KOZMOS

2008
ROČNÍK XXXIX.
Sk 45,–
4

Duchovia Mliečnej cesty

- Experiment HESS
- Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci
- Ako funguje Zem?
- Meteoritický kráter v Kaali
- Aktuality z marťanských sond

9 770323 049000 07

Titan: štvrtý impaktný kráter

Vyše 100 útvarov na povrchu Titanu považovali analytici za možné impaktné krátery. Iba v štyroch prípadoch sa to potvrdilo. Jeden zo štyroch impaktov zviditeľnil radar na sonde Cassini iba nedávno: 12. mája 2008.

Na rozdiel od iných mesiacov Saturna, Titan má málo kráterov. Väčšina impaktujúcich telies zhorela v jeho hustej atmosfére a tie, ktoré na povrch dopadli, zahladili geologické procesy, chladný vulkanizmus a vetrom premiestňovaný piesok.

Kráter Silap (dole), objavený v roku 2005, má priemer 80 kilometrov a hĺbku 1 300 m. Nedávno objavený, ešte nepomenovaný kráter (hore), má priemer 112 kilometrov. Nový kráter leží na 26° severnej šírky a na 200° západnej dĺžky, asi 1000 km severne od miesta, kde pristála sonda Huygens. Jeho tvar je nepravidelný, okrajové valy sa na viacerých miestach zrútili do hĺbky. Dno je ploché, uprostred sa týči typický pahorok. Tento kráter je starší ako kráter Sinap.

NASA Press Release

KOZMOS

Populárno-vedecký astronomický časopis

Vydáva: Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, Národné metodické centrum.
Adresa vydavateľa: Slovenská ústredná hvezdáreň, 947 01 Hurbanovo, tel. 035/760 24 84, fax 035/760 24 87.
Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Ing. Teodor Pintér.

Redakcia: Eugen Gindl – šéfredaktor, Milan Lackovič – redaktor, Daniel Tóth – redaktor, Lýdia Priklerová – sekretár redakcie, Mária Štefánková – jazyková redaktorka.
Adresa redakcie: Konventná 19, 811 03 Bratislava, tel./fax 02/544 141 33, e-mail **kozmos@nextra.sk**

Redakčný kruh: doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., RNDr. Bohuslav Lukáč, CSc., doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc., RNDr. Daniel Očenáš, RNDr. Anna Pribulová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc.
Predseda redakčného kruhu: RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

Tlač: Tlačiareň KASICO, a. s., Beckovská 38, 823 61 Bratislava.

Vychádza: 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame. Cena jedného čísla 45,– Sk/Kč. Pre abonentov ročne 240,– Sk/Kč vrátane poštovného.

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

Predplatitelia: V Českej republike A. L. L. Productions, P. O. Box 732, 110 00 Praha 1, tel. 663 114 38, na Slovensku L. K. Permanent, Hattalova 12, 831 03 Bratislava, tel. 44 453 711. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00402/3409 2856, e-mail: mila@allpro.cz. P. O. Box 732, 110 00 Praha 1. Podávanie novinových zásielok v ČR bolo povolené Českou poštou, s.p. OZSeČ Ústí nad Labem, 19. 1. 1998, pod číslom P-291/ /98. Indexné číslo: 498 24.
Reg. číslo: 9/8. © Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998.
Zadané do tlače 16. 5. 2008

ISSN 0323 – 049X

Témy čísla

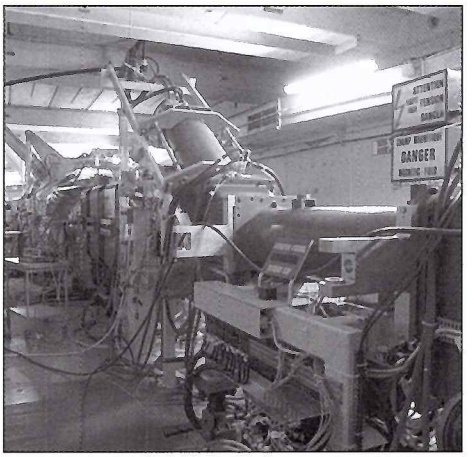
MARS

7 **Phoenix dobyl sever Marsu** / *Tomáš Přibyl*
Mohol v kráteri Holden vzniknúť život? (9. s.)
Vulkanická minulosť Červenej planéty (10. s.)
Vyvieračky na povrchu Marsu? Asi nie... (11. s.)
200 soľných jazier na Marse (12. s.)

