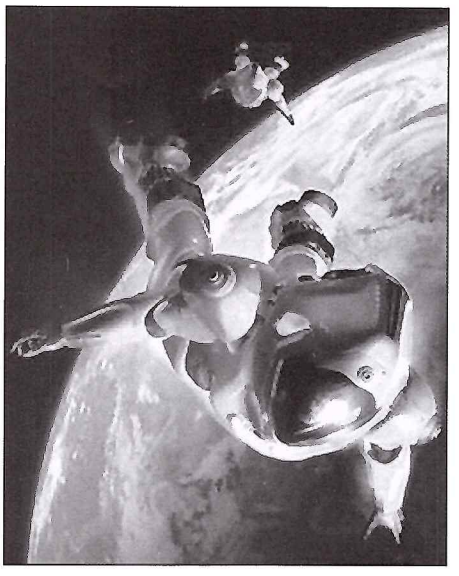
Už několik let se chystá jeho rekord pokořit francouzský dobrodruh Michel Fournier (64). Ten by se chtěl nechat vynést balónem do výšky čtyřicet kilometrů – a odtud skočit. Pokud by uspěl, překonal by hned čtyři světové rekordy. Stal by se prvním člověkem, který během volného pádu překoná rychlost zvuku, dále by překonal rekord v délce volného pádu, v seskoku z největší výšky a v nejvyšší výšce dosažené v balónu. (Držitelem posledních tří rekordů je dosud Kittinger – a i v první kategorii mu stále náleží světový primát.) Fournier se už několikrát pokusil odstartovat z Kanady (ve Francii mu byly pokusy úředně zakázané), naposledy letos v květnu. To se ale balón z ne zcela jasných odpojil ještě na zemi od gondoly a odletěl.

Fournier se ale nevzdává a další pokus chystá již na letošní srpen. Ostatně, není to pro něj první neúspěch a do splnění svého snu investoval již údajně více než dvacet miliónů dolarů.

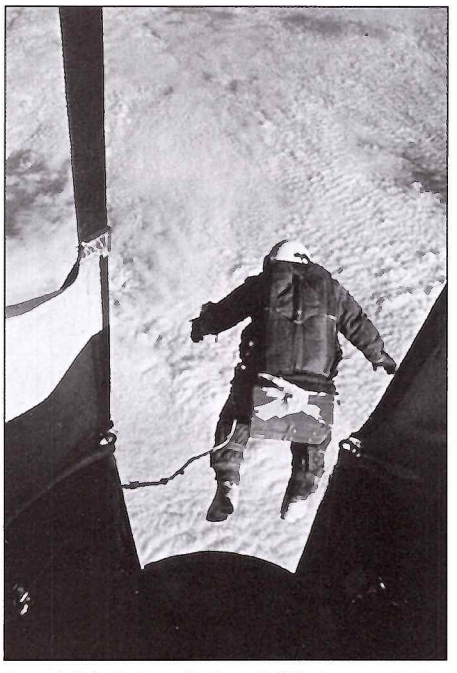
Jak vidno, stokilometrová hranice seskoku může být ještě docela vzdálená. A navíc není možné z podobného seskoku dělat podnik, při kterém půjde o život, byť určité riziko bude existovat vždy. Pro komerční „skákání" je ale zapotřebí nasadit laťku bezpečnosti co nejvýše.



Roztavené hledí skafandru Střiž po simulované katapultáži kosmonauta ve výšce nad 30 km a rychlosti nad 3 M.



Skoky z hranic vesmíru by se mohly stát vyhledávaným adrenalinovým sportem.



Americký plukovník Joseph Kittinger zahajuje svůj rekordní skok.

Přitom právě Fournier se dostal k „výškovým skokům" nikoliv z hlediska adrenalinového zájmu, ale proto, že si jej v roce 1998 vybrala francouzská kosmická agentura CNES. Ta chtěla uskutečnit jeden či více podobných seskoků s cílem zjistit možnosti záchrany posádek z havarovaných kosmických lodí v extrémních podmínkách.

Dnes je záchrana kosmonautů z plavidel pohybujících se ve výškách nad několik desítek kilometrů zhola nemožná: počítá se jen se záchranou celé kosmické lodi (což jak ukázaly případy havárií raketoplánů Challenger či Columbia, nemusí být vždy úplně správný předpoklad). Historicky údajně nejlepší záchranný systém měly sovětské kosmoplány Buran, které byly vybavené katapultovacími křesly a skafandry Střiž schopnými zajistit přežití posádky i při opuštění lodi ve výšce nad 30 kilometrů a rychlosti přesahující 3 M.

Agentura CNES od záměru záhy ustoupila jakožto od příliš riskantního, nicméně zanechala za sebou alespoň pilota Fourniera a jeho nadšení. Coby zkušený parašutista se sedmi tisíci seskoky už nevidí mnoho jiných možností, jak vystoupit na pomyslný Olymp všech skokanů světa...

S podobným záměrem – záchranou lidských životů – přitom nyní přišla i americká společnost Orbital Outfitters. Ta se ale zcela pragmaticky netají tím, že její práce může mít o onen sportovně-adrenalinový rozměr. Založili ji Rick Tumlinson (mj. spoluzakladatel slavné Space Frontier Foundation či X-Prize Foundation) a Jonathan Clark (zkušený vojenský parašutista a bývalý lékař u NASA). Právě u Clarka je motivace k výzkumu na tomto poli velmi zřejmá: jeho manželka Laurel zahynula na palubě raketoplánu Columbia v únoru 2003 při nezdařeném pokusu o návrat z vesmíru.

Společnost Orbital Outfitters plánuje na rok 2009 realizaci skoku ze zhruba čtyřicetikilometrové výšky. A během následujících dvou let chystá skok z magické hranice jednoho sta kilometrů. „Náš závěrečný cíl je zajistit lidem bezpečný skok přímo z oběžné dráhy," vysvětluje Tumlinson.

V tomto případě už nejde jen o výšky, ale také o dopřednou rychlost téměř osmi kilometrů za sekundu (ta byla u všech předchozích pokusů nulová). Tato rychlost znamená při vstupu do atmosféry extrémní tepelné namáhání, třeba na nejexponovanějších místech raketoplánů překračuje 1350 stupňů Celsia. Člověk „skákající" z oběžné dráhy se tak stává jakýmsi „lidským meteoritem".

Podle inženýra Roberta Manninga z JPL v Pasadeně, který se podílí na vývoji návratových systémů bezpilotních sond, ale nemusí jít o nereálný koncept. Teoreticky je podle něj možný – otázkou pochopitelně je, zdali se teorii podaří potvrdit v praxi.

Skafandr, který Orbital Outfitters pro tento účel vyvíjí, přitom připomíná více kosmickou loď než nějaký běžný overal. Alespoň co se použitých technologií týká: vizuálně jde stále o skafandr, byť lehce futuristického vzezření. Nicméně bude mít vlastní chladící systém nebo třeba soustavu stabilizačních trysek, které mu zajistí orientaci v podmínkách vakua.

Jak vidno, skoky z hranic vesmíru nejsou technicky ani technologicky jednoduchou záležitostí. Jedno je ale jisté: jsou lákavé. A to natolik, že se dříve či později alespoň nesmělých pokusů dočkáme. A po těch nesmělých obvykle přicházejí i smělejší...

TOMÁŠ PŘIBYL

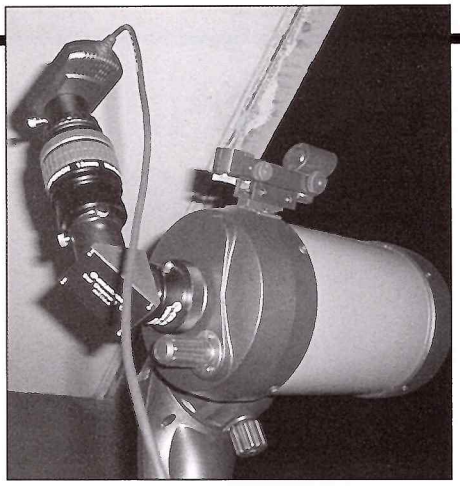
Foto: archiv autora

Celestron NexImage – jednoduchá CCD kamera

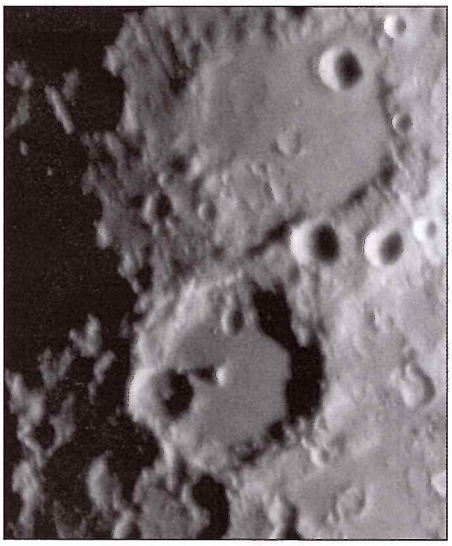
Prvé kroky astronóma amatéra smerujú od vizuálneho pozorovania zvyčajne k fotografovaniu Mesiaca či planét. Sú to výrazné objekty, ktoré menia svoju tvár pred očami pozorovateľa. Výsledky však často zaostávajú za očakávaním. Pozorovateľ získaním záberov zistí, že cesta za úchvatnými snímkami, ktoré sú v mnohých publikáciách, či na internete, bude ťažšia, ako si predstavoval.

Začiatky môže uľahčiť technika, ktorá je ľahko ovládateľná, dostupná a umožňuje získať zaujímavé zábery jasných objektov. Je ňou napríklad CCD kamera Celestron NexImage, ktorá je určená na snímanie objektov Slnečnej sústavy, ako sú Mesiac, Slnko a jasné planéty. Srdcom kamery je HAD CCD čip s rozmermi 3,6×2,7 mm s rozlíšením 640×480 bodov a s citlivosťou približne 1 lux. Telo kamery je ľahké a kompaktné, adaptér má priemer 1,25" čím poľahky sadne do štandardného okulárového výťahu s priemerom 1,25". S kamerou je možné použiť aj filtre s priemerom závitu jeden a štvrť palca. K počítaču sa pripája pomocou 2 m USB kábla. Kamera Celestron NexImage je kompatibilná s operačnými systémami Windows 98/2000/XP. Ovládače sú na priloženom CD. Na web stránkach výrobcu sú k dispozícii ovládače pre Windows Vista, takže užívatelia najnovších počítačov s týmto systémom nebudú mať problémy s funkčnosťou. Spolu s kamerou sa dodáva aj základný software AMCap, ktorý slúži na nastavenie parametrov obrazu, ako sú jas, kontrast, zisk, expozičný čas, farebné vyváženie a zachytávanie obrazu z kamery. Záznam je ukladaný na disk do videosúborov vo formáte avi, mpeg alebo ako samostatné obrázky na ďalšie spracovanie. Treba sa pripraviť, že pri dlhšom pozorovaní získa pozorovateľ aj niekoľko gigabajtov dát.

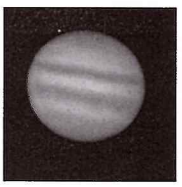
Pri pozorovaní je najčastejšie rušivým elementom seeing, čiže plávanie obrazu. Tieto turbulencie spôsobujú deformácie obrazu. Ľudské oko sa na rozdiel od kamier s týmto problémom veľmi ľahko a efektívne vyrovná. Pri fotografovaní musí pozorovateľ zhotoviť niekoľko záberov a na záver vybrať najlepší.



Kamera Celestron NexImage pri okulárovej projekcii cez okulár Hyperion 13 mm, ďalekohľad NexStar5SE.



Krátery Hipparchus a Albategnius. Záber zhotovený spracovaním 32 zo 625 snímok 12. 5. 2008, 22:31 LSEČ.



Jupiter nasnímaný okulárovou projekciou za okulár Baader Planetarium Hyperion 13 mm. Fotografia je zhotovená spracovaním 23 z 546 snímkov, jas a kontrast sú upravené.

