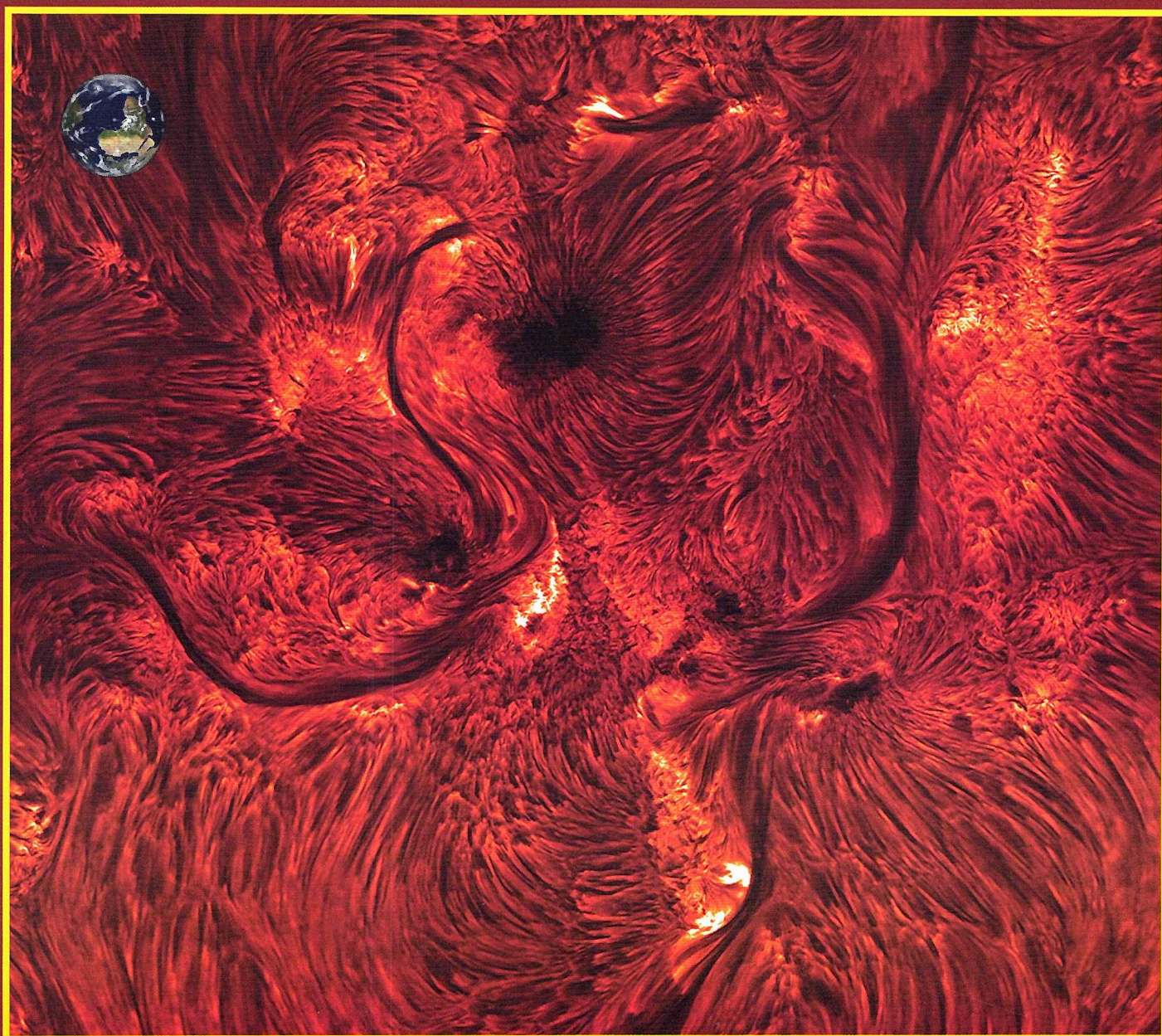


## Výsledky výskumu Oddelenia fyziky Slnka Astronomického ústavu SAV



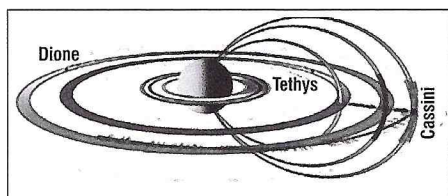
Thetys a Dione sú aktívne telesá  
Sombrero a najväčšia záhada  
súčasnej fyziky

Exoplanéty v systéme štyroch  
hviezd?  
Mira s chvostom

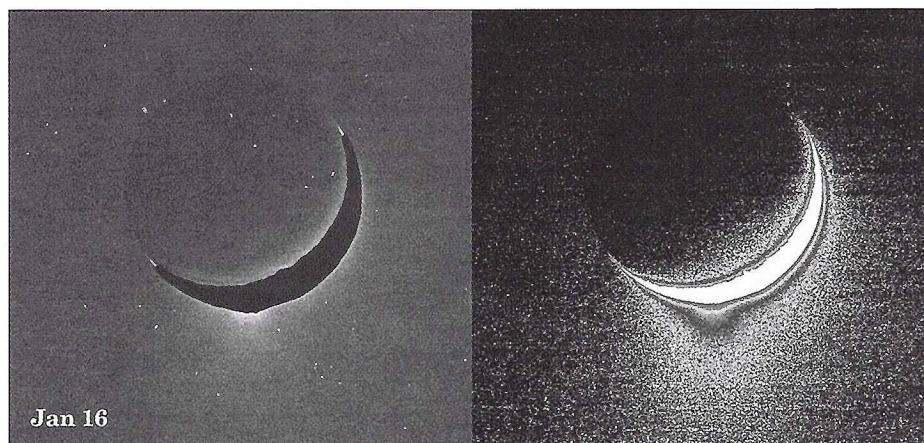
# Tethys a Dione sú aktívne telesá



Tethys (vľavo) a Dione (vpravo) na snímkach, ktoré exponovala sonda Cassini.



Nákres znázorňuje torusy plazmy (nabitých častíc), krúžiace okolo mesiacov. Siločriary magnetického poľa, ukotvené v polárnej oblasti, odčerpávajú z torusov častice, ktoré okolo nich špirálujú, pričom odstredivá sila rýchle sa otáčajúcej magnetosféry im na viacerých miestach umožňuje uniknúť do okolitého priestoru.



Dve zo stoviek fotografií Enceladu, pomocou ktorých vedci zisťujú, aký materiál vynášajú z podzemia mesiaca gigantické gejzíry. Je vraj skoro isté, že ide o vodu, ktorá má v podzemí teplotu vyššiu ako 0 °C. V gejzíroch, ktorých výška dosahuje až 500 km, sa kvapôčky vody rýchle premenia na kryštálky ľadu.

Nielen Enceladus, kde z južnej polárnej oblasti tryskajú do výšok niekoľko sto kilometrov gigantické gejzíry, aj ďalšie dva Saturnove mesiace sú aktívne. Po vyhodnotení posledných snímkov i údajov palubných prístrojov Cassini (najmä z magnetometru MAG) sa ukázalo, že z mesiacov Tethys a Dione prúdia do priestoru mohutné prúdy častíc. Čo ich generuje, nevedno. Môžu to byť geologické i vulkanické procesy.

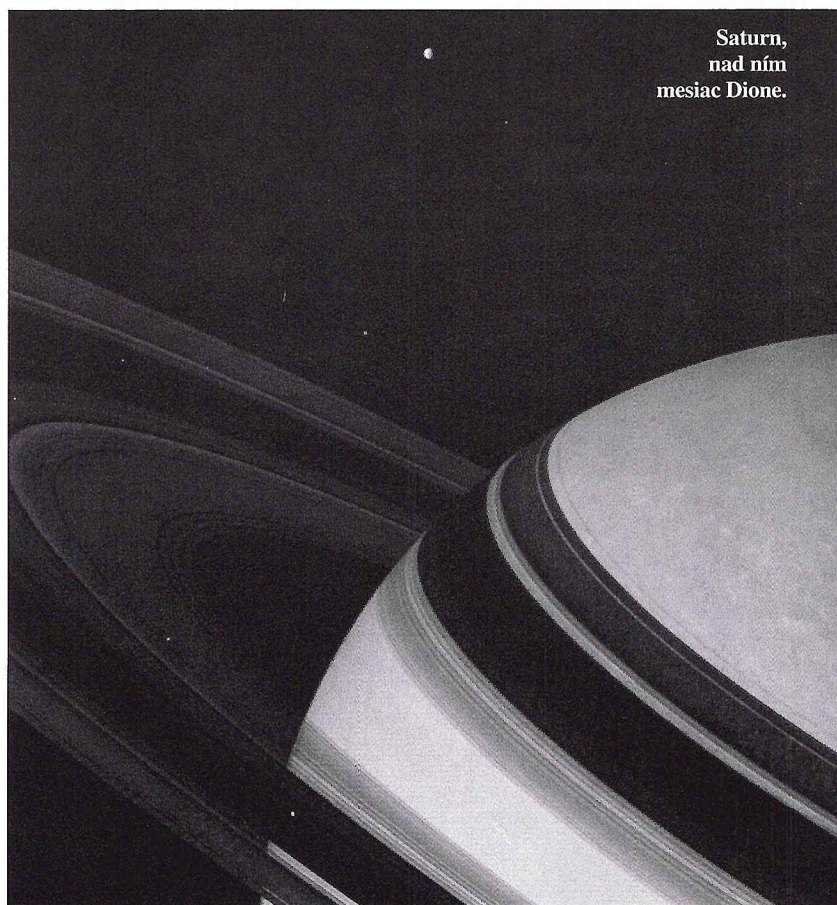
Vedci vystopovali zdroj častíc vďaka tomu, že z údajov vyčítali dramatické pohyby nabitých častíc (plazmy) v magnetosfére Saturna. Ide o plyn, ktorý tvoria záporne nabité elektróny a kladne nabité ióny. Ióny sú atómy, ktoré stratili jeden alebo aj viac elektrónov. Keďže elektróny a ióny majú elektrický náboj, z magnetického poľa planéty neuniknú.

Saturn sa otočí kolo osi za 10 hodín a 46 minút. Spolu s planétou rotuje aj magnetické pole s polapenými časticami. Odstredivá sila vytlačí častice z centra rotácie na perifériu.

Už v roku 2004, krátko potom, ako sa sonda Cassini usadila v systéme Saturna, získali vedci údaje o tom, že rýchla rotácia sformovala plazmu do torusu, pričom na jeho vonkajších okrajoch objavili niekoľko „prstov“. Vedci ich identifikovali ako únikové koridory, ktorými plazma vyhostená odstredivou silou z magnetického poľa Saturna uniká do okolitého priestoru. Stratenú plazmu nahrádza prílev novej, horúcejšej plazmy.

Tím zo Southwest Research Institute (USA) prešetrili tento proces pomocou plazmového spektrometra CASP na palube sondy Cassini. Ukázalo sa, že prúd vymetených elektrónov generujú mesiace Tethys a Dione, významné zdroje plazmy v magnetosfére Saturna.

Vedci zatiaľ zaznamenali iba elektróny, pri najbližších obletoch sa sústredia najmä na ióny. Iba tak sa im podarí rekonštruovať zloženie plaziem z Tethys a Dione, prípadne ich rozlíšiť. Zároveň preveria aj archivované údaje o magnetosfére, ktoré prístroje namerali počas obletov v roku 2005. **Nature**



Saturn, nad ním mesiac Dione.

**Vydáva:** Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum. Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hviezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Ing. Teodor Pintér. **Redakcia:** Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklerová – sekretárka redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka. Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail [kozmos@nextra.sk](mailto:kozmos@nextra.sk)

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

**Vychádza:** 6x do roka. Neobjednané rukopisy nevraciamy. Cena jedného čísla 45,- Sk/Kč. Pre abonentov ročne 240,- Sk/Kč vrátane poštovného.

**Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta a doručovateľ Slovenskej pošty. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a. s., Stredisko predplatného tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, e-mail: [zahrancna.tlac@slposta.sk](mailto:zahrancna.tlac@slposta.sk).

**Predplatelia:** V Čechách A.L.L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Čechách rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: [mila@allpro.cz](mailto:mila@allpro.cz). P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v Čechách bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/98. Indexné číslo: 498 24. Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998. Zadané do tlače 14. 9. 2007

## Témy čísla

- 3 **Sombrero a najväčšia záhada súčasnej fyziky**
- VÝSLEDKY VÝSKUMU ODDELENIA FYZIKY SLNKA ASTRONOMICKÉHO ÚSTAVU SAV
- 12 **Slnko je fyzikálne premenná hviezda / Július Sýkora**
- 16 **Diferenciálna rotácia slnečnej koróny a jej časové zmeny / Július Sýkora**
- 18 **Nárazové vlny na slnečnom povrchu / Ján Rybák**
- 21 **Veľká slnečná erupcia – výskum jej cesty od slnečného povrchu až do medziplanetárneho priestoru / Aleš Kučera**
- 24 **Holandský otvorený teleskop / Július Koza**
- 27 **Jemná štruktúra chromosféry a prechodovej vrstvy / Július Koza**
- 30 **Krátky slovník**

## Aktuality

2. ob. **Mira s chvostom**
3. ob. **Tethys a Dione sú aktívne telesá**
- 2 **Vo vesmíre našli gigantickú „dieru“**
- 5 **Stratí Titan svoj závoj? Život v našej Slnečnej sústave môže byť iný ako na Zemi**
- 6 **Mladá exoplanéta s eliptickou dráhou? Bezmála kompletný Einsteinov prstenec**
- 7 **Exoplanety v systéme štyroch hviezd? Wolszczan objavil exoplanétu pri červenom obravi**
- 8 **Calvera: zatiaľ najbližšia neutrónová hviezda SN 2006X: supernova, ktorá posunula teóriu**
- 9 **Astronómia pozorujú doteraz najväčšiu zrážku galaxií**
- 10 **Vodná para na horúcej exoplanéte Formujú sa exoplanéty iba okolo hviezd bohatých na železo?**

## Rôzne

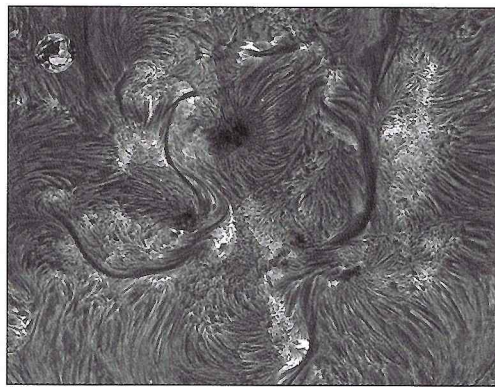
- 38 **Kozmická éra sa začala pred 50 rokmi Sputnikom 1 / Peter Poliak**

## Astronomický kalendár 2008

Autor: Mgr. Ladislav Druga

V týchto dňoch vydala Slovenská ústredná hviezdáreň v Hurbanove Astronomický kalendár na rok 2008. Na jeho stránkach sú uvedené bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najväčšej vzdialenosti od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximách meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 136 rokov ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná najnovšími farebnými fotografiami hmlovín, galaxií a hviezdokôp, ktoré vyfotografoval Hubbleov vesmírny ďalekohľad NASA v nekonečných hĺbkach vesmíru. (Cena 90 Sk)

## Obálka



**DOT slnečnice.** Aj tak by bolo možné nazvať túto snímku slnečných škvŕn, modernú verziu van Goghových slnečníc, ktorú získal Holandský otvorený teleskop (DOT) v čiare neutrálneho vodíka H $\alpha$  8. júla 2005. Obrázok Zeme je v mierke. Mnohé fibrily vystupujúce zo škvŕn smerujú do oblasti s opačnou magnetickou polaritou podobne ako železné piliny okolo tyčového magnetu. Jasné plochy v blízkosti škvŕn sú oblasti s veľkou koncentráciou magnetických elementov. Dlhé tmavé pásy sú filamenti kopírujúce hranice oblastí s opačnou magnetickou polaritou. Veľký počet fibril a filamentov dokumentuje zložitú a komplexnú slnečnú magnetizáciu. Farby sú nepravé.

## Rubriky

### PODUJATIA

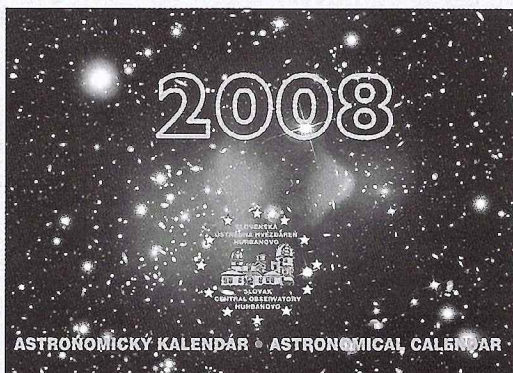
- 39 **XXIV. Ebicykl 2007: Kúzelníkov klenot / Alexander Pravda Konkolyho socha v Hurbanove / Ladislav Druga**
- 40 **Letný astronomický tábor / Gabriela Kramáreková Letné astronomické praktikum 2007 / Zdeněk Komárek**

### POZORUJTE S NAMI

- 34 **Obloha v kalendári / Pavol Rapavý Kalendár úkazov a výročí (s. 37)**
- 40 **Slnečná aktivita jún – júl / Milan Rybanský**

### ALBUM POZOROVATEĽA

- 33 **Venuša v dolnej konjunkcii / Pavol Rapavý**

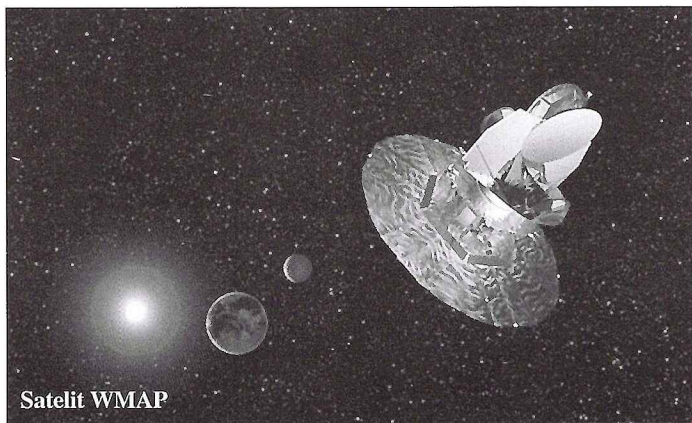


Publikáciu si môžete objednať u vydavateľa na adrese: Slovenská ústredná hviezdáreň, Komárňanská 134, 947 01 Hurbanovo (tel. 035/7602484-6, fax: 035/7602487, e-mail: [suhlib@suh.sk](mailto:suhlib@suh.sk)) alebo priamo zakúpiť vo všetkých hviezdárňach na Slovensku.

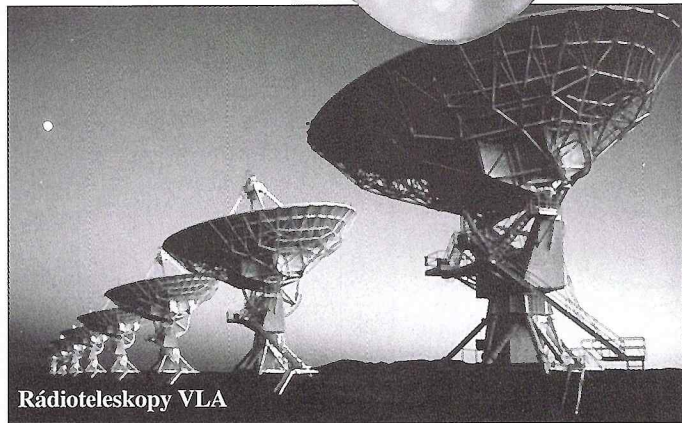
# Vo vesmíre našli gigantickú „dieru“



Ilustrácia znázorňuje mapu mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia, ktoré je akýmsi zvyškom po big bangu. Prístroje na satelite WMAP dokážu zmerať nepatrné rozdiely teploty jednotlivých škvŕniok spôsobených fluktuáciami a zviditeľniť tak evolúciu ostrovčekov s nerovnakou teplotou, zárodkov budúcich galaxií. Ako sa žiarenie CMB šíri v rozpínajúcom sa priestore, formujú ho najrozličnejšie vplyvy. Tie spôsobujú aj vytváranie dutín. Najväčšiu z nich zaznamenal satelit WMAP ako veľkú chladnú škvŕnu. Rádioteleskop VLA vzápätí potvrdil, že v tejto diere je nápadne málo rádiogalaxií.



Satelit WMAP



Rádioteleskop VLA

V tkanine rozpínajúceho sa časopriestoru existujú „diery“, či presnejšie „prázdne dutiny“, v ktorých sa hmota, či už normálna baryonická, alebo tmavá, takmer nevyskytuje. Takýchto dier objavili astronómovia už veľa, ale ani jedna z nich sa čo do veľkosti nevyrovná WMAP Cold Spot, (Chladnej škvŕne WMAP), ktorá má priemer 1 miliardy svetelných rokov.

Gigantickú dieru objavili astronómovia z University of Minnesota. Študovali údaje z mamutieho rádioteleskopu Very Large Array. Všimli si, že v oblasti súhvezdia Eridanus je počet detegovateľných galaxií nápadne nižší ako v iných sektoroch oblohy. Táto oblasť ich zaujala, pretože aj na mape mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CMB), ktorú vyhotovil satelit NASA – Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), bol v tejto oblasti zazname-

ný nápadne chladný ostrov. Nižšia teplota CMB naznačovala existenciu obrovskej, takmer prázdnej dutiny vo vzdialenosti 6 až 10 miliárd svetelných rokov.

Keď fotóny mikrovlnného žiarenia kozmického pozadia (CMB) prenikajú normálnymi oblasťami vesmíru v ktorých hmota je, nabalia si nepatrné množstvo energie. Počas preletu dutinami však fotóny energiu strácajú. Citlivé prístroje na satelite WMAP dokážu tento nepatrný pokles energie zmerať. Pri premietnutí do mapy CMB sa tak zviditeľní „ostrovček“ (dutina, diera), ktorý je nápadne chladnejší ako jej okolie.

Pozorovania astronómov z Minnesoty existenciu gigantickej „diery“ potvrdili.

Vedcov veľkosť dutiny prekvapila. Existencia takej gigantickej prázdnoty nie je normálna.

Taký útvar nevyplýval ani z analýz pozorovateľov, ani z počítačových simulácií, ktoré modelujú vývoj veľkoškálových štruktúr vesmíru.

Vo vesmíre pozorujeme miliardy hviezd, galaxií a prachoplynových oblakov, pričom väčšinu hmoty predstavuje takzvaná tmavá, neviditeľná hmota. Distribúciu a objem tmavej hmoty dokážu vedci vypočítať z dôsledkov jej gravitačného pôsobenia na viditeľnú hmotu. Už dávnejšie boli zaznamenané dutiny, v ktorých sa ani viditeľná, ani tmavá hmota nevyskytovali. Všetky doteraz objavené „diery“ v časopriestore však boli relatívne malé.

Gigantická diera je preto pre vedcov teoretickou záhadou.

# Sombbrero

## a najväčšia záhada súčasnej fyziky

Galaxia Sombbrero sa od nás vzdaluje rýchlosťou 3,9 miliónov kilometrov za hodinu, pričom túto rýchlosť generuje aj rozpínajúci sa vesmír. Sombbrero je prvou galaxiou, pri ktorej astronómovia v roku 1912 namerali veľký červený posun.

Vzdialenosť Slnko – Zem je 8 svetelných minút. Najbližšia hviezda, Proxima Centauri, je od nás vzdialená 4 svetelné roky, stred našej Galaxie 25 000 svetelných rokov. Pre obyčajných smrteľníkov sú to nepredstaviteľné vzdialenosti. Kozmológovia vnímajú tieto vzdialenosti tak, ako železničiari údaje v cestovnom poriadku. Nepochybujú o nich, hoci všeličo im ešte nie je jasné...

Naša Galaxia je iba jednou z desiatok miliónov iných galaxií, ktoré astronómovia pozorujú. Niektoré z nich sú vzdialené miliardy svetelných rokov. Ako to astronómovia vedia? Do akej miery sú si istí, že sa nemýlia?

Spektrálne čiary zo vzdialených galaxií sa prezentujú na iných vlnových dĺžkach ako tie blízke. V prípade vzdialených galaxií sa posun v spektre prejavuje vždy jedným smerom – k červenej farbe. Preto hovoríme o červenom posune. Galaxie, ktoré sa k nám približujú, majú modrý posun. Objav červeného posunu je jedným zo základných kameňov modernej astronómie i kozmológie.

Prvá galaxia, pri ktorej bol zistený červený posun, je M104, nazývaná aj Sombbrero. Časť svetla, ktoré táto galaxia emituje, absorbujú atómy rozptýlené v medzigalaktickom priestore. Sombbrero, podobne ako väčšina iných galaxií, obsahuje veľa atómov neutrálneho sodíka, ktoré absorbujú svetlo so špecifickou energiou. Ak študujeme spektrum zo Sombbrera, vidíme medzeru, čo presne zodpovedá energii, ktorú má sodík. Vedci v laboratóriu zistili, že vlnová dĺžka príznačná pre sodík má 589 nanometrov (nm).

V roku 1912 Američan Vesto Slipher získal na Lowellovom observatóriu spektrum galaxie M104. Potreboval na to 40 hodín pozorovacieho času. Ukázalo sa, že absorpčná čiara sodíka nemala 589, ale 591 nanometrov.

Čo sa stalo? Svetlo z M104 sa nepatrne natiahlo smerom k červenej. Vydelením hodnoty rozdielu medzi meranou vlnovou dĺžkou a hod-

notou laboratórnou získal Slipher údaj 0,0034: hodnotu  $z$ , ktorou sa odvtedy označuje červený posun. Nakoľko hodnota  $z$  je v prípade Sombbrera kladná, vieme, že táto galaxia sa od nás vzdaluje.

V rokoch 1922 až 1929 získali Edwin Hubble a Milton Humason na observatóriu Mount Wilson sériu údajov, z ktorých vyplynulo, že vzdialené galaxie majú väčšie červené posuny.

### Hubblov zákon

Pre malé červené posuny, také, ako má Sombbrero, sa rýchlosť rovná rýchlosti svetla násobenej hodnotou červeného posunu. Tak vieme, že Sombbrero sa od nás vzdaluje rýchlosťou 3,9 milióna kilometrov za hodinu.

V roku 1929 uverejnil Hubble článok, v ktorom oznámil, že červené posuny vzdialených galaxií narastajú priamo úmerne s ich vzdialenosťou. Inými slovami: čím vzdialenejšia je tá-ktorá galaxia, tým rýchlejšie sa pohybuje. Najrýchlejšie sa pohybuje najvzdialenejší objekt.

Hubblov zákon odvodzuje vzdialenosť ktoréhokolvek objektu z nameraného červeného posunu. Ak má galaxia oveľa menší červený posun ako 0,5, jej vzdialenosť je násobkom 14 miliárd svetelných rokov a hodnoty červeného posunu. V prípade galaxie Sombbrero poľahky vyrátame, že je vzdialená 50 miliónov svetelných rokov.

Aj svetlo potrebuje na prekonanie vzdialenosti čas. Kým k nám zo vzdialeného zdroja dorazí, môžu ubehnúť miliardy rokov, takže neraz pozorujeme objekt, ktorý už dávno zanikol, alebo sa počas evolúcie premenil. Povrch Slnka, ktorý pozorujeme, je povrchom spreď 8 minút. Stred našej galaxie bol v stave, ako ho pozorujeme pred 25 000 rokmi. Galaxia Sombbrero vyzerala tak ako na snímke pred 50 miliónmi rokov. Astronómovia pre tento pohľad do minulosti používajú zvrät „lookback time“ (spätný čas) a vyjadrujú ho počtom rokov, ktoré delia moment vyžiarenia od momentu zachytenia svetla.

Kozmologický posun nám prezrádza, ako ďaleko je pozorovaný objekt a kedy bolo svetlo, ktoré vidíme, vyžiarené.

Predstavme si futbalové ihrisko, ktorého rozmer by sa každý rok zdvojnásobil, z pozície brankára, ktorý stojí na bránkovej čiare. Bod označujúci jedenástku by sa po roku ocitol v dvojnásobnej vzdialenosti (20 m). Čiara vymedzujúca šestnástku by sa posunula do vzdialenosti 32 metrov. Faktor škály v súčasnosti by sa rovnal 1. Po roku by sa rovnal 2. Takže na futbalovom ihrisku i vo vesmíre platí: aktuálna vzdialenosť je násobkom pôvodnej vzdialenosti a faktora škály.

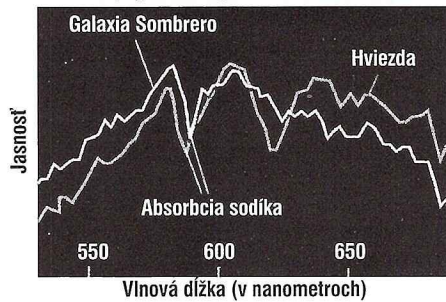
Kým svetlo galaxie Sombbrero (ktoré vidíme dnes) dorazilo zo zdroja k nám, vesmír sa zväčšil 1,0034-krát. Inými slovami: vo chvíli, keď svetlo Sombbrera bolo vyžiarené, faktor škály bol 1/1,0034, teda vesmír bol v porovnaní s dneškom o 0,3 % menší. (Mal 99,7 % súčasného objemu.) To znamená, že vesmír/časopriestor sa počas putovania svetla príliš nezväčšil. Galaxie s väčším červeným posunom sú od nás ďalej, takže svetlo, ktoré ich opustilo malo faktor škály menší ako má dnes Sombbrero.

Galaxia so zmeraným červeným posunom udáva astronómom vzdialenosť, faktor škály i spätý čas. Takže: ak nejaký astronóm povie, že svetlo emitované nejakou galaxiou má červený posun 1, môžete jeho výpoveď takto „počlovečiť“: červený posun 1 znamená, a že svetlo, ktoré vidíme bolo vyžiarené pred 7,6 miliardami rokov (spätný čas), v čase, keď vesmír bol o polovicu menší (faktor škály 0,5 %).

### Odhad vzdialenosti

Pre objekty s väčším červeným posunom jednoduchý, vyššie popísaný vzorec, neplatí. Napriek tomu, že by sme používali reálne hodnoty, výsledky výpočtov by boli šokujúce. Napríklad keby sme spustili nekonečný meter od nás smerom ku kvazaru s červeným posunom 5,8, zistili by sme, že je vo vzdialenosti

## Červený posun galaxie Sombrero



Rovnaká spektrálna čiara sodíka sa objavuje na viacerých miestach spektrier hviezdy  $\mu$  Ursae Majoris a galaxie Sombrero. Spektrálna čiara galaxie je posunutá smerom k dlhším, červeným vlnovým dĺžkam.

27 miliárd svetelných rokov. Astronómovia označujú túto vzdialenosť ako „comoving distance“ (vlastná vzdialenosť), ktorá je súčtom reálnej dráhy svetla plus faktor rozpínania sa vesmíru počas doby, kým vyžiarené svetlo zachytil pozemský ďalekohľad. Ibaže: vo chvíli, keď objekt vyžiarené svetlo opustilo, všetky vzdialenosti vo vesmíre boli menšie o faktor 5,8, takže meter by odmeral vzdialenosť iba 4 miliardy svetelných rokov.

Existuje aj iný spôsob merania vzdialenosti: ak by sme sa usadili na fotóne, ktorý letí k nám, zistili by sme, že pri nameranom červenom posune 5,8 by jeho cesta bola dlhá 12,5 miliárd svetelných rokov.

Schopnosť merať kozmické vzdialenosti podstatne zmenila tvár modernej kozmológie. Je pozoruhodné, že ich dokážeme presne zmerať, pričom štúdium vzdialenosti vytipovaných objektov nás poučá o tom, ako sa rozpínanie vesmíru v čase mení.

Vzdialenosť k ľubovoľnému červenému posunu je priamo úmerná rýchlosti rozpínania sa vesmíru. Pre blízke objekty je vzdialenosť nepriamo úmerná hodnote Hubblovej konštanty, ktorá udáva, ako rýchle sa vesmír rozpína dnes. Tento vzorec malého červeného posunu (vzdialenosť rovná sa 14 miliárd svetelných rokov krát hodnota  $z$ ) závisí od aktuálnej hodnoty Hubblovej konštanty. Keby sa ukázalo, že je vyššia, ako sa nazdávame, vzdialenosť galaxie Sombrero by bola menšia. A naopak...

Pre objekty s väčším červeným posunom je vzorec podobný, ale komplikovanejší. Ak sa vesmír v minulosti rýchle rozpínal, faktor škály by tiež rýchle narastal, takže vyžiarené svetlo by k nám dorazilo v kratšom čase. Takže vzdialenosť je vzhľadom k danému červenému posunu menšia, ak sa vesmír rozpína rýchlejšie.

Ak by sme overovali spoľahlivosť inej metódy merania vzdialenosti, z tabuľky pomeru vzdialenosti a nameraných červených posunov by sme vyčítali, ako rýchle sa vesmír v priebehu histórie rozpínal.

Ako zmerať vzdialenosť bez hodnoty červeného posunu?

Astronómovia vedia, že vzdialenejšie (čo do vlastnosti porovnateľné, napríklad cefeidy) telesá sa nám zdajú byť menej jasné ako bližšie objekty. Vedeckejšie: tok z ľubovoľného objektu je nepriamo úmerný štvorcu vzdialenosti medzi nami. Ak poznáme hodnotu svietivosti

objektu, pretože ide o štandardnú sviečku (teda objekt, ktorý patrí do triedy telies s porovnateľnou svietivosťou), môžeme z hodnoty svietivosti odvodiť vzdialenosť.

Tento astronomický trik funguje v kozmológii iba vtedy, ak astronómovia dokážu určiť aj inú, tzv. „vzdialenosti zodpovedajúcej svietivosti“. Tá sa rovná červený posun plus hodnota vlastnej vzdialenosti. Astronómovia ju vedú vypočítavať z histórie rozpínania sa vesmíru.

Najspoľahlivejšími štandardnými sviečkami sú supernovy typu Ia. Tieto explodujúce hviezdy poskytujú dvojaký ošoh: jednak patria k najsvietivejším objektom na oblohe a možno ich detegovať aj vo veľkých vzdialenostiach, zároveň však slúžia aj ako štandardné sviece, a to napriek tomu, že každá supernova má iné vlastnosti, inú jasnosť. Z istých charakteristík týchto vzplanutí, najmä z rýchlosti pohasínania dosvietu, dokážu astronómovia veľmi presne zmerať jej aktuálnu jasnosť.