13 **Objev zdrojů kosmického záření: Experiment HESS** / *Dalibor Nedbal, Ladislav Rob*

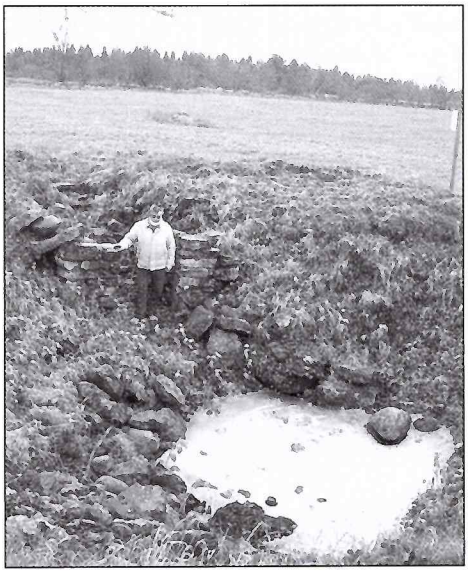
17 **Ako funguje Zem?** / *Igor Broska, Ľubica Puškelová*

22 **Tam, kde sa lúskajú záhady vesmíru...** / *Pavol Rapavý*

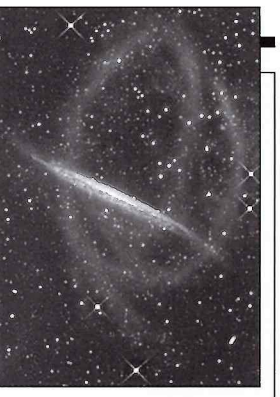


25 **Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci** (4) / *Vladimír Wagner*

29 **Pán prsteňov a meteoritický kráter v Kaali v Estónsku** / *Ladislav Hric*
Tunguzská katastrofa: sté výročie (33. s.) / *Ladislav Hric*



Obálka



Galaxia NGC 4013, vzdialená 50 miliónov svetelných rokov, formuje svojou gravitáciou prúd hviezd z rozpadnutej trpasličej galaxie. Hviezdny prúd obieha veľkú špirálu v priemernej vzdialenosti 80 000 svetelných rokov, ale po niekoľkých miliónoch rokov sa stane súčasťou čoraz väčšieho hviezdneho ostrova. Hviezdy v prúde sú staré, majú nízky obsah kovov.

Aktuality

2. ob. **Titan: štvrtý impaktný kráter**

2 **Tanec galaktických duchov**

3 **Nečakané výbuchy pulzarov a magnetarov...**
Najväčšia štruktúra tmavej hmoty
Čo sa stane, keď kolidujú dve supermasívne čierne diery?
Tmavá hmota, tmavá energia...

4 **Planéty v planetárnych hmlovinách?**

5 **Neutrónová hviezda generuje gravitačné vlny**
Malé galaxie s veľkou hmotnosťou
Čo je vo vnútri Enceladu?
Plávajúca kôra na Titane
Voda na Mesiaci? Menej ako málo, ale...

Rubriky

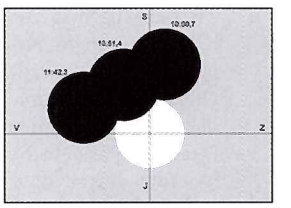
ALBUM POZOROVATEĽA

3. ob. **Fotografia hmloviny Severná Amerika** / *Peter Delinčák*

34 **Zákryty hviezd asteroidmi – úspešný máj!** / *Ivan Majchrovič*

POZORUJTE S NAMI

35 **Obloha v kalendári** / *Pavol Rapavý*
Zatmenie Slnka 1. 8. 2008 / *Pavol Rapavý* (33. s.); **Zatmenie Mesiaca 16. 8. 2008** / *Pavol Rapavý* (33. s.)



