

# KOSMOS

2002  
ROČNÍK XXXII.  
S# 35,-

2

## HST pri zrode hviezd a galaxií

**Tieňový vesmír**

Astronómovia  
a teológovia  
hľadajú vzorec  
Boha

**Kto zdedí vesmír?**

**O vlastnostiach  
vesmíru**

**Atmosféra Venuše**



# Sonda Mars Odyssey už pracuje



## Hydapsis Chaos

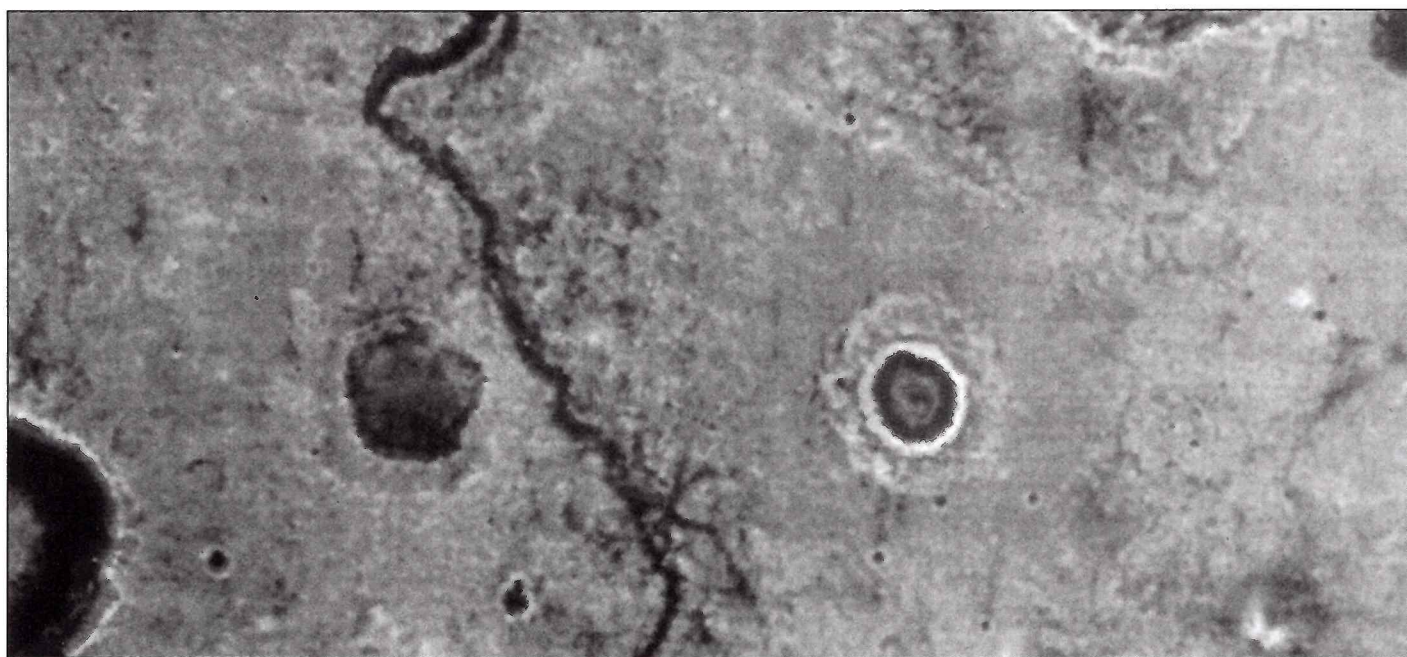
Americká sonda Mars Odyssey vyslala koncom februára 2002 prvé snímky z mapovacej obežnej dráhy.

Na nočnej infračervenej snímke vidíte členitú oblasť Hydapsis Chaos, ležiacu 2 stupne nad marťanským rovníkom, s labyrintom mimoriadne hlbokých kaňonov. Výškový rozdiel medzi najnižším a najvyšším bodom exponovanej oblasti (plocha 3200 štvorcových kilometrov) je 5 kilometrov.

Strmé svahy kaňonov sú plné zosúvajúcich sa balvanov. Dno labyrintu a stolové hory medzi kaňonmi pokrýva hrubá vrstva prachu. Na svahoch sa

prach neudrží, pretože neustály erozívny proces nedovoľuje prachu usadzovať sa na nich.

Na svahoch kaňonov a na dne labyrintu možno rozlíšiť pestrú paletu materiálov, od morén, plných veľkých balvanov, až po jemný piesok a prach. Spleť kaňonov vytvorila voda cirkulujúca v podloží, ktorá vytvorila sieť ozrutných tunelov, ktorých stropy sa v neskorších obdobiach zrútili. Erozívna činnosť vody a ľadu sa podľa všetkého periodicky opakovala, synchronne s periodicky sa prebúdzajúcou a pohasínajúcou sopečnou činnosťou. Vyplavený materiál zo systému Hydapsis Chaos sa ukladal za ústím kanála Tiu Valles, kde pred časom pristála a pracovala sonda Mars Pathfinder. Kanál, ktorý ústí do Chaosu vľavo dole je dlhý 7 kilometrov. Jeho hĺbka: 280 metrov.



## Nepomenovaný kanál

Na ďalšej nočnej infračervenej snímke z Mars Odyssey môžete postrehnúť rozdiely v teplote povrchu, ktorá sa v mení v závislosti na štruktúre podložia. Kamene v noci vyžarujú naakumulované teplo. Najteplejšie

(biele) sú okraje kráterov (priemer kráteru celkom vpravo je 5 km). Klukatiaci sa kanál je najtmavší (teda najchladnejší), čo prezrádza, že na jeho dne je hrubá vrstva jemného materiálu. Vnútro kráterov pokrýva rôznorodý materiál. Oblasť leží 2 stupne nad marťanským rovníkom.

Táto a ďalšie snímky zo sondy Mars Odyssey pomôžu planetológom vytvoriť neobyčajne presné fyzikálne mapy Marsu.



## Hvezdár Doc. RNDr. Záviš Bochníček, CSc.

\* 20. 4. 1920, Praha  
† 23. 2. 2002, Bratislava



Dr. Záviš Bochníčka väčšina z nás bude spomínať ako nadšeného hviezdára, ktorý aj vo vysokom veku venoval popularizácii astronómie veľa času a energie.

Celý jeho život bol astronómiou doslova presiaknutý. Od útleho detstva, keď mu „maminka vedľa pohádek také čítavala z Flammariona *O mnohosti světů obydených*“ a on potom za dlhých letných večerov priateľom zo školy a susedstva vysvetľoval, že „*padající hvězdy nejsou hvězdy, že hvězdy jsou velké tělesa a někde tam možná žijí lidé nám podobní*“. Spomínal ako 7-ročný ráno 29. júna pozoroval zatmenie Slnka cez začmudené sklo a v r. 1933 meteorický dážď Giacobinid. Ako 16-ročný študent sa stal známym, keď objavil novú hviezdu CP Lac 1936. Vtedy musel už poznať hviezdnu oblohu veľmi dobre, pretože nova v dobe objavu bola hviezdou tretej hviezdnej veľkosti, a takých je v Mliečnej ceste veľké množstvo. Roku 1946 objavil svoju druhú novú hviezdu, dnes nám všetkým dobre známu rekurentnú novu T CrB. Astronómiu vyštudoval na Karlovej univerzite v Prahe a v roku 1952 prišiel na Slovensko. Tu prežil viac ako polovicu svojho života. Bol riaditeľom Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici. Ako na nezabudnuteľný zážitok spomínal na správu o vypustení prvého Sputnika, ktorá ho zastihla 4. októbra 1957 ráno na Skalnatom plesu. „*Už od 5.23 UT jsme registrovali jeho signály na 20 MHz.*“ Na katedre astronómie MFF UK v Bratislave prednášal 24 rokov. Mnohí z nás budú spomínať na jeho prednášky z astrofyziky, fyziky planét, či prednášky o pohybe umelých družíc. Veľmi veľa ľudí však bude spomínať na dr. Bochníčka ako s nadšením rozprával o najnovších objavoch vo vesmíre na verejných prednáškach i na prednáškach pre mládež na školách. Astronómiu popularizoval vo všetkých médiách. Jedným z jeho životných zážitkov, na ktoré spomínal, bolo pristátie ľudí na Mesiaci. Aj keď bol astronóm-profesionál, stále sa dokázal tešiť z pohľadu na hviezdnu oblohu; za fascinujúce považoval pozorovanie úplného zatmenia Slnka v r. 1999. K jeho osemdesiatinám bol jeho menom pomenovaný asteroid č. 15053. Dr. Bochníček bol aj jedným zo štyroch zakladateľov Štefánikovej nadácie na podporu astronómie na Slovensku, ktorej cieľom je vybudovať zodpovedajúce zariadenie na popularizáciu astronómie v Bratislave, hlavnom meste SR.

Dr. Bochníček mal rád všetko nové, čo nieslo pokrok. Mal rád život, so všetkým, čo prináša.

Ďakujeme Vám pán doktor!

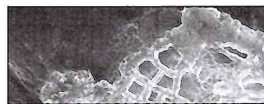
K. Maštenová

## TÉMY ČÍSLA

- 3 Tieňový vesmír / Adam Frank
- 10 Astronómia a teológovia hľadajú vzorec Boha / Piotr Cieśliński
- 14 Kto zdedí vesmír? / Michio Kaku
- 16 O vlastnostiach vesmíru (3) / Vladimír Skalský
- 19 Žeň objavů 2000 / Jiří Grygar
- 23 Zastreté nebo nad New Yorkom / Peter Poliak
- 25 Pripravované bezpilotní mise 2002 / Tomáš Příbyl; Rosetta: európsky lovec komét
- 26 Atmosféra Venuše / Miroslav Kocifaj
- 30 Mimořádný bolid nad Zakarpatskou Ukrajinou / Pavel Spurný

## AKTUALITY

- 2 Mladý vesmír prepechaný hviezdami
- 6 Hypernova na vlastni oči / Rudolf Novák; Astronómia našli spiacu neutrónovú hviezdu
- 7 Infračervený obraz mladého vesmíru potvrdil big bang i existenciu tmavej hmoty!
- 8 Hypernova: po prvýkrát na snímkach; Ako vyzerajú prvé galaxie v mladom vesmíre?
- 40 Mars: blízko rovníka tiekla voda ešte nedávno (aj 3. str. obálky)
- 2. str. ob Sonda Mars Odyssey už pracuje



## PODUJATIA

- 39 Šestnáctý celoštátny snečný seminár
- 40 V Brne sa hovorilo o hviezdach / Ladislav Hric

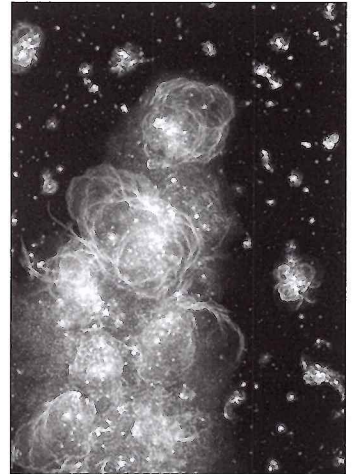
## RÖZNE

- 28 Zpřesněný způsob seřazení optiky Newtonova dalekohledu / Oldřich Řeháček, Miroslav Kavan
- 28 Listy z ISS / Ladislav Druga
- 32 Mgr. Igor Chromek sedemdesiatročný

## RUBRIKY

- 22 SLNEČNÁ AKTIVITA December 2001–január 2002 / Milan Rybanský
- 33 ALBUM POZOROVATELA Nová jasná kométa C/2002 C1 (Ikeya-Zhang) / Pavol Rapavý; Blízkozemná planétka 1998 WT24 / J. Horňák, Vladimír Mešter (str. 29); Blízkozemná planétka 2001 YB5 / Pavol Rapavý; Hypernova v M74 / Pavol Rapavý; Vzplanutie V838 Mon / Pavol Rapavý (str. 38)
- 34 POZORUJTE S NAMI / Obloha v kalendári (apríl – máj 2002) / Pavol Rapavý, Michal Prorok; Kalendár úkazov a výročí (apríl – máj 2002 2002) – str. 37

## Obálka



Asi takto mohol vyzerat veľmi mladý vesmír, keď ešte nemal ani miliardu rokov. Bubliny, ohraničujúce jednotlivé oblasti hviezdotvorby, boli plné vodíka, z ktorého sa nepredstaviteľne rýchle sformoval počet veľkých hviezd. Aj periférne oblasti rozpinajúceho sa vesmíru vyzerali inakšie ako dnešný vesmír: veľké eliptické a špirálové galaxie sa iba začali formovať. Tam, kde prebiehala dynamická hviezdotvorba, zažihali sa gigantické strapce veľkých modrých hviezd, ktoré rýchle „vyhoreli“ a zanikli vo výbuchoch, po ktorých ostali iba tmavé jadrá a okvetia rozpinajúcich sa sa obálok. Oblasti s prudkou hviezdotvorbou žiaria intenzívnou červenou farbou, pretože medzigalaktickú hmotu zohrieva intenzívne ultrafialové žiarenie. Na bublinách vľavo dole vidíme obálky zaniknutých hviezd rozstrapkané silnými hviezdnyimi vetrami. V mladých galaxiách je ešte málo prachu, pretože jadrová syntéza v jadrách prvých hviezd ešte nevytvárala ťažšie prvky. Posledné analýzy týchto senzáčných snímkov HST podporili teóriu, podľa ktorej sa hviezdy nevytvárali postupne, gradualisticky, ale náhle v kyticích, pripomínajúcich ohňostroj, a to oveľa skôr, ako sme sa ešte donedávna nazdávali. Ilustráciu vytvoril výtvarník na základe tímovej rekonštrukcie snímkov z HST.

(Pozri článok na strane 2).

Vydáva: Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hviezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. Za vydavateľa zodpovedný: Ing. Teodor Pintér. ● Redakcia: Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – grafický redaktor, Tomáš Mikoviny – redaktor, Lýdia Príklerová – 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., RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Příbulová, Pavol Rapavý, RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc., RNDr. Juraj Zverko, DrSc. Predseda redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc. ● Tlač: Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava. ● Vychádza: 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciam. Cena jedného čísla 35.– Sk/Kč. Pre abonentov ročne 180.– Sk/Kč vrátane poštovného. Distribúcia: Ústredná expedícia a dovoz tlače, Příbinova 25, 813 81 Bratislava. Predplatitelia: V Čechách A.L.L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechách rozširuje A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v Čechách bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeč Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998. Zadané do tlače 8. 3. 2002

ISSN 0323–049X



# Mladý vesmír prepchatý hviezdami

Prednedávnom preskúmal špeciálny tím nepatrnú škvrnku oblohy v súhvezdí Ursa major, ktorú exponoval Hubblov teleskop ešte v roku 1995. HST toto políčko (Hubble Deep Field North) exponoval celých 10 dní, takže sa na ňom dajú rozlíšiť aj galaxie do 30. magnitudy. Odvtedy HST exponoval ďalšie dve podobné políčka na južnej oblohe. Tieto tri snímky poskytli surovinu pre mnohé výskumné projekty.

Po opakovaných a čoraz podrobnejších analýzách sa ukázalo, že tieto mladé galaxie môžu spôsobiť doslova revolúciu v astronómii. Podľa výskumníkov (SUNY Stony Brook) počet hviezdnych formácií kulminoval už niekoľko stotí rokov po big bangu a odvtedy neprestajne klesá.

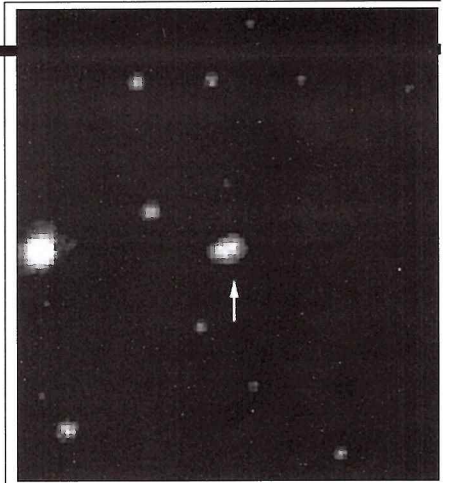
Autori starších analýz tvrdili, že počet hviezd vo vesmíre kulminoval oveľa neskoršie.

„Prvé analýzy nemali k dispozícii podstatný diel svetla z najmladších galaxií,“ vraví Kenneth Lanzetta, šéf tímu. Všetky najrenomovanejšie štúdie najstarších galaxií s najväčším červeným

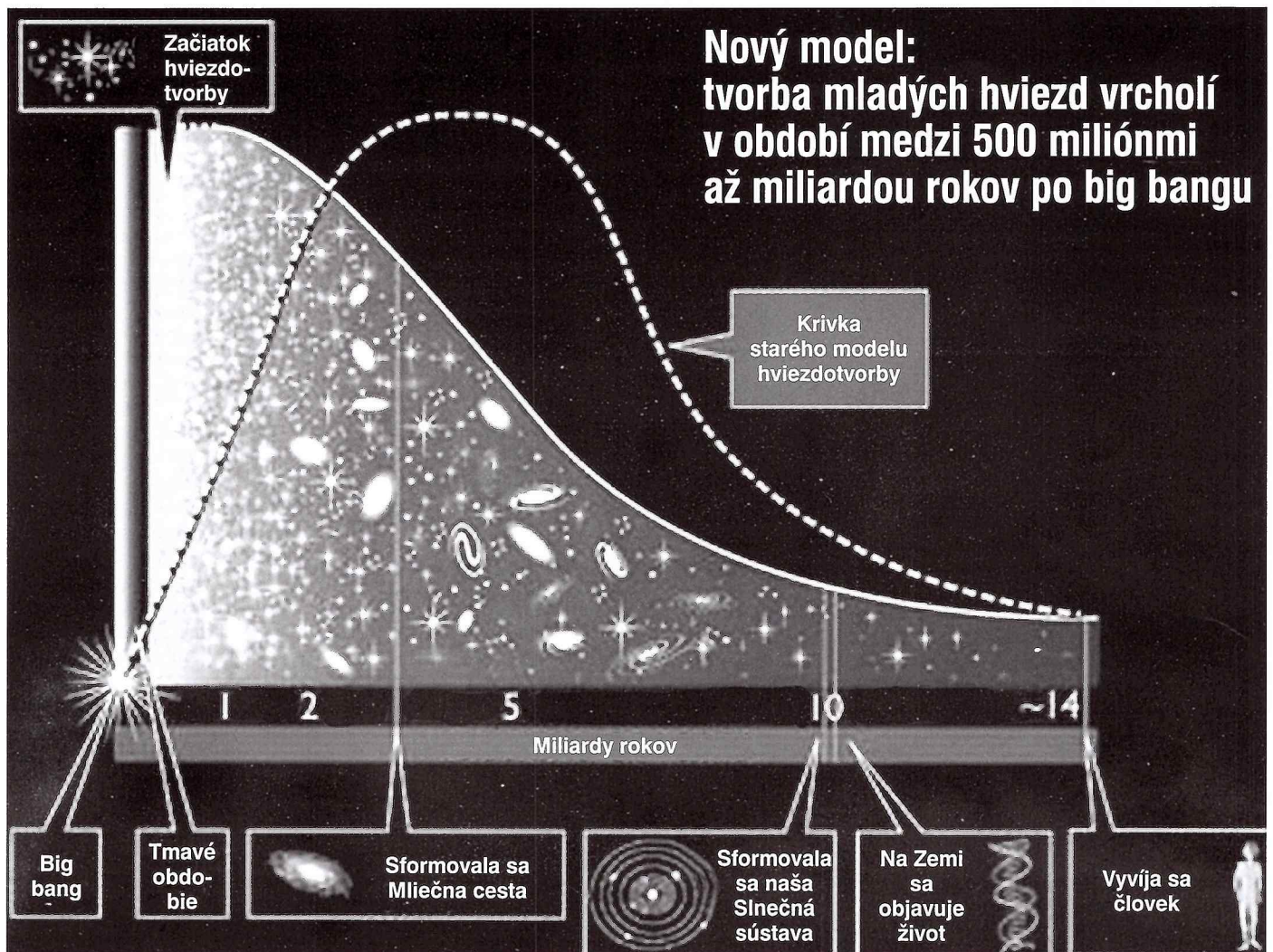
posunom videli iba „vrcholec ľadovca“, teda iba najsvietejšie galaxie. Väčšina hviezdneho svetla z galaxií však pochádza z priemerne svietivých oblastí, ktoré však žiaria tak slabo, že najvzdialenejšie z nich neboli rozlíšiteľné ani po 10-dennej expozícii. Dokonca ani „najhlbšie“ a citlivejšie merania nezachytili väčšinu svetla z mladého vesmíru.

Najslabšie galaxie v HDP (Hubble Deep Fields) žiarili tak slabo, že sa ich spektrá nedali pomocou existujúcich teleskopov získať. SUNY – tím sa preto rozhodol pre multifarebnú fotometriu 5000 najmatnejších galaxií. Používal 9 až 12 širokopásmových farebných filtrov, pričom využíval snímky z HST i pozemských teleskopov. Tak získali z každej galaxie spektrum s nízkym rozlíšením. Aj z takýchto spektier sa však dal odčítať červený posun, pretože ich vedci kalibrovali provnáváním so 150 najsvietejšími galaxiami v políčkach, ku ktorým už spektrá mali.

Podľa nových analýz vyzerá hviezdotvorba v mladom vesmíre ako ohňostroj vo filme, ktorý je spustený od konca. „Finále ešte len príde,“ prorokuje Bruce Margon (Hubble Telescope Science Institute). „Počet hviezd v mladom vesmíre (po prvých stotí rokoch) bol v každej ekvivalentnej sekcii oblohy 10-násobne väčší ako dnes. Tento ohňostroj sa bude dať spoľahlivejšie rozlíšiť až po vypustení vesmírneho teleskopu novej generácie, niekedy koncom tohto desaťročia.“ Space Telescope Science Institute



Táto snímka Hubblovho vesmírneho teleskopu nadchla hľadačov tmavej hmoty. Vo vzdialenosti 600 svetelných rokov, v halo našej Galaxie, podarilo sa exponovať svetlo trpasličej hviezdy, ktorá bola (nepriamo) objavená už pred šiestimi rokmi. Prezradila sa gravitačným pôsobením na svetlo hviezdy z Veľkého Magellanovho oblaku, vzdialenej 170 000 svetelných rokov. Po vyhodnotení snímky z HST a údajov spektrálnej analýzy vedci zistili, že trpasličia hviezda má iba 5 až 10 percent hmotnosti Slnka. Posilnila sa tak hypotéza, že významnú časť tmavej hmoty tvoria malé hviezdy, neutrónové hviezdy, čierne diery a hnedé trpaslíci v halo normálnych galaxií, podobných našej Mliečnej ceste.





# Tieňový vesmír

## Existuje popri našom vesmíre aj ďalší, skrytý, tieňový vesmír?

Tmavá hmota kontroluje kozmický tanec galaxií MGC 2207 a IC 2163.

V Spojených štátoch nedávno premietali úspešný triler „Šiesty zmysel“. Hlavný hrdina filmu, osemročný chlapec Cole Sear tvrdí, že vidí „mŕtvych ľudí“, či presnejšie neviditeľných duchov. Vo filmovom svete duchovia existujú, ale zväčša nemôžu zasahovať do diania v našom svete. „Šiesty zmysel“, bez ohľadu na úspech u divákov, nebol svetoborným dielom, ale v rámci emocionálne skomponovanej melodrámy nastolil niekoľko podstatných otázok, nad ktorými si lámú hlavy aj moderní fyzici: Akú časť skutočného vesmíru tvorí vesmír, v ktorom žijeme?

Náš svet chápeme taký ako je našimi zmyslami vnímaný. Existuje aj vesmír, alebo jeho časť, ktorú naše zmysly nevnímajú? Fyzici sa dômyselne prehrýzajú do srdca hmoty, k jej prapočiatku, až k samotnému okamihu stvorenia, a nad údajmi, ktoré analyzujú, si čoraz častejšie kladú aj tieto otázky. Najviac ich znepokojuje tmavý vesmír, ktorý nazývajú aj vesmírom chýbajúcim či skrytým; tento vesmír obsahuje desať až stokrát viac hmoty ako ten náš. Prítom: fyzici majú dojem, že časť tohto neviditeľného vesmíru netvorí médium nebaryonickej hmoty kdesi vo vzdialených galaxiách na periférii kozmu, ale že je to vesmír, ktorý máme priam pod nosom.

Fyzici už objavili zárodok tohto paralelného vesmíru. Na to, aby sme ich pochopili, musíme putovať časom až na prah big bangu, nepatrný zlomok sekundy po puknutí kozmického vajíčka (vyjadrený 27 nulami v zlomku  $1/1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ ), čo sa po slovensky dá vysloviť ako jedna tisícina kvadrilióntiny. Vesmír bol v tom okamihu kotlom, ktorý bol plný nesmiernej energie. Bolo to bizarné miesto, ale v istom zmysle fádne. Nijaké formy hmoty, ktoré dnes poznáme, ešte nemohli existovať. Náš svet sa iba rodil.

O tomto zárodočnom vesmíre vieme iba veľmi málo. Vieme, že sa rozpínal, chladol, a sily či častice, ktoré dnes skúmame, sa postupne a hyperhorúcej primordiálnej hmoty uvoľňovali a menili, podobne ako sa para mení na vodu a ľad. Beztvarý vesmír sa začal formovať a organizovať. Hmota, z ktorej sme povstali, hmota, z ktorej sa sformovali hviezdy galaxie a planéty, vznikla v tomto špecifickom momente kozmickej histórie. Pôvodná rovnorodosť mladého vesmíru sa premenila na rôznorodosť, na potenciál, schopný

vytvoriť bohaté štruktúry nášho dnešného sveta. Tak či onak: svet, v ktorom žijeme, nemusí byť jediným svetom, ktorý vtedy vznikol.

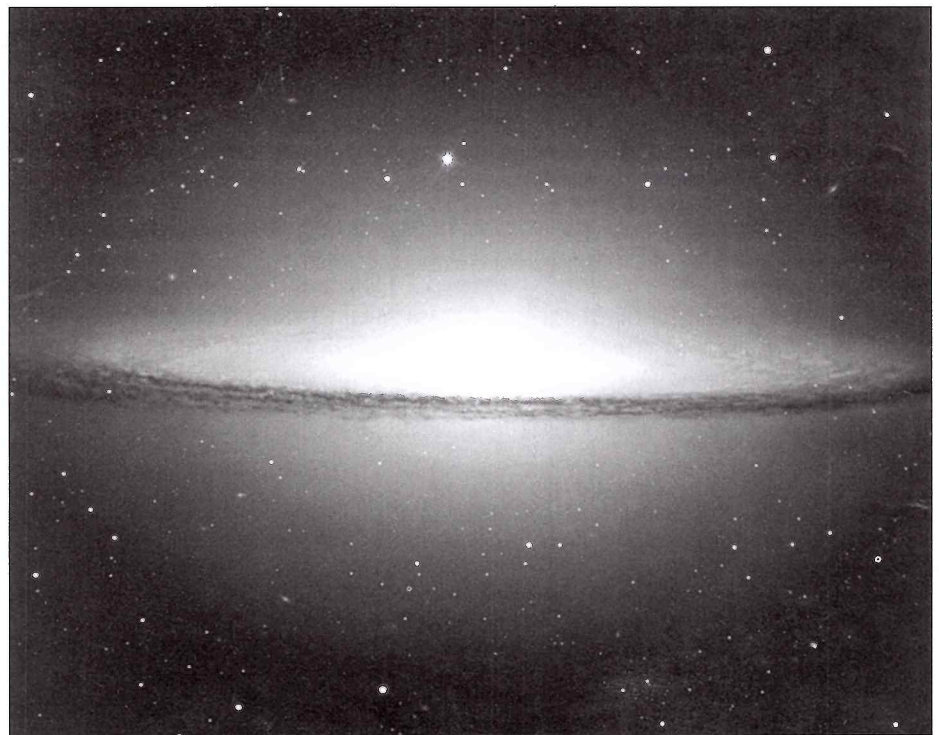
Fyzici dodnes hľadajú najvhodnejšie slová podopreté matematikou, aby aspoň približne vysvetlili zázrak zrodenia vesmíru. Príbehov zrodu vesmíru je veľa. V mytológiách národov a civilizácií i v serióznej fyzike a kozmológii. Jedným z nich je aj príbeh paralelného, tieňového vesmíru.

Z big bangu sa zrodili dve rôzne podoby či rodiny hmoty. Z jednej vznikol svet, v ktorom žijeme, a ktorý skúmame, protóny, elektróny a ďalšie subatomické častice. Tá druhá hmota vytvorila paralelný vesmír. Tento vesmír môže existovať súčasne s naším, ale oddelene, skryto.

### Tieňový vesmír

Tieto dva vesmíry, jeden z normálnej, druhý z tieňovej hmoty sa prelínajú, ale neinteragujú.

Mohutnejší, neviditeľný vesmír sa vyvíja spolu s naším vesmírom. Tieňové planéty sa formujú okolo tieňových hviezd a možno na nich vznikli a rozvíjajú sa aj inteligentné civilizácie. Čo je najčudnejšie, tieňová hmota, ktorá neinteraguje s tou našou hmotou, môže sa vyskytovať aj na našej Zemi. Ako môžu dva vesmíry existovať na tom istom mieste? Odpoveď na túto otázku je možné sformulovať až vtedy, keď zistíme, aký je vesmír v ktorom žijeme. Viacerí filozofi si už položili otázku, či svet, v ktorom žijeme, je reálny, alebo ide iba o ilúziu. Fyzici a astronómovia však rozmýšľajú inakšie. Napríklad: stolička, ktorú pozoruje filozof, je na 99 percent prázdny priestorom. Atómové jadrá, ktoré stoličku tvoria a v ktorých sa koncentruje väčšina hmoty, sú od seba vzdialené tak ako hviezdy v galaxiách. A čo sa stane, keď si sadnete na stoličku? Nezmiešajú sa atómy vášho zadku s atómami stoličky? Od-



Viacerí fyzici sú presvedčení, že tmavá hmota zohráva kľúčovú rolu aj pri formovaní špirálových galaxií, takých ako Sombrero (M104).





Vyššie 90 percent hmoty v každej kope galaxií, takej ako Abell 1060 v súhvezdí Hydra, tvorí tmavá hmota.

poved' vám umožní aspoň čiastočne pochopiť tieňový vesmír. Atómy v stoličke vysielajú sily, ktoré pôsobia na okolie a interagujú s atómami vášho zadku. Na najzákladnejšej rovine elementárnej fyziky sú sily hlavným hýbateľom a hmota iba vedľajším činiteľom.

Bez podnetu či popudu, inými slovami bez pôsobenia nejakej sily by sa atómy nikdy nedozvedeli, že existujú aj iné atómy. Bez výmeny síl by ani frontálna zrážka dvoch častíc nevyvolala nijaký efekt. Dve častice by prenikli jedna cez druhú.

Vesmír, v ktorom žijeme, pozná iba štyri sily, pomocou ktorých atómy komunikujú: gravitáciu, elektromagnetizmus, silnú jadrovú silu a slabú jadrovú silu.

Po big bangu sa z prvotnej polievky oslobodili iba tieto štyri sily. S prvými dvomi silami máme všetci konkrétne skúsenosti. Gravitácia je sila, ktorá nás „drží pri zemi“. Elektromagnetizmom zasa môžeme vysvetliť, prečo váš zadok neprenikne stoličkou, ale usadí sa na nej. (Interakciou atómov stoličky a vášho zadku vzniká jav pevnosti.) Silné a slabé jadrové sily už tak dô-

verne nepoznáme, lebo sa prejavujú iba v subatomických škálach. Vďaka nim však využívame rozličné chemické prvky.

Štyri sily držia svet pohromade napriek jeho rôznorodosti čo do tvarov, štruktúr, farieb a foriem. Lenže svet by mohol fungovať aj inakšie: číslo „štyri“ nie je mystické. Tak ako mnohé veci v našom živote, aj počet síl a foriem, ktoré sa zrodili z big bangu, sú iba vedľajším a bezvýznamnejším prvkom toho, čo umožňuje existenciu tieňového vesmíru.

### Hmota, ktorá necíti

Pochopiť princípy subatomárnej fyziky nie je ľahké. Keď niekoho milujete, čosi vás k nemu priťahuje, ale vyvolená osoba o tom nemusí vedieť. Nevedno prečo, ale niektoré formy hmoty „necítia“ všetky štyri sily. Napríklad neutrón nemá elektrický náboj, takže elektromagnetizmus sa ho netýka. Ak vznikla hmota, ktorá necíti nám známe štyri sily, potom nevníma ani svet, v ktorom žijeme. Existuje, ale nemôžeme ju detegovať. Ak má táto neznáma hmota vlastné sily, potom sa môže organizovať do zaujímavých

vých foriem a vytvorí bohatý vesmír, paralelný k tomu nášmu. Takýto vesmír by sa mohol s tým naším prelínať bez najmenších známok kolízie.

V polovici 80. rokov sa niekoľko fyzikov pokúsilo preskúmať tieňový vesmír pomocou rovníc, popisujúcich vesmír počas big bangu. Matematika naznačila, že v procese chladnutia by každá sila i častica mala mať tieňové dvojča. Okrem gravitácie!!! Tieňové elektróny by cítili iba tieňové elektróny a boli by celkom neutrálne voči elektrónu z nášho sveta. Paralelný vesmír, vybavený všetkými potrebnými silami, by sa mohol vyvíjať na tom istom mieste ako vesmír, v ktorom žijeme.

### Ako detegovať tieňový vesmír

Tieňová hmota je zatiaľ iba teoretickou kuriozitou, existuje iba v snoch a na papieri. Fyzici sa však myšlienky na paralelný vesmír nevzdávajú. Ba dokonca už tušia, kde sa nachádza. Tieňová hmota je iba myšlienkou, tmavá hmota je však nespochybniteľným faktom.

Dnes už vari ani jeden astronóm nepochybuje





Najväčšou koncentráciou tmavej (a možno aj tieňovej) hmoty v lokálnom vesmíre je Veľký Atraktor. (Snímka ESO).

o tom, že väčšina nášho vesmíru existuje v podobe tmavej, neviditeľnej (skrytej) hmoty. Už vyše 20 rokov máme dôkazy, že vyše 90 percent hmoty prezrádza iba gravitácia. Galaxie rotujú oveľa rýchlejšie, ako by rotovali, keby ich tvorila iba hmota, ktorú dokážeme detegovať. Kopy galaxií obiehajú spoločný stred oveľa rýchlejšie, ako by mali, keby ich tvorila iba hmota, ktorú pozorujeme. Astronómovia objavili bezpočet ďalších úkazov, ktoré dokazujú, že vo vesmíre je hmota, o ktorej skoro nič nevieme. Táto tmavá hmota vytvára gravitačné efekty na telesá, ktorých pohyb monitorujeme. Na prahu tretieho tisícročia niet už o existencii tmavej hmoty pochyb.

Je teda jasné, že nech túto tmavú hmotu tvorí čokoľvek, my nie sme jej súčasťou. Astronómovia sa dodnes nevzdali hypotézy, že aj tmavú hmotu tvorí normálna, baryonická hmota nášho sveta. Nazdávali sa, že ide o hmotu, ktorá neemituje veľa svetla: napríklad vyhasnuté, kolabované či degenerované hviezdy alebo zvyšky primordiálneho materiálu. Dnes vieme, že normálna tmavá hmota je rovnako „reálna“

ako exotická tmavá hmota. Vieme, že táto tmavá hmota neobsahuje úplnú paletu síl, ktoré sa zrodili z big bangu. Je to iná hmota ako tá naša. Kým čítate tento článok, bezpočet častíc tmavej hmoty preletelo vaším telom rovnako ako slnečné lúče prenikajú cez sklo.

Medzi tmavou hmotou a tieňovou hmotou je však jeden zásadný rozdiel. Zdá sa, že tmavá hmota má svoje vlastné sily, ktoré ju držia pohromade. Všetko, čo cíti, čo vníma, s čím interaguje, je gravitácia a možno aj slabá jadrová sila. Slabá jadrová sila je slabá; slabou silou je aj gravitácia. (Malý magnet dokáže premôcť gravitáciu zemegule a zdvihnúť z jej povrchu klinec). Gravitácia sa prejaví iba vtedy, keď sa nakopí veľké množstvo hmoty. V režii slabých síl však v tmavom vesmíre nemôžu vzniknúť ani útvary z nášho sveta, napríklad stromy či ľudia. Dokonca sformovanie veľkých telies, ako sú hviezdy a planéty, je v režii iba týchto dvoch síl takmer nemožné. Pre spomalenie hmoty a jej sústredenie na jednom mieste je rozhodujúca elektromagnetická sila. V tmavom vesmíre teda ne-

môžu existovať tmavé hviezdy a planéty obývané tmavými mimozemšťanmi.

Existuje teda paralelný vesmír, alebo neexistuje? Odpoveď znie: „Existuje. My sami sme tou odpoveďou.“ Vo vesmíre, ktorý tvorí 90 percent neviditeľnej hmoty, sme outsidermi. Bezpočet žiarivých hviezd a galaxií pohybujúcich sa v časopriestore je iba pena na hladine nekonečného oceánu tmavej hmoty. Keď sa to tak zoberie, my ani nežijeme vo vesmíre. Sme iba jeho odleskom.

### Diamanty v hornine

Všetko, čo sme si povedali, akoby podčiarklo našu bezvýznamnosť. Lenže práve opak je pravdou. Sme žiarivým diamantom v halde hlušiny. Diamant je vzácny. Z tmavej hmoty sa nikdy nesformuje čosi také nádherné ako hviezda, meteor či steblo trávy. Náš vesmír je malý, nepatrný, ale je skvostom v hlušine časopriestoru.

**ADAM FRANK**

*Autor je astrofyzik na Rochesterskej univerzite a členom dozornej rady časopisu Astronomy.*



# Hypernova na vlastní oči

Hvězdné nebe nám hned z počátku roku nabízí několik zajímavých novinek. Na vlastní oči si můžeme prohlédnout dva velmi zajímavé objekty, které zatím zůstávají astronomům záhadou.

Šestého ledna tohoto roku si australský astronom amatér N. J. Brown na fotografickém snímku oblohy všimnul nového a relativně jasného objektu v souhvězdí Jednorozce. Objev byl potvrzen o několik dní později a byla také pořízena první pozorování na mnoha světových observatořích. Spektroskopická pozorování, která obvykle rychle určí podstatu pozorovaného jevu, však tentokrát nepřinesla doposud žádné zásadní vysvětlení, proč se objekt tak náhle a prudce zjasnil. Stále totiž nevíme, zda se jedná o klasickou novu, nebo o velmi hmotnou, tzv. uhlíkovou hvězdu, která prochází velmi zajímavou fází svého vývoje. Pokud se ukáže druhá varianta jako pravdivá, pak jsme svědky naprosto unikátního představení, které souvisí s rozsáhlými změnami ve hvězdě samotné a jenž trvá pouze krátkou část jejího života. Na sklonku ledna hvězda překvapila dalším prudkým nárůstem jasnosti. Toto druhé zjasnění se navíc podařilo objevit českým astronomům zapojeným do celosvětové sítě pozorovatelů. Nyní je hvězda na hranici viditelnosti pouhým okem a k jejímu pozorování postačí obyčejný triedr.

Snad ještě větší vzrušení ale přinesl objev japonského astronoma Yoji Hiroseho, který pomocí speciální citlivé CCD kamery objevil kandidáta na supernovu v relativně blízké a jasné galaxii označované jako M 74. Spektroskopická pozorování, která se v těchto případech okamžitě provádějí kvůli přesnému určení typu supernovy a předpovídání jejího chování však ukázala, že objekt je mnohem zajímavější, než se zdálo.

Je totiž pravděpodobné, že se jedná o velmi unikátní objekt nazývaný hypernova. Hvězdy, které procházejí tímto stadiem, představují velkou záhadu moderní astronomie. Doposud jediným pozorovaným kandidátem na hypernovu se stala supernova 1998bw, která byla ztotožněna se zdrojem gama záření, který se objevil prakticky ve stejné době. Jelikož jsou záblesky gama

záření doposud nevysvětlenou záhadou dvacátého století, byli astronomové překvapeni tím, že za tak mohutnou explozi může supernova, která jinak při explozi uvolní mnohem méně energie. Teoretičtí fyzikové proto navrhli jako jedno z možných vysvětlení – model hypernovy. Velmi hmotná hvězda, která se vyvíjí mnohem rychleji než méně hmotné stálice, vyčerpá zásoby jaderného paliva a při mohutné explozi se její jádro zhroutí v černou díru. Exploze se odehrává v prostředí, které je bohaté na prach a plyn – vinou rychlého vývoje jsou tyto objekty ještě součástí mračen, ze kterých vznikly – a tak je její síla násobena reakcí právě s tímto okolím. Teprve další pozorování ale odhalí skutečnou podstatu celého jevu. Vzhledem k tomu, že galaxie M 74 je relativně blízko, předpovídají astronomové další zjasňování hypernovy až na hranici viditelnosti malým dalekohledem. Protože vý-

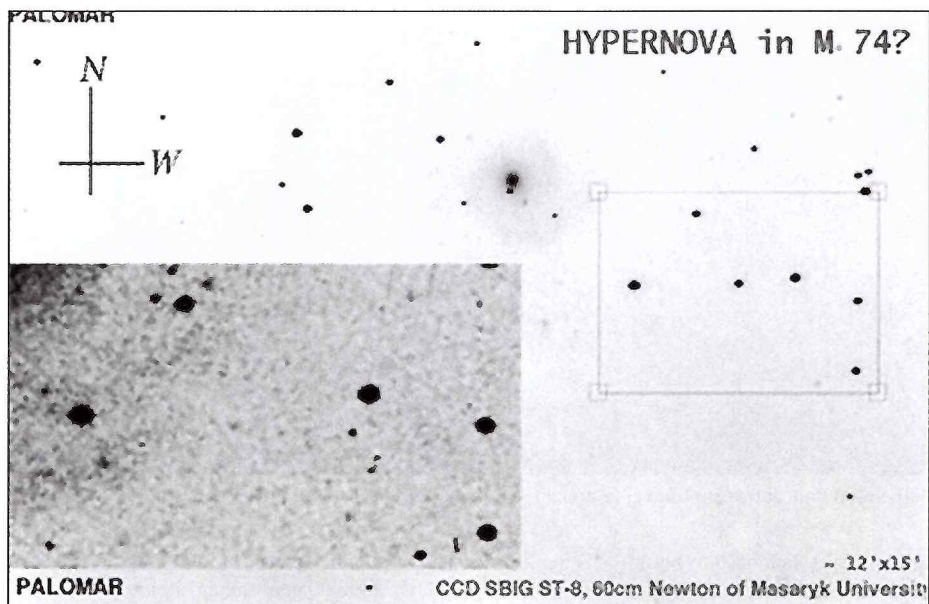


Poloha supernovy je vyznačená šípku vzhledem ku galaxii M 74. Foto: Digital Sky Survey

buch hypernov je velmi unikátní událost, je velmi pravděpodobné že, v nejbližších desítkách let už se nám podobná příležitost nenaskytne.

**RUDOLF NOVÁK**

Instantní astronomické noviny, [www.ian.cz](http://www.ian.cz)



## Astronómia našli spiacu neutrónovú hviezdu

KS 1731-260, malá nedávno objavená neutrónová hviezda, neďaleko centra Mliečnej cesty, stala sa pre tím astrofyzika Rudy Wijnandsa hotovou záhadou. Nespráva sa tak, ako by sa podľa teórie správav mala.

Podobne ako iné neutrónové hviezdy, aj KS 1731-260 je súčasťou dvojhviezdneho systému. Degenerovaná superhustá hviezda, pozostatok po výbuchu supernovy, odčerpáva gravitačnou pumpou materiál zo svojho hviezdneho súputníka. Tento spravidla periodický proces sa nazýva akrcia. Proces

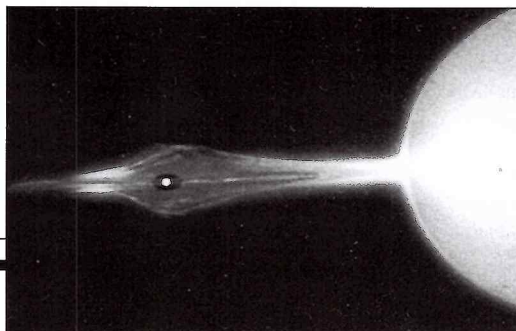
akrcie je nerovnomerný: obdobia masívneho nabaľovania hmoty striedajú obdobia slabej akrcie, čo sa navonok prejavuje premenlivou teplotou: pri maximálnej akrcii je telota najvyššia a naopak.

V prípade KS 1731-260 je čud-

né to, že hoci vstúpila do periódy masívneho nabaľovania hmoty, jej teplota sa nezvyšuje.

Astronómia už dávnejšie vedia, že niektoré neutrónové hviezdy sa iba veľmi pomaly zahrievajú, hoci vychladnúť stihnú až neuveri-

**Neutrónová hviezda KS 1731-260 odčerpáva materiál zo svojho partnera v dvojhviezdnom systéme.**



telne rýchle. Astronómia z údajov zo satelitu Chandra vypočítali, že fáza slabej akrcie v prípade KS 1731-260 trvá už tisíc rokov. Prečo táto kozmická Šípová Ruženka spí už desaťkrát dlhšie ako by spať mala (obdobie kludu by v jej prípade nemalo trvať dlhšie ako 100 rokov), je pre hviezdárov záhadou.

Rozpor medzi teóriou a realitou môže vyriešiť iba nový model neutrónových hviezd. Ten však astronómia postaví až vtedy, keď budú môcť analyzovať údaje z niekoľkých stoviek dvojhviezdnych systémov, ktoré zastihnú v rozličných fázach akrcie: maximálnej, minimálnej či nulovej.

Podľa *Astronomy* 1/2002 –eg-



# Infračervený obraz mladého vesmíru potvrdil big bang i existenciu tmavej hmoty!!!

Svetlo mladého vesmíru, vrátane najstarších hviezd a galaxií, ktoré sa sformovali v čase, keď mal kozmos iba 30 až 40 percent svojho dnešného veku, detegovali vedci v rámci celooblohovej prehliadky programu 2MASS (Two Micron All Sky Survey). Intenzita tohto svetla (nazývaného aj Cosmic Infrared Background/Kozmické infračervené pozadie) je dvoj- až trojnásobne vyššia, ako sa očakávalo na základe doterajšieho pozorovania galaxií.

Údaje získané z tejto prehliadky potvrdili najnovšie pozorovania v iných oblastiach žiarenia, podľa ktorých už relatívne krátko po big bangu došlo k intenzívnej hviezdotvorbe. Analýza potvrdila aj hypotézu prívržencov tmavej hmoty. (Hvezdári a kozmológovia si totiž nedokážu predstaviť, aké iné médium než tmavá hmota by dokázalo rozptýľujúci sa plyn normálnej hmoty skomprimovať do hustých kolískok, v ktorých sa sformovali prvé hviezdy a galaxie.)