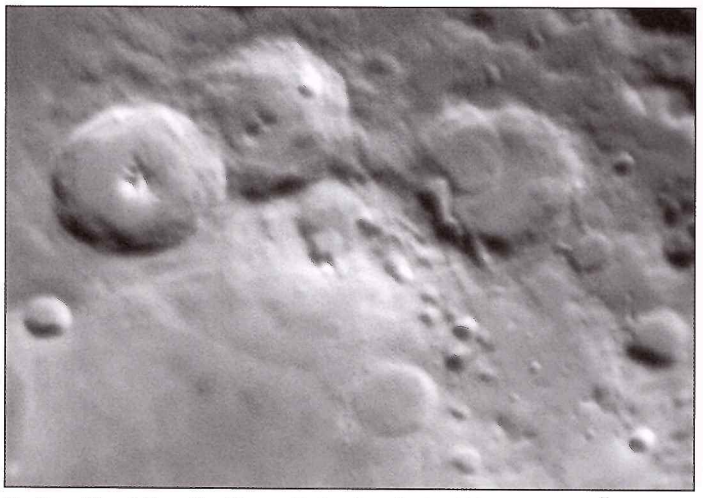
Princíp práce s kamerou spočíva v zaznamenaní krátkej videosekvencie v trvaní niekoľko sekúnd maximálne jednotiek minút, pozorovaného objektu. Získaním takéhoto záznamu stúpa pravdepodobnosť, že sa pozorovateľovi podarí získať niekoľko snímok, ktoré budú minimálne ovplyvnené rušivými vplyvmi atmosféry. Sekvencií je možné zhotoviť aj niekoľko a potom ich sčítať. Na spracovanie získaných dát je k dispozícii program Registax, ktorý umožňuje zarovnať jednotlivé snímky, odfiltrovať zábery, ktoré kvalitou nezodpovedajú nastaveným kritériám a na záver spracovať zo zvolených snímok finálny záber, ktorý je možné pomocou filtrov ďalej upraviť.

Kamera bola testovaná s ďalekohľadom Celestron NexStar 5SE (Schmidt-Cassegrein 127/1250) na navádzanej GoTo montáži. Na pozorovanie Mesiaca je ideálne kameru umiestniť do ohniska ďalekohľadu. Obraz je dostatočne jasný a kontrastný, aby sa pri zázname nestrácali detaily zvyšovaním expozičných hodnôt. Pri pozorovaní planét, napríklad Jupitera alebo Saturna, je vhodné využiť okulárovú projekciu. Táto metóda je však citlivejšia na nepokoj atmosféry. Pre každý ďalekohľad je potrebné otestovať kombináciu s okulárom, s ktorým je obraz dostatočne jasný. Pri pozorovaní som otestoval okulárovú projekciu cez okulár Baader-Planetarium Hyperion 13 mm. Kamera bola namontovaná k okuláru pomocou doplnkových medzikrúžkov.

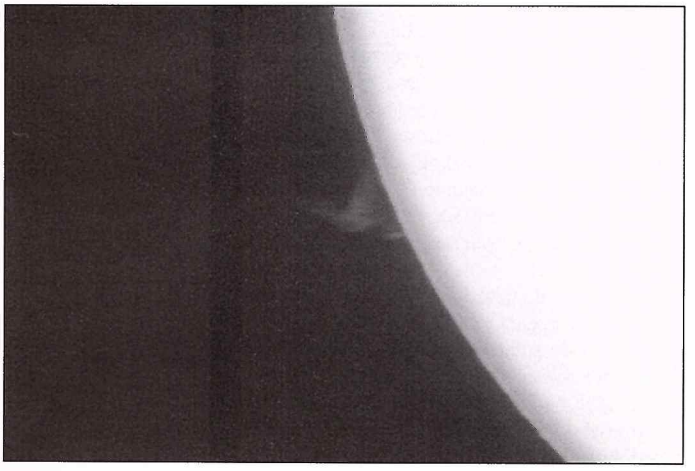
Ďalšie veľmi zaujímavé uplatnenie nachádza kamera v kombinácii so slnečným ďalekohľadom Coronado PST. Na zhotovovanie záberov protuberancií a zaznamenávanie útvarov na povrchu Slnka. Séria niekoľkých záberov umožňuje pozorovať zmeny slnečných protuberancií a škvŕn. Pri lepších podmienkach je vhodné experimentovať aj s použitím Barlowovej šošovky, čím sa ohnisková dĺžka sústavy predĺži a znásobí sa zväčšenie. Zároveň však poklesne jasnosť pozorovaného objektu a obraz je citlivejší na nepokoj atmosféry. Jedinou nevýhodou je malá veľkosť snímača. Na pozorovanie planét je postačujúci, ale na väčšie zábery Slnka a Mesiaca treba zábery na záver poskladať. Je vhodné sa pred použitím kamery Celestron NexImage zoznámiť s prácou a postupmi spracovania. Nadšený pozorovateľ získa možnosť pozorovať hru svetla a tieňa na povrchu Mesiaca, zmeny v atmosfére Jupitera, albedové útvary na Marse a dynamiku slnečnej atmosféry. Škoda, že kamera NexImage je určená len na snímanie objektov Slnečnej sústavy, no túto úlohu plní výborne.

Ďakujem spoločnosti Tromf s.r.o. za zapožičanie kamery a príslušenstva.

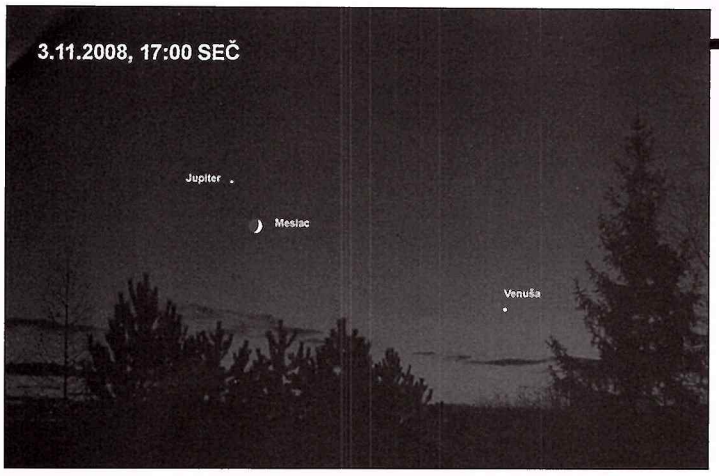
DANIEL TÓTH
Foto: autor

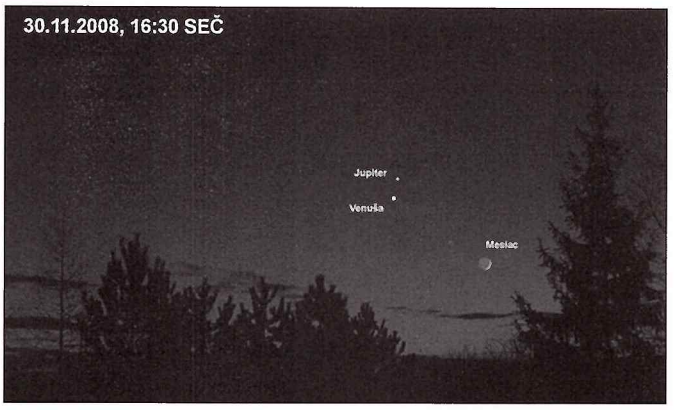


Krátery Teophilus, Cyrillus a Catharina. 9. 6. 2008, 22:19 LSEČ, spracovaných 37 snímok zo 450.



Slnečná protuberancia z 1. 8. 2008, výber 37 snímok zo 1052. Kamera NexImage, slnečný ďalekohľad Coronado PST, Barlowova šošovka Celestron Ultima 2×.





Obloha v kalendári

máj – jún 2008

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

Jesenné obdobie je tu, s ním aj dlhšie, no teplotne ešte celkom príjemné noci. Večernú oblohu budú skrášľovať Venuša s Jupiterom, posledný novembrový deň sa k nim pridruží aj kosáčik Mesiaca. Niekoľko zaujímavých zoskupení pripravia asteroidy a na oblohe budú aj relatívne jasné kométy, ktorými sa môžeme pokochať aj silnejšími binokulármi. Ak si k tomu pripočítame možnosť zvýšenej frekvencie Drakoníd, tak nás čakajú dva príjemné mesiace.

Planéty

Merkúr je začiatkom októbra nepozorovateľný, zapadá takmer súčasne so Slnkom a 6. 10. je v dolnej konjunkcii so Slnkom. Po konjunkcii sa podmienky jeho viditeľnosti však rýchlo zlepšujú, koncom prvej dekády už vychádza ráno na začiatku občianskeho súmraku, má však len 3,2 mag. V polovici októbra je na konci nautického súmraku vo výške 8° ako objekt 0,9 mag (osvetlených bude z neho 21 %) a v najväčšej západnej elongácii (18,3°) je 22. 10. Pri elongácii by sme ho mali nájsť bez väčších problémov, na konci nautického súmraku bude vo výške 11° ako objekt –0,5 mag. Po elongácii sa začne uhlovo približovať k Slnku a pred polovicou novembra sa stratí v rannom súmraku, nakoľko sa blíži do konjunkcie hornej (25. 11.).

27. 10. pred východom Slnka bude juhovýchodný obzor okrem Merkúra skrášlený aj tenkým kosáčikom Mesiaca. Vzdialenosť oboch telies bude úctyhodných 8°, no aj tak toto zoskupenie stojí za zaznamenanie; 28° nad touto dvojicou si všimnime aj Saturn (1,1 mag)

Venuša (–3,9 až –4,1 mag) je nízko nad juhozápadným obzorom, no vzhľadom na svoju jasnosť bude neprehliadnuteľná. Na konci občianskeho súmraku je vo výške 4°. Jej viditeľnosť sa aj napriek zväčšujúcej sa uhlovej vzdialenosti od Slnka zlepšuje len pomaly, na prelome mesiacov je na začiatku nautického súmraku vo výške 7° a koncom novembra 14°.

2. 10. bude večer nízko nad obzorom aj Mesiac, no krajšia konjunkcia nás čaká 1. 11. za asistencie Jupitera, ktorý nájdeme vľavo. Skvelé zoskupenie týchto telies však nastane až 1. 12., keď bude dokonca pozorovateľný aj zákryt Venuše Mesiacom. Posledný novembrový deň po západe Slnka však už zaháľať nemusíme, veď obzor bude skrášlený úzkym Mesiacom a Venuša bude od Jupitera len 2°.

Mars (1,6 – 1,3 mag) je prakticky nepozorovateľný, začiatkom októbra zapadá na konci občianskeho súmraku a jeho jasnosť je len 1,6 mag... Jeho uhlová vzdialenosť od Slnka za zmenšuje, 5. 12. bude v konjunkcii so Slnkom. 31. 10. je od Zeme najďalej (2,50332 AU), a tak si len spomeňme, koľko nezmyselných mailov a SMS sme dostali o tom, že koncom augusta bol Mars „veľký ako Mesiac". Tieto spamy sa elektronicky (a žiaľ aj v niektorých masmédiách) šíria už od doby veľkej opozície Marsu 28. 8. 2003.

Jupiter (–2,3 až –2,0 mag) je v Strelcovi, začiatkom októbra ho uvidíme ako jasný objekt nízko nad južným obzorom, zapadá dve hodiny pred polnocou, jeho viditeľnosť sa pomaličky kráti. Koncom novembra bude síce k Slnku uhlovo bližšie, no podmienky jeho večernej viditeľnosti budú stále dobré, zapadne 3 hodiny po Slnku. Medzi hviezdami sa pohybuje východným smerom a pomaly sa dostane na okraj Mliečnej cesty. Pri pozorovaní ďalekohľadom je to jeden z najvďačnejších objektov Slnečnej sústavy, už pri malom zväčšení sú viditeľné jeho štyri najväčšie mesiace, pri väčšom zväčšení sa pokocháme oblačnými pásmi na jeho povrchu i Veľkou červenou škvrnou.

7. 10. a 4. 11. bude v konjunkcii s Mesiacom, a tak ich na oblohe uvidíme relatívne blízko. Najkrajšia konjunkcia na nás však čaká až 1. 12.

Saturn (1,0 – 1,1 mag) v južnej časti Leva nájdeme na oblohe ráno, po septembrovej konjunkcii so Slnkom sa podmienky jeho viditeľnosti rýchlo zlepšujú. Začiatkom októbra je na začiatku občianskeho súmraku vo výške 16°, koncom novembra však už 47°. Jeho prstence sa uzatvárajú a v priebehu týchto dvoch mesiacov sa zúžia z 2,3 na 0,8". Jeho vlastný pohyb na oblohe si môžeme dobre všimnúť okolo 3. 11., keď prejde len 6' severne od hviezdy σ Leo (4,0 mag).

25. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom a podobná situácia sa zopakuje 21. 11.

Urán (5,7 – 5,8 mag) vo Vodnárovi je viditeľný takmer celú noc okrem rána, koncom novembra je nad obzorom v prvej polovici noci. Pohybuje sa medzi hviezdami západným smerom a od konca prvej novembrovej dekády ho nájdeme v blízkosti hviezdy 96 Aqr (5,6 mag), ku ktorej bude najbližšie (len 5') 16. 11. Dva dni pred koncom novembra bude v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. 12. 10. a 8. 11. bude v konjunkcii s Mesiacom, novembrová je o niečo výhodnejšia, nakoľko nastáva nad obzorom.

Neptún (7,9 mag) v Kozorožcovi zapadá o niečo skôr ako Urán, začiatkom októbra 1,5 hodiny po polnoci, do konca novembra sa jeho nočná viditeľnosť skráti a zapadne už 2,5 hodiny pred polnocou. Nakoľko je 2. 11. v zastávke, začne sa pohybovať v priamom smere a medzi hviezdami sa bude pohybovať takmer presne ako doteraz (opísaná slučka bude mať šírku len 2").

10. 10. bude mimo nášho územia pozorovateľný zákryt Neptúna Mesiacom. Podobná situácia sa zopakuje aj 6. 11., no tentokrát uvidíme aspoň priblíženie oboch telies, Neptún bude len 10' od južného okraja Mesiaca po poslednej štvrti. Vzhľadom na to, že v bezprostrednej blízkosti Neptúna nebude žiadna hviezda podobne jasnosti, mali by sme ho v ďalekohľade identifikovať bez väčších problémov.

Trpaslíčie planéty

(1) Ceres (8,8 – 8,4 mag) v Levovi má zlepšujúce sa podmienky viditeľnosti, nakoľko koncom januára bude v opozícii. Začiatkom októbra je pozorovateľná v druhej polovici noci, koncom vychádza už 1,5 hodiny pred polnocou. 3. 10. prejde 0,8° južne od špirálovej galaxie NGC 2903 (9,6 mag) a medzi nimi bude ešte slabý (14,4 mag) asteroid (604) Marianna a o mesiac neskôr 3. 11. 1,3° popod γ Leo (2,2 mag).

(134340) Pluto (14,2 mag) sa zo severozápadnej časti Strelca presúva do hustejších častí Mliečnej cesty, kulminuje hneď po západe Slnka, do konca novembra sa jeho večerná viditeľnosť skráti, zapadne o 17:30. Koncom novembra bude necelý štvrťstupeň pod nevýraznou, riedkou otvorenou hviezdokopou NGC 6507 (9,6 mag).

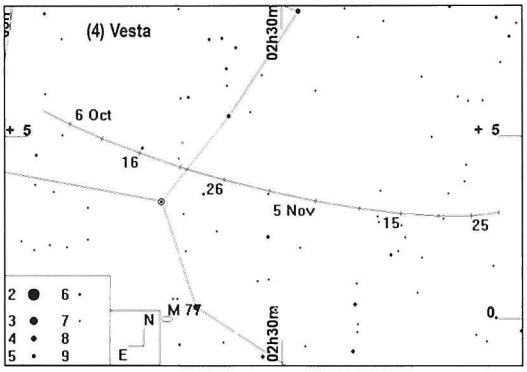
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
Efemerida (134 340) Pluto				
1. 10.	$17^h53{,}7^m$	–17°26,3'	14,2	80,5
6. 10.	$17^h54{,}0^m$	–17°27,8'	14,2	75,6
11. 10.	$17^h54{,}3^m$	–17°29,2'	14,2	70,8
16. 10.	$17^h54{,}7^m$	–17°30,7'	14,2	66,0
21. 10.	$17^h55{,}1^m$	–17°32,1'	14,2	61,2
26. 10.	$17^h55{,}6^m$	–17°33,4'	14,2	56,3
31. 10.	$17^h56{,}1^m$	–17°34,7'	14,2	51,5
5. 11.	$17^h56{,}6^m$	–17°35,9'	14,2	46,7
10. 11.	$17^h57{,}2^m$	–17°37,1'	14,2	41,8
15. 11.	$17^h57{,}9^m$	–17°38,2'	14,2	37,0
20. 11.	$17^h58{,}5^m$	–17°39,2'	14,2	32,2
25. 11.	$17^h59{,}2^m$	–17°40,2'	14,2	27,4
30. 11.	$17^h59{,}9^m$	–17°41,1'	14,2	22,7
Efemerida (1) Ceres				
1. 10.	$9^h26{,}7^m$	20°59,0'	8,8	50,9
6. 10.	$9^h35{,}0^m$	20°35,4'	8,8	53,9
11. 10.	$9^h43{,}1^m$	20°12,0'	8,8	56,8
16. 10.	$9^h51{,}0^m$	19°49,0'	8,7	59,9
21. 10.	$9^h58{,}8^m$	19°26,7'	8,7	63,0
26. 10.	$10^h06{,}3^m$	19°05,3'	8,7	66,2
31. 10.	$10^h13{,}6^m$	18°45,0'	8,7	69,4
5. 11.	$10^h20{,}7^m$	18°26,2'	8,6	72,7
10. 11.	$10^h27{,}6^m$	18°09,0'	8,6	76,0
15. 11.	$10^h34{,}1^m$	17°53,8'	8,5	79,5
20. 11.	$10^h40{,}4^m$	17°40,8'	8,5	83,0
25. 11.	$10^h46{,}4^m$	17°30,4'	8,4	86,6
30. 11.	$10^h52{,}0^m$	17°22,9'	8,4	90,4

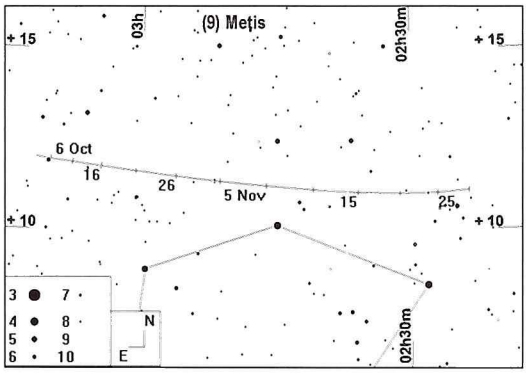
Zákryty

Klasických, totálnych, zákrytov je dostatok, predpovede pre stred Slovenska sú v tabuľke.

Dotyčnicové zákryty jasnejších hviezd na našom území pozorovateľné nebudú. Najjasnejším je zákryt premennej hviezdy FR Vir (7,0 – 7,2 mag) 25.11., no aj ten nastáva počas občianskeho súmraku...

Asteroidy





Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida asteroidu (4) Vesta			
1.10.	$02^h56{,}3^m$	+05°43,5'	6,9
6. 10.	$02^h53{,}4^m$	+05°20,8'	6,8
11. 10.	$02^h49{,}8^m$	+04°57,5'	6,7
16. 10.	$02^h45{,}7^m$	+04°34,1'	6,6
21. 10.	$02^h41{,}2^m$	+04°11,5'	6,5
26. 10.	$02^h36{,}3^m$	+03°50,2'	6,5
31. 10.	$02^h31{,}3^m$	+03°31,2'	6,4
5. 11.	$02^h26{,}3^m$	+03°15,1'	6,5
10. 11.	$02^h21{,}5^m$	+03°02,5'	6,6
15. 11.	$02^h16{,}9^m$	+02°53,9'	6,7
20. 11.	$02^h12{,}8^m$	+02°49,6'	6,8
25. 11.	$02^h09{,}2^m$	+02°49,7'	6,9
30. 11.	$02^h06{,}1^m$	+02°54,4'	7,0
Efemerida asteroidu (9) Metis			
1. 10.	$03^h12{,}0^m$	+11°58,5'	9,4
6. 10.	$03^h10{,}4^m$	+11°55,1'	9,3
11. 10.	$03^h07{,}9^m$	+11°50,1'	9,2
16. 10.	$03^h04{,}7^m$	+11°43,6'	9,0
21. 10.	$03^h00{,}8^m$	+11°36,0'	8,9
26. 10.	$02^h56{,}3^m$	+11°27,8'	8,7
31. 10.	$02^h51{,}3^m$	+11°19,6'	8,6
5. 11.	$02^h46{,}2^m$	+11°11,9'	8,5
10. 11.	$02^h41{,}0^m$	+11°05,5'	8,5
15. 11.	$02^h35{,}9^m$	+11°00,9'	8,7
20. 11.	$02^h31{,}2^m$	+10°58,8'	8,8
25. 11.	$02^h27{,}0^m$	+10°59,7'	9,0
30. 11.	$02^h23{,}4^m$	+11°03,9'	9,1
Efemerida asteroidu (135) Hertha			
21. 10.	$03^h34{,}6^m$	+22°45,0'	11,3
26. 10.	$03^h30{,}2^m$	+22°36,4'	11,2
31. 10.	$03^h25{,}2^m$	+22°24,4'	11,1

Zákryty hviezd Mesiacom (október – november)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
8. 10.	20 24 57	D	28200	6,0	+63S	103	99	–102
9. 10.	20 27 14	D	29318	6,0	+83S	80	86	–42
11. 10.	19 26 46	D	30933	6,3	+50S	109	158	–20
17. 10.	23 1 24	D	5642	5,4	–47S	119	102	–10
17. 10.	23 53 7	R	5642	5,4	+47S	213	48	171
19. 10.	4 24 20	R	7216	5,7	+67N	289	70	–90
21. 10.	2 49 55	R	11513	6,2	+82N	288	89	0
9. 11.	15 32 30	D	32025	6,2	+70S	89	53	92
13. 11.	18 16 46	D	4818	3,8	–80S	59	8	107
13. 11.	19 14 26	R	4818	3,8	+57N	262	42	84
13. 11.	18 57 54	D	4854	4,0	–58N	17	–23	175
13. 11.	19 34 37	R	4854	4,0	+16N	303	94	6
13. 11.	18 52 35	D	4874	4,2	–22S	119	68	34
13. 11.	19 32 58	R	4874	4,2	+61S	202	–5	172
13. 11.	19 19 30	D	4911	3,0	–39S	103	59	57
13. 11.	20 12 58	R	4911	3,0	+77S	219	26	141
15. 11.	4 30 48	R	6658	6,8	+89N	259	40	–62
15. 11.	18 2 18	D	7963	4,9	–34S	142	21	5
15. 11.	18 30 53	R	7963	4,9	+35S	211	–50	150
15. 11.	20 28 23	R	8177	7,0	+12N	344	170	–256
16. 11.	20 6 33	R	10452	6,9	+64S	249	–10	107
16. 11.	22 15 49	R	10657	5,8	+79S	265	42	88
17. 11.	22 12 51	R	12445	6,8	+17N	355	90	–240
19. 11.	1 8 26	R	14025	5,6	+43S	241	84	188

Predpovede sú pre polohu λ_0 = 20°E a φ_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.

V opozícii do 11 mag budú: (50) Virginia (1. 10.; 10,5 mag), (796) Sarita (8. 10.; 10,6 mag), (69) Hesperia (10. 10.; 11,0 mag), (354) Eleonora (18. 10.; 10,8 mag), (141) Lumen (19 .10.; 10,8 mag), (4) Vesta (1. 11.; 6,5 mag), (196) Philomela (3. 11.; 10,9 mag), (9) Metis (5. 11.; 8,5 mag), (135) Hertha (12. 11.; 10,8 mag), (532) Herculina (23. 11.; 10,2 mag), (182) Elsa (26. 11.; 10,8 mag), (21) Lutetia (30.11.; 10,2 mag).

Najjasnejším asteroidom na oblohe počas týchto dvoch mesiacov bude (4) Vesta, ktorá bude mať v opozícii 6,4 mag. Na oblohe sa presunie z charakteristického päťuholníka Veľryby k hviezde Alrisha (α Psc, 4,1 + 5,1 mag).

11.11. sa bude (9) Metis nachádzať len 14' severne od malej skupinky galaxií (NGC 1024, 1028 a 1029).