Už v polovici 90. rokov zhromaždili vedci údaje o niekoľkých tuctoch vzdialených supernov. Analýza ich zarazila: ukázalo sa, že supernovy Ia sú oveľa slabšie, ako sa zdalo. Vzdialenosti zodpovedajúce svietivosti musia byť väčšie, ako sa predpokladalo, čo znamená, že vesmír sa kedysi rozpínal pomalšie ako dnes!!! Aj v bežných médiách sa v roku 1998 objavili na prvých stránkach titulky: „Rozpínanie vesmíru sa zrýchluje!“

Obyčajná hmota, či už protóny, neutróny, ale ani exotická tmavá hmota, nemôžu vytvoriť akcelerujúci, čoraz rýchlejšie sa rozpínajúci vesmír. Predstavte si rozpínajúcu sa guľu v ktorej je 100 častíc hmoty. Priestor v nej je čoraz redší, gravitačné sily medzi vzdalujúcimi sa časticami sú čoraz slabšie, takže brzdiaci efekt kontinuálne slabne.

Nech už zrýchľovanie rozpínania sa vesmíru generuje čokoľvek, musí to byť naozaj exotická forma energie. Energia, ktorá neslabne ani vtedy, keď sa priestor, vo vnútri ktorého pôsobí, rozpína. Fyzici jej dali meno „tmavá energia“. Pre súčasných fyzikov je veľkou výzvou pochopiť, čím vlastne tmavá energia je a ako ju možno zladit s platnými teóriami subatomárnych častíc.

Astronómovia, ktorí skúmajú vesmír v najväčších škálach a merajú kozmické vzdialenosti, narazili na najväčšiu záhadu fundamentálnej fyziky. A všetko sa to začalo červeným posunom. **Astronomy, máj 2007**

**Edvin Hubble dokázal súvislosť medzi červeným posunom galaxií a ich vzdialenosťou. Tak sa stal autorom jedného z najvýznamnejších astronomických objavov v 20. storočí.**



## Červený posun



**Žiarenie mikrovlnného kozmického pozadia**  
Posun ( $z$ ): 1,089  
Spätný čas: 13,7 miliárd rokov  
Vlastná vzdialenosť:  
46 miliárd svetelných rokov  
Faktor škály. 0,092 %

### Kvazar zo Sloanovej digitálnej prehliadky oblohy

Posun ( $z$ ): 5,8  
Spätný čas: 12 miliárd rokov  
Vlastná vzdialenosť:  
26 miliárd svetelných rokov  
Faktor škály: 15%

### Kopa galaxií XMM J2235

Posun ( $z$ ): 1,4  
Spätný čas: 9 miliárd rokov  
Vlastná vzdialenosť:  
13 miliárd svetelných rokov  
Faktor škály: 42%

### Typická galaxia zo Sloanovej prehliadky oblohy

Posun ( $z$ ): 0,1  
Spätný čas: 1 miliarda rokov  
Vlastná vzdialenosť:  
1 miliarda svetelných rokov  
Faktor škály: 91%

### Galaxia Sombrero (M104)

Posun ( $z$ ): 0,0034  
Spätný čas: 46 miliónov rokov  
Vlastná vzdialenosť:  
46 miliónov svetelných rokov  
Faktor škály: 99,7%

Červený posun je kľúčom k štúdiu vzdialeného vesmíru. Možno z neho odčítať dva typy vzdialeností. Prvým je čas, udávajúci dobu, ktorá uplynula medzi vyžiarením svetla a jeho zachytením na Zemi (spätná čas). Druhým je vlastná vzdialenosť, faktor rozpínania sa vesmíru počas putovania zo zdroja k pozemskému ďalekohľadu. Červený posun teda prezrádza, aký veľký bol vesmír (v porovnaní s dnešným) v dobe, keď svetlo začalo putovať (faktor škály).

## Stratí Titan svoj závoj?

Titan, ako je známe, zahaluje hustá atmosféra, v ktorej dominujú organické látky, najmä metán. Či táto atmosféra zredne a premení sa na priehľadnejšiu závisí najmä od toho, ako účinne boli molekuly metánu počas evolúcie mesiaca spútané vo vnútri „kryštalických klieťok“, ktoré vytvára za nízkych teplôt voda.

Po analýze údajov zo sondy Cassini a pristávacieho modulu Huygens sú planetológovia presvedčení, že Titan sa zbavuje metánu, stráca svoj metánový závoj a postupne sa premení na celkom odlišné astrofyzikálne teleso. Túto prognózu predniesol na Európskom kongrese planetológov Vasil Dimitrov z Tel-Aviv University.

Generátorom chemických reakcií v atmosfére Titanu je metán, ale ten má vzhľadom na vysokú reaktivitu krátku životnosť, takže musí byť dopĺňaný z nejakých zdrojov. Tieto zdroje však nie sú nevyčerpatelné. Planetológovia chcú zistiť, koľko metánu primordiálne zdroje vo vnútri Titanu obsahujú a odhadnúť úroveň (hlbku), z ktorej môže metán na povrch mesiaca unikať. Najskôr však bude potrebné zistiť, ako účinne sú molekuly metánu v pôvodných zdrojoch spútané.

Metán sa v pevnom skupenstve môže vyskytovať iba v podobe molekulárnych štruktúr nazývaných klatráty. Tie sa vytvoria vtedy, keď sa hostiteľské molekuly vody sformujú do klieťok okolo menších hostujúcich molekúl (v tomto prípade metánu). Voda, na rozdiel od hexagonálnej štruktúry normálneho ľadu, kryštalizuje v kockách. Takú formu majú aj klieťky na metán. Nie všetky klieťky sú obsadené hostujúcimi molekulami. Najviac metánu zachytia klieťky iba za optimálnych podmienok, teda vtedy, keď sa štruktúry formujú pomaly pri teplotách blízkyh absolútnej nule.

Dimitrov upozornil na to, že podmienky, pri ktorých prebiehala akrecia a evolúcia Titanu zatiaľ iba hádame, takže odhady, v koľkých klieťkach je zachytený metán a koľko ho ešte je sú iba približné. Poznatky získané po analýze neustávajúcej spršky údajov z Cassini musia však doplniť experimenty v laboratóriách. Iba tak sa dozvieme viac o prienikoch materiálov cez rozličné vrstvy v podloží telies.

Dnes vieme, že povrch Titanu tvorí permafrost, permanentne zamrznutá kôra, ktorá pláva na tekutej alebo polotekutej zmesi amoniaku, metánu a vody. Pod ňou je vrstva ľadu, ktorá obaluje pevné jadro. Zatiaľ nevedno, aké možnosti bude mať v budúcnosti metán uväznený vo vodných klieťkach. Hlavným cieľom vedcov je určiť horný i dolný limit účinnosti procesov, ktoré umožňujú stabilnejšiu akumuláciu metánu vo vodných klieťkach.

Ak na Titane tieto procesy dešifrujeme, bude to mať významný vplyv aj na pochopenie procesov, ktoré prebiehali na mladej Zemi. A nielen to: podľa niektorých prepočtov prirodzené zásoby metánu viazaného v klatrátoch na Zemi je štyrikrát vyšší ako objem známych rezerv nafty. Ak budú vyvinuté účinné metódy uvoľňovania metánu z klatrátov, ľudstvo získa významný zdroj energie.

NASA Press Release

## Život v našej Slnčnej sústave môže byť iný ako na Zemi



Gejzír na Saturnovom mesiaci Enceladus.

Pátranie po živote v našej Slnčnej sústave, ale aj mimo nej, by sa malo zamerať aj na rozoznanie jeho exotických foriem, založených na inej biochémií ako život na Zemi. Túto požiadavku nastolil americký National Research Council. Autori správy označili za základné podmienky života vodu v tekutom skupenstve, metabolizmus na báze uhlíka, molekulárny systém schopný evolúcie a schopnosť výmeny energie s okolím, ale zdôraznili: „To nemusia byť zďaleka všetky prejavy príznačné pre život!“

Správa zdôrazňuje, že nijaký objav, ktorý vplynie z nášho štúdia vesmíru, nemôže mať väčší vplyv na naše postavenie vo vesmíre ako objav mimozemskej formy života, hoci v primitívnom štádiu evolúcie. Na druhej strane, nič by nebolo väčšou tragédiou, keby sme nadabli na inú formu života, ale nedokázali by sme ju identifikovať.

Autori správy upozorňujú na to, že vedci príliš rigorózne postavili limity, v rámci ktorých považujú výskyt mimozemského života za možný. Napríklad už dnes sa plánujú miesta pristátia na Marse i lokality budúcich martanských habitatov tam, kde sa predpokladá existencia vody v tekutom skupenstve (hoci pod povrchom), či tam, kde kedysi voda tiekla. Lenže aj iné tekutiny, napríklad amoniak či formamidy môžu fungovať ako rozpúšťadlá, teda tekutiny, ktoré dokážu, pravdaže v rámci zákonov inej biochémiie, rozpúšťať rozličné substancie v organizmoch. Najnovší poznatok, že vo vnútri Titanu môžu existovať tekutiny, ktoré sú zmesou vody a amoniaku, stal sa mocným impulzom k rozhodnutiu vyslať na tento Saturnov mesiac ďalšie misie. Autori správy považujú temný svet Titanu za najpravdepodobnejšie miesto, kde by sa exotické formy života mohli nachádzať.

Oceánograf John Baross z Washingtonskej univerzity, jeden z autorov správy, vyhlásil: „Biológia a biochémiia v posledných rokoch ukázali, že základné podmienky na vznik a vývoj života nemusia mať pozemské parametre.“

Bez ohľadu na alternatívne biorozpúšťadlá z viacerých štúdií vyplývalo, že život môže vzniknúť aj v prostredí, ktoré umožňuje iné kombinácie základných podmienok. Napríklad v škole sme sa učili, že DNA na Zemi funguje vďaka kombinácii štyroch nukleových kyselín,

ale pokusmi v odbore syntetickej biológie sa podarilo vytvoriť šesť ďalších nukleotídov, ktoré tiež dokážu prijať genetickú informáciu, zakódovať ju a možno aj odštartovať dravinovskú evolúciu. Navyše chemici v posledných rokoch dokázali, že organizmy dokážu využívať aj energiu alternatívnych zdrojov, napríklad pomocou reakcie hydroxidu sodíka s kyselinou soľnou, takže takýto organizmus by sa dobre obíšiel bez metabolizmu na báze uhlíka.

Vedci zamýšľajú vyskúšať aj ďalšie variácie podmienok vhodných na život, najmä na jeho vznik. Výskumníkov vzrušuje najmä to, či život môže existovať aj bez vody, či v prostredí, kde je voda prítomná iba v extrémnych podmienkach. Do tejto kategórie zaradili niekoľko planét a mesiacov našej Slnčnej sústavy. Výskum sa zameria aj na to, ako organizmy dokážu získavať kľúčové prvky, pretože aj život na inej ako uhlíkovej báze potrebuje prvky na energiu, budovanie štruktúr a chemických reakcií.

Autori správy upozorňujú, že hľadanie mimozemských foriem života sa nezaobíbe bez paralelného štúdia rozličných foriem života na Zemi. Prieskum extrémnych prostredí, púští či hlbokých oceánskych priekop potvrdil, že všade, kde existuje voda a nejaký zdroj energie, život sa automaticky rozvíja. Vedci hľadajú a študujú organizmy s neznámou biochémiou a samotný fakt, že ich našli aj na Zemi, je silným dôkazom možnosti, že život v príslušných podmienkach vzniká aj na iných vesmírnych telesách. Dnes je už jasné, že život v jeho zázračnej variabilite a komplexnosti bez týchto štúdií nepochopíme. Najnovšie poznatky zo štúdií exotických foriem života na Zemi podstatne zvýšili nádej, že život sa uchoval aj v podzemí Marsu.

Niekoľko vedeckých tímov už dnes pripravuje ďalšie misie na Červenú planétu. Vyvíja prístroje, ktoré dokážu spoľahlivo detegovať ľahké prvky, najmä uhlík, vodík, kyslík, fosfor a síru, ale aj jednoduché organické funkčné zoskupenia či organický uhlík. Objav aktívnych vodných gejzírov na Saturnovom mesiaci Enceladus naznačuje, že ostrov života môže existovať aj na tomto telese.

NASA Press Release

# Mladá exoplanéta s eliptickou dráhou?

Mladé hviezdy sa krátko po zrode vyvíjajú v prachovej obálke. Obálku časom rozptýlia do okolitého priestoru intenzívne hviezdne vetry, pričom značná časť tohto materiálu vytvorí protoplanetárny disk alebo prstenec. Fomalhaut, hviezda vzdialená od nás 25 svetelných rokov, má tiež prstenec. Nie je však okrúhly, ale eliptický. To je vyslovená vzácnosť. Navyše materská hviezda nie je uprostred prstenca. Astronómov z Kráľovskej astronomickej spoločnosti (Veľká Británia), tento objav prekvapil.

Vedci sa nazdávajú, že eliptický prstenec je dielom zatiaľ neobjavenej exoplanéty.

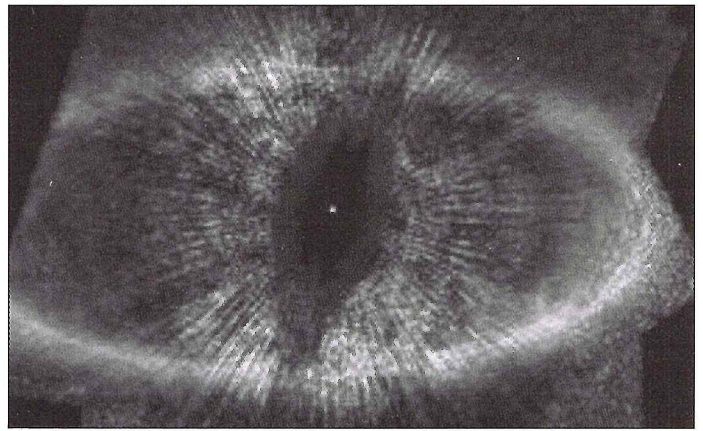
V katalógoch exoplanét je doteraz zapísaných 250 objektov. Väčšinu z nich objavili vďaka periodickým zmenám pohybu materských hviezd, na ktoré gravitácia planét vplyva. Tím Alice Quillenovej už dávnejšie študuje dôsledky interakcií exoplanét na zvyšný materiál v protoplanetárnom disku. Vedúca tímu sa stala uznávaným expertom na určovanie pozície a veľkosti exoplanét v diskoch. Jej diagnózy vychádzajú z premen-

livých útvarov v rotujúcom prstenci.

Objav eliptického prstenca umožnili neobyčajne ostré snímky hviezdy Fomalhaut, ktoré exponoval Hubblov vesmírny ďalekohľad. Fomalhaut je najjasnejšou hviezdou na jarnej oblohe. Vďaka stelárnemu koronografu sa podarilo odblokovat svetlo hviezdy, a tak s doteraz neslýchaným rozlíšením zviditeľniť aj eliptický prstenec. Astronómku prekvapili dve veci: hviezda neleží v centre prstenca, pričom prstenec má neobyčajne ostrý vnútorný okraj.

Quillenová analyzuje interakcie exoplanét s prstencami už od roku 2002. Vytvorila niekoľko modelov. V ranom štádiu evolúcie prstencov obiehajúcich okolo mladých hviezd ich vedci študujú ako hydrodynamické štruktúry, pretože prach, ktorý ich tvorí, je neobyčajne jemný a správa sa skôr ako tekutina. Kolidovať začínajú až väčšie zlepené prachy v neskorších štádiách evolúcie prstenca.

Ostrý vnútorný okraj prstenca hviezdy Fomalhaut naznačuje, že sa medzi prstencom a hviezdou sformovala neptunická planéta. Jej



Hviezda Fomalhaut a jej prstenec na snímke Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu. Biely bod znázorňuje polohu hviezdy pod clonkou koronografu.

gravitácia vypudila prach ďalej od hviezdy a ten sa (dočasne?) sformoval do podoby elipsy. Podľa Quillenovej výpočtov je prstenec eliptický preto, že aj obežná dráha mladej exoplanéty je eliptická! V mladom systéme je eliptická obežná dráha planéty vyslovenou kuriozitou. Väčšina mladých planét krúži okolo materských planét spočiatku po dokonalých kruhových dráhach.

Dlhšia os prstenca Fomalhautu má 2,35 miliárd kilometrov, čo je 15-násobok vzdialenosti Slnko – Zem. Z toho vyplýva, že aj dráha planéty je extrémne pretiahnutá.

Aké sily usadili exoplanétu na takej excentrickej dráhe? Bola to

planetárna kolízia? Alebo išlo o interakcie s viacerými, doteraz neobjavenými planétami? Vedci predpokladajú, že planéty by tam mali byť, pretože relatívne úzky prstenec je záverečným štádiom evolúcie pôvodného protoplanetárneho disku. Väčšina materiálu z pôvodnom disku sa už mohla sformovať do planét.

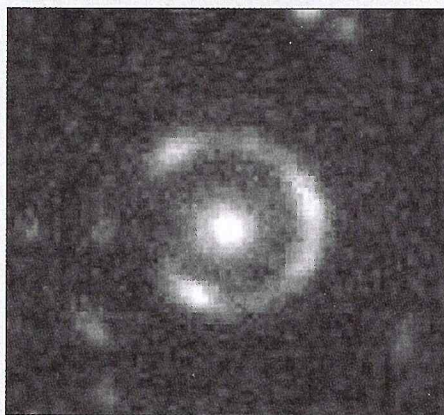
Quillenovej teóriu musia overiť ďalšie pozorovania. Ďalekohľad, ktorý by ich dokázal priamo objaviť, by však musel byť vybavený mimoriadne dokonalým koronografom.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

## Bezmála kompletný Einsteinov prstenec

Najvzdialenejšie oblasti vesmíru môžu astronómovia študovať (ak nezískajú čas na obrom teleskope) iba pomocou gravitačných šošoviek. Takou šošovkou môže byť napríklad masívna galaxia, schopná zakriviť svetlo skrytých objektov v pozadí a presmerovať ho k Zemi. Ak skrytý objekt a gravitačná šošovka ležia na zornom lúči pozorovateľa, zakrivené svetlo sa môže sformovať do prstenca. Taká šťastná zhoda okolností je vyslovene zriedkavá. O to cennejší je úlovok európskych astronómov, ktorí exponovali takmer dokonalý Einsteinov prstenec (pozri fotografiu). Kruhovú štruktúru vytvorilo šošovkou zakrivené svetlo vzdialenej galaxie, ktorej dali meno Podkova.

V tíme pracovalo dvanásť európskych astronómov z niekoľkých univerzít, od Anglicka



Podkova: bezmála kompletný Einsteinov prstenec.

až po Rusko. Vedci si vytipovali jeden z objektov zaznamenaných v Sloanovej digitálnej prehliadke oblohy (SDSS). V rámci tejto prehliadky robotické ďalekohľady mapujú nočnú oblohu. V archíve je zatiaľ 100 miliónov objektov. Astronómovia z tohto bohatstva údajov vyberajú objekty, ktorých parametre ich zaujmú. Tentokrát ich zaujala Podkova.

Podkova pozorovali 2,5-metrovým ďalekohľadom Newton na La Palma a 6-metrovým ďalekohľadom BTA v Rusku. Tak získali po-

drobné snímky i spektrálne údaje, pomocou ktorých určili chemické zloženie gravitačnej šošovky i šošovkovaného objektu.

Na fotografii vidíte guľatú galaxiu opásanú prstencom. Ide o relatívne blízku galaxiu (4,6 miliardy svetelných rokov), pričom šošovkovaným objektom je galaxia vo vzdialenosti 10,9 miliardy rokov.

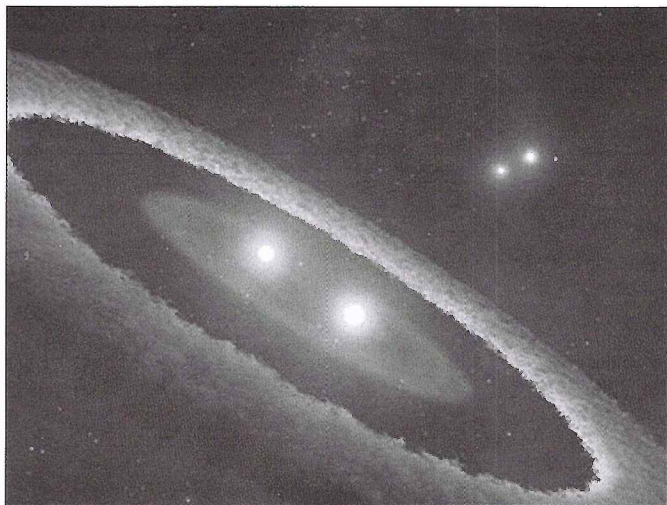
Gravitačnou šošovkou zakrivené svetlo sa presmerovalo k Zemi. Tak vznikol prstenec, ktorému k dokonalosti chýba iba 60°. Gravitačnou šošovkou je extrémne masívna, neobyčajne jasná, červená galaxia s hmotnosťou 5 biliónov Slnk. Pre porovnanie: hmotnosť našej Galaxie sa odhaduje na 580 miliárd Slnk. Táto galaxia funguje ako prírodný, kozmický teleskop.

Skrytá, šošovkovaná galaxia je mladá, plná mladých i formujúcich sa hviezd. Prezrádza to výrazné „modré spektrum“. Bez pomoci gravitačnej šošovky by sa astronómovia o existencii tejto galaxie nikdy nedozvedeli. Vďaka prstencu sa tak dozvedáme o vývoji galaxie vzdialenej 10,9 miliardy svetelných rokov v čase, keď mal vesmír iba 3 miliardy rokov.

Objav pomôže astronómom pri výskume distribúcie tmavej hmoty okolo jasných červených galaxií i formovania hviezd v mladom vesmíre.

Arxiv





Ilustrácia znázorňuje štruktúru štvorhviezdneho systému HD 98800, ktorý tvorí dve dvojhviezdy. Jednu z nich, HD 98800B, obieha dvojitý protoplanetárny disk. Planétu v medzere, ktorá disky delí, zatiaľ nenašli.

## Exoplanéty v systéme štyroch hviezd?

Vesmírny ďalekohľad Spitzer zviditeľnil prachový disk, ktorý obieha dvojhviezdu v štvorhviezdnej sústave HD 98800. V takýchto diskoch sa zvyknú formovať planéty. Astronómovia v disku objavili medzery, ktoré môžu byť dôsledkom gravitačných interakcií medzi štyrmi hviezdami. Môžu to však byť aj „brázdy“, ktoré vyorali už sformované planéty.

Planéty pripomínajú vysávače, ktoré nasávajú prach i plyn v dosahu ich gravitácie. Štvorhviezda HD 98800 má sotva 10 miliónov rokov. Jej zložky, 2 dvojhviezdy, sa sformovali vo vzdialenosti 150 svetelných rokov.

Kým vedci nezískali snímky systému zo Spitzera, mali o štruktúre HD 98800 iba približnú predstavu. Pozemské ďalekohľady rozlíšili v sústave štyri hviezdy, spárované do dvoch dvojhviezd. Zložky každej dvojhviezdy obiehajú okolo spoločného ťažiska. Spoločné ťažisko obiehajú aj obe dvojhviezdy. Okolo jednej z nich, dvojhviezdy HD 98800B obieha prachový disk. Druhá dvojhviezda disk nemá.

Všetky štyri hviezdy sú gravitačne zviazané. Dva páry delí vzdialenosť 50 AJ, čo je viac ako vzdialenosť Slnko/Pluto. O disku sa vedelo, ale pozemské ďalekohľady nedokázali v ňom rozlíšiť detaily. Infračervený spektrograf na ďalekohľade Spitzer rozlíšil v disku dva pásy. Prvý disk je od dvojhviezdy vzdialený tak ako Jupiter od Slnka. V tomto pásu dominujú asteroidy a kométy. Druhý pás krúži okolo dvojhviezdy vo vzdialenosti 1 až 2 AJ, (vzdialenosť Mars/pás asteroidov). Tvoria ho jemné prachové zrnká.

Pokiaľ astronómovia objavia v disku takúto medzeru, začnú pátrať po planéte. Dokázala sa vytvoriť aj v takomto systéme s komplikovanými gravitačnými interakciami, ktoré neustále menia pohyb zmiečok prachu? Nie je to vylúčené...

Planetológovia uprednostňujú teóriu, podľa ktorej sa planéty formujú postupným nabalovaním zmiečok prachu do väčších zlepcov, planetezimál. Z niektorých planetezimál sa vytvoria terestrické planéty, podobné Zemi, z iných jadrá obrích planét, ktoré ďalej, čoraz väčšou rýchlosťou nabalujú prach aj plyn. Zvyšné planetezimály vytvárajú pestrú skupinu asteroidov a komét. Tieto menšie telesá v začiatkoch evolúcie sústavy často kolidujú, rozpadajú sa na prach, ktorý Spitzer v infračervenej oblasti spoľahlivo deteguje.

Vedci sa nazdávajú, že prach z rozpadajúcich sa telies vonkajšieho pásu migruje po špirále do vnútorného pásu.

Vo vnútornom pásu bude naďalej prebiehať gravitačné zliepanie, podľa všetkého nerušenejšie ako vo vonkajšom pásu, kde tvorbu planét z planetezimál môže druhá dvojhviezda viac ovplyvňovať.

Mnohé mladé hviezdy sa rodia ako zložky viachviezdnych systémov. Aj tento objav prispieje k poznaniu, aké limity má formovanie planét s prihliadnutím na fyzikálne parametre hviezd v komplikovanejších systémoch, ako je ten náš. **Spitzer Science Center News Release**

## Wolszczan objavil exoplanétu pri červenom obrovi

Alex Wolszczan, muž ktorý objavil prvé exoplanéty (okolo pulzaru!), objavil exoplanétu, ktorá obieha okolo červeného obra. Hviezdy, ktorá je v záverečnom štádiu vývoja, (tak bude o 5 miliárd rokov vyzeráť aj Slnko), takže vedci môžu študovať, ako jej rozpínanie sa ovplyvní planéty v jej rodine. Hviezda, vzdialená 300 svetelných rokov, je 10-krát väčšia, a 2-krát hmotnejšia ako Slnko. Novoobjavená exoplanéta obehne materskú hviezdu za 360 dní.



A. Wolszczan

Exoplanétu našli v rámci programu hľadania jovianskych planét, obiehajúcich okolo vzdialenejších červených obrov. Prví lovci planét hľadali exoplanéty okolo najbližších 250, Slnku podobných hviezd. Hlavný cieľ programu: preskúmať, či podmienky pre vznik života na telesách našej Slnčnej sústavy sú Galaxii výnimočné, alebo bežné.

Objavená exoplanéta je prvým úlovkom ďalekohľadu Hobby-Eberly a jej jednou z najvzdialenejších od hviezdy z tuctu exoplanét, obiehajúcich okolo červených obrov.

Lovcov exoplanét v posledných rokoch pribúda a čo je dôležitejšie, rýchle sa diferencujú. Diverzitu nepodmieňujú len výkonnejšie prístroje a nové technológie hľadania, ale najmä premyslene koncipované programy. Lovci sa špecializujú na rozličné typy materských hviezd. Wolszczanov tím je jedným z nich: špecializuje sa na Slnku podobné hviezdy v záverečnom štádiu vývoja. Vedci vytvorili katalóg 1000 červených obrov, kandidátov na exoplanéty. Takýto výskum je náročný, pretože vzdialené exoplanéty (tie bližšie už červený obor pohltí), obiehajú okolo obrov celé roky. Wolszczanov tím práve teraz začína žať úspechy dlhoročných pozorovaní. Počas 3 rokov vytipovali 300 hviezd-kandidátov. Prvý objav exoplanéty potvrdzuje správnosť ich stratégie.

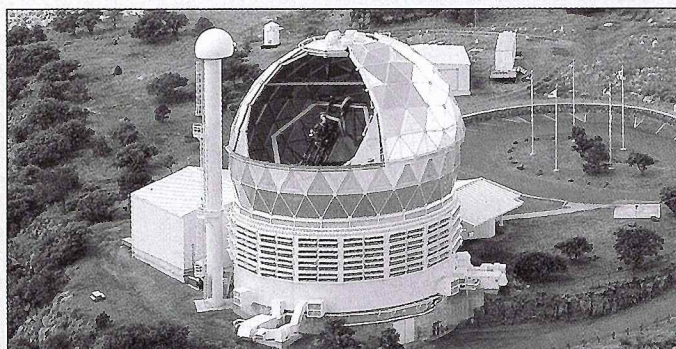
Naše Slnko už po 2 miliárdach rokov zničí život na našej planéte. Ďalšie 3 miliardy rokov potrvá, kým sa premení na červeného obra. Zväčšovanie sa materskej hviezdy zmení dynamiku planetárnej sústavy, dráhy planét. Vyvolá ich kolízie a zrážky, ale i tvorbu nových planét zo zvyškov kolíziami rozbitých predchodcov. Vnútorne planéty počas tejto evolúcie zaniknú. Dôsledky týchto procesov môžeme už dnes študovať na iných systémoch.

Dôležité je aj štúdium posunu zeleného pásu do vonkajších oblastí planetárnej sústavy. Napríklad Európa, ale neskôr aj Titan by sa časom, pod vplyvom rozpínajúceho sa Slnka, mohli zmeniť na obývateľné planéty.

Novú exoplanétu objavili pomocou dopplerovského efektu. Obiehajúca planéta menila rýchlosť hviezdy v istých polohách o 160 kilometrov za hodinu, čo sa prejavilo v spektrách ľahkým posunom smerom k modrej, alebo k červenej farbe. Pri hviezdach, ktoré sú masívnejšie ako Slnko v rovnakej fáze vývoja, nie je táto metóda spoľahlivá, pretože vysoká teplota nedovoľuje detegovať dostatočný počet spektrálnych čiar. V štádiu červených obrov sú tieto hviezdy chladnejšie, takže dopplerovská spektroskopija funguje. Cieľom Wolszczanovho tímu je zistiť ako často sa planéty formujú okolo hviezd väčších ako Slnko.

Pribúdajúce tímy lovcov exoplanét sa špecializujú na rozličné typy hviezd: od červených obrov až po bielych trpaslíkov. Všetci sa zameriavajú najmä na to, aký vplyv má evolúcia materských hviezd na planetárne systémy.

**Jet Propulsion Laboratory, NASA**



Hobby-Eberly – jeden z najvýkonnejších ďalekohľadov sveta.

## Calvera: zatiaľ najbližšia neutrónová hviezda

Je to naozaj unikátna neutrónová hviezda. Objavitelia jej dali meno Calvera, podľa zloducha z filmu Sedem statočných. Je to doteraz ôsma neutrónová hviezda, ktorá sa pohybuje v našej Galaxii sama, bez spolupútnika a neemituje pravidelné rádiové pulzy.

Našli ju pomocou katalógu 18 000 zdrojov röntgenového žiarenia, ktoré objavil nemecko-americký satelit ROSAT, operujúci v rokoch 1990 až 1999. Robert Rutledge z McGill University v Montreale porovnal zdroje v katalógu s objektmi, ktoré možno pozorovať vo viditeľnom a infračervenom svetle, alebo sú zdrojmi rádiových vln. Zistilo sa, že neutrónová hviezda Calvera (v katalógu zdroj 1RXS J141256+79204) nemá na iných vlnových dĺžkach náprotivok.

Röntgenový satelit Swift potvrdil, že zdroj, ktorý znamená ROSAT ešte vždy existuje a emituje v röntgenovej oblasti rovnaké množstvo energie ako v 90. rokoch. Údaje zo satelitu umožnili spresniť polohu zdroja, pričom vysvitlo, že nemá spolupútnika.

Tím zamieril na Calveru 8,1 m ďalekohľad Gemini North na Havajských ostrovoch. Po analýze pozorovaní, doplnených údajmi z röntgenového satelitu Chandra, sa identita i osamelosť neutrónovej hviezdy potvrdila.

Calvera je jasným röntgenovým, ale slabým optickým zdrojom. Pre teoretikov je takáto kombinácia fyzikálnych vlastností záhadou. Vedci zatiaľ nevedia, či je Calvera zvláštnym príkladom jedného zo známych typov neutrónovej hviezdy, alebo ide i nový typ.

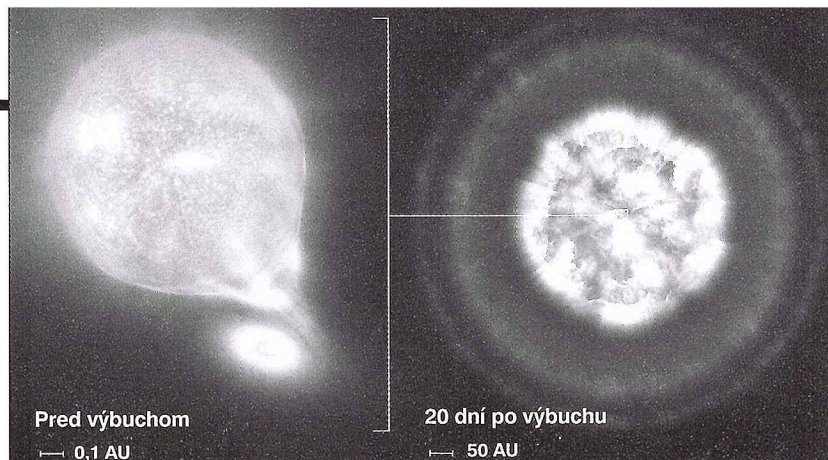
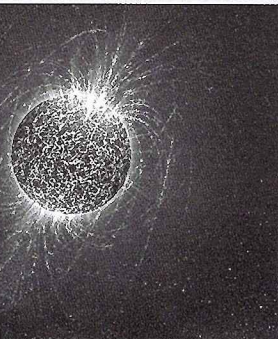
Záhadou je aj poloha Calveru vysoko nad rovinou našej Galaxie. Podľa teórie je neutrónová hviezda zvyškom po zániku hviezdy, ktorá sa predtým ako vybuchla v podobe supernovy pohybovala v galaktickom disku. Ako a do akej vzdialenosti sa z pôvodnej polohy premiestnila? Ak sa ukáže, že sa nachádza blízko miesta, kde sa zrodila, potom by nemala byť od Zeme vzdialená viac, než 250 až 1000 svetelných rokov. Ak sa predpoklady vedcov potvrdia, stane sa Calvera doteraz najbližšou známou neutrónovou hviezdou.

Na Calveru si už brúsi zuby niekoľko ambiciózných tímov. Ako výnimočne jasný zdroj je vhodným objektom na rozličné pozorovania. Satelit Chandra by mal zistiť, či povrch neutrónovej hviezdy generuje pulzy röntgenového žiarenia. Vedci sa pokúsia zmerať spektrum Calveru a preveriť, či je naozaj nemá v rádiovéj oblasti.

Calvera sa bezpochyby stane najpozorovanejšou osamelou neutrónovou hviezdou. Určite však nebude poslednou. Satelit Swift už spresňuje celý rad pozícií ďalších objektov z katalógu ROSAT.

Astrophysical Journal

Osamelá neutrónová hviezda má tri vlastnosti: nepozorujeme v jej blízkosti zvyšky po výbuchu supernovy, nemá spolupútnika a negeneruje rádiové pulzy.