Tím Alexandra Kashlinského zo Science Systems and Applications pri NASA Goddard Space Center v arizonskom Greenbelte oznámil na 199. stretnutí Americkej astronomickej spoločnosti, že sa im podarilo zazrieť mladý vesmír v jeho „vrcholnej fáze“.

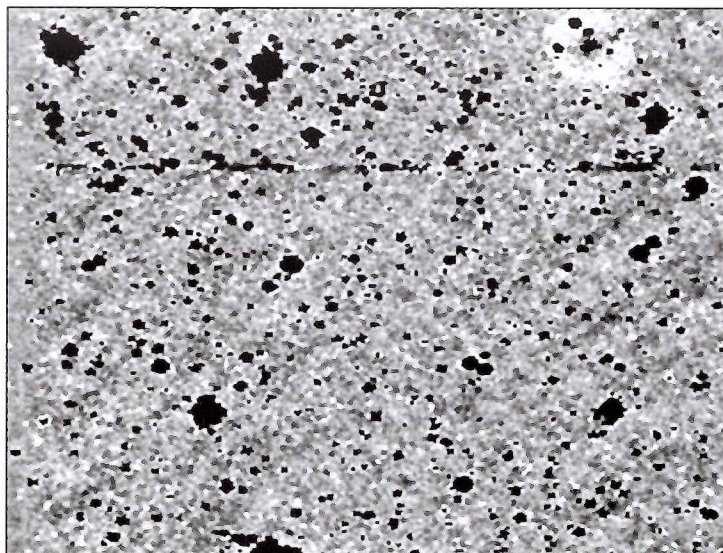
Vedci vyhodnotili údaje, ktoré sa získali v rámci programu 2MASS National Science Foundation; údaje zhromaždili viaceré tímy v rokoch 1997 až 2000. Astronómovia v rámci tohto programu zostavili katalóg 300 miliónov (!) hviezd a galaxií na vlnových dĺžkach, ktoré sú mimo dosahu konvenčných optických teleskopov.

Každá snímka z katalógu 2MASS je výsledkom krátkej expozície (zväčša 8 sekúnd), pričom vybrané časti oblohy boli elektronicky snímané aj 1000-krát! Takto naskladané expozície spracovali počítačmi a získali tak snímky s vysokým

rozlíšením, na ktorých sa vynorili aj mimoriadne slabé objekty. Vedci potom tieto snímky, nazývané aj „štandardné hviezdne polia“, podrobne poprezerali, aby objavili aj oblasti slabého pozadia infražiarenia, až 500-krát tmavšieho ako nočná obloha.

Mimoriadne starostlivou kombináciou týchto

**Toto je snímka svetla z mladého vesmíru, ktorú vedci zhotovili po analýze a počítačom spracovaní údajov získaných v rámci programu 2MASS. Falošné farby (na snímke rozličné škvrnky šedej a čiernej farby) zviditeľňujú zdroje infračerveného žiarenie na vlnových dĺžkach, ktoré ľudské oko nevníma.**



snímok zostavili vedci malé políčko oblohy v súhvezdí Herkula. Na tomto obdĺžniku sa im podarilo preskúmať cieľovú oblasť zo 100-násobne vyšším rozlíšením ako zvyšok oblohy katalogizovanej v rámci programu 2MASS. Tak dokázali detegovať svetlo aj z takých vzdialených galaxií, ktoré boli doteraz v infraoblasti nerozlíšiteľné.

Sten Odenwald, šéf výskumu hovorí: „Spočiatku sme ani len nepomysleli, že údaje z niekoľkých políčok oblohy budú môcť využiť aj koz-

mológovia. Na celej oblohe ich niet viac ako niekoľko tuctov. To je tak, akoby ste si vytvárali predstavu o Zemi, ktorú by ste poznali iba z údajov monitorovania niekoľkých hlbokých údolí.“

Výsledky analýzy potvrdili, že žijeme v rozprávanom sa vesmíre, tak ako to tvrdí teória big bangu. „Najdôležitejšie zo všetkého je zistenie,“ vraví Kashlinsky, „že mladý vesmír bol oveľa menší, ale vznikalo v ňom oveľa viac hviezd. Rodiace sa hviezdy zalievali svetelným žiarením, ktoré dnes pozorujeme ako CIB, infražiarenie kozmického pozadia.“

Oddeliť toto zvyškové tepelné žiarenie nebolo ľahké. Na samom začiatku museli hvezdári odfiltrovať svetlo početných hviezd našej Galaxie, ktoré prekryvajú „vybrané políčko“ na oblohe. Viaceré hviezdy v tomto políčku žiarili až miliónkrát slabšie ako hviezdy, ktoré ešte dokážeme rozlíšiť voľným okom. Problematické bolo aj korigovanie zmien, spôsobených našou atmosférou: odblokovanie prachovej clony v našej Slnecnej sústave, ktorá absorbuje svetlo vzdialených hviezd, atď. Iba tak sa vedcom podarilo detegovať slabulinkú žiaru „vybraného políčka“ na kozmickom pozadí.

Detekcia tohto žiarenia pripomína skúmanie otlaku prsta. Vedci postupne dekodovali spektrá nepatrných škvrniek na políčku a objavili tak spektrálne otlaky vesmíru spred 8 miliárd rokov. Práve vtedy sa začali galaxie zoskupovať do galaktických kôp; rozbehol sa proces, ktorý trvá do dnešných dní.

Z výskumu vyplynulo, že ohňostroj rodiacich sa mladých hviezd sa rozpútal vtedy, keď mal vesmír 5 až 40 percent svojho dnešného veku, čo korešponduje s údajmi červeného posunu v rozmedzí hodnôt od 7 po 1. Tieto údaje neobyčajne podporili hypotézu tmavej hmoty (presnejšie studenej tmavej hmoty), neznámeho média, ktoré možno prirovnať k medu v baňatej fľaši na odstredivke, do ktorej sme vysypali hrst maku (viditeľnú hmotu).

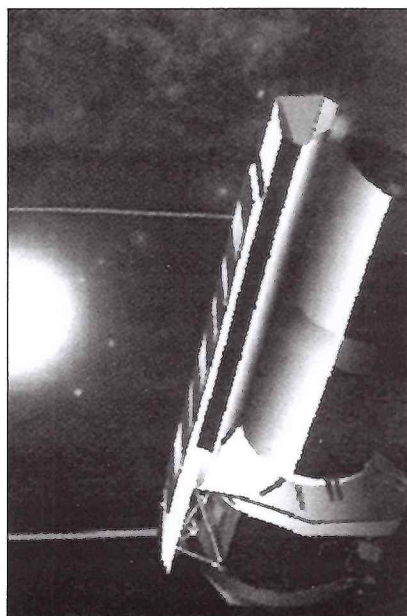
Platné teórie o evolúcii vesmíru hovoria, že kolísko nášho vesmíru bol nepredstaviteľne malý, horúci a hustý bod, ktorý sa mimoriadne rýchle začal rozptýľovať a chladnúť, pričom vygeneroval všetku hmotu a energiu, ktorú pozorujeme a meriame. Táto expanzia trvá dodnes. Teória

NASA v budúcom roku vypustí na obežnú dráhu okolo Zeme posledný zo štvorice veľkých teleskopov, tentokrát pre infračervenú oblasť: Space Infrared Telescope Facility (SIRTF). Prvým zo série tzv. Veľkých vesmírnych observatórií bol Hubblov vesmírny teleskop, ktorý využívajú programy vizuálnej astronómie; druhým obrom na obežnej dráhe sa stal Chandra X-ray Observatory, citlivý detektor röntgenového žiarenia, ktorý podstatne rozšíril možnosti röntgenovej astronómie; tretím – Compton Gamma-Ray Observatory (momentálne už mimo prevádzky), ktorý umožnil gama-astronómom znížiť náskok kolegov skúmajúcich vesmír v iných oblastiach spektra. Očakáva sa, že SIRTF vyvolá konjunktúru infračervenej astronómie. S napätím sa budú očakávať najmä údaje o mladom vesmíre z obdobia rekombinácie.

SIRTF je dočasným, pracovným názvom Infračerveného vesmírneho observatória. NASA v minulom roku vypísala verejnú súťaž, cieľom ktorej je nájst romantickéjšie pomenovanie tohto zariadenia. Špeciálna komisia v týchto dňoch vyhodnocuje vyše 300 názvov, ktoré „krstní otcovia“ z 23 krajín sveta pre infraobseratórium vymysleli a zdôvodnili.

Spracoval –eg–

## Hľadá sa meno pre SIRTF





big bangu je do istej miery problematická, pretože zatiaľ nevieme presvedčivo vysvetliť problém rýchleho tvorenia sa hviezd a galaxií. (Hviezdy sa formujú z oblakov plynu, kolabujúcich pôsobením vlastnej gravitácie. Galaxie sa formujú, keď gravitačná sila hviezd zoskupuje hviezdy do hviezdnych ostrovov.)

Energia, vo forme elektromagnetického žiarenia z najranejšieho obdobia big bangu však nahrievala normálnu hmotu do takej miery, že istý čas ešte nebola schopná zhusťovať sa pôsobením gravitácie. Navyše v rozpínajúcom sa vesmíre vzdialenosť medzi oblakmi plynu a hviezdami narastala, čo by logicky malo ich schopnosť gravitačne sa zahusťovať a zoskupovať podstatne oslabiť.

Chladná tmavá hmota na elektromagnetické žiarenie nereaguje; preto ju nevidíme. Prejavuje sa iba vlastnou gravitáciou, ktorá organizuje nielen chladnú tmavú hmotu, ale aj normálnu hmotu. Vzhľadom na to, že nereaguje na elektromagnetické žiarenie, jej vlastná gravitácia podľa všetkého začala pôsobiť oveľa skôr ako v normálnej hmote. Chladná tmavá hmota sa začala v priestore na mnohých miestach zhusťovať, a tak vytvorila „gravitačné semená“, ktoré začali z okolitého priestoru priťahovať normálnu hmotu. Na normálnu hmotu však gravitačné semená začali pôsobiť až vtedy, keď už aj táto hmota natoľko ochladla, že začala reagovať na „volanie“ tmavej hmoty a zoskupovať sa okolo nej. To sa stalo 300 000 rokov po big bangu.

Podobné snehovej guli, ktorá sa kotúľa dole svahom a nabaluje čoraz väčšie masy snehu, aj semená tmavej hmoty začali priťahovať väčšie zhustky normálnej hmoty; bez ohľadu na rozpínanie sa kozmu sa tak sformovali prvé hviezdy a galaxie. Zdôraznime ešte raz: tento proces bol oveľa rýchlejší, ako sme sa ešte v minulom roku nazdávali.

„Iba vo vesmíre, v ktorom bolo dostatočné množstvo tmavej hmoty, mohlo sa už tak krátko po big bangu vytvoriť také množstvo hviezd a galaxií,“ hovorí Kashlinsky a dodáva: „Údaje, ktoré sme získali, túto hypotézu potvrdzujú. V prírode je tmavá chladná hmota zatiaľ neznáma, ale je pravdepodobné, že existuje vo forme exotických subatomárnych častíc či miniatúrnych čiernych dier.“

Tím astronómov zoskupených okolo programu 2MASS má veľké oči. Hvezdári sú presvedčení, že už čoskoro sa im podarí detegovať ešte staršie svetlo z ešte starších generácií hviezd, alebo dokonca aj svetlo hviezdnych formácií utlmené prachom vo vnútri najmladších galaxií.

Prekročiť prah trinástej komnaty na ceste k big bangu im však umožní až ďalší z generácie vesmírnych teleskopov, ktorý začala vyvíjať skupina Johna Mattera v Goddardovom centre pri NASA.

Program 2MASS vznikol v rámci spolupráce University of Massachusetts a IPACu (Infrared Processing and Analysis Center pri Jet Propulsion Laboratory, NASA). Výskum financuje NASA a National Science Foundation. Prehliadka oblohy v rámci programu sa začala v roku 1997 a trvala celé štyri roky.

NASA Press Release

## Hypernova: po prvýkrát na snímkach

**Obrovská galaxia M101 (nazývaná aj Pinwheel/Veterník), v súhvezdí Veľkého voza opäť raz píše dejiny astronómie. Hvezdári v nej objavili dva zvyšky po výbuchu hypernov: NGC5471B a MF83 sú prvými zvyškami po gigantických výbuchoch, ktoré sa podarilo identifikovať.**

Výbuch hypernovy je zdrojom mimoriadne silného žiarenia gama, najmenej 100-krát energetickejšieho ako výbuch supernovy. Je teda najenergetickejším úkazom vo vesmíre po big bangu. NGC5471B (dolná snímka na vedľajšej strane, vľavo hore) sa mimoriadne

rýchle rozpína. Rýchlosť rozpínania sa odhaduje na 170 kilometrov za sekundu. MF83 (obr. vľavo dole) má priemer 850 svetelných rokov, čím sa tento objekt stal druhým najväčším pozostatkom po hypernove, ktorý sme zatiaľ objavili.

Ani jeden zvyšok po hypernove nemôžeme pozorovať v optickom svetle; oba oblaky rozpínajúceho sa plynu možno vidieť iba v röntgenovom svetle a študovať ich pomocou špektrálnych čiar, prezrádzajúcich isté formy špeciálnej atómovej aktivity. Snímka M101 vznikla kombinovaním optického pozorovania (modrá) a pozorovaní v röntgenovej oblasti (červená).

## Ako vyzerajú prvé galaxie v mladom vesmíre?

Astronómovia využili aj tieto tri snímky z HST ako kľúč na vyriešenie jednej zo záhad galaktickej astronómie. Prečo majú vzdialené galaxie také zvláštne tvary, celkom odlišné od typických eliptických a špirálových galaxií v bližších oblastiach vesmíru?

Sú tieto čudné galaxie naozaj čudné, alebo sa takými iba zdajú? Nejde náhodou o celkom normálne galaxie, ktoré sa astronómom javia ako zvláštne iba preto, lebo tí dokážu (zatiaľ) rozlíšiť iba ich najjasnejšie oblasti? Svetlo týchto galaxií putuje k Zemi miliardy rokov. Rozpínanie vesmíru svetelený lúč počas cesty „natiahne“ (červený posun). Dôsledkom tejto deformácie je premena viditeľného svetla na červené, ktoré dnešnými prístrojmi nedokážeme až tak citlivo rozlíšiť. O tomto svetle vedía astronómovia povedať iba toľko, že pochádza z oblastí, kde sa rodí a svieti veľa mladých, horúcich hviezd. Tieto hviezdy vyžarujú najviac energie v ultrafialovej oblasti. Aj toto svetlo sa však v rozpínajúcom sa vesmíre „natiahne“, čo spôsobí, že v čase, keď dospeje k Zemi, vnímate ho už ako viditeľné svetlo. Štúdium týchto galaxií pripomína prácu archeológov, ktorí skladajú pravekú nádobu z tisícov drobných črepín, pričom tie chýbajúce musia dopĺňať.

Ako teda najvzdialenejšie galaxie naozaj vyzerajú?

Kvôli porovnaniu začali astronómovia študovať 37 blízky galaxií. Ich portréty v ultrafialovom svetle porovnali s tvarmi ich vzdialených príbuzných. Na troch snímkach z HST (získaných pomocou Wide Field and Planetary Camera 2) – obr. na vedľajšej strane hore – vidíte tri galaxie z mimoriadne bohatého súboru vzdialených galaktických exotov. Vedci tieto „ostrovy hviezd“ študovali v ultrafialovom i viditeľnom spektre. Z analýzy porovnávaných snímkov vyplynulo, že študujeme iba „vrcholec ladovca“ najvzdialenejších galaxií. A ukázalo sa, že zďaleka nie všetky vzdialené galaxie

majú také neobvyklé, zvláštne tvary, ako sa sprvoti zdalo.

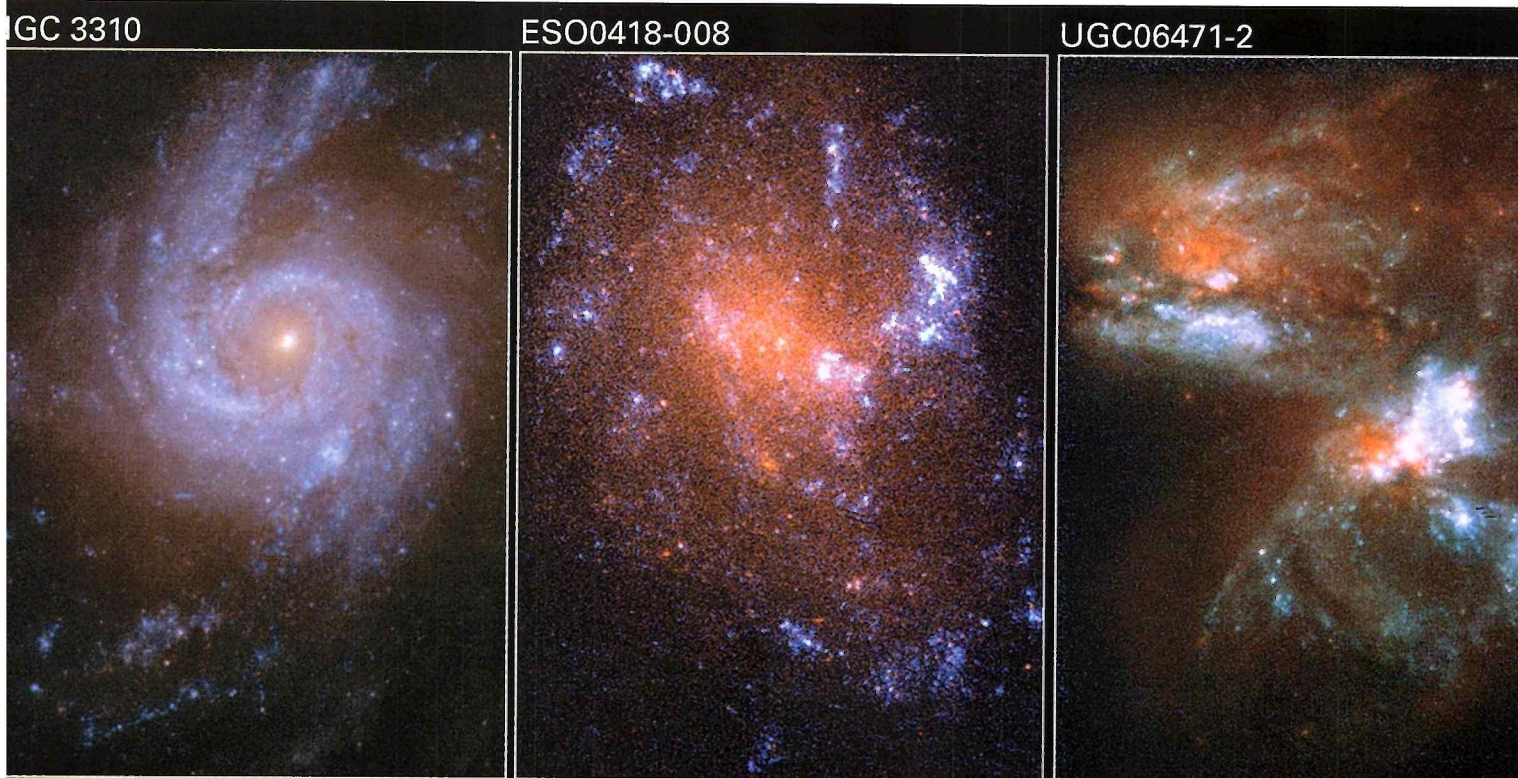
V centrálnej časti NGC 3310, špirálovej galaxie (na snímke vľavo) vidíme mladé i staré hviezdy rovnomerne rozptýlené. Keby bola takáto distribúcia hviezd príznačná pre všetky galaxie, astronómovia by vzdialené galaxie preskúmali oveľa ľahšie. Vo väčšine galaxií sú však hviezdy rozptýlené podľa veku, čo klasifikáciu neobyčajne sťažuje. NGC 3310 je vo vzdialenosti 46 miliónov svetelných rokov v súhvezdí Veľkého voza.

Na strednej snímke vidíte jednu zo slabých, mladých, špirálovitých galaxií: ESO 418-008 reprezentuje miliardy podobných trpasličích galaxií, ktoré astronómovia v katalógoch po prehliadkach „hlbokého vesmíru“ nachádzajú. Tieto galaxie sú oveľa menšie ako naša Mliečna cesta. V každej z týchto galaxií sú hviezdy uložené jednoznačne podľa veku. Staršie hviezdy sa usídlili v strede (červená farba); mladšie, (modré) v zavíjajúcich sa ramenách špirály. Tieto malé galaxie boli podľa všetkého stavebnými segmentmi pri formovaní veľkých galaxií. ESO 418-008 je vo vzdialenosti 56 miliónov svetelných rokov, v dolnej časti súhvezdia Pec.

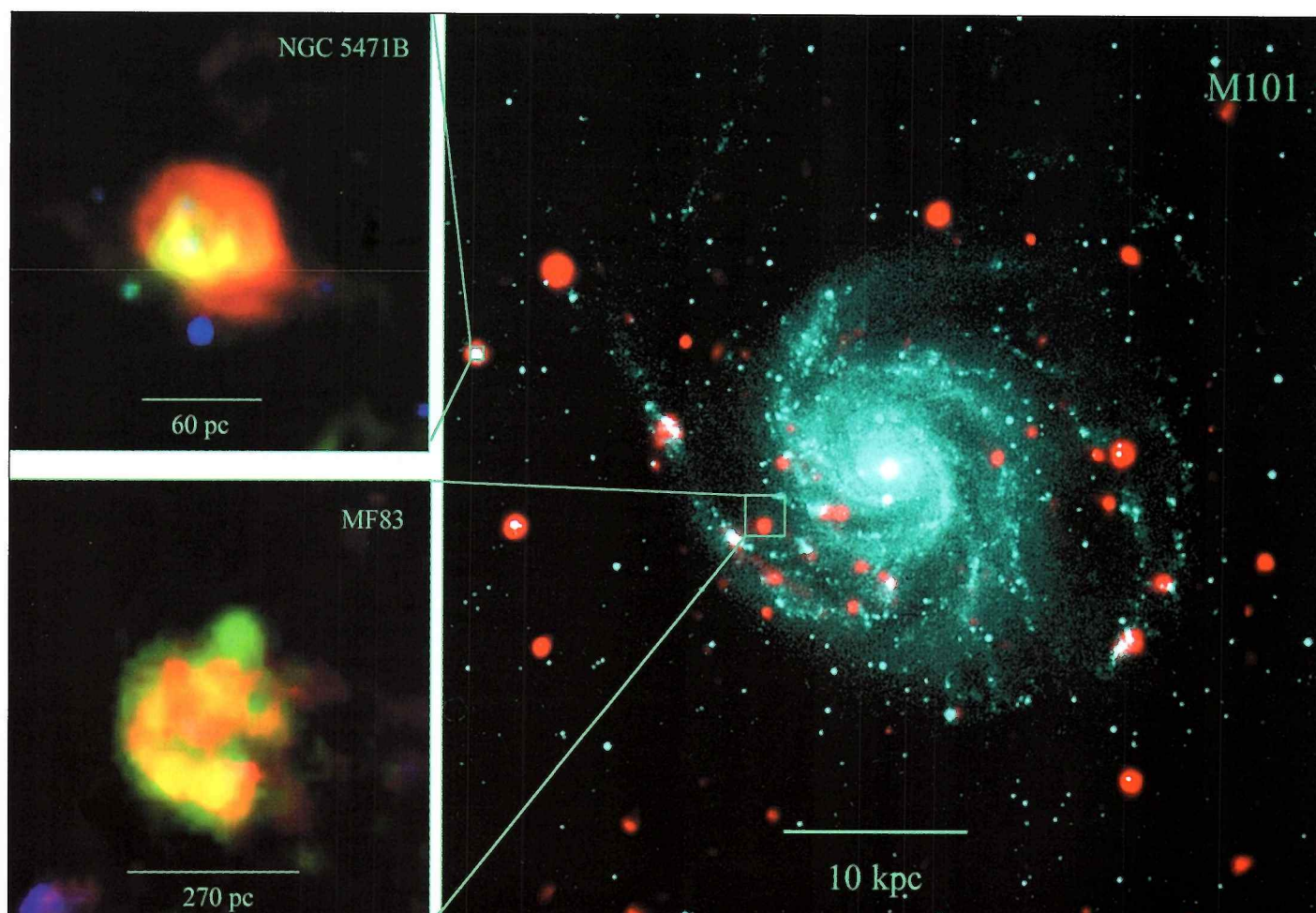
Na tretej snímke (vpravo) vidíte kozmickú kolíziu dvoch galaxií: UGC 06471 a UGC 06472. V mladom vesmíre bolo takýchto kolízií veľa a zvláštne tvary mnohých galaxií sú dôsledkom týchto zrážok. HST našiel veľa takýchto karambolom deformovaných galaxií. Ultrafialová snímka dvoch kolidujúcich galaxií prezrádza veľké množstvo prachu, ktorý je produktom obrích hviezd vzniknutých pred kolíziou alebo počas nej. Prach na mnohých miestach sfarbuje svetlo hviezd do červena, rovnako ako prach v pozemskej atmosfére vytvára červené západky Slnka. Obe kolidujúce galaxie sú vo vzdialenosti 145 miliónov svetelných rokov, v súhvezdí Veľkého voza.

Spracoval –eg–





Tri zo súboru vzdialených ultrafialových galaxií, ktoré získal HST.



Snímka M101 je zložená z röntgenovej (červenej) snímky zo satelitu ROSAT a modrej UV-snímky z fotoplatne Paloma Sky Survey. Snímku NGC5471 (hore vľavo) vo falošných farbách exponoval pomocou HST WFPC-2 You Hua Chu Z Illinoiskej univerzity. Snímku MF83 (vľavo dole), opäť vo falošných farbách, získal tím D. Matonicka pomocou teleskopu McGraw na Michigan-Dartmouth-MIT (MDM) Observatory.



# Astronómovia a teológovia

*hľadajú vzorec*

# Boha

Po objavoch posledných desaťročí možno konštatovať, že kozmológia a kresťanská teológia sa zhodli na jednom: žijeme v jednom vesmíre, ktorý mal svoj počiatok. Znamená to, že sa vyvíja podľa programu? A ak, kto je autorom tohto programu?

Na počiatku bol big bang, ale nevedno, či išlo naozaj o veľký výbuch, ani prečo k nemu došlo. Táto koncepcia sa dnes vníma ako záväzná vedecká doktrína. Veda predbežne nedokáže odpovedať na základné otázky: „Čím je vesmír a kde sa vzal?“ Vedci zoskupení okolo fyzikálneho časopisu Delta sa pokúsili doplniť teóriu big bangu detailami, vďaka ktorým už v porovnaní s kozmogóniami starovekých národov nevyzerá tak sucho.

Ich scenár vyzerá takto:

*Na počiatku bol Boh a prázdnota. I zamyslel sa Boh nad prázdnotou a obdivoval jej dokonalosť. Ako sa tak pozeral, zamarilo sa mu, že v prázdnote čosi je, akýsi nepatrný bod. Prizrel sa lepšie. A nakoľko každé skúmanie objekt skúmania mení, vznikol vesmír.*

V tejto historke rozpozná každý fyzik odvolávkou na kvantovú fyziku, najplodnejšiu a najdôslednejšiu vedeckú teóriu všetkých čias, ktorá úspešne opisuje všetky javy na úrovni atómovej fyziky. V tejto teórii neobyčajne dôležitú úlohu zohráva chápanie pozorovateľa a mierky. Kým pozorovateľ nedokáže zmerať nejaký fyzikálny rozmer, nedokážeme o objekte povedať nič určitého. Podaktorí (napríklad astrofyzik John Wheeler, autor pojmu „čierna diera“) viac ako iní zdôrazňujú dôležitosť pozorovateľa tvrdiac, že existencia sveta je bez pozorovateľa nemysliteľná. Pokusy sformulovať takú kvantovú mechaniku, ktorá by sa zaobišla bez pozorovateľa, predbežne neprinesli nijaké plody.

Ďalší scenár deltistov sa odvoláva na druhý termodynamický zákon, ktorý hovorí: Entropia, teda neusporiadanosť či chaotickosť vesmíru bude časom narastať (určite sa nebude znižovať). Hypotetický počiatok vesmíru charakterizuje minimálna entropia (najmenšiu entropiu vyjadruje nula). Nakoľko aj v teórii informácie sa entropia považuje za mieru vedomostí, ktoré máme o systéme, potom bude scenár vyzeráť takto:

*Na počiatku bol Boh a bola prázdnota. A Boh vyplnil prázdnotu dokonalým poznaním. Informácia bola úplná, entropia nulová. Tak vznikol vesmír.*

Tretí scenár deltistov si možno predstaviť aj bez Boha:

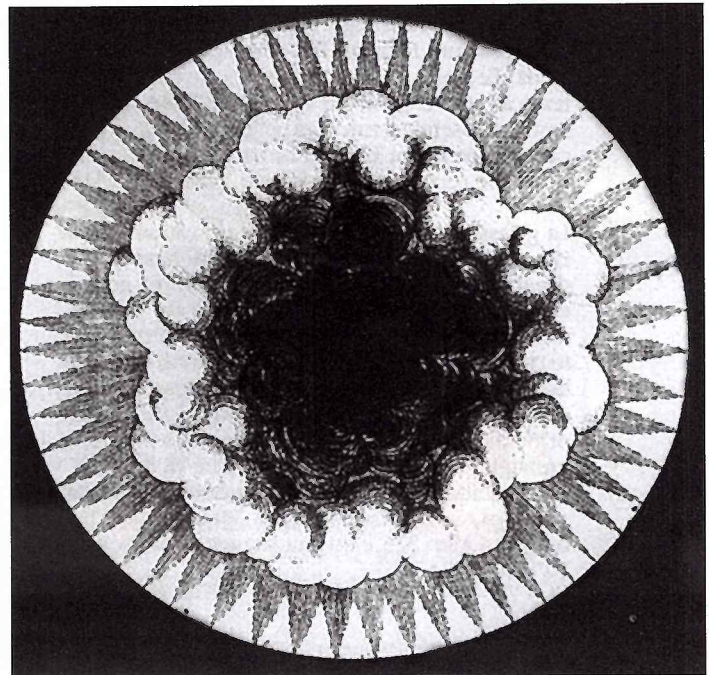
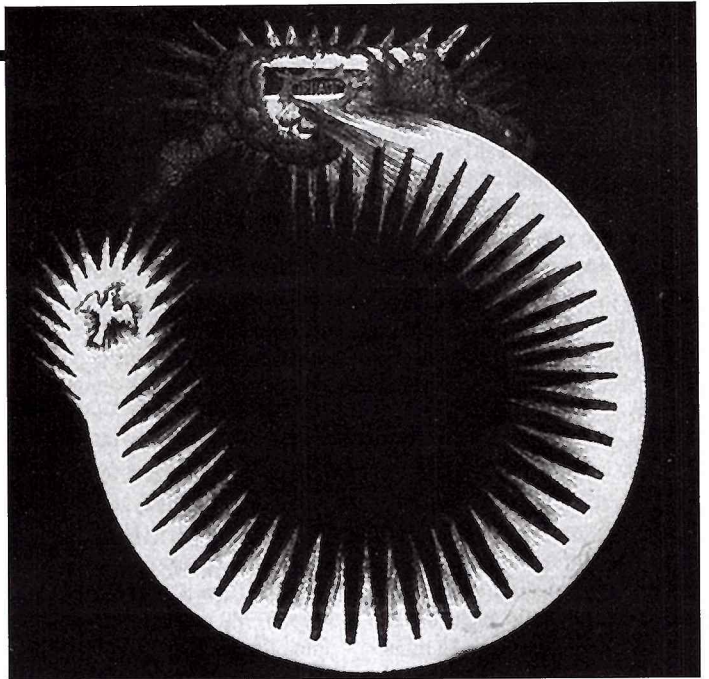
*Na počiatku bola prázdnota a bola to prázdnota dokonalá, úplná. V prírode však nič nie je nemenné, preto sa začala krčiť, prehýbať, pričom vznikali častice hmoty a antihmoty, ktoré sa začali zoskupovať a anihilovať.*

Tieto úvahy vychádzajú z predpokladu, že celková energia vesmíru sa rovná nule. Ako je to možné? Vari z faktu, že existuje hmota a ak Einsteinova rovnica  $E = mc^2$  je pravdivá, nevyplýva, že svet priam prekypuje energiou? Nie vždy.

Energia zviazaná gravitáciou je záporná. Energia spojená s hmotou je kladná. Ich súčet sa môže rovnať nule. Boh na stvorenie hmoty nemusel mať nijaké zdroje.

Fyzik Allan Guth, veľký prívrženeц tejto hypotézy, vraví: „V ekonómii je predstava „obeda zadarmo“ nezmyselná. Fyzik si však vie predstaviť, že vesmír je 'obedom zadarmo'. Takýto tvorivý akt je však nepredstaviteľný bez príslušných podmienok: prázdnoty, kvantovej fluktuácie, atď...“

Vznik sveta z ničoho si možno predstaviť. Presnejšie, nie z ničoho,



Anglický teozof Robert Fludd (1574 / 1637) takto znázornil vznik vesmíru z nekonečnej (absolútnej) nuly (e così all'infinito).

ale prakticky z ničoho. Práve stvorenie ex nihilo, ale nie celkom z ničoho, skúma americký astrofyzik George Smooth: „Tak by sa nám podaril veľký intelektuálny výkon, opis bodu, z ktorého vznikol svet, ale to by ešte neznamenalo jeho vysvetlenie. Pre inžiniera je rozdiel medzi ničím a prakticky ničím nevýznamný. Pre vedca, najmä pre filozofa, je však tento nepatrný rozdiel nesmierne významný.“

Je priam neuveriteľné, do akej miery moderné koncepcie kozmológov pripomínajú opis stvorenia v knihe Genesis: „Na počiatku stvoril Boh nebo a zem. Na zemi však vládol chaos a pustota; nad nekonečnými vodami bola temnota a nad vodami sa vznášal Svätý

*duch. A vtedy Boh riekol: Bud' svetlo!“*

Súčasná kozmológia a kresťanská teológia sa síce v mnohom rôznia, ale v jednom sa pozoruhodne zhodujú: vesmír je jeden a mal svoj počiatok.

A práve preto sa v súčasných kozmologických úvahách čoraz častejšie objavuje Boh, pričom zloomyseľníci sú presvedčení, že je to iba preto, lebo bez Boha by sa „predala iba polovica nákladu“.

Existujú však aj kozmológovia, ktorí v big bang neveria. Väčšina z nich vyprodukovala konkurenčné scenáre. Objavujú sa v nich viaceré paralelné existujúce vesmíry (v multiverze), vesmíry večné, vesmíry bez počiatku a konca, čiže vesmíry,



ktoré sa zaobídu (ako svojho času povedal slávny francúzsky fyzik 18. storočia Pierre Laplace) aj bez hypotézy Boha.

Od nepamäti sa ľudia pokúšali vyhnúť sa definitívnemu konštatovaniu, že existoval počiatok, a vyhnúť sa tak aj nasledujúcej otázke, čo bolo pred ním? Zákony prírody však tvrdohlavo nastolujú práve tieto otázky.

Už z Newtonovho gravitačného zákona vyplýva, že vesmír nemôže byť večný. Ak sa hviezdy gravitačne priťahujú, potom raz musia splynúť. Vesmír by skončil veľkým kolapsom. Znamená to, že nie je večný.

Newton si to uvedomoval a jediné riešenie tohto problému videl v tom, že vesmír je nekonečný a hviezdy sú v ňom rozložené rovnomerne. Iba v takom vesmíre by každá hviezda existovala pod vplyvom nekonečnej sily iných hviezd, gravitačne vybalansovaná zo všetkých strán. Ale takýto systém by bol nestabilný: stačilo, aby sa jediná hviezda pohla zo svojho miesta a rovnováha by sa navždy narušila.

Navyše: nekonečný a večný vesmír vytváral ďalší problém, ktorý poznáme pod menom „Olbersov paradox“. Prečo je nočné nebo čierne? Zo všetkých strán k nám prúdi svetlo nejakej hviezdy. V noci i cez deň by malo byť svetlo. Nemecký astronóm Heinrich Olbers na začiatku 19. storočia navrhol, ako sa môžeme zbaviť tohto paradoxu: podľa neho svetlo hviezd blokujú oblaky tmavej hmoty v medzihviezdnom priestore. Dnes vieme, že to nie je pravda. Oblaky tejto hmoty sa dlhým ožarovaním prehrejú a po čase začnú emitovať rovnaké množstvo svetla ako prekryté hviezdy.

Americký spisovateľ Edgar Allan Poe pošteklil v roku 1849 astronómov tvrdením, že hviezdy sú natoľko vzdialené, že svetlo z väčšiny z nich k nám ešte nestihlo doraziť. To by však znamenalo, že svet nie je nekonečne starý, že mal svoj počiatok.

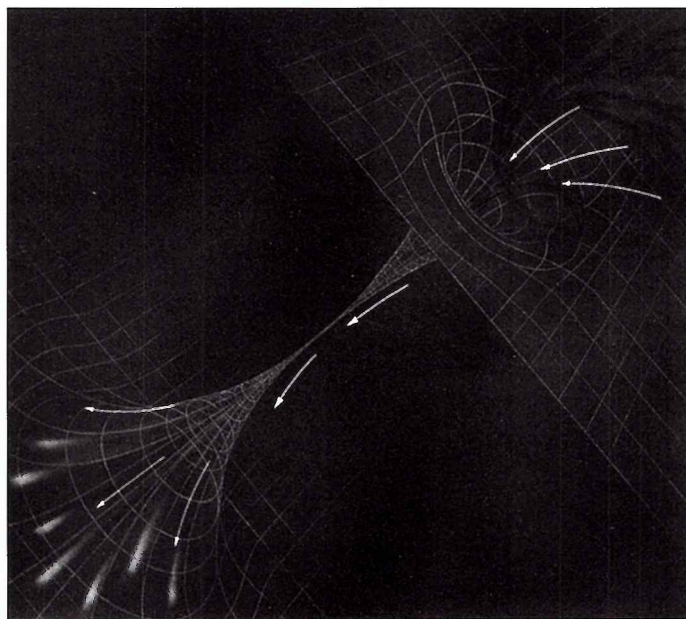
Keď sa na scéne objavil Albert Einstein, história sa zopakovala. Z jeho gravitačných rovníc vyplynulo, že vesmír sa musí rozpínať alebo scvrkávať. Einstein, podobne ako pred ním Newton, sa s tým nevedel zmieriť. Pridal do svojich rovníc tzv. kozmologickú konštantu, podľa ktorej gravitačná sila, ktorou na seba pôsobia hviezdy, bola presne vyvážená odstredivou silou okolitého priestoru.

### Čo bolo na počiatku?

Až keď Edwin Hubble po dlhoročných pozorovaniach dokázal, že galaxie sa od nás vzdalujú, vedci sa

zmierili s predstavou, že vesmír nie je statický, že sa rozpína. Vesmír možno prirovnáť ku kysnúcemu cestu a galaxie k hrozičkám, ktoré doň gazdiná zamiesila.

Keby sme galaxie zastavili a primáli ich vracat sa opačným smerom, všetky by sa napokon stretli v jednom bode. Vtedy vznikol nápad, že všetko má počiatok vo veľmi malom priestore. Túto domnienku po prvý raz vyslovil mladý belgický fyzik a katolícky kňaz Georges Lemaitre. Podľa neho svet vznikol z prvotného veľkého kvanta energie – atómového jadra. (Od chvíle, keď Rutheford objavil atómové jadro, uplynulo sotva 20 rokov, konjunktúra mala kvantová mechanika.)



Dva vesmíry komunikujúce Einstein-Rosenovým mostom: vpravo je čierne diera, ktorá nasáva hmotu, vľavo biela diera, ktorá chfľí hmotu ako gejzír.

Kruh sa uzavrel. Cirkev celé stáročia odmietala Kopernikove a Galileiove teórie, na ktorých stojí moderná astronómia. Označovala ich za kacírstvo. A bol to práve katolícky kňaz, ktorý objavil základnú konštantu modernej kozmológie – big bang.

Astrofyzik Robert Jatrow to opísal ako príšerný sen vedca, „ktorý stúpa na najvyšší vrchol, prelezie cez posledný výšvih, a tam ho privítajú teológovia, ktorí tam sedia od počiatku sveta“.

Teológovia prijali big bang so zadosťučinením, ako potvrdenie božského aktu stvorenia, zapísaného v knihe Genesis slovami: „*Bud svetlo!*“ Veľký prívrženec astronómie pápež Pius XII. sa v roku 1951 triumfálne obrátil na členov Pápežskej akadémie vied: „Stvo-

renie bolo. Existuje teda aj Stvoriteľ. Teda: Boh existuje.“

V 40. a 50. rokoch sa ateistickí fyzici, medzi nimi aj Fred Hoyle, pokúsili sa zladit rozpínanie vesmíru s večným vesmírom bez počiatku, bez big bangu. „Je podozrivé, že po superhustej epoche vesmíru niet ani stopy,“ tvrdil Hoyle.

Ak je teda Lemaitrova teória pravdivá, potom všetka pozorovateľná hmota (150 miliárd galaxií a v každej z nich 150 miliárd hviezd, plus oblaky medzihviezdnej hmoty, plus tmavá hmota, ktorej podstatu ešte nepoznáme) bola kedysi skomprimovaná v nepredstaviteľne malom objeme. To znamená, že tam bola nepredstaviteľná teplota. (Tento efekt sa prejavuje

Ba čo viac: dnešná kozmológia sa s pomerne veľkou istotou ponára do minulosti vesmíru: až po samý prah big bangu. S istotou vieme, čo sa dialo po uplynutí prvej sekundy big bangu až podnes.

Do istej miery sa dá špekulovať aj o tom, čo sa dialo aj skôr – až po hranicu 10<sup>-34</sup> sekundy od počiatku sveta. Hmota bola nahustená do takej miery, že mohla existovať iba v podobe chaotickej zmesi gluónov a kvarkov (čo sú najmenšie častice hmoty, ktoré sme doteraz objavili). Svet vtedy nebol väčší ako pomaranč, rozpálený na teplotu miliardy triliónov stupňov.

Ibaže: samotný big bang a všetko, čo sa dialo predtým, je záhadou. Môžeme sa opierať iba o dohady. Naozaj bola všetka hmota nahustená do malého priestoru, ktorý vybuchol a začal sa rozpínať? Také energie fyzici v laboratóriách vytvorili nedokážu. Môžu ich, pomocou matematiky, vytvorit iba na papieri.

Stephen Hawking, Roger Penrose a George Ellis dokázali, že singularita, v ktorej sa začína čas a hmota (a má nekonečnú hodnotu hustoty a teploty), musí sa časom vynoriť aj z Einsteinových rovníc, podobne ako sa v učebniciach vo vyšších triedach objavuje delenie nulou. Singularita nevyplýva z umeľých premís, ani zo zjednodušených výpočtov či z vyselektovaného súboru hodnôt. Jednoducho: príznačnou vlastnosťou Einsteinových rovníc je to, že vesmír mal počiatok.

Ide vari o triumf biblickej vízie stvorenia? Ťažko vyvracať korektný dôkaz matematického tvrdenia, ale aj Einsteinova teória je iba teória. Jej základným nedostatkom je to, že nepopisuje svet jazykom kvantovej fyziky, ktorá je teóriou mikrosвета. Žijeme však v jedinom svete a niet dôvodov, prečo by mal byť popisovaný jednou, dvomi či tromi teóriami. To je názor fyzikov. Navyše: fakt, že sa v rovníkoch objavuje singularita, môže vypovedať skôr o slabosti našej teórie ako o vlastnostiach nášho sveta. Môže to znamenať, že teória si nevie poradiť s takou teplotou a hustotou hmoty, aké boli pri zrode sveta.

Potrebujeme všeobecnejšiu teóriu. Ešte sa nám ju nepodarilo sformulovať, hoci názov už má: ide o kvantovú teóriu gravitácie.

### Keď videl, že svetlo je dobré, oddelil ho od temnoty

Veľa fyzikov, okrem iných aj Stephen Hawking, tvrdia, že táto nová teória sa zaobíde aj bez singularit. Laboratóriom, v ktorom sa



úspešne otestovali niektoré kvantové myšlienky, sú čierne diery.

Existencia týchto telies vyplýva z Einsteinovej teórie. Predstavme si hviezdu, na ktorej povrchu je taká silná gravitácia, že sa hviezda pod vplyvom vlastnej príťažlivosti skolaňuje. Vo chvíli, keď tlak plynu zvnútra už nedokáže zadržať kolaps, celá hmota sa stlačí do malého telesa. Vytvorí sa singularita, ktorá je z pohľadu matematika rovnaká, aká bola na počiatku sveta.

Singularita je „v škrupine“ horizontu udalostí; spod nej neprenikne z čiernej diery nijaká hmota ani svetlo. Medzičasom Hawking dokázal, že keď v Einsteinových rovniciach zohľadníme aj kvantovú mechaniku, čierne diery nie sú celkom čierne. Majú, rovnako ako každé iné fyzikálne teleso, vyššiu teplotu, ako je teplota absolútnej nuly. Môžu sa teda „vyparovať“. Z Hawkingových rovníc vyplýva, že typická čierna diera vznikla z hviezdy, ktorá mala niekoľkonásobne väčšiu hmotnosť ako Slnko. Jej teplota je iba o desiatmilióntinu kelvina vyššia ako hodnota absolútnej nuly. Má teda ešte nižšiu teplotu ako reliktové žiarenie, čo je vlastne teplota kozmického priestoru, ktorý po big bangu až tak ochladol.

Čierna diera s menšou hmotnosťou však musí mať vyššiu teplotu. Nie je vylúčené, že existujú aj také čierne diery, ktoré sú rozpálené do biela a emitujú energiu niekoľkých desiatok tisícov gigawatov. Slávny výskumník čiernych dier Igor Novikov predpokladá, že ľudstvo raz bude energiu týchto čiernych dier využívať. Nevelká čierna diera, taká ako Mount Everest, by zažehnala energetickú krízu na Zemi.

Čo z toho vyplýva? Čierne diery, aj tie, v ktorých sa ukrýva singularita, nie sú večné. Časom sa „vyparia“, hoci pri tých najväčších to bude trvať trilióny rokov. Hawking predpokladá, že nejako podobne sa raz dopracujeme k počiatkovej singularite vesmíru. Pracuje na takej teórii big bangu v ktorej sa zaobíde bez počiatkovej singularity. Časová dimenzia plynulo prechádza do jednej z priestorových dimenzií. Približovanie sa k počiatku času pripomína expedíciu k zemskému pólu. Ani tam nedokážeme určiť presný bod, hlavičku zemskej osi. Z hľadiska geometrie je pól rovnakým bodom ako ktorýkoľvek iný bod na Zemi.

Takto si Hawking predstavuje aj začiatok priestoru a času. Odmieta akúkoľvek singularitu, ktorá sa priechi zákonom prírody; zaobíde sa aj bez kolísky časopriestoru, pri ktorej by sa bez Boha nezaobišiel, ak by

len neobjavil nejaké nové prírodné zákony.