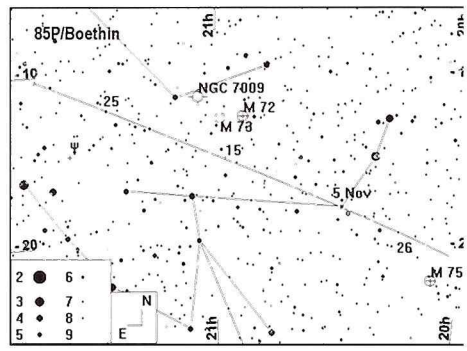
(135) Hertha začne svoju púť po oblohe 1,5° pod Plejádami a 25. 10. bude ako objekt 11,2 mag v tesnej blízkosti periodickej kométy 144P/Kushida, ktorá by mala mať 13 mag, a tak je tu skvelá príležitosť získať pekné snímky týchto dvoch telies medziplanetárnej hmoty.

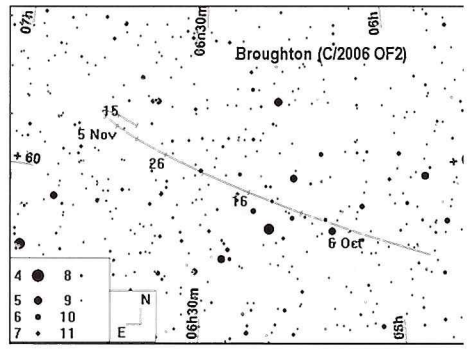
(532) Herculina bude prechádzať posledný októbrový týždeň pomerne hustým zoskupením galaxií v Býkovi. Ide síce o objekty pomerne slabé, no skúsenejší fotografi sa môžu pokúsiť o celkom zaujímavé série...

Kométy

19P/Borrelly má 11 mag, je pozorovateľná v druhej polovici noci. Jej geometrické podmienky pozorovateľnosti sú veľmi dobré, v polovici októbra je na konci astronomického súmraku vo výške 40°. Koncom októbra však už bude slabšia ako 12 mag. 8. 11. sa už ako objekt 13 mag priblíži na 14' k peknej galaxii NGC 4565 (10,3 mag), ktorú pozorujeme zboku. Majitelia výkonnejšej záznamovej techniky majú teda výbornú príležitosť získať do svojej zbierky ďalší pekný obrázok.

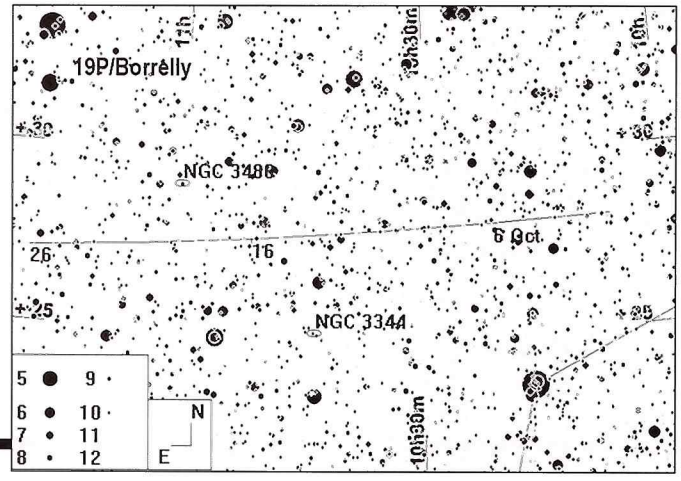
Od polovice novembra je jasnejšia ako 12 mag aj kométa 144P/Kushida,

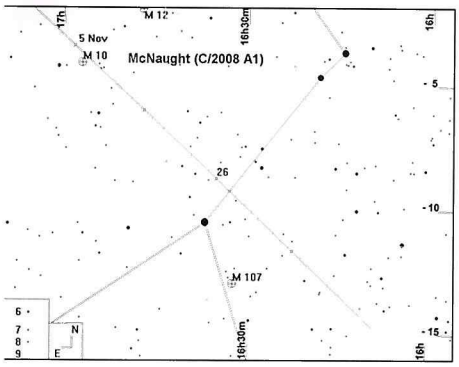


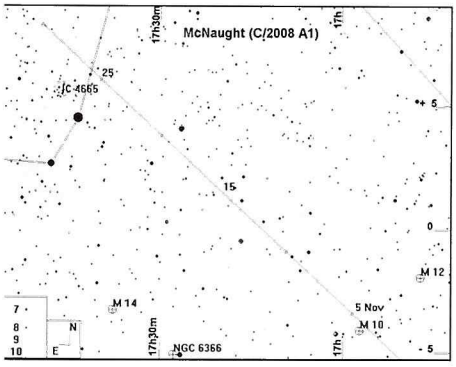


ktorá bude 25. 10. v blízkosti asteroidu (135) Hertha.

Príjemným osviežením bude kométa 85P/Boethin, ktorej deklinácia i jasnosť stúpa a tak od začiatku novembra by mala byť aj v dosahu binokulárov. Koncom novembra dosiahne 7,6 mag. 22. 10. prejde







1,7° severne od guľovej hviezdokopy M 75 (8,5 mag) a 15. 11. 2,5° južne od M 72 (9,3 mag) a M 73 (8,9 mag).

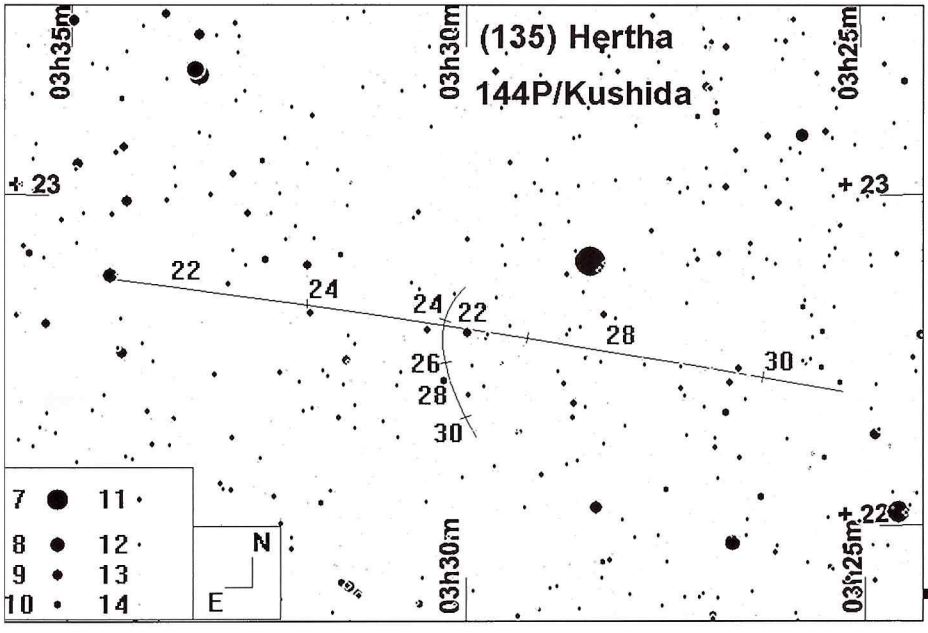
Stabilnú jasnosť tesne pod 11 mag si udržiava aj kométa Broughton (C/2006 OF2), ktorá je cirkumpolárna, presunie sa zo Žirafy do Rysa, a teda s jej pozorovaním by nemali byť problémy.

Najjasnejšou kométou tohto obdobia je kométa McNaught (C/2008 A1), ktorá začiatkom októbra bude jasnejšia ako 8 mag, no nie práve s najpriaznivejšími pozorovacími podmienkami. Tie sa však zlepšujú. Začiatkom októbra zapadá počas nautického súmraku, v polovici mesiaca je však už koncom nautického súmraku vo výške 9° a koncom novembra 25°. 4. 11. bude len 18' od guľovej hviezdokopy M 10 (6,6 mag) a 26. 11. 1,5° severne od otvorenej hviezdokopy IC 4660 (4,2 mag).

Meteory

Drakonidy budú počas maxima čiastočne rušené Mesiacom po prvej štvrti, no keďže je činnosť roja značne nepravidelná, je vhodné tomuto roju venovať pozornosť. Na základe pozorovaní z rokov 2005 a 2006 je možné, že nás aj tentokrát prekvapia

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
Efemerida kométy 19/PBorrelli				
1. 10.	$10^h06{,}6^m$	28°03,8'	11,0	46,5
6. 10.	$10^h22{,}0^m$	27°54,6'	11,2	48,2
11. 10.	$10^h37{,}0^m$	27°43,3'	11,4	50,1
16. 10.	$10^h51{,}5^m$	27°30,6'	11,6	52,0
21. 10.	$11^h05{,}5^m$	27°17,1'	11,8	53,9
26. 10.	$11^h19{,}1^m$	27° 3,6'	12,0	56,0
Efemerida kométy 85/PBoethini				
1. 10.	$19^h37{,}3^m$	–23° 1,8'	10,2	104,2
6. 10.	$19^h41{,}6^m$	–22°28,5'	10,0	100,4
11. 10.	$19^h47{,}2^m$	–21°51,4'	9,7	96,8
16. 10.	$19^h53{,}9^m$	–21°10,2'	9,5	93,5
21. 10.	$20^h01{,}8^m$	–20°24,3'	9,2	90,5
26. 10.	$20^h10{,}9^m$	–19°33,2'	9,0	87,8
31. 10.	$20^h21{,}1^m$	–18°36,2'	8,8	85,4
5. 11.	$20^h32{,}3^m$	–17°32,6'	8,5	83,2
10. 11.	$20^h44{,}6^m$	–16°21,8'	8,3	81,3
15. 11.	$20^h57{,}8^m$	–15°03,2'	8,1	79,7
20. 11.	$21^h12{,}0^m$	–13°36,3'	7,9	78,4
25. 11.	$21^h27{,}1^m$	–12°00,5'	7,8	77,4
30. 11.	$21^h43{,}1^m$	–10°15,7'	7,6	76,6
Efemerida kométy 144/P/Kushida				
21. 10.	$03^h30{,}0^m$	+22°43,5'	13,2	151,9
26. 10.	$03^h30{,}3^m$	+22°32,6'	13,0	156,8
31. 10.	$03^h29{,}9^m$	+22°16,3'	12,7	161,9
Efemerida kométy Broughton (C/2006 OF2)				
1. 10.	$5^h55{,}4^m$	58°20,1'	11,0	97,2
6. 10.	$6^h5{,}4^m$	58°50,9'	10,9	99,9
11. 10.	$6^h14{,}6^m$	59°18,7'	10,9	102,6
16. 10.	$6^h22{,}8^m$	59°43,7'	10,9	105,4
21. 10.	$6^h30{,}0^m$	60°06,0'	10,9	108,4
26. 10.	$6^h36{,}0^m$	60°25,7'	10,9	111,4
31. 10.	$6^h40{,}7^m$	60°42,5'	10,8	114,5
5. 11.	$6^h44{,}2^m$	60°56,2'	10,8	117,7
10. 11.	$6^h46{,}2^m$	61°06,4'	10,8	121,0
15. 11.	$6^h46{,}8^m$	61°12,4'	10,8	124,3
20. 11.	$6^h46{,}1^m$	61°13,6'	10,8	127,7
25. 11.	$6^h44{,}1^m$	61°09,2'	10,8	131,0
30. 11.	$6^h40{,}9^m$	60°58,2'	10,9	134,2
Efemerida kométy McNaught (C/2008 A1)				
16. 10.	$16^h09{,}0^m$	–14°48,5'	8,0	40,6
21. 10.	$16^h22{,}6^m$	–11°43,0'	8,2	39,0
26. 10.	$16^h35{,}3^m$	–8°47,7'	8,4	37,7
31. 10.	$16^h47{,}1^m$	–6°01,7'	8,6	36,6
5. 11.	$16^h58{,}4^m$	–3°23,9'	8,8	35,8
10. 11.	$17^h09{,}2^m$	0°53,2'	9,0	35,4
15. 11.	$17^h19{,}6^m$	1°31,6'	9,2	35,2
20. 11.	$17^h29{,}7^m$	3°51,6'	9,4	35,3
25. 11.	$17^h39{,}7^m$	6°07,8'	9,6	35,8
30. 11.	$17^h49{,}6^m$	8°21,1'	9,8	36,5