Vľavo: Takto vyzerala dvojhviezda krátko pred výbuchom supernovy. Biely trpaslík, hustá, ale masívna hviezda, nabaluje materiál z červeného obra, ktorý stráca hmotu pôsobením hviezdnych vetrov. Časť vynášaného materiálu sa sformuje okolo trpaslíka do akrečného disku. Zvyšný plyn sa rozptýli v okolitom priestore. Červený obor má 100-násobne väčší priemer ako Slnko, biely trpaslík je 100-násobne menší ako Slnko. Vpravo: Vo chvíli, keď množstvo nabalenej hmoty dosiahne kritickú hodnotu, hviezda vybuchne. Explózia rozmetá materiál do okolia rýchlosťou 30 000 kilometrov za sekundu. Dvadsať dní po výbuchu (keď supernova dosiahla maximum jasnosti), dospel vyvrhnutý materiál do vzdialeností, ktorá je 450-násobkom vzdialenosti Slnko/Zem. V tejto chvíli začína prenikať obálkami, ktorých sa zbavoval červený obor ešte pred erupciou bieleho trpaslíka. Zhustky v obálke sú buď produktom fluktuácií v materiáli, ktorý vynášali hviezdne vetry z červeného obra, alebo dôsledkom interakcií materiálu obálky s materiálom, ktorý vyvrhovali sériové výbuchy na bielom trpaslíkovi krátko pred erupciou.

## SN 2006X: supernova, ktorá posunula teóriu

Supernovy typu Ia sú extrémne jasné a pritom navzájom také podobné, že ich astronómia považujú za najspoľahlivejšie kozmologické „majáky“, umožňujúce odhadnúť rýchlosť expanzie vesmíru. Napriek tomu o supernovách tohto typu veľa nevieme. Nepoznáme dobre vlastnosti hviezd/progenitorov, ktoré dozreli do štádia výbuchu, iba tušíme, aké procesy tento výbuch generujú.

Predpokladá sa, že progenitorom supernovy Ia je biely trpaslík (malá, extrémne hmotná hviezda, záverečné štádium vývoja Slnku podobnej hviezdy), zložka dvojhviezdneho systému. Trpaslík nabaluje z partnerskej hviezdy hmotu. Keď hmotnosť trpaslíka dosiahne kritickú hodnotu, hviezda exploduje a zanikne vo výbuchu supernovy.

Vedci študovali supernovu SN 2006X, ktorá vybuchla vo vzdialenosti 70 miliónov svetelných rokov v náhradne špirálovej galaxii M100. V tomto prípade sa po prvýkrát podarilo získať a prečítať spektrálne čiary materiálu, ktorým sa krmil biely trpaslík pred explóziou.

Pomocou spektrografa UVES, namontovaného na 8,2 m ďalekohľad VLT, pozorovali vedci supernovu štyrikrát v priebehu štyroch mesiacov. Piate pozorovanie urobila posádka na ďalekohľade Keck (Havajské ostrovy). Do súboru údajov zaradili aj archívne fotografie z Hubblovho vesmírneho teleskopu a využili aj údaje z rádioteleskopu Very Large Array.

Treba zdôrazniť, že doteraz ani jedna supernova typu Ia nebola štyri mesiace po výbuchu pozorovaná takými výkonnými prístrojmi.

Najvýznamnejším objavom tejto spolupráce bol objav výrazných zmien v absorpcii materiálu, ktorý pred výbuchom supernovy vynášal do priestoru jej spolupútnik – červený hviezdny obor. Vedci tak získali vedomosti o tom, ako výbuch supernovy Ia vplyva na jej bezprostredné okolie. Hviezdny vietor červeného obra vyniesol totiž do okolitého priestoru množstvo materiálu, ktorý sa sformoval do niekoľkých obálok. To všetko sa odohralo v nedávnej minulosti.

Obria hviezda pripomína cibuľu obalenú niekoľkými šupkami. Priemer týchto obálok odhadli na 0,05 svetelného roku, čo je 3000-násobok vzdialenosti Slnko/Zem. Vyvrhnutý materiál sa pohybuje rýchlosťou 50 kilometrov za sekundu, z čoho vyplýva, že sa ho hviezda zbavila 50 rokov pred explóziou.

Taká rýchlosť je pre hviezdne vetry červených obrov typická. Zdá sa, že na rýchlosť hviezdnych vetrov má vplyv aj gravitácia bieleho trpaslíka, ktorý ako ozrutný vysávač odsáva (pred výbuchom) materiál z červeného obra. Tento kanibalizmus je pre trpaslíka osudný: napokon, presne podľa teórie, vybuchne ako supernova.

Radosť z objavu kalí neistota, či prípad SN 2006X je typický, alebo ide skôr o výnimku z pravidla. Získané údaje však nevykazujú v optickej, ultrafialovej či rádiovéj oblasti nijaké známky premenlivosti, takže objekt možno považovať za normálnu supernovu typu Ia.

ESO Press Release

## Astronómovia pozorujú doteraz najväčšiu zrážku galaxií



Ilustračná snímka: Caltech

Štyri kolídajúce galaxie v kope galaxií CL0958+4702. Vesmírny ďalekohľad Spitzer ich rozlíšil uprostred veľkej machule svetla vzdialenej 5 miliárd svetelných rokov.

Vesmírny ďalekohľad Spitzer exponoval doteraz najväčšiu známu zrážku galaxií: štyri obrovské hviezdne ostrovy kolidovali, pričom sa premiešali miliardy hviezd. Výsledkom zrážky bude supergalaxia, 10-násobne masívnejšia ako naša Mliečna cesta. Vzácný úlovok je rukolapným dôkazom procesov zoskupovania menších galaxií do väčších celkov.

„Väčšina doteraz zaznamenaných galaktických kolízií pripomína priamu zrážku dvoch proti sebe idúcich osobných aut,“ vraví Kenneth Rines z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics v Massachusetts (USA). „Táto galaxia však pripomína skôr kolíziu štyroch nákladných aut naložených pieskom. Zrníčka piesku (hviezdy) sa po zrážke rozptýlili na všetky strany.“

Zrážky galaxií či požieranie menších galaxií väčšími nie sú vo vesmíre nijakou vzácnosťou. Dve, alebo i viac galaxií sa k sebe približujú a v priebehu miliónov rokov splynú. Hviezdy, ktoré gravitačný biliard nekatapultuje navždy mimo nového hviezdneho ostrova, si nájdu nové dráhy a tie sa postupne stabilizujú okolo nového centra. Tak prebehne aj kolízia našej Galaxie s Andromedou.

Gravitačný kanibalizmus, počas ktorého veľká galaxia priťahuje a integruje niekoľko trpasličích galaxií, astronómovia dôverne poznajú. Napríklad

vedci podrobne preštudovali proces postupného požierania niekoľkých malých galaxií galaxiou Pavúčia sieť (Spiderweb). Dobre zmapované sú aj zrážky dvoch veľkých galaxií. Kolíziu štyroch veľkých hviezdnych ostrovov však pozorujú prvý raz.

Gigantickú zrážku objavil ďalekohľad Spitzer vo vzdialenej kope galaxií CL0958+4702, vo vzdialenosti 5 miliárd svetelných rokov. Infračervený ďalekohľad zaznamenal veľkú machuľu svetla, ktoré generuje svetlo štyroch eliptických galaxií. Tri z nich majú parametre našej Mliečnej cesty, tá štvrtá je trojnásobne väčšia.

Pri zrážke sa na všetky strany rozleteli staré hviezdy. Polovica z nich sa po čase vráti do lona novej supergalaxie. Keď gravitácia všetko opäť stabilizuje, nová supergalaxia sa stane jednou z najväčších vo vesmíre.

Vedcov prekvapilo, že tam, kde sa kolídajúce galaxie prelínajú, je iba málo plynu. Teória hovorí, že málo plynu majú iba staré, vyzreté galaxie, ktoré už svoj plyn a prach spotrebovali na tvorbu hviezd. A naopak: v galaxiách, kde je plynu veľa, prebieha obvykle búrlivá hviezdnotvorba. V supergalaxii a v jej okolí však zatiaľ objavili iba veľmi staré hviezdy.

Rines vysvetľuje: „Štyri galaxie, ktorých splyvanie teraz pozorujeme, majú na rozdiel od iných

veľkých galaxií málo plynu. To znamená, že všetky sú poriadne staré. Zároveň sme získali dôkaz, že väčšina, možno všetky veľké galaxie, sa sformovali gravitačným zliepaním.“

Hviezdy, ktoré sa po zrážke nevrátia do novej supergalaxie, si nájdu vlastne trajektórie. Aj takéto hviezdy môžu mať planetárne systémy. Prípadným obyvateľom takýchto planét sa obloha bude javiť ináč ako nám. Budú na nej vidieť oveľa menej hviezd, zato oveľa viac galaxií.

Rinesov tím využíva pri pozorovaní zrážky v CL0958+4702 nielen Spitzerov ďalekohľad, ale aj Multiple Mirror Telescope (MMT) neďaleko Tucsonu v Arizone. MMT potvrdil, že ide naozaj o zrážku. Zároveň röntgenový satelit Chandra odhadol hmotnosť celej kopy galaxií, v ktorej ku kolízii došlo. Podrobnejšie pozorovania uskutočnili nielen pomocou vesmírneho ďalekohľadu Spitzer, ale aj ďalekohľadu WIYN na Kitt Peaku, tiež v Arizone.

Údaje, ktoré prístroje získavajú, budú vedci priebežne vyhodnocovať. Už onedlho sa dozvieme nové informácie o fyzikálnych parametroch starých hviezd premiešaných kolíziou a zverejnené budú i modely, ktoré upresnia pohyb a transformácie kolídajúcich galaxií pred zrážkou. Zaujímavé budú i modely budúcej evolúcie novej supergalaxie.

Caltech Press Release

## Vodná para na horúcej exoplanéte

Ilustrácia exoplanéty HD 189733b, obiehajúcej okolo materskej hviezdy.

Exoplanéta HD 189733b je horúci Jupiter. Okolo materskej hviezdy obieha za dva dni. Predpokladalo sa, že tento typ exoplanét by mal mať v atmosfére vodu.

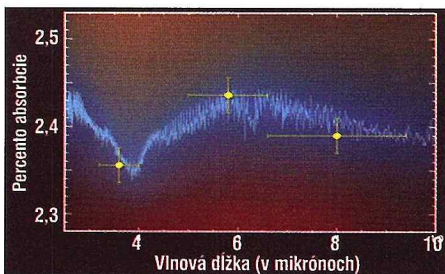
Začiatkom tohto roku preverovali ďalekohľadom Spitzer dva horúce Jupiter HD 189733b a HD 209458b, ktoré boli objavené priamo, technológiou merania výkyvov svietivosti materských hviezd počas tranzitov. Pomocou spektrometru sa im podarilo zmerať spektrum oboch exoplanét po zložitom porovnaní spektier oboch materských hviezd získaných najprv počas tranzitov a vzápätí počas sekundárnych zákrytov, keď sa exoplanéty stratia za hviezdou. Boli to prvé otlaky svetla exoplanét, ktoré doteraz pozemšťania získali. Ukázalo sa však, že obe planéty sú suché, bez vody. Vedci však vedeli, že táto metóda neumožňuje spoľahlivé merania.

Iný tím astronómov detegoval neskôr vodu na HD 209458b po analýze údajov o viditeľnom svetle, ktoré získal Hubblov vesmírny ďalekohľad. Údaje získali v čase, keď sa planéta pohybovala pred materskou hviezdou, počas primárneho zákrytu.

Najhodnovernejší dôkaz o vode na horúcom Jupiteri HD 189733b však získal v infračervenom svetle ďalekohľad Spitzer. Prítomnosť vody potvrdili spektrá získané na troch vlnových dĺžkach. Ukázalo sa, že pri každej vlnovej dĺžke bolo planétou absorbované iné množstvo svetla. Po porovnaní spektier sa ukázalo, že v atmosfére exoplanéty musí byť voda. Takto sa totiž správa iba molekula vody.

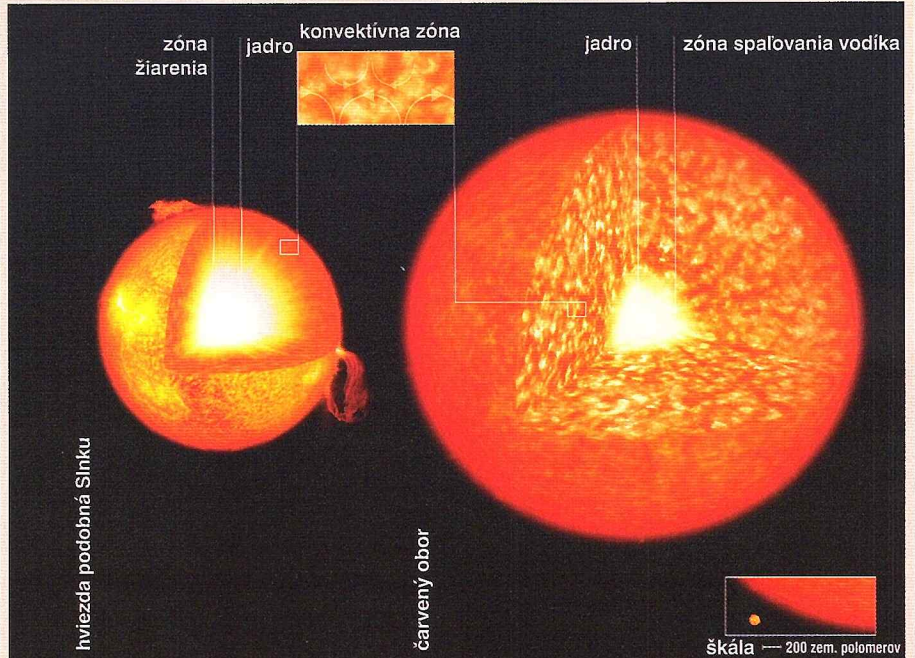
Voda na HD 189733b je príliš horúca, nemôže kondenzovať do oblakov. Údaje z viacerých pozemských i vesmírnych teleskopov však naznačujú, že na k hviezde privrátenej, teplejšej strane planéty žnú vetry vo veľkých výškach formácie suchých oblakov.

HD 189 733 je vo vzdialenosti 63 svetelných rokov, v súhvezdí Líšky. NASA Press Release



Otlaky vody s spektre exoplanéty HD 189733b, ktorá obieha materskú hviezdu vo vzdialenosti 63 svetelných rokov.

## Formujú sa exoplanéty iba okolo hviezd bohatých na železo?



Porovnajte štruktúru Slnka podobnej hviezdy (vľavo) a červeného obra. (Skutočný rozdiel veľkosti zviditeľňuje obdĺžnik vľavo dole.) Najhornejšiu vrstvu tvorí konvektívna zóna, vrstva medzi dnom fotosféry (viditeľného povrchu) a siaha až do hĺbky 15 % polomeru Slnka. V tejto zóne sa energia prenáša vzostupnými prúdmi plynu. Pod konvektívnou zónou je zóna žiarenia, ktorá siaha až k jadrú. V tejto vrstve sa energia šíri iba žiarením. Hustota na dne tejto zóny je 100-násobne väčšia ako na jej povrchu. Priemer jadra centrálnej zóny má 15 % polomeru celej hviezdy. V jadre sa generuje energia fúziou, počas ktorej sa spájaním jadier vodíka vytvárajú jadrá hélia. Teplota v jadre Slnka sa odhaduje na 14 miliónov stupňov. Červení obri majú oveľa väčšiu konvekčnú zónu. Je v nej 35-násobne viac hmoty ako v konvekčnej zóne Slnka.

Už niekoľko rokov po objave prvej hviezdy s exoplanétou vedci zistili, že exoplanéty sa formujú najmä okolo hviezd bohatých na železo. Hviezdy z exoplanétami obsahujú dvakrát toľko železa ako hviezdy bez planét. Exoplanéty však boli objavené aj pri hviezdach, na ktorých povrchu prístroje železo nedetegovali.

Vedci si položili otázku, či bohatstvo železa v materskej hviezde podporuje planétotvorbu, alebo naopak: existencia planét je príčinou zvýšeného obsahu železa na ich povrchu? V prvom prípade by sa železo malo vyskytovať v jadre hviezd, v druhom prípade na jej povrchu. Ako dôsledok priebežnej kontaminácie materiálom z vyvíjajúceho sa planetárneho systému.

Zo spektier dokážu astronómovia vyčítať iba zloženie najhornejších vrstiev hviezdy. Tieto údaje nie sú relevantné pre zloženie celej hviezdy.

Aby si boli načistom, astronómovia sa rozhodli analyzovať iný typ hviezd: červených obrov. Hviezd, ktoré už vo vývoji dozreli do štádia, v akom bude Slnko o niekoľko miliárd rokov, keď spotrebuje väčšinu vodíka v jadre. Keď sa vodík minie, hviezda sa zväčší a jej teplota poklesne.

Analýza 14 červených obrov s exoplanétami ukázala, že distribúcia železa na ich povrchu


bola iná ako v prípade normálnych hviezd s exoplanétami. „Zistili sme, že staré hviezdy nie sú obohatené kovmi ani v prípade, keď majú exoplanéty, pričom nemožno vylúčiť, že rozptínajúca sa hviezda najbližšie planéty už pohltila,“ vraví Luca Pasquini z ESO.

Vedci usúdili, že anomálie sú dôsledkom rozdielnosti v štruktúre červených obrov a Slnku podobných hviezd: ide o veľkosť konvektívnej zóny, oblasti, kde je všetok plyn premiešaný. V prípade Slnka je v konvektívnej zóne asi 2 %, prípade červených obrov až 35 % hmotnosti hviezdy. To znamená, že materiál, ktorý na povrch hviezdy dopadá z okolitého prostredia, je v prípade červených obrov 35-násobne zriedený. Inými slovami: materiál z protoplanetárnych diskov, ktorý dopadá na povrch mladej hviezdy je v malých atmosférach Slnku podobných hviezd ľahšie detegovateľný.

Čo z toho vyplýva pre teóriu planétotvorby? Štatistika potvrdzuje, že podmienky na formovanie planét okolo hviezd z vyšším obsahom kovov sú oveľa priaznivejšie. Či hypotéza rozptylu kovov v mohutných atmosférach červených obrov až za hranicu detegovateľnosti vysvetľuje záhadu existencie exoplanét aj pri hviezdach zdanlivo chudobných na kovy, ešte nevedno. Odpoveď prinesú až ďalšie pozorovania.

ESO Press Release

# Výsledky výskumu Oddelenia fyziky Slnka Astronomického ústavu SAV



Rozvoj pozemskej a kozmickej pozorovacej techniky prispel k zisteniu, že Slnko je dynamická a veľmi premenlivá hviezda. Je dobre známe, že jeho aktivita sa výrazne mení s periódou 11-tich rokov. K obrovským zmenám však dochádza aj na škálach niekoľkých sekúnd či minút, keď vysokorýchlostná plazma, vyvrhnutá Slnkom, sa šíri do okolitého priestoru a často zasahuje aj našu Zem. Slnko prezradilo o sebe už mnoho tajomstiev a na odkrytí niektorých z nich sa podieľali aj slovenskí vedci.

História výskumu Slnka na Observatóriu na Skalnatom plese sa začala písať 19. septembra 1943 o 7:00 pozorovaním slnečnej fotosféry. Od tej doby sa v Oddelení fyziky Slnka (OFS) vystriedali dve generácie vedeckých pracovníkov, ktorí publikovali viac ako 800 vedeckých prác a výskum sa rozvinul do širokej medzinárodnej spolupráce. V tejto prílohe prinášame niekoľko vybraných vedeckých výsledkov, ktorými pracovníci OFS spolu s kolegami v zahraničí prispeli významnou mierou k celkovému poznaniu našej najbližšej hviezdy.

# Slnko je fyzikálne premenná hviezda

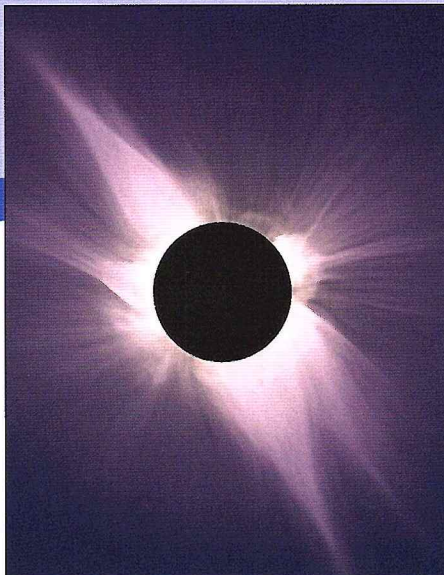
RNDr. Július Sýkora, DrSc.

## Úvod

Slnko je pre nás najdôležitejším vesmírnym telesom, je pritom však len jednou z nespočetného množstva hviezd. Jeho obrovský význam pre Zem vyplýva jednoznačne z astronomickej blízkosti týchto dvoch telies. Kým Slnko je vzdialené od Zeme len približne osem a pol svetelnej minúty (za tento čas k nám z neho rýchlosťou 300 000 km/s „doletí“ slnečné svetlo), tak ďalšia najbližšia hviezda (Proxima Centauri) je od nás vzdialená až 4,29 svetelného roka. Ostatné hviezdy a galaxie sú od nás ešte oveľa, oveľa ďalej (až miliardy svetelných rokov).

Na prvý pohľad sa Slnko javí (až na svoju zdanlivú veľkosť na oblohe) ako typická pokojná hviezda. Nemusíte byť ani astronómom, aby ste si všimli, že Slnko je vlastne úžasne aktívne. Účinky jeho činnosti a žiarenia sú všade okolo nás. Až donedávna využívali ľudia energiu výhradne slnečného pôvodu. Morské vlnobitie, morské prúdy, vyparovanie vody zo zemského povrchu a oceánov sú spôsobené účinkami slnečnej energie. Samozrejme, aj vetry, oblaky, dážď, sneženie a tok riek sú v konečnom dôsledku produktom energie zo Slnka. Slnečná energia bola a je, vďaka fotosyntéze, ukladaná v priebehu asi štyroch miliárd rokov aj v rastlinách, dreve a fosílnych palivách. Slnko je tak základným hýbateľom minulého i súčasného hospodárstva a pokroku ľudstva. Ak by zajtra Slnko prestalo svietiť a hriať, prestal by kolobeh vody v prírode, hydroelektrárne by prestali dodávať elektrický prúd, rastliny by bez fotosyntézy zahynuli a bez rastlín by rýchlo vyhynuli zvieratá a aj sám človek. Tak sme od Slnka závislí. Iba energia z jadrových elektrární je iného, aj keď stále kozmického pôvodu. Urán a ďalšie prvky, schopné pri jadrovom štiepení uvoľňovať energiu, dostala od supernov do vienka látky, z ktorej sa skoro pred piatimi miliardami rokov vytváralo Slnko s jeho planétami. Ľudia už dávno tušili, že žijeme len vďaka Slnku. V povestiach a mýtoch mnohých starovekých kultúr sa toto vedomie stále opakuje, v mnohých z týchto kultúr bolo preto Slnko zbožštené.

Pre astronómov dnes Slnko už nie je bohom, ale súčasťou fyzikálneho sveta. Výskumu Slnka sa venujeme predovšetkým preto, aby sme mu lepšie rozumeli. V týchto intenciách budúcnosť ľudstva vôbec nie je taká chmúrna, ako by sa mohlo zdať z predošlého odstavca. Ukazuje sa, že Slnko bude v takmer nezmenenej podobe ovplyvňovať našu Zem ešte ďalších asi päť miliárd rokov. Pretože Slnko je náš životodarcu, musíme sa tiež učiť stále efektívnejšie zachytávať a využívať ním vyžarovanú energiu v náš prospech. Sme od Slnka závislí a nič na tom nezmení ani budúcnosť, keď sa naučíme v elektrárnach napodobňovať energeticky podstatne výdatnejšie syntetické jadrové procesy,



Obr. 1. Globálny tvar a štruktúra slnečnej koróny, ako bola pozorovaná počas úplného zatmenia Slnka dňa 11. júla 1991 v La Paz (Mexiko). Tvar a štruktúru koróny rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje aktuálna konfigurácia magnetických siločiar počas zatmenia.

také, ako prebiehajú v centrálnej časti slnečného telesa (namiesto uránových štiepných procesov praktizovaných v dnešných „atómkach“). Naša potreba vždy bude závisieť len a len od toho, čo vo svetle Slnka vyrastie.

Dnes vieme, že Slnko premennosťou svojej aktivity výrazne vplyva na stav zemskej magnetosféry, ionosféry a atmosféry. Sekundárne a terciárne zrejme vplyva aj na citlivé elektronické a technické zariadenia na Zemi a tiež na zemskú biosféru. Všetko živé na Zemi sa však po dlhé veky prispôbovalo zloženiu slnečného žiarenia a filtrujúcemu pôsobeniu zemskej atmosféry. Ozajstným kameňom úrazu sa začína javiť tzv. antropogénna činnosť, teda ovplyvňovanie a čiastočná degradácia filtrujúcej funkcie zemskej atmosféry človekom (freóny, skleníkový efekt, ozónové diery). V dôsledku tejto činnosti by mohlo v pomerne blízkej budúcnosti dôjsť k nevratným procesom, k prenikaniu takého krátkovlnného energetického slnečného žiarenia, ktorému život na Zemi nie je prispôbený. Búrливо sa preto rozvíja vedný odbor pod

názvom „kozmičné počasie“ („space weather“), ktorého úlohou je čo najlepšie zmapovať fyziku „slnečno-zemských vzťahov“, ale aj antropogénnu devastáciu atmosféry a povrchu Zeme. A samozrejme, aj navrhovať spôsoby, ako ju zastaviť.

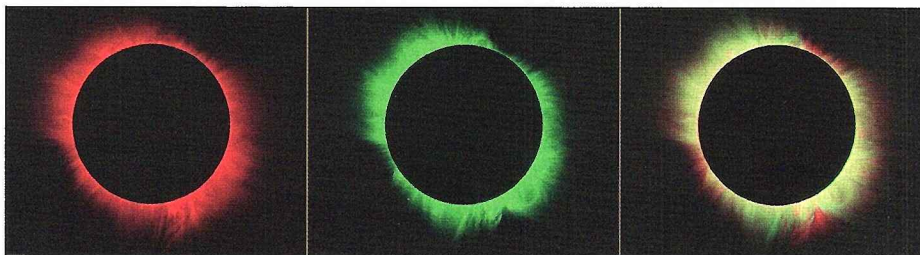
Tentokrátky článok v žiadnom prípade nemôže predstaviť Slnko a jeho fyziku dostatočne komplexne, ani si nekladie za úlohu širšie diskutovať vplyvy slnečnej činnosti na Zem. Obom vedným odborom sú venované celé knihy. Ak by zdrojom širšieho obzoru mal byť iba časopis Kozmos, tak si možno prečítať seriál siedmich článkov autora tohto príspevku v úplne prvých číslach tohto časopisu (tri v r. 1970 a štyri v r. 1971), alebo aj jeho „futuristický“ článok „Čo nás čaká a čo nás neminie“ (Kozmos 1, 1972).

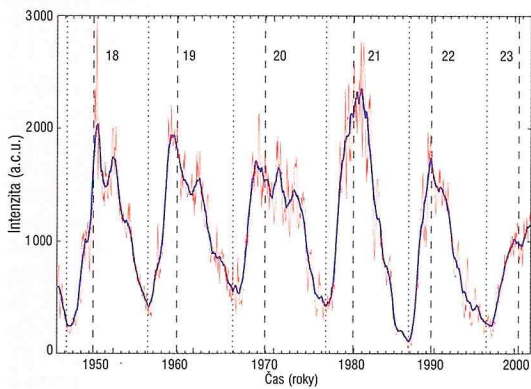
V súlade so zámerom v Kozmose postupne predstaviť najnovší výskum v Astronomickom ústave SAV (AsÚ SAV) je tento článok venovaný len vlastným výsledkom, vzťahujúcim sa v tomto prípade na opis časovo-priestorovej premennosti aktivity na povrchu Slnka a dokumentovanie dlhodobej pravidelnosti, cyklickosti a periodicity slnečnej činnosti. Práve tieto fenomény Slnka sú veľmi významné pre aktuálny i dlhodobý stav kozmického počasia a potenciálne môžu byť využité aj pre jeho prognózovanie. Značná časť výskumnej kapacity AsÚ SAV je venovaná štúdiu najvyššej vrstvy atmosféry Slnka – slnečnej koróny. Observatórium na Lomnickom štíte, vybudované na tento účel v 60-tych rokoch minulého storočia, patrí do úzkej siete (v súčasnosti len štyri observatóriá na svete) vysokohorských staníc, odkiaľ je slnečná koróna pozorovaná dlhodobo nepretržite, počas všetkých dní s jasným počasím. Slnečná koróna bola v poslednom polstoročí frekventovane skúmaná aj expedíciami AsÚ SAV za úplnými zatmeniami Slnka. Bohaté výsledky zatmeňových výskumov nášho ústavu boli a sú zamerané hlavne na upresnenie fyziky koronálneho prostredia a len okrajovo opisujú periodické zmeny globálneho tvaru koróny s 11-ročným slnečným cyklom a iné evolučné a periodické vlastnosti slnečnej koróny. Preto nie sú predmetom tohto článku.

## Slnečná koróna a naša databáza jej meraní

Aj podrobnejší popis vlastností a fyziky koronálnej vrstvy slnečnej atmosféry by zabral príliš veľa priestoru. Preto len stručne. Koróna je najvrchnejšia vrstva slnečnej atmosféry, nachádzajúca sa nad dávnejšie lepšie preštudovanými a definovanými vrstvami fotosféry a chromosféry. Je to vrstva, ktorá sa – slabnúc na intenzite a hustote – rozprestiera do obrovských vzdialeností od Slnka a s lokálnou hustotou 3 – 7 častíc/cm<sup>3</sup> siaha až za zemskú dráhu. Je to teda práve tá vrstva, cez ktorú je slnečná aktivita transportovaná a ktorou je táto

Obr. 2. Unikátne monochromatické obrazy slnečnej koróny, nasnímané nami vo svetle spektrálnych čiar Fe XIV 530,3 nm (zelená) a Fe X 637,4 nm (červená) počas úplného zatmenia Slnka dňa 31. júla 1981 (Bratsk, ZSSR). Vpravo je počítačovo zložený obraz, indikujúci miesta, kde svietí prevažne horúcejšia (zelená) a kde chladnejšia (červená) koróna. Rotačná os Slnka smeruje približne z pravého horného rohu obrázkov (sever) do ich ľavého dolného rohu (juh). Počítačové spracovanie týchto snímok vykonal M. Druckmüller.





Obr. 3. Cyklický priebeh intenzity zelenej emisnej koróny (IZEK) pre celé Slnko (t. j., Slnko ako hviezdu). Intenzity koróny uvedené na ľavej osi (a aj na ďalších obrázkoch) sú v tzv. absolútnych koronálnych jednotkách (a.c.u.). Čiarkované a bodkované zvislé čiary predstavujú momenty maxim a minim slnečných cyklov, určených podľa priebehu slnečných škvŕn.

aktivita súčasne transformovaná na jej ceste do medziplanetárneho priestoru a k Zemi.

Dá sa odhadnúť, že asi 99 % súčasnej populácie nikdy nevidelo a nevidí slnečnú korónu „in natura“. Je to preto, že už jas vnútornej koróny je skoro miliónkrát slabší ako viditeľný povrch Slnka – fotosféra. A tak je koróna vždy beznádejne fotosférou prežiarená. V podstate existujú tri spôsoby, ako slnečnú korónu pozorovať: (a) Počas pomerne pravidelných (v priemere 1 – 2 razy za rok), ale lokálne veľmi sporadických (v priemere jedno zatmenie na danom mieste Zeme raz za 400 rokov) úplných zatmení Slnka Mesiacom; (b) Koronografom, prístrojom, aký máme aj na Lomnickom štíte, v ktorom na zakrytie disku Slnka využívame clonu; (c) Z niektorých umelých družíc Zeme, pričom vďaka chýbajúcejmu filtračnému účinku zemskej atmosféry možno z nich pozorovať korónu v krátkovlnnej oblasti spektra aj priamo nad slnečným diskom.

Zatmeňová slnečná koróna je vždy charakterizovaná nádhernou atraktivnosťou a bohatou štruktúrovanosťou jej tvarov (viď obr. 1). Koronálne štruktúry sú determinované aktuálnym rozložením intenzity a siločiar magnetických polí vo vnútri, na povrchu a v atmosfére Slnka. Prítomnosť magnetického poľa je atribútom slnečného telesa. Priestorové rozloženie, ako aj časová evolúcia magnetických polí na Slnku, sú súčasne dominantnou príčinou premennosti a cyklickosti chodu slnečnej aktivity, vrátane koróny. Žiaľ, pre slabosť signálu (nízka jasnosť koróny) nie je magnetické pole koróny klasickým spôsobom (zo Zeemanovho rozštiepu spektrálnych čiar) merateľné. Naše zatmeňové experimenty boli preto originálne a prioritne orientované na štúdium vlastností magnetického poľa v koróne pomocou merania polarizácie svetla koróny.

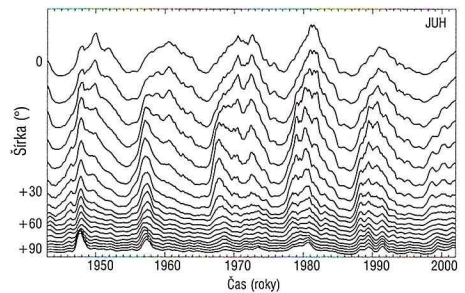
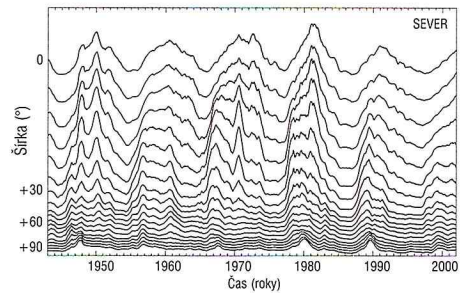
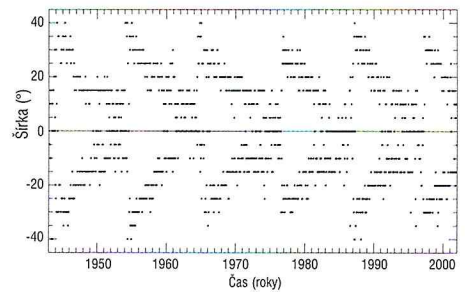
Koróna je charakterizovaná aj vysokou teplotou. Jej nárast na pomerne krátkej vzdialenosti z asi 5 000 kelvinov vo fotosfére do takmer 2 000 000 kelvinov v koróne nie je doteraz celkom jednoznačne objasnený. Veď teplo klasicky nemôže prúdiť z chladnejších vrstiev telesa do jeho vzdialenejších, a pritom horúcejších oblastí. Ale, našťastie, reálne neexistuje žiadna „koronálna zohrievacia kríza“. Napríklad, kinetická a magnetická energia môžu „tiecť“ z chladnejších do horúcejších oblastí. Transport energie (a teda aj teploty) na Slnku zdola nahor prostredníctvom magnetických (alebo Alfvénových) vln a uvoľňovanie energie rekonexiou magnetických polí sú dnes dostatočne rozpracované. Sú známe aj iné, svojím spôsobom doplnkové, mechanizmy

ohrevu slnečnej koróny. Takže sporný zostáva len presnejší vzájomný pomer jednotlivých ohrievacích mechanizmov.