„Ak pripustíme, že svet má počiatok, potom niekde musí byť aj jeho Stvoriteľ. Ale ak svet nemá nijaké hranice ani kolísku, nemá ani počiatok ani koniec, potom jednoducho existuje. Kde je v takomto vesmíre miesto pre Stvoriteľa?“, pýta sa Hawking v „Krátkej histórii času“. Na odpoveď si ešte chvíľu počkáme. Kvantová teória gravitácie je tiež iba v plienkach.

### A napokon Boh riekol: „Stvorme človeka na náš obraz, ktorý sa nám bude podobat“

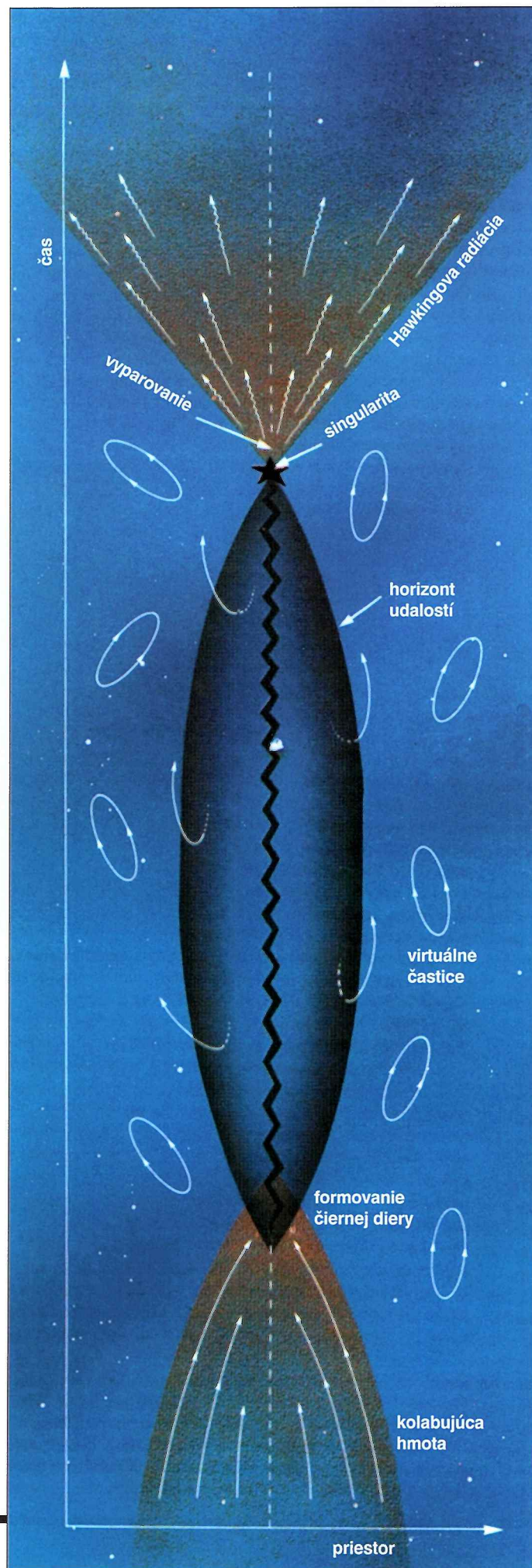
Boh sa objavuje iba vo chvíľach, keď sa kozmológovia prú o počiatok času. Jedným z najčastejších argumentov podporujúcich jeho existenciu je *antropický princíp*. Jeho prívrženci tvrdia, že prírodné zákony akýmsi spôsobom zvýhodňujú človeka, akoby by boli stvorené iba kvôli nemu a pre neho. Akoby vesmír človeka očakával. Stačí však nepatrná zmena prírodných zákonov a ľudská existencia by bola vylúčená.

Súčasný model hmoty stojí na zhruba dvanástich fyzikálnych konštantách, ktorých hodnoty vyplývajú iba z teórie, ale ešte ich treba experimentálne preveriť. V budúcnosti možno vznikne teória, ktorá ich zjednotí, ale nie je vylúčená ani taká možnosť, že sú celkom náhodné, prípadne že sa menia v závislosti na mieste vo vesmíre.

Zdá sa, že aj najnepatnejšia zmena hodnoty ktorejkoľvek z týchto konštant by vytvorila svet prázdny, alebo v zlomku sekundy zanikajúci; v každom prípade vesmír nevhodný pre život.

Keby sily, ktoré spájajú v jadrách atómov protóny s neutrónmi, boli nepatrne slabšie, vo vesmíre by existoval iba vodík. Jadrá ťažkých prv-

**Časopriestorový diagram vzniku a vyparovania sa čiernej diery podľa Hawkinga: okolo horizontu udalostí (ktorý sa vytvorí okolo prudko kolabujúcej hmoty) sa neprestajne tvoria páry virtuálnych častíc. Gravitácia čiernej diery vytvorí z nich dve reálne častice. Tú bližšiu vtiahne pod horizont, tú druhú vypudí do veľkej vzdialenosti. Čierna diera takto stráca hmotnosť, vyparuje sa. Čím je hmotnosť čiernej diery menšia, tým sú emisie silnejšie. Zmenšujúca sa čierna diera napokon vybuchne a zmizne. Ostane po nej iba záblesk gama žiarenia nazvaného Hawkingova radiácia. Toto žiarenie sa zatiaľ nepodarilo detegovať.**





kov by nikdy nevznikli. Keby však boli nepatrne silnejšie, potom by sa už v prvých minútach po big bangu všetok vodík zmenil na hélium.

Gravitačná konštanta je dramaticky malá hodnota. Keby však bola o niečo väčšia, tvorili by sa iba obrie hviezdy, mnohonásobne väčšie ako Slnko. Takéto hviezdy majú neobyčajne krátku životnosť; všetky umierajú vo výbuchu supernove, ktoré ničia všetko v okolí vesmíru. Takéto hviezdy by neboli bezpečným zdrojom energie pre svoje planéty.

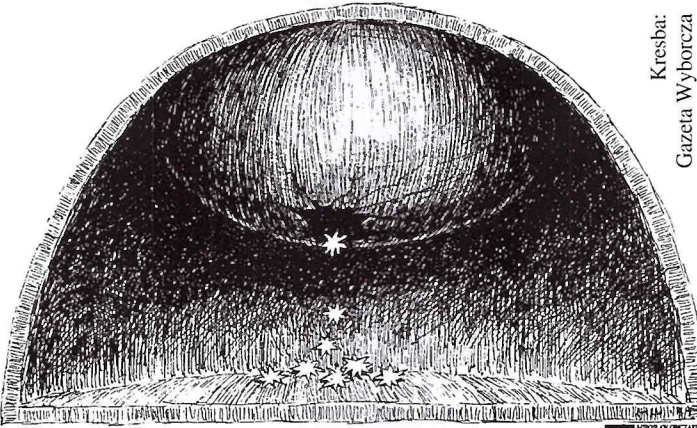
Keby hodnota gravitácie bola slabšia ako je, veľké a hmotné hviezdy by prakticky nevznikli, takže počet supernov by bol zanedbateľný. Lenže práve explózie supernov rozprášujú v medzihviezdnom priestore prvky, ktoré sú ťažšie ako vodík a hélium, bez ktorých by sa terestrické planéty vhodné pre život nesformovali.

Pomer hmotnosti medzi protónom a elektrónom vyjadruje vzťah 1:2000. Keby bol tento pomer iný, iné by boli obežné dráhy elektrónov okolo jadra a molekuly chemických prvkov by sa nemohli vytvoriť. Keby bol náboj elektróna o málo iný, hviezdy by nedokázali spaľovať vodík a hélium.

Keby sekundu po big bangu rýchlosť rozpínajúceho sa vesmíru bola iba o máličko menšia (o stotilióntinu sekundy), potom by vesmír už dávno skolaboval do prvotného bodu.

Fyzici predpokladajú, že na každom miliardu kvarkov a antikvarkov pripadal jeden dodatočný kvark, vďaka čomu po anihilácii hmoty a antihmoty ostala vo vesmíre nejaká hmotnosť. Keby po big bangu prevažila hmotnosť nad antihmotou bola iba nepatrne väčšia, ostalo by viac hmoty a väčšia hmotnosť vesmíru by oveľa skôr pribrzdila jeho rozpínanie. Lenže podmienky, v ktorých môže vzniknúť a rozvíjať sa život, vytvárajú sa veľmi dlho. Miliardu rokov trvalo, kým sa sformovali prvé hviezdy; ďalších 5 miliárd, kým vznikli hviezdy podobné nášmu Slnku; ďalších 5 miliárd rokov ubehlo, kým na niektorých terestrických planétach vznikol a uchytil sa život.

Keby Zem obiehala okolo Slnka iba o desatinu ďalej ako je, bola by na nej veľká zima; keby bola k Slnku o desatinu bližšie, Slnko by ju príliš prehrievalo. Zelený pás na ekliptike je mimoriadne úzky. Keby bol Mesiac o päťinu bližšie k Zemi, prílivy oceánov by zatápali väčšinu súše. Vo výpočte zázračných náhod by sme mohli pokračovať doneko-



Kresba:  
Gazeta Wyborcza

nečna. Vedci rozličných disciplín ich doteraz narátali niekoľko tisíc. (Ide o náhodu, alebo o záračnú harmóniu, vytvorenú Stvoriteľom?)

Jedným slovom: keby zostava fyzikálnych konštánt bola nepatrne iná, možno by tiež vznikli akési svety, ale určite by sa na nich nevyvinuli bytosti, pozorovatelia, ktoré by mohli ich existenciu potvrdiť.

Antropický princíp hovorí: prírodné zákony sú také, aké sú, pretože existuje človek, ktorý môže svet pozorovať. Znamená to vari, že vesmír ktosi naprojektoval?

„Takto by sme mohli argumentovať, že aj celkom chaotický svet bol stvorený, ibaže jeho Stvoriteľ bol úplný idiot“, napísal laureát Nobelovej ceny Steven Weinberg.

Fyzik George Smoot ilustruje jaslosť antropického argumentu príbehom rybích filozofov. Obyvatelia morských hĺbín sa stretli, aby si vymenili skúsenosti o svete, v ktorom žijú. Jeden z nich, najdôvtipnejší filozof, dospel k presvedčeniu, že priestor, voda okolo nich, je rovnorodá, teplá, plná potraviny a má presne taký tlak, ktorý vyhovuje životu. Keby boli podmienky iné, určite by hlbinné ryby neexistovali. Keby bol tlak vyšší, ich telá by boli rozdrvené, keby bol nižší, explodovali by ako bomby. Rybí filozof nazval tento princíp princípom ichtiotropným a tak sa pohrúžili do diskusie, že sa zamotali to rybárskej siete, ktorá ich vytiahla hore...

Antropické argumenty sú argumentmi „čo by bolo, keby...“ Svet je jeden a predbežne nemôžeme vytvoriť iné svety s inými fyzikálnymi zákonmi. Okrem toho nevieme nič o iných formách života. Možno, že keby bol vo vesmíre dostatok iných prvkov, potom by aj inteligentné bytosti boli vybudované z niečoho iného.

Je jasné, že pozemský život sa rozvíjal tak, aby sa prispôbil daným podmienkam. Napokon: výskum mikroorganizmov, ktoré sme našli hlboko v ľadoch Antarktídy,

v horúcich žriedlach, hlboko v horinách, alebo na dne oceánov pri sopečných prieduchoch nás presvedčil o tom, že život je odolný a dokáže sa prispôbiť diametrálne rozličným prostrediam.

### A Boh potom zobral človeka a umiestnil ho v záhrade Eden

Antropický princíp sa stane banálnym, ak pripustíme existenciu viacerých vesmírov. Pretože prečo by mal existovať iba jediný, ten náš? Kanadský filozof John Leslie sa nazdáva, že viac ako jedinečnosť sú pravdepodobnejšie dve hodnoty: nula a nekonečnosť. Alebo neexistuje ani jeden svet, alebo ich je nekonečne veľa.

V bezpočte vesmírov sa môžu vyskytovať príklady najrozličnejších podmienok, zákonov a zostáv fyzikálnych konštánt. Musí vzniknúť aj taký svet, v ktorom sme sa objavili.

Myšlienku viacerých svetov rozviedol Hugh Everett. Podľa neho sa vesmír v každej chvíli delí na dve alebo viac kópií zakaždým, keď jeho zmena môže mať niekoľko dôsledkov. Preto by malo existovať nekonečne veľa vesmírov. Inú verziu teórie mnohých vesmírov predstavuje náš vesmír ako jedna z bezpočtu bublín v pene sveta. Big bang bol iba zrodom novej bubliny.

Rovnakú víziu rozpracúva aj Allan Guth, ktorý vytvoril teóriu inflačného vesmíru, podľa ktorej sa vesmír v prvom štádiu vývoja rozpínaním oveľa rýchlejšie ako dnes. Inflačná teória dokonale vysvetľuje dnes pozorovaných dokonale rovnorodost vesmíru. Kam len pozrieme, všade je rovnaký, pretože „puchnutie“ priestoru dokonale vyhladilo všetky nerovnosti, podobne ako sa strácajú vrásky na povrchu nafukovaného balónu. Inflácia dokáže objasniť aj vznik hmoty v mladom vesmíre.

Podľa Gutha za naším vesmírom existuje akási večná, určite nekonečná „praprázdnosť“. Z času na čas

sa malý kúsok tejto prázdnoty ocitne v inflačnom stave, začne rýchle puchnúť; v rozpínajúcom sa priestore „vzniká hmota“ z ničoho. Tak vznikajú vesmíry. V jednom z nich žijeme aj my.

Mladý americký fyzik Lee Smolin uverejnil hypotézu, podľa ktorej sa nové vesmíry rodia v čiernych dierach. V ich vnútre dochádza k takému nahusteniu hmoty ako vo chvíli big bangu. Vesmíry, ktoré sú plodom týchto big bangov však nemôžeme pozorovať, pretože sú vo vnútri čiernej diery. Smolin uvažuje aj o prirodzenom kozmickom výbere, z ktorého by vychádzali víťazné svety, ktoré majú najviac čiernych dier. Podľa jeho teórie by náš vesmír nebol až taký výnimočný, pretože má všetky podmienky (také hodnoty fyzikálnych konštánt/parametrov), aby v ňom vznikalo veľa čiernych dier.

### Kto ti povedal, že si nahý? Alebo si okúsil ovocie zo stromu, ktoré som ti zakázal?

Kým teórie mnohých vesmírov nebudú celkom overiteľné, dovtedy budú, aspoň z vedeckého hľadiska, neuzitočné. Iné vesmíry sú mimo dosahu nášho poznania. John Barrow tvrdí, že „nikdy nebudeme vedieť, či je náš vesmír jediný, ani či mal počiatok, pretože dokážeme študovať iba jeho nepatrnú časť“. Navyše: nikdy ho nevidíme zvonka.

Môže sa však stať, že jedna z fyzikálnych teórií sa ukáže byť pravdivou. Iné budú zavrhnuté, pretože ich neoveria pozorovatelia či matematici. Možno sa splní aj sen všetkých fyzikov a ktosi raz napíše jednoduchý vzorec, ktorý možno vytlačiť na tričko. Možno až vtedy sa dohodneme na tom, ako vesmír vznikol.

Dnes sa najväčšie nádeje vkladajú do teórie strún, kde všetku hmotu, ktorú pozorujeme v štyroch dimenziách (troch priestorových a jednej časovej) vytvárajú vibrácie jednorozmerných strún vo viacdimeziálnom priestore.

Čo ak sa táto teória potvrdí? Potom by tu Boh nemal miesta, lebo by nemal nijaký výber, teda neexistuje, alebo práve naopak: vytvoril vesmír dokonale, presne taký, aký bolo treba. Steven Weinberg hovorí: „Aj keď raz vypracujeme teóriu všetkého, ktorá vysvetlí celú konštrukciu a evolúciu vesmíru, ostane otázka: Prečo je to práve táto teória a nie nejaká iná?“

PIOTR CIEŚLIŃSKI,  
GW / DELTA



# Kto zdedí VESMÍR?

**Osud rozvinutých civilizácií v kozme bude závisieť od toho, či dokážu zmeniť zákony prírody.**

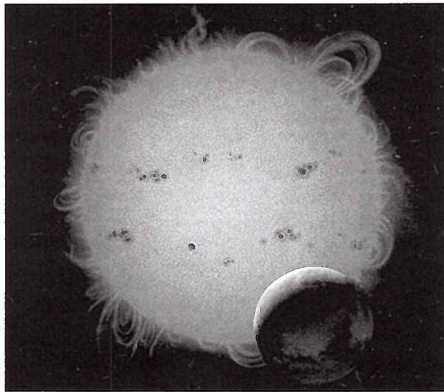
Keď za tmavých nocí pozorujeme bezpočet hviezd na oblohe, neraz nás napadne, či vo vesmíre existujú aj iné civilizácie. Hlbavejší pozorovatelia sa možno zamysleli aj nad tým, či nejaké civilizácie vznikli, rozvíjali sa aj pred našou epochou, a ak existovali, či a ako prežili prirodzený zánik ich sveta, ich slnečnej sústavy po zostarnutí a prirodzenej degenerácii ich materskej hviezdy, jej premenu a recykláciu v ekosystéme kozmu v rámci známych prírodných zákonov. Dokázali pôsobiť na svoje prostredie, predĺžiť jeho životnosť, alebo sa včas presťahovali na iné miesto? Dokážu rozumné bytosti ovládnuť počasie, slnečnú energiu a kolonizovať iné svety vo svojej alebo iných galaxiách?

Na prvý pohľad sa pokus opisovať inú kozmickú civilizáciu, ktorá sa vyvinula miliardy rokov pred vznikom našej Slnečnej sústavy, môže zdať pochabý a neproduktívny. Kto si však pred sto rokmi dokázal predstaviť masový rozvoj leteckej dopravy, kto predpovedal lety astronautov na Mesiac, kto čo len tušil rozvoj a možnosti internetu? Ak vychádzame z toho, že naša civilizácia sa rozvíja iba niekoľko tisíc rokov, nielen autori sci-fi literatúry, ale aj vedci by sa mali pokúsiť zamerať svoju predstavivosť a uvažovať o fantastických možnostiach, ktoré sa pred nami otvárajú.

Pokus predstaviť si rozvinutú civilizáciu vonkoncom nie je beznádejný. Bez ohľadu na to, koľko miliónov rokov nás delí v čase, koľko svetelných rokov nás delí v priestore, jedno je isté: ich aktivity sa museli rozvíjať v rámci fyzikálnych zákonov. Pozemskí vedci sa v posledných desaťročiach priebežne pokúšajú analyzovať hypotetické civilizácie v rámci známych zákonov fyziky až do detailov. Krstným otcom tejto disciplíny je ruský astrofyzik Nikolaj Karďašev.

V roku 1964 publikoval Karďašev v časopise *Journal of Soviet Astronomy* článok, v ktorom kategorizoval mimozemské civilizácie do troch typov, pričom vychádzal z ich schopnosti využívať merateľnú kvantitu energie. Jeho pokus vychádza z jednoduchej logiky. Energia, ako je známe, „je schopnosť vykonávať nejakú činnosť“, takže civilizácie by sa mali klasifikovať podľa ich výdaja energie v merateľných univerzálnych jednotkách, napríklad v kónských silách.

Karďašev na príklade rozvoja pozemských civilizácií presvedčivo dokazuje, že ich jednotlivé stupne sa dajú ľahko zoradiť podľa využiteľnej energie od prehistorických období (keď sme využívali iba silu našich rúk, čo je asi jedna pätina



**O 6 miliárd rokov sa naše Slnko začne rozpínať a premení sa na červeného obra, v ktorom sa „upečú“ všetky terestrické planéty našej slnečnej sústavy. Už v prvej fáze rozpínania Slnka (na obežnej dráhe) život na Zemi vyhasne. V ďalších fázach Slnko – červený obor vyplní sféru, ktorej polomer bude siahaf až za obežnú dráhu Marsu. Zem sa vyparí. Nájdete si ľudstvo dovtedy iný domov?**

kónskej sily), cez otrokárstvo (keď králi mali k dispozícii stovky kónských síl), feudalizmus (tisíce kónských síl), priemyselnú revolúciu (milióny kónských síl) až po dnešné časy, keď disponujeme miliardami kónských síl.

Najväčší význam Karďaševovej práce však spočíva v tom, že po prvýkrát sa nejaký vedec pokúsil nahraďiť divoké špekulácie kvantitatívnu diskusiu v rámci fyzikálnych zákonov. Dnes, po štyroch desaťročiach, sa vedci pokúšajú odvodiť evolúcie takýchto civilizácií, rozpracovať možné technológie získavania energie z predstaviteľných zdrojov a vytvoriť si predstavy o technologických limitoch ich rozvoja. V súčasnosti sa rozpracávajú aj scenáre nesmrteľnosti civilizácie s prihliadnutím na všetky potenciálne, objektívne i subjektívne riziká.

## Karďaševova klasifikácia

vychádza z univerzálnych, stabilných zdrojov energie – z planét, hviezd a galaxií, takže môžeme vypočítať horný limit energie pre všetky typy civilizácií.

Prvým typom civilizácie podľa Karďaševa je *planetárna civilizácia*, schopná využívať energiu svojej planéty, približne  $10^{12}$  kónských síl. Druhým typom je *stelárna civilizácia*, schopná kontrolovať výdaj energie jednoduchej hviezdy, zhruba  $10^{23}$  kónských síl. Tretí typ civilizácie spája energiu mnohých hviezdnych systémov, pričom kapacita energie takejto – *galaktickej civilizácie* využíva energiu  $10^{34}$  kónských síl, čo je 10 miliárd biliónov biliónov HP.

## Žijeme v civilizácii typu „nula“

Na prahu 21. storočia žijeme v civilizácii typu 0. Využívame asi  $10^{10}$  kónských síl. Ešte sme sa nenaučili využívať energiu planéty, jej globálneho potenciálu, spaľujeme surovinu postupne objavovaných fosilných pozostatkov dávno odumretých rastlín (nafta a uhlie). Iba približne dokážeme predpovedať počasie, o jeho ovládaní však zatiaľ iba snívame.

Spotreba energie na našej planéte však narastá o niekoľko percent ročne, takže už onedlho sa staneme civilizáciou prvého typu. Fyzik Freeman Dyson z Inštitútu pre pokročilé štúdie v Princetone vypočítal, že štádium „typ I“ dosiahneme už o 200 rokov.

Naozaj, semená civilizácie typu I už vzkličili. Sme svedkami rýchleho šírenia angličtiny, prvého planetárneho jazyka, globálneho komunikačného systému – internetu, planetárnej ekonomiky (Európska únia, Severoamerické združenie voľného obchodu – NAFTA), globálnej kultúry v podobe masových médií, televízie, populárnej hudby a hollywoodskych filmov. Pozemské zdroje energie sú ohraničené, expanzia telekomunikácie je exponenciálna. Je jasné, že civilizácii typu I hrozí katastrofa i bez iných potenciálnych kozmických ohrození (zrážka s asteroidom či kométou, blízky výbuch supernovy, atď.)

## Vonkajšie a vnútorné ohrozenie

Karďaševova analýza stanovila horné limity rastu rozvinutých civilizácií, pričom vychádzala z maximálneho výdaja energie planét, hviezd a galaxií. Vzhľadom na podložené objektívne riziká hroziace z meteorických impaktov, klimatických zmien, výbuchov supernov a ďalších prírodných katastrof sa astrofyzici pokúsili určiť aj nižšie, pravdepodobnejšie limity rozvoja. Vieme, že každá civilizácia sa musí vyhrabať z plienok dost rýchlo, rozvinúť sa v medzerách sporadických i periodických katastrof na takú úroveň, aby im dokázala reálne čeliť. Sú to kozmické preteky s časom: civilizácia, ktorá to nedokáže, zanikne. Napríklad: na Zemi trvali ľadové doby desaťtisíce rokov. Civilizácie I. a II. typu dokážu čeliť aj drastickým zmenám klímy, pretože už budú mať dostatočné zdroje energie i účinnú technológiu na efektívnu „úpravu“ počasia v reálnej časovej škále. Nová ľadová doba môže nastať v priebehu najbližšieho tisícročia a pochovať našu civilizáciu pod kilometer hrubou pokrývkou ľadu. Ak sa našej civilizácii nepodarí premeniť na civilizáciu I. typu, zanikne.

Celkom reálne sú katastrofické dôsledky kolízie s veľkými asteroidmi a jadrami komét, ktoré by vyhubili väčšinu živočíšnych a rastlinných druhov na Zemi. Naše možnosti reálnej obrany proti tomuto nebezpečenstvu sú v súčasnom stave minimálne, hoci podľa najnovších poznatkov nám kolízia s katastrofickými dôsledkami hrozí až v priebehu najbližších tisícov, ba miliónov rokov. Ak tieto prognózy cielené pozorovania zamerané na inventarizáciu väčšiny dráhu Zeme križujúcich telies potvrdia, potom sa naša civilizácia „typu 0“ nemusí až tak veľmi ponáhľať.

Zdá sa, že dnes najväčšie nebezpečenstvo pre našu civilizáciu nepredstavujú vonkajšie, ale vnútorné ohrozenia, napríklad terorizmus, jadrová vojna, globálne znečisťovanie životného prostredia. Je síce nevyhnutné, že civilizácia „typu nula“ objaví



na istom stupni jadrovú energiu a produkuje množstvo chemického odpadu ohrozujúceho životné prostredie, ale iba na jej tvorcoch záleží, či pomocou nových technológií svoju transformáciu na civilizáciu I. typu urýchlia, spomalia, alebo celkom znemožnia. Zdá sa, že práve transformácia civilizácie „typu nula“ na civilizáciu I. typu je najnebezpečnejším štádiom vývoja civilizácie.

### Keď sa vyčerpajú zdroje Zeme

Civilizáciou I. typu sa môžeme stať na sklonku tretieho tisícročia. Civilizácia tohto typu vyčerpá všetky planetárne zdroje v priebehu niekoľkých tisícročí a bude prinútená využívať energetický potenciál svojej materskej hviezdy. Podľa Kardasha mierny rast (1 percento ročne) umožní civilizácii I. typu premeniť sa v priebehu 3000 rokov na civilizáciu II. typu.

Dyson predpokladá, že civilizácia II. typu, ak bude chcieť potenciálne zdroje energie využívať efektívne, bude musieť vybudovať okolo svojej hviezdy gigantickú sféru. Táto sféra nemusí byť pevná: možno ju vytvorí množstvo energií zachytávajúcich, konzervujúcich a vysielajúcich kolónií, pripomínajúcich Oortov kometárny oblak.

Civilizácia II. typu, zatienená Dysonovou sférou, bude z vesmíru detegovateľná. Na základe druhého termodynamického zákona sa táto ochranná sféra zohreje natolko, že bude emitovať veľké množstvo infračerveného žiarenia. Dyson už dávno presadzuje, (aj pre program SETI), cieľené vyhľadávanie infračervenej radiácie vzdialených slnečných sústav ako významnú možnosť identifikácie rozvinutých civilizácií.

Najhrozivejšie ohrozenie civilizácie II. typu predstavujú explózie blízkych supernov a zdrojov žiarenia gama, pretože mohutné vzplanutia röntgenového i gama žiarenia by mohli vyhladiť život na celej planéte. Našťastie takéto gigantické explózie sú mimoriadne zriedkavé. Supernovy v našej galaxii vybuchujú raz až dvakrát za storočie a skoro vždy v bezpečnej vzdialenosti.

### Energia z najbližších hviezd

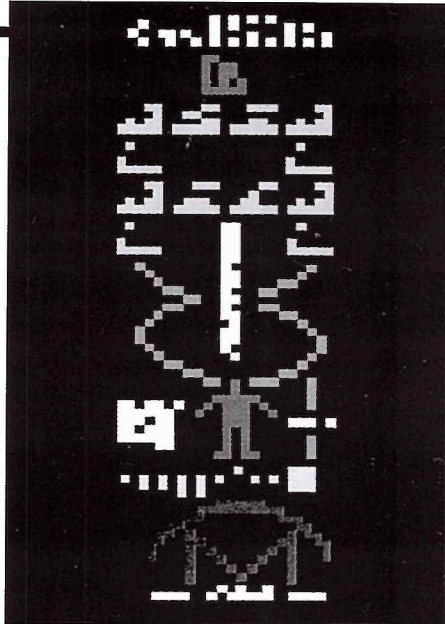
Civilizácie III. typu, ktoré už spotrebovali energiu materskej hviezdy, budú musieť využívať energiu susedných hviezd. Ich spotreba energie dosiahne  $10^{34}$  kónských síl. Pri tempe rastu 1 percento za rok sa premení civilizácia II. typu na civilizáciu III. typu za 6000 a viac rokov.

Civilizácie III. typu sú najperspektívnejšie, pretože majú najväčšiu možnosť predĺžovať svoju existenciu donekonečna. Dokážu zabrániť príchodu ľadovej doby, spoľahlivo sa dokážu brániť proti impaktom a aj výbuchy supernov a zdrojov gama ohrozia iba časť ich kozmickej populácie. Ak sa raz civilizácia III. typu v Galaxii vyvinie, udrží sa milióny, ba miliardy rokov.

Od big bangu minulo 15 miliárd rokov. Je pravdepodobné, že v tomto období vzniklo, vyvíjalo sa a zaniklo veľa civilizácií I. II. typu. Ale: ak sa v našej Galaxii vyvinula aj civilizácia III. typu, musí tu byť. Táto úvaha priviedla Carla Sagana na myšlienku vyhľadávania civilizácií III. typu v našej Galaxii.

### Kardashaevovi nasledovníci

V posledných rokoch sa Kardashaevove analýzy modifikujú vďaka rýchlemu rozvoju umelej inteligencie, nanotechnológie a biotechnológie.



**16. novembra 1974 vyslali astronómovia toto binárne zakódované posolstvo smerom k M13. Civilizácie, ktoré toto posolstvo zachytia a dekodujú, dozvedia sa aký je náš planetárny systém, aké je jeho chemické zloženie a celý rad ďalších údajov.**

Matematicky najefektívnejšou metódou výskumu Galaxie je umelá inteligencia: je už najvyšší čas vyslať do kozmu flotilu robotických Von Neumanových sond, (pomenovaných podľa Johna Von Neumana, ktorý definoval zákony samoreprodukujúcich sa systémov).

Von Neumanove sondy dokážu premeniť vhodné suroviny na fabriku vyrábajúcu roboty. Vytvoria tisíce vlastných kópií, ktoré budú vyhľadávať iné hviezdne systémy.

Jediná Von Neumanova sonda, podobne ako vírus, vygeneruje exponenciálne sféru biliónov takýchto sond, ktoré sa rozletia na všetky strany Galaxie rýchlosťou, ktorá umožní preskúmať aj Galaxiu s priemerom 100 000 svetelných rokov v priebehu milióna rokov.

Paul Davis z Adelajdskej univerzity v Austrálii pripomenul možnosť existencie Von Neumanovej sondy na Mesiaci, ktorá tu ostala po dávnej návšteve našej Slnečnej sústavy ako kontrolór evolúcie nádejnej civilizácie. (Táto myšlienka nie je najnovšia: načrtnol ju už E. T. Clark v slávnom sci-fi Vesmírna odyssea.)

Davis naznačil možnosť, že civilizácie, ktoré už zvládli lety do kozmu, využívajú nanotechnológiu na konštrukciu miniatúrnych sond, nie väčších ako päť, ktoré sledia po Galaxii. „Tieto sondy môžu byť také nenápadné, že unikli našej pozornosti. Zatiaľ sme sa vážne nezamerali na hľadanie stôp po mimozemských civilizáciách v našom najbližšom okolí. Aj vývoj našej kozmonautiky sa preorientoval v zmysle imperatívu menšie, rýchlejšie, lacnejšie a ak sa iné civilizácie vyvíjajú podobne, potom museli dospieť k rovnakej stratégii.“

Davisova analýza vychádza aj z možností, ktoré otvárajú pokroky v biotechnológii. Biosondy budú operovať ako formy života, reprodukovat svoju genetickú informáciu vo vesmíre, mutovať a vyvíjať sa postupne cez všetky štádiá v rámci darwinovskej evolúcie, pričom by boli vybavené vlastnou umelou inteligenciou. Takito prieskumníci by podstatne urýchlili vyhľadávanie inteligentného života.

### Skeptici a optimisti

Už pred rokmi, premýšľajúc o budúcom zániku Slnka, napísal filozof Bertrand Russel hádam najdeprimujúcejšiu vetu v anglickom jazyku: „...celé snaženie vekov, celá invencia ľudského rodu, všetky hviezdne chvíle ľudského génia sú odsúdené na zánik uprostred smrteľných krčov našej Slnečnej sústavy. Celý chrám ľudského poznania pochovajú raz ruiny zániku.“

Dnes máme nádej, že vývoj našej civilizácie nám poskytne také technologické prostriedky, ktoré nám umožnia uniknúť z vražednej pasce umierajúceho Slnka. Podarí sa nám prežiť aj smrť nášho vesmíru, či už v horúcom kolpase, alebo v chlade nekonečnej expanzie.

Astronóm John Barrow z Cambridge University napísal: „Pokúsme sa načrtnúť ďalší vývoj našej civilizácie v podobe IV. V. VI. typu. Pri súčasnom tempe rozvoja nie je vylúčené, že sa naučíme manipulovať kozmické štruktúry v čoraz väčších škálach, komponovať galaxie či kopy a superkopy galaxií.“ Navyše civilizácie za hranicou III. typu budú mať dostatok energie aj na únik z umierajúceho vesmíru cez červie diery.

Posledné pokroky v kvantovej gravitácii a teórii superstrún obnovili záujem fyzikov o obrovské zdroje energie, ktoré umožnia využívať kvantové efekty na úpravu tkaniny časopriestoru s cieľným vytváraním červích dier.

Zatiaľ si nevieme predstaviť prostriedky, ktoré by umožnili vytvárať dostatočne veľké a stabilné červie diery, ale pravdepodobnosť, že civilizácie vyššieho typu to dokážu, je viac ako nulová. Ak raz dokážeme spoľahlivo navigovať naše kozmické lode do červích dier, potom ani cestovanie nadsvetelnými rýchlosťami nemusí byť problém. Lietať budeme skratkami v časopriestore, čo uľahčí aj kontakt medzi civilizáciami rôzneho typu.

Evolučný proces núti životné formy opustiť umierajúci priestor. Ak pokročilá civilizácia dokáže realizovať tento imperatív, možno sa jej podarí aj stvorenie nového vesmíru.

Fyzik Alan Guth z Massachusettského technologického inštitútu, jeden z autorov inflačnej teórie vesmíru, vypočítal, koľko energie si vyžaduje stvorenie nového vesmíru. Požaduje teplotu 1000 miliárd ( $10^{15}$ ) stupňov, čo by dokázali iba civilizácie IV. a vyšších typov. Vyhotoviť nový vesmír by sme však museli v odľahlých končinách obývaného vesmíru, pretože podľa Gutha by aj minivesmír explodoval s ničivou silou tisícoch vodňových bômb.

V najbližšom desaťročí objavia vedci pomocou satelitov niekoľko stoviek Zemi podobných planét v okolitom vesmíre. A koncom tohto storočia budú mať už aj amatérski astronómovia v rukách nielen katalóg s tisícmi planét podobných Zemi, ale aj možnosť využívať pozorovací čas na prístrojoch, ktoré im umožnia hľadať príznaky života, ba aj inteligentných civilizácií, pokročilejších, ako je tá naša.

MICHIO KAKU

(Autor je profesorom teoretickej fyziky na City University of New York, autor jedného z najpredávanejších bestsellerov „Hyperspace and Visions“. Jeho adresa: [www.mkaku.org](http://www.mkaku.org))



# 0 vlastnostiach VESMÍRU

(Časť tretia)

Z Hubbleovho objavu *expanzie Vesmíru* v r. 1929 vyplynula jedna zo základných kozmologických otázok: *otázka vzniku Vesmíru* (alebo prinajmenšom: *otázka vzniku súčasnej expanzívnej vývojovej fázy Vesmíru*).

S touto otázkou/otázkami bezprostredne súvisí i *otázka vzniku hmoty*.

Časť odpovede na túto otázku sa podarilo nájsť už dávnejšie. Zistilo sa, že *hmotné častice môžu vzniknúť pri veľkej koncentrácii energie*. (Vznik hmotných častíc pri veľkej koncentrácii energie je v súčasnosti už spoľahlivo dokázaný. – Pomocou výkonných urýchľovačov dokážeme „vyrobiť“ (kreatovať) všetky známe elementárne častice.)

Stále však ostávalo záhadou odkiaľ sa vzala energia potrebná na kreovanie hmoty.

I túto otázku, problém či záhadu, sa už podarilo vyriešiť.

Počiatky riešenia *záhady zdroja kozmickej energie* siahajú až do 19. storočia k Ludwigovi E. Boltzmannovi (1844–1906), jednému zo zakladateľov *termodynamiky a štatistickej fyziky*.

Boltzmann sa pokúšal nájsť odpoveď na otázku: Ako je možné, že pozorovaný Vesmír, ktorý podľa zákonov termodynamiky by mal byť v stave termodynamického rovnováhy, celkom evidentne v tomto stave nie je?

Podľa Boltzmannova súčasný stav Vesmíru možno vysvetliť jediným možným spôsobom: ako *dočasnú odchýlku (fluktuáciu) od termodynamického rovnováhy* (ktorú pravidlá štatistickej fyziky dovoľujú, pod podmienkou, že v dlhodobom časovom merítku sa v priemere udržiava celková termodynamická rovnováha Vesmíru).

Boltzmannova pozoruhodná myšlienka pomerne dlho nenašla významnejší ohlas. Z času na čas však predsa len oživala v rôznych inovovaných variantoch. Jeden z nich v r. 1971 načrtnol John Gribbin<sup>1</sup> v anonymnom redakčnom článku v populárnom časopise *Nature*<sup>2</sup>.

Gribbinov článok inšpiroval Edwarda P. Tryona, ktorý Boltzmannovu myšlienku rozvinul do predstavy „*Big Bangu*“ („*veľkého tresku*“) ako *fluktuácie vákuu* a v r. 1973 ju publikoval v dnes už slávnom 2-stranovom článku: *Je Vesmír fluktuáciou vákuu?*<sup>3</sup>

Po zverejnení Tryonovho článku *Boltzmannova-Tryonova hypotéza Vesmíru ako fluktuácie vákuu* si postupne získavala popularitu. Zaujala nielen kozmológov a fyzikov ale i vedcov z iných vedných odborov. Od začiatku 80-tych rokov 20. storočia – po vzniku inflačných modelov vesmíru – je akceptovaná takmer všeobecne.

## 4. Vesmír ako fluktuácia vákuu

Ak je Vesmír naozaj fluktuáciou vákuu, musí byť gravitačne uzavretý, t.j. záporná gravitačná energia celého Vesmíru musí byť presne kompenzovaná kladnou energiou hmotností všetkých v ňom obsiahnutých hmotných objektov, preto celková energia Vesmíru musí byť nulová.

Tento dôsledok umožňuje jednoznačne určiť jedno z nekonečného počtu možných riešení *Fridmanových rovníc*<sup>4</sup>:

$$\dot{a}^2 = \frac{8\pi G\rho a^2}{3} - kc^2 + \frac{\Lambda a^2 c^2}{3}, \quad (5a)$$

$$2a\ddot{a} + \dot{a}^2 = \frac{8\pi G\rho a^2}{c^2} - kc^2 + \Lambda a^2 c^2, \quad (5b)$$

$$p = \omega \varepsilon \quad (5c)$$

predstavujúce *fridmanovský model relativistického vesmíru*, opisujúci náš pozorovaný Vesmír v prvom (lineárnom, nerelativistickom, newtonovskom či klasicko-mechanickom) priblížení, (pravdaže za hypotetického predpokladu, že náš Vesmír je fluktuáciou vákuu).

Na jednoznačné určenie ľubovoľného *fridmanovského modelu vesmíru*<sup>5</sup> potrebujeme určiť hodnoty troch veličín:

1. konštanty stavovej rovnice  $\omega$ ,
2. indexu krivosti  $k$ ,
3. kozmologickej konštanty  $\Lambda$ .

V Newtonovej teórii gravitácie pre hmotnosť homogénnej hmotnej gule  $m$ , s polomerom  $r$  a hustotou hmotnosti  $\rho$ , platí známy vzťah:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho. \quad (6)$$

Podľa Einsteinovej VTR vzťah (6) platí, v newtonovskom priblížení, len vtedy, keď tlak látky a žiarenia  $p$  vzhľadom na hodnotu hustoty energie látky a žiarenia

$$\varepsilon = \rho c^2 \quad (7)$$

je zanedbateľne malý. Ak však táto podmienka nie je splnená, potom pre hmotnosť homogénnej hmotnej gule  $m$  platí vzťah<sup>6</sup>:

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \left( \rho + \frac{3p}{c^2} \right). \quad (8)$$

Vo vzťahu (8) celková hmotnosť  $m$  – pri nenulových hodnotách  $r$ ,  $\rho$  a  $p$  – môže byť nulová len za podmienky:

$$\rho + \frac{3p}{c^2} = 0. \quad (9)$$

Vzťah (9), pri použití vzťahu (7), môžeme prepísať do tvaru:

$$\varepsilon + 3p = 0. \quad (10)$$

Ak vo vzťahu (10) určíme hodnotu tlaku  $p$ , dostaneme (jedinú možnú) *stavovú rovnicu fridmanovského modelu vesmíru s celkovou nulovou energiou*:

$$p = -\frac{1}{3} \varepsilon. \quad (11)$$

Vo vzťahu (11) je jednoznačne určená hodnota prvej hľadanej veličiny *fridmanovského modelu vesmíru s celkovou nulovou energiou*: *konštanta stavovej rovnice*

$$\omega = -1/3. \quad (12)$$

Podľa VTR zakrivenie časopriestoru Vesmíru je spôsobené gravitačným pôsobením všetkých zdrojov gravitačného poľa, pričom zdrojom gravitačného poľa je všetko, čo má (ľubovoľnú) energiu. Preto za hypotetického predpokladu, že celková energia Vesmíru je nulová, nemôže byť zakrivenie jeho časopriestoru iné než nulové. Tým je jednoznačne určená hodnota druhej hľadanej veličiny *fridmanovského modelu vesmíru s celkovou nulovou energiou*: *index krivosti*

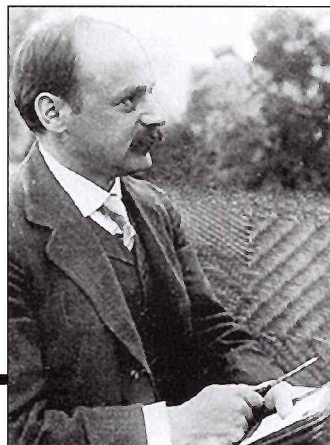
$$k = 0. \quad (13)$$

Fridmanovými rovnicami (5a), (5b) a (5c) pri  $\omega = -1/3$  a  $k = 0$  je jednoznačne určená hodnota tretej a poslednej hľadanej veličiny *fridmanovského modelu vesmíru s celkovou nulovou energiou*: *kozmozlogická konštanta*

$$\Lambda = 0. \quad (14)$$

Môžeme teda konštatovať, že modelové vlastnosti vesmíru, ktorý je fluktuáciou vákuu (t. j. vesmíru s celkovou nulovou hmotnosťou (energiou)), sú

Karl Schwarzschild.



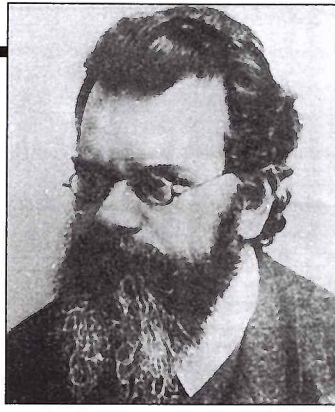
John Gribbin.







Leon M. Lederman.



Ludwig Boltzmann.

jednoznačne určené Fridmanovými rovnicami (5a), (5b) a (5c) pri  $k = 0$ ,  $\Lambda = 0$  a  $\omega = -1/3$ .

Pomocou Fridmanových rovníc (5a), (5b) a (5c) pri  $k = 0$ ,  $\Lambda = 0$  a  $\omega = -1/3$ , vzťahov (6) a (7) a slávnej *Hubbleovej rovnice* (pre rýchlosť expanzie vzdialeného kozmického objektu  $v$ , jeho vzdialenosť  $R$  a Hubbleov koeficient  $H$ ):

$$v = HR, \quad (15)$$

môžeme určiť parametre Fridmanovského modelu vesmíru s celkovou nulovou hmotnosťou, t.j. parametre modelu (*plochého*) *expanzívneho nedeceleračného* (*homogénneho a izotropného relativistického*) vesmíru (ENV):

$$a = ct = \frac{c}{H} = \frac{2Gm}{c^2} = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\rho}} = \sqrt{\frac{3c^4}{8\pi G\varepsilon}}, \quad (16)$$

kde  $a$  je kalibračný faktor („polomer“) ENV a  $t$  je kozmologický čas.

Pre väčšiu transparentnosť vzťahu (11) a (16) vyjadríme i v ďalších možnostiach vztťahoch a variantoch:

$$t = \frac{a}{c} = \frac{1}{H} = \frac{2Gm}{c^3} = \sqrt{\frac{3}{8\pi G\rho}} = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\varepsilon}}, \quad (17)$$

$$H = \frac{c}{a} = \frac{1}{t} = \frac{c^3}{2Gm} = \sqrt{\frac{8\pi G\rho}{3}} = \sqrt{\frac{8\pi G\varepsilon}{3c^2}}, \quad (18)$$

$$m = \frac{c^2 a}{2G} = \frac{c^3 t}{2G} = \frac{c^3}{2GH} = \sqrt{\frac{3c^6}{32\pi G^3 \rho}} = \sqrt{\frac{3c^8}{32\pi G^3 \varepsilon}}, \quad (19)$$

$$\rho = \frac{3c^2}{8\pi G a^2} = \frac{3}{8\pi G t^2} = \frac{3H^2}{8\pi G} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 m^2} = \frac{\varepsilon}{c^2} = -\frac{3p}{c^2}, \quad (20)$$

$$\varepsilon = \frac{3c^4}{8\pi G a^2} = \frac{3c^2}{8\pi G t^2} = \frac{3c^2 H^2}{8\pi G} = \frac{3c^8}{32\pi G^3 m^2} = c^2 \rho = -3p, \quad (21)$$

$$p = -\frac{c^4}{8\pi G a^2} = -\frac{c^2}{8\pi G t^2} = -\frac{c^2 H^2}{8\pi G} = -\frac{c^8}{32\pi G^3 m^2} = -\frac{c^2 \rho}{3} = -\frac{\varepsilon}{3}. \quad (22)$$

Z fyzikálnych a modelových vlastností ENV vyplýva, že pozorovaná izotropnosť Vesmíru je spôsobená jedinou možnou príčinou: tým, že gravitačné pôsobenie vzdialených hmotných objektov je presne kompenzované ich expanziou. To znamená, že ENV vo väčších vzdialenostiach expanduje presne únikovou rýchlosťou. Preto vzťahy pre modelové parametre ENV (16)–(22) môžeme odvodiť i bez použitia Fridmanových rovníc, pomocou vzťahu pre *únikovú (druhú kozmickú) rýchlosť*

$$v_2 = \sqrt{\frac{2Gm}{r}}. \quad (23)$$

Ak pomocou rovnice (23) určíme polomer  $r$  pri únikovej rýchlosti  $v_2 = c$  dostaneme vzťah pre slávny *Schwarzschildov gravitačný polomer*

$$r_g = \frac{2Gm}{c^2}. \quad (24)$$

Ak vo vzťahu (24) za gravitačný polomer  $r_g$  dosadíme kalibračný faktor  $a$ , dostaneme vzťah:

$$a = \frac{2Gm}{c^2}, \quad (25)$$

uvedený medzi vztťahmi (16).