39 **Slnečná aktivita** / *Milan Rybanský*

PODUJATIA

39 **Astronomická konferencia v Niepolomiciach** / *Renáta Kolivošková*

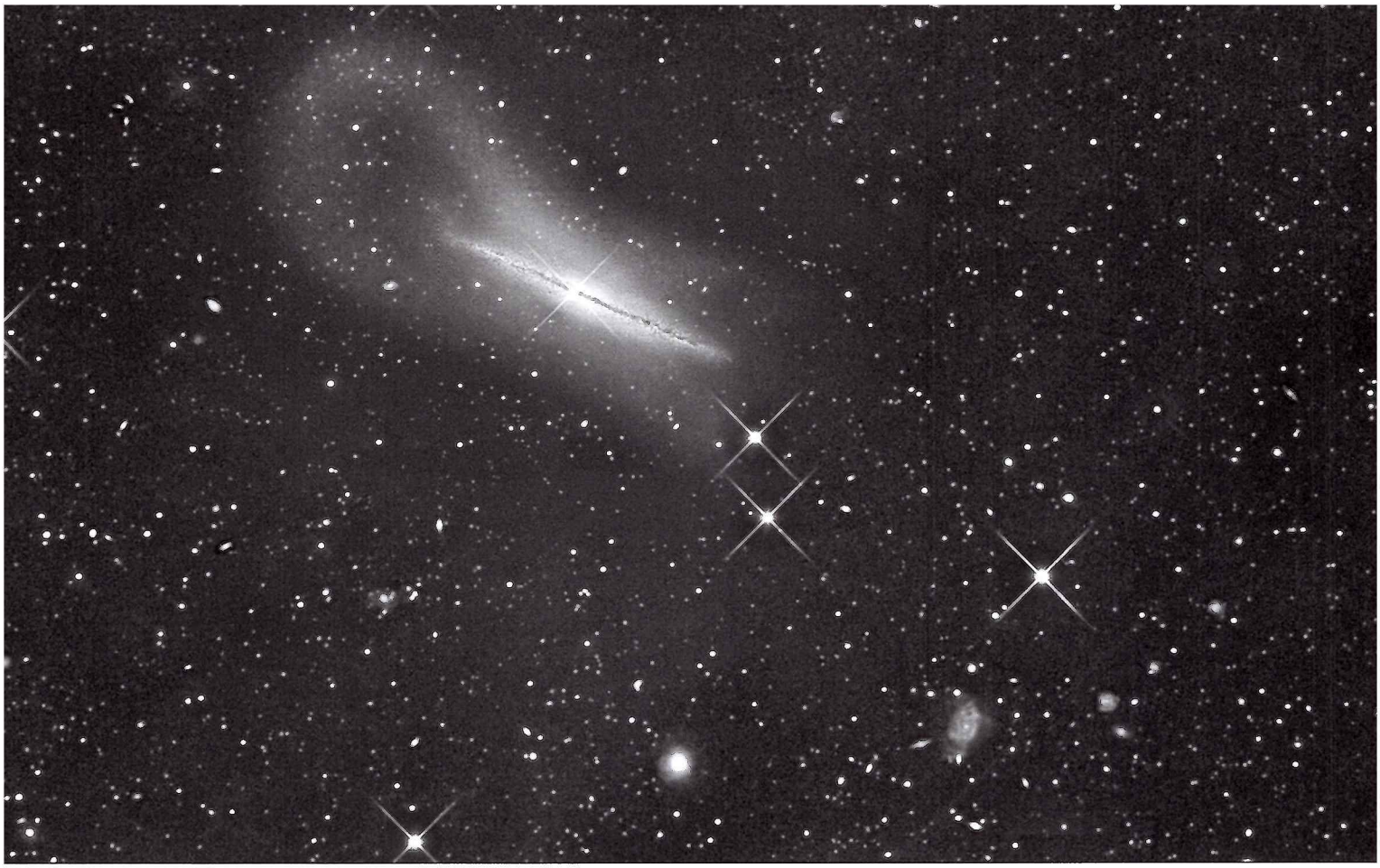
40 **Celoslovenský astronomický seminár pre učiteľov 2008** / *Ján Rybák*
Expedícia na Hvezdáreň Roztoky / *Zdeněk Komárek*
Kurz praktickej astronómie / *Ján Horňák*

39 **Slnečná aktivita** (december 2007 – – január 2008) / *Milan Rybanský*

Rôzne

28 **Čo povedali o novej knihe Ladislava Drugu**

39 **Ocenenie z Atlanty** / *Pavol Rapavý*



Galaxia NGC 5907, ktorá deštruovala jednu z trpasličích galaxií svojej lokálnej skupiny. Po rozpade materskej galaxie sa hviezdokopy, hviezdy, plyn a tmavá hmota sformovali do prúdu, ktorý postupne splynie s NGC 5907.

Tanec galaktických duchov

Medzinárodný tím astronómov objavil dva veľké prúdy hviezd neďaleko dvoch blízkych galaxií. Po prvýkrát sa podarilo získať panoramatický obraz galaktického kanibalizmu, tanec rozpadajúcich sa trpasličích galaxií pod taktovkou gravitácie veľkej galaxie. Podobne sa správa trpasličia galaxia Sagittarius, ktorá interaguje s našou Mliečnou cestou.

Detekcia tejto pôsobivej hviezdnej fosílie potvrdzuje predpovede kozmologického modelu chladnej tmavej hmoty. Vedci tvrdia, že sa dnešné špirálové galaxie sformovali požieraním (gravitačným nabaľovaním) menej masívnych hviezdnych systémov.

Prvý hviezdny prúd sa zavíja okolo galaxie NGC 5907, vzdialenej 40 miliónov svetelných rokov. Sformoval sa po deštrukcii jednej z dvoch trpasličích galaxií asi pred miliónom rokov. Podľa vedcov trpaslíčia galaxia stratila väčšiu časť svojej hmotnosti v podobe hviezd, hviezdokôp a tmavej hmoty. Tento materiál začal obiehať okolo NGC 5907 po premenlivej dráhe. Výsledkom je prízračný útvar zvyškov po pôvodnej malej galaxii. Jeho priemer je 150 000 svetelných rokov.

Objav potvrdil hypotézu, podľa ktorej sa skoro v každom hale veľkej galaxie skrývajú viaceré trpaslíčie galaxie. Ich rozpad a evolúcia uvoľnenej hmoty v gravitačnom poli veľkého hviezdneho ostrova, s ktorým nakoniec prachoplynové oblaky, hviezdy, hviezdokopy i tmavá hmota splynú, poskytujú astronómom učebnicový príklad záverečného štádia formovania najväčších hviezdnych ostrovov.