Experimentálne aj teoreticky bola vysoká teplota koróny dokázaná už začiatkom 40-tých rokov minulého storočia, keď koronografické pozorovania potvrdili prítomnosť emisných spektrálnych čiar patriacich vysoko ionizovaným prvkom. Najintenzívnejšou zo všetkých čiar spektra koróny sa dlhodobo ukázala byť „zelená“ čiara Fe XIV 530,3 nm, vyžarovaná 13-krát ionizovaným atomom železa. (Celkové obrazy koróny, nasnímané nami v tejto čiare a tiež v „červenej“ čiare Fe X 637,4 nm počas úplného zatmenia Slnka dňa 31. júla 1981, sú na obr. 2.). Pri zatmeňových pozorovaniach, samozrejme, ide o priemety štruktúrálnej detailov do obrazovej roviny oblohy. Rozdiely štruktúr na oboch obrazoch sú spôsobené rôznou teplotou koronálneho prostredia v daných miestach koróny, keď „zelená“ čiara žiari v miestach s teplotou okolo 1 500 000 kelvinov a „červená“ čiara je excitovaná už pri teplote 1 000 000 kelvinov a menej.

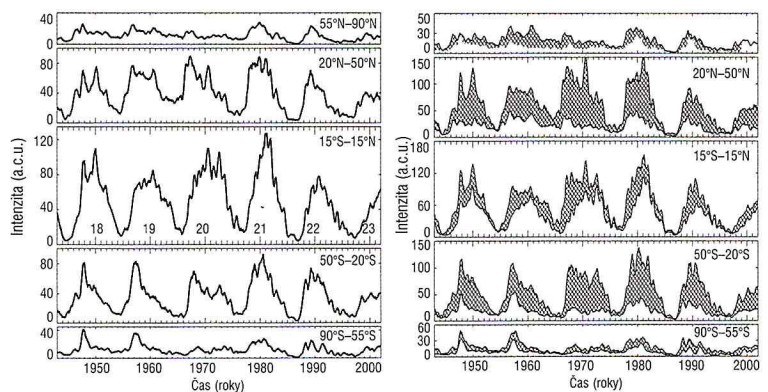
Koronografické pozemské pozorovania slnečnej koróny sa zrodili (Bernard Lyot) v Pyrenejoch na Pic du Midi Observatoire (2862 m n. m.) na prelome 30-tých a 40-tých rokov minulého storočia a toto observatórium sa zároveň stalo jednoznačným vedeckým lídrom pomerne malej celosvetovej siete podobných vysokohorských observatórií (Pic du Midi, Arosa, Climax, Wendelstein, Kanzelhöhe, Norikura, Sacramento Peak, Kislovodsk, Alma Ata, Lomnický štít).

Problémom bolo, že metódika pozorovania na jednotlivých observatóriách bola nejednotná (pozorovania sa robili vizuálne, fotograficky alebo fotoelektricky, niekde s použitím radiálnej a inde kruhovej štrbiny spektrografa, a aj redukcia „surových“ meraní sa prevádzala niekde metódou tzv. úzkej štrbiny a inde širokej štrbiny mikrofotometru, a pod.). Iný problém bol v tom, že jednotlivé koronálne observatóriá mohli reálne (kvôli počasiu, prípadne technickým príčinám) odpozorovať korónu Slnka v priemere len počas 50 – 180 dní do roka. Pravdaže, pri pochopiteľných snahách pokryť reálnymi pozorovaniami korónu čo najväčší počet dní v roku, bolo potrebné kumulovať pozorovania čo najväčšieho počtu observatórií a pritom nevyhnutne homogenizovať (či „normalizovať“) všetky tieto pozorovania na nejakú spoločnú fotometrickú škálu. Na „Konferencii o normalizácii koronálnych meraní“ (Pic du Midi, 1967) ma preto vedúci jednotlivých koronálnych observatórií poverili, aby som navrhol metódu zjednotenia a homogenizácie všetkých dovtedajších meraní vo forme súhrnnej databázy, vhodnej pre všestranné analýzy dlhodobých trendov v chode intenzity slnečnej koróny, ako aj pre komparatívne štúdie s priebehom iných indexov slnečnej aktivity. Po asi troch rokoch sa tak

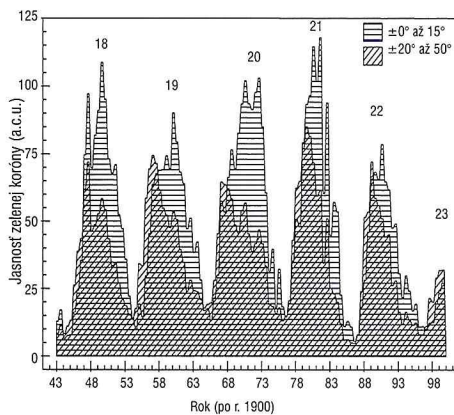


Obr. 4. Priebeh IZEK nakreslený oddelene pre každých 5° heliografickej šírky severnej a južnej pologule (dva dolné panely). Nuľová hladina jednotlivých kriviek nie je vyznačená. Polohy IZEK maxim, nájdené pre každú šírku v rámci každej Carringtonovej rotácie, sú nakreslené na hornom paneli.

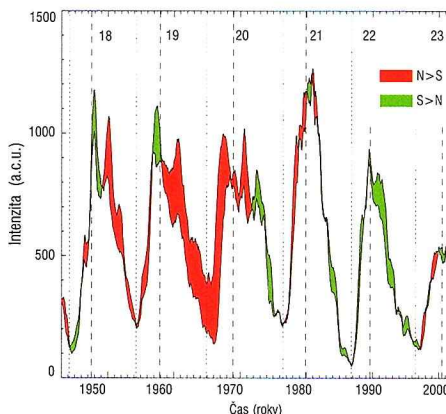
zrodila databáza homogenizovaných pozorovaní slnečnej koróny v emisnej čiare Fe XIV 530,3 nm, najprv za obdobie 1947 – 1970. Predstavovala za každý deň 72 údajov (po 5° dookola slnečného disku) intenzity uvedenej spektrálnej čiar v výške 60" nad okrajom Slnka. Uvedené observatóriá mi mesačne priebežne posielali aj „výkazy“ ich novších pozorovaní (postupne som získal aj pomerne sporadické údaje z „prvopočiatkových“ pozorovaní pred rokom 1947). Vytvoril som tak postupne



Obr. 5. Časové variácie polročne priemerovaných IZEK, znázornené pre päť vybraných šírkových pásiem (vľavo) a priebehy maximálnych a minimálnych IZEK, identifikovaných v tých istých pásmach (vpravo). Zafarbovaný rozdiel medzi maximálnymi a minimálnymi krivkami evidentne indikuje stupeň variability koronálnej aktivity v tej-ktorej zóne. V ľavom paneli sú v písane medzinárodné stanovené čísla slnečných cyklov a v oboch paneloch je vyznačené šírkové vymedzenie všetkých pásiem.



Obr. 6. Rozdiely v krivkách slnečných cyklov, odvodených z IZEK v rovníkovej a strednešírkovej zóne, sú neočakávané a fyzikálne významné.



Obr. 7. Severo-južná asymetria IZEK v časovom priebehu a intenzite cyklov aktivity na oboch pologuliach. Čiarkované a bodkované zvislé čiary predstavujú momenty maxim a miním slnečných cyklov, určených podľa priebehu slnečných škvŕn.

rovnorodú databázu denných meraní intenzity „zelené“ emisnej koróny (IZEK) za obdobie 1939 až 2001. Túto databázu bolo potom možné všestranne analyzovať a robiť komparatívne štúdie s inými indexami slnečnej, heliosférickej a geofyzikálnej aktivity. Doterajšie využitie databázy vyústilo nakoniec do publikovania mnohých pôvodných vedeckých prác. Niektoré som publikoval sám, iné so širokou paletou spoluautorov. Prevažná väčšina našich výsledkov je celosvetovo prioritných.

### Koronálne prejavy dlhodobej slnečnej premennosti

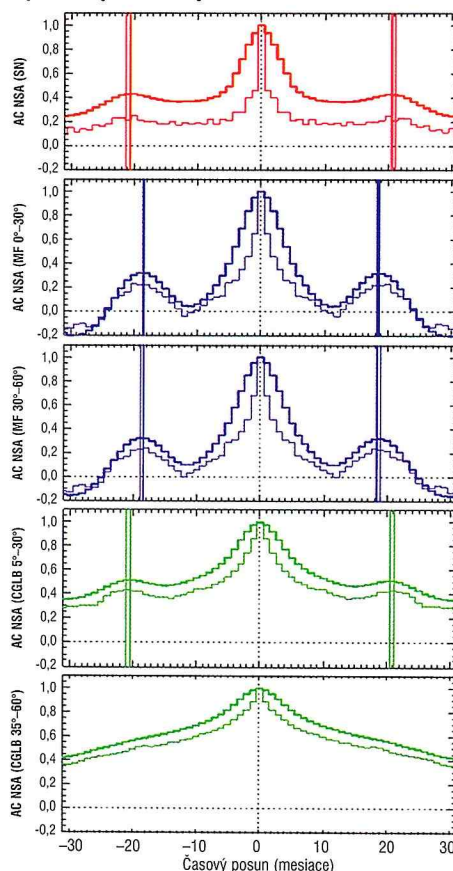
Zo všetkých údajov našej databázy bol početne vytvorený aj denný celoslnečný IZEK index (jedna hodnota pre celé Slnko za každý deň) za obdobie 1939 – 2001. Z neho bolo ľahko možné odvodiť, napríklad, priemerné mesačné hodnoty IZEK. Priebeh práve takéhoto indexu s časom je zobrazený na obr. 3. Jasne je definovaný 11-ročný slnečný cyklus IZEK aktivity, vidno aj nerovnakú výšku maxim a miním cyklov, určité rozdiely v dĺžke cyklov a prípadne možno posudzovať aj istú jemnú štruktúru v dlhodobom chode IZEK. Porovnania možno robiť s chodom iných indexov slnečnej, či geofyzikálnej aktivity. Ale, to je tak asi všetko.

Unikátnou prednosťou meraní IZEK je však práve to, že tento index je registrovaný takmer simultánne vo všetkých heliografických šírkach, od pólu k pólu, čo umožňuje študovať aktivitu Slnka uniformne a s pomerne veľkým priestorovým rozlíšením nad celým jeho povrchom. Nie je to tak, napríklad, v prípade známych slnečných škvŕn

a erupcií (objavujú sa prakticky len v šírkevej zóne  $\pm 40^\circ$ ), alebo v prípade magnetického pola (reálne merateľného len v rozmedzí  $\pm 70^\circ$ ). Časové variácie IZEK za 18. – 23. cyklus slnečnej aktivity možno teda sledovať pre diskrétné šírky (s krokom  $5^\circ$ ). Najnižšie krivky na oboch dolných paneloch obr. 4 (vzťahujúcich sa k obom slnečným pologuliám) demonštrujú veľmi nízku koronálnu jasnosť v polárnych oblastiach a iba slabý viditeľný 11-ročný cyklus slnečnej aktivity v blízkosti pólů Slnka. Smerom k slnečnému rovníku, sú IZEK podstatne vyššie a 11-ročný cyklus je jasne definovaný. Na hornom paneli obr. 4 je dobre vidieť časovo-priestorový posun maximálnych hodnôt IZEK (t. j. koronálnej aktivity) z vyšších šírok k rovníku (tzv. Spörerov zákon). Je povšimnutiahodné, že žiadna z maximálnych IZEK hodnôt sa behom cyklu nevyskytuje v šírkach nad  $\pm 40^\circ$ . Podobne, ako pri iných indexoch slnečnej aktivity, maximálne IZEK hodnoty sú na začiatku cyklov typické pre vyššie šírky, kým na konci cyklov sa vyskytujú len v blízkosti slnečného rovníka.

Zdá sa nám, že ešte zaujímavejšie než skúmať dlhodobý priebeh a priestorové rozloženie IZEK aktivity v jednotlivých heliografických šírkach Slnka je rozdeliť si jeho povrch na určité prirodzené šírkové zóny, v ktorých sa vyskytujú a sú skúmané aj niektoré iné fenomény slnečnej aktivity (napríklad, nízkošírková „kráľovská“ zóna slnečných škvŕn, stredná zóna rozdeľujúca vetvy pohybu magnetických pólů k rovníku a pólom, polárne fakule, a pod.) a zaujímať sa o rozdiely chodu IZEK v takýchto (geneticky a evolučne sa líšiacich) častiach povrchu Slnka. Rozdiely sú, zdá sa, veľmi významné a to aj zo širšieho, heliosférického hľadiska.

Obr. 8. Diagramy autokorelačných koeficientov počítaných z N/S asymetrie troch indexov slnečnej aktivity – zhora: slnečných škvŕn (SN), fotosférického magnetického toku (MF) a IZEK (CGLB), nakreslené zodpovedajúco červenou, modrou a zelenou farbou. V prípade MF a CGLB bol výpočet realizovaný osobitne vo vyznačených šírkových zónach.



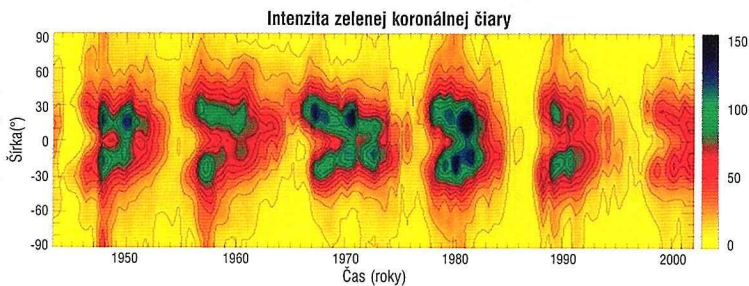
Vo väčšine prípadov sme slnečný povrch rozdelili na päť skoro rovnako širokých pásiem: jedno rovníkové ( $\pm 15^\circ$ ), dve stredošírkové (od  $20^\circ$  do  $50^\circ$  na oboch pologuliach) a dve polárne (od  $55^\circ$  do  $90^\circ$  na oboch pologuliach). Na ľavej časti obr. 5 je evidentný skoro zanedbateľný príspevok rozsiahlych polárnych zón k celkovej IZEK rádiácii v porovnaní s ostatnými tromi zónami. Toto je dôsledkom reálnej absencie silnejších lokálnych magnetických pólů v polárnych oblastiach Slnka, a teda absencie hustých a horčičích koronálnych slučiek a ich zoskupení, nutných k tomu, aby „zelená“ koróna bola generovaná a emitovaná. V dôsledku toho je aj slnečný cyklus v blízkosti pólů relatívne nevýrazný. Rozdiely medzi maximálnymi a minimálnymi hodnotami IZEK v individuálnych zónach (horné a dolné krivky vo všetkých piatich paneloch pravej časti obr. 5) predstavujú mieru premennosti koronálnej aktivity v jednotlivých šírkových zónach. Najvyššia úroveň IZEK premennosti (úmerná zašrafovaným častiam panelov) je trochu prekvapujúco charakteristická pre stredošírkové zóny na oboch slnečných pologuliach. Práve tie zóny zrejme aj najviac vplyvajú na fyzikálny stav heliosféry a okolia Zeme. V tomto zmysle, ešte zarážajúcejším a určite aj významným je rozdiel v priebehu slnečného cyklu pre jednotlivé šírkové zóny Slnka (časový priebeh a výška kriviek na obr. 6). Veď, napríklad, maximá cyklov v rovníkovej zóne ( $\pm 15^\circ$ ) nastávajú až o 2 – 4 roky neskôr než je to v stredošírkových zónach (od  $20^\circ$  do  $50^\circ$  šírky). V kombinácii s vyššie spomenutou vysokou premennosťou aktivity stredošírkových zón je to jav pre heliosféru určite významný. Žiada sa aj uviesť, že priebeh cyklu v týchto stredošírkových zónach lepšie súhlasí s 11-ročným cyklom slnečných škvŕn, lebo koronálna rovníková zóna sa za škvŕnovým cyklom oneskoruje v priemere až o 1,5 – 3 roky.

Vyššie naznačený rezervovaný postoj k používaniu globálnych indexov slnečnej aktivity pre detailnejšie komparatívne štúdie je namieste aj kvôli tomu, že sa definitívne potvrdilo do značnej miery autonómne správanie sa severnej a južnej pologule Slnka. Fázyový nesúhlas v časovom priebehu a intenzite cyklu aktivity na oboch pologuliach môže byť od niekoľkých mesiacov až do dvoch rokov, pritom „jednosmerný“ rozdiel medzi pologulami môže trvať desiatky rokov (obr. 7). Žiaľ, ani také základné teórie a koncepcie generovania slnečnej aktivity, akými sú teória slnečného dynamu, teória slnečnej diferenciálnej rotácie a helioseizmológia, nie sú zatiaľ schopné pojať do seba zjavnú skutočnosť existencie výraznej severo-južnej asymetrie slnečnej aktivity.

Naše analýzy IZEK, celkovej plochy a početnosti slnečných škvŕn a aj celkového fotosférického magnetického toku ukázali, že N/S asymetria je fundamentálnou charakteristikou slnečnej aktivity, má vlastné trendy a je špecifickým, nezávislým a veľmi slubným prostriedkom pri štúdiu jej variácií. Z obsiahlych, nami vykonaných analýz, možno vybrať, že: (a) Časové variácie N/S asymetrie všetkých štyroch indexov sú podobné, pričom najvyšší koeficient korelácie medzi nimi je v nízkošírkovej zóne, s maximom v šírkach  $10^\circ$  –  $20^\circ$ . Severná pologula dominuje pritom v prvej časti časového intervalu (s výrazným maximom asymetrie v rokoch 1964 – 1966) a južná pologula v jeho druhej polovici (obr. 7); (b) Výrazné, kvázi dvojročné oscilácie (KDO) N/S asymetrie boli autokorelačnou metódou (ale aj nepublikovanou, krížovo-korelačnou metódou medzi N/S asymetriami jednotlivých



Obr. 9. Časovo-širokové rozloženie IZEK za posledných päť a pol slnečných cyklov.



indexov) prioritne odhalené pri všetkých študovaných indexoch slnečnej aktivity (obr. 8). Pre každý panel bola príslušná krivka N/S asymetrie (NSA) postupne posúvaná o jeden mesiac a potom, po každom individuálnom kroku, bol vypočítaný autokorelačný koeficient medzi celým originálnym a celým posunutým radom údajov. Táto procedúra bola opakovaná v rozmedzí  $\pm 31$  mesiacov (hrubá a tenká čiara sa vzťahujú odpovedajúco na „vyhladené“ a „nevyhladené“ údaje. Vertikálne hrubé a tenké čiary indikujú presné polohy príslušných sekundárnych maxím (odpovedajúcich hodnote KDO v mesiacoch). Vo všetkých prípadoch je dĺžka KDO blízka 20-tim mesiacom. Ukázalo sa tiež, že KDO sa v N/S asymetrii skúmaných indexov prejavujú výraznejšie, než je to v samotných indexoch. Odhalili sme tiež neočakávaný efekt spočívajúci v tom, že intenzita prejavu KDO v N/S asymetrii všetkých indexov, ale hlavne v IZEK, je v jasnej protifáze s veľkosťou N/S asymetrie indexov samotných. Popri 11-ročnom cykle sú tak kvázi-dvojiročné oscilácie ďalšou významnou periodicitou v aktivite Slnka.

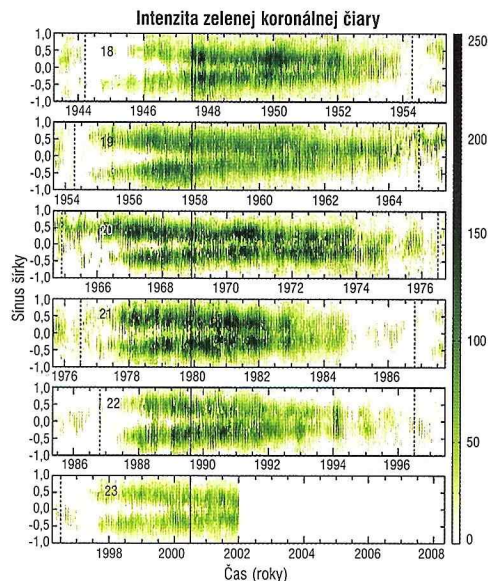
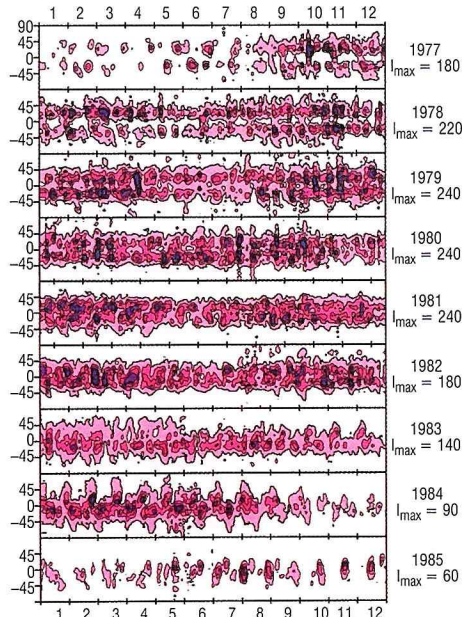
Kontúry časovo-širokového rozloženia IZEK aktivity, vytvorené z polročných priemerov IZEK pre takmer šesť slnečných cyklov (č. 18 – 23), sú prezentované na obr. 9. Ide o dlhodobý prejav koronálnej aktivity na rozvinutom do roviny guľovom povrchu Slnka. Evidentné je najmä úplne nerovnomoré povrchové pokrytie Slnka aktivitou a výrazná je pritom aj periodicitu rozloženia tejto aktivity. Bez širšej diskusie detailov tohoto obrázka chceme vyjadriť predovšetkým údiv nad doteraz nie celkom objasnenými mechanizmami, ktoré takýmto pravidelným spôsobom dlhodobu upravujú činnosť Slnka a robia z neho *de facto* fyzikálne premennú hviezdu.

Obr. 10 iným spôsobom a ešte podrobnejšie dokumentuje nerovnomoré rozloženie IZEK aktivity a jej evolúciu oddelene v jednotlivých 11-ročných cykloch. Cykly sú zosúladené podľa momentov maxima cyklov určených z výskytu slnečných škvr (pozri plnú vertikálnu čiaru v každom cykle). Vertikálne prerušované čiary indikujú minimá slnečných cyklov a ohraničujú skutočné časové trvanie každého cyklu. Zrejme sú nerovnaké dĺžky jednotlivých cyklov. Rozdiely sú až niekoľko rokov. Z toho je tiež vidieť, že pojem „11-ročný slnečný cyklus“ je iba užitočne zavedený *terminus technicus*. V skutočnosti ide o akúsi priemernú hodnotu časového trvania doteraz observačne dokumentovaných (slnečné škvrny od roku 1760) a očíslovaných 23 slnečných cyklov. Dve vetvy cyklu na severnej a južnej pologuli začínajú na priemernej heliografickej šírke  $\pm 30^\circ$  (na zvislej osi panelov je alternatívne použitý sínus heliografickej šírky) a postupne sa presúvajú k rovníku, kde sa ku koncu cyklu prakticky spájajú (aktivita sa v tom čase vyskytuje len v blízkosti slnečného rovníka). Doteraz sme komentovali prakticky iba široké rozloženie slnečnej aktivity. Aktivita je však diskretné rozložená aj v heliografickej dĺžke, teda v čase. Jemné zvislé šrafovanie v oboch vetvách tohto obrázka predstavuje vlastne pulzácie aktivity s periodou synodickej rotácie Slnka (27,275 dní). Zasa

stará pesnička – aktivita je na Slnku rozložená nerovnomerne, je organizovaná do aktívnych oblastí, aktívnych komplexov a aktívnych dĺžok. Práve posledne menované predstavujú určitý interval heliografických dĺžok (okolo  $100^\circ$ ), v ktorom až počas niekoľkých rokov je aktivita trvalo zvýšená oproti okoliu. Po určitej prestavbe aktivity to môže byť iný dĺžkový interval. Obyčajne na Slnku existujú jedna alebo dve aktívne dĺžky. V prípade dvoch dĺžok sú tieto od seba vzdialené približne o  $180^\circ$ . A tak, spomenuté zvislé „šrafovanie“ na obr. 10 je vlastne spôsobené kombináciou rotácie Slnka a existencie aktívnych dĺžok. (Podobný prejav aktívnych dĺžok je iným spôsobom prezentovaný aj na obrázku 1 v článku „Časové zmeny v rotácii slnečnej koróny“ v tomto čísle Kozmosu.)

Organizáciu, premennosť a vývoj koronálnej aktivity počas slnečného cyklu (11-ročný cyklickosť v IZEK aktivite prezentujeme na obr. 3) možno ešte podrobnejšie analyzovať, napríklad, na priebehu 21. cyklu slnečnej aktivity (1976 – 1986). Obr. 11 ju ukazuje oddelene počas 9-tich rokov (na horizontálnej osi synoptických máp sú mesiace roka). Na mapách sú v priebehu stúpajúcej fázy cyklu (obdobie 1977 – 1980) dobre vidieť dve „rieky“ aktivity a ich vývoj. V priebehu tejto fázy cyklu aktivity sa v rozložení jasnosti koróny zreteľne prejavujú ako 27-dňová, tak aj 13-dňová perióda (existencia aj tejto kratšej periodicity indikuje prítomnosť dvoch antipodálnych aktívnych dĺžok na Slnku v danom období, t. j. dĺžok vzdialených od seba približne o  $180^\circ$ ). V priebehu roku 1982, na začiatku klesajúcej fázy cyklu, je 27-dňová perióda aktivity jasne vidieť podľa vonkajšej obrysovej intenzitnej izočiary. V šírkach okolo rovníka je 13-dňová perióda naďalej vidieť. S približovaním sa k roku

Obr. 11. Sekvencia časovo-širokových synoptických máp IZEK pre jednotlivé roky 21. slnečného cyklu. Na horizontálnej osi sú mesiace v roku. Samotné roky cyklu, spolu s maximálnou IZEK, aká sa v nich vyskytla, sú uvedené na zvislej osi vpravo, kým na ľavej zvislej osi je heliografická šírka.



Obr. 10. Synoptické diagramy priebehu IZEK počas slnečných cyklov č. 18 – 23. Podrobnosti sú uvedené v texte.

1984 sa začína prejavovať vzájomné prenikanie jasných oblastí do náprotivnej pologule Slnka. Tento efekt je najzreteľnejší v roku 1984 a možno ho nazvať termínom „premiestňujúce sa aktívne dĺžky“. To znamená, že aktívne dĺžky na severnej a južnej pologuli sa aktivizujú striedavo. Nakoniec, v roku 1985 pozorujeme len 27-dňovú periódu v rovníkovej zóne. To znamená, že v tomto období existuje na Slnku iba jedna aktívna dĺžka. Orientačný priemerný chod intenzity koróny počas 21. slnečného cyklu je indikovaný na pravej osi obrázku ako  $I_{max}$  (maximálna intenzita na synoptickej mape daného roka).

### Záver

Prevedená analýza a stručná prezentácia jej výsledkov svedčia o veľkej informatívnosti našej databázy IZEK. Jasnosť zelenej koróny je jedným z mála indexov slnečnej aktivity, umožňujúcich študovať Slnko a jeho aktivitu v celom rozsahu heliografických šírok pomocou homogénneho radu údajov, existujúcich za pomerne dlhé časové obdobie (asi najdlhšie po indexe slnečných škvrín). Naša analýza predovšetkým ukázala, akým spôsobom zapadajú pravidelnosti v dlhodobom rozložení a evolúcii jasnosti „zelenej“ koróny do celkového scenára cyklickosti slnečnej aktivity (pozri napríklad Sýkora a Rybák, 2005 a citácie v článku). Lebo, pochopiteľne, IZEK je len jedným z indexov ilustrujúcich premennosť mechanizmov slnečnej aktivity. Hlavným z týchto mechanizmov je, takmer s istotou, magnetické pole Slnka. Korelácie dlhodobého časovo-priestorového rozloženia IZEK a slnečného magnetického poľa (to je spoľahlivo merané až od roku 1976) sme tiež obšahovali (napr. Badalyan, O. G., Obridko, V. N., Sýkora, J., 2004 a citácie v článku). Ich možná diskusia je však mimo témy a rozsahu tohto nášho príspevku. Isté je však, že pomerne dlhý rad meraní IZEK možno, popri štúdiu premennosti slnečnej činnosti, využiť aj na „rekonštrukciu“ magnetických polí Slnka do dávnejšej minulosti (do r. 1939), alebo na testovanie observačných radov magnetického poľa, získaných inými nepriamymi metódami.

### Odkazy na literatúru:

Badalyan, O. G., Obridko, V. N., Sýkora, J.: *Astron. Astrophys. Trans.* **23** (2004), 555 – 566.  
Sýkora, J., Rybák, J.: *Adv. Space Res.* **35** (2005), 393 – 399.

# Diferenciálna rotácia slnečnej koróny a jej časové zmeny

RNDr. Július Sýkora, DrSc.

## Úvod

Diferenciálna rotácia slnečného telesa je mimo okruhu špecialistov v odbore fyziky Slnka menej frekventovaným (a možno aj menej známym) pojmom v porovnaní s mnohými inými fenoménmi a vlastnosťami Slnka. Je to trochu prekvapujúce z dvoch dôvodov. Po prvé preto, že rozdielnu rýchlosť rotácie slnečných škvrín, nachádzajúcich sa v rôznych heliografických (v ďalšom texte len „hgf“) šírkach, spoľahlivo zaznamenali už pionieri pozorovania slnečných škvrín v 17. storočí, ale hlavne preto, že diferenciálna rotácia (či už vnútra slnečného telesa, alebo jeho atmosféry) patrí k štyrom hlavným atribútom Slnka, zodpovedným za všetko „divadlo“ a zákonitosti, ktorými sa prejavuje slnečná aktivita v krátkodobom aj dlhodobom meradle. Ide o: (a) Jadrové reakcie v centrálnej časti Slnka, ako zdroj jeho energie; (b) Existenciu konvekcie slnečnej plazmy v podvrchovej vrstve slnečného telesa; (c) Prvotnú prítomnosť magnetického poľa Slnka; (d) Šírkovú a výškovú premennosť rotácie elektricky vodivej slnečnej plazmy (atómovo neutrálna hmota na Slnku prakticky neexistuje kvôli jeho vysokej teplote).

Ak sa oprieme, v prvom momente, len o pozorovanie slnečných škvrín a fakulových polí a budeme mať na mysli iba ich siderickú rotáciu (rotáciu voči „nehybným“ hviezdám), tak fotosféra Slnka na jeho rovníku rotuje s periódou 25,67 dňa, zatiaľ čo rotačná perióda v hgf šírke 75° je až 33,40 dní. V rotačných lineárnych rýchlostiach je rozdiel ešte priepastnejší: na rovníku je to 1971 m/s a na šírke 75° len 393 m/s.

Fyzikálne extrémne zaujímavým a potrebným je štúdium diferenciálnej rotácie hlavne z pohľadu doteraz najakceptovanejšej, tzv. dynamo teórie generácie slnečnej aktivity. Žiaduce je čo najobľahšie študovať rýchlosť slnečnej rotácie a jej časové zmeny v závislosti ako na hgf šírke, tak aj na vzdialenosti od stredu slnečného telesa. V súčasnosti je výskum vnútra Slnka už dostupný metódami helioseizmológie a na štúdiu rotácie slnečnej atmosféry možno využiť registráciu pohybu vhodných prejavov slnečnej aktivity v rôznych vrstvách slnečnej atmosféry, alebo spektrálne pozorovania (Dopplerov efekt).

My sme mohli na tento účel s úspechom využiť vlastnú databázu (1943 – 2001) patrolných meraní intenzity zelenej emisnej koróny (IZEK), podrobnejšie opísanú v článku „Slnko je fy-

cie, indikovaná meniacim sa sklonom tmavých (alebo svetlých) vertikálnych pásov, je značne premenlivá a priamo súvisí s premennosťou rotácie a diferenciálnej rotácie IZEK jednotlivých nosičov (tracero) slnečnej aktivity v koróne (strímery, koronálne diery, koronálne kondenzácie, a pod.). Doba života prejavov aktivity s určitou konkrétnou periódou rotácie (indikovanou aktuálnym sklonom pásov) trvá od niekoľkých rotácií Slnka až do niekoľkých rokov.

## Časové zmeny diferenciálnej rotácie slnečnej koróny

Kompletnú IZEK databázu, z časti ktorej bol vytvorený obr. 1, sme s úspechom použili aj na kvantitatívne štúdium rotácie vnútornej slnečnej koróny (napr. Badalyan a Sýkora, 2005). Našli sme, že stredná (t. j., priemerná za celý skúmaný časový interval) synodická (voči Zemi) perióda rotácie  $T$  vzrastá z asi 27 dní na slnečnom rovníku do trochu viac ako 29 dní na šírkach  $\pm 40^\circ$  (obr. 2), vykazujúc značne menšiu diferenciálnu rotáciu v porovnaní s väčšinou fotosférických fenoménov aktivity (napríklad v porovnaní so slnečnými škvrnami). Koróna teda rotuje rýchlejšie v blízkosti rovníka ako vo vyšších hgf šírkach Slnka. Na

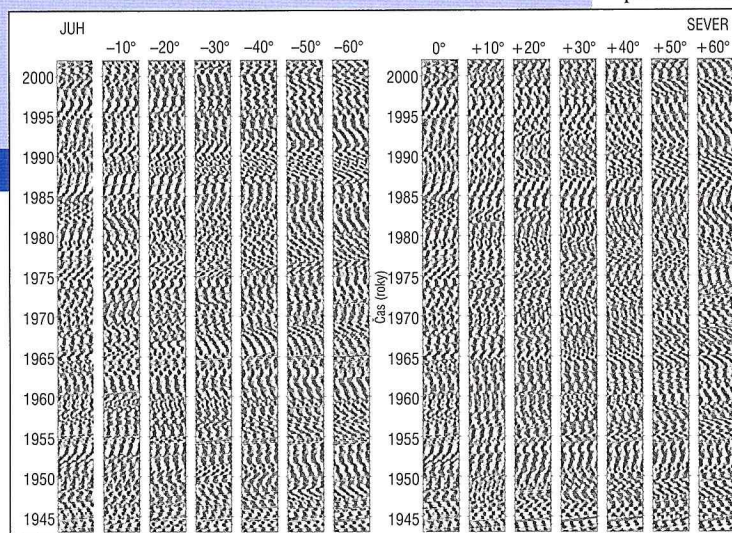
šírkach nad  $\pm 40^\circ$ , až do polárnych oblastí koronálnej rotácie vykazuje kvázi-rigidný charakter (t. j., jej veľkosť je viac-menej nezávislá na hgf šírke). Treba však pripomenúť, že obr. 2 poskytuje len ilustratívny, globálny a značne spriemerovaný obraz o rotácii slnečnej koróny.