Vzťah (25), pri použití vzťahov (6), (7), (9) – resp. (10) – a (15), môžeme rozšíriť o vzťahy (16)–(22).

Model ENV expanduje presne únikovou rýchlosťou  $v_2$ , určenou vzťahom (23), preto ak vo vzdialenosti  $r = a$  expanduje rýchlosťou  $v_{2(a)} = c$ , musí vo vzdialenosti  $r = a/2$  expandovať rýchlosťou  $v_{2(a/2)} = c/2$  vo vzdialenosti  $r = a/3$  musí expandovať rýchlosťou  $v_{2(a/3)} = c/3$ ... atď.

Že je to naozaj tak, možno sa presvedčiť jednoduchým výpočtom.

Napr.: Zo vzťahov (16) vyplýva, že ENV pri kalibračnom faktore  $a = 10^{26}$  m má hustotu hmotnosti  $\rho_a = 1,61 \times 10^{-26}$  kg m<sup>-3</sup> hmotnosť  $m_a = 6,73 \times 10^{52}$  kg a expanduje únikovou rýchlosťou  $v_{2(a)} = 3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup> =  $c$ .

Sféra s polomerom  $a/2 = 5 \times 10^{25}$  m pri hustote hmotnosti  $\rho_a$  má – podľa vzťahu (6) – hmotnosť  $m_{a/2} = 8,42 \times 10^{51}$  kg a – podľa vzťahu (23) – vo vzdialenosti  $a/2$  expanduje únikovou rýchlosťou  $v_{2(a/2)} = 1,5 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup> =  $c/2$  ... atď.

V Newtonovej teórii gravitácie pre celok vesmíru i pre čiastkové (lokálne) javy, za rovnakých podmienok, platia tie isté vzťahy. Môžeme sa o tom presvedčiť jednoduchým výpočtom na ľubovoľnom (skutočnom, alebo imagiinárnem) „testovacom“ telese.

Napr.: Naša Zem má tieto parametre:

*polomer Zeme*

$$r_{\oplus} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}, \quad (26)$$

*hmotnosť Zeme*

$$m_{\oplus} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}. \quad (27)$$

Pomocou vzťahov (23), (26) a (27) môžeme určiť

*únikovú rýchlosť z povrchu Zeme*

$$v_{2(\oplus)} = \sqrt{\frac{2Gm_{\oplus}}{r_{\oplus}}} = 1,11(93) \times 10^4 \text{ m s}^{-1}. \quad (28)$$

Pomocou vzťahov (6), (26) a (27) môžeme určiť priemernú

*hustotu hmotnosti Zeme*

$$\rho_{\oplus} = \frac{3m_{\oplus}}{4\pi r_{\oplus}^3} = 5,51(74) \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}. \quad (29)$$

Ak by nejaký objekt mal dvojnásobný polomer Zeme, t.j.  $r_{2r_{\oplus}} = 2r_{\oplus}$ , ak by mal polomer a rovnakú hustotu hmotnosti ako Zem, t.j.  $\rho_{\oplus}$  určenú vzťahom (29), mal by celkovú hmotnosť

$$m_{(2r_{\oplus})} = \frac{4}{3}\pi(2r_{\oplus})^3 \rho_{\oplus} = 8m_{\oplus}. \quad A$$

Uniknúť z jeho povrchu by bolo možné únikovou rýchlosťou

$$v_{2(2r_{\oplus})} = \sqrt{\frac{2Gm_{(2r_{\oplus})}}{2r_{\oplus}}} = 2v_{2(\oplus)}. \quad B$$

Ak by nejaký objekt mal trojnásobný polomer Zeme, t.j.  $r_{3r_{\oplus}} = 3r_{\oplus}$ , a hustotu hmotnosti  $\rho_{\oplus}$ , určenú vzťahom (29), mal by celkovú hmotnosť

$$m_{(3r_{\oplus})} = \frac{4}{3}\pi(3r_{\oplus})^3 \rho_{\oplus} = 27m_{\oplus}. \quad C$$

Uniknúť z jeho povrchu by bolo možné únikovou rýchlosťou

$$v_{2(3r_{\oplus})} = \sqrt{\frac{2Gm_{(3r_{\oplus})}}{3r_{\oplus}}} = 3v_{2(\oplus)}, \quad \dots \text{ atď.} \quad D$$

Je to dané tým, že:

1. Zo vzťahu (6) vyplýva, že ak polomer homogénnej hmotnej gule  $r$  sa zväčší  $x$  krát, jej hmotnosť  $m$  (pri nezmenenej hustote hmotnosti  $\rho$ ), sa zväčší  $x^3$  krát.
2. Zo vzťahu (23) vyplýva, že ak hmotnosť homogénnej hmotnej gule  $m$  sa zväčší  $x^3$  krát a polomer sa zväčší  $x$  krát, úniková rýchlosť z jej povrchu  $v_{2(\oplus)}$  sa zväčší  $x$  krát. Pretože:

$$\sqrt{\frac{x^3}{x}} = \sqrt{x^2} = x. \quad E$$

Pomer hraničnej rýchlosti šírenia signálov  $c$  a únikovej rýchlosti z povrchu Zeme  $v_{2(\oplus)}$  určuje

*konštantu úmernosti*



$$k_{\oplus} = \frac{c}{v_{2(r_{\oplus})}} = \frac{2,99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1,11(93) \times 10^4 \text{ m s}^{-1}} = 2,67(84) \times 10^4, \quad (30)$$

ktorá udáva, koľkonásobne by sa musel zväčšiť polomer Zeme, aby – pri zachovaní hustoty hmotnosti  $\rho_{\oplus}$ , určenej vzťahom (29) – bola úniková rýchlosť z jej povrchu  $v_2 = c$ .

Z uvedeného vyplýva, že vzťahy pre hmotnosť (6), únikovú rýchlosť (23), gravitačný polomer (24) – a všetky ostatné s nimi viazané newtonovské vzťahy – platia len vo Fridmanovskom modeli ENV. To znamená, že *model ENV je jediný fridmanovský model relativistického vesmíru v lineárnom nerelativistickom newtonovskom priblížení*.

V ostatných riešeniach Fridmanových rovníc (5a), (5b) a (5c) pri  $k = +1, = 0, = -1; \Lambda > 0, = 0, < 0; a \neq -1/3$ , newtonovské (nemodifikované) vzťahy neplatia. (O čom sa možno veľmi ľahko presvedčiť ich analýzou.) – To znamená, že tieto riešenia opisujú hypotetické modely „relativistického vesmíru“ v lineárnom nerelativistickom, avšak v *ne-newtonovskom (!)* priblížení.

Einsteinove nelineárne rovnice poľa pripúšťajú jediné lineárne priblíženie: Newtonovu teóriu gravitácie. To znamená, že **všetky riešenia Fridmanových rovníc (5a), (5b) a (5c) (okrem modelu ENV), sú fyzikálne nesprávne, pretože odporujú princípom na ktorých sú vybudované Newtonova teória gravitácie (KM), VTR i QM.**

Fridmanovský model ENV je jediný fridmanovský model rovného (plochého) vesmíru a vôbec jediný neformálny fridmanovský model vesmíru (s nenulovou hustotou energie  $\varepsilon$  a s nenulovým tlakom  $p$ ), expandujúci vo vzdialenosti kalibračného faktora  $a$  rýchlosťou  $v_2 = c$ , t.j. je to jediný neformálny fridmanovský model vesmíru, v ktorom pre kalibračný faktor  $a$  a kozmologický čas  $t$  platí vzťah  $a = ct$ , uvedený medzi vzťahmi (16).

Fridmanove rovnice (5a), (5b) a (5c) dávajú – okrem modelu ENV – ešte dve formálne riešenia v ktorých platí vzťah  $a = ct$ :

- Fridmanovský model „vesmíru“, určený rovnicami (5a) a (5b) pri  $k = +1$  a  $\Lambda = 0$  a stavovou rovnicou  $p = \frac{1}{3} \varepsilon = 0$ .
- Fridmanovský model „vesmíru“, určený rovnicami (5a) a (5b) pri  $k = -1$  a  $\Lambda = 0$  a stavovou rovnicou  $p = \varepsilon = 0$ .

Vo vzťahoch (16)–(22) vidíme, že základné hmoto-priestoro-časové parametre modelu ENV (t.j. hmotnosť  $m$ , kalibračný faktor  $a$  a kozmologický čas  $t$ ) a ďalšie od nich odvodené modelové parametre, sú vzájomne jednoznačne viazané.

Model ENV je špeciálnym čiastkovým riešením newtonovských vzťahov, ktoré sú špeciálnym čiastkovým riešením Newtonovho gravitačného zákona (1), ktorý je jediným možným špeciálnym čiastkovým riešením Einsteinovho gravitačného zákona (3) v lineárnom priblížení (v ktorom sa abstrahuje od relativistických efektov).

Z týchto faktov vyplýva, že určenie ľubovoľnej relativistickej vlastnosti v našom pozorovanom Vesmíre súčasne de facto znamená i určenie fyzikálnej vlastnosti ENV a určenie ľubovoľnej relativistickej vlastnosti v newtonovskom priblížení súčasne de facto znamená i určenie modelovej vlastnosti ENV.

Prvé „približné“ určenie relativistickej vlastnosti Vesmíru uskutočnil Einstein v novembri 1915, t.j. pred 86 rokmi, pri „približnom“ relativistickom výpočte stáčania perihélia Merkúra.

Prvé presné určenie relativistickej vlastnosti Vesmíru uskutočnil Schwarzschild na prelome rokov 1915 a 1916, pri presnom relativistickom výpočte stáčania perihélia Merkúra.

Pre zaujímavosť Schwarzschildov presný výpočet sa od Einsteinovho „približného“ výpočtu odlišuje až na dvanástom desiatinnom mieste!

Zo vzťahu Einsteinovho gravitačného zákona (3), Newtonovho gravitačného zákona (1) a modelových vlastností ENV vyplýva prekvapujúce zistenie: **Modelové vlastnosti pozorovaného relativistického Vesmíru v newtonovskom priblížení (t.j. de facto vlastnosti modelu ENV), boli overované už pred vznikom teórie relativity a relativistickej kozmológie, konkrétne už od oficiálneho vzniku KM.**

Slávne Newtonove *Principia* boli do britskej *Kráľovskej spoločnosti (The Royal Society)* doručené 28. apríla 1686 (podľa juliánskeho kalendára). To znamená, že **vlastnosti nášho pozorovaného relativistického Vesmíru v lineárnom (klasicko-mechanickom) priblížení (t.j. de facto modelové vlastnosti ENV) začal ako prvý oficiálne určovať sir Isaac Newton už pred 316 rokmi!** – Bez toho, že by sa o tom ďalších vyše tristo rokov vedelo!

V súčasnosti je paleta spôsobov (znovu)overovania či testovania modelových vlastností Vesmíru rozsiahla. Za všetky uvediem aspoň jeden. Pri kozmických letoch a pri vypúšťaní družíc a kozmických sond, je de facto znovu a znovu overovaný buď:

- vzťah pre druhú kozmickú rýchlosť (23) (presnejšie vzťah (28)); alebo:
- vzťah pre prvú kozmickú rýchlosť:

$$v_1 = \sqrt{\frac{Gm}{r}}, \quad (31)$$

pričom – podľa vzťahov (26), (27) a (31) – prvá kozmická rýchlosť z povrchu Zeme

$$v_{1(\oplus)} = 7,91(49) \times 10^3 \text{ m s}^{-1}. \quad (32)$$

Leon M. Lederman (1922), laureát Nobelovej ceny za fyziku v r. 1988, zhrnul snahy kozmológov do jedinej lapidárnej vety: „*Naším konečným cieľom je vysvetliť celý Vesmír pomocou jedinej, jednoduchej formuly, ktorú by ste mohli nosiť na tričku.*“

Vzťahy pre základné hmoto-priestoro-časové parametre Vesmíru, uvedené vo vzťahoch (16), t.j. vzťahy:

$$a = ct = \frac{2Gm}{c^2}, \quad (33)$$

umožňujú splnenie Ledermannom položitom, polovážne vytýčeného cieľa. Ak totiž konštanty v poslednom člene vzťahov (33) nahradíme *Schwarzschildovou gravitačnou konštantou*  $\kappa = 2G/c^2$  môžeme ich prepísať do tvaru:

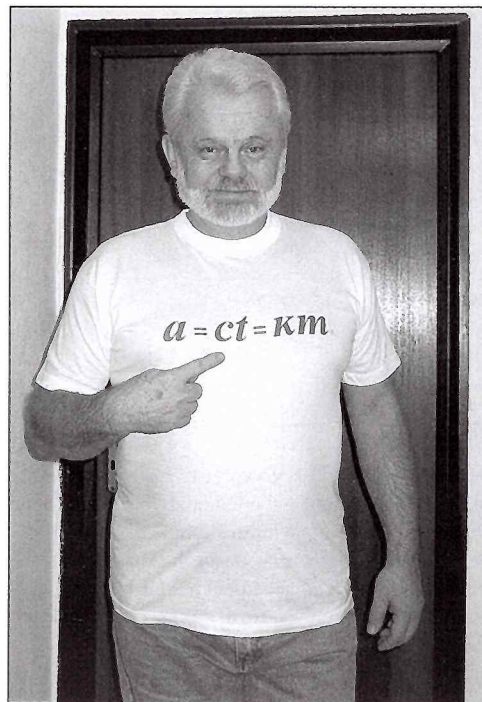
$$a = ct = \kappa m, \quad (34)$$

predstavujúcom formálne najjednoduchší možný opis („formulu“) relativistického vesmíru v newtonovskom priblížení.

Ďalšie zjednodušenie „formuly vesmíru“ (34) – bez toho, aby nestratila fyzikálny význam – už principiálne nie je možné.

(Pokračovanie)

VLADIMÍR SKALSKÝ



- 1 Pozri: Gribbin J.: *Pátrání po Schrödingerově kočce*, Columbus, Praha 1998, s. 257–258.
- 2 *The Universe Considered as Hole*, Nature, vol. 232, p. 440 (1971).
- 3 Tryon, E.P.: *Is the Universe a Vacuum Fluctuation?*, Nature, vol. 246, pp. 396–397 (1973).
- 4 Vo Fridmanových rovnicách (5a), (5b) a (5c), uverejnených v druhej časti tohoto článku (*Kozmos* č. 5/2001, s. 15), došlo k tlačovým chybám, preto ich uvádzame opätovne (tento raz však už bez sprievodného komentára).
- 5 Termínom „fridmanovský model vesmíru“ bývajú v kozmologickej literatúre označované modely vesmíru, ktoré sú riešením Fridmanových rovníc.
- 6 Pozri napr.: Novikov, I. D.: *Vývoj vesmíru*, Pravda, Bratislava 1986, s. 67.



Jiří Grygar:

# Žeň objevů 2000 (XXXV.)

Věnováno památce astronoma-amatéra **Ing. Václava Hübnera** (1922–2000) z Vysokého Mýta, čestného člena České astronomické společnosti **Josefa Kodýtky** (1910–2000) z Chocně a českého astronoma **Mgr. Jindřicha Šilhána** (1944–2000) z Brna.

Pozn.: Elektronická verze těchto přehledů od r. 1995 je přístupná na WWW domovkách časopisu Kozmos (<http://www.ta3.sk/kozmos/kozmos.html>) resp. Instančních astronomických novin (<http://www.ian.cz>), kde je navíc uložena i zvuková podoba posledních dvou stejnojmenných přednášek.

## 3.4.1. Zábleskové zdroje záření gama (GRB) *(pokračování)*

Podle T. Totaniho při posuvu  $z = 0,7$  činila za předpokladu izotropního zdroje vyzářená TeV energie plných  $10^{47}$  J, což lze objasnit jako synchrotronové záření protonů. Obdobná aparatura **EGRET** pro MeV až GeV fotony našla celkem 7 GRB. Odtud je zřejmé, že intenzita zdrojů v pásmu TeV není vůbec závislá na intenzitě zdrojů v pásmu 100 keV, kde se GRB pozorují nejčastěji. Další GRB zachytila v jednom případě pozemní aparatura ARGO v Tibetu a ve dvou případech aparatura HEGRA na Kanárských ostrovech. Plnohodnotný americký pozemní detektor MILAGRO zahájil provoz v prosinci 1999. Podle T. Clina aj. zaznamenaly přístroje na družicích Compton, GRANAT a Ulysses v červnu 1997 opakované vzplanutí v poloze **1801-23**, což nasvědčuje tomu, že jde o další magnetar, vysílající velmi měkké záření gama (typ SGR). T. Strohmayer a A. Ibrahim zjistili, že při gigantickém výbuchu magnetaru **SGR 1900+14** dne 29. srpna 1998 byla družicí RXTE na krátkou dobu patrná v emisi jaderná čára železa  $K_{\alpha}$  o energii 6,4 keV, takže její zdroj se nacházel minimálně 80 km nad povrchem neutronové hvězdy, jelikož čára neměla gravitační červený posuv. Její intenzita byla modulována rotací hvězdy s periodou 5,16 s. Rentgenový zářivý výkon v maximu dosáhl hodnoty  $10^{34}$  W. C. Thompson aj. zjistili, že rotace magnetaru se před výbuchem v srpnu 1999 již od června téhož roku výrazně zpomalovala a po výbuchu naopak zrychlovala v relativní míře až o hodnotu 0,0001 v délce periody. Autoři se proto domnívají, že extrémně silné magnetické pole minimálně 40 GT brzdilo rotaci neutronové hvězdy díky plastické deformaci její kůry. Podobně jako u prototypu SGR 790305 pak v srpnu došlo k vyzáření extrémně intenzivního superpulsu v trvání 0,3 s a na sestupné větvi světelné křivky v pásmu superměkkého záření gama pak byla pozorována modulace se stálou periodou 5,16 s, jež zřejmě odpovídá rotační periodě neutronové hvězdy.

## 3.4.2. Stálé zdroje a teoretické práce

Jak uvádějí N. Gehrels aj., našli pomocí družice Compton s aparaturou **EGRET** v pásmu 100 MeV celkem 271 diskretních zdrojů záření gama, z nichž se však plných 170 nepodařilo vůbec identifikovat. Polovina z tohoto počtu se nachází poblíž galaktické roviny, ale druhou polovinu představují zdroje poměrně blízko Slunci daleko od roviny Galaxie, jejichž rozložení sleduje tzv. Gouldův pás blízkých

(~185 pc) hmotných hvězd a plynných mračen. Na početnější identifikace bude asi zapotřebí vyčkat výsledků plánované přesnější a citlivější družice GLAST. Je pravděpodobné, že jde o zcela novou třídu zdrojů záření gama.

B. Schaefer se zabýval **statistikou** 16 GRB, které byly až dosud opticky identifikovány. V 10 případech byla posléze odhalena mateřská galaxie, jejíž červený posuv se podařilo změřit. Autor zjistil, že všechny takto identifikované galaxie patří k běžným typům v poli; tj. úkazy GRB postihují stejnoměrně všechny galaxie, včetně té naší – naštěstí pro nás jsou v dané galaxii velmi vzácné. N. Glendenning a C. Kettnerová rozvinuli starší myšlenku J. Wheelera, že může existovat látka ještě hustší, než je tomu při neutronové degeneraci. Zatímco Wheeler nenašel žádnou takovou stabilní konfiguraci, nová třída **stavových rovin pro degenerovaný plyn** takovou možnost podporuje. T. Baumbarte aj. se zabývali stanovením **horní hranice hmotnosti** pro diferenciálně rotující neutronovou hvězdu, která vzniká splynutím dvou standardních neutronových hvězd. Jak známo, osamělé neutronové hvězdy v pulsarech mají nejčastěji hmotnosti na spodní hranici (Chandrasekharově mezi pro bílé trpaslíky) kolem  $1,4 M_{\odot}$ . Pak jejich splynutí vede ke vzniku objektu o hmotnosti bezmála  $3 M_{\odot}$ , což je nad horní (Landauovou-Oppenheimerovou-Volkoffovou) mezí pro neutronové hvězdy nanejvýš  $2,3 M_{\odot}$ . Autoři však ukazují, že takto přetučnělé neutronové hvězdy mohou alespoň po přechodnou dobu existovat, jelikož jejich diferenciální rotace oddálí zhroutení na černou díru a tudíž se opozdí i závěrečný záblesk gravitačního záření. Jakmile začnou pracovat gravitační interferometry typu LIGO, bude možné tuto domněnku ověřit.

T. Totani rozebral možnost, že při vzniku GRB dochází též k **urychlování fotonů** na energie řádu 10 TeV a zároveň i ke vzniku kosmického záření o extrémně vysokých energiích  $100 \div 1000$  EeV. Za předpokladu izotropie by však nejsilnější GRB uvolnily nepředstavitelně velkou energii nad  $10^{48}$  J, takže usměrnění záření do úzkých svazků je více než pravděpodobné. Jako příklad autor uvádí GRB 940217, jež vskutku dlouho dozníval v pásmu GeV fotonů. Týž mechanismus urychlování navrhli nezávisle G. Pelletier a E. Kersalé. Také P. Madau aj. snesli nepřímé důkazy, že úkazy GRB jsou usměrněné; jde o tzv. **kolimované svazky**.

H. Umeda rozvinul myšlenku, že zábleskové zdroje záření gama vznikají díky **interakci relativistických chuchvalců**, vyvržených do interstelárního prostoru při výbuších supernov tříd Ib a Ic. Lorentzovy faktory chuchvalců přesahují zpočátku hodnotu 100 a nutně se brzdí nárazem na mezihvěz-

ná mračna. Naproti tomu H. Lee aj. spatřují příčinu vzplanutí GRB ve vytažení rotační energie černé díry z její magnetosféry tzv. **Blandfordovým-Znajekovým mechanismem**. M. Livio a E. Waxman tvrdí, že dlouhotrvající GRB vskutku vznikají gravitačním zhroutením některých velmi hmotných hvězd, anebo alternativně splynutím černé díry s masivní héliovou hvězdou. Nejpodrobněji se problémem zabývali G. Brown, H. Bethe aj., kteří vyšli z populárního modelu hypernov. Podle nich jsou předchudci GRB dvojhvězdy s velmi hmotnou héliovou hvězdou, které se zhroutí na rotující černou díru a přitom vydává obrovské množství energie již zmíněným Blandfordovým-Znajekovým procesem.

Příkladem je mikrokvasar v naší Galaxii, jež vybuchl r. 1994 v souhvězdí Štíra a je znám jako zdroj záření gama **GRO J1655-40**. S nezvyklým nápadem přišel J. Jefremov, jež hledá původ GRB v hustých hvězdokupách. G. Schilling se domnívá, že k řešení otázky o povaze GRB významně přispěje družice **HETE-2**, vypuštěná počátkem října 2000, která by měla hledat GRB po dobu alespoň 4 let a která je schopná předávat údaje o poloze zdrojů nepřetržitě, jelikož spojení s ní probíhá v reálném čase. Zejména si od ní slibuje zlepšení znalostí o krátkodobých vzplanutích trvajících méně než 2 s. Ke sledování rentgenových dosvitů se pak hodí dosud fungující družice BeppoSAX a ovšem ještě lépe Chandra a především Newton, jež má nejvyšší citlivost. Autor soudí, že v současné době spolu soupeří dvě domněnky, co to vlastně je GRB. Podle té první a ortodoxnější se jedná o **splynutí dvou neutronových hvězd** na černou díru. Podle druhé jde o gravitační zhroutení jádra rychle rotující velmi hmotné hvězdy na černou díru, zatímco vnější vrstvy vybuchnou a stanou se zdrojem záření gama. Alternativou je případ, kdy hroučící se hmotná hvězda nejprve vybuchne jako supernova, po níž zůstane extrémně rychle rotující neutronová hvězda, která se však díky brzdění ve velmi silném magnetickém poli brzdí a následkem toho se pak zhroutí rovněž na černou díru, přičemž dochází ke druhé explozi tzv. **hypernovy**. Vyskyt čar železa v GRB 990725, 991216 a 000214 podporuje věrohodnost domněnky o hypernovách. I tato domněnka však má další alternativu, zvanou **supranova**, podle níž velmi hmotná hvězda nejprve vybuchne jako supernova a rozpráší do svého okolí velké množství železa. Pak se rychle rotující neutronová hvězda během několika měsíců zpomalí a zhroutí na černou díru, což je vlastní supranova, která ozáří rozptýlené železo, takže pozorujeme dlouhotrvající GRB. Prodleva několika měsíců však představuje dle M. Reese a P. Mészárose teoretický problém – podle nich by mělo k druhotnému hroučení dojít už za pár minut



po vzniku neutronové hvězdy. Zmínění autoři dokonce pochybují o tom, že pozorované emise a absorpce jaderných čar železa jsou reálné.

L. Li tvrdí, že dobrým laboratorním modelem pro GRB jsou magnetické nádoby pro řízenou termojadernou reakci, známé pod názvem **tokamak**. I v tokamaku se totiž uvolňuje čistá energie, pokud je obklopena prstencem dostatečně silného magnetického pole. Podobně je rotující černá díra obklopena torem magnetického pole, ale jelikož jde o vzácné případy, jsou GRB o 4 řády méně časté než supernovy třídy II.

E. Waxman a J. Bahcall zjistili, že podstatná část energie uvolněné při výbuchu GRB se nakonec změní na extrémně energetická **neutrína** s energiemi až 10 EeV, a dále na GeV fotony. Neutrinový dosvit se přitom opozdí za náběhem GRB zhruba o 10 s. Protony kosmického záření získávají postupně energii Fermiho mechanismem a mohou dosáhnout hodnot až 100 EeV.

S. Popov aj. odhadují úhrnný počet **neutronových hvězd** v Galaxii až na 1 miliardu, což je méně než 1% z úhrnného počtu hvězd. Autoři dále soudí, že radiové pulsary představují jen 0,1% z počtu neutronových hvězd, takže je jich v Galaxii nanejvýš milion. B. Zhang a A. Hardingová tvrdí, že mezi **magnetary** patří též anomální rentgenové pulsary, a naopak: neměly by tedy existovat radiové pulsary s indukci magnetického pole přesahující 20 GT. Radiová emise totiž vzniká díky koherentnímu záření plazmatu, tvořeným páry pozitron-elektron. V silných polích magnetarů jsou páry rozbity díky energetickým fotonům.

B. Zhang aj. se domnívají, že při výbuchu některých supernov vznikají obnažené **podivné kvarkové hvězdy**, jež se projevují jako magnetary. Mocné záblesky magnetarů pak vysvětlují jako průchod one podivné hvězdy „Oortovým mračenem“ komet – to se zejména týká již zmíněného magnetaru SGR 1900+14 v Orlu. Pokud je domněnka správná, mělo by k další aktivitě tohoto magnetaru dojít v letech 2004-05. Nejpodrobněji se magnetary a jejich případnou **souvislostí s klasickými GRB** zabývali M. Rees a P. Mészáros. Ve svém modelu spojili všechny předešlé nápady do konzistentní domněnky, která začíná výbuchem klasické supernovy několik dnů až týdnů před úkazem GRB. K němu dochází buď na povrchu magneticky brzděného superpulsaru (neutronové hvězdy) nebo v silně magnetickém toru kolem hvězdné černé díry, a jeho trvání nepřesáhne 100 s. Přitom vzniká magnetický relativistický vítr, který dopadá na rozpínající se obálku supernovy, bohatou na železo a vzdálenou od centra přibližně 3000 AU. Tím lze vysvětlit zářivé výkony kolem 10<sup>40</sup> W; tj. úhrnem vyzářené energie řádu 10<sup>45</sup> J.

S. Morsink zdůraznil, že v neutronových hvězdách se projevují kvantové jevy, tj. **supravodivost a supratekutost**. Díky družici RXTE lze proto od doby jejího vypuštění r. 1995 studovat efekty silného gravitačního pole, a tak ověřovat v jedinečném prostředí efekty obecné teorie relativity. Jelikož oběžné frekvence hmotných částic poblíž povrchu neutronových hvězd dosahují 1 kHz, skýtá to možnost testovat jejich obíhání pomocí příslušných pozorování s dobrým časovým rozlišením. To se vskutku daří, jelikož družice RXTE již v asi 20 případech odhalila **kvaziperiodické oscilace** s těmito vysokými frekvencemi. Jelikož na povrchu neutronových hvězd dochází navíc k miniaturním termojaderným vzplanutím, vznikají tak zázneje, které lze velmi dobře sledovat a teoreticky interpretovat.

## 4. Mezihvězdná látka

Pomocí HST byla zobrazena **mlhovina N81** v Malém Magellanově mračnu. Velmi se podobá galaktickým mlhovinám Trifid nebo Laguna – je ovšem vzdálena plných 60 kpc. V rámci programu HST Heritage (dědictví po HST) byla snímkována mlhovina **NGC 1999** nedaleko známé mlhoviny v Orionu (M42). Prach a plyn je v tomto případě ozářen mladou proměnnou hvězdou V380 Ori a na snímku je patrný zárodek nové hvězdy v podobě Bokovy globule. Podobně je podle A. Fuenta aj. ozařována známá reflektivní mlhovina **NGC 7023** v Cefeově mladou Herbigovou hvězdou HD 200775 sp. B3Ve. Infračervená pozorování družicí ISO ukázala, že je od nás vzdálena 440 pc.

J. Hollis aj. objevili pomocí 12 m mikrovlnného radioteleskopu na Kitt Peak na frekvencích 71,5 ± 103 GHz první mezihvězdný cukr v molekulo-vých mrazech zdroje Sgr B2 poblíž centra Galaxie. Jde o osmiatomový **glykolaldehyd** (CH<sub>2</sub>OHCHO). Je proto velká škoda, že z úsporných důvodů musel být tento jedinečný radioteleskop loni uzavřen. Mikrovlnná družice SWAS měří již půldruhého roku pásy jednoduchých molekul v mezihvězdném prostoru. V chladných mrazech našla při teplotě 30 K jen nepatrné množství **vody**, relativně 10<sup>-9</sup>, zatímco v horkých mrazech je vody o řád více. Naproti tomu se vůbec nepodařilo najít molekuly kyslíku, což je prostě nepochopitelné.

## 5. Galaxie

### 5.1. Hvězdokupy

Obvykle se uvádí, že nejbližšími otevřenými hvězdokupami jsou Hyády a seskupení hvězd ve Velké medvědicí a okolí, k němuž patří zejména většina jasných hvězd Velkého vozu. Nyní se však zásluhou přesných měření vzdáleností hvězd v asociaci kolem proměnné **TW Hya** pomocí družice HIPPARCOS zjistilo, že také tato soustava je naší blízkou sousedkou, když centrum asociace je od Slunce vzdáleno pouhých 50 pc a její průměr dosahuje 30 pc. Samotná proměnná TW Hya patří k mladým hvězdám typu T Tau, jež dosud nevstoupily na hlavní posloupnost, a k asociaci patří nejméně 17 dalších velmi mladých trpasličích hvězd o stáří nanejvýš 10 milionů roků, ačkoliv se v této oblasti nenalézají žádné zárodečné mezihvězdné mračno. To znamená, že se hmota mračna již zcela spotřebovala na vznik hvězd. Tato asociace navíc přechází od obří asociace Sco-Cen ve vzdálenosti 123 pc, z níž byla kdysi vyvrstěna.

V polovině září 1999 pořídil HST podrobné snímky chumáče mlhovin v okolí hvězdy Merope v Plejádách. Odtud vyšlo překvapivě nízké stáří **Plejád** jen 80 milionů let. Zatímco dosud se udávalo 120 milionů let. Podle G. Gatewooda aj. však došlo také k velmi nepřijemnému rozporu mezi určením vzdáleností Plejád pomocí trigonometrických parallax ze Země a z kosmu. Dlouholetá měření 0,76 m refraktorem v Alleghany dala totiž vzdálenost 131 pc, kdežto z družice HIPPARCOS vychází vzdálenost jen 116 pc.

Družice HIPPARCOS poskytla rovněž údaje pro revizi průměrného **stáří kulových hvězdokup** v Galaxii. Jak uvádějí E. Caretta aj., zatímco starší data vedla k průměrnému stáří (11,5 ± 2,6) miliard let, po revizi se tato hodnota nepřijemně zvýšila na (12,9 ± 2,9) miliard let. Ještě „hůře“ dopadlo určení stáří kulové hvězdokupy M92 (Her) pomocí rozbo-

ru barevného diagramu. Jak uvedli F. Grundahl aj., obdrželi hodnotu (14,5 ± 2) miliardy roků. Podobně vyšlo určení stáří kulové hvězdokupy M15 (Peg) pomocí radioaktivního datování thoria ve spektru tří červených obrů na vrcholku obří větve barevného diagramu. Jak uvedli C. Sneeden aj., vyšlo jim rovněž nepřijemně vysoké stáří (14 ± 3) miliardy let. Nepřijemně proto, že se tím prakticky srovnalo stáří kulových hvězdokup v Galaxii s nejnovějším určením stáří vesmíru od velkého třesku, ačkoliv je zřejmé, že od vzniku vesmíru do vzniku prvních hvězd a celé Galaxie musela uplynout delší doba – minimálně 700 milionů let.

R. Saffer aj. pořídili pomocí HST snímky **kulové hvězdokupy NGC 6397** (Ara). Odtud zjistili, že maximální hmotnost osamělých hvězd dosahuje 0,8 M<sub>☉</sub>, zatímco tzv. modří loudalové (blue stragglers) jsou výrazně hmotnější. V centru hvězdokupy rozlišili 5 loudalů, z nichž 4 mají hmotnost přesně dvojnásobnou, takže zřejmě vznikly splynutím dvou standardních hvězd. Pátý loudal s hmotností 2,4 M<sub>☉</sub> je pak zřejmě výsledkem splynutí alespoň tří složek. Zatímco na periférii hvězdokupy hvězdy opravdu splývají (ve hvězdokupách se často vyskytují dotykové dvojhvězdy typu W UMa), v samotném centru se mohou díky vysoké prostorové hustotě hvězd přímo srazit.

HST byl rovněž využit k hledání potenciálních přechodů exoplanet přes hvězdné disky v **kulové hvězdokupě 47 Tuc**. Během 8 dnů bylo získáno 645 snímků a na nich sledovány okamžité jasnosti 34 tisíc hvězd. Pokud by výskyt exoplanet v kulových hvězdokupách odpovídal stavu, který známe ze slunečního okolí, mělo by být zpozorováno 17 takových přechodů, projevujících se krátkodobým měřitelným poklesem jasnosti příslušné hvězdy. Ve skutečnosti však nebyl žádný pokles jasnosti pozorován, takže deficit exoplanet v kulových hvězdokupách je tím patrně prokázán. Příčinou deficitu může být nízký obsah kovů v takto starobylých soustavách, takže není z čeho exoplanety vytvořit, anebo jsou zárodky exoplanet rychle rozrušovány vinou gravitačních poruch při četných blízkých setkáních hvězd uvnitř hvězdokupy.

E. Pancinová aj. studovali na snímcích z 2,2 m dalekohledu ESO MPI, pořízených v r. 1992, větve červených obrů v nejhmotnější a nejsvětivější kulové hvězdokupě naší Galaxie **ω Cen (NGC 5139)**. Proměření parametrů více než 220 tisíc hvězd ve hvězdokupě trvalo 7 let, ale výsledky jsou znamenité. Ukazují na komplexní strukturu, kinematiku i výskyt hvězd různých populací v této bezmála trpasličí galaxii uvnitř naší Galaxie. Též kulové hvězdokupě je věnována jedinečná práce F. van Leeuwena aj., kteří pořídili srovnávací snímky astrometrickým refraktorem 0,66 m v Yale v letech 1978–1983 a porovnali je se snímky téhož objektu a týmž přístrojem, jež v rámci své disertace získal mladý holandský astronom W. Martin v letech 1931–35, kdy se refraktor nacházel v Jižní Africe resp. v Austrálii. Vysoká kvalita refraktoru a velký časový odstup obou sérií snímků totiž dovolil určit vlastní pohyby bezmála 10 tisíc hvězd ve hvězdokupě s naprosto jedinečnou přesností až 0,0001"/rok. To je vskutku nevídaná hodnota, více než o řád lepší než vlastní pohyby určené družicí HIPPARCOS!

Všechny snímky na skleněných deskách o rozměru 160 x 160 mm byly uschovány na observatoři v Leidenu, kde se našťástí v muzeu zachoval i původní měřicí stroj, který byl renovován a využit pro proměření. Tak se ukázalo, že hvězdokupa je od nás vzdálena jen 4,5 kpc, zatímco konvenčně se udávalo 5,1 kpc, a to díky možnosti porovnat rozptyl vlastních pohybů a rozptyl radiálních rychlostí,



měřených s touž relativní přesností. Potvrdila se vysoká hmotnost hvězdokupy kolem 4  $M_{\odot}$ , což se již blíží hmotnostem trpasličích galaxií, a poprvé se podařilo studovat vnitřní kinematiku hvězdokupy, jelikož jsou k máni kvalitní prostorové rychlosti hvězd v okolí jejího jádra, jehož poloměr činí 3,9 pc. Práce byla věnována památce tragicky zesnulého W. Martina, který po obhajobě doktorátu v r. 1937 nastoupil jako astronom na indonéské hvězdárně v Lembangu, kde ho zastihla japonská invaze a Japonci ho jako bělocha odvedli do koncentračního tábora, kde zahynul.

J. Turnerová a S. Becková konstatují, že v naší Galaxii již skončilo vznikání kulových hvězdokup, ale to obecně neplatí pro cizí galaxie. Sami našli zárodek budoucí kulové hvězdokupy v **trpasličí galaxii NGC 5253** (Cen) o rozměru  $1 \times 2$  pc, obsahující alespoň tisíc velmi hmotných horkých hvězd mladších než milion roků. Úhrnná hmotnost zárodku 1  $M_{\odot}$  odpovídá typické hmotnosti kulové hvězdokupy v naší Galaxii. Podobný objev uzlíku o rozměrech  $3 \times 6$  pc v **trpasličí galaxii He 2-10** ohlásili K. Johnson a C. Kobulnicky. V uzlíku se nalézá bezmála tisícovka vysoce svítivých hvězd třídy O s maximálním stářím 0,5 milionu let.

## 5.2. Naše Galaxie

B. Chandran aj. ukázali, že v centrálních 200 parsecích v **jádře Galaxie** se nahromadilo akrecí 3  $G M_{\odot}$  hmoty a magnetické pole dosahuje indukce větší než 20 pT, což stačí k udržení částic kosmického záření o vysoké energii uvnitř jádra Galaxie. J. Miralda-Escudé a A. Gould tvrdí, že v centrálním parseku Galaxie se nachází kupa asi 25 tisíc (!) černých děr, jež vznikly zhroutilím velmi hmotných hvězd, které se díky dynamickému tření propadly do této oblasti a budou pohlceny centrální supermasivní černou dírou až za předlouhých 30 miliard let, takže v této chvíli je většina z nich dosud daleko od obzoru událostí supermasivní černé díry v samotném centru.

A. Ghezová aj. využili metody infračervené skvrnkové interferometrie u Keckova teleskopu, vybaveného adaptivní optikou, k měření **vlastních pohybů hvězd** v blízkém okolí středu Galaxie s přesností 0,003"/rok. Podařilo se jim určit vlastní pohyby 90 hvězd, vzdálených jen 0,1" (0,005 pc!) od centra, tj. ve vzdálenostech řádu 100 Schwarzschildových poloměrů od supermasivní černé díry. Dostali tak oběžné periody hvězd kolem 15 roků, ale rychlosti až 1350 km/s, což odpovídá hmotnosti centrální supermasivní černé díry 2,6  $M_{\odot}$ . Poprvé se zdařilo změřit i zrychlení tří hvězd, jak se blíží po spirále k černé díře tempem až 6 mm/s<sup>2</sup>. Podle M. Jarosynského se dá těchto měření využít k ověření občas nadhazované domněnky, že centrální černá díra v Galaxii je dvojitá. D. Figer aj. použili téhož dalekohledu k rozboru spektra horké **hvězdy IRS 16 NW**, vzdálené méně než 0,3" od centra a ukázali, že jde o žhavou hvězdu třídy OB starou nanejvýš 20 milionů roků, takže v okolí centra je stále dost látky na vznik nových hvězd. D. Lubowich aj. zase zjistili, že **koncentrace deuteria** v centru Galaxie je o plných pět řádů vyšší, než se čekalo, což značí nedávnou čerstvou „dodávku“ deuteria zvnějšku.

D. McNamara zpřesnil měřením světelných křivek proměnných hvězd typu  $\delta$ Sct a RR Lyr z automatické přehlídky OGLE **vzdálenost jádra Galaxie** od nás na  $(7,9 \pm 0,3)$  kpc. Tloušťka galaktického disku vně galaktické výdutí činí pouze 0,6 kpc, ale sám disk je obklopen plochým halem starých vyhaslých hvězd o průměru 46 kpc a tloušťce 28 kpc, jež však

obsahuje méně než 5% skryté hmoty Galaxie. Podle měření z ultrafialové družice FUSE je Galaxie obklopena do příčné vzdálenosti 3 kpc od hlavní roviny **horkým plynem** o teplotě 500 kK. Plyn ohřívají rázové vlny vyvolané supernovami.

J. Biney aj. odvodili z údajů družice HIPPARCOS průměrné **stáří** 12 000 hvězd hlavní posloupnosti a podobně ve slunečním okolí:  $(11,2 \pm 0,75)$  miliardy let. Thoriovou metodou radioaktivního datování se zjistilo, že nejstarší hvězdy v Galaxii vznikly před 12 miliardami let. Podle N. Wyna Evans a M. Wilkinsona obsahuje naše Galaxie 400 miliard hvězd a její úhrnná hmotnost dosahuje 2  $T M_{\odot}$ , zatímco úhrnná hmotnost spirální galaxie M31 činí jen 1,2  $T M_{\odot}$ . Obě galaxie jsou daleko největšími a nejhmotnějšími členy Místní soustavy galaxií, která v pomyslné kouli o průměru 2,5 Mpc obsahuje přinejmenším 36 galaxií.

## 5.3. Místní soustava galaxií

Podle S. van den Bergha má naše **Galaxie**, klasifikovaná jako SB/Bc I-II, absolutní hvězdnou velikost  $-20,9$  mag a nalézá se se 0,46 Mpc od těžiště Místní soustavy. Galaxie **M31**, klasifikovaná jako Sb I-II, má  $-21,2$  mag a je od těžiště soustavy vzdálena 0,76 Mpc. Malé Magellanovo mračno (MMM) je  $-17,1$  mag a třídy Irr IV/IV-V, zatímco Velké Magellanovo mračno (VMM) je  $-18,5$  mag a třídy Irr III-IV. Naproti tomu C. Alcock aj. odhalili z barevného diagramu pro 9 milionů hvězd programu MACHO, že VMM má příčku, takže asi není tak zcela nepravidelnou galaxií, jak se dosud uvádí. Vzdálenost Velkého Magellanova mračna (VMM) má zásadní význam pro celou kosmologii, neboť představuje první příčku pomyslného kalibračního žebříku pro vzdálenosti v celém viditelném vesmíru.

Tím více astronomi znepokojuje fakt, že nazvody velmi přesným měřením z družice HIPPARCOS a dobrým statistikám pro velké soubory určitých typů hvězd se takto stanovená vzdálenost různými metodami liší mnohem více, než naznačují udávané chyby měření. C.

Nelson aj. změřili **\*vzdálenost VMM** z parametru zákrytové dvojhvězdy HV2274 a obdrželi tak hodnotu 47,9 kpc. Další dvě horké modré zákrytové dvojhvězdy však daly střed 46 kpc. M.

Groenewegen a R. Oudmaier obdrželi z relace perioda-svítivost pro cefeidy vzdálenost 50,6 kpc. E. Carretta aj. kalibrovali vzdálenost VMM pomocí kulových hvězdokup a dostali 53,5 kpc. A. Udalski využil měření z přehlídky OGLE k určení této vzdálenosti na pouhých 44,5 kpc. M. Romaniello aj. nyní použili pro takové porovnání velký soubor červených polních hvězd (red clump stars), z něhož vychází vzdálenost VMM  $(52,2 \pm 3,5)$  kpc, kdežto červení obří dávají vzdálenost  $(54,7 \pm 6,6)$  kpc. Dosti dobrý souhlas obou údajů pak podle autorů vylučuje „krátkou“ vzdálenost pod 48,5 kpc, jenže právě k této krátké stupnici se přiklonil A. Udalski na základě měření z přehlídky OGLE. Jako indikátor vzdálenosti použil jak červené polní hvězdy tak 284 červených obrů, a vyšla mu vzdálenost  $(44,5 \pm 1,6)$  kpc.

Do třetice S. Sakai aj. dostali pro červené polní hvězdy vzdálenost 45,5 kpc, ale pro červené obry a proměnné RR Lyr 52,2 kpc, kdežto G. Kovácsovi vyšla vzdálenost z proměnných RR Lyr na 50,6 kpc, takže řečeno se Shakespearem, jak se vám líbí. Tito autoři proto připouštějí, že VMM je dále než 41,7 kpc a blíže než 55,0 kpc – věru nelichotivě široké rozmezí.

B. Paczynski a B. Pindor uveřejnili **seznam cefe-**

**id** ve VMM i MMM, sledovaných na přehlídkových snímcích programu OGLE. Našli tak 42 cefeid v naší Galaxii, 33 cefeid ve VMM a 35 cefeid v MMM. Odtud zjistili, že cefeidy v Galaxii mají amplitudy světelných křivek o 7% větší než cefeidy ve VMM a ty mají zase amplitudy o 18% větší než cefeidy v MMM. To znamená, že amplituda cefeid je přímo úměrné obsahu kovů ve hvězdě, což snižuje jejich kalibrační výhodnost pro nepřímé určování vzdáleností hvězdných soustav, v nichž se cefeidy nalézají. Pomocí HST lze sice určovat vzdálenosti cefeid až do 23 Mpc, jenže pro větší vzdálenosti se obrazy cefeid častěji slévají s okolními objekty, což vede k soustavnému podceňování vzdáleností až o 9%. W. Gieren nyní pozoroval v infračerveném pásmu cefeidu HV12198, jež je členem mladé kulové hvězdokupy ve VMM, a odtud dostal její vzdálenost 48,3 kpc, která by se mohla stát základem budoucí kalibrace. D.

Alves a C. Nelson zjišťovali průběh rotační křivky pro VMM a našli tak maximum rotační rychlosti 72 km/s ve vzdálenosti 4,0 kpc od jádra; to znamená, že pro větší vzdálenosti od jádra rychlost rotace již klesá. Odtud pak vychází úhrnná hmotnost VMM na 5,3  $G M_{\odot}$ .