Tabuľky východov a západov (október – november)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 10.	5:40	17:19	5:09	17:50	4:32	18:26	3:55	19:03
6. 10.	5:47	17:09	5:16	17:40	4:39	18:15	4:03	18:52
11. 10.	5:54	16:58	5:23	17:30	4:46	18:06	4:10	18:42
16. 10.	6:02	16:49	5:30	17:20	4:54	17:56	4:17	18:32
21. 10.	6:09	16:39	5:37	17:11	5:01	17:48	4:24	18:23
26. 10.	6:17	16:30	5:45	17:03	5:08	17:39	4:31	18:15
31. 10.	6:24	16:22	5:52	16:55	5:15	17:32	4:38	18:08
5. 11.	6:32	16:14	5:59	16:47	5:22	17:25	4:45	18:01
10. 11.	6:40	16:07	6:06	16:41	5:29	17:19	4:52	17:55
15. 11.	6:48	16:01	6:13	16:35	5:36	17:13	4:59	17:50
20. 11.	6:55	15:56	6:20	16:30	5:42	17:09	5:05	17:46
25. 11.	7:03	15:51	6:27	16:26	5:49	17:05	5:11	17:43
30. 11.	7:09	15:48	6:33	16:24	5:54	17:03	5:17	17:41

Mesiac

	Východ	Západ
1. 10.	8:07	17:38
6. 10.	13:17	20:55
11. 10.	15:24	1:36
16. 10.	17:08	8:15
21. 10.	22:26	13:30
26. 10.	3:30	15:07
31.10.	9:20	17:08
5. 11.	12:48	22:04
10. 11.	14:17	2:57
15. 11.	17:31	9:49
20. 11.		12:41
25. 11.	4:52	14:08
30. 11.	9:49	17:40

Jupiter

	Východ	Západ
1. 10.	13:46	22:04
6. 10.	13:28	21:47
11. 10.	13:10	21:29
16. 10.	12:52	21:12
21. 10.	12:35	20:55
26. 10.	12:18	20:39
31. 10.	12:01	20:23
5. 11.	11:44	20:07
10. 11.	11:27	19:52
15. 11.	11:11	19:37
20. 11.	10:54	19:21
25. 11.	10:37	19:07
30. 11.	10:21	18:52

Merkúr

	Východ	Západ
1. 10.	6:54	17:19
6. 10.	6:02	16:55
11. 10.	5:10	16:36
16. 10.	4:35	16:21
21. 10.	4:26	16:12
26. 10.	4:36	16:05
31. 10.	4:57	15:59
5. 11.	5:22	15:54
10. 11.	5:48	15:50
15. 11.	6:14	15:47
20. 11.	6:40	15:45
25. 11.	7:06	15:46
30. 11.	7:30	15:49

Saturn

	Východ	Západ
1. 10.	3:31	16:42
6. 10.	3:14	16:24
11. 10.	2:58	16:06
16. 10.	2:41	15:47
21. 10.	2:24	15:29
26. 10.	2:07	15:10
31. 10.	1:51	14:51
5. 11.	1:33	14:32
10. 11.	1:16	14:14
15. 11.	0:58	13:55
20. 11.	0:41	13:36
25. 11.	0:23	13:17
30. 11.	0:05	12:58

Venuša

	Východ	Západ
1. 10.	8:28	18:18
6. 10.	8:43	18:12
11. 10.	8:58	18:06
16. 10.	9:12	18:02
21. 10.	9:27	17:59
26. 10.	9:40	17:57
31. 10.	9:53	17:58
5. 11.	10:04	18:00
10. 11.	10:13	18:04
15. 11.	10:21	18:10
20. 11.	10:26	18:18
25. 11.	10:30	18:27
30. 11.	10:31	18:38

Urán

	Východ	Západ
1. 10.	16:39	4:05
6. 10.	16:19	3:45
11. 10.	15:59	3:25
16. 10.	15:39	3:04
21. 10.	15:19	2:43
26. 10.	14:59	2:23
31. 10.	14:39	2:03
5. 11.	14:19	1:43
10. 11.	14:00	1:23
15. 11.	13:40	1:02
20. 11.	13:20	0:42
25. 11.	13:01	0:22
30. 11.	12:41	0:03

Mars

	Východ	Západ
1. 10.	7:28	17:57
6. 10.	7:27	17:44
11. 10.	7:26	17:32
16. 10.	7:26	17:19
21. 10.	7:25	17:07
26. 10.	7:25	16:56
31. 10.	7:24	16:45
5. 11.	7:24	16:34
10. 11.	7:24	16:24
15. 11.	7:23	16:14
20. 11.	7:23	16:05
25. 11.	7:22	15:57
30. 11.	7:22	15:49

Urán

	Východ	Západ
1. 10.	15:39	1:32
6. 10.	15:19	1:12
11. 10.	14:59	0:52
16. 10.	14:39	0:32
21. 10.	14:19	0:12
26. 10.	14:00	23:48
31. 10.	13:40	23:29
5. 11.	13:21	23:09
10. 11.	13:01	22:49
15. 11.	12:41	22:30
20. 11.	12:21	22:10
25. 11.	12:02	21:51
30. 11.	11:43	21:32

zvýšenou aktivitou a to už 5. 10. Vzhľadom na fázu Mesiaca je vhodnejšie pozorovať večer a aj keď frekvencie nebudú vysoké, Drakonidy je možné od sporadického pozadia odlíšiť ich podľa ich rýchlosti, ktorá je veľmi pomalá.

Maximum jedného z najobľúbenejších jesenných rojov – Orionid bude rušiť Mesiac, ktorý bude v poslednej štvrti a práve v blízkosti radiantu. Orionidy majú niekoľko vedľajších maxím, a ako sa zdá, aj 12-ročnú periódu. Túto periódu majú aj η Akvaridy, oba prúdy geneticky súvisia s Halleyovou kométou. Aj za týchto zhoršených podmienok by sme na Orionidy tohto roku zanevrieť nemali.

Maximum južných Tauríd je pri Mesiaci v prvej štvrti, severné Tauridy, ktoré majú maximum o týždeň neskôr, a teda už pri splne Mesiaca. U južných teda nebude rušiť Mesiac v druhej polovici noci, a tak sa lovci meteorov môžu pokochať meteormi tohto roja, ktorý sa vyznačuje veľkým podielom jasnejších meteorov.

Leonidy sa dostávajú do svojho tradičného cyklu, ktorý nevyniká vysokými frekvenciami. Tradičné maximum nastane 17. 11. v dopoludňajších hodinách s frekvenciou len okolo 20 meteorov. Podľa M. Maslova je však možné, že bude pozorovateľná frekvencia až 130 meteorov za hodinu. Teoretický výpočet udáva maximum 17. 11. o 01:22 SEČ.

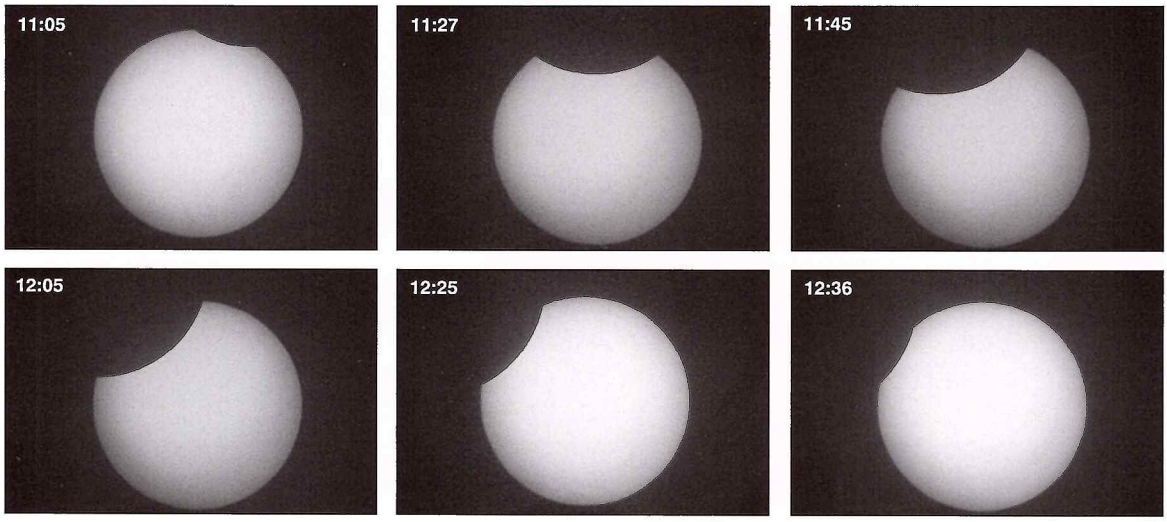
Pavol Rapavý

Meteorické roje (október – november)

Roj	Aktivita	Max.	λ_s [°]	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
anithelionový zdroj (ANT)	24. 9. – 26. 11.					30	3	3
ε Aurigidy (DAU)	18. 9. – 10. 10.	3. 10.	191°	88°	+49°	64	3	3
Drakonidy (GIA)	6. 10. – 10. 10.	8. 10.	195°4	262°	+54°	20	3	var
Geminidy (EGE)	14. 10. – 27. 10.	18. 10.	205°	102°	+27°	70	3	2
Orionidy (ORI)	2. 10. – 7. 11.	21. 10.	208°	95°	+16°	66	3	30
Leo Minoridy (LMI)	19. 10. – 27. 10.	24. 10.	211°	162°	+37°	62	3	2
južné Tauridy (STA)	25. 9. – 25. 11.	5. 11.	223°	52°	+15°	27	2	5
severné Tauridy (NTA)	25. 9. – 25. 11.	12. 11.	230°	58°	+22°	29	2	5
Leonidy (LEO)	10. 11. – 23. 11.	17. 11.	235°27	153°	+22°	71	3	20+
α Monocerotidy (AMO)	15. 11. – 25. 11.	21. 11.	239°32	117°	+01°	65	2	var
Monocerotidy (MON)	27. 11. – 17. 12.	8. 12.	257°	100°	+08°	42	3	2

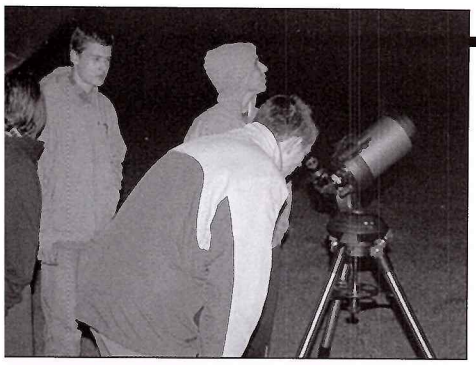
Kalendár úkazov a výročí (október – november)