Na oveľa podrobnejšiu analýzu periódy koronálnej rotácie s časom a v závislosti na hgf šírke sme v skutočnosti použili Fourierovu analýzu vykonanú osobitne pre jednotlivé hgf šírky, pričom sme počítali korelačné koeficienty v klzavom okne s dĺžkou 3 roky, pri jeho postupnom posune o približne 3 slnečné rotácie (81 dní) cez celý interval databázy (1943 – 2001). Z matrice získaných periód rotácie  $T$  sme potom ľahko mohli vytvoriť (obr. 3) mapu celkového rozloženia  $T$  v časovo-šírkových súradniciach. Pre lepšiu orientáciu v čase, dolný panel ukazuje priebeh mesačného Wolfvho čísla slnečných škvrín (t. j., priebeh slnečných cyklov). Mapa presvedčivo odhaľuje cyklické zmeny chodu rotačnej periódy  $T$ . Na stúpajúcich vetvách cyklov perióda koronálnej rotácie vo vyšších hgf šírkach narastá (t. j., koróna tam rotuje pomalšie). Na klesajúcich vetvách cyklov sa rotácia vo vyšších šírkach nelíši podstatne od rotácie v blízkosti rovníka, takže v týchto obdobiach prevláda na Slnku kvázi-rigidná rotácia koróny (t. j., rotácia na spôsob pevného telesa, bez výraznej závislosti periódy rotácie na hgf šírke).

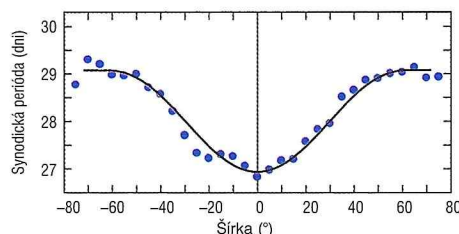
Je známe, že v rovníku

$$\omega = a + b \sin^2 \varphi$$

práve  $b$ -index charakterizuje diferenciálnu slnečnej rotácie ( $\omega$  je uhlová rotačná rýchlosť a  $\varphi$  je hgf šírka, pričom  $a$ -index udáva veľkosť rotácie na rovníku, kde  $\varphi = 0$ ). Cyklické variácie  $b$ -indexu v závislosti na fáze slnečného cyklu, inak povedané, cyklické variácie koronálnej diferenciálnej rotácie v priebehu slnečného cyklu, sú de-



Obr. 1. Dĺžkové rozloženie IZEK je nakreslené pre diskkrétne hgf šírky osobitne pre severnú a južnú pologuľu. Denné IZEK údaje sú horizontálne opakované počas štyroch Carringtonových otočiek Slnka. Čas na paneloch teda postupuje zdola nahor a sprava doľava.



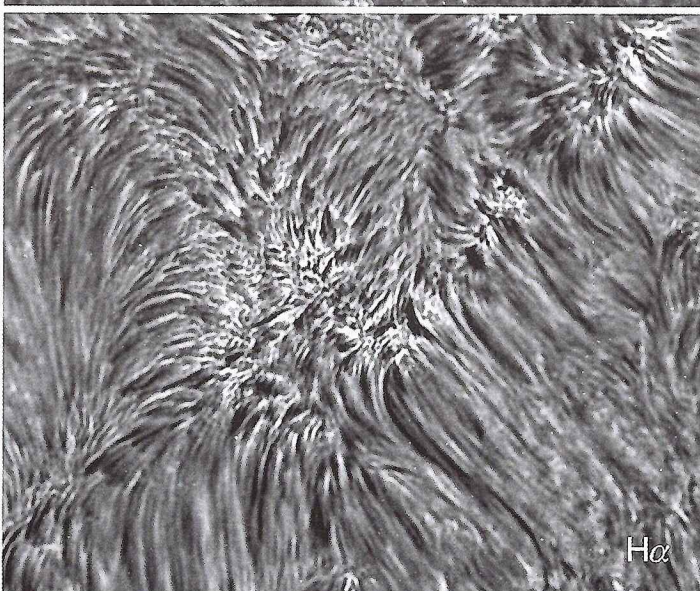
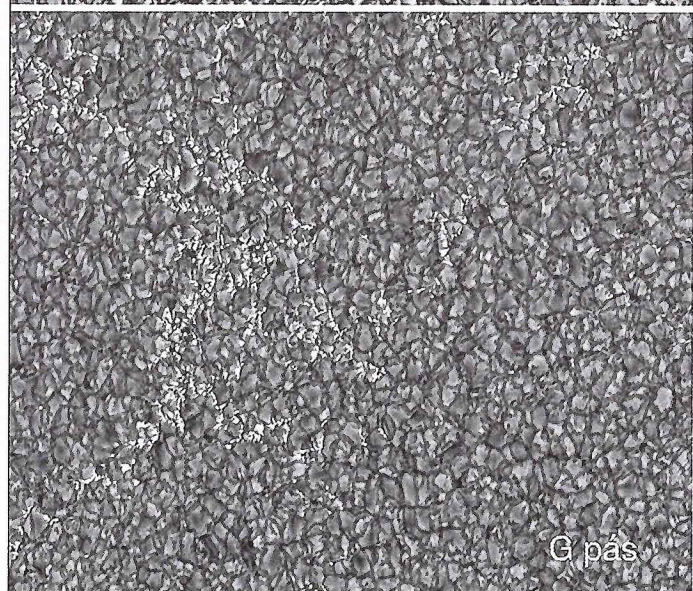
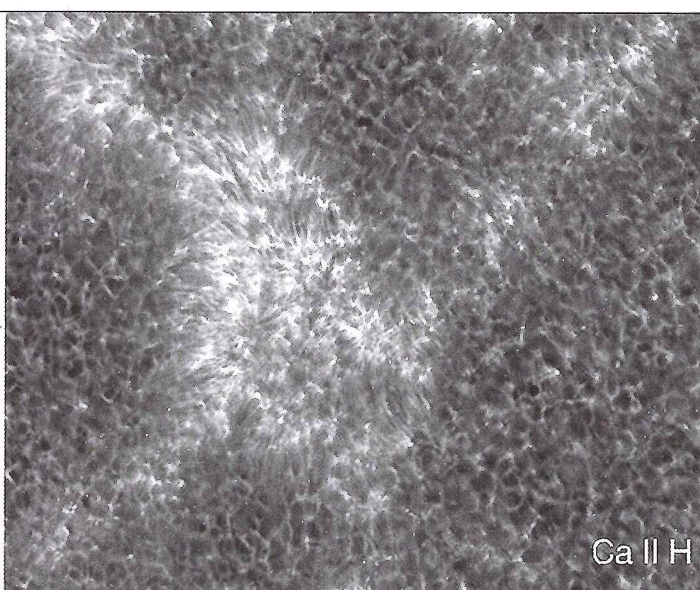
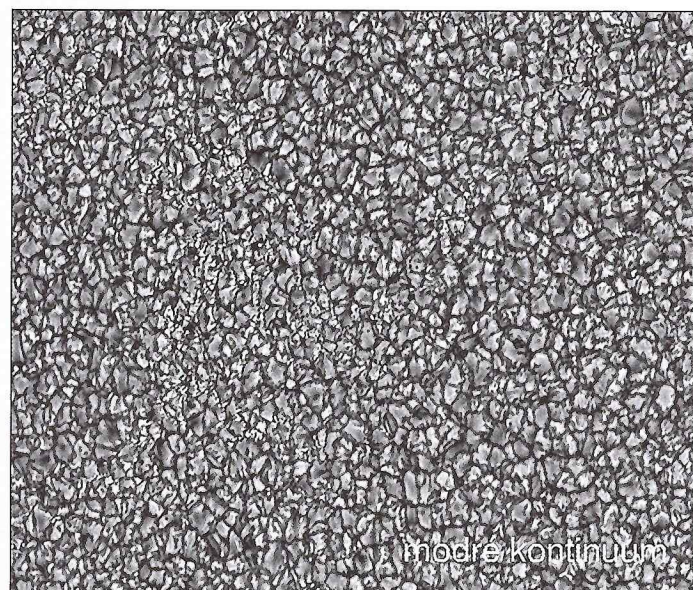
Obr. 2. Stredná závislosť synodickéj periódy rotácie koróny na hgf šírke za obdobie 1943 – 2001.

zikálne premenná hviezda“ v tomto čísle Kozmosu.

## Pravidelnosti rozloženia IZEK aktivity v heliografickej dĺžke

Vo vyššie spomenutom článku sme hovorili najmä o šírkovom rozložení IZEK. Vytvorili sme však aj unikátny obrázok, prezentujúci dlhodobé dĺžkové rozloženie IZEK aktivity (pozri obr. 1 v tomto článku). V skutočnosti máme k dispozícii ešte rozsiahlejší číselný a obrazový materiál tohto typu, pokrývajúci hgf šírky s krokom 5°, v rozsahu  $\pm 90^\circ$ . V horizontálnom smere sú IZEK údaje organizované podľa Carringtonových rotácií a tieto sú štyrikrát opakované, aby sa lepšie vyjadrila diskretná a regulárna štrukturalizácia v dĺžkovom rozložení IZEK.

Obr. 1 pekne dokumentuje dve základné rekurenčné charakteristiky IZEK. Predovšetkým výrazný prejav časovej rekurencie (opakovania) nízkej a vysokej aktivity (svetlé a tmavé zvislé pásy na obrázku) existuje v priebehu celého skúmaného intervalu, počas viac ako päť 11-ročných cyklov slnečnej aktivity, nezávisle na hgf šírke a fáze slnečného cyklu. Po druhé, perióda rekuren-



Obrázok 3. Ukážka tomografickej DOT sekvencie v oblasti pokojnej slnečnej atmosféry z 24. apríla 2006 získanej počas pozorovacej kampane organizovanej Oddelením fyziky Slnka AsÚ SAV. Modré kontinuum zobrazuje fotosférickú granuláciu. Magnetické elementy, dobre viditeľné ako jasné škvrnky v G páse, lemujú hranice supergranúl. Reverzná granulácia, jasná pláž a chromosférická sieť sú nápadné v Ca II H. Pre chromosféru pozorovanú v H $\alpha$  sú typické tmavé vlákna fibríl.

rok 1999, keď do Utrechtu prišiel dr. Peter Sütterlin, známy ako Pit, ktorý z Göttingenu so sebou priniesol metódu počítačovej rekonštrukcie obrazu s názvom škvŕnková rekonštrukcia (speckle reconstruction). Vtedy sa naplno prejavili prednosti DOT-u a vysoká ostrosť a kvalita rekonštruovaných snímok potvrdila, že cesta k veľkým slnečným teleskopom je voľná a koncepcia otvoreného teleskopu je správna. DOT mal byť pôvodne iba testom, no špičková kvalita snímok doslova volala po vedeckej analýze a povýšení DOT-u na vedecký prístroj s jasne definovanými výskumnými cieľmi. To sa stalo v roku 2004, keď prof. Robert J. Rutten (AÚ UU) publikoval v žurnále európskych astronómov *Astronomy and Astrophysics* článok predstavujúci DOT vedeckému svetu a definujúci jeho výskumné ciele. Prof. Rutten, skôr známy jednoducho ako Rob, sa stal zároveň aj hnacím motorom DOT-u nesúcim neľahké bremeno získavania financií a ľudí.

### Konštrukcia, tomografia

Vlastný teleskop je umiestnený na plošine senej 15 m vysokou vežovou konštrukciou. Mon-

táž je paralaktická vidlicového typu. Parabolické primárne zrkadlo má priemer 45 cm. Rúrová konštrukcia s extrémne vysokou tuhosťou obklopujúca zrkadlo nesie prídavnú optiku, sadu filtrov a kamier umiestnených v primárnom ohnisku zrkadla. Obraz Slnka dopadá v primárnom ohnisku na poľnú clonu – malé šikmé zrkadielko chladené vodou, ktoré väčšinu slnečného svetla odráža mimo teleskop. Uprostred zrkadielka je malý kruhový otvor s priemerom 1,6 mm prepúšťajúci časť svetla do prídavnej optiky a ďalej do sústavy filtrov a kamier. Čipy kamier poskytujú zorné pole približne 90×70 oblúčkových sekúnd. DOT je chránený proti nepriaznivému počasiu pomocou 7-m zvinovacieho pologuľového stanu vystuženého ocelovými rebrami. Stan je možné bezpečne zvinúť (aj rozvinúť) aj pri rýchlosti vetra 100 km/h a zvinutý do-

káže odolávať vetru s rýchlosťou do 200 km/h, čo sa už potvrdilo v praxi. Pre vedecké ciele slúži sústava piatich filtrov a kamier umiestnených priamo v ohnisku primárneho zrkadla. *Tabuľka 1* uvádza prehľad filtrov, v ktorých DOT pozoruje fotosféru a chromosféru.

Snímkovanie slnečnej atmosféry v rôznych spektrálnych pásmach umožňuje pozorovať rôzne výškové hladiny, pretože hĺbka do ktorej je možné dovidieť, silne závisí od vlnovej dĺžky. Keďže pozorovania vo všetkých piatich filtroch prebiehajú súčasne, je možné študovať vybraný jav a jeho dôsledky súčasne v rôznych hladinách

Tabuľka 1 Charakteristika DOT filtrov

Spektrálna čiara, pás, kontinuum	Vlnová dĺžka	Šírka priepustnosti filtra	Typ filtra	Ladenie
Ca II H	396,8 nm	0,135 nm	interferenčný	naklápatelný
G pás	430,5 nm	1 nm	interferenčný	pevný
modré kontinuum	432 nm	0,6 nm	interferenčný	pevný
červené kontinuum	654 nm	0,3 nm	interferenčný	naklápatelný
H $\alpha$	656,3 nm	0,025 nm	Lytot	laditeľný

slnečnej atmosféry. DOT tak umožňuje tomografiu slnečnej atmosféry, teda pozorovať ju nielen plošne, ale aj v rezoch po výške. Preto je niekedy DOT označovaný ako tomografický snímokovač slnečnej atmosféry.

Výber vlnových dĺžok nebol náhodný, ale súvisí so štruktúrami, ktoré je možné v príslušnej spektrálnej oblasti študovať:

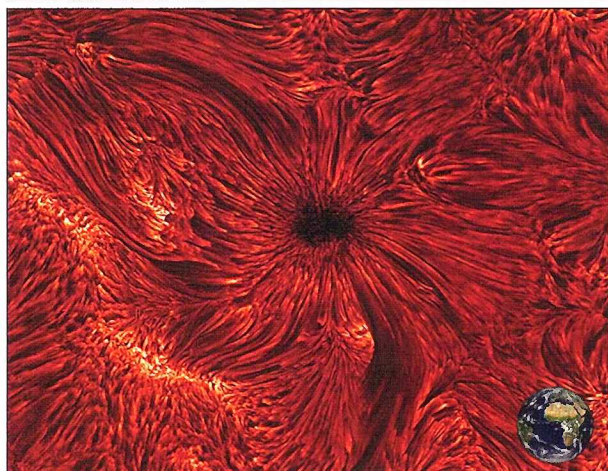
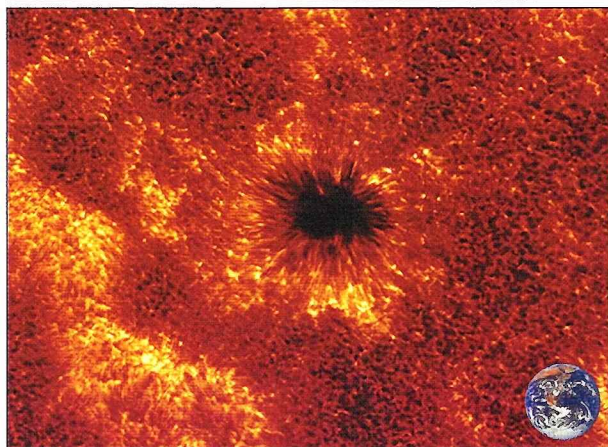
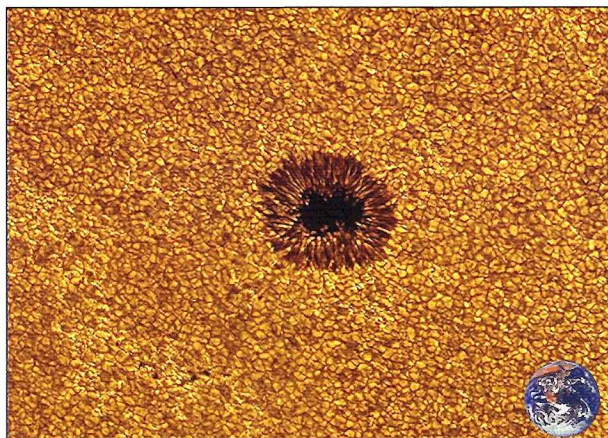
- Ca II H: mapuje chromosférickú sieť a reverznú granuláciu;
- G pás: magnetické elementy pozorované v tomto páse sú jasnejšie a kontrastnejšie ako okolitá granulácia, pravdepodobne v dôsledku disociácie molekúl CH, spôsobenej žiarením granulárnych stien obklopujúcich elementy;
- modré kontinuum: je užitočné pre štúdium fotosférickej granulácie a magnetických elementov;
- červené kontinuum: je doplnok pre rekonštrukciu H $\alpha$  snímok.
- H $\alpha$ : umožňuje študovať chromosférické štruktúry ako napr. filamente, protuberancie, spikuly a fibrily.

### Pozorovanie, rekonštrukcia obrazu

Atmosférický seeing je ťažkým a neúnavným súperom astronómov v ich zápase o čo najostrejší obraz. Sú však momenty, trvajúce len nepatrný zlomok sekundy, keď seeing akoby zamrzol a obraz je dokonale ostrý. Tento okamih je potrebné vystihnúť a práve vtedy exponovať. Z tohto poznatku sa odvíja aj pozorovacia stratégia DOT-u. Každá z jeho kamier dokáže exponovať až 12 snímok za sekundu s expozičnými časmi kratšími ako 10 milisekúnd. Počas jednej pozorovacej sekvencie je exponovaných 100 snímok. Z nich je vybraná jedna najlepšia pre ďalšiu rekonštrukciu metódou škvrnkovej rekonštrukcie, založenej na rýchlej Fourierovej transformácii. Ak by všetky kamery DOT-u bežali nepretržite 8 hodín, vyprodukovali by celkovo 1,6 TB dát. Takýto objem nie je možné rekonštruovať bežnými výpočtovými prostriedkami a ani prenášať internetom. Preto je blízko DOT-u umiestnený klaster pozostávajúci zo 70 vodou chladených procesorov, ktoré dokážu zrekonštruovať dennú dátovú produkciu DOT-u v priebehu jednej noci. Výsledné zrekonštruované snímky sú umiestnené do verejne voľne prístupnej databázy.

### DOT alebo POT

DOT je výnimočný teleskop vďaka tomografickému snímkovaniu fotosféry a chromosféry súčasne v piatich spektrálnych oblastiach a otvo-



Obrázok 4. Slnečná škvrna v 29. septembra 2004 v G páse (hore), Ca II H (uprostred) a H $\alpha$  (dole). Každý obrázok je mozaikou zloženou z niekoľkých snímok v nepravých farbách. Výsledná veľkosť je 140 × 111 arcsec (100 000 × 80 000 km). Obrázok Zeme je v mierke. Sekvencia bola astronomickou snímkou dňa (APOD) 16. februára 2005.

renou databázou, v ktorej sú dáta verejne voľne prístupné už krátko po pozorovaní. Je výnimočný aj tým, že všetky pozorovania bez výnimky od roku 1999 získal a zrekonštruoval jediný pozorovateľ – Pit Sütterlin. Preto Rob Rutten svojím nezameniteľným humorom poznamenal, že DOT by sa mal premenovať na POT, t. j. Pit's Own Telescope (Pitov vlastný teleskop).

### Budúcnosť DOT-u

Už počas konštrukčných prác myslel Dr. Hammerschlag na budúcnosť a dimenzoval DOT tak, že jeho terajšia konštrukcia a montáž by dokázala niesť zrkadlo s priemerom 1,4 m. DOT však bol koncipovaný iba ako test otvorenej konštrukcie, a preto mu chýba dostatočné personálne aj finančné zázemie obvyklé pre slnečné teleskopy,

koncipované ako výskumné. Aj keď je úspech DOT-u nepopierateľný, ani tak bohatá astronomická komunita, akou je holandská, nemá potrebných 800 000 eur na jeho väčšieho nástupcu, pracovne označovaného ako DOT++. Problémom je aj fakt, že holandská astronómia si zadefinovala na najbližšie roky svoje strategické priority a fyzika Slnka medzi nimi chýba. Navyše, od januára 2008 sa Pit Sütterlin stáva pozorovateľom na Švédskom slnečnom teleskope a po odchode Dr. Hammerschlaga do dôchodku prevezme prevádzku DOT-u jeho nástupca Ir. Felix M. C. Bettonvil. Budúcnosť DOT-u na dlhšie obdobie je tak stále nejasná.

### Oddelenie fyziky Slnka AsÚ SAV a DOT

Pracovníci Oddelenia fyziky Slnka Astronomického ústavu SAV v Tatranskej Lomnici (ďalej ako OFS) využili otvorenosť DOT-u a predložili vedeckej komisii DOT-u niekoľko projektov, ktoré boli prijaté a zrealizované. Do koordinovaných pozorovacích kampaní boli zapojené okrem DOT-u aj SST spolu s kozmickými observatóriami SoHO, TRACE a RHESSI. Projekt s názvom „Spektroskopia a tomografia slnečných fibril: fotosférické budiče a koronálne dôsledky“ bol realizovaný počas dvoch kampaní v jeseni 2005 a na jar 2006. V lete 2006 boli v rámci jednej kampane zrealizované projekty „Štúdium slnečných mikroerupcií pri veľkom rozlíšení a ich vzťah k ohrevu koróny a dodávke hmoty“ a „Fotosférické budiče fyzikálnych mechanizmov zodpovedných za prenos energie a dynamiku v nad chromosférickou sieťou“. Do tohoročnej kampane sa zapojilo aj nedávno vypustené slnečné kozmické observatórium Hinode. Projekt je zameraný na „Fyzikálne mechanizmy vyvolávajúce slnečné mikroerupcie a dynamiku supergranulárnej siete – vzťah ku koronálnemu ohrevu a dodávkam hmoty“.

Autor článku pracoval od r. 2005 do r. 2007 ako postdok v Astronomickom ústave Univerzity v Utrechte v DOT tíme prof. Ruttena. V tomto období využíval pozorovania z DOT-u v H $\alpha$  čiare pri realizácii projektu „Slnečné fibrily a spikuly vo veľkom rozlíšení“. Výsledky tohto projektu sú predstavené v samostatnom článku. Získaná dôvera a dobré vzťahy medzi OFS a kolegami z AÚ UU viedli k ponuke zo strany prof. Ruttena, aby kolega autora článku, pracovník OFS Mgr. Peter Gömöry, PhD. pôsobil počas mesačnej letnej kampane 2007 ako pozorovateľ na DOT-e. Tým dostal jedinečnú profesionálnu príležitosť stať sa prvým mimoutrečským pozorovateľom, ktorý zvládne pozorovaciu metódu a ovládanie DOT-u.

### Webstránky

**Domovská stránka DOTu:** <http://dot.astro.uu.nl>

**Galéria vybraných snímok a animácií:**

[http://dot.astro.uu.nl/DOT\\_showpieces.html](http://dot.astro.uu.nl/DOT_showpieces.html)

**DOT databáza pozorovaní:**

<http://dotdb.phys.uu.nl/DOT/>

**DOT APOD:**

<http://antwpr.gsfc.nasa.gov/apod/ap050216.html>

**Švédsky slnečný teleskop (SST):**

<http://www.solarphysics.kva.se>

**Prof. Robert J. Rutten:**

<http://www.astro.uu.nl/~rutten/>

**Pozorovacie kampane OFS AsÚ SAV + DOT:**

<http://www.astro.sk/~choc/>

# Jemná štruktúra chromosféry a prechodovej vrstvy

Mgr. Július Koza, PhD.

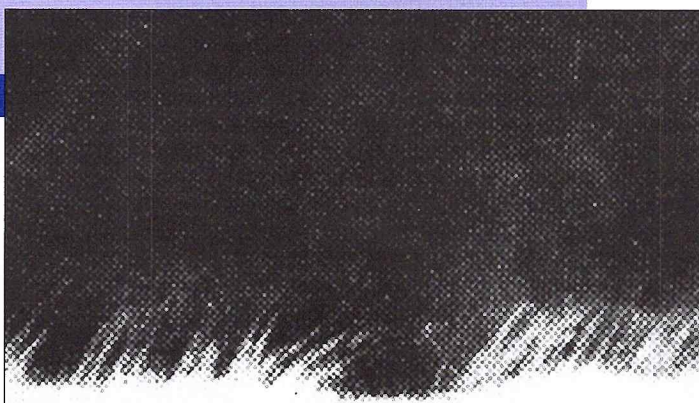
## Úvod

Krátko po druhom kontakte a tesne pred tretím môžu pozorovatelia úplného zatmenia Slnka vidieť na niekoľko sekúnd slnečnú chromosféru – jasnočervený prstenec okolo mesačného okraja. Názov pochádza z gréckeho χρωμα (farba) a σφαιρα (guľa) a zaviedli ho v r. 1869 J. N. Lockyer (slnečný fyzik) a E. Frankland (chemik).

Červenkasté sfarbenie spôsobuje emisia neutrálneho vodíka v spektrálnej čiare H $\alpha$ . Na základe spektroskopických pozorovaní so štrbinou položenou tangenciálne k slnečnému okraju A. Secchi (jezuita) zistil, že chromosféra je pokrytá jasnými, ako vlas tenkými lúčmi, podstatne menšími ako protuberancie. Vo svojej monografii *Le soleil* z roku 1871 prirovnáva túto jemnú štruktúru k horiacemu poľu a detailnosť jeho kresieb (obrázok 1) svedčí o vysokej kvalite jeho prístrojov, ako aj o veľkej pozorovateľskej a kresliarskej zručnosti. Názov spikuly pre jemnú štruktúru chromosféry na slnečnom okraji zaviedol v r. 1945 W. O. Roberts. Skonstruovanie spektroheliografu G. E. Haleom v r. 1892 a laditeľného úzkopásmového filtra B. Lyotom v r. 1933, umožnilo pozorovať a fotografovať chromosféru na disku v najsilnejších čiarach Balmerovej série a v čiarach Ca II K a H. Tieto pozorovania odhalili ďalšie jemné štruktúry chromosféry ako fibrily, škvrnky a zrná (angl. mottles, grains), ktoré sú tmavé voči jasnejšiemu chromosférickému pozadiu a najčastejšie kopírujú hranice supergranúl, teda oblastí s vysokou koncentráciou magnetických elementov. Hoci v odborných kruhoch nevládne zhoda v tom, či sú fibrily, škvrnky a zrná v podstate tá istá štruktúra pozorovaná iba za rozličných podmienok, kvôli jednoduchosti a možno aj oprávnene budeme označovať tieto štruktúry spoločným názvom fibrily. Zo širšieho okruhu otázok, ktorými sa výskum spikul a fibril doposiaľ zaoberal, vyberáme pre ilustráciu nasledujúce.

## Sú fibrily náprotivkom spikul na disku?

Hľadanie odpovede narážalo na observačné ťažkosti. Zatiaľ čo spikuly na okraji Slnka vyžadujú dlhšie expozičné časy, kvalitné snímky fibril na disku Slnka sú exponované veľmi krátkymi časmi. Až počítačovo spracované snímky publikované v rokoch 2000 a 2001 jasne ukázali, že fibrily blízko okraja Slnka pokračujú ďalej nad jeho okrajom ako spikuly.



Obrázok 1. Kresba spikul z knihy A. Secchiho *Le soleil* z r. 1871.

## Ako sa mení dĺžka spikul a fibril?

Otázka sa objavila pri analýze dlhých sérií snímok s veľkým uhlovým a časovým rozlíšením. Merania ukázali, že dĺžka spikul a fibril sa počas ich života, trvajúceho 3 – 15 minút, môže výrazne meniť. Ich stredná dĺžka je v rozmedzí od 5 000 do 10 000 km. Rýchlostné mapy v krídlach H $\alpha$  čiary ukázali, že predlžovanie a skracovanie fibril je naozaj dôsledkom pohybu hmoty. Nebolo však jasné, či sa ich dĺžka mení s časom lineárne, alebo nejako ináč, lebo chýbali pozorovania s časovým rozlíšením lepším ako jeden snímok každých 30 sekúnd. Táto otázka úzko súvisí s nasledujúcou.

## Aký mechanizmus katapultuje spikuly tak vysoko?

Merania dĺžok spikul a fibril s časom naznačili, že ich vrchol opisuje trajektóriu, ktorú je možné aproximovať parabolou. To viedlo k balistickej hypotéze pôvodu fibril a spikul. Nejaký neznámy mechanizmus vymršťujú chromosférickú hmotu istou počiatočnou rýchlosťou, podobne ako projek-

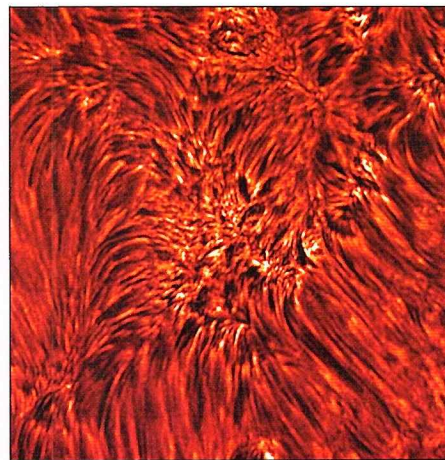
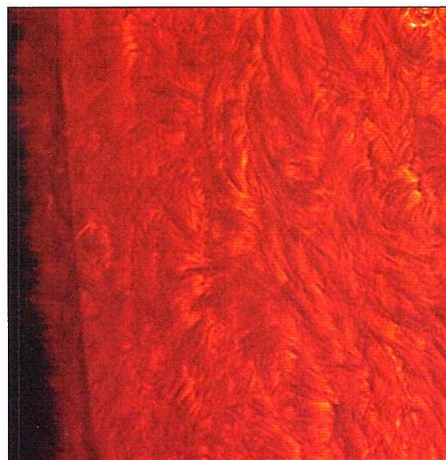
til vypálený zbraňou, a tá sa ďalej pohybuje v homogénnom gravitačnom poli. Už jednoduchý výpočet a porovnanie s pozorovaniami ukazuje neprijateľnosť balistickej hypotézy. Uvažujme zvislú spikulu, ktorá v pozorovaniach dosiahla maximálnu výšku 12 000 km po balistickej (parabolickej) trajektórii. Takáto spikula by mala mať vo výške 2 000 km (horná hranica chromosféry v klasických 1D modeloch) rýchlosť 74 km/s. Ak predpokladáme, že fibrily sú náprotivkom spikul na disku, potom pozorovania v modrom krídle H $\alpha$  čiary by mali ukázať fibrily aj po preladení filtra do bodu 0,16 nm od centra čiary. Doterajšie pozorovania ukazujú, že fibrily sú pozorovateľné len do 0,12 nm od centra H $\alpha$  a sú pre ne typické rýchlosti 10 – 30 km/s, ktoré sú vyššie ako rýchlosť zvuku v chromosfére. Teda je potrebné nájsť mechanizmus katapultujúci spikuly/fibrily tak vysoko pri relatívne nízkych, no predsa pre chromosféru nadzvukových rýchlostiach.

## Ako je udržiavaná rovnováha toku hmoty?

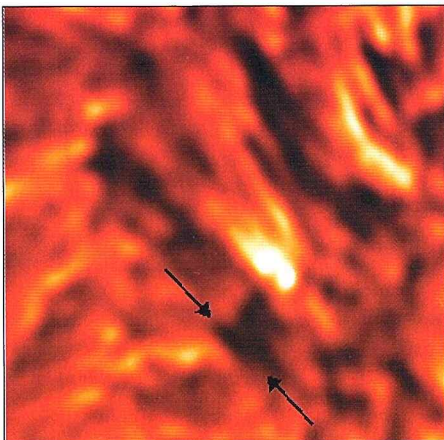
Odhady množstva hmoty prúdajúcej v spikulách ukázali, že toto množstvo je asi 100-krát väčšie ako množstvo hmoty opúšťajúcej Slnko v podobe slnečného vetra. Riešenie tohto paradoxu si vyžaduje mechanizmus udržiavajúci rovnováhu toku hmoty v slnečnej atmosfére. Problém presahuje do oblastí fyziky prechodovej vrstvy a koróny.

## Prečo sú fibrily relatívne tmavé?

Táto veľmi prirodzená otázka o pôvode kontrastu fibril nie je doteraz uspokojivo zodpovedaná. Príčinou je relatívne vyššia hustota hmoty vo fibrilách voči okoliu, no chýba mechanizmus zodpovedný za zvýšenie hustoty. Vo výškach dosahovaných spikulami je už väčšina vodíka ionizovaná. Čo teda spôsobuje zvýšenú rekombináciu vodíka vo fibrilách? Alebo je to neutrálny vodík vymrštený z nižších vrstiev a udržiavaný počas doby života fibril ako neutrálny? Najnovšie poznatky ukazujú, že vodík ionizuje a rekombinuje nerovnovážne. To robí celý problém veľmi obtiažnym.



Obrázok 2. Spikuly a fibrily v pokojnej chromosfére v centre H $\alpha$  čiary (vľavo) a na vlnovej dĺžke  $-0,03$  nm od centra H $\alpha$  čiary neďaleko stredu disku (vpravo). Holandský otvorený teleskop DOT.



Obrázok 3. Zmeny dĺžky a orientácie vybranej dynamickej fibrily označenej šípkami počas 2,8 minút, v priebehu ktorých sa fibrila pootočila o 15 stupňov. Holandský otvorený teleskop DOT. H $\alpha$  čiara.