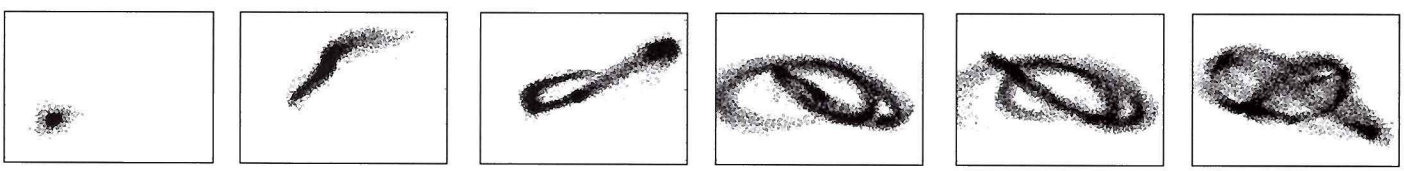
Vedci študujú množstvo trpasličích galaxií, ktoré už prišli o väčšiu časť svojej hmoty, ale nevedeli vystopovať, kam sa ten „stratený materiál" podel. Prúdy gravitáciou odvábených hviezd sú riedke, hviezdy sa v nich ťažko detegujú. Sú to skutoční duchovia rozpadnutých galaxií.

Doteraz najbizarnejší prúd hmoty z rozpadnutej trpasličej galaxie objavili okolo galaxie NGC 4013, vzdialenej 50 miliónov svetelných rokov *(pozri foto na obálke)*. V zavinutej slučke, vzdialenej od jadra 80 000 svetelných rokov, rozlíšili staré hviezdy s nízkym obsahom kovov. Trojdimenzionálnu štruktúru magickej slučky sa zatiaľ nepodarilo namodelovať, ale zdá sa, že náramne pripomína prúd Monoceros, prstenec hviezd, obiehajúcich okolo našej Galaxie. Aj v našom prípade ide o zvyšok po trpasličej galaxii, ktorá sa rozpadla pred 3 miliónmi rokov.

Jorge Peñarubia, astrofyzik z kanadskej University of Victoria, je špecialista na modelovanie týchto galaktických pohrobkov. Peñarubia pomocou teoretických modelov hviezdnych prúdov prišiel na spôsob, ako rekonštruovať ich históriu a zároveň popísať jeden z najzáhadnejších komponentov galaxií – tmavú hmotu.

Ducha zaniknutej galaxie zviditeľnil astrofotograf-amatér R. Jay Gabany. Tento muž celé roky exponoval snímky hlbokej oblohy pomocou malých, robotických ďalekohľadov v Novom Mexiku a v Austrálii. Jeho snímky uverejňovali najlepšie populárne astronomické časopisy sveta. Možno povedať, že duch zaniknutej galaxie pri NGC 4013, ktorého Jay zviditeľnil, je nielen krásnou, ale aj vedecky nesmierne cennou fotografiou. Vďaka možnostiam čoraz dostupnejšej techniky sa najlepší amatéri budú v 21. storočí čoraz častejšie podieľať aj na najvýznamnejších objavoch veľkej astronómie.

University of Victoria Press Release



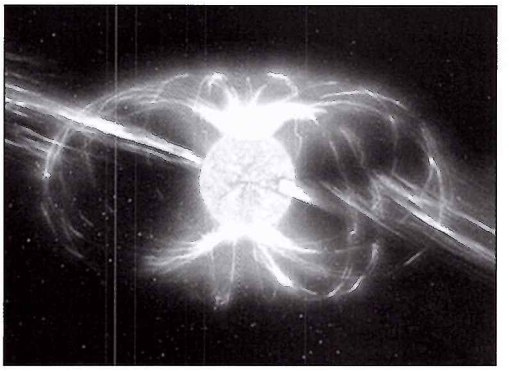
Animácia približuje rozpad trpasličej galaxie NGC 4013, ktorá je na obálke. Vedci namodelovali evolúciu prúdu hviezd z rozpadnutej galaxie, ktorý sa pod vplyvom gravitácie veľkej špirály transformuje do zložitých slučiek. Ide o proces, ktorý vysvetľuje proces vytvárania veľkých galaxií požieraním menších galaxií zo svojho susedstva.

Nečakané výbuchy pulzarov a magnetarov...

Pulzary sú rýchle rotujúce neutrónové hviezdy s neobyčajne silným žiarením. Väčšina z nich emituje intenzívne rádiové, röntgenové i gama žiarenie v pravidelných intervaloch od niekoľkých milisekúnd až po niekoľko sekúnd. Presnosť týchto pulzov sa vyrovná najprecíznejším atómovým hodinám na Zemi. Tieto rýchle rotujúce telesá však z času na čas vybuchnú, pričom vyžiaria do vesmíru obrovské množstvo energie. Explózie trvajú zlomok sekundy, ale za tento krátky čas vyžiaria toľko energie ako 75 000 Slnk. Je to prirodzený proces? Alebo za takto prejavuje zvláštny typ pulzarov...?