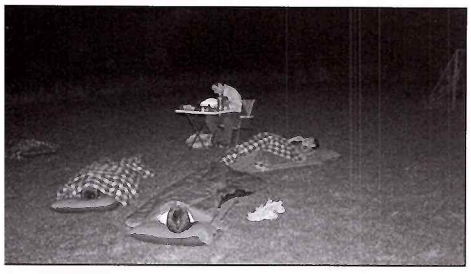
1. 10.		asteroid (50) Virginia v opozícii (10,5 mag)
2. 10.	0,7	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 5,3° severne)
3. 10.		maximum meteorického roja δ Aurigidy (ZHR 3)
5. 10.	0,8	Merkúr v prízemí (0,65662 AU)
5. 10.	11,6	Mesiac v odzemí (404 718 km)
6. 10.	21,9	Merkúr v dolnej konjunkcii
7. 10.	8,0	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 2,9° severne)
7. 10.	10,1	Mesiac v prvej štvrti
8. 10.		asteroid (796) Sarita v opozícii (10,6 mag)
8. 10.		maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)
10. 10.		asteroid (69) Hesperia v opozícii (11,0 mag)
10. 10.		25. výročie (1983) sondy Venera 15
10. 10.	10,3	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,2° južne)
11. 10.		40. výročie (1968) štartu Apolla 7 (prvá misia ľudí k Mesiacu)
11. 10.		250. výročie (1758) narodenia W. Olbersa
12. 10.	13,4	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 2,7° južne)
13. 10.		75. výročie (1933) založenia British Interplanetar Society
14. 10.		trpasličia planéta (136199) Eris (2003 UB313) najbližšie k Zemi (95,778 AU)
14. 10.	21,0	Mesiac v splne
14. 10.		5. výročie (2003) štartu Shenzhou V (prvý Číňan vo vesmíre)
15. 10.	6,0	Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať priamo
17. 10.	16,7	Merkúr v prísln (0,30749 AU)
17. 10.	7,2	Mesiac v prízemí (363 825 km)
18. 10.		asteroid (354) Eleonora v opozícii (10,8 mag)
18. 10.		maximum meteorického roja e Geminidy (ZHR 2)
19. 10.		asteroid (141) Lumen v opozícii (10,8 mag)
20. 10.		375. výročie (1633) narodenia M. Szentiványiho
21. 10.	12,9	Mesiac v poslednej štvrti
21. 10.		maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 30)
22. 10.	11,0	Merkúr v najväčšej západnej elongácii (18,3°)
24. 10.		10. výročie (1998) štartu sondy Deep Space 1
25. 10.	2,9	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 4,8° severne)
26. 10.		koniec používania letného času
27. 10.	7,5	konjunkcia Mesiaca s Merkúrom (Merkúr 7,5 ° severne)
27. 10.		280. výročie (1728) narodenia J. Cooka
29. 10.	0,2	Mesiac v nove
29. 10.		70. výročie (1938) rozhlasového vysielania Vojny svetov (O. Welles)
30. 10.		250. výročie (1758) narodenia F. I. Šuberta
31. 10.	5,2	Mars v odzemí (2,50332 AU)
1. 11.	6,9	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 3,1° severne)
1. 11.		150. výročie (1858) narodenia L. von Struveho
1. 11.	8,3	Venuša v odslní (0,72821 AU)
1. 11.		asteroid (4) Vesta v opozícii (6,5 mag)
2. 11.	7,9	Neptún v zastávke, začína sa pohybovať priamo
2. 11.	5,9	Mesiac v odzemí (405 722 km)
3. 11.		asteroid (196) Philomela v opozícii (10,9 mag)
3. 11.		320. výročie (1688) narodenia J. Buchholtza
4. 11.	0,9	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 2,2° severne)
5. 11.		asteroid (9) Metis v opozícii (8,5 mag)
6. 11.	20,5	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,4° južne)
6. 11.	5,1	Mesiac v prvej štvrti
8. 11.		40. výročie (1968) štartu sondy Pioneer 9
8. 11.	22,6	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 3,3° južne)
10. 11.		40. výročie (1968) štartu sondy Zond 6
12. 11.		asteroid (135) Hertha v opozícii (10,8 mag)
13. 11.	7,3	Mesiac v splne
13. 11.		30. výročie štartu HEAO-2 (Einsteinovo observatórium)
14. 11.	11,1	Mesiac v prízemí (358 972 km)
15. 11.		20. výročie štartu raketoplánu Buran
15. 11.		270. výročie (1738) narodenia W. Herschela
19. 11.		90. výročie (1918) narodenia H. Ch. van de Hulsta
19. 11.	22,5	Mesiac v poslednej štvrti
21. 11.	15,8	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 5,8° severne)
23. 11.		asteroid (532) Herculina v opozícii (10,2 mag)
25. 11.		160. výročie (1848) narodenia W. F. Denninga
25. 11.	18,0	Merkúr v hornej konjunkcii
26. 11.		130. výročie (1878) narodenia E. Massányiho
26. 11.		asteroid (182) Elsa v opozícii (10,8 mag)
27. 11.	17,0	Merkúr v prízemí (1,45122 AU)
27. 11.		90. výročie (1918) narodenia V. Hanusa
27. 11.		160. výročie (1848) narodenia H. Rowlanda
27. 11	.17,9	Mesiac v nove
28. 11.	1,0	Urán v zastávke, začína sa pohybovať priamo
29. 11.	17,9	Mesiac v odzemí (406 476 km)
30. 11.		asteroid (21) Lutetia v opozícii (10,2 mag)
30. 11.	16,3	Merkúr v odslní (0,4667 AU)
1. 12.	9,8	Venuša v konjunkcii s Jupiterom (Venuša 2,0° južne)
1. 12.	18,1	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 0,2° južne) – zákryt
1. 12.	18,3	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 1,9° severne)
3. 12.		asteroid (10) Hygiea v opozícii (10,3 mag)
4. 12.	3,7	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,9° južne)
5. 12.		asteroid (145) Adeona v opozícii (10,9 mag)
5. 12.	22,4	Mesiac v prvej štvrti
5. 12.	23,1	Mars v konjunkcii so Slnkom (Mars 0,5° južne)
6. 12.	7,3	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 3,2° južne)



Čiastočné zatmenie Slnka

Fotografie Mariána Mičúcha z čiastočného zatmenia Slnka 1. 8. 2008, ktoré zhotovil počas meteorickej expedície Perzeidy 2008. Fotoaparát: Canon EOS 350D.





Michalovce

Letné astronomické praktikum 2008

Ešte nikde sme nemali naše Letné astronomické praktikum (LAP) toľkokrát, ako práve vo Vysokej nad Uhom, kde sa konalo už po piaty raz. Tak ako vždy, boli sme ubytovaní v budove ZŠ a MŠ. Naše praktikum sa tento rok konalo v dňoch 7. – 13. 8. 2008 a bolo nás tu 6 členov ATM (Astro Team Michalovce). Počasie nám celkom vychádzalo, a tak zo šiestich nocí sme mohli pozorovať počas štyroch. Mali sme so sebou dva ďalekohľady: obrí triéder 25×100 so statívom Katky Lechmanovej (prvú cenu minuloročnej víťazky slovenskej astronomickej olympiády, ktorá sa tento rok na LAPe nemohla zúčastniť, a tak nám ho aspoň požičala) a reflektor 125/1250 mm Celestron Nexstar 5SE so systémom nastavovania GOTO – na pozorovanie „Deep Sky" objektov. Pochopiteľne, najviac sme sa venovali vizuálnemu pozorovaniu meteorov – Perzeíd. Získali sme spolu 1 580 záznamov o prelete 985 meteorov, z ktorých bolo 656 Perzeíd. Pozorovali sme spolu viac než 48 hodín čistého času. Počasie nám vyšlo aj na noc po maxime (ktoré nastávalo v popoludňajších hodinách – teda za denného svetla). Počtom napozorovaných záznamov o meteoroch sa toto praktikum zaradilo medzi najúspešnejšie praktiká v našej histórii. Videli sme aj niekoľko záblesk ov družíc Iridium podľa pripravenej predpovede z internetu. Medzi nimi boli dva ozaj jasné: –6 a –8 magnitúd. Vo voľnom čase sme sa okrem dospávania a kuchárskeho umenia venovali počítaniu astronomických príkladov, pozerali sme televíziu, aj nejaký ten film na notebooku, hrali sme karty a šach. No a nebola núdza ani o vtipy, humor a recesiu. So skromnými podmienkami sme vo „Vysokej" spokojní. Dúfajme, že o rok sa tu na praktiku opäť stretneme.

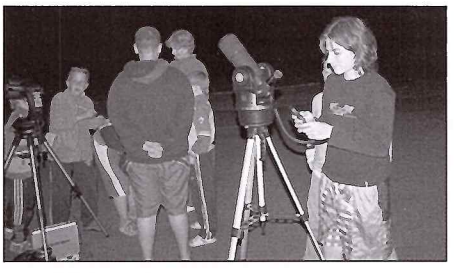
RNDr. Zdeněk Komárek
Hvezdáreň v Michalovciach

Letný astronomický tábor – Vinné 2008

Pre tohtoročný letný astronomický tábor sme si vybrali lokalitu vo Vinnom, v oblasti zameranej na cestovný ruch. Po dohode so Základnou a materskou školou F. J. Fugu v obci Vinné sme sa rozhodli pre ubytovanie v školskom služobnom byte a stravovanie v školskej jedálni. Celé osadenie tábora tvorilo 9 chlapcov vo veku od 9 do 14 rokov a dvaja vedúci – pracovníci Hvezdárne v Michalovciach. Tábor sa uskutočnil okolo novu Mesiaca počas prvého prázdninového týždňa. Počasie nám vcelku prialo a zo šiestich nocí boli štyri vhodné na pozorovanie. Vďaka nášmu novému ďalekohľadu s automatickým vyhľadávaním boli naše pozorovania veľmi plodné, pretože toľko objektov by sme manuálnym spôsobom tak ľahko nenašli. Okrem toho počas dvoch nocí bola taká krásna jasná obloha, že sme mohli pozorovať aj objekty s nízkou jasnosťou. Videli sme prelietavať množstvo družíc a lietadiel, niekoľko sporadických meteorov a počkali sme si na prelety družíc Irídium, ktoré sa deťom zvlášť páčili. Z planét sme pozorovali Mars, Saturn a Jupiter. Niektoré vzdialené objekty a Jupiter s mesiacmi sme aj zakresľovali do pozorovacieho denníka a potom porovnávali so záznamom v ročenke. Chystali sme sa pozorovať aj nový Mesiac, t. j. zbadať čo najužší kosáčik nášho Mesiaca, ktorý sa objaví na druhý deň po nove, čo malo byť 4. júla, ale vtedy už bola obloha zamračená, a dokonca aj pršalo. Počas dopoludňajších hodín sme sa s vesmírom zoznamovali teoreticky, deti sa učili jednotlivé súhvezdia spoznávať na mape, pozreli si náučné filmy o existencii mimozemského života, o telepatii a o možnej zrážke cudzieho telesa so Zemou. Porozprávali sme im o najväčších ďalekohľadoch sveta a prebrali sme telesá Slnečnej sústavy. Zvieratníkové súhvezdia vďaka znameniam poznali všetci účastníci tábora, my sme si k nim prečítali niektoré z mytologických báji. Starší chlapci vyrobili otáčavú papierovú mapu, ktorú sme sa naučili používať, a mladší zas vyrobili z vystrihovačky papierový model raketoplánu a kozmonauta v skafandri. Popoludnia sme trávili pri Vinianskom jazere, ktoré bolo vzdialené 4 km od školy, v ktorej sme bývali.

Náš malý tábor rodinného charakteru sme mohli považovať aj za medzinárodný, lebo medzi nás patril žiak z maďarsko-slovenskej školy zo Sátoraljaújhely.

Mgr. Gabriela Kramáreková
Hvezdáreň v Michaloviach



Mliečna dráha nad Vrchteplou.

Kométa W1 Boattini, exp. 5×80 s.

Expedícia Perzeidy 2008 vo Vrchteplej

V dňoch od 25. 7. do 3. 8. 08 som sa zúčastnil na meteorickej expedícii Perzeidy 2008. Približne 25 nadšencov astronómie z okolia Považskej Bystrice (Plevník-Drienové, Ilava, Dubnica, Púchov, Považská Bystrica), no nechýbali ani účastníci z Košíc, Bratislavy, Moravy a Čiech, si rozložili svoje stany v nádhernom prostredí Manínskej tiesňavy pod pamätníkom SNP v obci Vrchteplá naďaleko Považskej Bystrice.

Tento ročník bol už 21. a jedenásty raz za sebou na tomto mieste. Organizačne a materiálne ho zabezpečoval Astronomický kabinet pri Považskom osvetovom stredisku v Považskej Bystrici v spolupráci s Astronomickým klubom Juraja Bardyho v Plevníku-Drienovom. Výraznú pomoc sme pocítili aj od starostov obcí Vrchteplá a Plevník-Drienové.

Expedícia bola presunutá na tento termín najmä z dôvodu nevhodnej fázy Mesiaca počas maxima Perzeíd, a tiež kvôli zatmeniu Slnka 1. 8.

Z 8 nocí nám úplne vyšlo 6, jedna na polovicu a iba jedna vyšla nazmar. Je pravda, že Perzeíd bolo menej, ale v činnosti boli aj iné roje a okrem pozorovateľov pracovala aj astrofotografická sekcia, ktorá sa tiež nenudila.

O prednášky na astronomické a neastronomické témy sa postaral Mgr. Karol Petrík z hvezdárne Hlohovec (ten nám na dlhší čas požičal aj Coronádo, takže sa nedalo dospávať ani vo dne) a tiež Jakub Koukal z hvezdárne v Kroměříži. V týždni nás v tábore navštívil takmer 90-ročný významný slovenský astronóm amatér prof. Juraj Bardy, ktorého meno nesie náš klub. Všetci do jedného sme sa tešili z jeho návštevy a úprimne obdivovali jeho kondíciu a zdravotný stav.