### Aký je vzťah medzi fibrilami/spikulami a magnetizmom?

Celkové usporiadanie a koncentrácia fibríl na hraniciach supergranúl so zvýšenou koncentráciou magnetických elementov navodzuje myšlienku, že existuje súvis medzi slnečným magnetizmom a jemnou štruktúrou chromosféry. Z tohto predpokladu vychádzajú nedávne práce, ktoré publikovali dr. Bart De Pontieu (Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory) a dr. Vigo Hansteen (Institute of Theoretical Astrophysics, Oslo). Na základe doteraz najlepších pozorovaní chromosféry v H $\alpha$  čiare, získaných pomocou Švédskeho 1-m slnečného teleskopu 4. októbra 2005 (dĺžka série 78 minút s časovým rozlíšením 3 snímky za sekundu), autori ukázali, že podskupina takzvaných dynamických fibríl sa pohybuje presne po parabolických dráhach, a že existuje lineárna závislosť medzi ich počiatočnou rýchlosťou a zrýchlením. Na základe týchto pozorovaní a numerických magnetohydrodynamických simulácií vyslovili hypotézu, že dynamické fibrily sú dôsledkom nárazových vln (šokov), vyvolaných akustickými módmí fotosférických oscilácií, šíriacich sa pozdĺž naklonených magnetických silotrubíc do vyšších vrstiev slnečnej atmosféry. Predpoklad nárazovej vlny v tvare pílového zuba vysvetľuje parabolickú dráhu a lineárnu závislosť medzi počiatočnou rýchlosťou a zrýchlením. Peknou vlastnosťou tejto hypotézy je, že zjednocuje zdanlivo rôznorodé javy – oscilácie, magnetizmus a fibrily/spikuly.

### Príspevok Oddelenia fyziky Slnka AsÚ SAV k výskumu jemnej štruktúry chromosféry a prechodovej vrstvy

Autor článku pracoval v rokoch 2005–7 v Astronomickom ústave Univerzity v Utrechte (AÚ UU) v tíme prof. Ruttena. Tento postdoktorandský pracovný pobyt bol zameraný na riešenie spoločného projektu Oddelenia fyziky Slnka AsÚ SAV a AÚ UU s názvom „Slnečné fibrily a spikuly vo veľkom rozlíšení“. Autor pri jeho realizácii analyzoval pozorovania chromosféry v H $\alpha$  čiare, získané pomocou Holandského otvoreného teleskopu (DOT) na La Palme (Kanárske ostrovy). Projekt bol zameraný na nasledujúce okruhy.

#### Kinematické vlastnosti dynamických fibríl

Dynamické fibrily (ďalej DF) pripomínajú relatívne tenké lúčovité výtrysky, prejavujúce sa výrazným predlžovaním a skraccovaním, ktoré je merateľné už na časových škálach niekoľko sekúnd (obrázok 4). Autor článku vytvoril v jazyku IDL (Interactive Data Language) procedúru na meranie polohy, dĺžky a orientácie DF a použil ju pri analýze 10-minútovej sekvencie DOT H $\alpha$  snímok s časovým rozlíšením jedna snímka každých 12 sekúnd, získaných 24. apríla 2006. Analýza meraní ukázala, že:

- DF sa posúvajú priečne vzhľadom na ich pozdĺžnu os, čo je možné interpretovať ako

- stáčanie sa fibríl z jednej krajnej polohy do druhej (obrázok 3);
- uhlová rýchlosť stáčania je rádovo 1 stupeň za minútu;
- kratšie DF sa stáčajú rýchlejšie ako dlhšie DF (obrázok 8).

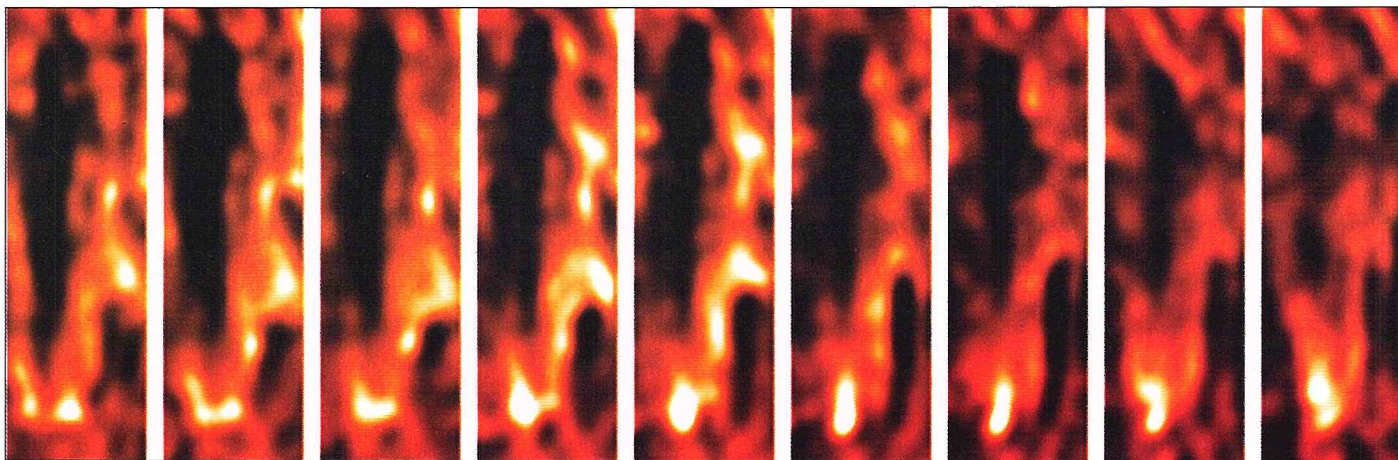
Tieto zistenia sú nové. Hoci už skôr boli spektroskopicky zaznamenané priečne pohyby spikúl, dostupná literatúra neuvádzala správy opisujúce tento jav v prípade fibríl. V tejto fáze je možné iba špekulovať o jeho príčinách a následkoch. Stáčanie môže byť dôsledkom vírivých granulárnych pohybov v miestach ukotvenia magnetickej silotrubice hlbšie vo fotosfére. Vírivé pohyby sa môžu prenášať pozdĺž silotrubice do chromosféry a koróny, kde sú často pozorované na TRACE snímkach v EUV oblasti spektra ako stáčanie a prepletenie koronálnych slučiek. Iné vysvetlenia navrhli už skôr spomenutí dr. B. De Pontieu a prof. R. J. Rutten. Podľa nich môže ísť o rýchly mód magnetohydrodynamických vln, šíriacich sa kolmo k siločiaram, alebo excitačnú vlnu šíriacu sa okolo po povrchu expandujúcej silotrubice.

- Analýza DOT H $\alpha$  snímok ďalej potvrdila, že:
  - trajektórie vrcholov DF je možné aproximovať neúplnými parabolami so subballistickými zrýchleniami (t. j. menšími ako gravitačné zrýchlenie Slnka) a nadzvukovými počiatočnými rýchlosťami (obrázok 5);
  - DF s väčšou počiatočnou rýchlosťou majú väčšie zrýchlenie (alebo prekonávajú väčšie spomalenie);
  - medzi počiatočnými rýchlosťami a zrýchleniami existuje pravdepodobne lineárny vzťah (obrázok 8).

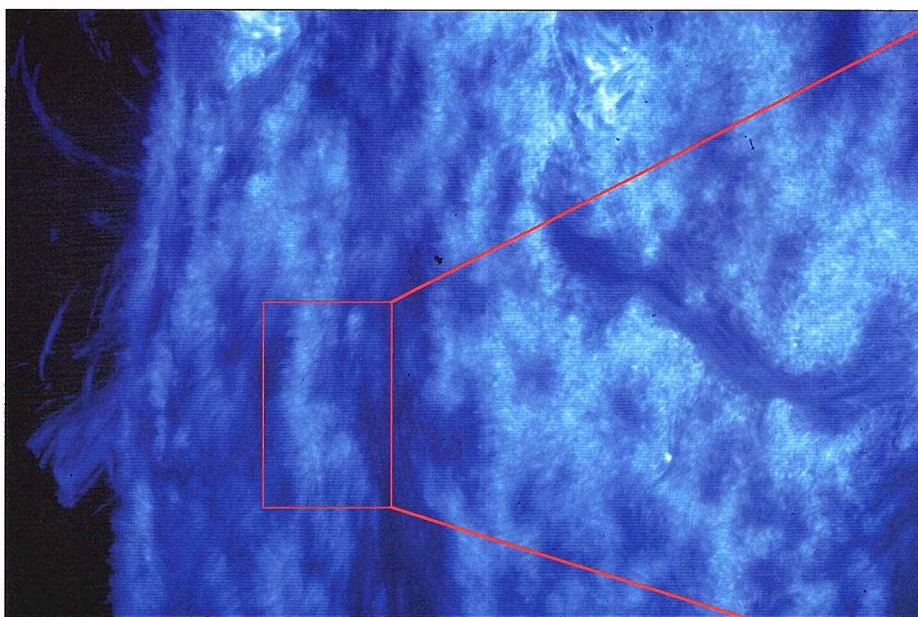
Tým bola potvrdená observačná časť prác týkajúcich sa šokovej hypotézy pôvodu fibríl/spikúl, ktoré nedávno publikovali De Pontieu a Hansteen.

#### Vzťah jemných štruktúr chromosféry a prechodovej vrstvy

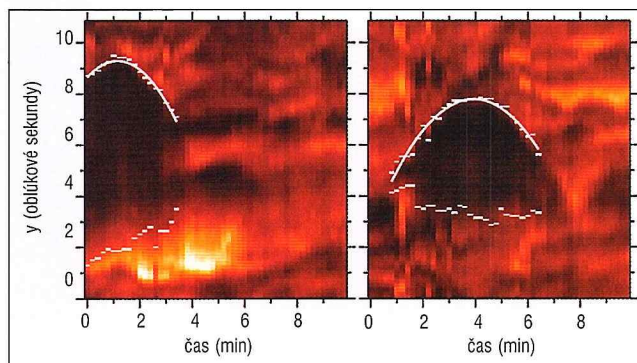
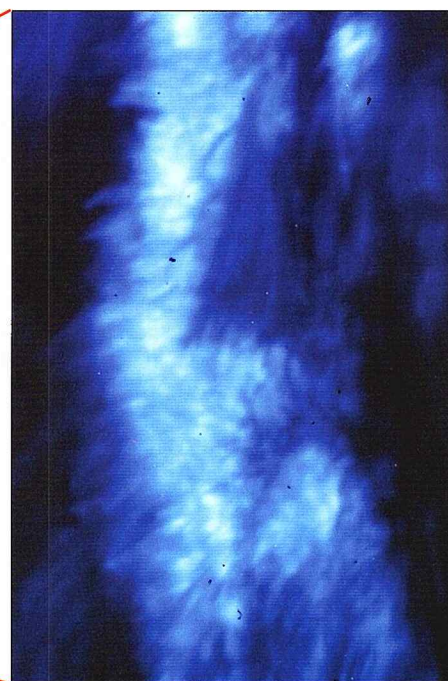
Pozorovania prechodovej vrstvy (PV) na okraji Slnka, uskutočnené v prvej polovici 70-tych rokov minulého storočia z orbitálnej stanice Skylab, naznačovali prítomnosť výtryskov, pripomínajúcich spikuly. Ich odhadovaná dĺžka 15 000 km sa dosť podobala na dĺžku spikúl. Neskôr Withbroe a Rutten uvažovali o tom, že výtrysky



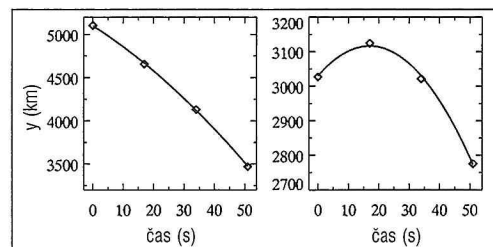
Obrázok 4. Predlžovanie a skraccovanie dvoch dynamických fibríl, vyvíjajúcich sa takmer paralelne. Medzi obrázkami je časový interval 24 sekúnd. Holandský otvorený teleskop DOT. H $\alpha$  čiara.



Obrázok 6. Okraj slnečného disku na snímke z ultrafialového teleskopu VAULT v čiare Ly $\alpha$  (vľavo). Zväčšený detail znázorňujúci výtrysky (vpravo).



Obrázok 5. Vývoj dĺžky (na osi y) dvoch H $\alpha$  dynamických fibríl v čase. Obrázky vznikli zoradením stĺpcov pixelov vyčítaných pozdĺž fibríl. Biele pixely označujú začiatok a vrchol fibríl. Parabola preložená vrcholom fibríl zodpovedá kvadratickej funkcii, z ktorej boli určené počiatočné rýchlosti a zrýchlenia.



Obrázok 7. Vývoj dĺžky (na osi y) dvoch Ly $\alpha$  fibríl v čase. Štvorčeky zodpovedajú meraným dĺžkam a plná čiara zodpovedá parabolickému fitu, z ktorého boli určené maximálne rýchlosti a zrýchlenia.

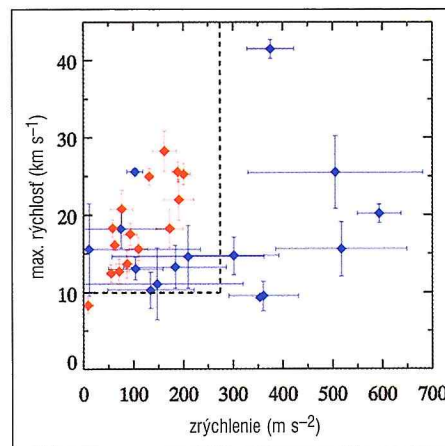
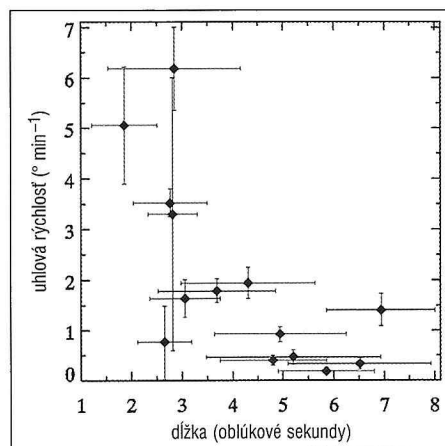
v PV sú horúce obaly relatívne chladných chromosférických fibríl. Na overenie tejto hypotézy bolo potrebné získať série snímok PV s veľkým uhlovým a časovým rozlíšením. Také nedokázali poskytnúť ani kozmické observatória SoHO ani TRACE. Doteraz najlepšie rozlíšenie v EUV oblasti spektra dosiahol VAULT, čo je skratka pre Very high Angular resolution ULtraviolet Telescope (Ultrafialový teleskop s veľmi veľkým uhlovým rozlíšením) nesený sondážnou raketou. Takéto rakety sa používali v meteorológii a vo výskume vysokých vrstiev zemskej atmosféry. Po štarte vynesú svoj náklad do výšok medzi 50 a 160 km, kde už prakticky nie je nijaká atmosféra. Tam spustia svoj vedecký program. Aparatúra sa niekoľko minút po jeho skončení vracia na padáku späť na zem. Sondážna raketa a jej náklad tak predstavuje veľmi lacnú a viacnásobne použiteľnú alternatívu k drahým kozmickým observatóriám. Počas svojho druhého letu, uskutočneného 14. júna 2002, získal VAULT celkovo 21 snímok PV v spektrálnej čiare neutrálneho vodíka Ly $\alpha$  s časovým rozlíšením 17 sekúnd. Štyri snímky zachytávali oblasť blízko slnečného okraja, s množstvom výtryskov jasne kopírujúcich hranice supergranúl (obrázok 6). Autor článku našiel 50 výtryskov, ktoré počas 1 minúty, pokrytej štyrmi snímkami okraja Slnka, vykazovali nápadné zmeny dĺžok. Analýzou meraní dospel k nasledujúcim záverom:

- výtrysky majú väčšinou nadzvukové počiatočné rýchlosti (obrázok 8);
- skúmaná vzorka výtryskov sa skladá zo subbalistickej a superbalistickej zložky (t. j. so zrýchlením menším a väčším ako gravitačné zrýchlenie Slnka);
- podobnosť kinematických vlastností naznačuje, že subbalistické výtrysky môžu byť horúcimi obalmi chladnejších chromosférických fibríl (obrázok 8).

Tieto nové zistenia naznačujú, po prvý raz v histórii na súvis medzi jemnými štruktúrami chromosféry a prechodovej vrstvy. Súčasná slnečná fyzika si však vyžaduje podporu takýchto tvrdení numerickými magnetohydrodynamickými simuláciami.

**Webstránky**

VAULT: <http://www.solar.nrl.navy.mil/rockets/vault/>



Obrázok 8. Uhlová rýchlosť zmien orientácie H $\alpha$  fibríl vo vzťahu k ich priemernej dĺžke vyjadrenej v oblúkových sekundách, pričom 1 oblúková sekunda = 725 km (vľavo). Maximálna rýchlosť dynamických fibríl vo vzťahu k ich zrýchleniu (vpravo). Červené štvorce zodpovedajú dynamickým H $\alpha$  fibrilám a modré štvorce Ly $\alpha$  výtryskom. Zvislé a vodorovné úsečky sú chybové intervaly. Pre-rušované čiary zodpovedajú typickej rýchlosti zvuku v chromosfére 10 km/s a gravitačnému zrýchleniu na Slnku 274 m/s<sup>2</sup>.

- trajektórie opísané vrcholmi niektorých výtryskov je možné aproximovať neúplnými parabolami (obrázok 7);

# Krátky slovník

**Balmerova séria** – postupnosť spektrálnych čiar vznikajúcich prechodmi medzi druhou a vyššími hladinami atómu neutrálneho vodíka.

**Ca II H** – spektrálna čiara jedenkrát ionizovaného vápnika s vlnovou dĺžkou 396,8 nm označená Fraunhoferom písmenom H. Spolu s Ca II K najsilnejšie spektrálne čiary v spektre Slnka a hviezd spektrálneho typu G.

**Ca II K** – spektrálna čiara jedenkrát ionizovaného vápnika s vlnovou dĺžkou 393,4 nm. Označenie písmenom K zaviedol H. Draper.

**Carringtonova rotácia** – stredná synodická doba rotácie slnečných škvrín.

**difrakčný limit** – najmenšia uhlová vzdialenosť dvoch bodov, ktoré optická sústava zobrazí ako dva samostatné body. Je priamo úmerná vlnovej dĺžke a nepriamo úmerná priemeru objektívu alebo zrkadla.

**disociácia** – delenie molekúl na atómy.

**dynamické rádiové spektrum** – časový záznam rádiového žiarenia súčasne v rôznych vlnových dĺžkach.

**EUV oblasť** – extrémna ultrafialová oblasť spektra.

**fibrila** – tmavé lúčovité vlákno pozorované najčastejšie v spektrálnej čiare H $\alpha$  na disku. Fibrily sú hojné na hraniciach supergranúl a v aktívnych oblastiach blízko škvrín. Sú orientované od jednej magnetickej polarítity smerom k opačnej.

**filament** – najčastejšie protuberancia pozorovaná v priemete na disk v spektrálnej čiare H $\alpha$  ako relatívne dlhý tmavý pás. Filament kopíruje neutrálnu líniu.

**G pás** – sústava spektrálnych čiar tvorená molekulami CH s vlnovou dĺžkou 430,5 nm. Označenie zaviedol Fraunhofer.

**granula** – jeden element granulácie; jasné miesto v slnečnej fotosfére s priemerom približne 1000 km, kde horúca plazma vystupuje k slnečnému povrchu.

**granulácia** – bunková štruktúra, pripomínajúca veľký plást, vznikajúca na povrchu Slnka v dôsledku konvekcie, t. j. stúpajúcich horúcich a klesajúcich chladných plazmových prúdov.

**H $\alpha$**  – najsilnejšia čiara Balmerovej série s vlnovou dĺžkou 656,3 nm, vznikajúca prechodom medzi druhou a treťou hladinou atómu neutrálneho vodíka.

**heliografické súradnice** – sférická súradnicová sústava viazaná na Slnko; heliografická šírka, heliografická dĺžka.

**Hinode** (jap. východ Slnka) – kozmické slnečné observatórium, vybavené optickým ďalekohľadom s priemerom zrkadla 50 cm, ultrafialovým a röntgenovým ďalekohľadom.

**chromosférická sieť** – nepravidelná sieť s jasnými hranicami a tmavými vnútrobunecnými oblasťami zodpovedajúcimi supergranulácii pozorovanej hlavne v najsilnejších chromosférických čiarach Ca II K a H. Zvýšená jasnosť siete má pôvod v koncentrovanom magnetickom poli na okrajoch buniek.

**Joseph Fraunhofer** – nemecký optik, žijúci v prvej pol. 19. stor. Zostrojil difrakčnú mriežku, pomocou ktorej rozlíšil v spektre Slnka veľký počet spektrálnych čiar.

**kontinuum** – spojená časť spektra bez spektrálnych čiar.

**korónna diera** – oblasť slnečnej koróny so zníženou hustou, teplotou a žiarením. Elektrónová hustota je nižšia ako  $10^8$  častíc v  $\text{cm}^3$  a teplota okolo 600 000 K.

**korónna kondenzácia** – útvar v aktívnej korónalnej oblasti s elektrónovou hustotou vyššou ako  $10^{10}$  častíc v  $\text{cm}^3$ .

**Ly $\alpha$**  – najsilnejšia čiara Lymanovej série s vlnovou dĺžkou 121,6 nm, vznikajúca prechodom medzi prvou a druhou hladinou atómu neutrálneho vodíka.

**Lymanova séria** – postupnosť spektrálnych čiar, vznikajúcich prechodmi medzi prvou a vyššími hladinami atómu neutrálneho vodíka.

**magnetická rekonexia** – zmena konfigurácie magnetickej poľa v dôsledku prerušenia a nového prepojenia magnetických trubíc nachádzajúcich sa navzájom v tesnej blízkosti.

**magnetický element** – silotrubica magnetickej poľa s priemerom 50 – 150 km vo fotosfére s magnetickou indukciou rádovo 1000 Gauss (t. j. 1 T).

**magnetogram** – grafický záznam indukcie magnetickej poľa s rozlíšením kladnej a zápornej polarítity.

**medzigranulárny priestor** – úzky priestor medzi granulami, kde chladnejšia plazma prúdi pod slnečný povrch.

**mikroerupcia** – uvoľnenie magnetickej energie v okamihu prepojenia magnetických silokriviek s opačnou polaritou pravdepodobne v dôsledku pohybov fotosférických ukotvených silokriviek.

**nárazová vlna** – nespojitost v rozložení fyzikálnych veličín šíriaca sa rýchlosťou väčšou ako lokálna rýchlosť zvuku.

**neutrálna línia** – hranica medzi opačnými magnetickými polaritami.

**pláž** – jasnejšia oblasť v chromosfére v blízkosti škvrín, pozorovaná najčastejšie v najsilnejších chromosférických čiarach Ca II H a K. Pláž je synonymom flokule. Chromosférická pláž sa rozprestiera nad fotosférickým fakulovým polom (fakulou) – oblasťou s veľkou koncentráciou magnetických elementov.

**prechodová vrstva** – priestorovo extrémne nehomogénna oblasť medzi relatívne chladnou chromosférou ( $10^4$  K) a horúcou korónou ( $10^6$  K). Teplotný skok je extrémne strmý a má charakter nespojitosti. Je výstižnejšie hovoriť o teplotnom a dynamickej režime ako o geometrickej vrstve.

**protuberancia** – plazmový korónálny útvar s teplotou rádovo  $10^4$  K a s hustotou väčšou ako okolitá koróna, pozorovaný na okraji slnečného disku. Jej stabilitu v koróne podmieňuje magnetické pole. Protuberancie majú tvar slučiek, výtryskov alebo nepravidelných oblakov.

**reverzná granulácia** – štruktúra pozorovaná vo fotosfére nad 130 km nad základňou fotosféry s tmavými granulami a svetlými medzigranulárnymi priestormi.

**RHESSI** – Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager, kozmické slnečné observatórium, ktoré pozoruje v oblasti tvrdého röntgenového a gama žiarenia a je zamerané na výskum urýchľovania častíc a uvoľňovania energie v slnečných erupciách.

**rigidná rotácia** – rotácia tuhého telesa (napr. našej Zeme), kde všetky body na povrchu telesa rotujú s rovnakou rýchlosťou.

**siderická perióda** – čas medzi dvoma po sebe nasledujúcimi návratmi telesa na nebeskej sfére k tej istej hviezde.

**siderická rotácia** – rotácia meraná vzhľadom na siderickú periódu.

**SoHO** – The Solar and Heliospheric Observatory, kozmické slnečné observatórium pozorujúce od r. 1996 atmosféru Slnka od vizuálnej až po EUV oblasť spektra.

**spektrálna čiara** – krátky úsek spektra s takmer skokovým poklesom alebo nárastom intenzity vzhľadom na susedné kontinuum. V prvom prípade hovoríme o absorpčnej a v druhom o emisnej čiare.

**spektrum** – sústava obrazov štrbiny spektrografu, predstavujúca postupnosť vlnových dĺžok žiarenia zdroja.

**spikula** – jasný lúčovitý útvar s životnosťou 5 – 15 minút pozorovaný najčastejšie v spektrálnej čiare H $\alpha$  na okraji disku Slnka. Spikuly výrazne prečnievajú nad chromosféru, ich dĺžka je 5 000 – 10 000 km a teplota  $10^4$  K.

**strímer** – prilbicovitý útvar zvýšenej elektrónovej hustoty v bielej koróne formovaný magnetickým polom.

**supergranulácia** – je dôsledkom konvekcie podobne ako granulácia, avšak typický priemer supergranúl 16 000 km je podstatne väčší ako priemer granúl. Na hraniciach supergranúl je koncentrované magnetické pole, v dôsledku klesajúcich prúdov plazmy.

**synodická perióda** – čas medzi dvoma po sebe nasledujúcimi návratmi telesa do rovnakej relatívnej polohy voči Zemi.

**synodická rotácia** – rotácia meraná vzhľadom na synodickú periódu.

**TRACE** – Transition Region And Coronal Explorer, kozmické slnečné observatórium, nesúce ďalekohľad s priemerom zrkadla 30 cm, pozorujúcim prechodovú vrstvu a korónu v EUV oblasti spektra.

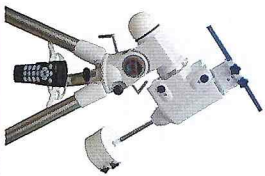
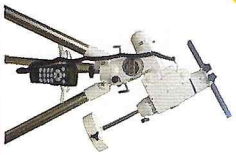




Počas augustových nocí som sa pokúsil na dovolenke na Myjave nasnímať menej známe objekty čo možno najdlhším expozičným časom. Horná snímka NGC7635 je komplex hmlovín v súhvezdí Cefeus. Najjasnejšou je Bublinka. Jednotlivé expozície boli snímané počas noci z 15. 8. 2007. Výsledná snímka je zloženinou dvanástich 10-minútových expozícií snímaných pri ISO 800 modifikovaným aparátom Canon EOS 300D do formátu RAW. Aparát bol umiestnený v ohnisku refraktora Borg ED77, vybaveného reduktorom 0,85× a LPS filtrom. Ďalekohľad bol umiestnený na montáži Vixen GPDX a pointovaný TV Guiderom. Spracovanie prebehlo v programoch IRIS (základná kalibrácia pomocou dark a flat snímky, registrácia jednotlivých snímok, orezanie a poskladanie), v programe PixInsight LE (natiehanutie histogramu, jemné nastavenie kriviek, kontrastu a saturácie) a v programe Photoshop: jemné doostrenie, zmenšenie a konverzia do formátu JPG. (Redakčné spracovanie prepre potreby tlačiarne boli robené tiež vo Photoshope.) Dolná snímka LBN400 je komplex červených hmlovín, do ktorých zasahujú drobné tmavé hmlovinky v súhvezdí Labuť. Nachádzajú sa len pár stupňov východne od známej hmloviny Severná Amerika. Jednotlivé expozície boli snímané počas dvoch nocí. Výsledkom je zloženina dvadsiatich 10-minútových expozícií. Snímky vznikli pomocou rovnakej techniky ako predchádzajúci obrázok a boli spracované pomocou rovnakého softvéru a rovnakým postupom.

Tomáš Maruška

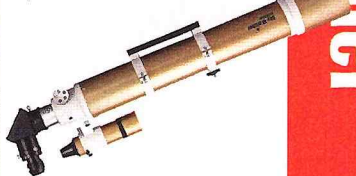
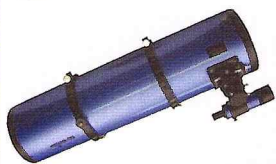
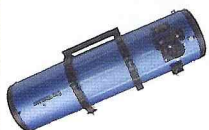
Nově  
možnost  
zasílat kompletní  
sortiment zboží na  
dobírku i na Slovensko.  
Poštovné 330 Kč.



montáž	HEQ-5	EQ-6
konstrukce	německá	německá
typ	paralaktická	paralaktická
uchycení	2" lišta	2" lišta
výška stativu	97 - 121 cm	85 - 147 cm
hmotnost stativu	5,6 kg	7,5 kg
výška hlavice	35 cm	41 cm
hmotnost hlavice	10 kg	16 kg
nosnost	cca 10 kg	cca 15 kg
navádění	SynScan (volitelně)	SynScan (volitelně)
rychlost navádění	3,4°/s (800x)	3,4°/s (800x)
počet objektů	13 400	13 400
pointační rychlosti	0,25x; 0,5x; 0,75x; 1x	0,25x; 0,5x; 0,75x; 1x
auto guider	ano	ano
krok motoru	0,144"	0,144"
motory	mikrokrokové	mikrokrokové
systém GPS	volitelně	volitelně
spojení s PC	RS232	RS232

# Dalekohledy

# Sky-Watcher



dalekohled	SK15075	SKP2001	SKP25012	ED 80 PRO	ED 120 PRO	MAK 150 PRO	MAK 180 PRO
průměr	150 mm	200 mm	254 mm	80 mm	120 mm	150 mm	180 mm
ohnisko	750 mm	1 000 mm	1 200 mm	600 mm	900 mm	1 800 mm	2 700 mm
f/	f/5	f/5	f/4,7	f/7,5	f/7,5	f/12	f/15
konstrukce dalekohledu	reflektor (Newton)	reflektor (Newton)	reflektor (Newton)	refraktor (ED refraktor)	refraktor (ED refraktor)	katadioptrický (Maksutov-Cassegrain)	katadioptrický (Maksutov-Cassegrain)
optický prvek	parabolické zrcadlo	parabolické zrcadlo	parabolické zrcadlo	dublet z nízkorozptylového (ED) skla	dublet z nízkorozptylového (ED) skla	kulové zrcadlo a korekční deska	kulové zrcadlo a korekční deska
výstup dalekohledu	1,25"	2"	2"	2"	2"	1,25" (2" volitelně)	1,25" (2" volitelně)
ostřící mechanismus	hřebenový výtah	Crayford	Crayford	Crayford	Crayford	ostření primárním zrcadlem	ostření primárním zrcadlem
hledáček	6x30	9x50	9x50	9x50	9x50	9x50	9x50
okulár (zvětšení)	25 mm (30x)	25 mm (30x)	25 mm (48x)	20 mm (30x)	20 mm (45x)	20 mm (90x)	20 mm (135x)
okulár 2 (zvětšení)	10 mm (75x)	10 mm (75x)	10 mm (120x)	5 mm (120x)	5 mm (180x)	9 mm (200x)	9 mm (300x)
rozlišení	0,8"	0,6"	0,46"	1,45"	0,96"	0,8"	0,39"
min/max užitečné zvětšení	22x 300x	29x 400x	36x 508x	29x 160x	33x 240x	22x 300x	51x 360x
světelný zisk	472x	843x	1 317x	134x	302x	472x	640x
mezni mag. průměr tubusu	13,6	14,2	14,7	12,2	13,1	13,6	15,3
délka tubusu	18 cm	24 cm	28,8 cm	10 cm	12 cm	18,3 cm	21,6 cm
hmotnost	67 cm	92 cm	112 cm	62 cm	96 cm	40 cm	50 cm
	5 kg	8,8 kg	12 kg	2,5 kg	5,1 kg	5,6 kg	7,8 kg



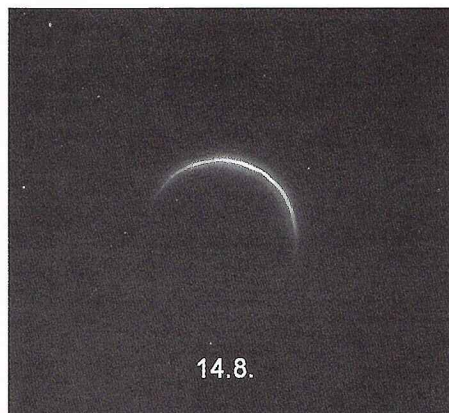
+420 284 820 939 • celestron@celestron.cz • www.celestron.cz  
SUPRA Praha • Mochovská 23 • 198 00 • Praha 9 • Česká republika



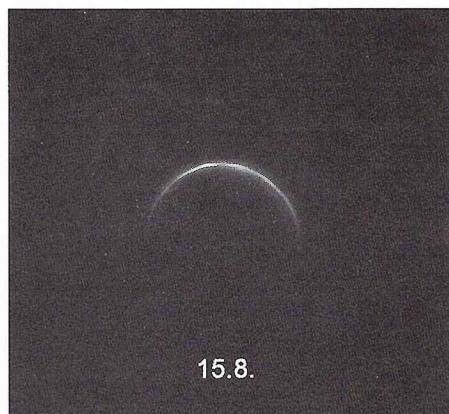
## Venuša v dolnej konjunkcii

Pozorovať či odfotografovať Venušu v okolí maximálnej elongácie je väčšinou bezproblémové. Horšia situácia je však v blízkosti jej konjunkcie so Slnkom. V dolnej konjunkcii má síce veľký uhlový priemer, no zároveň je blízko pri Slnku na presvetlenej oblohe. Tenký kosáčik Venuše je mimoriadne citlivý na neklud vzduchu a tak sa často stane, že aj relatívne pekný a ostrý kosáčik vyzerá ako spletený vrkoč... Pozorovateľovi teda neostáva nič iné len vytrvalosť a čakanie na ten najvhodnejší okamih.