Neutrónové hviezdy sú zvyškom po smrti masívnych hviezd, ktoré končia výbuchom supernovy. Ak má hviezda-progenitor menšiu hmotnosť ako 5-násobok hmotnosti Slnka, časť hmoty explózia rozptýli do okolia, zvyšok hmoty skolabuje do neutrónovej hviezdy. Ak je progenitor masívnejší, po explózii sa sformuje čierna diera.

Neutrónová hviezda je relatívne malé (priemer 10 až 20 km), ale mimoriadne husté a horúce teleso, v ktorom prebieha zápas dvoch síl: gravitácie, ktorá neutróny komprimuje, a kvantových efektov, ktoré pôsobia na neutróny odstredivo. Po výbuchu supernovy si nepomerne menšia neutrónová hviezda uchová moment hybnosti materskej hviezdy, čo generuje rýchlu rotáciu a intenzívne žiarenie.



Pulzar, alebo magnetar? Po rozlúštení záhady pulzaru PSR J1846-0258 sa zdá, že ide o rovnaké telesá v rozličnom štádiu evolúcie.

Neutrónová hviezda prevezme od progenitora aj väčšinu magnetizmu, ale v stave nepomerne vyššej hustoty. Predpokladá sa, že neutrónové hviezdy majú intenzívne magnetické polia, ktoré generujú výtrysky emisií z magnetických pólov rotujúceho telesa. Pri detekcii zo Zeme takáto neutrónová hviezda bliká na viacerých vlnových dĺžkach ako maják.

Jeden z týchto majákov nedávno explodoval. Vedcov prekvapilo, že po výbuchu, ktorý uvoľnil obrovskú energiu, neutrónová hviezda PSR J1846-0258 rotovala naďalej s rovnakou periódou a emitovala z pólov rovnaké výtrysky, akoby sa nič nestalo. Úkaz zaznamenal satelit RXTE (NASA). Jeho údaje potvrdili neskôr aj staršie údaje zo satelitu Chandra.

Existuje niekoľko druhov neutrónových hviezd. Pomaly rotujúce neutrónové hviezdy so silným magnetickýcm poľom – magnetary sa výrazne odlišujú od menej magnetických pulzarov. Navyše, na rozdiel od pulzarov, ktoré spoľahlivo blikajú s rovnakou intenzitou, magnetary sporadicky vyžiaria gigantické množstvo energie, pričom sa mení aj rýchlosť ich rotácie. Podľa teórie magnetary vybuchnú vtedy, keď silné magnetické pole (silnejšieho vo vesmíre niet) pokrčí neutrónový povrch neutrónovej hviezdy, čo vyvolá celý rad energetických porúch medzi magnetickými tokmi. Dôsledkom sú sporadické, ale nesmierne búrlivé explózie.

Prečo obyčajný pulzar vybuchol ako magnetar? Veď takýto pulzar by nemal mať takú magnetickú energiu, ktorá by generovala taký silný výbuch... Skupina vedcov z Goddard Space Flight Center v Greenbelte si preto na mladú neutrónovú hviezdu PSR J1846-0258 v súhvezdí Orla posvietila. Zistili, že toto teleso bolo zaregistrované ako normálny pulzar s rotáciou 3,1 otočky za sekundu. Zároveň prišli na to, že satelit RXTE zaznamenal v roku 2006 najmenej päť výbuchov tohto pulzaru. Všetky náramne pripomínali explózie magnetaru: každý výbuch trval 0,14 sekundy a generoval energiu 75 000 Slnk. V archíve satelitu Chandra sa našli v príslušnom „fascikli" údaje o tomto pulzare z posledných šiestich rokov, z ktorých vyplynulo, že pulzar sa v poslednom čase čoraz častejšie správa ako magnetar. Jeho rotácia sa spomaľuje, pretože silné magnetické pole rotáciu postupne brzdí.

Z objavu vyplýva, že pulzary a magnetary sú vlastne rovnaké telesá: pulzary v rozličnom štádiu vývoja. Určite to nie sú dva rozdielne typy neutrónových hviezd...

Science Express

Najväčšia štruktúra tmavej hmoty

Štruktúru objavili astronómovia z Columbia University. Je to vlastne súostrovie štruktúr tmavej hmoty, pričom každý z týchto ostrovov pokrýva na oblohe 8-krát väčšiu plochu ako Mesiac v splne. Objav významne prispel k pochopeniu siete tmavej hmoty v dimenziách, ktoré vedci doteraz nepozorovali. „Nové poznatky významne prispejú k pochopeniu evolúcie vesmíru i podstaty tmavej hmoty," tvrdí Lodovic van Waerbreke, člen tímu.

Štruktúru tmavej hmoty preskúmal kanadsko-francúzsky tím, ktorý kvôli tomu vyvinul techniku „slabého gravitačného šošovkovania". Technika pripomína röntgen, zviditeľňujúci kostru ukrytú v tele. Štúdia sa opiera o údaje z najväčšej digitálnej kamery sveta.