A. Udalski využil programu OGLE k určení **vzdálenosti MMM** a vyšlo mu jen 56,2 kpc. M. Groenewegen zkombinoval údaje pro cefeidy programu OGLE a infračervených přehlídek DENIS a 2MASS a odtud dostal vzdálenost MMM v rozmezí  $64,3 \div 66,4$  kpc. To znamená, že MMM má být o 12,6 kpc dále než VMM. G. Pietrzyński a A. Udalski určovali z měření OGLE také stáří 600 hvězdokup ve VMM a dostali tři maxima v období před 7, 125 a 800 miliony roků, s menšími vrcholky též před 100 a 160 miliony let. Taktéž v MMM se pozorují stejné vrcholy, takže autoři soudí, že vzájemná přiblížení obou Mračen v této minulosti vedla k překotné tvorbě hvězdokup.

M. Garcia aj. sledovali pomocí rentgenové družice Chandra centrum **galaxie M31** a objevili tam 5 bodových zdrojů, z nichž jeden se nalézá pouhou 1" od supermasivní černé díry a vyniká zcela pekulárním spektrem. Jádro galaxie je daleko průhlednější pro optické záření než jádro naší Galaxie a supermasivní černá díra v jádře je rovněž hmotnější než v naší Galaxii, neboť její hmotnost činí plných 30  $M_{\odot}$ . N. Sambhus a S. Sridhar potvrdili, že jádro M31 má dva jasné uzlíky ve vzájemné úhlové vzdálenosti 0,49", což odpovídá modelu s centrální supermasivní černou dírou, kolem níž obíhá tlustý disk plný hvězd v periodě delší než 200 tisíc let. Podle N. Evans a M. Wilkinsona je M31 obklopena 10 satelitními galaxiemi a 17 vzdálenými kulovými hvězdokupami. Halo M31 má hmotnost 1,2  $T M_{\odot}$ , kdežto halo naší Galaxie dokonce 1,9  $T M_{\odot}$ . P. Côté aj. odhadli hmotnost celé M31 pomocí pohybů jejích trpasličích průvodců na 0,8  $T M_{\odot}$ , jenže údaje je velmi nejisté, neboť není známa výstřednost dráhových elips satelitů.

Hmotnost spirálních galaxií se od r. 1914 určuje především z **rotačních křivek**, tj. závislosti radiální rychlosti hvězd na vzdálenosti od centra galaxie. Jak uvádějí Y. Sofue a V. Rubinová, právě tehdy objevil V. Slipher ve spektru galaxie M31 šikmo skloněné spektrální čáry, když nastavil šterbinu spektrografu podél hlavní osy galaxie (obdobně byla zjištěna rotace částic v Saturnových prstencích). Zpočátku šlo o nesmírně pracná pozorování kvůli malé citlivosti tehdejších spektrografů a emulzí. Ještě r. 1918 exponoval F. Pease spektra M31 u 2,5m reflektoru na Mt. Wilsonu po dobu kolem 80 h čtyřikrát do roka a ve dvou polohách šterbinu.

(Pokračování)



## KOZMOS PLNÝ VEDOMOSTÍ

### I. kolo

1. Napíšte základnú rovnicu, ktorá udáva prírastok rýchlostí pre viacstupňovú raketu a meno jej autora, zakladateľa kozmonautiky,
2. Napíšte, akú farbu, zmes farieb alebo žiarenie pozorujeme v tom úseku slnečného spektra, v ktorom Slnko vyžaruje najviac energie.
3. Je možné pozorovať zákryt hviezdy Polárky ( $\alpha$  UMi) Mesiacom? Vysvetlite.
4. Kto ako prvý použil na pomenovanie gravitačne úplne skolabovaného telesa pojem *čierna diera*?
5. Slnko spolu so svojou rodinou planét patrí do obrovského ostrova hviezd nazývaného *Galaxia*. Spoločne s ostatnými hviezdami a objektmi obieha okolo *centra Galaxie*. Kolkokrát už obiehlo Slnko toto centrum od svojho vzniku?

Blíže informácie k súťaži nájdete v časopise Kozmos č. 1/2002.

Správne odpovede s logom súťaže zasielajte na adresu: Hornonitrianska hviezdáreň, P.O. Box 59, 958 01 Partizánske.

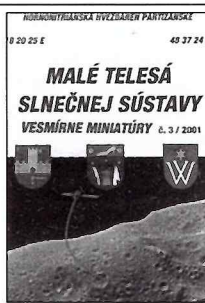
### SLEDUJTE KOZMOS

NAVŠTÍVTE WWW STRÁNKY SPONZOROV SÚŤAŽE

INFORMÁCIE: HORNONITRIANSKA HVEZDÁREŇ, P.O. BOX 59, 958 01 PARTIZÁNSKE, tel.: 038 / 7497108  
e-mail: hvezdap@nextra.sk, www.hvezdaren.sk



sponzorujú



V priestore medzi dráhami Marsu a Jupitera sa nachádza medziplanetárna hmota v podobe malých telies. Čo o nich vieme a čo majú spoločné so Slovenskom, sa môžete dozvedieť z ďalšieho zošita cyklu **VESMÍRNE MINIATÚRY**, ktorý vydala Hornonitrianska hviezdáreň pod názvom **MALÉ TELESÁ SLNEČNEJ SÚSTAVY**.

Autorkou publikácie je Mgr. Ulrika Babiaková.

Cena 25 Sk + poštovné a balné  
Ďakujeme mestám Banská Štiavnica, Partizánske a obci Sobotište za finančné príspevky, bez ktorých by Vesmírne miniatúry č.3 /2001 nevyšli.

Publikáciu si môžete objednať na adrese:

HORNONITRIANSKA HVEZDÁREŇ, P.O. BOX 59958, 01 PARTIZÁNSKE,  
tel./fax.: 038 / 7497108 e-mail: hvezdap@nextra.sk

## COMES Trading, s. r. o. – optické systémy

výrobce chromosférických a kutterových teleskopů, astronomických kopulí  
nabízí

**Astronomické dalekohledy „Sky Watcher“**

(exklusivní zastoupení pro Českou a Slovenskou republiku)

**Refraktory s objektivu o průměru 70 mm až 150 mm**  
světelnost f/8 u objektivu 120 a 150 mm, f/10 pro 70,90 a 102 mm,  
světelnost f/5 u objektivu o průměru 80, 102, 120 a 150 mm ☺!  
**Teleskopy Newton a Dobson do průměru 250 mm**

**Paralaktické montáže EQ3, EQ5, H-EQ5 a EQ6**

pohon dekl. a hodin. osy krokovými motorky, nosnosť 6,9,12 a 18 kg

Okuláry: Plössl, Super-Plössl a BARIUM, průměr 1,25" a 2"

\* kvalitní optika a nízké ceny! \*

**Sluneční chromosférické teleskopy „COMES“**

vlastní konstrukce s vysokým přenosem kontrastu – nízké ceny ☺!

objektivy o průměru 70, 90 a 110 mm,  $f_{ef} = 1600-3400$

**H-alfa filtry Lumicon 1,5Å \* DyaStar 0,8Å \* Coronado 0,8Å**

**Protuberanční dalekohledy a nástavce „COMES“ – levně ☺!**

včetně H-alfa filtru, umělého zástín. polní čočky, lyotovy clony a okuláru

**Zrcadlové systémy Kutter průměr 110, 140 a 170 mm – f/28**  
dlouhoohnískové systémy, ideální pro pozorování planet (Mars 2003!)

**Laminátové kopule 310cm, tepelná izolace, motor. pohon**

dlouhá životnost, lesklý hladký povrch, sendvičové stěny s polyuret. izolací

Informace, katalog: B.Reichmann, Kaliště 54, CZ - 251 65 Ondřejov

tel.: 00420 204655871 mail: breichmann@iol.cz, hhttp://mujwe.cz/Veda/comes

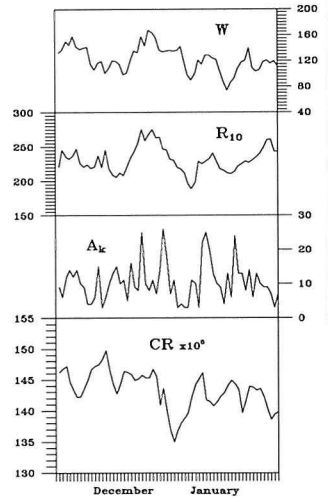
## Slnečná aktivita

(december 2001 – január 2002)

Ako môžeme vidieť aj na priebehoch uvádzaných indexov, slnečná aktivita je stále na pomerne vysokej úrovni. Zdá sa, že sme v období podružného maxima, ktoré môžeme v niektorých cykloch pozorovať.

Náš stĺpček som sa dnes rozhodol využiť na určitú rekapituláciu. Údaje o slnečnej aktivite publikujeme od roku 1995. Od tej doby Slnko prešlo cez fázu minima v roku 1996, aj cez maximum 23. cyklu, v roku 2000.

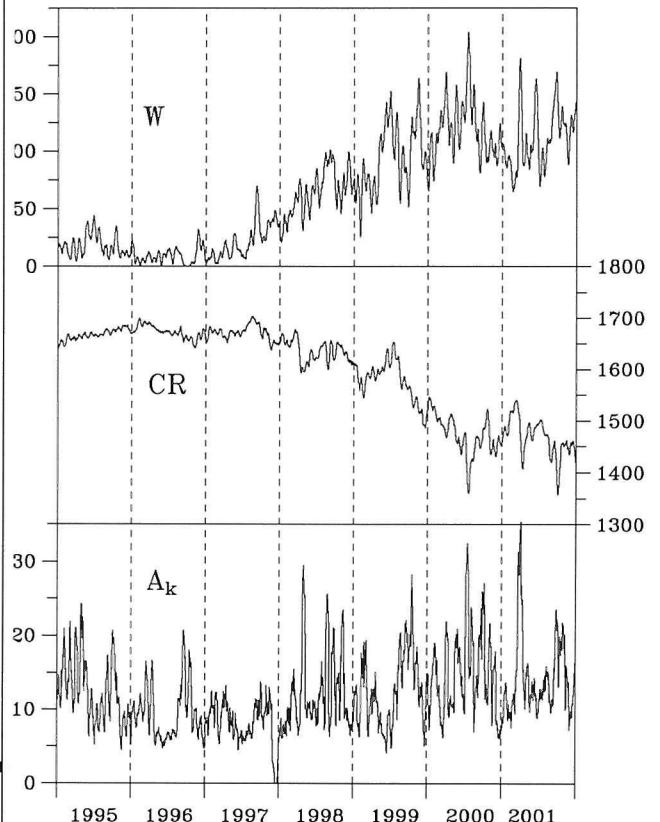
Na pripojenom obrázku uvádzam priebehy troch z publikovaných indexov (15-denné kľzavé priemery Wolfvho čísla – W, kozmického žiarenia – CR a geomagnetického indexu – Ak) za uvažované obdobie. Na grafoch chcem upozorniť na niektoré skutočnosti. Súvis Wolfvho čísla a geomagnetického indexu nie je zreteľný. Dobré však možno pozorovať jarné aj jesenné maximá výskytu geomagnetických búrok. Ďalej možno zreteľne pozorovať, že vzrast slnečnej aktivity je sprevádzaný poklesom úrovne kozmického žiarenia a každý prudký pokles úrovne kozmického žiarenia je sprevádzaný geomagnetickou búrkou. Aj na takom krátkom úseku možno teda sledovať určité súvislosti, hoci k poznaniu ich fyzikálnej podstaty máme ešte ďaleko.



V čísle 6 minulého ročníka zbudli v redakcii stĺpček zaradiť. Pravdu povediac, všimol som si to až vtedy, keď sa ospravedlnili. A pomyslel som si: číta to vôbec niekto?

Dnes je možné mnoho údajov o slnečnej aktivite získať aj z družicových meraní pomocou INTERNETU. Bol by som veľmi vďačný za pripomienky čitateľov k forme aj k účelnosti tohto stĺpčka. Či v publikovaní pokračovať v doterajšej forme, či ho rozšíriť o tabuľku číselných hodnôt rôznych indexov, alebo, ak nie je o takéto údaje záujem, či ho vôbec nezrušiť.

Milan Rybanský





# Zastreté nebo nad New Yorkom



Pohľad z Brooklynského mostu na južný Manhattan, zhruba v strede obrázku stáli donedávna dve budovy WTC.

Cestu za Atlantický oceán som uskutočnil na základe dohody a podpory priateľov a známych z Columbia University, ktorá je po New York University (40000 študentov) druhou najväčšou v New Yorku s vyše 22000 študentmi. Patria jej dve prvenstvá: je najrenomovanejšou a najuznávanejšou univerzitou v New Yorku i najstaršou newyorskou univerzitou (na území New Yorku viac ako 50 univerzít a vysokých škôl, z ktorých približne 30 sa nachádza na Manhattane). Columbia University bola založená v roku 1754 ako King's College (Kráľovská vysoká škola) a dodnes má vo svojom znaku kráľovskú korunu. Areál univerzity v severnej časti Manhattanu tvorí malé mesto s množstvom budov osadených v pestrej zeleni. Poslucháči i pedagógovia (na fakulte žurnalistiky napr. prednáša protikandidát Georga Buscha v nedávnych prezidentských voľ-

bách v USA Albert Gore) majú k dispozícii kompletne študijné, priestorové a technické vybavenie na kvalitné vzdelávanie, systematické štúdium a účelné využívanie voľného času. Okrem dokonale vybavených učební, prednáškových miestností, laboratórií, knižníc, športovísk a ďalších potrebných priestorov pre výukový proces, prevádzkuje univerzita napríklad svoje kino, divadlo, chrám, kostol.

Katedra astronómie má vybudovanú astronomickú pozorovateľňu, ktorá sa využíva len na jednoduché projekty, najmä pri úvodných praktických cvičeniach študentov. Seriózne profesionálne astronomické pozorovania tu nie je možné realizovať, nakoľko obloha nad mestom je „znečistená“ obrovským množstvom umelého svetla, atmosféra obsahuje značné množstvo smogu a veľké množstvo kondenzovaných plynov, ktoré

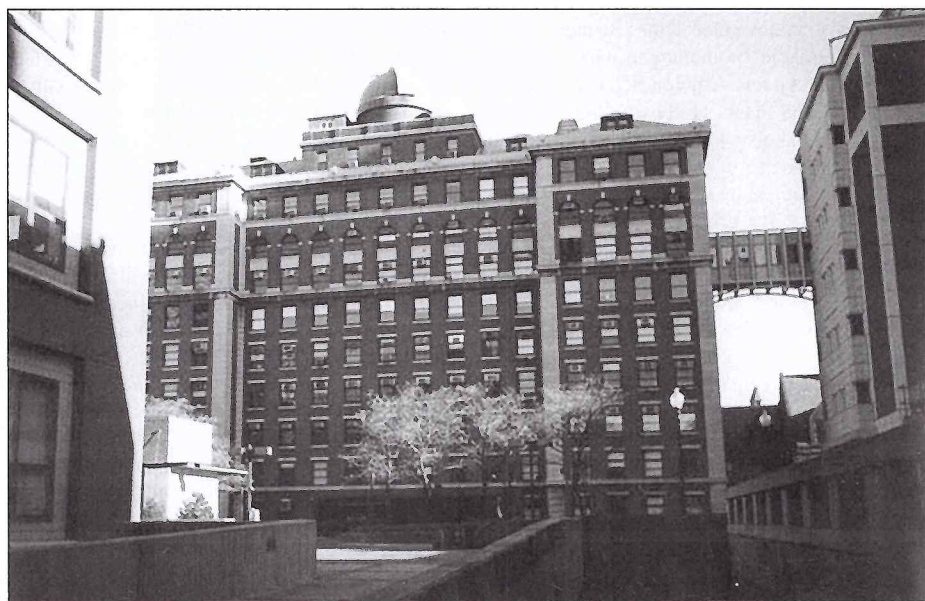
sa vytvárajú za prúdovými lietadlami. New York má tri veľké letiská: J. F. Kennedy, Newark a LaGuardia. Intenzita letov nad mestom je veľmi vysoká, ide o tisíce priletov a odletov denne. Kondenzované plyny vytvoria v atmosfére tenký závoj, ktorý značne znižuje kvalitu obrazu. Nenárodné popularizačné amatérske pozorovania svetelne silných a jasných objektov sa dajú realizovať i v týchto nepriaznivých podmienkach. Presvedčil som sa o tom, keď som priamo z Manhattanu videl voľným okom na oblohe dva výrazné objekty, ktoré som identifikoval ako planéty Jupiter a Saturn. Takéto pozorovania pomocou malých ďalekohľadov by síce nespĺňali kritériá seriózneho práce a nemali by vedeckú hodnotu, no amatérov by určite uspokojili.

Na realizáciu vážnych vedeckých programov pri výskume vesmírnych objektov využíva univerzita tri profesionálne astronomické zariadenia, vybudované na vhodných miestach v rôznych častiach USA, plne vybavené najmodernejšou optickou i elektronickou technikou, s potrebným počtom vedeckých pracovníkov, ktoré sú satelitnými zariadeniami Columbia University. Sú to pracoviská – Nevis Laboratories pri meste Irving v štáte New York, MDM Observatory na hore Kitt Peak v Arizone a Observatory Biosphere 2 pri Oracle, neďaleko arizonskeho mesta Tucson.

## Exkluzívne supermoderné planetárium

Okrem viacerých múzeí, galérií, architektonicky významných budov, atraktívnych mestských častí a ďalších turisticky zaujímavých objektov som si v New Yorku nenechal ujsť príležitosť navštíviť American Museum of Natural History (Americké prírodovedné múzeum), ktorého súčasťou je aj Hayden Planetarium. Hlavná

Astronomická pozorovateľňa Columbia university v areáli školy priamo na Manhattane.



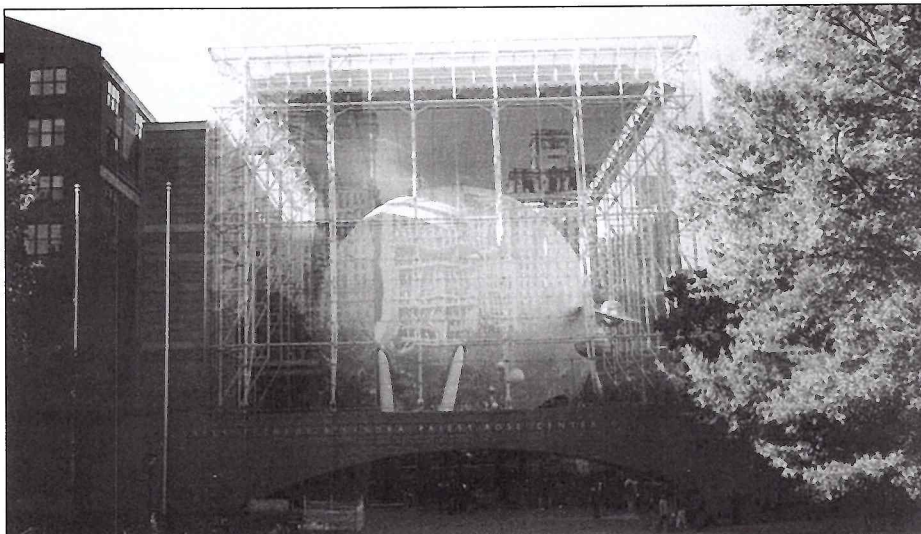


budova múzea sa nachádza na Central Park West avenue, no do planetária, ktoré je umiestnené v novej prístavbe sa dá prísť i cez samostatný vchod z 81. street. Vstúpite do priestrannej presklenej haly, ktorá nesie názov Rose Center for Earth and Space (Rose centrum pre Zem a vesmír). V strede haly stojí veľká guľa, v ktorej hornej časti sa nachádza hlavná sála planetária nazývaná vesmírne divadlo (Space Theater) a pod ňou v dolnej časti je miestnosť veľkého tresku (Big Bang). Do dolnej miestnosti sa návštevníci dostanú po Chodníku dimenzií. Prechádzajú okolo niekoľkých modelov vesmírnych objektov, ktoré sú realizované v určitých mierkach, umožňujúcich názorné porovnanie veľkostí, hmotností a tvarov. V sále veľkého tresku stoja ľudia v kruhu okolo zábradlia, akoby sa pozerali do veľkého kotla, v ktorom dolu pod sebou sledujú prvé momenty vzniku vesmíru – Big Bang. V netradičnej polohe som tu videl dobre spracovaný program, doplnený výraznými svetelnými a mohutnými zvukovými efektmi, ktorý naozaj vytvoril ilúziu veľkého tresku. Celkovú atmosféru vhodne dokreslil príjemný komentár hollywoodskej hviezdy Judie Foster. Z miestnosti odchádzajú návštevníci po asi 120 m dlhej špirálovo zatočenej kozmickej cestičke, ktorá predstavuje 13 miliárd rokov vývoja vesmíru. Každý krok človeka na tejto ceste znamená posun vo vývoji približne o 75 miliónov rokov. Písomne doložené dejiny ľudstva sú v tomto merítku porovnateľné len s hrúbkou ľudského vlasu.

Do horných priestorov planetária prichádzajú návštevníci špeciálnymi výťahmi. Sústreďujú sa vo vestibule bohato dekorovanom astronomickými motívami. Potom sa spolu presunú do hlavnej sály planetária určenej pre vesmírne divadlo a usadia sa v pohodlných kreslách. Premietací prístroj MARK IX od firmy Zeiss, ktorý pracuje systémom digitálnej kupolovej projekcie vesmírnych objektov, je inštalovaný v strede miestnosti, no počas príchodu ľudí ho spúšťajú pod úroveň podlahy. Nehlučne a nenápadne je spustený až po stlmení svetla tesne pred začiatkom podujatia.

Spolu s ďalšími návštevníkmi v plne obsadené sále som mal možnosť sledovať prezentáciu programu s názvom „Pas do vesmíru“. Bol to pravdepodobne najprecíznejší, najefektnejší a technicky najdokonalejší program, aký som doteraz v rôznych našich alebo svetových planetáriách videl. Krásny obraz, čistý zvuk, neustály pohyb, dynamika, gradácia, plynulé zväčšovanie a zmenšovanie objektov pri približovaní, resp. vzdalovaní, svetelné a zvukové efekty a nový prvok – mierne chvenie stoličky pri prelete väčšieho vesmírneho telesa „cez planetárium“ priamo nad hlavami návštevníkov, čo je sprevádzané veľmi silnou zvukovou kulisou. Človek mal dojem, akoby okolo neho prefrčal veľkou rýchlosťou a s ohlušujúcim rachotom ťažký nákladný vlak a celá zem sa pod ním zachvela. K zrakovému a sluchovému vnemu bola pridaná ďalšia dimenzia, citlivé zakončenia nervového systému, ktoré identifikovali vibračné pohyby stoličky. Návštevník vníma program doslova celým telom a nadobúda dojem, že je súčasťou deja. Komentár pre toto podujatie nahral populárny filmový herec Tom Hanks.

Rose centrum poskytuje aj ďalšie možnosti zábavy a poučenia. Treba si napríklad pozrieť



**Budova Rose Center for Earth and Space s najmodernejším Haydenovým planetáriom.**

Vesmírnu halu alebo Halu planéty Zem, dotknúť sa vystaveného Willamettského železného meteoritu, oboznámiť sa s maketou Mesiaca, postaviť sa na digitálnu váhu, ktorá vám ukáže akú hmotnosť by ste mali na Halleyho komete, obdivovať rôzne statické a dynamické vesmírne sústavy a ešte množstvo ďalších atrakcií. Netreba obísť ani malý obchod, kde dostať kúpiť rôzne modely kozmických lodí a raketoplánov, hviezdne a zemské glóbusy, astronomickú literatúru, mapy, plagáty, suveníry a originálnu kozmickú stravu.

### Ďalšie astronomické motívy

Úplne nečakane som sa s astronómiou stretol aj na Grand Central Station (Hlavná železničná stanica). Je to veľmi pekná historická budova, obkolesená vysokými modernými mrakodrapmi, nachádzajúca sa na 42. Street. Strop obrovskej vstupnej haly, ktorá má rozmery asi ako futbalového ihrisko, je totiž vyzdobený na spôsob nebeskej klenby, na ktorej sú vyznačené zvieratníkové súhvezdia.

V najrušnejšej a najživšej časti mesta, na Times Square, som zámerné hľadal určitý astronomický motív. Myslel som si totiž, že tento názov má niečo spoločné s časom, resp. meraním času. Tento predpoklad sa však nepotvrdil, nakoľko som zistil, že názov je zaužívaný odvtedy (predošlý Longacre Square), keď si tu denník The New York Times dal postaviť začiatkom minulého storočia novú redakčnú budovu, ktorú nazvali Times Tower.

Dnes spomenutá redakcia sídli len o kúsok ďalej v novej budove One Times Square.

Medzi atrakcie spomenutého námestia patrí i luxusná reštaurácia Arnolda Schwarzeneggera a spol. nazvaná Planet Hollywood. Odporúčam ju navštíviť, nakoľko je tam veľa atrakcií, ktoré treba vidieť a zažiť.

Ešte jeden objekt by ste nemali rozhodne obísť – Observatory na Empire State Building na 34. Street. Nie, nejde v pravom slova zmysle o nejakú astronomickú pozorovateľňu, ale slovom „observatory“ je pomenovaná vyhliadková terasa na momentálne najvyššej budove v New Yorku (381 m, 102 poschodí), z ktorej je veľmi pekný výhľad na celé mesto.

### Oblasť teroristických útokov

Bol som sa pozrieť i na miestach katastrofy po nedávnych leteckých útokoch na dve donedávna

najvyššie (419 m, 110 poschodí) budovy v New Yorku, ktoré šokovali celý svet. Ruiny World Trade Center stále dymia. Do okolia sa šíri nepríjemný zápach zhoreniska. Oblasť je vyhlásená za toxickú zónu, obsahujúcu škodlivé splodiny tlejúcich stavebných materiálov a množstvo mikroskopických častíc azbestu. Až tu, priamo na mieste, si človek najlepšie uvedomí, čo sa vlastne stalo, aké obrovské stavby, materiálne a morálne hodnoty vrátane nenahraditeľných ľudských životov boli zničené. Každý deň sem prichádza množstvo Newyorčanov, Američanov a zahraničných turistov, ktorí z dostatočnej vzdialenosti nakukávajú cez postavené zábrany a oplotenia, aby videli aspoň kúsok z torza bývalého WTC a každý po svojom vzdal hold početným obetiam. Bol som aj na mieste, kadiaľ prechádzajú nákladné autá odvážajúce trosky. V skupine ľudí som si všimol ženu v stredných rokoch, ktorá sa rozplakala pri prejazde každého nákladného auta. Celý svet sa musí podieľať na realizácii účinných opatrení, ktoré by zabránili tomu, aby sa takéto a podobné činy už nemohli opakovať.

### Nálada v meste

Zdalo sa mi, že sa už Newyorčania s tragédiou vysporiadali a dostali sa z prvotného šoku. Život sa vrátil do normálnych kolají s tým, že všetko dianie je viac kontrolované, strážené a chránené. Pri vstupoch do všetkých významných a strategicky dôležitých objektov a budov, akými sú napríklad letiská, stanice, úrady, banky, múzea, galérie, divadlá, športoviská a i., skrátka všade tam, kde sa zhromažďuje viac ľudí, a na miestach, kde by mohlo dochádzať k incidentom, sa uskutočňujú prísne osobné kontroly (kontrola preukazov totožnosti, prehliadka batôžiny, príručných tašiek a osobných vecí, prechod cez elektronický rám, prehliadka pomocou detektora kovov a i.). Najprv mi to prekážalo, no po pár dňoch som si na to zvykol, začal som to dokonca kvitovať s vedomím, že New York je teraz vlastne vďaka zvýšeným kontrolám veľmi bezpečné mesto. Myslím, že sa zmenili i samotní obyvatelia. I keď ide o vyše osemmiliónovú zmes rôznych rás, národov a národností, bolo cítiť zvýšenú súdržnosť, toleranciu a solidaritu medzi ľuďmi.

**Text a foto**  
**Mgr. PETER POLIAK**



# Připravované bezpilotní mise 2002

*Následující přehled obsahuje výběr některých (nezajímavějších nebo nejdůležitějších) nepilotovaných startů připravovaných na rok 2002. Přitom upozorňujeme, že data vypuštění se mohou měnit v závislosti na technických a jiných problémech, a to i velmi výrazně. (Celý přehled je zpracovaný k 31. prosinci 2001.)*

Jedenáctá raketa Ariane-5 vynesla v rámci letu V-145 na oběžnou dráhu 28. února 2002 evropskou družicovou observatoř pro dálkové pozorování Země s názvem **Envisat**. Předchozí nosič Ariane-5 v červenci 2001 selhal a nedokázal dopravit vynášený náklad na plánovanou dráhu. Vědecké vybavení družice Envisat se skládá z celkem deseti přístrojů, které budou po dobu nejméně pěti let předávat specialistům cenné informace o životním prostředí na naší planetě.

Na 3. února 2002 připravilo Japonsko druhý let svého nosiče **H-2A** (první se úspěšně uskutečnil v srpnu 2001). Po dvou nezdarech rakety H-2 v letech 1998 a '99 a následném předčasném ukončení celého programu je toto nosič, který (bez větší nadsázky) „nese naděje celé japonské kosmonautiky“. Oproti své předchůdkyni je H-2A vybavena novým motorem prvního stupně, novými urychlovacími bloky a zdokonaleným druhým stupněm. Raketa ani při svém druhém zkušebním startu neponese žádnou družici, ale pouze experimentální zařízení MDS (Mission Demonstration Satellite). Až třetí H-2A (start v listopadu 2002) by měla nést komunikační satelit. Do roku 2005 je plánováno dalších deset operačních startů.

**Aqua** je název družice známější pod původním označením EOS-PM (Earth Observation System), která má být na oběžnou dráhu umístěna raketou Delta-2 dne 24. března 2002. Jedná se o součást zamýšleného systému tří observatoří pro dálkový průzkum, přičemž Terra (alias EOS-AM) vzlétla v prosinci 1999 a start EOS-Chemistry se připravuje. Dvoutunová Aqua

se bude zabývat klimatickými měřeními; navrhovaná životnost satelitu je šest let.

S velkým zájmem a pozorností budou sledované premiérové starty nových amerických raket **Delta-4** (30. dubna) a **Atlas-5** (9. května). Obadva nosiče (výrobky konkurenčních firem Boeing a Lockheed Martin) byly vyvinuty v rámci programu EELV (Evolved Expendable Launch Vehicle). Při svých premiérových startech obě rakety ponosou na svých palubách družice nadnárodního konsorcia Eutelsat, které se rozhodlo využít nižší cenu za vypuštění svých družic při akceptování vyššího rizika zkušebních startů.

Delta-4 bude dodávána v několika variantách – v základní bude mít jen jeden první stupeň (nosnost rakety bude možné upravit přidáním pomocných motorů na tuhá paliva), v nejsilnější bude mít spřaženou trojici prvních stupňů. Verzi Delta-4 Heavy (nejsilnější) dokáže dopravit do vesmíru až 23 tun nákladu na dráhu nízkou (resp. 13 t na dráhu přechodovou ke stacionární). Je zajímavé, že ač bez jediného zkušebního startu, Boeing už má na nový nosič 18 pevných objednávek a 42 opcí!

Prvního července by měla přijít na řadu osvětlená raketa verze Delta-2 s kometární sondou **Contour** na palubě. Contour je zkratka anglického „Comet Nucleus Tour“, což by se dalo volně přeložit jako „výprava k jádrům komet“. Jedná se v pořadí o šestou misi v rámci programu Discovery (dosud NEAR, Mars Pathfinder, Lunar Prospector, Stardust a Genesis, ve vývoji zatím Deep Impact, Messenger, Dawn a Kepler), jejímž cílem se stane „návštěva“ a průzkum několika kometárních jader. Contour má proletět kolem komet Encke (listopad 2003), Schwassmann-Wachmann-3 (červen 2006) a d'Arrest (srpen 2008).

Raketa stejného typu se o patnáct dní později vydá na misi s poslední z programu velkých observatoří NASA – s teleskopem **SIRTF** (Space InfraRed Telescope Facility). Je ovšem pravděpodobné, že družice poletí do kosmu pod jiným

(romantičtější) názvem, neboť NASA na její pojmenování vypsal veřejnou soutěž, která v době psaní tohoto článku ještě nebyla uzavřena. Jak už název projektu napovídá, půjde o zařízení schopné pozorovat kosmická tělesa (uvnitř i vně slunečního systému v infračerveném spektru záření). SIRTF má startovací hmotnost 950 kilogramů, přičemž stěžejní součástí družice bude teleskop se zrcadlem o průměru 85 centimetrů chlazený na 5,5 stupně Kelvina kapalným héliem. V zásobníku ho bude 360 litrů, což by mělo vystačit na dva a půl až pět let provozu. (O sonde SIRTF píšeme aj na 7. straně.)

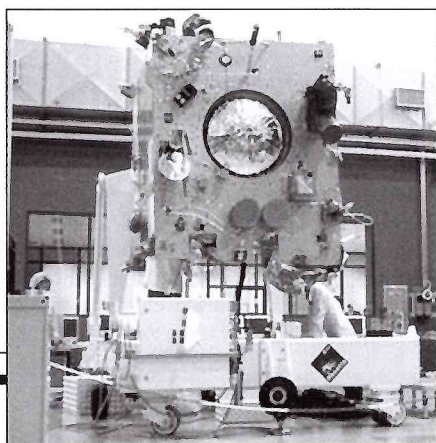
Desátého září 2002 přijde na řadu opět osvětlený nosič amerických vědeckých družic, raketa Delta-2. Její náklad budou tvořit satelity **ICESAT** (Ice, Cloud and Land Elevation Satellite) a **Chipsat**. První jmenovaná družice bude celosvětově sledovat množství a změny v ledové mase, úroveň oblačnosti a aerosolu v atmosféře, stejně jako změny ve vegetaci a topografii planety. Družice Chipsat je projektem University of California v Berkeley, přičemž jejím úkolem bude provádět spektroskopický průzkum vlastností žhavých oblaků plazmy v mezihvězdném prostoru.

Jedním z největších vědeckých projektů ESA je společně s Ruskem připravovaná čtyřtunová družice **Integral**, která se stane jediným užitečným zařízením vynášeným raketou Proton v říjnu 2002. Integral je zkratkou z International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory a jak už název naznačuje, observatoř se bude věnovat sledování kosmických těles v oblasti gama záření. Tím do jisté míry naváže na pozorování americké Compton Observatory (původně Gamma Ray Observatory), která létala v kosmu od roku 1991 až do r. 2000.

Jinak než zajímavou (a nejen po technické stránce) nelze označit program **Mimosa** (Micro-Measurements Of Satellite Acceleration). Jedná se o družici zkonstruovanou odborníky Astronomického ústavu Akademie věd České republiky v Ondřejově vedenými Ladislavem Sehnalem. Družice bude využita ke sledování pohybu umělých vesmírných těles a k měření nepatrných sil, které na ni působí (odpor atmosféry, sluneční záření a pod.). Konstrukčně navazuje na družice Magion-2 až 5 – šedesátikilogramové těleso má průměr 60 centimetrů a tvar 26-ti stěnu. Do kosmu se dostane jako druhotné zařízení na palubě ruské rakety Rokot v prosinci 2002.

TOMÁŠ PŘIBYL

## Rosetta: evropský lovec komet



Prvou budoucí sondou má být Rosetta, kterou má vynesít 12. januára 2003 raketa Európskej vesmírnej únie Ariane 5. Rosetta zamieri ku komete 46P/Wirtanen, ku ktorej doletí po deviatich rokoch. Rosetta sa spočiatku usadí na extrémne eliptickej dráhe, na ktorej dvakrát v priebehu ôsmich rokov premeria priestor medzi Zemou a Marsom. Až potom sa vydá ku komete 46P/Wirtanen, s ktorou sa strene v novembri 2011. Na svojej ceste preskúma asteroidy Siwa a Otawara.

Vedecké prístroje na Rosette preskúmajú veľ-

kú špinavú snehovú guľu z mimoriadne nízkej obežnej dráhy, zo vzdialenosti 1000 metrov. Po prieskume vyšle Rosetta na povrch komety malú pristávaciu sondu, ktorá pomocou špeciálnych prístrojov preskúma jadro komety. (Jadro je zmesou vodného ľadu, zamrznutého oxidu uhoľnatého a oxidu uhličitého a prevažne kremičitej drte primordiálnej hmoty.) Na pristávacej sonde budú prístroje, ktoré dokážu skúmať aj mikroskopické zrníčka kometárneho jadra. Kometá 46P/Wirtanen sa tak stane najpodrobnejšie preskúmanou kometou. O desať rokov sa teda dozvieme o hmote, ktorá bola pred 4,6 miliardami základným stavebným materiálom pri formovaní našej Zeme a ostatných planét, podstatne viac.



Optické efekty prachových častíc v planetárnych atmosférach

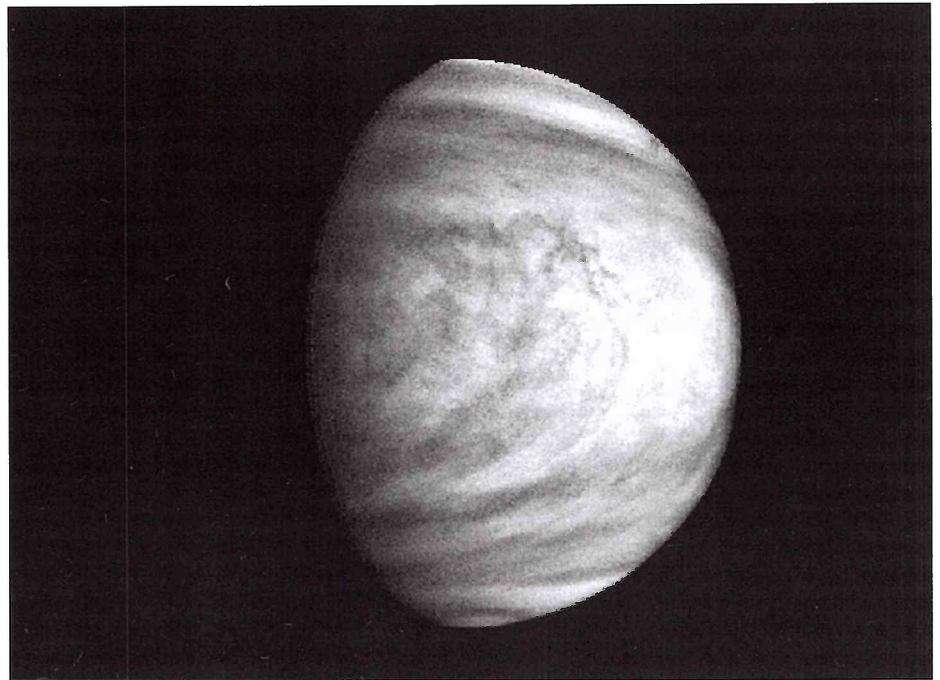
# Atmosféra VENUŠE

Atmosféra Venuše na rozdiel od zemskej atmosféry pozostáva prevažne z  $\text{CO}_2$  a zvyšok tvorí takmer výlučne  $\text{N}_2$ . Pod hustými oblačnými vrstvami, ktorých spodná hranica dosahuje asi 50 km, je atmosféra relatívne čistá. Dôležitou zložkou oblakov je pritom kyselina sírová a iné leptavé prímеси. Atmosféra obsahuje aj malé množstvo vody. Atmosférický tlak je takmer 90-krát väčší než na povrchu Zeme a povrchová teplota Venuše je zhruba 500 °C. Takáto vysoká teplota spôsobuje natavenie niektorých kovov na povrchu planéty. Výpočty jednoznačne dokazujú, že na dosiahnutie takej teploty musí v atmosfére Venuše existovať nejaký mechanizmus, ktorý s vysokou účinnosťou zachytáva a akumuluje slnečné žiarenie. Tieto vcelku pozoruhodné vlastnosti atmosféry významne formujú skleníkový efekt. Vo vysokej atmosfére možno zaznamenať vysokorýchlostné prúdenie, naproti čomu podoblačnú atmosféru možno považovať za stabilnú, s veľmi slabým prúdením v blízkosti planetárneho povrchu. Slabé prúdenie, ktorého rýchlosť dosahuje iba niekoľko metrov za sekundu, je podmienené konvekciou stimulovanou rozdielnym nahrievaním atmosféry.

## Niektoré aspekty interakcie žiarenia s prostredím planetárnych atmosfér

Planetárna atmosféra pozostáva z molekúl a prachových častíc, ktoré rozptyľujú a absorbujú žiarenie rôznym spôsobom. Prenos žiarenia v prostredí planetárnej atmosféry je problém (i) typu a množstva prachových častíc a molekúl v atmosfére, (ii) rozptylu a absorpcie svetla individuálnou časticou a molekulou, (iii) rozptylových vlastností zmesi prachových častíc a molekúl, (iv) viacnásobného rozptylu (v) odrazivých vlastností povrchu planéty a (vi) interakcie atmosféry a žiarenia odrazeného povrchom planéty.

Polarimetrické a fotometrické merania planetárnych atmosfér často pracujú so slnečným žiarením „odrazeným“ planetárnym povrchom a so žiarením späťne rozptýleným v objeme atmosféry. Naproti tomu extinkčné dáta (napr. pre medzihviezdny prach) vyjadrujú mieru oslabenia žiarenia vplyvom rozptylu do všetkých smerov a vplyvom absorpcie. Výpočet radiačných charakteristík pre systém náhodne orientovaných častíc reálneho tvaru je veľmi komplikovaný. Nesféricita však môže byť aproximovaná parametrom vyjadrujúcim pomer medzi najväčším a najmenším lineárnym rozmerom častice. Takto



možno modelovať rozptyl žiarenia napr. na rotačných elipsoidoch.

Koncentrácia častíc v planetárnych atmosférach je však natoľko vysoká (v porovnaní s kozmickým priestorom), že pole rozptýleného žiarenia je kreované štatistikou elementárneho objemu difúzneho prostredia. Elementárny objem planetárnej atmosféry pritom pozostáva z plynnej zložky a systému častíc s jeho vlastným koeficientom rozptylu (resp. extinkcie). Uhlová závislosť intenzity žiarenia rozptýleného štatisticky veľkým súborom náhodne orientovaných častíc je v takých prípadoch dobre fitovaná rozptylom na súbore sférických častíc s rovnakou rozmerovou distribúciou – polomer nesférickej častice je pritom definovaný ako polomer sféry s identickým objemom. Chyba aproximácie je nízka najmä v oblasti malých uhlov rozptylu ( $< 90^\circ$ ).

## Opticky husté prostredie atmosféry Venuše

Atmosféra Venuše patrí medzi stredne husté prostredia v porovnaní s ostatnými, zhruba desiatimi telesami Slnecnej sústavy, ktoré sú známe svojimi atmosférami. Hustejšie atmosféry sú pozorovateľné napr. u planét Jupiter, Saturn, Neptún

či Urán. Naopak za riedke prostredia (s optickou hrúbkou menšou než 1) možno považovať atmosféry Marsu, Pluta, Tritonu alebo Titanu. Reálnym problémom fyziky atmosféry Venuše je radiačný prenos v opticky hustej vrstve oblakov. Difúzne žiarenie opticky hustého disperzného prostredia je totiž produkované fotónmi podliehajúcimi viacnásobnému rozptylu. Ide o jeden z najkomplikovanejších procesov v teórii prenosu žiarenia, ktorý pre zjednodušenie možno chápať ako generovanie dodatočného žiarenia takzvaným samoožarovaním jednotlivých atmosférických vrstiev. Vzhľadom k veľmi veľkej optickej hrúbke oblačného pásma sú charakteristiky unikajúceho difúzneho žiarenia úzko spojené s jeho najvyššími vrstvami. Optická hrúbka molekúlárnej zložky atmosféry  $\tau_g$  dosahuje v pod-

oblačnej zóne vo viditeľnej časti spektra hodnoty okolo 9–10 (pri  $\lambda \gg 500$  nm), pričom pre ňu platí štandardný Rayleighov zákon

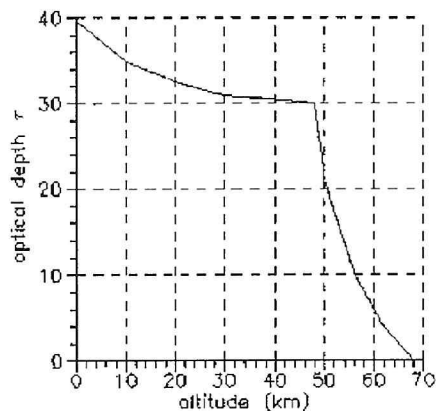
$$\tau_g(\lambda) = \tau_g(\lambda_0) \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^4$$

Optické vlastnosti atmosféry Venuše závisia okrem toho od koncentrácie častíc, ich vertikálnej stratifikácie, rozdelenia podľa veľkostí, chemického zloženia a mikroštruktúry. Vysoká intenzita svetla odrazeného Venušou v blízkosti jej dolnej konjunkcie naznačuje, že indikátrisa rozptylu (funkcia popisujúca efektívnosť rozptylu v rôznych smeroch) vysokých oblačných vrstiev bude silne natiatnutá s dominantným dopredným rozptylom (t. j. rozptylom v smere blízkom smeru postupu pôvodného žiarenia). Taký výsledok je typický pre častice alebo kvapôčky, ktorých rozmery sú väčšie alebo porovnateľné s vlnovou dĺžkou žiarenia. Uvedená skutočnosť však značne komplikuje matematické riešenie problému prenosu a rozptylu žiarenia (čo vyplýva z charakteru Mieho teórie rozptylu). Polarimetrické merania už dávnejšie ukázali, že efektívny rozmer čiaščiek v oblačných vrstvách môže byť zhruba 1,2  $\mu\text{m}$  a ich index lomu  $m$  vo viditeľ-



nej časti spektra okolo 1,44. Analýza radiačných meraní v oblasti  $\lambda \gg 1740$  nm a  $\lambda \gg 2300$  nm a ich vzájomnej korelácie podporila predpoklad o prítomnosti väčších mikrónových častíc (o rozmere 1–7  $\mu\text{m}$ ) v oblačných vrstvách a o nižšom percentuálnom zastúpení submikrónových nehomogenít ( $\sim 0,8$   $\mu\text{m}$ ).

Pri modelovaní prenosu žiarenia sme predpokladali, že plan-paralelná atmosféra Venuše pozostáva z dvoch homogénnych vrstiev: (1) čistá  $\text{CO}_2$  plynná vrstva rozprestierajúca sa od povrchu planéty až do zhruba 48 km a (2) oblačná vrstva tvorená zmesou kvapôčiek kyseliny sírovej a  $\text{CO}_2$  molekulami siahajúca do výšky približne 68 km. Ďalším predpokladom je lambertovský izotropne odrazujúci povrch s albedom zhruba 0,1 (t. j. 10 % z dopadajúceho žiarenia je spätne vyžiarených do atmosféry a 90 % je definitívne pohltitých planetárnym povrchom). Treba pripomenúť, že ak optická hrúbka celej 48-kilometrovej plynnej časti (spodnej) atmosféry  $\tau_g(\lambda = 630 \text{ nm})$  je „len“ 9,5 tak optická hrúbka 20-kilometrovej oblačnej vrstvy  $\tau_{cl}(\lambda = 630 \text{ nm})$  je až 30,2 (podľa meraní sondy Pioneer). Vertikálny profil celkovej optickej hrúbky atmosféry Venuše dokumentuje obr. 1.