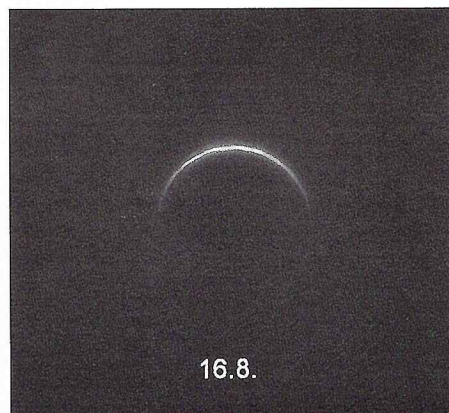
Za obrázkoch je Venuša krátko pred dolnou konjunkciou 14. – 16.8. exponovaná refraktorom 160/2450 s telekonvertorom 2× (výsledná ohnisková vzdialenosť 4900 mm) CCD kamerou SHT, expozíciami 2 ms. Uhlový priemer Venuše bol 58" a je vzdialenosť od Slnka 9, resp. 8° a dobre vidieť ako sa menila jej poloha voči Slnku (sever je hore). **PR**



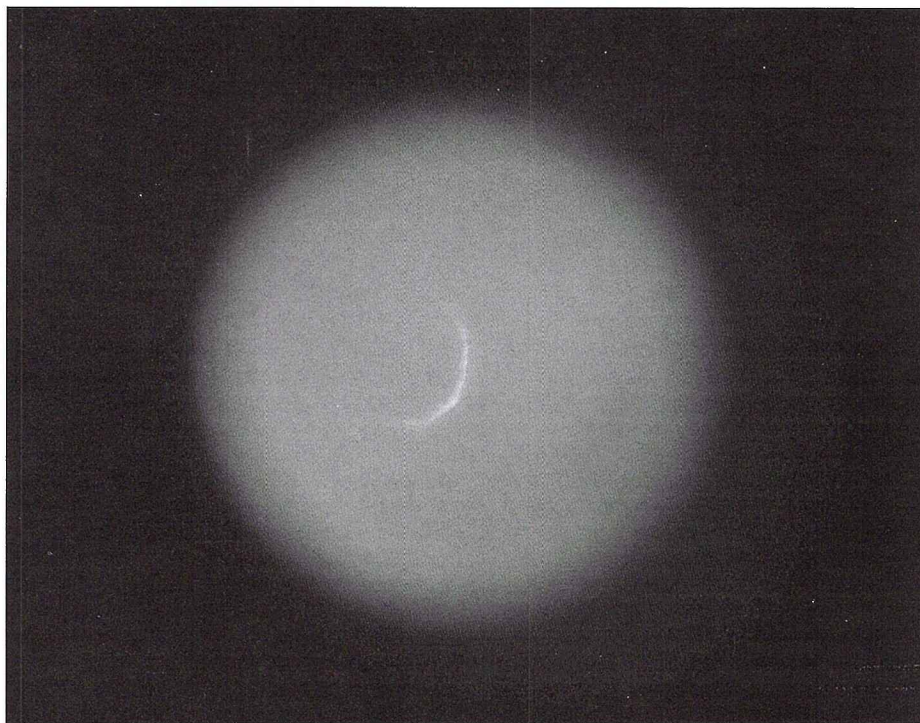
14.8.



15.8.



16.8.

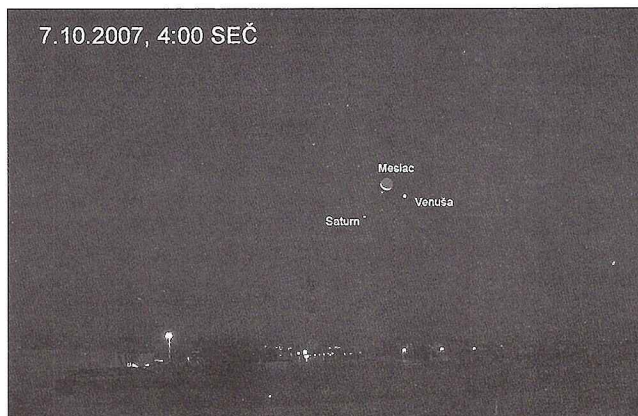


Venuša po dolnej konjunkcii 24. 8. (elongácia 13 stupňov) ako ju odfotografoval M. Znášik zo Žiliny. Fotografované Olympusom C55 za 6 mm okuliárom refraktora Zeiss C110/1300.

## Kométa LINEAR (C/2006 VZ13)



Kométa LINEAR (C/2006 VZ13) pri guľovej hviezdokope M3 (6,2 mag) v Poľovných psoch. Kométa bola oproti predpovedi jasnejšia asi o 2 magnitúdy a tak sa stala terčom mnohých astrofotografov. K dokonalosti jej chýbal už len výraznejší chvost... Exponované 22. 7. 2007 o 21:43 SEČ objektívom Scopos 80/600, CCD kamerou SHT 1,3, 10×10 s. Foto: P. Rapavý



# Obloha v kalendári

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

október –  
– november  
2007

Jedno z najkrajších období v roku, noci sú dlhšie a ešte pomerne príjemné. Obloha bude ráno jednoznačne kralovať Venuša, uvidíme aj Merkúr, zlepšujúce podmienky viditeľnosti má aj Mars a Saturn. K dispozícii bude niekoľko dotyčnicových zákrytov a veľmi dobré obdobie čaká meteorárov. Čo všetko zachytia majitelia fotografickej techniky je už len na nich, ponúkame niekoľko tipov.

**Merkúr** má začiatkom októbra síce dostatočnú uhlovú vzdialenosť od Slnka ( $26^\circ$ ), no keďže má o  $12^\circ$  zápornejšiu deklináciu, sú jeho geometrické podmienky viditeľnosti nepriaznivé, nakoľko zapadá ešte počas občianskeho súmraku. Jeho uhlová vzdialenosť od Slnka sa znižuje a 24. 10. bude v dolnej konjunkcii. Po konjunkcii sa však presunie na rannú oblohu a podmienky jeho viditeľnosti sa budú rýchlo zlepšovať. Už koncom mesiaca bude na začiatku občianskeho súmraku vo výške  $7'$  ako objekt 1 mag. 8. 11. je v najväčšej západnej elongácii ( $19^\circ$ ) a na oblohe bude pekným spestreným rannej oblohy ( $-0,5$  mag). Po elongácii sa jeho uhlová vzdialenosť od Slnka bude pomaličky znižovať a koncom novembra sa začne strácať na presvetlenej oblohe.

12. 10. je v zastávke, začne sa pohybovať späť a o deň neskôr bude v konjunkcii s Mesiacom. Príbliženie oboch telies je však prakticky nepozorovateľné, nakoľko pri západe Slnka sú nad obzorom len  $2''$ ... Vhodnejšia je konjunkcia novembrová (8. 11) aj napriek tomu, že obe telesá budú pred východom Slnka od seba takmer  $7'$ . Nad Mesiacom a vľavo od Merkúra nájdeme aj Spiku z Panny a vyššie nad obzorom aj Venušu a Saturn.

**Venuša** ( $-4,5$  až  $-4,2$  mag) bude skutočnou ozdobou rannej oblohy, má stabilne dobré podmienky viditeľnosti, 28. 10. bude v najväčšej západnej elongácii ( $46,5^\circ$ ). Začiatkom októbra vychádza dve hodiny po polnoci, do konca novembra sa jeho viditeľnosť skrúti len o hodinku. Svoju púť po oblohe začína pri Regulovi a skončí pri Spike.

Jej uhlový priemer sa zmenší z  $34$  na  $18''$  a kosáčik bude postupne dorastať (z  $33$  na  $66\%$ ).

7. 10. bude v mimoriadne fotogenickej konjunkcii s Mesiacom, Saturnom a Regulom a túto príležitosť by sme si nemali nechať ujsť. Konjunkcia so Saturnom nastane až 14. 10. Ďalšia konjunkcia s Mesiacom nastane 5. 11. a tak Mesiac s Venušou uvidíme ráno 5. a 6. 11.

**Mars** ( $-0,1$  až  $-1,3$  mag) v Blížencoch má zlepšujúce sa podmienky viditeľnosti, začiatkom októbra

vychádza v skorých nočných hodinách 3 hodiny pred polnocou, no koncom novembra je už nad obzorom takmer celú noc, nakoľko sa blíži do svojej vianočnej opozície so Slnkom. Keďže príjemne zjasňuje, stane sa na oblohe neprehliadnuteľným objektom. Jeho vzdialenosť od Zeme sa zmenší z  $0,9615$  na  $0,6221$  AU a uhlový priemer vzrastie z  $9$  na  $15''$  a tak pri dostatočnom zväčšení na jeho povrchu budeme môcť pozorovať aj albedové útvary. Na oblohe sa pohybuje v priamom smere až do 15. 11., keď bude v zastávke a začne sa pohybovať späť.

2. 10. bude v konjunkcii ( $3,9'$ ) s Mesiacom pred poslednou štvrtou, ďalšia konjunkcia bude 30. 10. ( $2,4'$ ), no najbližšie s Mesiacom po splne bude 27. 11. Konjunkcia ( $1'$ ) nastáva až po východe Slnka a tak obe telesá uvidíme najbližšie pred jeho východom.

**Jupiter** ( $-2,0$  až  $-1,8$  mag) je v južnej časti Hadonosa a pohybuje sa v priamom smere, jeho viditeľnosť sa zhoršuje, nakoľko sa blíži do konjunkcie so Slnkom (23. 12.). Začiatkom októbra ho nájdeme nad západným obzorom, zapadá krátko po 20. hod. no koncom novembra už zapadá počas nautického súmraku. Nad západným obzorom však upúta svojou jasnosťou a bude prakticky neprehliadnuteľný. Už malým ďalekohľadom uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace a pri dostatočnom zväčšení na jeho sploštenom kotúčku aj systém jeho oblačných pásov. 16. 10. bude v konjunkcii s Mesiacom, no keďže táto nastáva pod obzorom, uvidíme obe telesá najbližšie 15. a 16. 10. po západe Slnka. Ďalšia konjunkcia ( $5,4'$ ) nastane 12. 11. a po západe Slnka bude Jupiter priamo nad Mesiacom.

**Saturn** ( $0,8$  mag) vychádza 2,5 hod po polnoci, no jeho nočná viditeľnosť sa predlžuje a koncom novembra sa nad obzor dostane už hodinu pred polnocou. Nájdeme ho v Levovi ako pokojne svietiaci žltkastý objekt. Ďalekohľad nám ukáže jeho mohutné prstence, ktoré pozorujeme z ich južnej strany. Prstence sa od roku 2004 postupne uzatvárajú a 4.9.2009 budeme prechádzať ich rovinou a teda budú nepozorovateľné. 7. 10. bude v skvelej konjunkcii s Mesiacom, zoskupenie sme opísali pri Venuši. 14. 10. bude najbližšie pri Venuši ( $2,9'$ ). 4. 11. bude v celkom peknej konjunkcii ( $2'$ ) s Mesiacom po poslednej štvrti.

**Urán** ( $5,8$  mag) vo Vodnárovi je

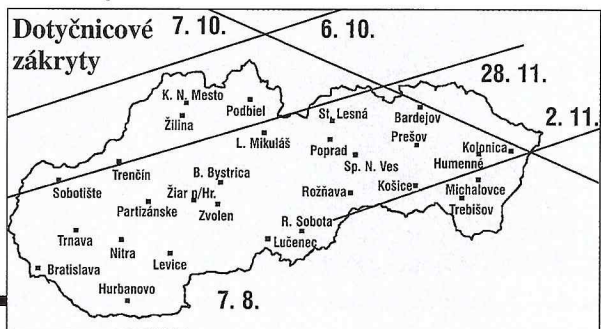
viditeľný začiatkom októbra takmer celú noc okrem rána, koncom novembra bude nad obzorom v prvej polovici noci. Čo sa týka jasnosti mali by sme ho vidieť aj voľným okom, no to určite budeme potrebovať mapku. Ako pokojne svietiaci modrozelený objekt nás však upúta až pri pohľade ďalekohľadom. V tomto období prechádzame rovinou jeho rovníka a tak je možné pozorovať vzácne vzájomné úkazy jeho mesiacov. Jeho najväčšie mesiace sú však slabé ( $\sim 14$  mag) a ich uhlová vzdialenosť od Uránu malá a tak tieto pozorovania sú vhodné len pre väčšie ďalekohľady. 24. 11. bude v zastávke a začne sa pohybovať v priamom smere. 23. 10. bude v konjunkcii ( $1,3'$ ) s Mesiacom pred splnom. Konjunkcia 24. 11. je nevýhodná, nastáva pod obzorom.

**Neptún** ( $7,9$  mag) v Kozorožca na podobné podmienky viditeľnosti ako Urán, je  $26^\circ$  západnejšie. Zapadá hodinu po polnoci, koncom novembra už v prvej polovici noci. 31. 10. je stacionárny a začne sa pohybovať v priamom smere, t. j. smerom na východ. Vzhľadom na veľký rozdiel jasností sú konjunkcie s Mesiacom len málo zaujímavé (21. 10. a 17. 11.).

Dotyčnicovými zákrytmi jasnejšími ako 7 mag je stredná Európa priam popretínaná, pre vášnivých pozorovateľov je k dispozícii 7 úkazov, no za niektorými je však treba vycestovať 100 – 150 km južnejšie. Z územia Slovenska, resp. tesne za hranicami je však možné pozorovať len štyri. Podrobnejšie informácie sú v tabuľke (pre polohu Rimavskej Soboty).

Zaujímavý bude denný zákryt Regula 7. októbra, hranica zákrytu prechádza východným Slovenskom. Pozorovatelia na Kolonici budú necelých 3 km od hranice zákrytu. Jasný zákryt 2. 11. nastáva nízko nad obzorom a tak pri výbere vhodného pozorovacieho miesta veľmi dôležité prihliadnuť na opravu o nadmorskú výšku. Zákryt nastáva na terminátore, no vzhľadom na predpovedaný profil bude tento úkaz veľmi zaujímavý.

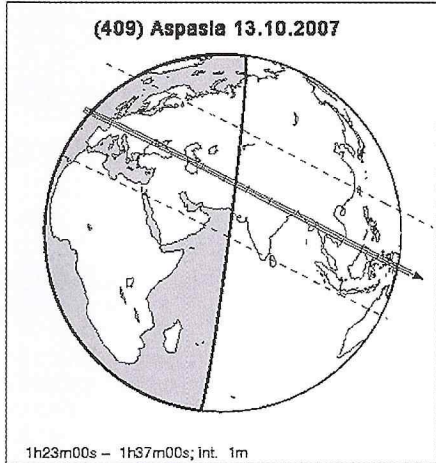
Najjasnejším zákrytom je ZC 1277 28. 11., ktorého hranica prechádza v blízkosti Sobotištia, Trenčína, Kláštoru pod Znievom a Ružomberka. Podrobnejšie informácie o zákrytoch získate na najbližšej hviezdárni.



Dátum	SEČ h m	hviezda	mag	fm	d	h	S	PA	CA
6. 10.	2 5	ZC 1370	6.9	23-	159	15	-35	17	1.0D
7. 10.	6 56	ZC 1487	1.4	14-	133	46	10	33	12.0B
2. 11.	23 57	ZC 1434	5.4	38-	26	4	-55	199	0.2B
28. 11.	22 45	ZC 1277	5.3	75-	92	25	-61	194	1.1D

mag – jasnosť hviezd; fm – fáza Mesiaca v % (-ubúda); d – vzdialenosť hranice zákrytu od R. Soboty v km; h – výška na obzore; S – „výška“ Slnka pod obzorom; PA – pozičný uhol; CA – uhol od rohu Mesiaca

Zákryt Plejád 28. 10. bude zaujímavý len málo, Mesiac je krátko po splne a zakryje svojím južným okrajom len niekoľko hviezd. Ďalší zákryt 24. 11. je ešte nepriaznivejší, Mesiac v splne prechádza Plejádami v čase, keď je u nás pod obzorom...

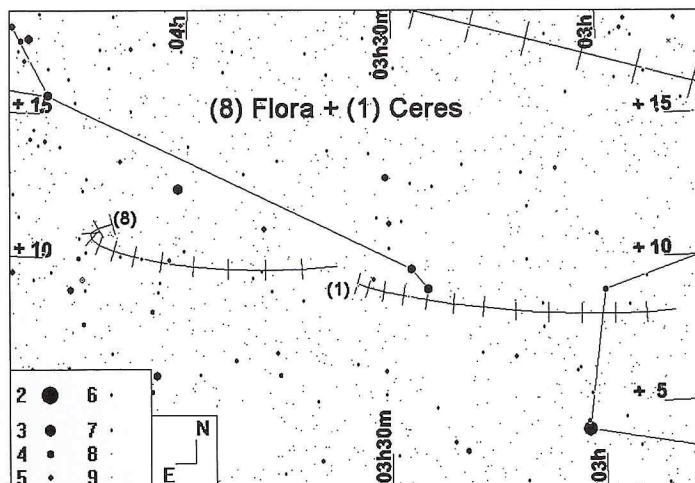


### Asteroidy

Do 11. mag bude v opozícii 13 asteroidov: (10) Hygiea (1. 10.; 10,2 mag), (12) Victoria (5. 10.; 9,4 mag), (13) Egeria (15. 10.; 10,3 mag), (102) Miriam (18. 10.; 11,0 mag), (63) Ausonia (20. 10.; 10,7 mag), (511) Davida (27. 10.; 10,4 mag), (1) Ceres (9.11.; 7,2 mag), (584) Semiramis (14. 11.; 10,6 mag), (29) Amphitrite (15. 11.; 8,8 mag), (198) Ampella (17. 11.; 10,5 mag), (8) Flora (20. 11.; 8,0 mag), (14) Irene (27. 11.; 9,9 mag), (349) Dembowska (30. 11.; 9,6 mag).

Najjasnejším asteroidom stále zostáva (4) Vesta (6,7 mag), jej večerná viditeľnosť sa však kráti. Pohybuje sa v južných deklináciách v súhvezdí Hadonos a Strelec jej jasnosť zoslabne zo 7,6 na 7,9 mag. Priblíži sa k niektorým zaujímavým Messierovským objektom, čo je výborná príležitosť na pekné fotografie. 21. 10. prejde južnou časťou hmloviny M 8 (Lagúna), 31. 10. guľovou hviezdokopou M 28 (6,8 mag) a 6. 11. necelý stupeň pod ďalšiu jasnú (5,1) „guľovku“ M 22.

(63) Ausonia začína svoju dráhu v blízkosti špi-



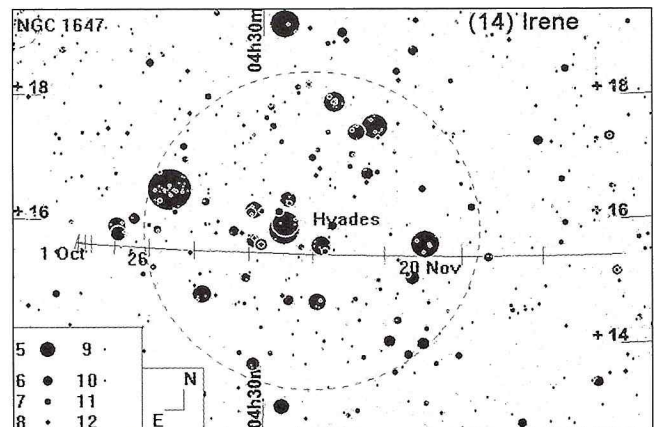
Dátum	UT h m s	i	XZ	mag	CA °	PA °	a s/o	b s/o
1. 10.	21 31 7	R	6606	6.9	+46N	307	37	36
2. 10.	2 33 5	R	6836	6.3	+59N	296	106	-46
2. 10.	23 12 28	R	8747	6.7	+12S	194	-91	315
6. 10.	1 15 18	R	13954	6.8	+23N	355	65	-183
7. 10.	5 42 13	D	15260	1.3	-32N	53	173	329
7. 10.	6 9 16	R	15260	1.3	+9N	12	-31	-351
17. 10.	17 16 6	D	25140	6.1	+22N	22	19	32
20. 10.	16 3 11	D	29252	4.9	+75S	87	96	57
20. 10.	18 42 39	D	29312	6.8	+29N	11	16	76
22. 10.	19 6 32	D	31061	3.7	+59S	98	129	0
22. 10.	19 57 0	R	31061	3.7	-30S	187	13	107
22. 10.	20 27 21	D	31089	6.3	+59S	98	125	-50
27. 10.	23 8 47	D	4813	5.4	-23S	135	162	-167
27. 10.	23 39 49	R	4813	5.4	+28S	186	14	295
27. 10.	23 10 24	D	4831	4.4	-63S	95	98	12
28. 10.	0 16 15	R	4831	4.4	+69S	227	76	91
28. 10.	0 16 27	R	4829	5.6	+28N	309	129	-160
27. 10.	23 41 17	D	4854	4.0	-21S	137	160	-213
28. 10.	0 11 23	R	4854	4.0	+28S	186	28	309
28. 10.	0 41 6	R	4857	5.8	+77S	235	82	61
28. 10.	0 42 15	R	4863	6.5	+69S	227	79	81
28. 10.	1 2 29	R	4889	6.7	+53S	211	74	131
28. 10.	1 49 49	R	4928	6.8	+40N	298	85	-130
28. 10.	3 21 21	R	5017	6.9	+32N	306	41	-167
28. 10.	3 44 6	R	5035	6.8	+39N	299	36	-141
29. 10.	4 20 20	R	6393	6.8	+78N	271	57	-72
29. 10.	21 3 34	D	7791	4.5	-75N	71	8	103
29. 10.	22 2 53	R	7791	4.5	+80N	276	44	69
30. 10.	1 40 17	R	8068	6.1	+73S	250	95	65
30. 10.	22 32 26	R	10181	6.1	+38S	222	-5	187
31. 10.	4 7 46	R	10559	7.0	+42S	228	148	138
31. 10.	21 37 39	R	11913	6.7	+53N	318	22	8
31. 10.	23 20 23	R	12013	6.9	+57S	248	16	134
17. 11.	20 42 8	D	30008	5.9	+3N	344	-102	314
20. 11.	21 5 26	D	266	7.0	+68N	46	56	28
22. 11.	22 21 36	D	2963	6.4	+68S	101	98	-80
26. 11.	3 53 57	R	7174	6.5	+25N	322	0	-168
26. 11.	21 23 58	R	9141	6.5	+85N	272	54	69
28. 11.	0 8 32	R	11441	6.3	+86S	273	88	40
28. 11.	0 38 46	R	11473	6.0	+69S	256	99	75
28. 11.	2 51 27	R	11601	6.8	+24N	344	27	-216
28. 11.	19 54 3	R	12800	7.0	+49N	324	16	-4
29. 11.	2 19 33	R	13140	6.5	+74S	268	111	22
29. 11.	2 22 22	R	13142	6.5	+68S	262	117	38
29. 11.	3 24 15	R	13205	7.0	+90N	284	95	-46

Predpovede sú pre polohu  $\lambda_0 = 20^\circ E$  a  $\phi_0 = 48,5^\circ N$  s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu  $\lambda, \phi$  sa čas počíta zo vzťahu  $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\phi - \phi_0)$ , kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

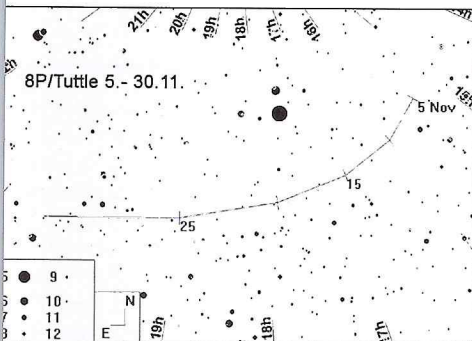
Dátum	UT	asteroid	hviezda	mag	trv	pokles
7. 10.	17,3	(336) Lacadiera	TYC 1198-00291	9,4	6,9	3,4
13. 10.	1,5	(409) Aspasia	TYC 1349-01375	10,6	10,8	2,2
13. 10.	21,6	(301) Bavaria	TYC 0664-00942	10,2	7,3	4,4
22. 10.	20,4	(239) Adrastea	TYC 5804-00013	10,6	12,4	3,8
12. 11.	19,0	(40) Harmonia	TYC 6355-01269	10,8	5,2	1,1
23. 11.	21,2	(201) Penelope	TYC 1328-01870	10,7	8,5	2,1
23. 11.	23,7	(329) Svea	TYC 4753-01273	10,6	7,3	2,9

rálovej galaxie NGC 772 (11,1 mag), čo by mohlo inšpirovať majiteľov vhodnej záznamovej techniky. (14) Irene bude prechádzať južnou časťou Hyád,

28. 10. bude necelý stupeň pod Aldebaranom, 7. 11. 23' pod  $\theta^2$  Tau (3,4 mag) a 17. 11. 12' južne od  $\gamma$  Tau (3,6 mag).







(11. – 14. SEČ), a tak je vhodné pozorovať noc pred a po, Mesiac rušiť nebude.

Orionidy, v minulosti veľmi populárny roj. Štruktúra radiantu je zložitá, roj má niekoľko podružných maxím. Pozorovanie bude čiastočne rušiť Mesiac medzi poslednou štvrtou a splnom. Pri pozorovaní Orioníd je pomerne ťažké rozlíšiť meteory tohto roja od menej aktívnych  $\epsilon$  Geminíd.

Dobré pozorovacie podmienky sú aj počas maxím južných a severných Tauríd, tieto roje prekvapujú jasnými meteorami, a tak aj pri nízkej frekvencii sú zážitkom.

Pri Leonidách bude zvečera rušiť Mesiac po poslednej štvrti, no pri dostatočnej výške radiantu po poľnoci už zapadne a tak pozorovaniu nebude vadíť.

Pavol Rapavý



Kompozitný obrázok maxima Aurigid.

Foto: D. Harvey, Tucson, Arizona, USA

oblohe sa priblíži k niektorým zaujímavým objektom, no k nejakému tesnejšiemu priblíženiu nepríde. Vzdialenosť jasnejších objektov bude aj niekoľko stupňov, no pokiaľ bude kométa dostatočne jasná, je tu šanca na exponovanie kratšími ohniskami.

8P/Tuttle je cirkumpolárna, bude sa pohybovať v okolí severného svetového pólu. Maximum jasnosti dosiahne až začiatkom januára a vtedy by mohla byť za dobrých pozorovacích podmienok viditeľná aj voľným okom, nakoľko bude jasnejšia ako 6 mag. Perihéliom prejde 27. 1.

46P/Wirtanen v novembri bude jasnejšia ako 12 mag, no jej deklinácia je záporná a bude len nízko nad obzorom.

## Meteory

V prvý septembrový deň sa takmer presne splnila skvelá predpoveď P. Jenniskensa (SETI) a jeho kolegov o vysokej aktivite  $\alpha$  Aurigid. Frekvencia, prevažne jasných, meteorov dosiahla ZHR 130. Maximum nastalo krátko pred 12:30 a tak v tomto prípade boli pozorovania len spoza Atlantiku.

Pre meteorárov u nás skvelé obdobie, jednoznačne jedno z najlepších v roku, veď v činnosti je niekoľko stabilných rojov.

U Drakoníd sa vyššia frekvencia neočakáva, maximum je predpovedané 9. 10. počas dňa

## Meteorické roje (október – november 2007)

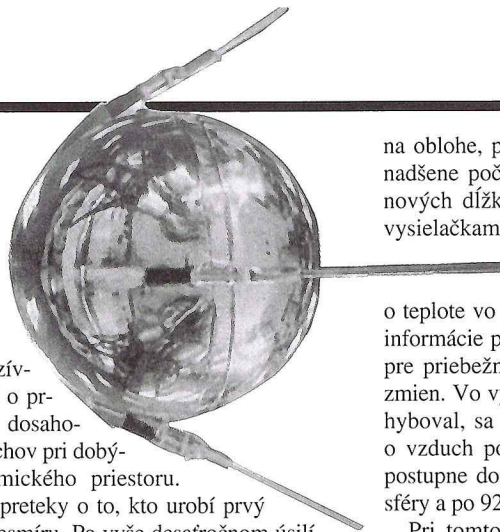
Roj	Aktivita	Max.	Radiant		Pohyb rad.		V. km/s	ZHR	Zdroj
			RA	D	RA	D			
SPR	5. 9.–10. 10.	8. 9.	04:00	+47	1	+0,1	64	6	ALPO
DAU	18. 9.–10. 10.	4. 10.	04:00	+47	1,0	+0,1	64	2	IMO
OAR	1. 10.–31. 10.	8. 10.	02:08	+08	0,9	+0,3	28	5	ALPO
GIA	6. 10.–10. 10.	9. 10.	17:28	+5			20	VAR	IMO
EGE	14. 10.–27. 10.	18. 10.	06:48	+27	1	+0,1	71	2	IMO
ORI	2. 10.– 7. 11.	21. 10.	06:20	+16	0,7	+0,1	66	23	IMO
LMI	19. 10.–27. 10.	24. 10.	10:48	+37	1	-0,4	62	2	DMS
STA	1. 11.–25. 11.	5. 11.	03:28	+13	0,8	+0,2	27	5	IMO
DER	6. 11.–29. 11.	10. 11.	03:52	-09	0,9	+0,2	31	2	DMS
NTA	1. 11.–25. 11.	12. 11.	03:52	+22	0,8	+0,1	29	5	IMO
LEO	10. 11.–23. 11.	18. 11.	10:12	+22	0,7	-0,4	71	15+	IMO
AMO	15. 11.–25. 11.	22. 11.	07:20	+03	0,8	-0,2	65	VAR	IMO
MON	27. 11.–17. 12.	9. 12.	06:40	+08	0,8	+0,2	42	2	IMO

SPR – septembrové Perzeidy, DAU –  $\delta$  Aurigidy, OAR – októbrové Arietidy, GIA – Drakonidy, EGE –  $\epsilon$  Geminidy, ORI – Orionidy, LMI – Leo Minoridy, STA – južné Tauridy, DER –  $\delta$  Eridanidy, NTA – severné Tauridy, LEO – Leonidy, AMO –  $\alpha$  Monocerotidy, MON – Monocerotidy

## Kalendár úkazov a výročí (október – november)

1. 10.	asteroid (10) Hygiea v opozícii (10,2 mag)	20. 10.	asteroid (63) Ausonia v opozícii (10,7 mag)	10. 11.	0,1 Mesiac v nove
2. 10. 20,1	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,9° južne)	21. 10. 5,8	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 1,6° severne)	11. 11.	435. výročie objavenia supernovy SN 1572 (T. Brahe)
4. 10.	50. výročie (1957) prvej umelej družice Zeme Sputnik 1	21. 10.	maximum meteorického roja Orionidy (ZHR 23)	12. 11. 20,0	zákrýť hviezdy TYC 6355-01269 (10,8 mag) asteroidom (40) Harmonia
4. 10.	maximum meteorického roja $\delta$ Aurigidy (ZHR 2)	21. 10.	110. výročie (1897) založenia observatória Yerkes	12. 11.	maximum meteorického roja severné Tauridy (ZHR 5)
4. 10.	začiatok Svetového kozmického týždňa	22. 10. 15,9	Merkúr v prízemí (0,66708 AU)	12. 11. 22,9	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 5,4° severne)
4. 10.	30. výročie (1977) otvorenia prvej účelovej budovy hviezdárne na Slovensku v Rim. Sobote	22. 10. 21,4	zákrýť hviezdy TYC 5804-00013 (10,6 mag) asteroidom (239) Adrastea	14. 11.	asteroid (584) Semiramis v opozícii (10,6 mag)
3. 10. 11,1	Mesiac v poslednej štvrti	23. 10. 3,5	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 1,3° južne)	15. 11. 17,2	Mars v zastávke, začína sa pohybovať späťne
5. 10.	asteroid (12) Victoria v opozícii (9,4 mag)	24. 10. 0,9	Merkúr v dolnej konjunkcii	15. 11.	asteroid (29) Amphitrite v opozícii (8,8 mag)
7. 10. 5,1	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 2,8° južne)	25. 10.	130. výročie (1877) narodenia H. N. Russela	17. 11. 12,1	Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 1,8° severne), mimo nášho územia zákrýť
7. 10. 6,9	denný zákrýť Regula Mesiacom	26. 10. 5,9	Mesiac v splne	17. 11.	100. výročie (1907) narodenia Š. Kochana
7. 10. 16,6	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 2,0° severne)	26. 10. 12,9	Mesiac v prízemí (356 736 km)	17. 11.	asteroid (198) Ampella v opozícii (10,5 mag)
9. 10.	15. výročie (1992) pádu meteoritu Peekskill	27. 10.	asteroid (511) Davida v opozícii (10,4 mag)	17. 11. 23,5	Mesiac v prvej štvrti
9. 10.	maximum meteorického roja Drakonidy (ZHR var)	28. 10. 16,3	Venuša v najväčšej západnej elongácii (46,5°)	18. 11.	110. výročie (1897) narodenia P. Blacketta
11. 10. 6,0	Mesiac v nove	30. 10. 19,2	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 2,4° južne)	18. 11.	maximum meteorického roja Leonidy (ZHR 15+)
11. 10.	100. výročie (1907) narodenia V. P. Cesevica	31. 10. 19,6	Merkúr v prízemí (0,30749 AU)	18. 11.	330. výročie (1677) narodenia J. Cassinija
12. 10. 8,0	Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať späťne	31. 10. 20,6	Neptún v zastávke, začína sa pohybovať priamo	19. 11. 10,1	Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 1° južne)
13. 10. 1,1	Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 1,6° severne)	1. 11. 22,3	Mesiac v poslednej štvrti	20. 11.	asteroid (8) Flora v opozícii (8,0 mag)
13. 10. 2,5	zákrýť hviezdy TYC 1349-01375 (10,6 mag) asteroidom (409) Aspasia	2. 11.	90. výročie (1917) „prvého svetla“ 254 cm ďalekohľadu na Mt. Wilson	22. 11.	maximum meteorického roja $\alpha$ Monocerotidy (ZHR var)
13. 10. 10,7	Mesiac v odzemi (406 477 km)	3. 11.	50. výročie (1957) Sputnika 2 (Lajka)	23. 11. 22,2	zákrýť hviezdy TYC 1328-01870 (10,7 mag) asteroidom (201) Penelope
13. 10. 22,6	zákrýť hviezdy TYC 0664-00942 (10,2 mag) asteroidom (301) Bavaria	4. 11. 1,2	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 2° severne)	24. 11. 0,7	zákrýť hviezdy TYC 4753-01273 (10,6 mag) asteroidom (329) Svea
14. 10. 5,4	Venuša v konjunkcii so Saturnom (Venuša 2,9° južne)	5. 11.	100. výročie (1907) narodenia A. J. Kipperera	24. 11. 1,2	Mesiac v prízemí (357 179 km)
15. 10.	10. výročie (1997) štartu sondy Cassini	5. 11.	maximum meteorického roja južné Tauridy (ZHR 5)	24. 11. 15,5	Mesiac v splne
15. 10.	asteroid (13) Egeria v opozícii (10,3 mag)	5. 11. 18,2	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 3,5° severne)	24. 11. 19,0	Urán v zastávke, začína sa pohybovať priamo
16. 10. 4,9	Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 5,7° severne)	6. 11.	290. výročie (1717) narodenia J. d' Alemberta	27. 11. 7,9	Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 1° južne)
18. 10.	100. výročie (1907) narodenia J. K. Charadzeho	6. 11.	70. výročie (1937) narodenia M. Rybanského	27. 11.	asteroid (14) Irene v opozícii (9,9 mag)
18. 10.	maximum meteorického roja $\epsilon$ Geminidy (ZHR 2)	7. 11.	40. výročie (1967) Surveyoru 6	30. 11. 5,7	Venuša v prízemí (0,71843 AU)
18. 10.	30. výročie (1977) objavy Chirona (Ch. Kowal)	8. 11. 4,6	Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 6,6° severne)	30. 11.	asteroid (349) Dembowska v opozícii (9,6 mag)
18. 10.	40. výročie (1967) pristátia sondy Venera 4	8. 11. 21,9	Merkúr v najväčšej západnej elongácii (19°)	1. 12. 13,0	Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 3° severne)
18. 10.	asteroid (102) Miriam v opozícii (11,0 mag)	9. 11. 13,7	Mesiac v odzemi (406 651 km)		Mesiac v poslednej štvrti
19. 10. 9,6	Mesiac v prvej štvrti	9. 11.	40. výročie (1967) prvého štartu rakety Saturn V (Apollo 4)	5. 12. 19,9	Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 7° severne)
19. 10.	40. výročie (1967) štartu Marineru 5	9. 11.	asteroid (1) Ceres v opozícii (7,2 mag)		

# Kozmická éra sa začala pred 50 rokmi Sputnikom 1



V tomto roku uplynie 50 rokov odvtedy, čo sa z vesmíru ozvali signály prvého umelého telesa, ktoré zostrojil človek a vyslal ho na obežnú dráhu okolo Zeme. Až päť desaťročí nás delí od významného dátumu – **4. október 1957**, kedy sa vypustením prvej umelej družice Zeme – **Sputnik 1** v bývalom Sovietskom zväze začala písať kozmická éra a ľudia si museli zvykať na dovtedy málo používané slová a pojmy – umelá družica, kozmická sonda, nosná raketa, vesmírny let, kozmická rýchlosť, obežná doba, obežná dráha. Cesta k tomuto úspechu však nebola ľahká a jednoduchá.