Astronómovia pozorovali, ako gravitácia siete tmavej hmoty ohýba a zakrivuje svetlo vzdialených galaxií na jeho ceste k Zemi. Mapu štruktúr tmavej hmoty vytvorili meraním zakrivenia svetla z najsvietivejších zdrojov galaxií.

Columbia University Press Release

Čo sa stane, keď kolidujú dve supermasívne čierne diery?

V poslednom čase objavili astronómovia niekoľko desiatok kolidujúcich galaxií. Väčšina z nich má v centre supermasívnu čiernu dieru? Čo sa stane, keď sa zrazia dve telesá, ktorých hmotnosť predstavuje hmotnosť stoviek miliónov Slnk? Takýto úkaz dokážeme detegovať aj zo Zeme, ak vieme, kde ho máme hľadať.

Podmienky okolo supermasívnych čiernych dier sú extrémne. Hmota okolo nich, sformovaná do gigantických diskov, špiráluje k horizontu udalostí rýchlosťou blízkou rýchlosti svetla. Počas kolízie dvoch galaxií môžu čierne diery interagovať. Buď sa zrazia, alebo začnú obiehať okolo spoločného ťažiska, kým gravitačne nesplynú do jedného telesa. Tak vraví teória, ibaže vedci z Texas University a Yale University namodelovali takýto proces na počítači a zistili, že v istom momente sa jedna z interagujúcich čiernych dier začne zo stredu kolidujúcich galaxií vzďaľovať.

Maximálna odstredivá sila vznikne vtedy, keď sa čierne diery pohybujú v tej istej rovine, ale každá rotuje opačným smerom. V kritickom momente interakcie, v priebehu zlomku sekundy, jedna z čiernych dier dostane taký silný gravitačný kopanec, že sa z novosformovanej galaxie s extrémnou rýchlosťou odpúta.

V tej chvíli druhá čierna diera získa gigantické množstvo energie. Tá sa uvoľní do prachoplynového disku, ktorý okolo nej krúži. Takýto akrečný disk začne vyžarovať mäkké röntgenové žiarenie, ktoré možno detegovať aj tisíce rokov po interakcii. Hoci k interakciám dvoch supermasívnych dier dochádza pomerne zriedka, dosvit trvá tak dlho, že s dnešnými prístrojmi by sme ich mohli objaviť. Vedci vypočítali, že do vzdialenosti 5 miliárd rokov od Zeme by malo byť najmenej 100 supermasívnych čiernych dier s röntgenovým dosvitom.

Astrophysical Journal

Tmavá hmota, tmavá energia...

Podľa najnovších výpočtov tvoria až 96 % hmoty vesmíru. Čo tvorí tmavú hmotu, zatiaľ nevieme. Nereflektuje nijaké elektromagnetické žiarenie, nedá sa detegovať priamo. O existencii tmavej hmoty vieme iba preto, že gravitačne pôsobí na viditeľnú hmotu.

Z čoho sa skladá tmavá hmota? V poslednom čase sa na túto objavilo niekoľko štúdií. Jedna z nich vzbudila mimoriadnu pozornosť. Autori vyrukovali s hypotézou, že to, čo považujeme za tmavú hmotu, môžu byť oblaky nepatrných zrniek uhlíka, ktorý vznikol už krátko po big bangu.

Čo autorov priviedlo na túto myšlienku? V posledných rokoch objavili vedci v najstarších meteoritoch neznáme formy minerálov uhlíka. Nazdávajú sa, že tieto zrnká grafitu sa vytvorili v horúcich, na uhlík bohatých plynoch, ktoré obaľovali mladé hviezdy. Hviezdne vetry dozrievajúcich hviezd a supernov ich potom rozfúkali do okolitého priestoru.

Takéto oblaky uhlíka ovplyvňujú pohyb svetla na rozličných dĺžkach počas jeho cesty vesmírom. Mimoriadne ovplyvňujú najmä svetlo na blízkych infračervených dĺžkach. Sú to presne tie vlnové dĺžky, z ktorých vedci odvodili modely tmavej hmoty.

Podaktorí fyzici už dávnejšie predpovedali existenciu grafitových mrakov, ale ich existenciu vo vesmíre pozorovania nepotvrdzovali. Až po ich objave v meteoritoch sa rozhodli konfrontovať s nimi teórie a pozorovania.

Hypotetická hmota by sa mala skladať z hypotetických častíc. Napríklad z axiónov... Axióny sú teoretické častice s nepatrnou hmotnosťou. Mali by byť 500-miliónkrát ľahšie ako elektrón! Navyše, aspoň podľa teórie, axióny by nemali mať spin. Vedci z Fermi Nationalo Accelerator Laboratory (Fermilab) v Batávii (Illinois), pripravili experiment, ktorý by mal axióny objaviť.

Vytvorili magnetické pole a pustili doň laser. Uprostred poľa nainštalovali špeciálny filter s cieľom zistiť, či magnetické pole nezmení niektoré fotóny z laseru na axióny. Filter by mal zastaviť pohyb fotónov, axióny by ním mali preniknúť.