Obr. 1: Vertikálny profil optickej hrúbky atmosféry Venuše na vlnovej dĺžke 630 nm.

Faktor asymetrie častôčiek oblačných vrstiev (určujúci mieru intenzity žiarenia rozptýleného v doprednom smere k celkovej intenzite žiarenia rozptýleného do všetkých smerov) má podľa meraní kozmickými sondami hodnotu  $\langle \cos \rangle = 0,692$  a albedo jednoduchého rozptylu (určujúce účinnosť rozptylu v procesoch oslabenia žiarenia)  $\omega = 0,998$ . Niektoré vlastnosti častíc v oblačnej a plynnej časti atmosféry sú prezentované v tab. 1.

	častice vo vysokých oblačných vrstvách			častice v spodnej plynnej atmosfére		
$\lambda$ (nm)	365	550	935	365	550	935
$m$	1,460	1,440	1,430	1,450	1,450	1,460
$\langle \cos \rangle$	0,761	0,718	0,703	0,740	0,721	0,612
$Q_{ext}$	2,310	2,395	2,896	3,011	2,163	0,885

Tab. 1: Niektoré vlastnosti častíc v oblačných vrstvách a v spodnej atmosfére Venuše.  $Q_{ext}$  je faktor účinnosti oslabenia žiarenia časticou na danej vlnovej dĺžke,  $m$  je index lomu častice a  $\langle \cos \rangle$  je takzvaný faktor asymetrie.

Efektívny polomer častíc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  v oblačných vrstvách bol neskôr podľa polarimetrických me-

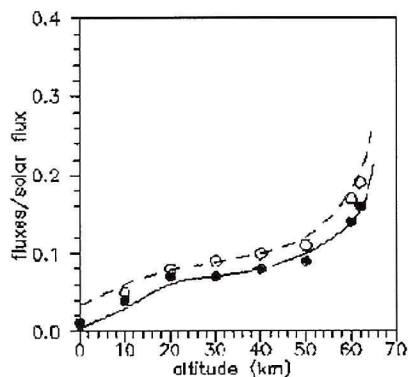
raní upresnený na hodnotu 1,05  $\mu\text{m}$ , zatiaľ čo častice v spodnej plynnej atmosfére sú podstatne menšie (okolo 0,23  $\mu\text{m}$ ). Vzhľadom na vysokú hodnotu albeda jednoduchého rozptylu  $\omega$  vo viditeľnej časti spektra, je oslabenie žiarenia spôsobené takmer výlučne rozptylom. Oblasť 400 nm až 700 nm leží tiež mimo absorpčných pásov plyných zložiek atmosféry, a to prakticky pri ľubovoľných meteorologických podmienkach charakterizovaných predovšetkým tlakom pri povrchu planéty. Jeho hodnota je okolo 900 kPa. Tieto fakty značia, že si pri riešení procesu prenosu žiarenia v atmosfére Venuše vystačíme s teóriou rozptylu.

Rozmerová distribúcia častíc  $f_{cl}$  v oblačnej vrstve by mohla byť podľa analógie so zemskou atmosférou fitovaná známou modifikovanou gamma funkciou. Vykonali sme preto viaceré výpočty fázových funkcií rozptylu (indikatrix) pre modelové distribúcie častíc a následne sme ich porovnali s meraniami sondy Venera 12. Vyhovujúce rozdelenia boli včlenené do druhej časti výpočtu, v ktorej boli spektrálne toky žiarenia systematicky porovnávané s nameranými údajmi.

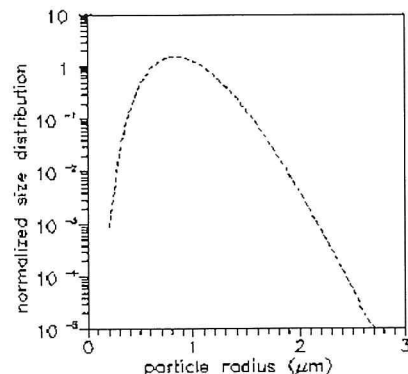
Výsledky výpočtov ukázali, že modelová distribúcia, ktorá vyhovuje nameraným hodnotám tokov dolesmerujúceho a unikajúceho žiarenia (obr. 2), má nasledujúci tvar (obr. 3)

$$f_{cl}(r) \approx r^{11.3} e^{-13.6r}$$

kde polomer častíc  $r$  je udávaný v mikrometroch.



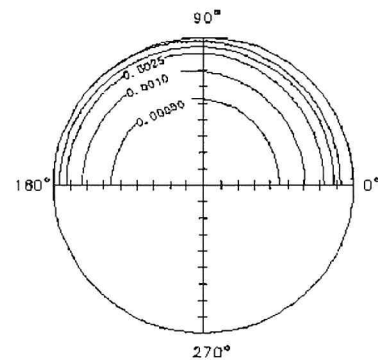
Obr. 2: Vypočítané hodnoty dolesmerujúceho žiarenia (prerušovaná čiara) a unikajúceho žiarenia (plná čiara) v modelovej atmosfére Venuše v porovnaní s hodnotami meranými sondou Pioneer.



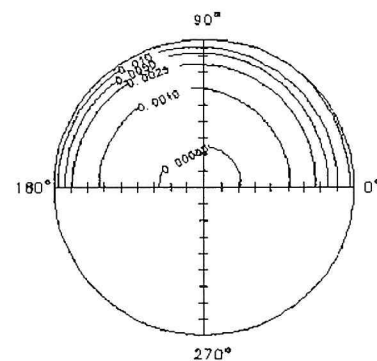
Obr. 3: Modelovaná normovaná rozmerová distribúcia častíc v oblačných vrstvách Venuše.

Optická hrúbka takých veľkých častíc je prakticky konštantná v celej oblasti viditeľného spek-

tra. Vypočítané toky žiarenia pri zenitovom uhle Slnka  $\xi_0 = 65,6^\circ$  prezentované na obr. 2 boli normované na hodnotu toku slnečného žiarenia mimo atmosféru Venuše. Metódou MRSM (pozri KOZMOS XXXIII/6 2001, str. 26–28) bola spočítaná štruktúra poľa rozptýleného žiarenia na hornej hranici atmosféry s definovanou distribučnou funkciou častíc. Výsledky pre prvý rád rozptylu v rôznych spektrálnych oblastiach vo viditeľnej časti spektra (obr. 5 a 6) potvrdili silnú asymetriu indikatrix rozptylu predpokladanú z meraní odrazeného svetla.



Obr. 4: Spektrálne funkcie žiary na hornej hranici atmosféry Venuše získané metódou MRSM pre vlnovú dĺžku žiarenia 450 nm (modré svetlo).



Obr. 5: Spektrálne funkcie žiary na hornej hranici atmosféry Venuše získané metódou MRSM pre vlnovú dĺžku žiarenia 650 nm (červené svetlo).

Intenzita žiarenia sa zvyšuje smerom ku okraju disku Venuše, čo je jednak dôsledkom profilu fázovej funkcie v oblasti spätného rozptylu a jednak enormným nárastom optickej hmoty  $M$  atmosféry Venuše smerom k horizontu. Optická hmotnosť  $M$  určuje hmotnostné množstvo atmosféry „nazbierané“ pozdĺž dráhy lúča pri danom zenitovom uhle  $\xi_0$ . Pri  $\xi_0 < 80^\circ$  (teda nie v blízkosti horizontu) platí približenie  $M = 1/\cos \xi_0$ . Pre pozemského pozorovateľa je však vypočítaný profil rozloženia intenzity rozptýleného žiarenia dodatočne modifikovaný kosínusovým zákonom (teda vypočítané hodnoty intenzity treba násobiť kosínusom uhla, ktorý určuje uhlovú vzdialenosť miesta na disku Venuše od jeho stredu). Podobné výpočty pre vzdialenú infračervenú oblasť ( $\lambda \gg 1300$  nm) ukázali, že hodnoty žiary budú prakticky rovnaké na celom disku planéty, čo potvrdili aj merania.

MIROSLAV KOCIFAJ

Astronomický ústav SAV,

Dúbravská cesta 9, 842 28 Bratislava

kocifaj@astro.savba.sk



# Zpřesněný způsob seřízení optiky Newtonova dalekohledu

## Úvod

Newtonův dalekohled je pro své vlastnosti (příznivá cena, vynikající kvalita obrazu v blízkosti optické osy atp.) velice oblíbeným přístrojem mezi amatéry. V poslední době se objevuje stále více amatérských přístrojů s poměrně velkými rozměry primárního zrcadla a velkou světlostí ( $D = 300$  mm a více, světelnost 1:5 a více). Tyto přístroje ale mnohdy přináší svým majitelům rozčarování. Jejich obraz i přes ujišťování o vynikající kvalitě optiky není dokonalý. I přesto, že jsou použity ortoskopické okuláry a ne příliš velká zvětšení, jsou obrazy jasnějších hvězd znehodnoceny komatickou vadou, a to vede ve svém důsledku ke zmenšení výkonu přístroje.

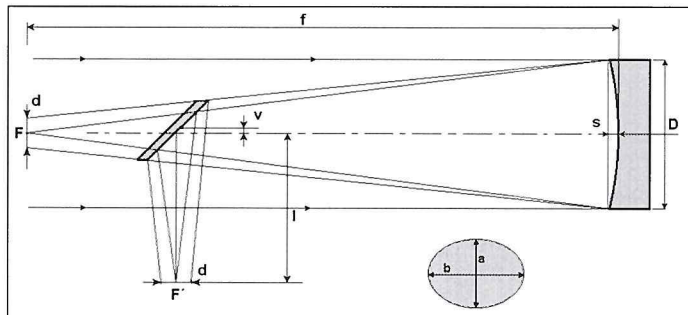
Jsme vlastníky několika dalekohledů Newtonova typu a během posledních dvou let jsme vypracovali jednoduchý a velice účinný postup justace optiky dalekohledů tohoto typu. Navíc jsme zjistili, že spousta našich astronomických přátel si neví s tímto problémem příliš rady. To jsou důvody, které nás vedly k napsání tohoto článku.

Pro dobré pochopení postupu justace Newtonova dalekohledu si bude velmi užitečné připomenout princip této optické soustavy a význam jednotlivých parametrů.

Princip dalekohledu Newtonova typu je známožněn na obr. 1 a je ve své podstatě velmi jednoduchý. Primární zrcadlo, jehož optická plocha má tvar rotačního paraboloidu, odráží paprsky z nekonečna do primárního ohniska  $F$ . Před ohniskem je umístěno pomocné, tzv. sekundární, rovinné zrcadlo skloněné vůči optické ose pod úhlem  $45^\circ$ , které odráží paprsky do sekundárního ohniska  $F'$ , kde je obraz pozorován pomocí okuláru. Tolik princip dalekohledu. A teď několik poznámek k parametrům soustavy. Parametry je možno rozdělit do tří skupin:

**Parametry dané** : jsou dány rozměry a ohniskovou vzdáleností primárního zrcadla.

- D** průměr primárního zrcadla (mm)
- f** ohnisková vzdálenost primárního zrcadla (mm)
- s** hloubka zrcadla (mm) – pro orientační výpočet lze zanedbat



Obr. 1: Newtonův dalekohled a jeho parametry.

**Parametry volené**: tyto parametry volíme při konstrukci dalekohledu v návaznosti na jeho budoucí funkci a konstrukci tubusu (vizuální nebo fotografický dalekohled atp.)

- l** vzdálenost sekundárního ohniska  $F'$  od optické osy (mm)
- d** požadovaný průměr zorného pole bez odstínění okrajových částí (mm).

**Parametry počítané**: jedná se o parametry vypočítané z parametrů daných a volených.

- amin** minimální malá poloosa sekundárního rovinného zrcadla eliptického tvaru ( $d = 0$ )
- a** malá poloosa sekundárního zrcadla (mm)
- b** velká poloosa sekundárního zrcadla (mm)
- v** posunutí středu sekundárního zrcadla oproti optické ose směrem od okuláru – **offset** (mm). – viz obr. 1.

Poznámka: Velice pěkný článek, který obsahuje všechny potřebné vzorce pro výpočet parametrů soustavy publikoval Milan Kamenický v Kozmosu č. 3, roč. 1997, str. 28 pod názvem *Výpočet sekundárního zrcadla pro Newtonův dalekohled*, který vřele doporučujeme čtenářům k prostudování.

## Postup justace Newtonovy optické soustavy

Pro dobrou funkci soustavy je nutné zajistit správnou polohu sekundárního zrcadla a umístění okuláru přesně v optické ose soustavy.

Postup seřízení můžeme shrnout do několika kroků. Podmínkou pro níže uvedený postup je správný rozměr sekundárního zrcadla a znalost offsetu  $v$ . Dále je nutné opatřit primární zrcadlo v jeho **přesném středu** černým terčíkem o průměru cca 5 mm. Nakonec je nutné zhotovit pomocný dalekohled, který je možno zasunout do okulárového výtahu.

### 1. krok: seřízení sekundárního zrcadla

- 1.1** Nastavíme u sekundárního zrcadla **offset** (konstrukce uchycení sekundárního zrcadla to musí umožňovat).
- 1.2** **Posuvem** sekundárního zrcadla ve směru optické osy (dále od primárního zrcadla nebo blíže k němu) a **rotačním pohybem** ko-

lem osy rovnoběžné s optickou osou musíme dosáhnout centrálního zobrazení primárního zrcadla při pohledu přes střed okulárového výtahu. Seřízení v této fázi provádíme **pouhým okem** bez okuláru a bez pomoci malého dalekohledu. K seřízení je vhodné použít masku se soustřednými kruhy umístěnou na hlavním zrcadle, ale u plných tubusů je její použití problematické.

- 1.3** Do okulárového výtahu zasuneme pomocný dalekohled zaostřený na plochu hlavního zrcadla, viz obr. 2.
- 1.4** Pomocí justážních šroubů zajistíme takovou polohu sekundárního zrcadla, aby terčík ve středu prim. zrcadla byl viditelný ve středu zorného pole pomocného dalekohledu. Tím dosáhneme toho, že okulár je v optické ose soustavy.
- 1.5** Sekundární zrcadlo zafixujeme.

Poznámka: Od tohoto okamžiku se sekundárním zrcadlem již nepohybujeme!

### 2. krok: „hrubé“ seřízení primárního zrcadla (ve dne)

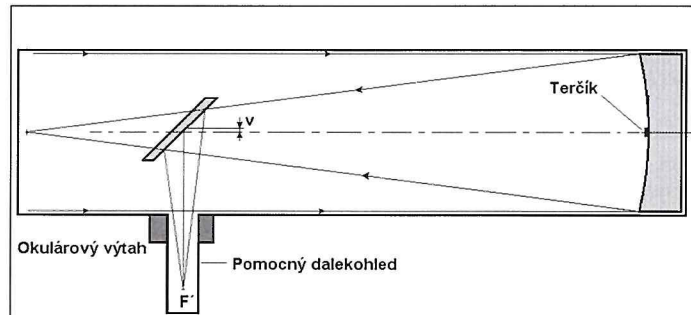
- 2.1** Seřízení v této fázi provádíme taktéž prostým okem bez okuláru a bez pomocného dalekohledu. Pohybem justážních šroubů primárního zrcadla zajistíme, aby se obraz okulárového výtahu promítal přesně do středu prim. zrcadla (černý terčík – viz obr. 3).
- 2.2** zrcadlo zafixujeme v nastavené poloze; v této fázi seřizování již můžeme do okulárového výtahu zasunout okulár a ověřit kvalitu seřízení na vhodném objektu (vzdálená anténa na světlém pozadí atp.)

### 3. krok: „jemné“ nastavení primárního zrcadla (v noci)

Tento krok provádíme s kvalitním ortoskopickým okulárem s nejmenším zvětšením, které máme k dispozici.

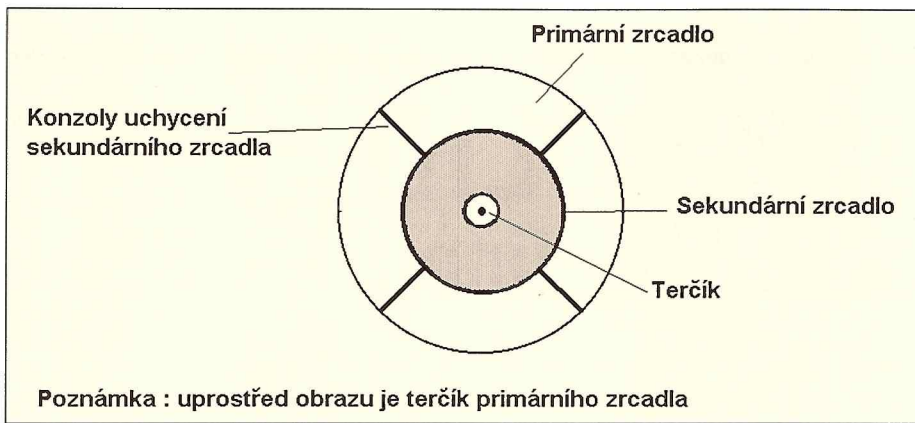
- 3.1** Povolíme fixaci primárního zrcadla.
- 3.2** Do zorného pole umístíme obraz jasně hvězdy v okolí zenitu, kterou rozostříme. Opatrnými pohyby justážních šroubů se snažíme dosáhnout zcela symetrického rozdělení jasů rozostřené hvězdy – viz obr. 4 (segmenty 1 až 4 mají stejný jas).
- 3.3** Primární zrcadlo zafixujeme.

Vzhled zorného pole dle obr. 4 závisí na světelnosti dalekohledu. U relativně menších světelností je obraz shodný s výše uvedeným obraz-

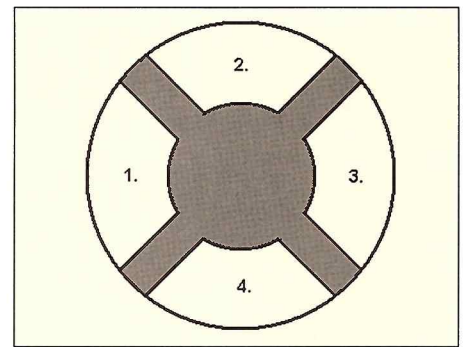


Obr. 2: Seřízení sekundárního zrcadla.





Obr. 3: Obraz v okulárovém výťahu po „hrubém“ seřízení primárního zrcadla.



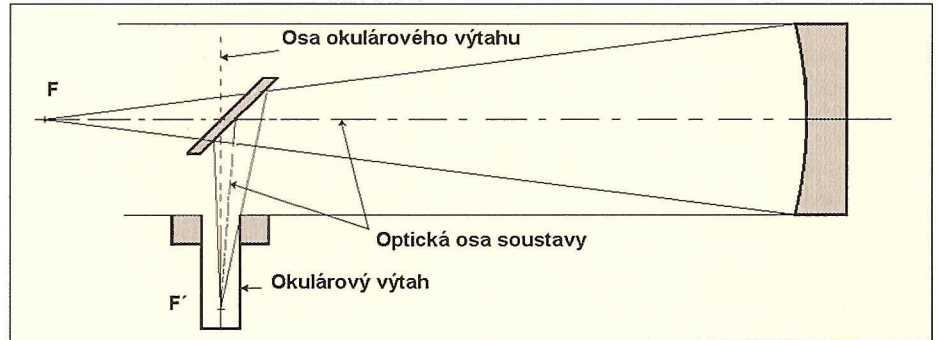
Obr. 4: Vzhled zorného pole okuláru po „jemném“ seřízení primárního zrcadla.

kem, tzn. má vzhled mezikruží. U extrémně světelných dalekohledů obraz přechází vzhledem k rozměrům sekundárního zrcadla do obrazce podobného „řetízku“. Při seřízení dle bodu 3 již vůbec nepohybujeme sekundárním zrcadlem, neboť každá taková manipulace vede ke zhoršení obrazu a celý postup justace je nutno zopakovat!

### Závěrečné poznámky

Je překvapivé, že při seřizování celé soustavy je justace sekundárního zrcadla důležitější a složitější než justace zrcadla primárního. Zcela rozhodující pro úspěšné zvládnutí tohoto úkolu je použití pomocného dalekohledu, který zajistí to, že okulár bude umístěn přesně v optické ose soustavy. Ze zkušenosti můžeme říct, že pokud není pomocný dalekohled použit, vypadá soustava z hlediska seřízení v pořádku, ale výsledek při pozorování dobrý být nemusí. Příčina je schématicky znázorněna na obr. 5. Na tomto místě je třeba podotknout, že pomocný dalekohled nemusí být opticky nijak kvalitní a přesto splní svůj účel.

Seřízení primárního zrcadla je poměrně jednoduché a u soustav s menší světelností je zcela dostatečné seřízení dle bodu 2. U světelnějších soustav (1:5 a více) doporučujeme kontrolu a korekci seřízení dle bodu 3.



Obr. 5: Ukázka chyby při seřízení sekundárního zrcadla.

Na závěr znovu zdůrazníme podstatné myšlenky, na nichž je založena výše uvedená metoda:

- možnost posunu středu sekundárního zrcadla mimo hlavní optickou osu soustavy (offset),
- terčík uprostřed primárního zrcadla,
- pomocný dalekohled s možností zasunutí do okulárového výťahu,
- rozhodující význam seřízení sekundárního zrcadla,
- metoda kontroly seřízení pomocí obrazu rozostřené hvězdy.

Uvedený postup byl v praxi mnohokrát s úspěchem aplikován a metoda potvrdila svou opakovatelnost. Autoři článku jsou vlastníky Newtonův  $D=250\text{ mm}/f=1400\text{ mm}$ ,  $D=200\text{ mm}/1000\text{ mm}$ ,  $D=125\text{ mm}/420\text{ mm}(!)$ .

Vzhledem ke kvalitě optiky byl výsledný obraz vždy vynikající a umožnil plné využití všech předností dalekohledů tohoto typu.

**OLDŘICH ŘEHÁČEK,  
MIROSLAV KAVAN**

## Blízkozemná planétka 1998 WT24



Snímka bola zhotovená ďalekohľadom 200/900 s použitím korektora kómy na kinofilm FUJICOLOR Super G plus 800 ASA. Zorné pole snímky je 1×1,5 stupňov. Expozícia trvala 10 minút a je zo 14. decembra 2001. Sever je hore a pohyb planétky je zľava doprava. Foto: J. Horňák

Mimoriadne priaznivé podmienky na vizuálne pozorovanie tejto planétky sme vo hviezdárni v Partizánskom využili počas dvoch jasných nocí 14. a 15. decembra 2001. Samozrejme, že okrem vizuálneho pozorovania sme aj fotograficky zaznamenali jej pohyb medzi hviezdami.

Prvú noc sme pozorovali pomocou ďalekohľadu COUDE 150/2250, ktorý sme zároveň využili na pointáciu pri fotografovaní zrkadlovým ďalekohľadom 200/900. Samotné vyhľadanie planétky sa nezaobišlo bez problémov, nakoľko obraz v hlavnom ďalekohľade je vplyvom troch rovinných plôch okrem natočenia aj prevrátený. Až po správnom nastavení vyhľadávacej mapky sme mohli nájsť aktuálne hviezdne pole a neskôr aj identifikovať pohybujúci sa objekt v zornom poli ďalekohľadu. A že si bolo treba dávať pozor na „ženúcu“ sa planétku, si určite všimli všetci, ktorí mali možnosť ju pozorovať pri väčšom zväčšení. Veď takýto rýchly pohyb planétky

(rýchlosť jej zdanlivého pohybu bola takmer  $1^\circ$  za hodinu) sa nevidí každú noc. Počas tejto noci sme získali 15 snímok planétky.

V čase maximálneho priblíženia asteroidu 1998 WT24 k Zemi 15. decembra sme sledovali jej pohyb prostredníctvom osvedčeného ďalekohľadu Somet Binar  $25 \times 100$  v súhvezdí Perzea. Pozorovať sme začali pred polnocou, keď súhvezdie Perzea kulminovalo. Vyhľadať hviezdne pole, kde sa nachádzala planétka, nebolo ťažké, skôr bolo ťažšie ju identifikovať. Veľké zorné pole použitého ďalekohľadu si vyžiadalo dlhší čas na presné určenie planétky. V dôsledku veľkého priblíženia planétky k Zemi sa výrazne menila jej poloha na hviezdnom pozadí. Po krátkom čase sme zaregistrovali v sledovanom hviezdnom poli zmenu, jedna „hviezdička“ sa pohla. Keď sme sa pokochali pohľadom na asteroidálny „expres“, tak sme ešte nafotili 7 snímok planétky.

**J. HORŇÁK a V. MEŠTER**



# MIMOŘÁDNÝ BOLID nad Zakarpatskou Ukrajinou

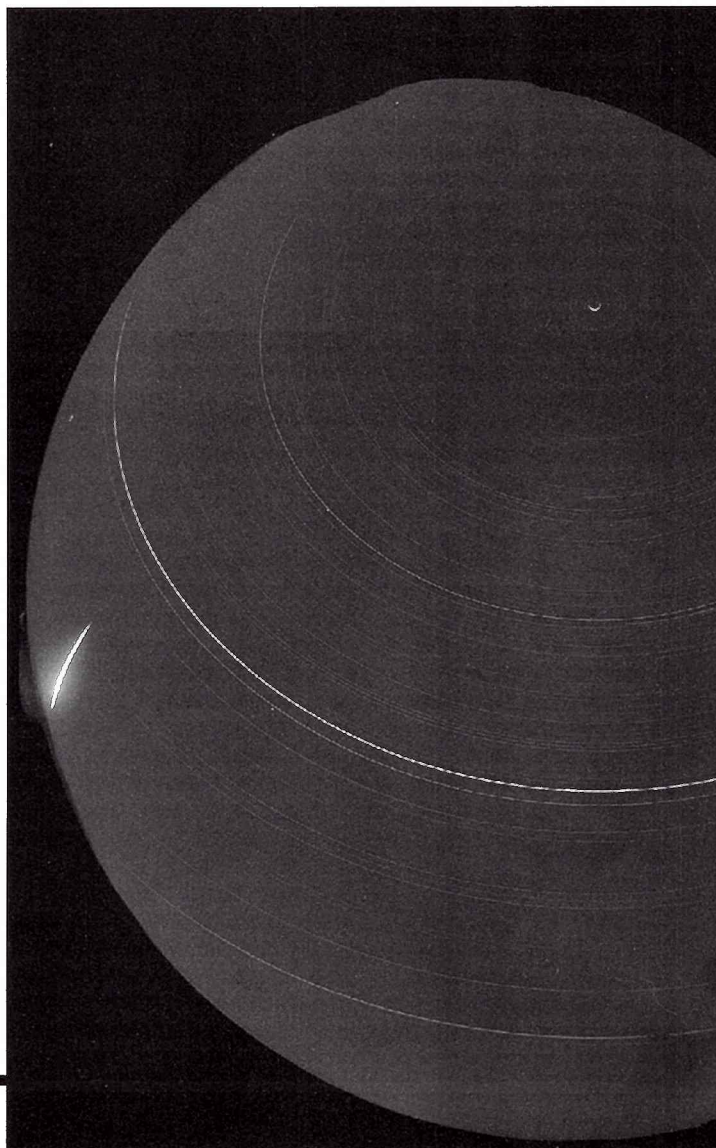
Dlouho očekávaná noc, kdy měla opět po roce vrcholit aktivita meteorického roje Leonid, teprve začínala, a málokdo mohl předpokládat, že hlavní meteorická atrakce nad územím centrální a východní Evropy se odehraje ne až po východu radiantu Leonid, ale již necelou hodinu po setmění. Počasí bylo na danou roční dobu až nezvykle příznivé, obloha byla jasná na velké části právě střední a východní Evropy a tak mnoho náhodných svědků, ať už ze Slovenska, Polska či Ukrajiny upoutal na obloze pomalu letící objekt, který se postupně velmi zjasňoval až dosáhl jasnosti mnohonásobně převyšující jasnost Měsíce v úplňku a ozářil tak nejen oblohu, ale také okolní krajinu. Celý jev trval jen několik sekund a jak nenápadně začal tak se celkem rychle z oblohy i vytratil být za mohutného světelného doprovodu. Předtím se však objekt stál ještě rozpadnout pravděpodobně na tři kusy, jak to popsali svědci, kteří měli ukaz výše na obloze a tudíž k němu byli i blíže. Tím však celá záležitost neskončila, neboť po několika desítkách sekund bylo slyšet především na území Zakarpatské Ukrajiny, ale také z nejvýchodnější části Slovenska, silné dunění a v některých místech se chvěly i zdi a třásly okenní tabule. Bylo jasné, že lidé viděli mimořádný bolid, který pravděpodobně pronikl velmi hluboko do atmosféry a mohl skončit pádem meteoritů. Všechny okolnosti průletu tomu jasně nasvědčovaly.

Tak jako každou jasnou noc tak i tuto byly v činnosti celooblohové kamery na stanicích jak české tak i slovenské části Evropské bolidové sítě. Navíc obsluha kamer byla předem informována o důležitosti právě této noci, kdy se očekávalo maximum Leonid, i když tento rok nemělo být nad Evropou tak výrazné jako ve dvou předešlých letech. Nicméně stále máme v paměti překvapivou bolidovou show z roku 1998 a tak, přestože od té doby již aktivitě roje Leonid mnohem lépe rozumíme a dokážeme ji spolehlivěji předpovědět, stejně už z principu nechceme nic ponechat náhodě a kde to jen trochu počasí umožní, tak se tu noc exponuje. Já jako už ve třech předešlých letech jsem vyjel za Leonidami do zahraničí a byl jimi jako vždy předtím velmi okouzlen. Přesto jsem byl hodně zvědav i na místní pozorování, zvláště když jsem zjistil, že kromě západní části naší sítě bylo všude jasno. Má jedna z prvních cest po příletu z úspěšné expedice do USA tedy vedla do temné komory, kde byly vyvolané snímky z prvních stanic, které do Ondřejova dorazily. A na první pohled bylo vidět, že i tady se bylo na co dívat, neboť například na celooblohovém snímku ze stanice Svatouch jsem napočítal téměř 30 Leonid, z nichž některé musely být dokonce jasnější jak  $-10$  magnituda. Při limitní citlivosti našich ka-

mer  $-4$  mag to musela být i zde ve střední Evropě skutečně nádherná podívaná. Pak mě ale zaujal snímek ze stanice Veselí nad Moravou, kde nebylo sice tolik Leonid, protože se tam nad ránem udělala mlha, ale kde velmi nízko nad východním obzorem za jednou z kopolí místní hvězdárny končila poměrně výrazná stopa něčeho, co jsem se na první pohled zdráhal nazvat bolidem. Exponovaná dráha totiž nebyla přerušovaná sektorem, který dělá časové značky na světelné stopě meteoru, ale hlavně tato stopa byla velmi silná a navíc se směrem k horizontu neztenčovala ani díky značné extinkci, jak je obvyklé. Pokud by to tedy bolid byl, tak to musel být zcela mimořádný kousek. Mé pochybnosti ještě poněkud zesílily v okamžiku, kdy jsem takový objekt nenašel na snímku ze Svatouchu. Tam však začala expozice o necelé 2 hodiny později, a tak bolid mohl letět právě v té době. Nezbyvalo než čekat na další stanice. Naštěstí to netrvalo dlouho a hned druhý den jsme se dočkali. Přišly totiž snímky ze stanice v Kostelní Myslové u Telče a po jejich vyvolání už nebylo nejmenších pochyb. Tu noc leonidového maxima letěl ještě jiný bolid než Leonida (směr totiž již na první pohled neodpovídal) a navíc musel letět zpočátku noci, neboť to mohl být jediný důvod proč nebyl nalezen na snímku ze

Svatouchu. Pak už šlo vše velmi rychle a standardním způsobem. Bylo to teprve druhý den po mém návratu z USA a tak v té záplavě emailů týkajících se z velké části velkolepého představení Leonid, ať už nad Amerikou či později nad Asií a Austrálií jsem našel jedno pozorování z Polska, které popisuje velmi jasný bolid krátce před 18 hodinou SEČ a které velmi dobře korespondovalo s tím, co jsme viděli na snímcích z Veselí a Telče. Měli jsme tedy první představu o čase přeletu. Okamžitě jsem prohlédl patřičnou část záznamu ze speciálního přístroje – radiometru, který s velmi vysokým časovým rozlišením 1200krát za sekundu automaticky snímá celkový jas oblohy ve viditelném a blízkém infračerveném oboru spektra. Tyto

přístroje, které máme zapůjčené z USA od roku 1999 jsou umístěné v Ondřejově a v Kunžaku v jižních Čechách a slouží především k pořízení velmi podrobných světelných křivek jasných meteorů. Jako vedlejší produkt je naprosto přesná informace o čase přeletu bolidů, neboť radiometrický záznam je přesně časově korigován přijímačem časového signálu DCF. Byl jsem velmi překvapen, že na obou místech se podařilo nalézt jednoznačný záznam meteorického jevu, protože přinejmenším v Ondřejově bylo celou noc úplně zataženo, ale hlavně jak se později ukázalo, nejjasnější část dráhy bolidu ležela již pod ideálním horizontem obou míst! Z obou radiometrických záznamů jsme tedy dostali jednak přesnou časovou informaci a dále pak objektivní odhad spodního limitu zdánlivé maximální jasnosti. Víme tedy, že bolid byl nejjasnější přesně v  $16^h52^m46.7^s$  UT a dosáhl přitom zdánlivé jasnosti  $-14.5$  magnitudy měřeno z Ondřejova. Později ze znalosti přesné atmosférické dráhy jsme vypočítali, že tato jasnost odpovídá absolutní jasnosti bolidu  $-18.5$  magnitudy (tj. jasno-





sti ze vzdálenosti 100 km). Takovou jasnost se už tento bolid řadí do kategorie velmi vzácných bolidů, zvaných superbolidy. Za celou téměř 50ti letou historii fotografování meteorů ve střední Evropě to byl teprve pátý případ, který taková kritéria splnil. Jak se však ukázalo později, zdaleka to nebylo to nejvzácnější, čím tento bolid vynikal.

Ze všech těchto předběžných údajů už bylo jasné, že musíme rychle opustit krásné Leonidové opojení a věnovat všechno své úsilí tomuto naprosto mimořádnému případu. Bohužel však bylo též jasné, že se bude jednat o velmi vzdálený bolid někde daleko na východě a že určení přesné atmosférické dráhy bude velmi obtížné. Bylo tedy nutné získat co nejvíce nezávislých fotografických záznamů. Okamžitě jsme tedy zahájili pátrání na našich zbylých východních stanicích na Červené a Lysé hoře. V prvním případě jsme měli smůlu, neboť obsluha spustila kameru necelých 15 minut po přeletu bolidu, zato však na Lysé hoře začali včas a tak jsme měli k dispozici již třetí snímek. Zdaleka nejdůležitější však bylo zjistit, zda v tu do-

Stanice	Začátek světelné dráhy					Konec světelné dráhy				
	Az (°)	Zd (°)	H (km)	ε (km)	R (km)	Az (°)	Zd (°)	H (km)	R (km)	ε (km)
Skalnaté Pleso	275.3	74.1	81.4	271.8	0.204	285.0	87.2	13.5	186.1	0.070
Modra	260.4	82.9	78.7	486.3	0.183	262.2	89.9	14.2	401.7	0.017
Lysá hora	278.3	80.4	80.4	401.1	0.099	284.3	88.7	17.0*	325.5	0.097
Telč	269.5	85.5	77.5	611.5	0.141	271.7	89.7	27.1*	548.7	0.264
Veselí nad Mor.	268.7	83.6	67.8	458.8	3.7	271.0	88.4	24.4*	403.7	7.5

Tabulka 1: Počáteční a koncové hodnoty azimutu (Az), zenitové vzdálenosti (Zd), výšky nad povrchem (H), vzdálenosti od kamery (R) a odchylky od střední vypočtené dráhy pro jednotlivé stanice (ε), kde byl bolid vyfotografován. Hvězdička u koncových výšek pro poslední 3 stanice znamená, že nebyl vyfotografován skutečný konec bolidu, bolid zalétl za reálný horizont příslušné stanice.

bu exponovali na slovenských stanicích na Modre a především pak na Skalnatém Plesu. Kontaktoval jsem tedy kolegy na obou místech a čekal na odpověď. Ta nedala na sebe dlouho čekat a k mé obrovské radosti byla z obou míst pozitivní. Na tomto místě musím vyzdvihnout vynikající spolupráci s oběma slovenskými pracovišti a poděkovat všem zúčastněným za dlouholetou systematickou práci, která již několikrát přinesla pěkné výsledky, avšak toto byl zdaleka nejdůležitější případ. V neposlední řadě patří dík Dr. Vladimíru Porubčanovi za koordinaci činnosti slovenských stanic bolidové sítě a za zprostředkování snímků tohoto bolidu z obou observatoří, které jsme obdrželi ve velmi krátké době. Jako naprosto rozhodující se ukázal být snímek ze Skalnatého Plesa, které bylo k bolidu nejbližší a kde jako na jediné stanici byly dobře rozlišitelné časové značky na celé vyfotografované dráze bolidu. Právě to nám umožnilo určit průběh rychlosti a brždění po celé dráze bolidu. Navíc tu byl i spolehlivě zachycen konec světelné dráhy.

Tím jsme o bolidu shromáždili všechna dostupná instrumentální data, neboť ostatní má snaha již vyšla naprázdno. Snažil jsem se totiž ještě získat data z amerických satelitů a z infrasonických detektorů v Německu, ale v obou případech byl výsledek negativní. Mohli jsme tedy začít s měřením a následným redukováním snímků a počítáním atmosférické i heliocentrické dráhy. Veškeré proměňování negativů provedla jako obvykle velmi pečlivě ing. J. Kecalíková na měřicím zařízení Askorkord. Bylo jasné, že bude velmi záležet na kvalitním zredukování snímků, neboť na všech stanicích ležel bolid velmi nízko nad obzorem a navíc geometrie upořádání stanic vůči dráze bolidu ani zdaleka nebyla ideální – všechny stanice ležely v jednom směru, maximální rozdíl azimutů byl necelých 18 stupňů. To vše je velmi dobře patrné z tabulky 1, kde jsou uvedeny všechny stanice,

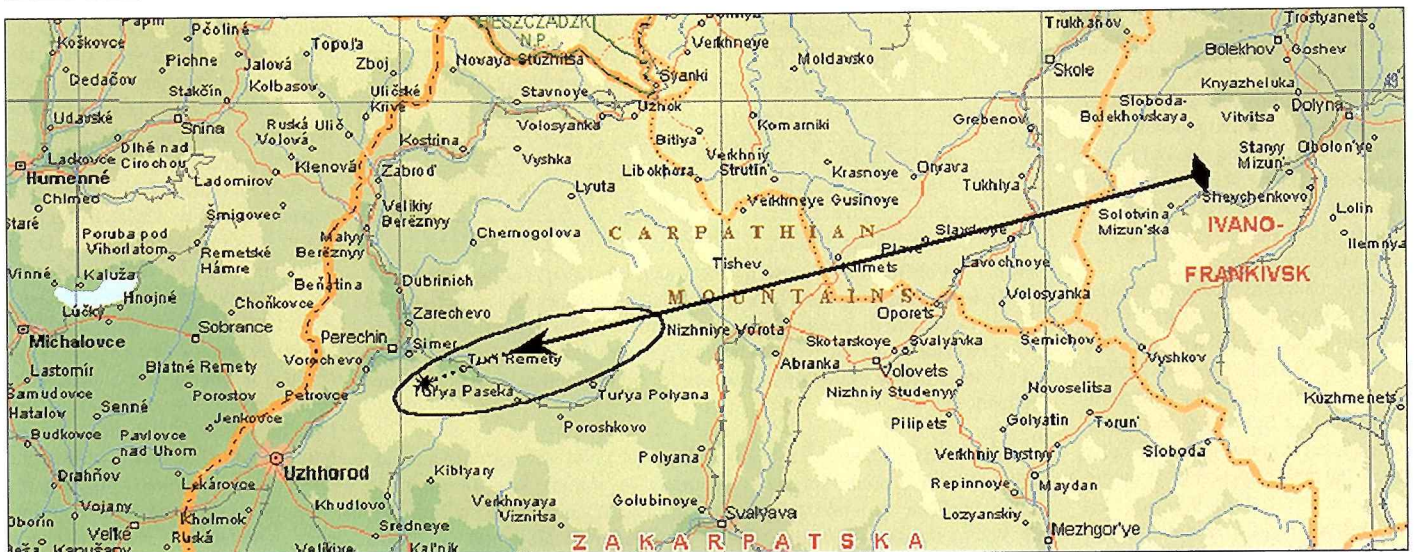
kde byl bolid vyfotografován, azimuty (astronomické – 0 stupňů je jih) a zenitové vzdálenosti pro první a poslední měřený bod na dráze, skutečné výšky v atmosféře pro tyto body, jejich vzdálenosti od stanic a odchylky od střední vypočtené dráhy z prvních čtyřech stanic v kilometrech. Je jasné, že i velmi malé chyby v úhlovém určení pozice se na vzdálenost až několika set kilometrů projeví podstatně výrazněji, než když je bolid vyfotografován někde uvnitř sítě. Velmi se nám tedy zúčastila dlouholetá práce na co nejdokonalším popsání používaných objektívů typu rybí oko v celém rozsahu především zenitových vzdáleností až na samý horizont. Jak je z tabulky 1 vidět, končil bolid například pouhou jednu desetinu stupně (!) nad ideálním horizontem na Modre a přesto je tento bod naprosto rovinně spolehlivý jako všechny ostatní. Všechny 44 měřených bodů ze 4 stanic (do výpočtu není zahrnuta stanice 12) leží v rozsahu 200 metrů od střední dráhy, která definuje výslednou atmosférickou dráhu bolidu. Je to obdivuhodná přesnost, když si uvědomíme, že vše je pořízeno objektivem s ohniskovou vzdáleností pouhých 30 mm a že například začátek bolidu byl od stanice v Telči vzdálen více než 600 km! Zcela zásadním se tak opět ukázalo používání velmi přesných objektívů Zeiss Distagon jak na českých a moravských tak i na slovenských stanicích bolidové sítě. Snímek ze stanice Veselí nad Moravou nakonec nemohl být pro výsledné zpracování použit právě z důvodů menší přesnosti použitého objektívu Zodiac, který má jinak stejnou ohniskovou vzdálenost a světelnost jako Zeiss Distagon, který však ale vyhovuje v rozmezí zenitových vzdáleností do 75 stupňů, což bohužel nebyl případ tohoto bolidu. A tak odchylka pro tuto stanici byla o více jak jeden řád horší.

Po úspěšné redukci jsme tak mohli spočítat konečně všechny parametry atmosférické dráhy bolidu. Ty nejdůležitější z nich jsou shrnuty v ta-

bulce 2 a je z nich vidět, že jsou určeny dosti spolehlivě, i když tato přesnost je přece jen výrazně horší než jakou běžně dosahujeme pro bolidy vyfotografované uvnitř sítě. Jak je dobře patrné i z obrázku 1, celá atmosférická dráha ležela nad územím západní Ukrajiny. Začátek ležel ve výšce 81 km západně od města Dolina a konec světelné dráhy ležel pouze 13,5 km vysoko poblíž obce Turji-Remety již nepříliš daleko od slovenských hranic. Na Slovensko však bohužel ale bolid už nedolétl. Celá fotografovaná atmosférická dráha byla 106 km, bolid ji uletěl za 6,9 sekund a byla skloněna k zemskému povrchu pod úhlem 40 stupňů. Vstupní rychlost meziplanetárního tělesa byla téměř 18,5 km/s a při pohasnutí se těleso zbrzdilo na pouhých 3,8 km/s. Co je však nejdůležitější, zdaleka ne všechna původní hmota tělesa, která vychází v řádu několika tun, shořela během průletu atmosférou a několik set kilogramů (!) dopadlo na zemský povrch. Tento odhad koncové hmoty vychází z přímo měřených hodnot rychlosti a brždění na konci světelné dráhy a předpokládané hustoty kolem 3,5 g/cm<sup>3</sup>. Je to tzv. dynamická hmota. Zpět se tak dostávám k tomu čím je tento bolid výjimečný. Je to především hloubka průniku v zemské atmosféře a koncová hmota. Ještě nikdy v historii a nejen Evropské bolidové sítě, ale všech fotografických programů kdekoli na světě nebyl žádný bolid fotografován tak nízko nad zemským povrchem a to do výšky pouhých 13,5 km! Navíc tato výška je ze stanice, která byla od konce bolidu vzdálena přes 180 km a tudíž lze očekávat, že pokud bychom měli snímek z ještě větší blízkosti, tak by koncová výška byla zřejmě ještě o trochu nižší. Rovněž tak koncová hmota je zcela výjimečná, je velmi pravděpodobné že došlo k pádu aspoň 3 hlavních kusů, z nichž každý vážil přes 100 kg!