Prvé vážne, zodpovedné a vedecky podložené predpoklady vyslovil až na začiatku 20. storočia ruský vedec a vynálezca, ktorý pôsobil ako vidiecky učiteľ matematiky a fyziky v Kaluge a neskôr sa stal profesorom leteckej akadémie – **Konstantin Eduardovič Ciolkovskij (1857 až 1935)**. V roku 1903 uverejnil svoju vedeckú prácu pod názvom *Výskum kozmických priestorov reaktívnymi prístrojmi*, v ktorej ako prvý navrhol a rozpracoval myšlienku využívania reaktívnych motorov na pohon prístrojov pre lety do vesmíru. Odvodil zákon pohybu rakety v priestore, skúmal účinok odporu vzduchu na let rakety a venoval sa i problematike raketového paliva. Svojou priekopníckou prácou, ktorú v ďalších rokoch dopĺňal a rozširoval, dokázal, že existuje skutočne reálna možnosť na lety do ďalekých vesmírnych priestorov.

Ciolkovskij však o niekoľko desaťrokov predbehol dobu. Svet sa vtedy, a ešte dlho potom, zmielal v rôznych politických a hospodárskych krízach, revolúciách, svetových vojnách a stále riešil dôležitejšie, mnohokrát existenčné otázky, preto jeho pokrokové myšlienky a poznatky zostali dlhú dobu nepovšimnuté a nevyužitú.

K ideám realizácie kozmických letov sa ľudstvo vrátilo až koncom štyridsiatych a začiatkom päťdesiatych rokov 20. storočia. V tejto dobe bolo už možné okrem teoretických vedomostí využívať i chabé praktické skúsenosti z balistických letov nemeckých rakiet z 2. svetovej vojny – V1 a V2, ktorých konštruktérom bol nemecký a neskôr americký vedec a vedúca osobnosť amerického Národného úradu pre letectvo a kozmonautiku (NASA) **Wernher von Braun (1912 až 1977)**. Sovietsku vedeckú skupinu, podieľajúcu sa na príprave vesmírneho programu, viedol hlavný konštruktér prvých sovietskych rakiet akademik **Sergej Pavlovič Korolov (1906 až 1966)**. Tieto významné osobnosti tvorili základ a odrazový mostík vo vývoji kozmonautiky pre dve svetové veľmoci – bývalý Sovietsky zväz a Spojené štáty americké, ktoré začali medzi se-

bou intenzívne súperiť o prvenstvo v dosahovaní úspechov pri dobývaní kozmického priestoru. Začali sa preteky o to, kto urobí prvý krok do vesmíru. Po vyše desaťročnom úsilí, ktoré predstavovalo na oboch stranách množstvo mravčej práce a nespočetne veľa pokusov vo vývoji raketových motorov, nosných rakiet a konštrukcie samotných umelých družíc, vyhral tieto preteky vtedajší Sovietsky zväz.

Prvá umelá družica Zeme **Sputnik 1** bola vypustená symbolicky v roku 100. výročia narodenia K. E. Ciolkovského. Je treba uznať, že to bol obrovský úspech v tej dobe ešte nedávnou vojnovou zničenou a zdevastovanou krajinou, ktorý šokoval nielen samotných Američanov, ale doslova celý svet. Staršia generácia našej populácie sa



Sputnik 1 fotografoval na Skalnatom Plese Závěš Bochníček.

určite dobre pamätá na vzrušenie, ktoré v tom období zavládlo i v našej republike. Boli toho plné noviny, rozhlas, televízia a všade sa o tejto udalosti vášnivo diskutovalo.

Družica mala tvar gule s priemerom 58 cm a hmotnosťou 83,6 kg. Po stranách mala štyri prútové antény dlhé 240 a 260 cm. Plášť družice, pod ktorým boli umiestnené dva vysielacie, zdroje energie a zariadenie na udržiavanie stálej vnútornej teploty, bol vyrobený z hliníkových zliatin. **Sputnik 1** bolo prvé umelé teleso, ktoré dosiahlo prvú kozmickú rýchlosť 7,9 km/s a dostalo sa na určitú dobu na obežnú dráhu okolo Zeme. Družica sa pohybovala po dráhe vo výške 227 až 947 km s priemernou obežnou dobou 96,17 minút a za 92 dní svojej existencie uskutočnila vyše 1400 obehov a prvých 21 dní vysielala aj signály.

Už na druhý deň po vypustení zaznamenali všetky observatória novú, pohybujúcu sa objekt

na oblohe, podobný jasnej hviezde a celý svet nadšene počúval rádiové signály, ktoré na vlnových dĺžkach 7,5 a 15 m vysielané dvoma vysielачkami prinášali prvé priame informácie z kozmického priestoru. Zachytené údaje sprostredkovávali poznatky o teplote vo vnútri družice a slúžili i ako cenné informácie pre presnejší výpočet dráhy a najmä pre priebežné zaznamenávanie jej postupných zmien. Vo výškach, v ktorých sa **Sputnik 1** pohyboval, sa totiž jeho dráha v dôsledku trenia o vzduch pomerne rýchlo menila. Družica sa postupne dostávala do hustejších vrstiev atmosféry a po 92 dňoch úspešnej misie zanikla.

Pri tomto významnom výročí treba taktiež spomenúť, že v rovnakom období, dokonca i o niečo skôr, mali pripravenú umelú družicu aj Američania. Nazývala sa **Vanguard 1**, no zaznamenali s ňou niekoľko neúspešných štartov, nepodarilo sa im ju dostať na obežnú dráhu, a tak prišli o prvenstvo. Bolo to však oveľa menšie teleso ako Sputnik 1. Bola to akási minidružica guľového tvaru s priemerom 16,2 cm a hmotnosťou 1,5 kg, ktorej dali prezývku „grapefruitová družica“. Rusi, keď sa dozvedeli o jej parametroch, konštatovali s humorom, že Američania chceli vypustiť do vesmíru pomaranč.

Keďže program Vanguard stroskotal na nespoľahlivých nosných raketách, za prvú úspešne vypustenú americkú družicu sa považuje **Explorer 1**, ktorá odštartovala **1. februára 1958**. Mala valcovitý tvar s priemerom 15,2 cm, dĺžkou 200,6 cm a hmotnosťou 14 kg. Lietala po obežnej dráhe vo výške 360 – 2549 km s priemernou obežnou dobou 114,7 minút a jej prístroje spoľahlivo pracovali 112 dní. Poslaním družice bolo meranie kozmického žiarenia.

V dnešnej dobe sme si už na kozmický výskum zvykli, zovšednel nám a máločo nás prekvapí. Vo vesmíre lietajú tisíce družíc a kozmických sond s rôznym zameraním, na obežných dráhach boli stovky kozmonautov a astronautov, dvanaásť pozemšťanov kráčalo po mesačnom povrchu, bežnými sa stali obrovské kozmické laboratória, nestále sa zdokonaľujú nosné rakety a raketoplány, niekoľko miliónárov využilo možnosť povozit' sa za tučnú sumu peňazí na obežnej dráhe okolo Zeme a existuje dokonca projekt na vytvorenie malého raketoplánu pre dvoch cestujúcich, ktorý by slúžil výlučne na komerčné účely, pričom krátky výlet do výšky 100 kilometrov by stál cca 100 000 USD.

Kozmické lety a výskum vesmíru sa stali pre nás úplnou samozrejmosťou a nevyhnutnou potrebou pri získavaní stále nových vedeckých poznatkov a pri zabezpečovaní technických možností potrebných pre náš bežný život na Zemi. **Treba si však uvedomiť, že toto všetko je možné len vďaka prvému kroku, ktorý bol urobený pred 50 rokmi vypustením prvej umelej družice Zeme – S p u t n i k 1.**

Mgr. PETER POLIAK





Ebicykl 2007: Divišovické radary v Sedlci.

## XXIV. Ebicykl 2007: Kúzelníkov klenot

44 nadšencov astronómie z Českej a Slovenskej republiky na čele s „poľným hejtnanom“ RNDr. J. Grygarom sa spolu stretli v dňoch od 22. 7. – 28. 7. 2007 aby prešli na bicykli krajinou prevažne južných Čiech a navštívili amatérov aj profesionálov z oblasti astronómie.

Na 24. ročník Ebicyklu ([www.ebicykl.cz](http://www.ebicykl.cz)) sme nastúpili v sobotu večer na hviezdárni v Žebráku (medzi Prahou a Plzňou). Nedelňa etapa viedla cez hviezdáreň v Rokycanoch cez Plzeň. Záver patril Spálenému Poříčí, kde sme navštívili dve súkromné hviezdárne. Jednu dokonca s netypickým ihlanovitým otváraním kopuly (J. Mucha). Nasledujúci deň viedla etapa cez Strakonice, kde je postavená časť kópie anglického Stonehengu a betónový odliatok sochy Moai z Velkonočného ostrova. Deň sme zakončili na súkromnej hviezdárni L. Friedbergera v Husinci. Ďalšie kilometre viedli na profesionálnu hviezdáreň na Kletí, ktorá je tu v prevádzke od r. 1958. História, ale najmä súčasnosť nás sprevádzali J. Tichá a M. Tichý, po ktorých je pomenovaná aj nimi objavená kométa P/2000 U6 z r. 2000. Výstup na Klet' (1083 m n.m.) preverilo nielen kondíciu ebicyklistov, ale aj samotné bicykle.

Ďalší deň viedol popri třeboňských rybníčkoch cez Kunžak na hviezdáreň v Jindřichovom Hradci. V Kunžaku sme navštívili hviezdáreň p. Schmieda, ktorý zakresľuje Slnko od r. 1948. Sú to najdlhšie zakresľovania bez prerušenia až dodnes v Čechách tým istým prístrojom a tým istým človekom. Nad Kunžakom sme sa zastavili aj na hviezdárni P. Spurného, ktorý nám predstavil svetový unikát – automatickú „sondu“ na sledovanie svetelných stôp preletu meteorov. Na základe spracovania z viacerých takýchto pozorovaní sa pri ideálnych podmienkach dá určiť dopad na povrch Zeme s presnosťou 50 m!

Na 5. etape z Jindřichova Hradce na hviezdáreň v Sezimovom Ústí sme sa zastavili u p. L. Hejnu vo Veselí nad Lužnicí, ktorý nám okrem pohostenia ukázal aj svoju pozorovateľňu s ďalekohľadom

v záhrade. Ďalší deň sme neobišli ani hviezdáreň v centre Tábora, ktorú vedie B. Vonšovský. Pospomínal nám rozkvet a súčasné útrapy, ktoré s hviezdárňou prežíva. Mestské podmienky pozorovania sa za posledné roky výrazne zhoršili – hlavne mestský prach zle pôsobí na techniku a ďalekohľady. Veľmi zaujímavá a pútavá bola prehliadka v Radiokomunikačnom družicovom stredisku v Sedlci („Divišovické radary“), ktoré zabezpečujú medzinárodné dátové aj hlasové hovory medzi kontinentami. Ten deň sme ešte navštívili hviezdáreň v Sedlčanoch na Cihelnom vrchu, kde nám svoj čas venoval F. Lomoz. Do večera sme dorazili na hviezdáreň vo Vlašime, kde bol cieľ tejto predposlednej etapy.

Posledná etapa viedla cez Pelhřimov. Na miestnom cintoríne sme si spomienkami uctili pamiatku nášho zosnulého bývalého ebicyklistu – tvorcu itinerárov – V. Slavíka. Tohtoročný Ebicykel sme zakončili v Jihlavě. Boli sme na návšteve v Bráňe Matky Boží (vstupná bašta opevnenia), kde sídli Jihlavská astronomická spoločnosť.

Všade sme sa stretli s veľmi priateľským privítaním. Bolo možné sledovať veľkú vynaliezavosť a zápal, hlavne u súkromných hviezdárňach. Hľadajú a riešia podobné problémy, ale každý podľa vlastných skúseností a možností. Niektoré riešenia výstavby kopule, pohonu a práce s ďalekohľadom sú tak rozmanité, že každú takúto návštevu považujem za unikátnu – nikde sa neopakujúcu.

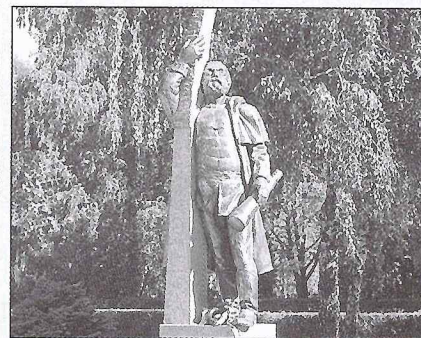
Celkovo sme prešli viac ako 600km a navštívili sme spolu 17 významných astronomických miest. Boli sme okúzení krajinou a množstvom historických a kultúrnych pamiatok v tomto kraji.

24. ročník Ebicyklu sa skončil. A plány do budúcnosti? 26 – 28. októbra 2007 sa stretne na REJi vo Valšskom Meziříčí, kde budeme hovoriť aj o prípravách na jubilejný 25. ročník, ktorý sa pôjde po východnom Slovensku.

Ak by mal niekto zaujímavý typ, dajte mi vedieť na e-mail: [mateno@post.sk](mailto:mateno@post.sk). **Alexander Pravda**

## Konkolyho socha v Hurbanove

Myšlienka Konkolyho spoločnosti a Slovenskej ústrednej hviezdárne v Hurbanove, postaví sochu jej zakladateľa Mikuláša Konkolyho Thege v historickom parku hviezdárne, ktorú ročne navštívia tisíce návštevníkov, sa po päťnástich rokoch naplnila (aj keď nie doslova, pretože sa nachádza v centre mesta, na Konkolyho námestí).



Mikuláš Konkoly Thege (1842 – 1916) – socha zakladateľa hviezdárne v Hurbanove.

Konkolyho bronzová socha, ktorej autorom je akademický sochár Nagy János, vznikla vďaka finančnej podpore Vlády SR, Ministerstva kultúry SR a Mestského úradu v Hurbanove. Odhalili ju pri príležitosti 650. výročia prvej zmienky o Hurbanove (predtým Ó Gyalla, Stará Ďala), v rámci Hurbanovských kultúrnych slávností.

Slávnostný ceremoniál sa uskutočnil 29. júna 2007 za účasti predstaviteľov Vlády SR, zástupcov zahraničných zastupiteľstiev na Slovensku, kultúrnych a spoločenských organizácií, priamej vetvy Konkolyho rodiny (z Maďarska a Nórska), predstaviteľov mesta, pracovníkov hurbanovských observatórií ako aj bohatej účasti širokej verejnosti.

Postavením Konkolyho sochy vyjadrili súčasníci svoju úctu jednému z prvých priekopníkov astrofyziky v Európe a najvýznamnejších občanov mesta, ktorý ho preslávil ďaleko za jeho hranicami na celom svete. (ld)



Účastníci slávnostného odhalenia Konkolyho sochy v Hurbanove.

Predám časopisy Sky&Telescope, 2002 – 2006 a Kozmos, 2003 – 2006. Nepoškodené výtlačky, zlomok pôvodnej ceny. Pridám The Planetary Reports zdarma. Tel. 0903 559463, [gemini@post.mbc.sk](mailto:gemini@post.mbc.sk) a [gemini@post.mbc.sk](mailto:gemini@post.mbc.sk).

## Letný astronomický tábor

Hvezdáreň v Michalovciach pravidelne počas letných prázdnin organizuje detský tábor so zameraním na astronómiu. Nebolo to ináč ani počas týchto prázdnin. Vzhľadom na fázu Mesiaca sme vybrali termín od 15. do 21. júla, keď bola naša prirodzená družica mladučká a tenučká, skoro zapadla a nerušila oblohu svojím jasom. Za miesto tábora sme určili Školu v prírode v Inovciach, nakoľko naše doterajšie táborisko v Rokytove pri Humennom bolo zrušené. Do tábora sa prihlásilo 13 detí, z toho väčšina skalných mladých astronómov, ktorí chodievajú do krúžku.

Keďže náš vybraný týždeň bol príšerne horúci, museli sme prispôbiť program tak, aby počas dňa bola činnosť vo vnútri a až navečer sme sa presúvali na ihrisko. V dopoludňajších hodinách mali deti prednášky o ďalekohľadoch, o telesách Slnečnej sústavy i vzdialených objektoch vesmíru. Sedeli nad hviezdnyimi mapami a zoznamovali sa so súhvezdiami, aby ich večer na skutočnej oblohe vedeli ľahšie nájsť. Program spestrili rôzne súťaže športového i vedomostného charakteru. Od začiatku boli deti rozdelené do dvoch družstiev a to dievčenské a chlapčenské. Jednotlivé úlohy súviseli so zvieratkovými súhvezdiami, ktoré sme vybrali preto, že práve tieto pozná každý, lebo sa rovnajú astrologickým znameniam. V športových úlohách si deti vyskúšali svoju silu, vytrvalosť, rýchlosť a taktiku, vo vedomostných museli zaloviť vo svojich znalostiach. Súperenie bolo zaujímavé, lebo raz vyhrávali chlapci, raz dievčatá, výsledky sa denne kumulovali a konečné rozhodnutie padlo až na záver. Celé súperenie skončilo remízou 17:17, takže nebolo ani víťazov, ani porazených.

Najľákavejšie a najzaujímavejšie ale bolo vlastné nočné pozorovanie. Obloha na takom odľahlom mieste býva nádherná. Nebola síce stopercentná, lebo areál školy v prírode je umiestnený priamo v dedine a pouličné svetlo trochu ruší južný obzor. Keďže daný priestor je blízko schengenskej hranice, nebola možná ani dohoda so starostom obce o zhasnutí pouličných lúčok, tie tam musia svietiť celú noc. Mesiac, Venuša a Jupiter zažiarili večer prví. Deti sa mohli na vlastné oči presvedčiť, že Venušu vidia v ďalekohľade ako kosáčik, vedľa Jupitera uvideli jeho štyri žiarivé mesiace a na Mesiaci pozorovali krátery. Neskôr postupne obloha tmavla, objavili sa jednotlivé súhvezdia a deti sa ich snažili spoznávať. Potom postriebil oblohu pás Mliečnej cesty, ktorú v mestských podmienkach vidno len ťažko, tu žiarila nádherné. Sem-tam prefal oblohu sporadický meteor, čo bolo tiež pre mnohých nevšedným zážitkom. Podľa predlohy získanej z internetu sme pozorovali prelety družíc Iridium, ale videli sme aj množstvo iných družíc a lietadiel smerujúcich na Ukrajinu.

Prvých päť nocí bolo nádherné jasných, zamračilo sa až na poslednú šiestu, ale to sme už mali iný program – opekánie špekáčkov. Nemuseli sme používať ani teplé nočné oblečenie; vzduch bol prehriaty a ani vlhkosť nebola výrazná.

Vzdialené objekty ako hmloviny, hviezdokopy a galaxie deti pozorovali ďalekohľadom. Jedno popoludnie sme si spestrili návštevou sobraneckého kúpaliska, kde sme si osviežili naše uvarené telá.

Zaujímavý program nám pripravili členovia policajného zboru, ktorí strážia schengenskú hranicu. Predvedli aj svojich psíkov a ukážky zo svojej činnosti. Zoberali nás priamo na čiaru hranice, kde deti mali možnosť vidieť policajtov na motorkách a štvorkolkách v pohotovosti. Ubytovanie bolo príjemné, strava vyhovujúca, v obchode mali dobré nanuky, takže deti i vedúci hodnotili tábor ako veľmi vydatý. Ak sa chcete pridať, prídte na budúci rok medzi nás.

Gabriela Kramáreková

## Slnečná aktivita

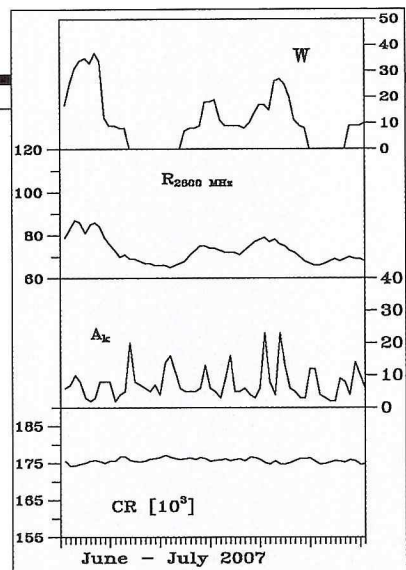
jún – júl 2007

Slnečná aktivita bola – podobne ako v minulých dvoch mesiacoch – aj v týchto dvoch mesiacoch naďalej na veľmi nízkej úrovni. Svedčí o tom hlavne graf priebehu kozmického žiarenia, kde úroveň je takmer konštantná, bez zreteľných variácií, ako aj malé variácie geomagnetického indexu.

Podľa kozmickej agentúry ESA (správa zo 17. augusta 2007), skupina pracovníkov, ktorá vedie experiment HISCALE na palube kozmickej sondy ULYSSES (D. Thomson, L. Lanzerotti, F. Vernon, M. Lessard a L. Smith) dokázala, že všetky skúmané procesy na Zemi dodržiavajú rytmus, ktorý určuje Slnko. Takto sa na novej, vyššej úrovni obnovuje Keplerova myšlienka o „hudbe sfér“.

Menovaní pracovníci ukázali, že určité tóny generované vlnami tlaku a gravitácie na Slnku sa objavujú v širokom spektre úkazov pozorovaných na Zemi. Pomocou štatistických postupov objavili tieto frekvencie v seizmických a geomagnetických dátach, v atmosférických dátach a dokonca aj v meraných napätiach na podmorských komunikačných káblach.

Hoci tieto „tóny“ sa vyskytujú všade okolo nás, nemôže ich ľudské ucho registrovať, lebo sú 12 oktáv pod dolnou hranicou frekvencie citlivosti ľudského ucha. Ich frekvencia je v hraniciach 100 – 5000 mikrohercov, to zna-



mená, že ide o periódy 200 – 10 000 s (približne 3 min. – 3 hod.).

Podľa Thomsona, analýza dát časticových žiarení a medziplanetárneho magnetického poľa nameraných na sonde ULYSSES bola prvým náznakom spomínanej súvislosti. Ukázala, že rovnaké frekvencie, aké vyplynuli z jej výsledku sa vyskytujú aj na Slnku, pri analýze dát z družice SOHO (tzv. slnečných oscilácií), aj z analýzy horespomínaných pozemských meraní.

D. Thomson je presvedčený, že hlavným spojovacím článkom je magnetické pole generované na Slnku a prenášané do priestoru slnečným vetrom.

Milan Rybanský

## Letné astronomické praktikum 2007

Letné astronomické praktikum (LAP 2007) sme v roku 2007 zorganizovali už po štvrtý raz vo Vysokej nad Uhom, kde sme boli ubytovaní v budove ZŠ a MŠ. Praktikum sa konalo sa v dňoch 9. – 15. 8. 2007. Bolo nás tam spolu tentoraz len 5 členov ATM (Astro Team Michalovce). Tento rok boli ideálne podmienky, pokiaľ sa týka fázy Mesiaca, na pozorovanie Perzeíd, vari najsledovanejšieho meteorického roja. Maximum nastávalo v ranných hodinách 13. augusta a nov Mesiaca nastal po polnoci z 12. na 13. Avšak rovnako dôležité je aj to, aby vyšlo dobré počasie, teda jasná, bezoblačná obloha. Tento rok nám však, na rozdiel od minulého, keď bolo zamračené každú noc, vyšlo počasie aspoň čiastočne, a tak zo 6 nocí sme mohli pozorovať počas 4, hoci nie celých. Mali sme so sebou aj dva ďalekohľady (obrá triéder 25x100 so statívom Katky Lechmanovej, ktorá zvíťazila v slovenskej astronomickej olympiáde, a refraktor 100/1000 mm) na pozorovanie „Deep Sky objektov“. Samozrejme, tak ako vždy, aj tentoraz sme sa venovali vizuálnemu pozorovaniu meteorov – Perzeíd. Na praktiku sme získali spolu 553 záznamov o prelete 298 meteorov, z ktorých bolo 202 Perzeíd. Pozorovali sme spolu 35 hodín čistého času. Zreteľne bolo vidieť, ako pomerne nízka frekvencia pred maximom (ZHR okolo 15) sa počas nasledu-

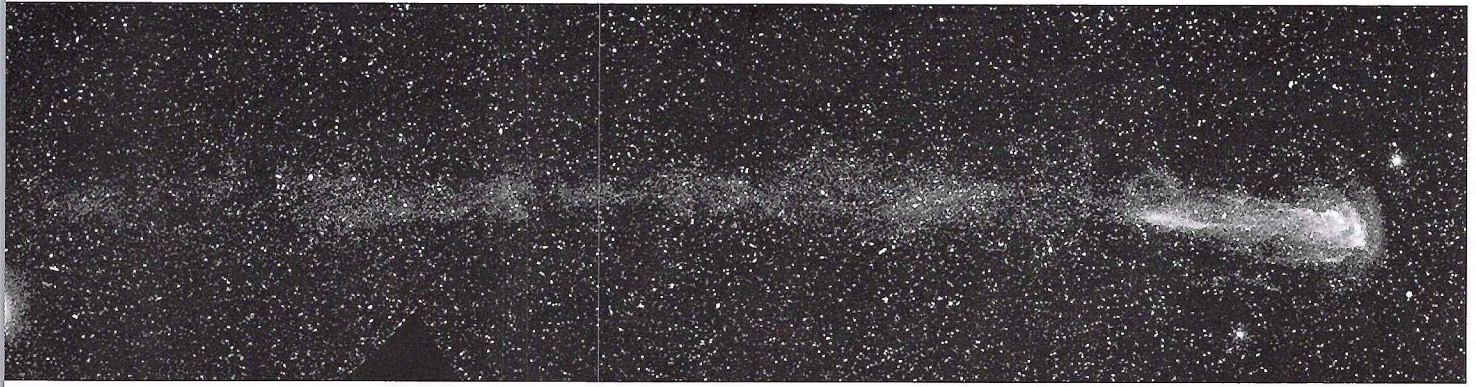
júcej noci (po maxime) výrazne zvýšila. Hodinová frekvencia meteorov bola 40 a ďalšiu noc 28. Žiaľ, nevyšla „maximová“ noc, keď sa predpokladala hodinová frekvencia až okolo 100, teda 2,5-násobok toho, čo sme pozorovali noc po maxime.

V noci z 10. na 11. 8. o 22:40 SELČ sme videli úžasný bolid, ktorého jasnosť sme odhadovali na –8 až –9 magnitud. Ožiaril západnú oblohu, ale bol vo výške len asi 15 stupňov nad západným obzorom a zreteľne z neho sršali oranžové iskry. Pozorovali sme, podľa pripravenej predpovede z internetu, aj zopár družíc Iridium.

Vo voľnom čase sme sa okrem dospievania a kuchárskeho umenia venovali príprave krúžkarov na astronomické súťaže – počítaniu astronomických príkladov, vysvetľovaniu niektorých partii z matematiky a preberaniu rôznych astronomických otázok a „chytákov“. Pozerali sme aj televíziu a pomocou notebooku a dataprojektora sme si pozreli dve komédie, hrali sme karty a šach. Krúžkari si zahrali každý deň i futbal s „domorodcami“. So skromnými podmienkami sme tu boli, tak ako vždy, spokojní. Dúfajme, že o rok nás na pozorovanie meteorov vo Vysokej nad Uhom opäť prijímú na pár nocí na LAP 2008.

RNDr. Zdeněk Komárek  
Hvezdáreň v Michalovciach

**Oprava:** v minulom čísle časopisu Kozmos (4/2007) v článku **Apophis: nebezpečenstvo zatiaľ nehrozí** sme v tabuľke nesprávne uviedli názov asteroidu, namiesto (9942) Apophis má byť (99942) Apophis, kde 99942 znamená poradové číslo asteroidu v medzinárodnej databáze IAU Minor Planet Center. Za chybu sa čitateľom spolu s autorom článku ospravedlňujeme.



Mira a jej chvost, dlhý 13 svetelných rokov, ktorý zviditeľnil satelit GEE, citlivý na ultrafialové žiarenie. Čosi podobné zatiaľ vedci nezaznamenali.

## Mira s chvostom

Mira, vzdialená 350 svetelných rokov, je už 400 rokov jednou z najpozorovanejších hviezd v dejinách astronómie. Ide o starú, premennú, rýchle sa pohybujúcu hviezdu, červeného obra, ktorý sa počas periodických vzplanutí zbavuje veľkých balíkov hmoty. Satelit Galaxy Evolution Explorer (GEE) zaznamenal v rámci UV prehliadky oblohy čudessný úkaz: za populárnou hviezdou sa ťahá prúd materiálu, pripomínajúci chvost kométy. Jeho dĺžka: 13 svetelných rokov, 20-násobok vzdialenosti Pluto/Slnko!!

Mira sa pohybuje oveľa rýchlejšie ako iní červení obri: 130 kilometrov za sekundu. Má spoločníka, bieleho trpaslíka Mira B, ktorý spolu s ňou obieha spoločné ťažisko.

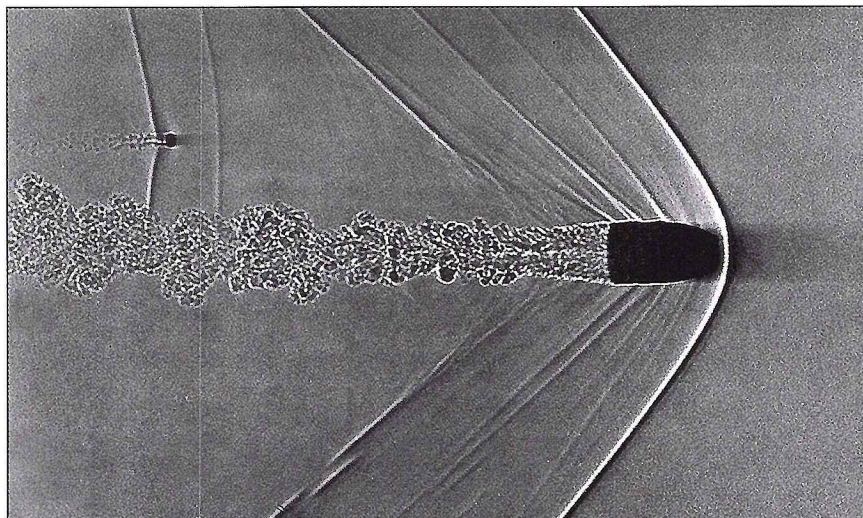
Materiál v chvoste Míry obsahuje uhlík, kyslík a ďalšie prvky, ktoré sa v budúcnosti môžu recyklovať do nových hviezd a planét. Umierajúca hviezda stráca materiál asi 30 000 rokov. Počas periodických vzplanutí (raz za 10 rokov), stratila doteraz materiál, z ktorého by sa mohlo sformovať 3000 planét s parametrami Zeme, alebo 9 Jupiterov.

Pred miliardou rokov bola Mira hviezdou podobnou Slnku. Objav chvosta umožňuje stelárnikom študovať posledné štádium života takejto hviezdy. Je pravdepodobné, že Mira po čase vybuchne a vytvorí planetárnu hmlovinu.

NASA Press Release



Dvojica snímok jasne dokumentuje, že chvost Míry je viditeľný iba v ultrafialovom svetle (hore). Na snímke vo viditeľnom svetle vidíme Míru v plnej kráse, ale bez chvosta.



Pohyb Míry a jej dôsledok na medzihviezdnu hmotu pripomína náboj, pohybujúci sa trikrát rýchlejšie ako zvuk. Pred objektom sa vytvára gigantický oblúk nárazovej vlny, za ním turbulentný chvost, v ktorom sa hmota uvoľňovaná z hviezdy mieša z medzihviezdnu hmotou.

# CELESTRON KLUB

## TROMF

výhradný distribútor značky

**CELESTRON**

### ČLENSTVOM V CELESTRON KLUBE ZÍSKATE:

- aktuálne informácie k vám domov
- špeciálne akciové ponuky pre členov
- možnosť odskúšania vybraného príslušenstva
- zľavy na príslušenstvo
- rozšírený zákaznícky servis
- a mnoho ďalších výhod...

# HRAJTE O NOC NA LOMNICKOM ŠTÍTE

Z prihlášok zberujeme dvakrát ročne prémii: noc v najvyššie položenom apartmáne v strednej Európe na Lomnickom štíte

Celý sortiment značky Celestron si môžete zakúpiť v Banskej Bystrici, v najväčšej predajni astronómických ďalekohľadov na Slovensku. V prac. dňoch od 9.00 do 17.00 hod. Naša adresa: Tromf, Partizánska cesta 80 97401 Banská Bystrica, tel.: 048/4142332, e-mail: info@celestron.sk

**klub.celestron.sk >> podrobné informácie o klube, prihláška...**

CELESTRON KLUB - PRIHLAŠKA

meno a priezvisko

adresa

mesto a PSČ

e-mail:

tel. číslo:

podpis:

Odoslaním prihlášky potvrdzujete súhlas so spracovaním údajov a zasielaním špeciálnych akciových ponúk na Vaši zadane kontakty.

**Prihláška musí obsahovať e-mailovú adresu.**

Prihlásiť do Celestron Klubu sa môžete aj zaslaniem e-mailu na adresu info@celestron.sk a uvedením vyššie požadovaných údajov.

**Fólia AstroSolar™ grátis pre všetkých nových členov**