Vyskúšali štyri konfigurácie systému, stopy nových častíc však nezaznamenali. Vylúčili však oblasti, v ktorých by tento typ častíc mohol či nemohol existovať.

Údaje z Fermilabu sa ďalej analyzujú. Zároveň pripravujú experiment so silnejším magnetickým poľom.

World Science

Planetárna hmlovina Mravec.

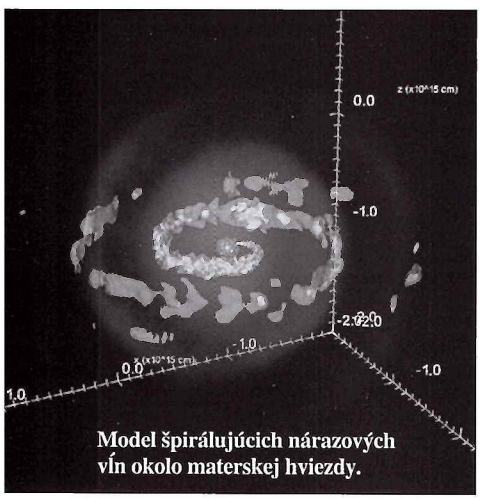
Planetárna hmlovina Mačacie oko.

Planetárna hmlovina Vajce.

Planetárna hmlovina Štvoruholník.

Planetárna hmlovina Skazené vajce.

Planetárna hmlovina Motýľ, s dvoma protiľahlými výtryskami.



Model špirálujúcich nárazových vĺn okolo materskej hviezdy.

Planéty v planetárnych hmlovinách?

Na Rochesterskej univerzite (USA) pracuje jedna z najväčších skupín špecialistov na planetárne hmloviny. Astronómovia zistili, že bizarnú, rôznorodú krásu týchto najfotogenickejších objektov vo vesmíre formujú neraz malé hviezdy, alebo dokonca planéty s hmotnosťou Jupitera.

Pojem „planetárna hmlovina" je od samého začiatku zavádzajúci. Objekty, ktoré boli takto pomenované, objavili pred 300 rokmi. Vzhľadom pripomínali planétu Urán. Až začiatkom 19. storočia sa zistilo, že planetárna hmlovina je vlastne umierajúca hviezda, ktorá pred kolapsom do superhustého telesa odvrhne naraz alebo postupne, do okolitého priestoru časť vonkajších vrstiev. Pojem planetárna hmlovina sa však v odbornej terminológii udržal aj napriek tomu, že vedci v tom čase ešte nevedeli, či aj iné hviezdy majú planetárne systémy.

Dnes vieme, že agónia umierajúcej hviezdy sa nedeje podľa predpísaného scenára. Hviezda sa v záverečnej etape svojho života môže svojej vonkajšej obálky zbavovať postupne. Odvrhnutý materiál, prach a plyn, sa šíri do okolitého priestoru ako rozpínajúci sa, viac-menej sférický oblak, v ktorom sa dajú rozoznať prstence, produkty jednotlivých explózií. Tieto dynamické útvary počas rozpínania často menia svoju podobu: z guľatej na symetricky pretiahnutú, alebo celkom chaotickú. (Guľatú formu si udrží iba jedna z piatich planetárnych hmlovín.)

Planetárne hmloviny z archívu Hubblovho ďalekohľadu majú neraz bizarné tvary, ktorých krásu dokresľuje aj ich pestré sfarbenie. Objavitelia podľa týchto tvarov planetárne hmloviny pomenúvajú: Motýľ, Mravec, Božie oko....

Väčšina hviezd podobných Slnku končí svoj život ako planetárna hmlovina. Tento stav trvá niekoľko desaťtisíc rokov. Vieme, že takéto hviezdy žijú až 10 miliárd rokov, záverečné štádium je teda iba kratučkým epilógom ich života.

Z vyše 200 miliárd hviezd v našej Galaxii sme iba 1500 pristihli v podobe planetárnej hmloviny.

Vedci z Rochesteru zistili, že fantastické okvetia planetárnych hmlovín formujú planéty, ale i väčšie telesá, hnedí trpaslíci či malé hviezdy, ktoré s pôvodnou hviezdou vytvárali dvoj- alebo viacnásobné hviezdne systémy.

Položili si otázku: „Môžu malé telesá formovať okvetia planetárnych hmlovín a meniť chemické zloženie prachu okolo zanikajúcej hviezdy?" Namodelovali interakcie spolupútnikov umierajúcej hviezdy na odľahlých obežných dráhach, vzdialených milióny kilometrov, až po telesá, ktoré krúžia okolo zanikajúcej hviezdy po tesných dráhach tak ako náš Merkúr či viaceré exoplanéty z triedy horúcich Jupiterov. Vzdialené planéty pôsobia na rozpínajúcu sa obálku iba gravitačne, blízke sa v obálke pohybujú.