Na základě znalosti polohy, směru letu, rychlosti a brždění tělesa v okamžiku jeho pohasnutí je možné vypočítat tzv. temnou dráhu předcházející dopadu tělesa na zemský povrch. Tato dráha je však výrazně ovlivněna některými faktory, které buď neznáme vůbec a nebo je známe jen velmi přibližně. Mezi ty první patří například tvar tělesa a mezi ty druhé pak stav atmosféry, kterou těleso prolétá. Ten je definovaný hlavně rychlostí a směrem větru v jednotlivých atmosférických hladinách. Pro tento bolid se nám podařilo získat atmosférické údaje z měření výstupu v Popradu, což bylo nejbližší místo vzhledem ke dráze bolidu, kde se taková měření provádějí. Přestože by





Obrázek 1: Průmět vyfotografované části atmosférické dráhy bolidu EN171101 (plná čára), temné dráhy pro hlavní kus (čárkovaná čára) a jeho předpokládané místo dopadu (hvězdička) na mapě Zakarpatské Ukrajiny. Elipsou je schematicky znázorněna předpokládaná pádová oblast pro různé velikosti meteoritů. Ty nejmenší by měly ležet směrem k začátku dráhy.

se na první pohled mohlo zdát, že na tak velké těleso nebude vliv větru příliš velký, opak je spíše pravdou. Bohužel v tomto případě foukal poměrně silný vítr v průměru kolem 25 m/s a navíc převážně od SZ, tj. „z boku“. Proto bylo těleso velmi pravděpodobně odneseno o stovky metrů od původní dráhy. Je dobré si uvědomit fakt, že přestože světelná dráha bolidu trvala jen něco kolem 7 sekund, pak temná dráha, kdy už je těleso velmi zbrzděno a v závěrečné fázi letí již jen rychlostí volného pádu, trvá několikanásobně déle. V tomto případě to bylo 55 sekund, což je však ve srovnání s jinými případy ještě málo díky právě rekordně nízké výšce pohasnutí. Navíc je pravděpodobné, že těleso aspoň částečně fragmentovalo ve větších výškách. Menší kousky tak pohasly dříve a tudíž i výše což však znamená, že i jejich temná dráha trvala výrazně déle a byla proto i významněji ovlivněna stavem atmosféry. Tím se tedy určení přesného místa dopadu velmi komplikuje a nelze tak dosáhnout takových přesností, jaké máme pro body na světelné dráze bolidu. Tento fakt je schematicky znázorněn na obrázku 1, kde elipsa vymezuje celou předpokládanou pádovou oblast včetně malých úlomků, přerušovanou čarou je znázorněn průmět temné dráhy hlavního tělesa na zemský povrch a hvězdičkou pak jeho vypočtené místo dopadu. Je vidět, že oblast možných nálezů je relativně velká a zahrnuje území o rozloze několika čtverečních kilometrů. Nicméně pro hlavní kus je chyba určení polohy přece jen podstatně menší i když pořadí je kolem 1 km<sup>2</sup>. Prakticky v epicentru se nachází obec Turji-Remety. Z podrobných map víme, že pro systematické hledání

	Začátek	Konec
Rychlost (km/s)	18.482 ± 0.014	3.8 ± 0.2
Výška (km)	81.37 ± 0.13	13.5 ± 0.2
Zeměpisná délka (°)	23.7428 ± 0.0015	22.671 ± 0.003
Zeměpisná šířka (°)	48.9196 ± 0.0015	48.733 ± 0.003
Dynamická hmota (kg)	4300	370
Sklon dráhy k povrchu (°)	40.0 ± 0.2	39.3 ± 0.2
Datum a čas maxima jasnosti (UT)	17. 11. 2001 v 16 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 46.7 <sup>s</sup> ± 0.3 <sup>s</sup>	
Maximální absolutní magnituda	-18.5	
Celková délka světelné dráhy (km)	106.43	
Trvání světelné dráhy (s)	6.87	

Tabulka 2: Údaje charakterizující fotografovanou atmosférickou dráhu bolidu EN171101 "Turji-Remety".

	Radiant a rychlost (J2000.0)		
	Pozorovaný	Geocentrický	Heliocentrický
Rektascenze (°)	43.11 ± 0.13	48.71 ± 0.14	-
Deklinace (°)	37.5 ± 0.3	34.3 ± 0.3	-
Ekliptikální délka (°)	-	-	350.80 ± 0.04
Ekliptikální šířka (°)	-	-	6.70 ± 0.12
Původní rychlost (km/s)	18.489 ± 0.014	14.46 ± 0.02	33.55 ± 0.03
Dráhové elementy (J2000.0)			
Velká poloosa (a.j.)	1.326 ± 0.004	Argument perihelu (°)	266.8 ± 0.2
Excentricita	0.4843 ± 0.0011	Délka výst. uzlu (°)	235.39274 ± 0.00002
Vzdálenost perihelu (a.j.)	0.6840 ± 0.0011	Sklon dráhy (°)	7.41 ± 0.13
Vzdálenost afelu (a.j.)	1.969 ± 0.008		

Tabulka 3: Údaje o radiantu, rychlosti a dráze bolidu EN171101 "Turji-Remety" ve sluneční soustavě.

meteoritů je terén v celé oblasti velmi nepříznivý, neboť se jedná o podhůří Karpat, které je značně členité a silně zalesněné. Nalezení meteoritů se tedy opět stává spíše otázkou náhody než nějaké systematické činnosti. Bohužel se nám zatím nepodařilo získat žádná svědectví právě z této oblasti pádu, i když jsme přesvědčeni, že tak mohutný přírodní jev v poměrně příznivé denní dobu musel vzbudit velkou pozornost místních obyvatel. Zdá se dosti nepravděpodobné, že by se nenašel nějaký přímý svědek vlastního pádu meteoritu. Zatím je však velmi obtížné zís-

kat vůbec nějaké kontakty na Zakarpatské Ukrajině a tak vše co dosud víme je založeno téměř výhradně na našich fotografických záznamech. Posledním a neméně důležitým údajem, který můžeme spolehlivě určit je dráha ve sluneční soustavě. Všechny hlavní parametry jsou uvedeny v tabulce 3. Je vidět, že původní těleso se pohybovalo po celkem běžné dráze s malým sklonem k ekliptice (pouze 7,4 stupně) a s malou hlavní poloosou (1,33 a.j.). Dráha však byla dosti výstředná (0,48) a tak těleso křížilo dráhu nejenom naší planety která se mu stala nako-

nec osudnou, ale směrem k perihelu i dráhu Venuše a v afelu se dostávalo až za dráhu planety Mars. Podle polohy radiantu jakož i heliocentrické dráhy těleso nepatřilo k žádnému ze známých meteorických rojů.

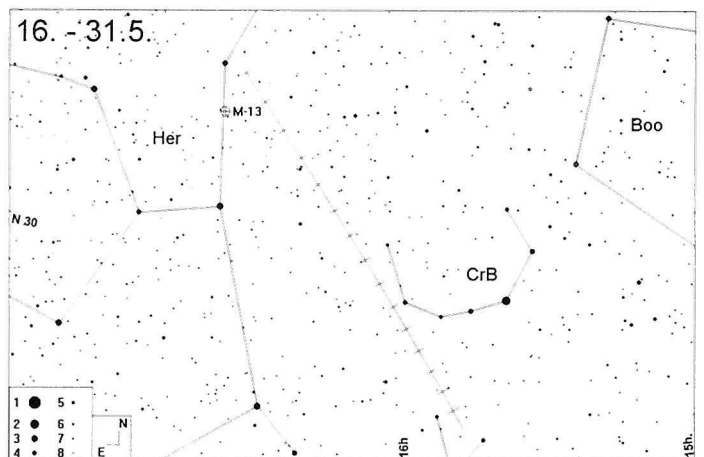
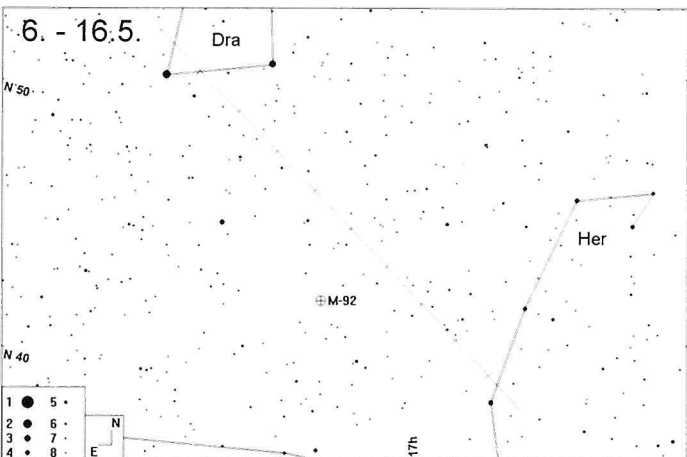
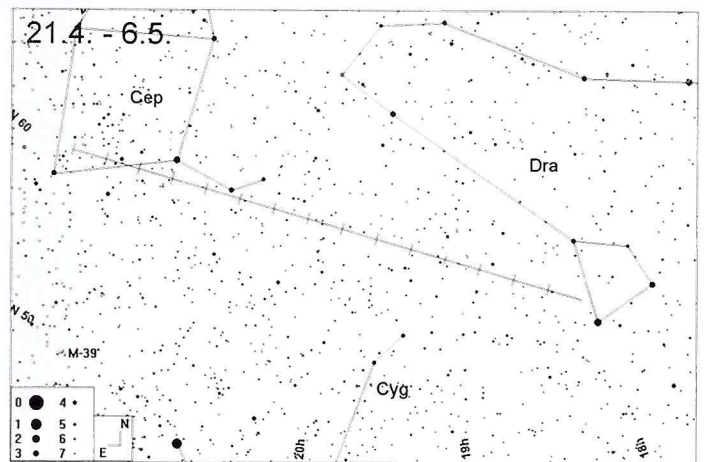
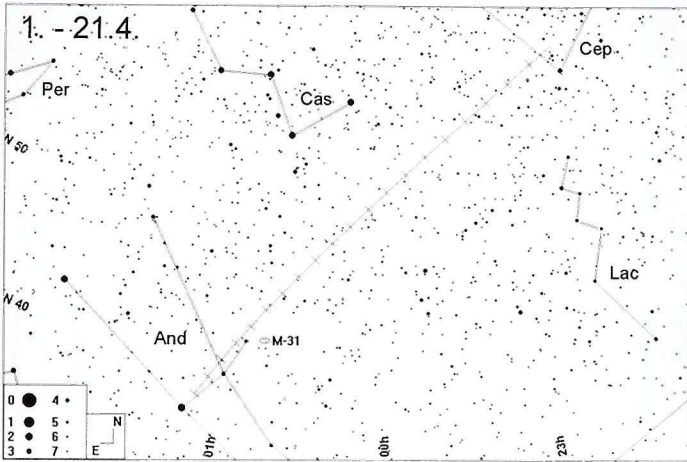
Tím jsem vyčerpал již prakticky vše co o tomto bolidu dosud víme. Bohužel to nejdůležitější – nalezení meteoritu, se zatím nepodařilo. Máme určitý příslib ze strany ukrajinských kolegů, že až přijde jaro a roztaje sníh, tak se do oblasti vydají a začnou po meteoritu pátrat. Bohužel se nám je zatím zcela nepodařilo přesvědčit, že to má být právě v oblasti kolem obce Turji-Remety. Musíme doufat, že nám třeba pomůže nějaká náhoda a někdo meteorit nalezne. Podle charakteristiky průletu atmosférou se domníváme, že těleso bylo kamenné, i když ani nález železného meteoritu není zcela vyloučen.

Na závěr tohoto povídání o jednom vyjimečném bolidu bych chtěl touto cestou poděkovat všem, kteří nám poslali svá vizuální pozorování a to nejen o tomto bolidu, ale i o jiných předchozích případech. Předem totiž nikdy nevíme jaká informace bude pro nás cenná a tak bych touto cestou chtěl poprosit, kdykoliv nějaký bolid uvidíte, pošlete nám zprávu o jeho pozorování nejlépe elektronicky vyplněním formuláře, který je na adrese: <http://www.asu.cas.cz/~meteor/hlaseni.htm> nebo na adresu: [spurny@asu.cas.cz](mailto:spurny@asu.cas.cz) a nebo písemně na adresu: Astronomický ústav AVČR, Oddělení MPH, 251 65 Ondřejov

Vaše pozorování se tak mohou stát součástí mozaiky našich znalostí třeba právě zase o nějakém příštím mimořádném bolidu.

RNDr. PAVEL SPURNÝ, CSc.,  
Astronomický ústav AV ČR v Ondřejově





# Nová jasná kométa C/2002 C1 (Ikeya-Zhang)

1. februára bola vizuálne v západnej časti Veľryby (8' západne od hviezdy  $\beta$  Cet) objavená nová kométa. Kométu objavili nezávisle Kaoru Ikeya (Japonsko, 25 cm reflektor) a Daqing Zhang (Čína, 20 cm reflektor) a v čase objavu mala 9,0–8,5 mag.

Potvrdila sa teda skutočnosť, že aj v čase výkonných automatických ďalekohľadov majú šancu na úspech aj amatérski lovci komét. Jeden z objaviteľov (Ikeya) nie je žiadnym nováčikom, na svojom „konte“ už má 5 komét, ktoré objavil koncom v rokoch 1963–1967. Od jeho posledného objavu uplynula teda dlhá doba, no zdá sa, že aj v tomto smere vytrvalosť prináša svoje úspechy.

Pôvodné elementy dráhy boli spočítané len z krátko úseku dráhy, no aj z nich bolo zrejmé, že pôjde o jasnú kométu. Ďalšie pozorovania zmenili jej dráhu na oblohe len málo, v apríli bude kométa pozorovateľná dokonca aj voľným okom. V čase našej redakčnej uzávierky 1. marca ju pozorovali voľným okom v Poľsku a v Afrike.

Kométa prešla perihéliom 18. marca vo vzdiale-

nosti 0.507 AU a koncom mesiaca mala dosiahnuť jasnosť 4 mag. Najbližšie k Zemi sa priblíži (0,405 AU) 29. 4. Začiatkom apríla bude v Androméde a postupne bude prechádzať Kasiopejou, Cefeom, Drakom, Herkulom, Severnou korunou a začiatkom júna bude v hlave Hada. Prakticky od začiatku apríla do polovice mája bude cirkumpolárna, jej pozorovacie podmienky od nás sú teda mimoriadne priaznivé.

4. apríla prejde v blízkosti M31, a tak je tu jedinečná príležitosť na fotografovanie. Fotografovať môžeme ráno 4. a 5. 4. na konci astronomického súmraku (3:20 SEČ). Výška kométy nad obzorom bude 12°.

Podľa zatiaľ neoficiálnej hypotézy S. Nakana je možné, že táto kométa bola pozorovaná v minulosti už dvakrát. Jej dráha je totiž podobná dráhe kométy C/1532 R1, ktorá bola objavená pozorovaná v Číne 1. 9. 1532. Pri objave bola na ranej oblohe a mala 3 mag. V okolí perihélia koncom októbra zjasnela a bol pozorovaný chvost s dĺžkou 15'. Kométa bola pozorovaná takmer do konca roku.

Ďalšou kométou s podobnou dráhou je C/1661 C1 (Hevelius), ktorá bola objavená 1. 2. 1661 v Poľsku ako objekt 3 mag na ranej oblohe. Práve identifikácia s touto kométou je podľa B. Marsdena pravdepodobnejšia.

V prípade, že ide o totožné teleso, môže nás ešte svojou jasnosťou prekvapiť a máme sa na čo tešiť!

Pavol Rapavý

## Konjunkcie kométy s vybranými objektmi

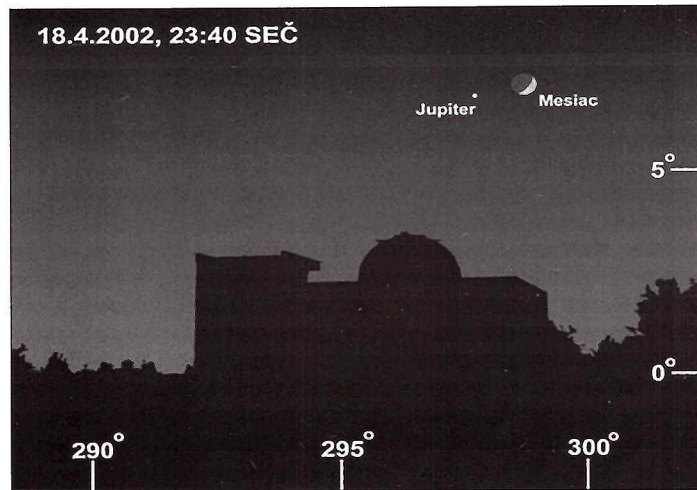
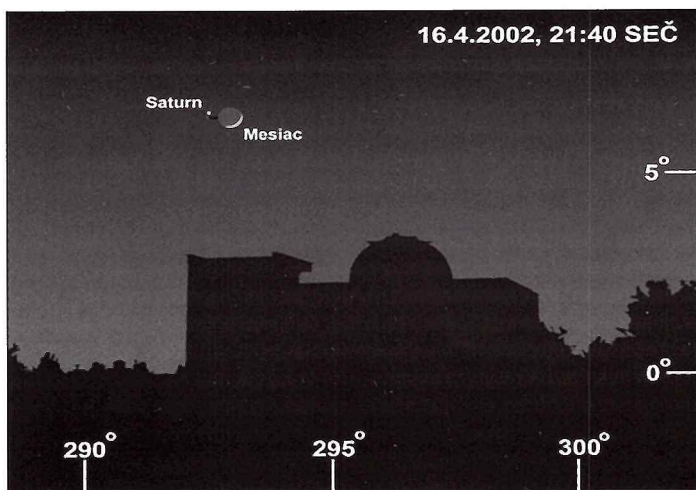
Dátum	SEČ	Objekt	Mag	Vzdial. [°]
8.3.	16,4	$\zeta$ Psc	5,2+6,2	0,6
15.3.	22,8	$\eta$ Psc	3,6	1,5
16.3.	9,6	M 74	9,9	2,7
18.3.	20	$\rho$ Psc	5,3	0,1
25.3.	3,4	$\upsilon$ Psc	4,7	0,6
26.3.	20,7	M 33	5,7	3,2
31.3.	3,2	$\beta$ And	2,1	0,1
2.4.	14,1	$\mu$ And	3,9	0,8
4.4.	9,8	$\nu$ And	4,5	0,5
4.4.	23,1	M 31	4,3	1,4
17.4.	7,8	M 52	6,9	5,0
19.4.	15,4	$\delta$ Cep	4,1	0,8
20.4.	16,7	$\zeta$ Cep	3,3	1,8
22.4.	11,4	$\nu$ Cep	4,3	0,4
24.4.	0,4	$\alpha$ Cep	2,5	1,2
25.4.	17,7	$\eta$ Cep	3,4	0,4
26.4.	12,1	$\theta$ Cep	4,2	1,7
6.5.	16,2	$\gamma$ Dra	2,2	1,0
7.5.	20,3	$\beta$ Dra	2,8	2,2
11.5.	16,1	M 92	6,3	2,8
15.5.	12,0	$\eta$ Her	3,5	0,6
16.5.	16,1	M 13	5,9	2,0
25.6.	3,0	$\epsilon$ CrB	4,1	0,7
26.5.	7,3	$\delta$ CrB	4,6	1,8
29.5.	21,6	$\rho$ Ser	4,7	0,9
31.5.	22,1	$\iota$ Ser	4,5	0,6
4.6.	10,9	$\beta$ Ser	3,7	2,1
11.6.	10,8	$\delta$ Ser	4,1+5,1	1,4
28.6.	0,0	M 5	5,6	0,9

Exponované 24. 2. 2002, 18:11 UT. SBIG ST-8, 60 s, pole 13×19', objektiv 5, 6/1000.

Fotografia: Pavol Rapavý







# Obloha v kalendári apríl – máj 2002

Pripravili: P. RAPAŤAVÝ a M. PROROK

Všetky časové údaje sú v SEČ

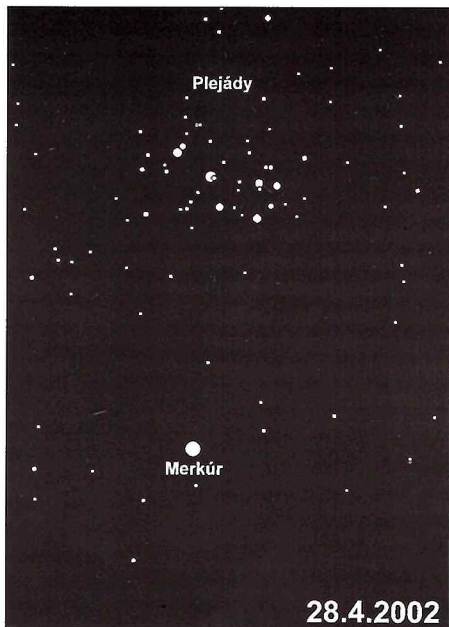
Zima konečne ustúpila, a tak aj napriek kratším nociam si môžeme do stýstoty vychutnať krásu oblohy a nebudú nám ruky primrzáť k ďalekohľadu... Budeme mať príležitosť pokochať sa jasnou kométou a večerné zoskupenia planét nad zaujímavou sfarbeným obzorom nám dávajú ďalšie príležitosti na fotografovanie. Meteorári majú pred sebou Lyridy, no ich pozorovanie bude rušiť svit Mesiaca, a tak sa svojim „lietajúcim miláčikom“ budú musieť venovať aj mimo obdobia aktivity hlavných rojov. Príjemným spostením je jasná kométa Ikeya-Zhang, ktorá za dobrých pozorovacích podmienok by mala byť viditeľná aj voľným okom a možno nás svojou jasnosťou ešte aj prekvapí...

## Planéty

**Merkúr** bude pozorovateľný od polovice apríla do polovice mája. V tomto období zoslabne z  $-1,5$  až na  $2,4$  mag.

Najjasnejší ( $-2,1$  mag) bude v okolí hornej konjunkcie (7. 4.), no prakticky nepozorovateľný. Neskôr jeho jasnosť klesá, no geometrické podmienky viditeľnosti sa zlepšujú. 20. 4. na konci občianskeho

### Merkúr pod Plejádami.



súmraku už bude vo výške  $6'$  ako objekt  $-1$  mag. V maximálnej východnej elongácii ( $21'$ ) bude 4. 5. a vtedy bude žiariť na oblohe na konci občianskeho súmraku vo výške  $12'$  ako objekt  $0,4$  mag. Po polovici mája sa nám začne rýchle strácať vo večernom súmraku, keďže sa blíži do dolnej konjunkcie so Slnkom 27. 5. a k Zemi bude najbližšie o deň neskôr.

13. 4. nastáva počas dňa jeho konjunkcia s Mesiacom, a tak len s problémami uvidíme obe telesá krátko po západe Slnka nízko nad horizontom (obe zapadajú súčasne na konci občianskeho súmraku). Omnoho výhodnejšia je májová konjunkcia (13. 5.). V tomto prípade západný obzor bude okrem Mesiaca a Merkúra skrášlený aj Venušou, Marsom a Saturnom za asistencie Jupitera, ktorý bude o niečo ďalej.

29. 4. nastáva jeho konjunkcia s Plejádami. Toto mimoriadne pekné zoskupenie stojí za farebnú fotografiu či diapositív. Pohyb Merkúra popod Plejády najlepšie zachytíme medzi 28. aprílom a 1. májom. 29. 4. na konci občianskeho súmraku (okolo 19:30): skúste niekoľko minút exponovať (pointovaná expozícia) na kinofilm objektívom s ohniskom 180–300 mm a výsledkom budete milo prekvapení.

**Venuša** ( $-3,9$  mag) bude po oba mesiace pozorovateľná nad západným obzorom ako Večernica. Doba jej viditeľnosti sa pomaly predlžuje a koncom mája zapadá 2,5 hodiny po Slnku. Predlžovanie jej večernej viditeľnosti súvisí s jej rastúcou deklináciou (maximálnu  $25'$  bude mať 24. 5.)

Začiatkom mája bude Venuša kraľovať malému festivalu planét nad západným obzorom.

14. 4. a 15. 5. nastanú jej konjunkcie s Mesiacom. 15. 5. dôjde mimo nášho územia aj k zákrytu Venuše Mesiacom. Ak by ste v tom čase boli niekde na juhu Južnej Ameriky alebo v južnom Atlantiku, nezabudnite tento pekný úkaz zaznamenať aj fotograficky...

10. 5. nastane tesná konjunkcia ( $18'$ ) Venuše s Marsom, čo určite stojí za zaznamenanie na farebný film. Skúste fotograficky zaznamenať vzájomný pohyb oboch telies v priebehu niekoľkých dní. Severne od Venuše bude aj hviezda 103 Tau ( $5,5$  mag), a tak bude viditeľný pohyb oboch planét na hviezdnom pozadí.

Podobná situácia s Jupiterom sa zopakuje 3. 6., vzdialenosť telies však bude väčšia ( $1,7'$ ).

**Mars** je pozorovateľný na večernej oblohe, doba jeho viditeľnosti sa však skraca. 1. 4. zapadá pred 22. hod., koncom mája o polhodinku skôr. Počas dvoch mesiacov zoslabne z  $1,5$  na  $1,7$  mag, bude te-

da ako nevelmi výrazný načervenalý objekt. Na pozorovanie jeho albedových útvarov sú podmienky nevhodné, keďže jeho uhlový priemer je malý.

Do 4. 4. je v Baranovi, ďalšie dva dni bude na hranici Barana a Býka a 6. 4. sa definitívne presunie do Býka. 28. 5. Býka opustí a vstúpi do Blížencov.

14. 5. nastane jeho konjunkcia s Mesiacom (mimo nášho územia aj zakrytý) a fotogenické zoskupenie ešte umocní Venuša. Tesná konjunkcia Marsu s Venušou nastane 10. 5. Ďalšie konjunkcie sú v kalendári úkazov.

**Jupiter** ( $-2,2$  až  $-1,9$  mag) je v Blížencoch, začiatkom apríla zapadá 1,5 hodiny po polnoci, koncom mája však už dve hodiny pred polnocou, takmer súčasne s Venušou.

19. 4. nastane jeho tesná konjunkcia ( $47'$ ) s Mesiacom. U nás budeme môcť pozorovať obe telesá ešte pred ich maximálnym priblížením nad západným obzorom. 16. 5. nastane hodinu popoludní jeho konjunkcia s Mesiacom, a ak ste ešte nevideli počas dňa Jupiter, stačí ak si ďalekohľad namierite na Mesiac a posuniete ho o polduhu stupňa južnejšie.

Koncom mája môžeme sledovať vzájomné približovanie Jupitera a Venuše, ich konjunkcia nastane 3. 6.

9. 4. o polnoci dôjde k zákrytu hviezdy SAO 78519 ( $9,6$  mag) Jupiterom. Rozdiel jasností je príliš veľký, no môžeme pozorovať jej približovanie k planéte. K vstupu dôjde o 23. hod vo výške  $17'$ , výstup nastane už pod obzorom. Disk planéty bude hviezdu zakrývať 2,1 hodiny.

### Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

2. 4. 00:54	12. 4. 19:05	26. 4. 20:43	10. 5. 22:22
2. 4. 20:46	14. 4. 20:44	28. 4. 22:22	13. 5. 19:53
4. 4. 22:25	16. 4. 22:23	31. 5. 00:02	15. 5. 21:32
5. 4. 18:17	16. 4. 00:03	1. 5. 19:53	25. 5. 19:52
7. 4. 00:04	19. 4. 19:54	3. 5. 21:32	27. 5. 21:31
7. 4. 19:56	21. 4. 21:33	5. 5. 23:12	30. 5. 19:02
9. 4. 21:35	23. 4. 23:12	6. 5. 19:03	
11. 4. 23:14	24. 4. 19:04	8. 5. 20:43	

**Saturn** ( $0,1$  mag) je v Býkovi, začiatkom apríla zapadá hodinu pred polnocou, koncom mája sa nám však už stratí vo večernom súmraku, nakoľko sa približuje k Slnku a 9. 6. bude s ním v konjunkcii. Jeho prstence pozorujeme z južnej strany; sú široko roztvorené.

16. 4. dôjde k zákrytu Saturna Mesiacom. Od nás budeme môcť pozorovať len vstup planéty za mesačný disk nízko nad západným obzorom, výstup však nastane až po západe Mesiaca. V každom prípade si však nenechajte ujst tento krásny úkaz. Fotografovaniu či filmovaniu však bude prekážať malá výška nad obzorom a s ňou súvisiaci nepokoj vzduchu.

Začiatkom mája nastanú konjunkcie Saturna s Marsom a Venušou.



14. 5. ráno nastane tesná konjunkcia s Mesiacom. Bude to síce už počas dňa, no dostatočná uhlová vzdialenosť od Slnka (22°) umožní aj toto pozorovanie. Saturn bude od južného okraja Mesiaca len 5'.

**Urán** (5,9 mag) sa po štyroch rokoch v Kozorožcovi presunie do Vodnára. Začiatkom apríla je pri občianskom súmraku vo výške len 6', no jeho viditeľnosť ráno sa však zlepšuje a koncom mája je už vo výške 23° a nájdeme ho stupeň severne od hviezdy  $\tau$  Aqr (4,3 mag). Nevýrazné konjunkcie s Mesiacom sú v kalendári úkazov.

**Neptún** (7,9 mag) v Kozorožcovi má o niečo lepšie pozorovacie podmienky ako Urán, začiatkom apríla je pri občianskom súmraku vo výške 12', koncom mája 23'. 13. 5. je v zastávke a začne sa pohybovať späť.

**Pluto** (13,8 mag) je v južnej časti Hadonosy. Podmienky pozorovateľnosti sú prijateľné v súvislosti s jeho júnovou opozíciou. Pri kulminácii však dosiahne výšku nad obzorom len necelých 30'.

Polotieňové zatmenie **Mesiaca** 26. 5. od nás pozorovateľné nebude, na tento pomerne nevýrazný úkaz si budeme musieť počkať do ďalšieho splnu 24. 6.

Na východnom Slovensku budú pozorovateľné tri **dotyčnicové zákryty** hviezdy Mesiacom.

## Planétky

Do 10. mag nebude v opozícii žiadna planétka. Najjasnejšou (8,4 mag) bude (4) Vesta, ktorú nájdeme v Býkovi a Blížencoch.

29. 4. prejde Vesta necelý stupeň severne od Krabej hmloviny (M 1). Fotografovať môžeme hneď po skončení nautického súmraku, keď je planétka ešte v prijateľnej výške 20'.

Zaujímavými usernameami Štítu a Orla sa bude pohybovať planétka (6) Hebe.

Predpovedaných je 5 zákrytov hviezd planétkami, podľa nominálnej predpovede má zrejme najväčšiu nádej na úspech zákryt hviezdy planétkou (280) Philia 12. 5. K zákrytu dôjde len 17' nad obzorom v nevýraznej časti Váh. Zakrývanú hviezdu si teda musíme identifikovať v dostatočnom predstihu.

Efemerida planétky (4) Vesta			
dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
1. 4.	4h49,0m	+21°17,7'	8,3
6. 4.	4h56,4m	+21°38,5'	8,4
11. 4.	5h04,0m	+21°58,0'	8,4
16. 4.	5h11,9m	+22°16,0'	8,4
21. 4.	5h20,0m	+22°32,4'	8,4
26. 4.	5h28,3m	+22°47,1'	8,4
1. 5.	5h36,7m	+23°00,1'	8,4
6. 5.	5h45,3m	+23°11,1'	8,4
11. 5.	5h54,1m	+23°20,2'	8,4
16. 5.	6h03,0m	+23°27,3'	8,4
21. 5.	6h12,0m	+23°32,4'	8,4
26. 5.	6h21,1m	+23°35,3'	8,4
31. 5.	6h30,3m	+23°36,1'	8,4

Efemerida planétky (6) Hebe			
dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
1. 4.	18h42,4m	-8°53,4'	10,6
6. 4.	18h47,0m	-8°33,2'	10,6
11. 4.	18h51,1m	-8°12,6'	10,5
16. 4.	18h54,9m	-7°51,8'	10,4
21. 4.	18h58,1m	-7°31,2'	10,3
26. 4.	19h00,8m	-7°11,1'	10,2
1. 5.	19h02,9m	-6°51,8'	10,1
6. 5.	19h04,5m	-6°33,7'	10,0
11. 5.	19h05,4m	-6°17,2'	9,9
16. 5.	19h05,7m	-6°02,9'	9,8
21. 5.	19h05,3m	-5°51,2'	9,7
26. 5.	19h04,2m	-5°42,5'	9,6
31. 5.	19h02,4m	-5°37,5'	9,5

## Kométy

Prijetným prekvapením jarnej oblohy je jasná kométa C/2002 C1 (Ikeya-Zhang), ktorá v apríli bude pozorovateľná dokonca aj voľným okom. Bola objavená vizuálne 1. februára v západnej časti Veľryby ako objekt 9,0–8,5 mag. Kométu objavili nezávisle Kaoru Ikeya (Japonsko, 25 cm reflektor) a Daqing Šang (Čína, 20 cm reflektor).

Pod 11 mag sa dostane aj kométa 7P/Pons-Winnecke. Najjasnejšia bude v druhej polovici mája (10,6 mag), a tak pri dostatočnej elongácii od Slnka bude pozorovateľná na rannej oblohe.

Jasnosť kométy C/2000 WM1 (LINEAR) pomaly klesá, pod 12 mag sa dostane až koncom mája. Jej stúpajúca deklinácia však aj z nej robí kométu po-

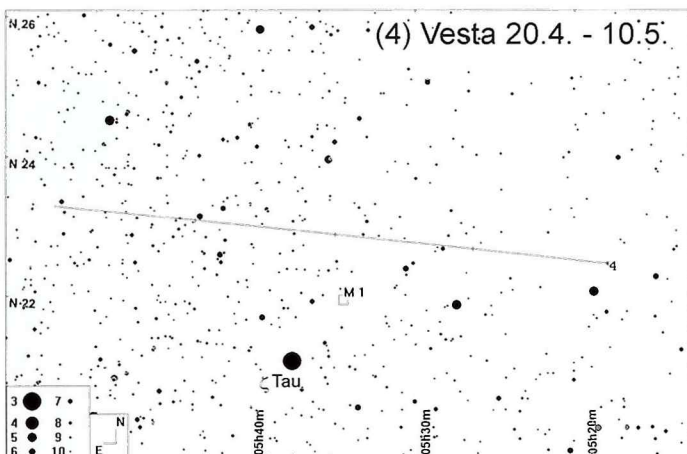
Efemerida kométy C/2002 C1 (Ikeya-Zhang)			
dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
1. 4.	01h06,0m	+36°47,5'	4,1
6. 4.	00h43,3m	+43°31,3'	4,3
11. 4.	00h09,5m	+50°00,2'	4,6
16. 4.	23h19,9m	+55°49,9'	4,9
21. 4.	22h09,3m	+60°07,0'	5,2
26. 4.	20h39,7m	+61°26,2'	5,5
1. 5.	19h10,1m	+58°52,0'	5,8
6. 5.	17h59,7m	+53°09,7'	6,2
11. 5.	17h10,7m	+45°56,7'	6,6
16. 5.	16h37,2m	+38°31,2'	7,1
21. 5.	16h14,0m	+31°36,5'	7,6
26. 5.	15h57,5m	+25°30,1'	8,1
31. 5.	15h45,6m	+20°14,5'	8,5
5. 6.	15h37,1m	+15°45,1'	9,0

## Efemerida kométy 7P/Pons-Winnecke

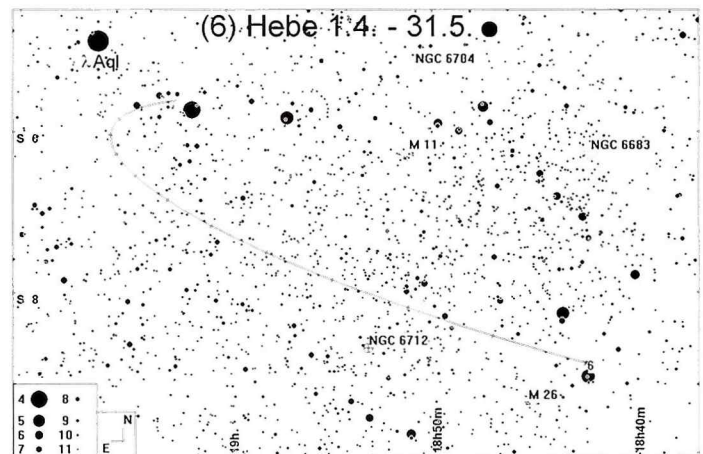
1. 4.	18h34,8m	+00°46,2'	11,8
6. 4.	18h52,2m	+00°03,1'	11,6
11. 4.	19h09,9m	-00°45,9'	11,5
16. 4.	19h28,0m	-01°41,4'	11,3
21. 4.	19h46,5m	-02°43,9'	11,1
26. 4.	20h05,2m	-03°53,9'	11,0
1. 5.	20h24,2m	-05°11,4'	10,8
6. 5.	20h43,4m	-06°36,3'	10,7
11. 5.	21h02,7m	-08°08,5'	10,7
16. 5.	21h22,0m	-09°47,3'	10,6
21. 5.	21h41,1m	-11°32,3'	10,6
26. 5.	22h00,0m	-13°22,3'	10,6
31. 5.	22h18,5m	-15°16,5'	10,6
5. 6.	22h36,4m	-17°13,8'	10,6

## Efemerida kométy C2000 WM (LINEAR)

1. 4.	19h12,0m	+02°09,7'	9,7
6. 4.	19h07,5m	+06°06,0'	9,9
11. 4.	19h01,9m	+09°57,9'	10,1
16. 4.	18h55,3m	+13°43,0'	10,4
21. 4.	18h47,6m	+17°18,3'	10,6
26. 4.	18h38,8m	+20°40,7'	10,8
1. 5.	18h28,9m	+23°47,3'	11,0
6. 5.	18h18,2m	+26°35,4'	11,2
11. 5.	18h06,7m	+29°02,7'	11,5
16. 5.	17h54,7m	+31°07,7'	11,7
21. 5.	17h42,5m	+32°49,8'	11,9
26. 5.	17h30,4m	+34°09,5'	12,1



Konjunkcia planétky (4) Vesta s Krabou hmlovinou.



Dráha planétky (6) Hebe.

## Zákryty hviezd planétkami apríl – máj 2002

dátum	UT	planétka	trv	hviezda	m*	dm	h*	el	%
2. 2.	20:34	1051 Merope	6,5	TYC47 42 609	11,0	4,7	29		
14. 4.	19:19	667 Denise	3,3	TYC 0753-01954	10,9	3,2	36		
15. 4.	21:11	79 Eurynome	3,1	TYC 1351-00397	9,7	2,9	25		
2. 5.	21:55	1165 Imprinetta	4,2	HIP 70302	9,9	4,4	32		
8. 5.	0:01	912 Maritima	6,0	TYC 6156-00006	10,6	2,4	18		
12. 5.	22:36	280 Philia	3,6	TYC 6747-01271	10,1	5,5	18		

Z predpovedí sú vylúčené hviezdy slabšie ako 11 mag. V tabuľke sú len úkazy, pri ktorých je pokles jasnosti väčší ako 1 mag. Výber úkazov je pod podmienkou, že Slnko je pod obzorom viac ako 12 stupňov a hviezda minimálne 10 stupňov nad obzorom (pre polohu Rimavskej Soboty).

trv – trvanie zákrytu v sekundách, m\* – jasnosť hviezdy h\* – výška hviezdy nad obzorom, dm – pokles jasnosti, el – uhlová vzdialenosť Mesiaca, % – percento osvetlenej časti Mesiaca, + dorastá, – ubúda

## Dotyčnicové zákryty





zorovateľnú vizuálne. Ak to aj tentokrát nestihnete, budete mať ešte šancu v polovici decembra, keď bude pozorovateľná ráno ako objekt 8,4 mag.

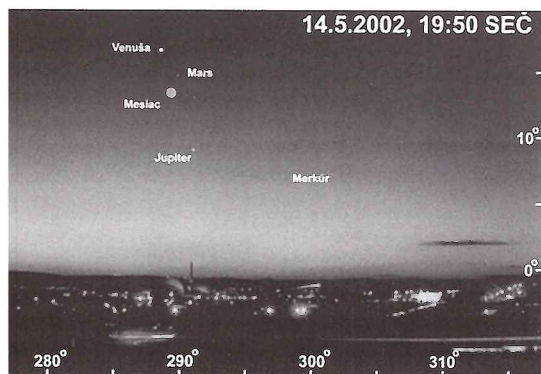
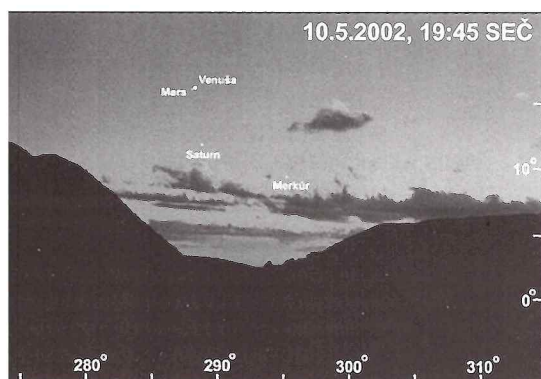
### Meteory

Najsilnejším rojom tohto obdobia sú  $\delta$  Akvaridy, no ich radiant u nás vychádza len pomerne krátko pred východom Slnka a tohto roku bude ešte pozorovanie ich maxima rušiť Mesiac v poslednej štvrti.

Maximum Lyríd bude tiež rušiť Mesiac, ktorý bude medzi štvrtou a splnom, a tak zapadne až za raného súmraku. Za dostatočne priezračnej oblohy ich však určite pozorujeme. Lyrídy mávajú pomerne stabilné frekvencie okolo 15 meteorov za hodinu. V roku 2001 bola ich frekvencia vyše 30 meteorov za hodinu a výnimočne sú pozorované aj krátkodobé spršky.

Dalším rojom v zozname IMO sú Sagitaridy, ktoré majú maximum v druhej polovici mája. Ide o slabý roj s niekoľkými nevýraznými maximami. Materské teleso tohto roja je neznáme a meteory sú charakteristické svojou pomalou rýchlosťou.

Pavol Rapavý



## Noční obloha

Vysoko nad hlavou, v hustém chuchvalci Bereničiny vlasu, putuje oblohou spolu s hviezdami severní galaktický pól. V jeho okolí se nachází početná galaktická kupa. V prostoru o poloměru 13 miliónu světelných let je rozmístěno několik tisíc galaxií. Galaktické hnízdo je vzdáleno přibližně 350 miliónu světelných let. Kvůli nízké jasnosti jsou galaxie pozorovatelné pouze velkými přístroji. Několik bližších galaxií lze však bez problému spatřit již dalekohledy s průměrem 10 cm.

Velmi pěkný pohled nabízí NGC 4826, situovaná pět stupňů od nažloutlé  $\alpha$  Com. Spirální galaxie, která je 64. objektem Messierova katalogu, patří k nejjasnějším galaxiím, které se unítní souhvězdí na-

### Zákryty hviezd Mesiacom (apríl – máj 2002)

(J. Gerboš)

Dátum	UT			D/R	Mg	PA	CA	h	fáza	Hviezda	a	b	hs
	h	m	s										
2/ 4/16	19	8	1	D	58	143	30S	20	0,15	5946	0,51	-3,79	
2/ 4/19	20	44	24	D	79	84	75N	33	0,26	11247	-0,62	-1,26	
2/ 4/21	18	58	50	D	76	127	73S	59	0,32	14302	-1,19	-1,60	
2/ 4/22	21	36	30	D	71	59	34N	44	0,36	15696	-2,09	0,03	
2/ 4/23	19	35	41	D	67	96	67N	50	0,39	17082	-1,68	-0,05	
2/ 4/23	22	30	7	D	68	45	16N	39	0,40	17187	-3,58	1,72	
2/ 4/24	0	42	34	D	67	181	29S	19	0,40	17272	0,34	-2,76	
2/ 4/26	2	10	43	D	59	71	33N	12	0,47	19339	-0,65	-1,18	
2/ 4/26	19	4	43	D	55	79	20N	17	0,49	20008	-1,13	1,80	
2/ 4/26	22	41	46	D	43	83	15N	31	0,50	20094	-1,91	0,10	
2/ 5/ 1	0	44	27	R	64	288	72N	14	0,64	24678	-1,38	0,44	
2/ 5/ 1	1	54	35	R	69	237	57S	16	0,64	24768	-1,88	0,69	
2/ 5/15	19	22	56	D	61	156	24S	18	0,14	8686	0,95	-3,31	-9
2/ 5/17	19	21	51	D	64	35	24N	35	0,20	12431	-2,30	1,42	-9
2/ 5/19	20	26	20	D	78	126	75S	37	0,27	15303	-0,52	-1,91	
2/ 5/20	21	41	23	D	73	164	40S	29	0,31	16711	-0,01	-2,45	
2/ 5/25	1	2	58	D	58	96	72N	10	0,45	20643	-0,82	-1,44	

Predpovede pre polohu  $\varphi = 20^\circ E$  a  $f_0 = 48,5 N$  s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu  $\varphi$ , f sa čas počíta zo vzťahu  $t = t_0 + a(\varphi - \varphi_0) + b(f - f_0)$ , kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

### Meteorické roje (apríl – máj 2002)

Roj	Aktivita	Maximum	Radiant		Pohyb rad.		v	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	D			
VIR	25. 1.–15. 4.	(24. 3.)	13:00	-04	0,5	-0,3	30	5	IMO
LBR	15. 4.–30. 4.		15:10	-18	1,1	-0,2	30	5	ALPO
LYR	16. 4.–25. 4.	22. 4.	18:05	+34	1,1	0,0	49	15	IMO
ABO	14. 4.–12. 5.	28. 4.	14:32	+19	0,9	-0,1	20	2	ALPO
ETA	19. 4.–28. 5.	5. 5.	22:32	-01	0,9	+0,4	66	60	IMO
ASC	1. 5.–31. 5.	16. 5.	16:12	-21	1,1	-0,1	35	5	ALPO
SAG	15. 4.–15. 7.	(19. 5.)	16:28	-22	0,8	-0,1	30	5	IMO
OSC	23. 5.–15. 6.	2. 6.	15:56	-20	1,0	-0,1	21	5	DMS

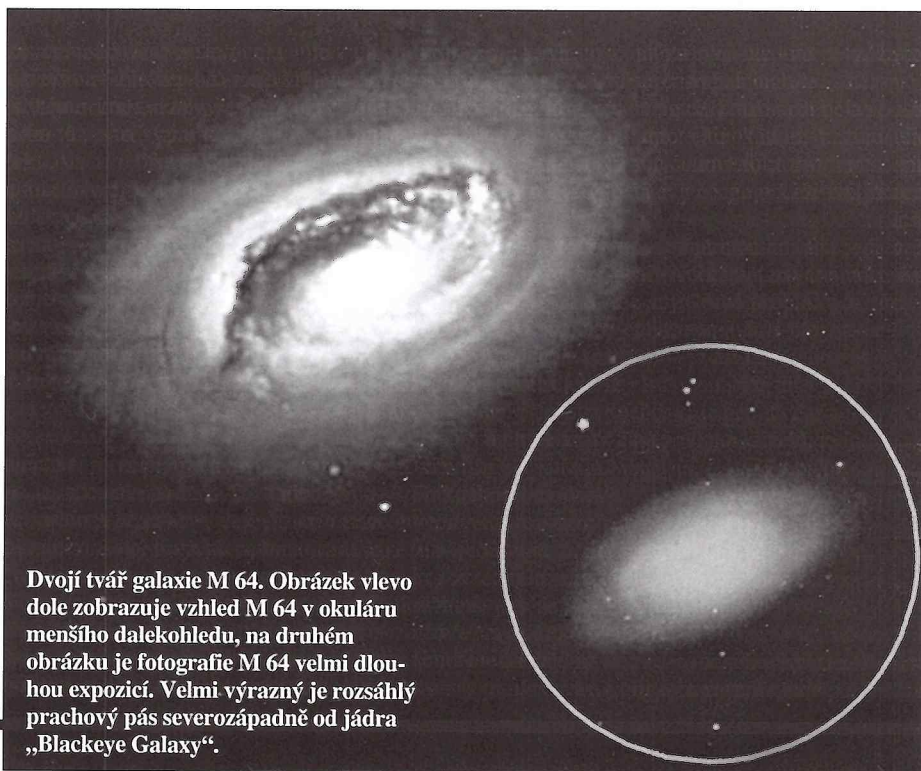
VIR – Virginiidy, LBR – Libridy, LYR – Lyrídy, ABO –  $\alpha$  Bootidy, ETA –  $\delta$  Akvaridy, ASC –  $\alpha$  Skorponidy, SAG – Sagitaridy, OSC –  $\delta$  Skorponidy

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

cházejí. Její jasnost je 8,8 mag, mohla by tedy být viditelná už třídřem. Chcete-li jít na jistotu, vezměte si přístroj s průměrem 6 a více centimetrů. Už na první pohled není galaxie žádný drobeček. Má tvar eliptického obláčku (poměr stran přibližně 1:2) s jasným jádrem bez výraznějších detailů či náznaku hvězd. Při pohledu dalekohledem se jeví jako hladká. Fotografie však odhalí obří temný prachový pás severozápadně od jádra galaxie. Páso vděčí M 64 za originální název „The Blackeye Galaxy“, který je do češtiny překládán jako Mono-

kl. Její světlo k nám putuje 32,6 miliónu let. První pozorování pochází z 18. století od J. E. Bodeho, který si „mlhavé hvězdy“ všiml při pozorování komety. Přízvisko „Blackeye“ si galaxie vysloužila o několik let později díky W. Herschelovi. M 64 pravděpodobně vznikla jako následek srážky dvou galaxií.