Vrcholom bolo čiastočné zatmenie Slnka, ktoré neušlo pozornosti obyvateľov okolitých obcí (počas zatmenia nás prišlo na kopec pozrieť si úkaz asi 30 ľudí – najmä rodičia s detmi), ale neuniklo pozornosti ani regionálnych, ba dokonca celoslovenských médií – Markíza, TA3, TV Považie a ďalšie *(pozri obr. na str. 38)*.

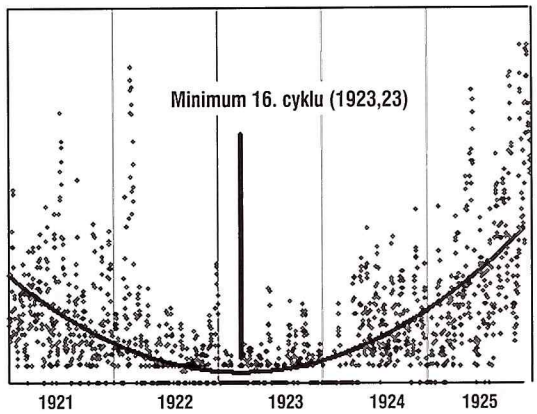
Obloha nad Vrchteplou je naozaj nádherná (limitná mag 6,7) a svedčia o tom aj priložené fotografie.

Marián Mičúch,
predseda AK J. Bardyho
v Plevníku-Drienovom

Slnečná aktivita (jún – júl 2008)

Slnečná aktivita je v týchto dvoch mesiacoch hádam najnižšia, odkedy tento stĺpček uverejňujeme. Možno to vidieť aj na pripojenom grafe priebehov rôznych indexov.

Nízku aktivitu Slnka evidujeme už aspoň dva roky. Slneční fyzici by radi pozorovali nejakú „fyziku", ale Slnko je stále pokojné. Je to niečo mimoriadne, alebo ide o bežný prechod cez minimum?



Na takúto otázku zatiaľ nemôžeme a nevieme odpovedať. Cyklický mechanizmus slnečnej aktivity nepoznáme. Všetko je v oblasti hypotéz a štatistiky.

Z literatúry je známe, že dĺžka cyklu je od 7 do 13 rokov. Posledné minimum pripadalo na rok 1996,4. Ak by sme teda práve prechádzali cez minimum, bola by dĺžka súčasného 23. cyklu 12,3 rokov. Teda takmer na hornej hranici. Už to je mimoriadne. Zisťoval som, ako sa určuje moment minima. Procedúra je opísaná dosť nejasne a nejednoznačne. Pokúsil som sa určiť obdobia minima z pozorovaných denných hodnôt Wolfových čísel parabolickou aproximáciou okolo obdobia minima.

Metódou najmenších štvorcov som určil polohu vrchola paraboly a tento bod považujem za moment minima cyklu. Na hornom obr. je určený priebeh pre 16. cyklus.

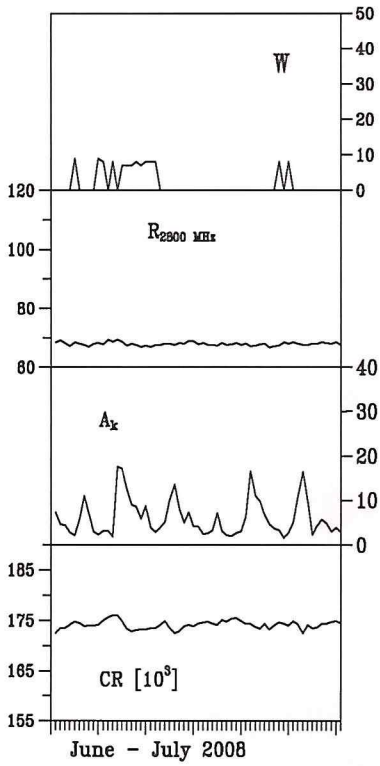
Rovnakým spôsobom som určil moment minima od 7. cyklu doteraz:

Začiatok cyklu č.	Dátum	Trvanie (min. – min.)	Začiatok cyklu č.	Dátum	Trvanie (min. – min.)
7	1822,6	11,3	14	1901,1	11,4
8	1833,9	9,6	15	1912,5	10,7
9	1843,5	12,4	16	1923,2	9,9
10	1855,9	10,9	17	1933,1	10,9
11	1866,8	11,0	18	1944,0	9,9
12	1877,8	11,1	19	1953,9	10,4
13	1888,9	12,2	20	1964,3	11,8
14	1901,1	11,4	21	1976,1	10,1
15	1912,5	10,7	22	1986,2	10,0
			23	1996,2	

Všeličo by sa takejto metóde stanovenia minima dalo vyčítať, napr. neuvažovanie asymetrie, alebo neuvažovanie rozdielnosti párnych a nepárnych cyklov, avšak objektívnosť sa jej vyčítať nedá.

Teda priemerná dĺžka cyklu (7 – 22)je 10,85 roka, s krajnými hodnotami 9,6 a 12,4. Z toho vyplýva, že súčasný 23. cyklus má nábeh byť najdlhším za ostatných takmer 190 rokov.

Milan Rybanský



Asteroid 32294 má meno Zajonc

Najväčšou poctou a vrcholným ohodnotením a uznaním činorodej práce každého astronóma, či už ide o výkonného pracovníka určitej hvezdárne, alebo aktívneho externého spolupracovníka niektorého astronomického zariadenia, je pomenovanie novoobjaveného kozmického telesa jeho menom.

Takejto cti sa v minulých dňoch dostalo vedeckému pracovníkovi, zoológovi, pedagógovi a astronómovi amatérovi **doc. RNDr. Ivovi Zajoncovi, CSc.** Dnes už síce občanovi Českej republiky, no skoro celý svoj aktívny život prežil na Slovensku v Nitre.

Narodil sa v roku 1933 v Přerove. Po absolvovaní Prírodovedeckej fakulty Masarykovej univerzity v Brne, začal v roku 1956 učiť na Vysokej škole poľnohospodárskej v Nitre (dnes Slovenská poľnohospodárska univerzita). Najprv bol zaradený ako odborný asistent, postupne sa stal vedúcim katedry zoológie. Prednášal, publikoval, vedecky pracoval a pôsobil aj na zahraničných univerzitách (Padova, Braunschweig). Jeho sľubne sa vyvíjajúcu kariéru zastavili udalosti v Československu v roku 1968. Za svoje postoje bol vtedajšou politickou mocou potrestaný. Najprv mal zakázanú pedagogickú a publikačnú činnosť, neskôr aj výskumnú prácu a nakoniec musel zo školy nedobrovoľne odísť. Uplatnenie potom našiel vo Výskumnom ústave chovu a šľachtenia hydiny v Ivanke pri Dunaji a vo Výskumnom ústave živočíšnej výroby v Nitre, odkiaľ odišiel v roku 1993 do dôchodku. V roku 2004 sa z rodinných dôvodov rozhodol presťahovať spolu s manželkou Antóniou do Jihlavy, kde žije jeho starší syn Ivo s rodinou. Mladší syn Juraj býva v Bratislave.

Počas celého skoro päťdesiatročného obdobia aktívneho života v Nitre venoval temer všetok voľný čas svojej veľkej záľube – **astronómii**. Veľkou mierou sa zaslúžil o rozvoj astronomického hnutia v Nitre a okolí. Vyše tridsať rokov bol predsedom MO Slovenského zväzu astronómov amatérov v Nitre. Okrem Nitrianskej hvezdárne spolupracoval hlavne s Hvezdárňou a planetáriom v Hlohovci, Slovenskou ústrednou hvezdárňou v Hurbanove a mnohými ďalšími. Uskutočnil nespočetne veľa populárno-vedeckých prednášok pre rôzne vekové a sociálne skupiny poslucháčov a napísal množstvo odborných článkov, metodických materiálov a samostatných publikácii z oblasti všeobecnej astronómie, astronomických prístrojov a optiky. Astronómii sa naďalej venuje i po presťahovaní sa do Českej republiky, kde sa stal aktívnym členom Jihlavskej astronomickej spoločnosti.

Nový, len začiatkom tretieho tisícročia objavený asteroid dvojicou astronómov P. Kušnirákom a P. Pravcom z Ondřejovskej hvezdárne v Českej republike dostala teraz meno po Dr. Zajoncovi. Celý proces autorizácie a udelenia certifikátu trval niekoľko rokov. Predchádzalo tomu odovzdanie napozorovaných údajov, návrh objaviteľov na pomenovanie asteroidu, žiadosť Jihlavskej astronomickej spoločnosti, vyjadrenie Českej astronomickej spoločnosti a schválenie všetkých dokumentov Medzinárodnou astronomickou úniou (IAU).

Oficiálny názov asteroidu s pôvodným pracovným označením 2000 QN9 dnes znie **(32294) Zajonc**.

Asteroid (32294) Zajonc obieha v strednej vzdialenosti približne 394 000 000 km od Slnka. Nachádza sa v oblasti medzi dráhami planét Marsa a Jupitera. Pohybuje sa priemernou rýchlosťou 16,79 km/s a jeden obeh okolo Slnka uskutoční za 1558,8 dňa, čo je približne 4,27 roka. Je pozorovateľný len väčšími a výkonnejšími astronomickými prístrojmi.

Keďže Dr. Ivo Zajonc oslávil v júni tohoto roku významné životné jubileum – **75 rokov veku**, môže certifikát o pomenovaní asteroidu jeho menom považovať za nevšedný, exkluzívny a veľmi cenný dar k svojim narodeninám.

Srdečne mu v mene celej astronomickej obce na Slovensku i v Čechách blahoželáme k obom významným udalostiam v jeho živote a prajeme ešte veľa zdravia a úspechov.

Mgr. Peter Poliak

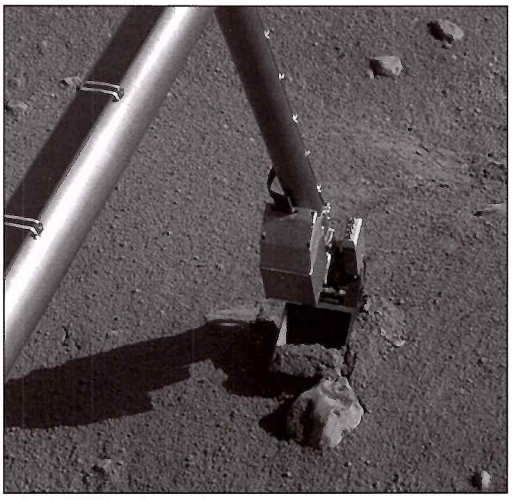
● **Kysucká hvezdáreň** v Kysuckom Novom Meste prijme do pracovného pomeru samostatného odborného pracovníka (úväzok 1, ÚSV, alebo vyššie odb. vzdelanie, prípadne VŠ prírodovedného alebo pedagogického smeru). Pracovná náplň – vzdelávanie v oblasti astronómie a prírodných vied, lektorská činnosť, práca s verejnosťou, kultúrne podujatia, odborno-pozorovateľská činnosť. Potrebné podmienky: práca s PC (MS Office, internet), komunikatívnosť, vystupovanie. Platové podmienky: v zmysle zákona č. 553/2002 Z.Z., vyhlášky č. 630/2007 Z.z. RNDr. Ján Mäsiar, poverený riadením, Žilinský samosprávny kraj, Kysucká hvezdáreň v Kysuckom Novom Meste, Dolinský potok 1278, 024 01 Kysucké Nové Mesto, kyshvezdknm@vuczilina.sk, janmasiar@vuczilina.sk, tel.: 041/ 421 2946.

● **Predám** ďalekohľady Newton 250/1500 a šošovkový 100/1500, oba na paralaktickej montáži s delenými kruhmi, s hodinovým pohonom a diaľkovým ovladaním. Všetko v perfektnom stave. Cena dohodou. Tel. 0911/954258, mail: MKavecky@azet.sk, foto na požiadanie.

● **Predám** časopisy Sky&Telescope, 2002 – 2006 a Kozmos 2003 – 2006. Nepoškodené, zlomok povodnej ceny. Pridám The Planetary Reports zdarma. 0903559463, general@nextra.sk.