Opomíjená galaxie Messierova katalogu leží v jihovýchodní části souhvězdí Bereniky blízko hranice s Pannou. M 85 (NGC 4382) je vzdálena 45 miliónu světelných let. Má výrazné jádro, jasnost 10 mag a



Dvojitá tvář galaxie M 64. Obrázek vlevo dole zobrazuje vzhled M 64 v okuláru menšího dalekohledu, na druhém obrázku je fotografie M 64 velmi dlouhou expozicí. Velmi výrazný je rozsáhlý prachový pás severozápadně od jádra „Blackeye Galaxy“.



úhlové rozměry 7'×6'. Vlastníte-li dalekohled s velkým zorným polem, stačí sklouznout pár stupňů na jih, abyste v zorném poli spatřili hned několik galaxií pohromadě.

Jsou-li galaxie vašim oblíbeným objektem, jistě si na jarní obloze přijdete na své. Pro ostatní nabízí hvězdná obloha několik pěkných dvojhvězd. V tabulce najdete deset námětů pro pozorování.

V souhvězdí Velkého vozu najdeme kromě známé dvojice Mizar-Alcor také pěknou dvojhvězdu Alula Australis. Z poloh měřených v letech 1781 až 1826 spočítal francouzský astronom F. Savary roku 1828 oběžnou dráhu obou složek. Alula Australis se tak stala první dvojhvězdu, dokazující gravitační vázanost dvojhvězd. Objev gravitačního vztahu mezi složkami dvojhvězd rázem rozšířil platnost Newtonova gravitačního zákona na celý vesmír. Oběžná doba  $\xi$  UMa je 60 let. Pro nádhernou zlatožlutou barvu patří hvězda k nejkrásnějším dvojhvězdám severní oblohy.

Zajímavým párem je rovněž blízko ekliptiky ležící Zubenelgenubi v souhvězdí Vah. Její složky  $\alpha$  CVn (žlutá) a 5,2 mag (bílá) mají úhlovou vzdálenost 3,9'. Obě mají stejný pohyb v prostoru, takže se s největší pravděpodobností jedná o gravitačně vázaný pár. Jejich vzdálenost je 77,2 světelných let.

Tabulka

Název	mag	mag	Úhl. vzdálenost	Poziční úhel
$\zeta$ Uma (Mizar)+80 Uma (Alcor)	2,3	3,9	14,4	153
$\alpha$ CVn (Cor Caroli)	2,9	5,6	19,4	229
$\xi$ UMa (Alula Australis)	4,3	4,8	1,8	2 /měsíc
$\epsilon$ Boo (Izar)	2,5	4,9	2,8	340
$\gamma$ Vir (Porrima)	3,5	3,5	1,8	287
$\gamma$ Leo (Algieba)	2,4	3,6	4,4	125
$\kappa$ Boo	4,5	6,7	13,6	236
$\pi$ Boo	4,9	5,8	5,5	111
24 Com	5	6,6	20,3	271
$\alpha_1, \alpha_2$ Lybrae (Zubenelgenubi)	2,7	5,2	3,9	314

Skutečná vzdálenost složek je tedy cca 0,08 světelných let.

Zajímavá je minulost názvu  $\alpha$  Lybrae. Český překlad názvu Zuben-el-Genubi znamená Jižní dráp, což na první pohled nemá s Vahami, v nichž stálice leží, nic společného. Název hvězdy totiž pochází ze starého Řecka, kde v místě dnešního souhvězdí Vah ležel nebeský obrazec zvaný Nužky, který byl součástí Štíra. Souhvězdí Vah se začalo používat až o několik stovek let později.

Posledním typem objektu, o kterých dnes bude řeč, jsou kulové hvězdokupy. Jednou z nejhezčích je M 3 (NGC 5272), kterou najdeme 3 stupně severozápadně od 9 Bootis. Pozorovatelná je již v triedru jako nenápadná mlhavá hvězda. Pohled dalekohledem odhalí silně zrnitý obláček s difúzními okraji, který se ke středu znatelně zjasňuje. Uvnitř hvězdokupy se nachází V 154 – první proměnná hvězda objevená uvnitř kulové hvězdokupy. Souhvězdí Vlasy Bereniky je domovem dalších dvou hvězdokup: 7,6 mag jasná M 53 a její menší a slabší sestra NGC 5053.

Jarní obloha nabízí stovky objektu. Necháte-li se zlákat světem vzdálených galaxií, určitě nezapomeňte na kvalitní mapu, bez které se ve změní galaxií velmi rychle ztratíte. Šťastnou cestu oblohou přeje

Michal Prorok

## Zákryt hvězdy planétkou Merope

Podľa upresnenej predpovede J. Mánka mal nastat 2. februára zákryt hvězdy TYC 4742 609 planétkou (1051) Merope. Tieň planétky prechádzal zo severného Talianska cez Rakúsko, križoval Českú republiku, Poľsko, pobaltské štáty až po Petrohrad.

Positívne pozorovania boli v Prahe-Libuši (J. Jindra pozoroval vizuálne 3,5 sekundový zákryt) a vo Vlašimi (J. Urban pozoroval zákryt s trvaním 3,1 sekundy). Obaja pozorovatelia boli zhodou okolností umiestnení tak, že pozorovali východný a západný okraj tieňa.

Negatívne pozorovania boli na Petříně (J. Mánek a V. Čejka), v Ústí nad Labem (T. Janík) a Hradci Králové.

Mánkové negatívne pozorovanie televíznu CCD kamerou prispelo k upresneniu možnej neistoty o rozmere planétky. Predbežná redukcia pozorovaní (J. Mánek) poukazuje na eliptický tvar planétky s rozmermi 72×48 km. Žiaľ, tieň sa pohyboval pozdĺž dlhšej osi, podobne ako pri zákryte planétkou (360) Carola 15. 10. 2000 (*Kozmos 6/2000*), takže bol široký len 50 km. Oproti predpovedi bol tieň 15 km západnejšie a nepresnosť predpovede bola len 7 sekúnd!

V Hradci Králové boli asi 20 km východne od západnej hranice tieňa, no pozorovatelia v Prahe na Petříně len neuveriteľných 2,5 km... Tak tomu sa hovorí „pech“!

Pavol Rapavý

## Kalendár ukazov a výročí (apríl – máj 2002)

(v SEČ)

4.4.	16,5	Mesiac v poslednej štvrti	23.4.	19,5	minimum $\beta$ Per (A=2,1-3,4 mag, P=2,867 d)	13.5.	4,8	Neptún v zastávke (začne sa pohybovať retrográdne)
7.4.	9,9	Merkúr v hornej konjunkcii so Slnkom	23.4.	3,6	dotyčnicový zákryt hviezdy ZC 1659 (6,7 mag) Mesiacom (3,4D)	13.5.	15,1	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 3,2° severne)
8.4.	4,5	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 4,8° severne)	25.4.	17,4	Mesiac v prízemí (360087 km)	14.5.	7,7	tesná denná konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 21' južne)
10.4.	0,0	zákryt hviezdy TYC 1880 482 Jupiterom	27.4.	4,0	Mesiac v spíne	14.5.	20,9	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 1,3° severne)
10.4.	6,5	Mesiac v odzemi (406406 km)	28.4.	23,9	dotyčnicový zákryt hviezdy ZC 2307 (3,9 mag) Mesiacom (14.0D)	15.5.	0,5	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,7° severne)
12.4.		Medzinárodný deň kozmonautiky	2.5.	22,9	zákryt hviezdy HIP 70302 planétkou (1165) Imprinta	16.5.	5,7	Merkúr v zastávke (začne sa pohybovať retrográdne)
12.4.	20,3	Mesiac v nove	4.5.	4,5	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (21°)	16.5.		maximum meteorického roja $\alpha$ Skorponidy
13.4.	100.	výročie narodenia (1902) J. Očenáša	4.5.	8,3	Mesiac v poslednej štvrti	16.5.	12,6	denná konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 1,6° južne)
13.4.	10,4	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 4,6° severne)	4.5.	6,7	konjunkcia Marsu so Saturnom (Mars 2,2° severne)	17.5.	20,5	dotyčnicový zákryt hviezdy ZC 1239 (6,6 mag) Mesiacom (5.3D)
14.4.	20,3	zákryt hviezdy TYC 753 1954 planétkou (667) Denise	4.5.	35.	výročie (1967) Lunar Orbiter 4	19.5.	20,7	Mesiac v prvej štvrti
14.4.	21,3	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 3,3° severne)	5.5.	6,5	maximum meteorického roja $\eta$ Akvaridy	21.5.	100.	výročie narodenia (1902) K. A. Kuilkova
15.4.	5,2	minimum $\beta$ Per (A=2,1-3,4 mag, P=2,867 d)	6.5.	130.	výročie narodenia (1872) W. de Sittera	23.5.	16,5	Mesiac v prízemí (364985 km)
15.4.	22,2	zákryt hviezdy TYC 1351 397 planétkou (79) Eurynome	7.5.	13,1	konjunkcia Venuše so Saturnom (Saturn 2,4° južne)	24.5.	40.	výročie (1962) Aurory 7 (S. Carpenter)
16.4.	1,5	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 3° severne)	7.5.	20,2	Mesiac v odzemi (405480 km)	25.5.	75.	výročie narodenia (1927) M. Brezínu
16.4.	320.	výročie narodenia (1682) J. Hadleya	8.5.	1,0	zákryt hviezdy TYC 6156 6 planétkou (912) Maritima	26.5.	12,8	Mesiac v spíne (polotieňové zatmenie od nás neviditeľné)
15.4.	30.	výročie (1972) Apolla 16	8.5.	3,6	minimum $\beta$ Per (A=2,1-3,4 mag, P=2,867 d)	27.5.	8,2	Merkúr v dolnej konjunkcii so Slnkom
16.4.	135.	výročie (1867) narodenia W. Wrighta	10.5.	20,9	tesná konjunkcia Venuše s Marsom (Mars 18' južne)	31.5.	2,3	minimum $\beta$ Per (A=2,1-3,4 mag, P=2,867 d)
16.4.	22,2	konjunkcia Saturna s Mesiacom (zákryt)	12.5.	11,7	Mesiac v nove	31.5.	90.	výročie narodenia (1912) M. Schwarzschilda
17.4.	35.	výročie (1967), Surveyoru 3 Launch	12.5.	23,6	zákryt hviezdy TYC 6747 1271 planétkou (280) Philia	31.5.	130.	výročie narodenia (1872) Ch. Abotta
19.4.	0,8	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 47' južne)						
20.4.	13,8	Mesiac v prvej štvrti						
22.4.	11,5	maximum meteorického roja Lyridy						





## Blízkozemná planétka 2001 YB5

V polovici decembra sme mali možnosť pozorovať blízkozemnú planétku 1998 WT24. Vtedy však ešte nik netušil, že začiatkom januára preletí v blízkosti Zeme ďalší z asteroidov, ktorý označujeme ako PHO (potenciálne ohrozujúci objekt). V masmédiách sa objavovali články s príznačnými názvami *Nový rok sa mohol začať katastrofou*, *Tesne vedľa*, *Sprint pred objektívom* a pod.

Tento rozruch vyvolala planétka 2001 YB5, ktorá bola objavená v juhozápadnej časti Raka 27. 12. 2001 1,2 m Schmidtovou komorou na Mt. Palomare skupinou vedenou E. Helinovou ako objekt 19 mag. Niekoľko hodín po objave bola pozorovaná aj na observatóriu AGO v Modre.

Už prvé pozorovania ukázali, že ide o blízkozemnú planétku typu Apollo.

Okolo Zeme preletela ráno 7. januára o 8:30 SEČ vo vzdialenosti necelých 835 tisíc km, teda asi dvojnásobok vzdialenosti Mesiaca. Z astronomického hľadiska je to skutočne priblíženie veľmi tesné. Toto asi 300 m teleso nás teda minulo len o vlások...

V čase maximálneho priblíženia sa po oblohe pohybovala na hranici Centaura a Južného kríža úctyhodnou rýchlosťou 7' za hodinu a jej jasnosť dosiahla 12 mag, bola teda aj v dosahu amatérskych ďalekohľadov.

Od nás boli najlepšie pozorovacie podmienky v noci zo 6. na 7. januára. Počasie však bolo premizerné, ešte vo výške 30' nad obzorom bolo voľným okom vidieť len hviezdy 3 mag...

Jediným riešením bolo planétku exponovať CCD kamerou. Aj to však nebolo úplne jednoduché, ak si uvedomíme jej rýchly pohyb. Ako najrozumnejšie sa mi ukázalo nájsť si zorné pole, ktorým má planétka prejsť a v danom čase ju exponovať. Na pozorovanie som použil zrkadlový objektív s priemerom 20 cm a ohniskom 1m.

Pri skúšobnej expozícii hviezdneho pozadia som s hrôzou zistil, že na obrázku sa ako červíky zobrazuje prach... Čistenie zabralo svoj čas a zrejme som porušil aj práce zaostrenie...

Vo zvolenom čase som urobil 5 polminútových expozícií. Už pohľad na monitor ma potešil, na jednotlivých obrázkoch bola prekvapujúco dlhá úsečka, ktorú planétka zanechala pri expozícii.

Zorné pole obrázku má 15×18', jasná hviezda dole má 11,8 mag. Začiatok prvej expozície bol o 00:58 SEČ, prerušenia sú spôsobené vyčítaním obrázku do notebooku. Planétka v čase expozície bola od nás „ešte“ 1,18 mil. km v súhvezdí Hydra vo výške 16' nad obzorom. Jej rýchlosť bola 4' za hodinu a jasnosť 12 mag.

Viac o príbehu tejto planétky sa dočítate v peknom článku Ing. Tichej v IAN č. 394.

V tomto roku sa ešte k Zemi priblíži koncom augusta planétka 2001 EB18 (5 miliónov km) a najtesnejšie priblíženia nás ešte len čakajú. Na vzdialenosť Mesiaca (397 tis. km) sa 7. 8. 2027 priblíži planétka 1999 AN10 a skutočne „o vlások“ to bude 1. 12. 2140, keď sa planétka 2000 WO 107 priblíži k Zemi na neuveriteľných 120 tisíc km!

Pavol Rapavý

## Hypernova v M74

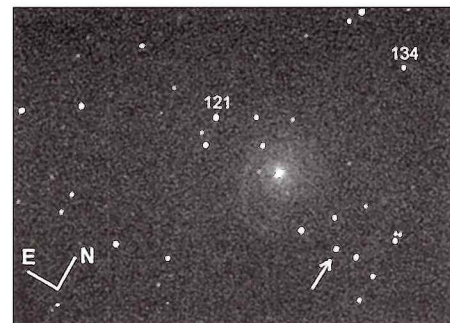
Yoji Hirose, japonský astronóm amatér, objavil 29. januára pomocou CCD kamery (25 cm Schmidt-Cassegrain) nový objekt v blízkosti galaxie M74 (NGC 628). V dobe objavu mal objekt 14,5 mag a nachádzal sa 4,5' západne od jadra galaxie. Pred objavom na danom mieste nebol žiadny objekt jasnejší ako 21 mag. Blízko uvedenej polohy sa nachádza rádiový zdroj, ktorý by mohol byť progenitorom, no ďalšie presné určenia polohy ukázali, že nemôže ísť o totožné objekty.

Merania červeného posunu poukazujú na skutočnosť, že objekt je v okrajovom ramene (alebo medzi ramenami) galaxie M74. Tým bola vylúčená možnosť, že supernova SN 2002ap sa nachádza za galaxiou M74 v neznámej galaxii.

Spektrum je podobné spektru unikátnej supernovy SN 1998bw, ktorú sprevádzal jasný gama záblesk. V oboch prípadoch ide o exotické štádium „hypernovy“, ktoré je asi 100 000-krát vzácnejšie ako supernova. Existenciu takýchto objektov potvrdzujú aj rádiové pozorovania zvyškov supernov.

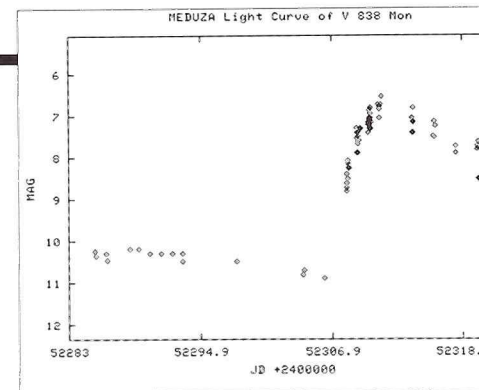
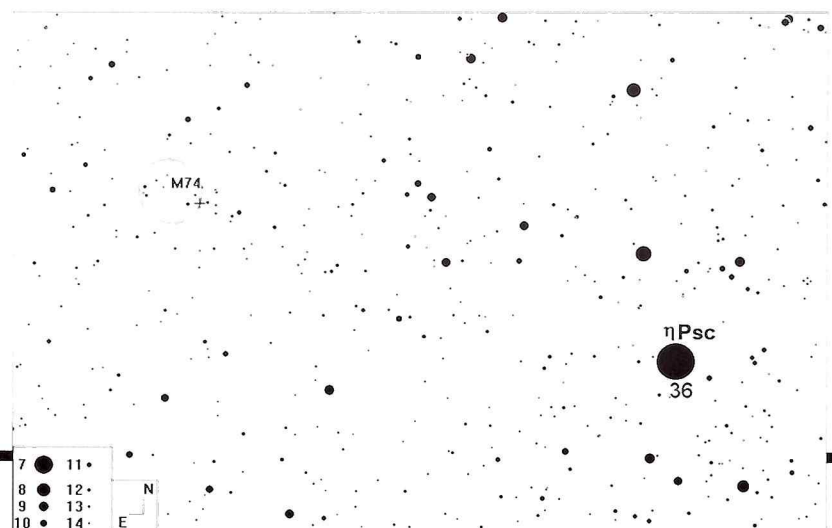
Je možné, že jasnosť hypernovy dosiahne 11–12 mag a bude teda vizuálne pozorovateľná aj amatérskymi ďalekohľadmi. Vidieť na vlastné oči hypernovu je iste mimoriadny zážitok.

Pavol Rapavý



Exponované 16. 2. 2002, 20:10 SEČ, expozícia 40 sek., kamera SBOG ST-8, pole 16×18'

Foto: P. Rapavý



Graf jasnosti V838Mon. Autor grafu: O. Pejcha

## Vzplanutie V838 Mon

Skupina pozorovateľov združených v skupine MEDUZA zaznamenala svoj azda najväčší úspech a dokázala, že k objavom nemusia byť k dispozícii vždy len veľké ďalekohľady...

Premennú hviezdu V838 Mon objavil 6. januára 2002 na fotografických snímkach austrálsky astronóm M. J. Brown ako objekt 10 mag. Takéto objavy sú pomerne bežné (novy, supernovy), no detailný rozbor naznačoval, že nejde o novu ani supernovu a hviezda bola označená ako podivná – pekuliárna. Následné pozorovania ukázali na postupný pokles jasnosti. Až potiaľ to nie je nič mimoriadne.

2. februára večer si všimol L. Šmelcer (Valašské Meziříčí) pri CCD pozorovaní premenných hviezd, že pekuliárna hviezda V838 Mon má 8,2 mag, je teda neobyčajne jasná, takmer o 3 mag jasnejšia ako predchádzajúca noc! „Podivnú jasnosť“ hviezdy mu potvrdil aj L. Lenža, ktorý sa mu dával „cez ramo“ Okamžite kontaktoval L. Bráta (Pec pod Sněžkou), ktorý pozorovanie (vizuálny odhad 8,8 mag) potvrdil. Telefonicky informoval O. Pejchu a P. Sobotku v Brne a oznámenie o objave poslal do e-mailovej konferencie VSNET. Brnenské CCD pozorovania potvrdili, že sme svedkami skutočne mimoriadneho úkazu, hviezda zjasňovala neuveriteľne rýchlo: 0,1 mag za hodinu!

Neskôr sa ukázalo, že existujú aj „predobjavové“ pozorovania (R. J. Bouma, P. Nelson). Vďaka českým astronómom sa začala pozorovateľská kampaň. Talian T. Scarmanto ju dokonca videl voľným okom ako naoranžový objekt 6,6 mag. Jeho skvelý zrak i priezračnú oblohu mu môžeme len závidieť!

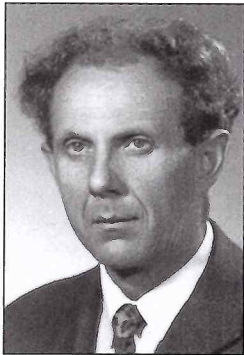
V českých médiách sa objavu dostalo zaslúženej pozornosti, na internete prebiehala búrlivá diskusia. Priebeh jasnosti na grafe O. Pejchu dokumentuje dramatický vývoj jasnosti tejto premennej hviezdy. Sme teda svedkami doposiaľ nepozorovaného javu, je možné, že pôjde o úplne nový druh premennosti, ktorý si doteraz nedokážeme dobre vysvetliť...

Pavol Rapavý



## Mgr. Igor CHROMEK sedemdesiatročný

Čas beží aj hodinám. „Uteká“ rýchlym tempom, ale je taký okamih v živote človeka, v ktorom sa sám na chvíľu zastaví a obzrie sa späť. Je to čas životného jubilea – počnúc abrahámovinami, neskôr pokračujúc ostatnými jubileami...



Začiatkom roku 2002 sa dožil významného a vzácného životného jubilea v plnej sviežosti ducha, optimizmu a vitality – 70 rokov – pán Igor Chromek. Meno jubilanta sa úzko spája so vznikom a históriou banskobystrickej hviezdárne, kde pracoval 25 rokov. Krátko vo funkcii odborného pracovníka, potom vo funkcii riaditeľa.

Ak chceme pri príležitosti vzácného jubilea Igora Chromeka povedať pár slov o jeho mimoriadne bohatej kultúrno-výchovnej činnosti, nevyhneme sa opakovaniu toho, čo už bolo veľa krát povedané a napísané. Pripomenutie však vždy je aj prínosom pre mladších a svojím spôsobom je aj poučením. Veď vyplýva z toho aj obdiv k množstvu a kvalite vykonanej práce, prístup ku kolegom ochota a snaha pomôcť dobrej veci.

Na stránkach tlače nie je teraz miesto na širšiu enumeráciu výsledkov činnosti, ktoré dokreslia profil jubilanta. Mgr. Igor Chromek sa narodil 23. januára 1932 v Banskej Bystrici, kde absolvoval základné, stredoškolské i vysokoškolské štúdium. Skôr ako nastúpil do pracovného pomeru do hviezdárne, venoval sa aktívne a profesijne športu, organizácii športového života mesta a kraja. Šport bol i ostal jednou z jeho srdcových záležitostí.

Prvé kontakty s astronómiou získal vďaka svojej manželke, ktorá sa v mladosti venovala pozorovaniu meteorov. Suma sumárum v krajskej hviezdárni pôsobil celé štvrtoročie. Počas aktívnej činnosti práce sa venoval predovšetkým histórii astronómie a príbuzných prírodných vied na území kraja, ale aj Slovenska, predovšetkým prácou v historickej sekcii Slovenskej astronomickej spoločnosti. Z tejto oblasti publikoval aj množstvo článkov v časopise Kozmos či Ríše hviezd.

Druhou z jeho veľkých lások je literatúra, ktorej sa venuje približne pol storočia. Po odchode na dôchodok sa jej venuje intenzívnejšie. Pretavuje postavy histórie do románov, rozhlasových hier a nevyhne sa ani písaniu poézie. Široký diapazón publicistických prác prezentuje v spolku Litera, v Matici slovenskej, dennej tlači. Za mnohé spomeňme aspoň román „Hvezdár z medeného mesta“ o živote a diela Jakuba Príbiceca, autora astronomickeho spisu *Traktatus de cometa*.

Z príležitosti okrúhleho životného jubilea želáme Mgr. Igorovi Chromekovi do ďalších rokov, aby sa v zdraví čo najdlhšie tešil z dobre vykonanej práce. K tomu pohodu, optimizmus, tvorivého ducha, dobré pero a spokojnosť v kruhu rodiny.

Kolegovia

## Šestnásty celoštátny slniečny seminár

Po úspešnej sérii pätnástich slniečnych seminárov, z ktorých posledný sa konal pred takmer dvoma rokmi v Patinciach, Slovenská ústredná hviezdárňa v Hurbanove organizuje ďalší, v poradí už 16. celoštátny slniečny seminár, ktorý sa uskutoční v Turčianskych Tepliaciach 3.–7. júna 2002.

Tematickým ťažiskom slniečného seminára bude zhodnotenie súčasného stavu slniečnej fyziky, prezentovanie najnovších poznatkov zo slniečnej fyziky v nasledovných oblastiach: **Fyzikálne javy v slniečnej atmosfére, Slnečná aktivita, Úplné zatmenia Slnka, Slnečné počasie, Slnko a geoaktivita.**

Blížšie informácie a návratku nájdete na adrese: <http://www.suh.sk/obs/slnsem/slnsem1.htm>

Bude potešiteľné, keď aj tento seminár bude mať dobrú úroveň, tak ako to bolo na predchádzajúcich seminároch, a keď sa aj v srdci Turca zide hojný počet účastníkov.



## Listy z ISS

Na začiatku nového milénia mnohí z nás s veľkým záujmom sledovali kozmické aktivity 16 krajín sveta, spojené s konštrukciou prvej Medzinárodnej vesmírnej stanice (ISS) na obežnej dráhe okolo Zeme. S veľkým záujmom sa udeňovaný počín stretol i na Slovensku. Pri nočných, fascinujúcich preletoch vesmírnej stanice nad naším územím medzi hviezdami, sme jej posádke so želaním šťastia i úspešného návratu na Zem niekedy i úprimne zamávali.

SÚH v Hurbanove venovala tejto udalosti v novom miléniu v obrazovej časti aj svoj prvý Astronomický kalendár na rok 2001. Zároveň oslovila ruských a amerických kozmonautov a astronautov, ktorí sa zúčastnili na prvých dvoch expedíciách na Medzinárodnej vesmírnej stanici, o poskytnutie malého interview pre časopis Kozmos a odpovede na nasledovné otázky: Ako ste

James S. Voss



## OPRAVY

V článku *Slučky* (Kozmos 1/2002, str. 31) v prvom odseku o slučkách vnútorných planét bol nepozornosťou autora na štyroch miestach chybné uvedený termín „horná konjunkcia“. Správne má byť „dolná konjunkcia“.

V článku *Astrofotografia WEB-kamerou* (Kozmos 1/2002 str. 25) na strane 25 v prostrednom stĺpci v 11. riadku zhora má byť „...rozlíšenie čipu 362×582 pixlov softvérovo zvýšené na 640×480 pixlov, rozmer pixlu 8μm×4μm.“ Na tej istej strane v odseku o prispôbovaní optickej sústavy rozlíšeniu snímky v 5. riadku zhora má byť „...priemer obvykle asi 5 μm. Keďže typický rozmer jedného pixla CCD kamier je práve 5–10μm...“

**Kúpim** Huygensov okulár F5 alebo F6 na AD800. Priemer okuláru 23mm. Havlíčková Anna, Mládežnícka4, 97404 Banská Bystrica 4, tel. 048/413 65 54.

**Predám** Newton 300/f5 na dobsonovej montáži. Optika Odesa, mechanika Mgr. M.Kamenický. Cena 33 000 Sk. Kontakt 056/643 52 94.

**Predám** časopis Kozmos r. 1998 (4–6), r. 99–2001 (1–6). Cena dohodou. V. Hájek, Bernolákova 38, 90101 Malacky, telefón: 034/772 36 15.

**Predám** nepoškodené časopisy Sky&Telescope, ročníky 1998–2001, cena dohodou. Tel. 0903/55 94 63, e-mail [geminii@ba.telecom.sk](mailto:geminii@ba.telecom.sk).

sa stali astronautom, ktoré momenty boli najdramatickejšie počas vašej expedície na ISS a čo si myslíte o budúcnosti Medzinárodnej vesmírnej stanice (ISS)?

Ako prvý nám zatiaľ odpovedal americký astronaut **James S. Voss** (NASA, Lyndon B. Johnson Space Center, Houston, Texas – člen Expedície 2):

*Vybrali ma ako astronauta po predložení mojej žiadosti NASA, spolu s tisíckami iných záujemcov. Výberová komisia vyhodnotila všetky žiadosti, vybrala najlepších kandidátov a pozvala ich na lekársku prehliadku a pohovory do Johnson Space Center. Bol som nesmierne šťastný, že som sa zúčastnil na pohovoroch a potom ma vybrali ako astronauta kandidáta do triedy 1987.*

*Najdramatickejšia udalosť počas našej expedície nastala vtedy, keď vznikli problémy s našimi všetkými tromi hlavnými počítačmi. Problém, ktorý obmedzoval interakciu posádky, mohol byť spôsobený softvérom, takže sme mali obmedzené možnosti vo výkone operácií. Naš pozemský riadiaci tím však našiel spôsob, ako vyriešiť tento problém. Pomocou riadenia zo Zeme, sme vykonávali manuálne operácie dovedy, kým sme prostredníctvom rozsiahlej tímovej práce nevynechali zlé počítačové vybavenie a vrátili sa k normálnym operáciám.*

*Medzinárodná vesmírna stanica (ISS) je esteticky krásna a obdivuhodné laboratórium vo vesmíre. Prostredníctvom výskumu zúčastnených vedcov a inžinierov bude v budúcnosti poskytovať úžitok pre celý svet.*

Ladislav Druga



# V Brne sa hovorilo o hviezdach

Hvezdáreň a planetárium Mikuláša Koperníka v Brne už tradične usporiadala v novembri 2001 medzinárodnú konferenciu o výskume premenných hviezd (International Conference on Variable Star Research, Brno 2001). Podobných konferencií si v Brne pamätáme mnoho, no napriek tomu ostatná z nich sa odlišovala veľmi významne od väčšiny predchádzajúcich. Rokovacím jazykom počas celej konferencie bola totiž angličtina, čo umožnilo medzinárodnému vedeckému organizačnému výbor (SOC) v zložení – Z. Mikulášek - domáci, T. Hegedús – Maďarsko, L. Hric - Slovensko, R. Novák - domáci, N. Samus – Rusko, P. Sobotka, V. Šimon, M. Wolf a M. Zejda – z hostiteľskej krajiny, zabezpečiť zaujímavých prednášateľov zo zahraničia na vybrané témy. Účastníci konferencie si tak mohli vypočuť zaujímavé príspevky z rôznych regiónov sveta.

Vo štvrtok predniesol prvý pozvaný príspevok Dr. J. Garcia z Argentíny, v ktorom priblížil nedávny rozvoj pozorovaní premenných hviezd v Južnej Amerike. Po jeho prednáške bol čas venovaný posterom a neformálnej diskusii. Piatkový program otvoril prof. O. Demircan z Turecka zásadnou prednáškou o zmenách periód v dvojhviezdach typu Algol, v ktorej zhrnul poznatky z vlastnej niekoľko desaťročnej pozorovateľskej a vedeckej činnosti. Dr. A. Erdem, tiež z Turecka, predstavil výsledky štúdia bezmála dotykovej dvojhviezdy GK Cephei. Dr. T. Hegedús z Maďarska vo svojom príspevku zhrnul fotometrické efekty 2. rádu na svetelných krivkách zákrytových dvojhviezd a hovoril o ich význame v stelárnej astrofyzike. Dr. D. E. Mkrtrichian z Ruska doplnil problematiku Algolov o poznatky z výskumu ich pulzujúcich zložiek. Na konferencii sa zúčastnili aj manželia Rovithisovci z Grécka, účastníkom dobre známi už z predchádzajúcich rokov. Rovithisova manželka Dr. H. Rovithis-Livaniou hovorila o viacnásobných hviezdnych sústavách, ktoré odhaľujeme najmä pri podrobnom výskume dvojhviezd. Na príkladoch jednotlivých sústav ukázala, že pri interpretácii (O-C) diagramov musíme byť opatrní a aj prudké skoky v nich musíme chápať ako postupné a nie náhle zmeny orbitálnych periód. Popoludňajší program ešte obohatili kratšími príspevkami Dr. M. Wolf, Dr. L. Šarounová, Mgr. K. Petřík a Dr. J. Janík. Účastníci konferencie sa potom už netešili len na večeru, ale aj na koncert, ktorým svetoznáme teleso Chamber Wind Harmony Brno pod vedením majstra Z. Mikuláška

a pod taktovkou D. Marečka presne o 20:00 rozochvelo všetky vrstvy atmosféry pod obrovskou kupolou brnianskeho planetária a zároveň aj všetky srdcia v sále. Tóny Čajkovského, Mozarta a Straussa nás preniesli na chvíľu do najodľahlejších častí vesmíru našej duše.

Sobotňajší program otvorila Dr. J. Mikolajewska z Poľska, ktorá patrí k popredným svetovým odborníkom na výskum symbiotických hviezd. Vo svojom prehľadovom referáte hovorila o optických a blízkyh infračervených pozorovaniach týchto objektov. Dr. L. Hric hovoril o jave vzplanutí v katakлизмických premenných hviezdach, medzi ktoré na tento účel zahrnul aj supernovy, ďalej novy, novám podobné hviezdy, trpasličie novy a samozrejme aj symbiotické hviezdy. Dr. V. Šimon hovoril veľmi pútavo o dlhodoobej premennosti trpasličích nov a ich prejavov v blízkej röntgenovej oblasti. Zhodou okolností v čase konania konferencie končila kampaň na fotometrické sledovanie symbiotickej hviezdy YY Herculis, ktorú vyhlásili Hric a kol. v IBVS No. 5046, kde informovali aj o objave sekundárnych zákrytov v tejto dvojhviezde. Mgr. K. Petřík preto oboznámil prítomných s predbežnými výsledkami kampane. Záujem o ne bol pochopiteľný, nakoľko v sále sedela väčšina pozorovateľov tohto objektu v sezóne roka 2001. Zaujímavým príspevkom sa prezentoval Prof. J. Kreiner z Poľska, ktorý priniesol svoj atlas zákrytových dvojhviezd. Je v ňom 1140 dobre odporozovaných zákrytových premenných s (O-C) diagramami a ďalšími zaujímavými údajmi pre pozorovateľov.

Poobedňajší program pokračoval prehliadkou múzea J. G. Mendela – biológa a astronóma, brnianskeho rodáka a vyvrcholil slávnostnou večerou, ktorá sa podávala priamo na hvezdární. Hostitelia navyše demonštrovali svetové prvenstvo svojej krajiny v spotrebe piva tým, že sa postarali aj o sud s týmto mottom, my jeho milovníci zase o jeho osud.

Aj nedeľa bola pre účastníkov konferencie pracovná. Dr. L. Kiss z Maďarska otvoril tému, ktorá bola zvlášť blízka pre väčšinu poslucháčov, hovoril totiž o význame astronomov amatérov pri výskume premenných hviezd, čím rozprúdil živú diskusiu. Po kratších príspevkoch T. Gráfa a J. Duška začala žatva – tradičná žatva astronomických objavov z rokov 2000-2001, ktoré vybral, zhrnul a pútavo prerozprával Dr. J. Grygar a pridal tak posledný kliniec do bohatého programu celej konferencie.

Konferencia zrazu skončila a zostali len dojmy a spomienky, no dojmy obrovské z výbornej organizácie konferencie, z veľkého množstva mladých účastníkov, zo študentov prezentujúcich svoje práce na svetovej úrovni, zo spokojných zahraničných kolegov a z pohostinných organizátorov. Patrí im poďakovanie a chcel by som ich v mene mnohých účastníkov, s ktorými som diskutoval, poziadať, aby v tejto tradícii pokračovali.

**Dr. LADISLAV HRIC, AsÚ SAV**

# MARS: blízko rovníka voda ešte nedávno

Arizónski vedci objavili kanál, ktorým pred 10 miliónmi rokov pretieklo najmenej 600 kubických kilometrov vody. Ide o 1,25-krát väčší objem, ako majú veľké americké jazerá Erie a Tahoe a 65-krát viac ako kalifornské jazero Salton Sea.

Mladá záplavová oblasť leží medzi 7. a 12. stupňom severnej šírky a 153,5 a 157,5 východnej dĺžky, teda nad rovníkom červenej planéty. Hlavný prítokový kanál sa ťahá z oblasti Cerberus Fossae na juhozápad; menšie kanály smerujú na juh.

Americký planetológ Alfred McEwan študoval v posledných mesiacoch najnovšie snímky zo sondy MGS a podrobnejšie preskúmal najmä sériu trhlín (dlhých až 1000 km), ktoré pretínajú lávou pokryté Cerberus Plains, tesne nad marťanským rovníkom. Na snímkach vidieť nespochybniteľné príznaky katastrofálnych záplav, ktoré pripomínajú podobné útvary na Zemi. Už planetológovia, ktorí pred 20 rokmi analyzovali snímky Vikingov, upozornili na to, že iba záplavy mohli vyhlbiť do marťanskeho povrchu také kanály, aké objavili na snímkach z oblasti Chryse Planitia. Odhadli, že k záplavam v tejto oblasti došlo pred 2 miliardami rokov.

Kanály, ktoré objavili Arizončania, sú však podstatne mladšie. Systém kanálov v Athabasca Valles predstavuje o hydrologickom cykle na Marse podstatne zmenili. „Na prvý pohľad je zrejme, že zdroj vody je celkom iný ako tie, čo poznáme na Zemi,“ vyhlásil Mc Ewan. „Voda vytekala z tektonických trhlín, ktoré sú dôsledkom vulkanickej činnosti. Trhliny sú staré, ale nepochybujeme o tom, že prívaly poslednej povodne vychrľili iba pred 10 miliónmi rokov.“

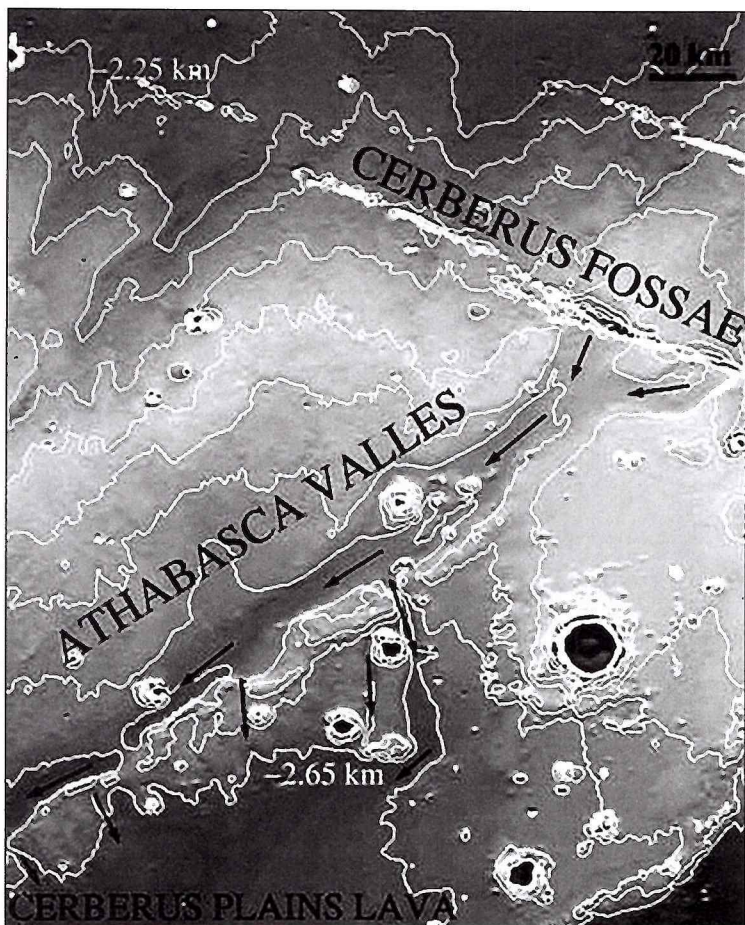
Geotermálne oázy na Marse sú senzačným objavom, pretože dokazujú, že Mars ešte nie je mrtvou planétou. Voda môže vytekať iba z horúceho, či presnejšie periodicky sa ohrievajúceho vnútra. „Záplavový vulkanizmus sa na Marse opakuje periodicky, každých 10 miliónov rokov. Posledná erupcia vody z podzemia sa konala pred 10 miliónmi rokov a je viac ako pravdepodobné, že sa bude opakovať,“ tvrdí McEwan.

Podrobná analýza najnovších snímkov z MGS potvrdila, že v rovnakej dobe (teda pred 10 mil. rokov) vytekali z trhlín aj malé prúdy lávy. Planetológovia predpokladajú, že trhliny vznikli pôsobením tektonických síl, alebo kombináciou tektonických síl a tlakom stúpajúcej magmy.

Marsológovia objavili na Marse, tiež blízko rovníka, aj ďalší vulkanicko-hydrologický systém kanálov: Mangala Valles. Ide však o podstatne starší systém ako ten v oblasti Athabasca Valles.

Najpresvedčivejším dôkazom záplav sú evidentné stopy po tečúcej vode – ploché vyvýšené terasy (mesy) uprostred kanálov. Tieto „stolové hory“ pripomínajú ostrovčeky, za ktorými sa nahromadili usadeniny, privlečené prúdom.





Na snímke vidíte oblasť Cerberus Fossae a Athabasca Valles, severne od marťanského rovníka. Na tejto snímke MGS objavili vedci sieť kanálov, ktoré mohla vytvoriť iba veľká záplava. Šípky označujú smer prúdiacej vody. Zdrojom vody sú vulkanicko-tektonické trhliny na planine Cerberus. Snímka zobrazuje povrch 16 000 štvorcových kilometrov.

Tieto usadeniny za mesami majú podobu kvapiek, ktoré nápadne pripomínajú podobné útvary v kanáloch zbrázdenej oblasti Scabland na severozápade Spojených štátov. Jeden z členov arizonského tímu písal o týchto naplaveninách už v roku 1982, pričom tvrdil, že ich vytvorili katastrofické záplavy spôsobené vodou z náhle roztopených ľadovcov.

Mesy naplavenín v Athabasca Valles sa vypínajú do výšky 100 metrov nad dnom kanálov a

Na snímke vidíte mesu, záplavou vytvorenú „stolovú horu“ v podobe kvapky. Na svahoch mesy sú jasne rozlíšiteľné terasy sformované klesajúcim prúdom.



sú dlhé niekoľko sto až niekoľko tisíc metrov. Ich plochý povrch však vytvorila skôr voda ako ľadovec.

Na stenách stolových hôr sa dajú rozoznať horizontálne vrstvy naplavenín jemného materiálu, ktoré dokazujú, že ide naozaj o vodou privlečené a uložené depozity. Pod plošinou každej mesy sú však aj horizontálne vrstvy materiálu, ktorý vznikol eróziou pôvodne uložených vrstiev.

Na najnovších snímkach MGS rozlíšili vedci aj čudné rovné hrebene a brázdy tmavého materiálu, ktoré sa ťahajú paralelne so stenami kanálov. Aj tieto brázdy, v priemere 100 metrov široké a 10 metrov hlboké, pripomínajú brázdy z amerického Scablandu.

Všetky záplavové kanály južne od planiny Cerberus majú také ostré zlomy a také strmé steny (viac ako 80 stupňov), že ich mohla vytvoriť iba relatívne nedávna povodeň. Tento názor podporuje aj povrch okolitých polí lávy, na ktorom je iba niekoľko malých impaktných kráterov.

V pôvodnej správe o novom objave členovia arizonského tímu napísali, že v ústiach kanálov objavili kužele lávy. Takéto útvary ktoré sa vyskytujú aj na Zemi. Veľkosť a morfológia marťanských kuželov pripomína podobné útvary na Islande. Tie sa obvykle sformujú vtedy, keď láva tečúca po povrchu explozívne interaguje s vodou, ktorá je tesne pod povrchom.

Posledná záplava sa planinami Cerberus pre-



V koryte hlavného kanála sa vypínajú kvapôčkovité stolové hory, za ktorými sa ukladali naplaveniny. Terasy a vrstvy v stenách stolových hôr (pri pohľade zhora pripomínajú kvapky) svedčia o tom, že aj tieto útvary vznikli z vodou naukladaných naplavenín, ktoré neskoršie záplavy pretvorili na ploché ostrovčeky.



Čierne pruhy na snímke sú brázdy na dne hlavného kanála, ktoré sa ťahajú paralelne s jeho stenami. Na niektorých miestach sa brázdy (široké 100 m a hlboké 10 m) strácajú. O ich pôvode a zložení zatiaľ veľa nevieme. Snímka zobrazuje povrch 100 štvorcových kilometrov.

valila po oveľa staršom koberci lávy. Vedci predpokladajú, že láva časť vody absorbovala, takže by voda ešte v láve alebo pod ňou mala byť, pravdaže, iba v podobe ľadu.

Cerberus Plains sa po tomto objave stali razom najperspektívnejším terčom budúcich marťanských expedícií. Ložiská ľadu a geotermálna aktivita vytvárajú podmienky, ktoré túto oblasť priam predurčujú pre hľadanie života na Marse.

University of Arizona News Release





## Ked' neprimrzne spúšť

Nielen americkí astronómovia získali zaujímavé snímky počas minuločného maxima roja Leoníd. Jednu, ktorá sa dostala aj k nám do časopisu, naexponoval počas maximovej noci Tomáš Maruška. Tu je jeho krátka svedč:

V noci zo 17. na 18. novembra som sa spolu s priateľmi vybral pozorovať meteorický dážď Leoníd. Pozorovať sme začali okolo polnoci. Prudká zima postupne zahňala všetkých do teplých spacákov a neskôr aj rovno domov. Ostal som na hviezdárni sám. Pri

nastavovaní montáže som zrazu spozoroval v kopuli záblesk. Vystřčil som hlavu von. Vysoko nad severozápadným obzorom som spozoroval silnú, rýchlo sa strácajúcu stopu. Ihneď som zmenil pozorovací program a rozhodol som sa meteory fotografovať. Pred hviezdárňou som namieril fotoaparát na súhvezdie Orión, pretože tam som predtým zaregistroval najviac meteorov. Výsledkom je aj táto fotografia.

Snímka vznikla medzi 5:20–5:30 SEČ. Fotografované prístrojom Canon A1 s objektívom 2.8/24 s otvorenou clonou na Kodak 800 ASA pri svitani a dosť svetelne znečistenom ovzduší.