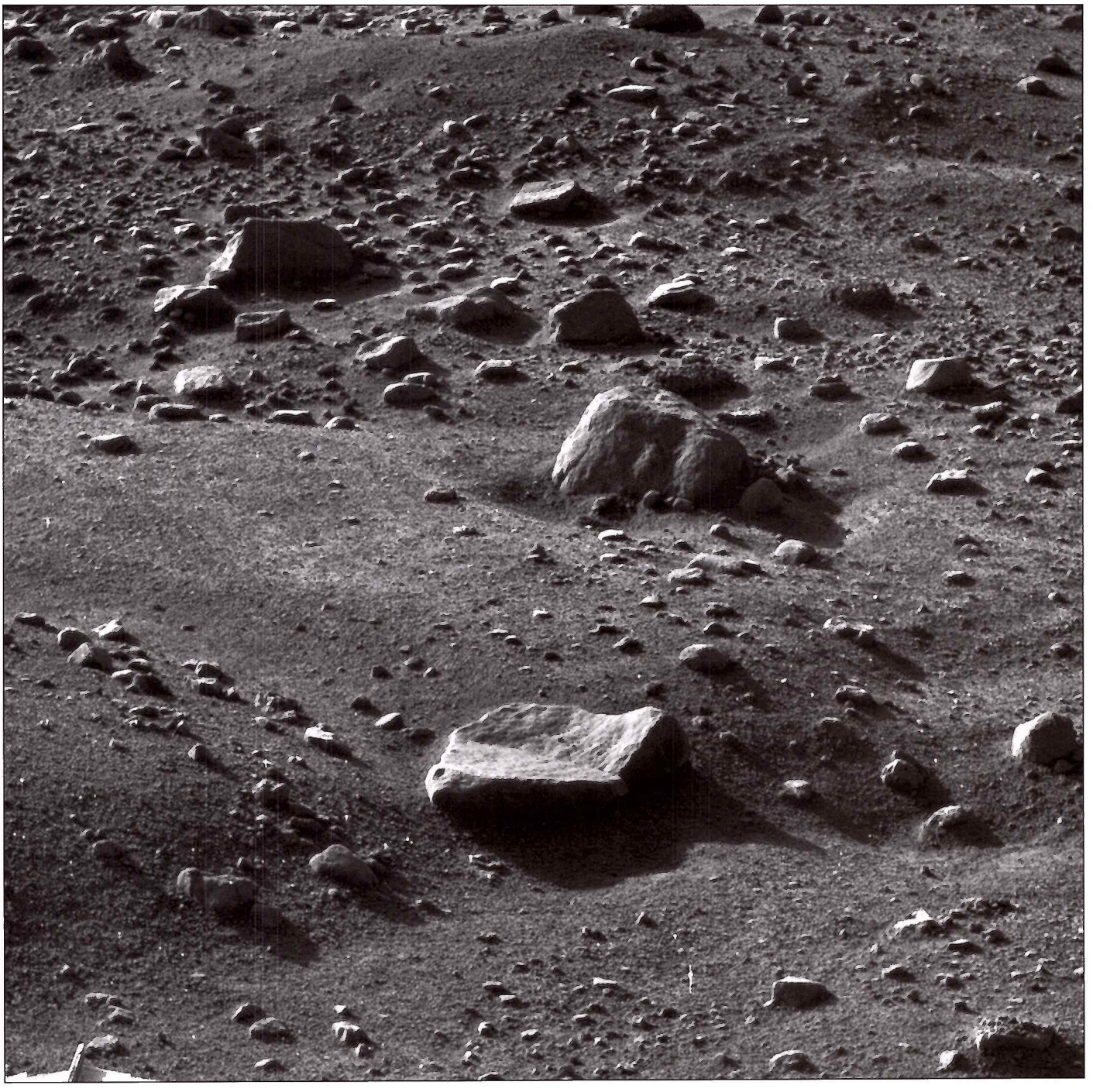
Phoenix v plné práci

(Viac na 4. strane)



Odběr vzorku manipulátorem RA (sol 49).

Přesun vzorku pomocí manipulátoru RA (sol 79).

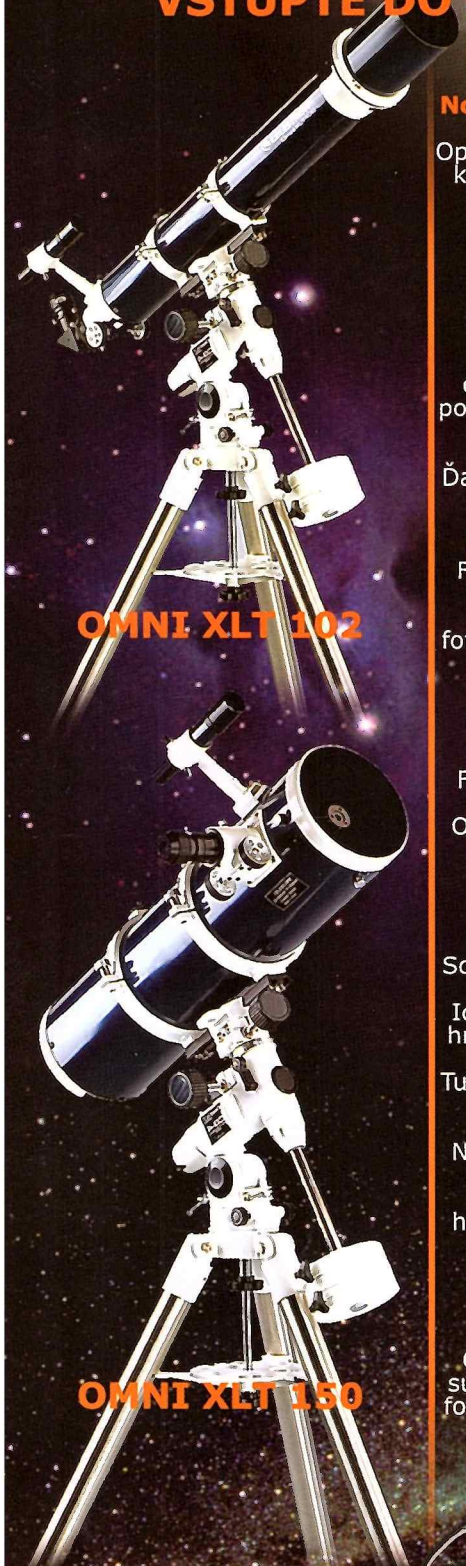


Ranní námraza, jak ji zaznamenaly v kamery Phoenixu (sol 80).

CELESTRON

OMNI XLT SERIE

VSTÚPTE DO SVETA PROFESIONÁLNEJ ASTRONÓMIE



OMNI XLT 102

OMNI XLT 150

Nová rada astronomických ďalekohľadov Celestron OMNI XLT prináša to na čo ste dlho čakali:
Optika ďalekohľadov radu OMNI je opatrená vrstvami XLT, ktoré zabezpečujú až o 10% väčšiu priepustnosť svetla ako klasické optické anitreflexné vrstvy. Vrstvy XLT sa používali doteraz výhradne pri vyšších modeloch Schmidt-Cassegrain.

Montáž CG-4 prešla takisto viacerými inováciami. Ďalekohľad je postavený na masívnych oceľových nohách. Mechanické časti sú vyrobené z mosadze a uložené v klasických ložiskách. Montáž je možné dovybaviť motorickým pohonom oboch osí /Motorický pohon CG-4 - kód CE93522/ a polárnym hľadáčikom /kód CE94221/. Ďalekohľad na takejto montáži je vhodný aj na astrofotografiu.
Ďalekohľady sú štandardne dodávané s 25 mm okulárom a astronomickým CD-ROMom The Sky L1.

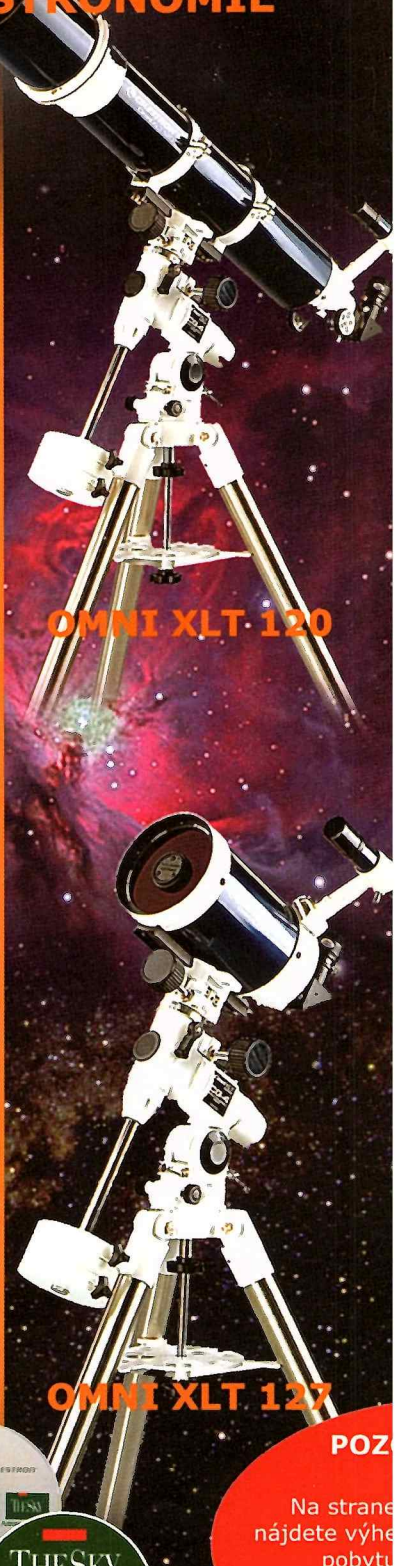
Omni XLT102 - klasický všestranný ďalekohľad
FH refraktor s 102 mm priemerom, ohnisko 1000 mm, svetelnosť f/10
Ideálny ďalekohľad na pozorovanie planét, slnečnej fotosféry /s fóliou Baader AstroSolar/, zákrytov, Mesiaca, alebo premenných hviezd. Prípadne ako pointačný ďalekohľad pri pripojení teleobjektívu na tubus ďalekohľadu.

Omni XLT120 - expert na planéty
FH refraktor s 120 mm priemerom, ohnisko 1000 mm, svetelnosť f/8,3
Ozajstný expert na pozorovanie planét. Zdokonaliť jeho obraz môže filter Fringe Killer /kód CE2458370/.
S uvedeným filtrom je možné bez problémov použiť ďalekohľad do cca. 300 násobného zväčšenia.

Omni XLT127 - Schmidt-Cassegrain
Schmidt-Cassegrain s priemerom 127 mm, ohnisko 1270 mm, svetelnosť f/10
Ideálny ďalekohľad na transport, skvelý na pozorovanie hmlovín, galaxií a hviezdokôp, takisto ako aj na planéty, Mesiac a slnečnú fotosféru.
Tubus je možné upevniť aj na klasický fotografický statív.

Omni XLT150 - vysokosvetelný Newton
Newton s parabolickým zrkadlom s priemerom 150 mm a svetelnosťou f/5, ohnisko 750 mm.
Ďalekohľad vhodný na pozorovanie a fotografovanie hmlovín, galaxií a hviezdokôp. Pri tomto ďalekohľade je už možné použiť UHC-S filter /kód CE2458275/ na zvýšenie kontrastu oblohy. S Barlowovou šošovkou vhodný aj na pozorovanie planét.

Doporučené príslušenstvo:
Celestron NexImage CCD kamera na objekty slnečnej sústavy. Vhodná na snímanie planét, Mesiaca a slnečnej fotosféry. Upína sa priamo do okulárového výťahu 1,25".
Balenie obsahuje ovládače pre OS Windows a softvér na úpravy obrázkov Registax.



OMNI XLT 120

OMNI XLT 127

Softvér Celestron The Sky Level 1 vám pomôže pri orientácii na oblohe a vyhľadávaní objektov. **Pribalené grátis ku každému ďalekohľadu Celestron.**

POZ

Na strane
nájdete výhe
pobytu
Lomnickom š

POZ

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

!!!! BONUS PRE VÁS: OKULÁR 9 ALEBO 6 MM GRÁTIS !!