Vzdialené planéty strhávajú časť materiálu (zmes plynu a prachu) z obálky a vlečú ho pozdĺž svojej dráhy. Strhnutý materiál sa v takom prípade postupne sformuje do špirály a zahusťuje sa až dovtedy, kým špirála nezanikne, podobne ako vlna prílivu na brehu mora. Niekedy sa odvrhnutý materiál sformuje do podoby hrubého torusu, ktorý obieha okolo strednej časti hviezdy. Torus blokuje ďalšie prílivy postupne odvrhovanej obálky, podobne ako hrubý opasok, ktorý zopneme okolo nafukujúceho sa balóna. V niektorých prípadoch, napríklad pri planetárnej hmlovine Činky, torus zmení pohyb rozpínajúceho sa materiálu najmä smerom k pólom. Interakcie materiálu s torom i rotácia hviezdy vytvárajú z prúdov plynu a prachu najrozličnejšie konfigurácie.

Vedci namodelovali geometriu obálky pod vplyvom spolupútnika v dvojhviezdnom systéme. Zistili, že v takom prípade sa špirály prelomia, pričom sa uvoľní energia vo výbuchu, ktorého teplota zmení prach na kvapôčky. Kvapôčky chladnú tak pomaly, že sa molekuly dokážu sformovať do kryštálov.

Z modelov ďalej vyplynulo, že masívny torus môže vytvoriť rozličné typy planetárnych hmlovín.

Ak spolupútnik obieha hviezdu po blízkej dráhe, hneď po prvom pulze umierajúcej planéty sa pohybuje v odvrhnutom materiáli. Z modelov vyplynuli tri možné situácie:

V prvom prípade si planéta ťažko razí cestu v nestabilnom prachoplynovom oblaku. Strháva materiál odvrhnutej obálky a deformuje ho do podoby veľkého disku, či torusu, ktorý krúži okolo rovníka hviezdy.

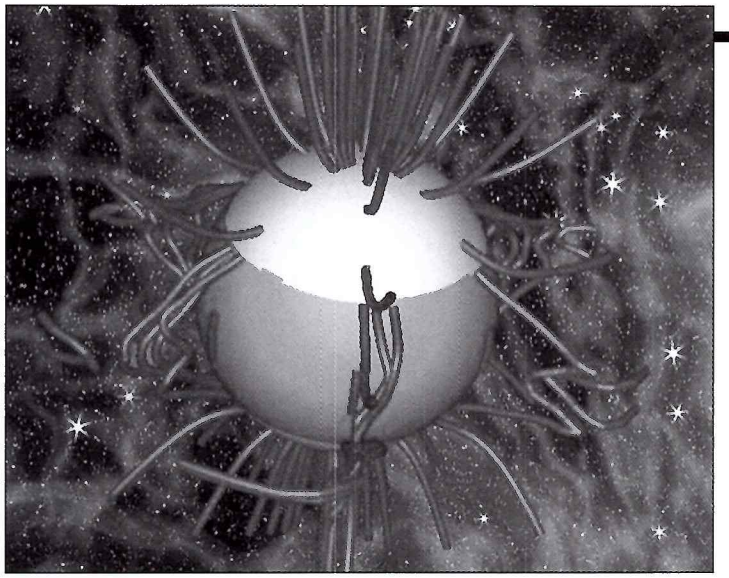
V druhom prípade sú dôsledky menej turbulentné, ale pôsobivé... Planéta rozhýbe odvrhnutú obálku a prinúti materiál obiehať okolo hviezdy. Vnútorné oblasti v toruse krúžia okolo hviezdy rýchlejšie ako vonkajšie. Rozdiel v rýchlosti rotácie, kombinovaný s konvekciou materiálu v obálke, zvyšuje silu magnetického poľa hviezdy. Magnetické pole začína fungovať ako ozrutná trampolína: častice špirálujúce okolo jeho premenlivých siločiar. Siločiary nie sú permanentne ukotvené v magnetickom póle, časť z nich neustále nad ním povieva ako štica vlasov vo vetre. Z tejto „štice" častice unikajú z poľa v podobe výtryskov.

Tretí model je najzaujímavejší: spolupútnik, ak ide o hviezdu s extrémne nízkou hmotnosťou, nedokáže v záverečnom štádiu existencie odvrhnúť obálku predtým, ako skolabuje. Takýto objekt počas života stráca hmotu, takže gravitácia sesterskej hviezdy ho priťahuje na čoraz bližšiu obežnú dráhu a postupne ju celkom rozloží. Zvyšky sa sformujú do disku, ktorý krúži okolo kanibala. Takýto disk je veľmi turbulentný. Každá jeho časť má na obežnej dráhe inú rýchlosť. Vytvorí sa silné, pulzujúce magnetické pole, ktoré pomocou už známeho mechanizmu vypudzuje z pólov prúdy častíc, sformovaných do výtryskov. Takýto rozprašovač vyvrhuje materiál aj z rozpadnutého spolupútnika.

Vedci z Rochesteru študujú dynamiku takýchto dvojhviezd so zvláštnym zreteľom na vlastnosti magnetických dynám. Zdá sa, že práve tento mechanizmus uľahčuje distribúciu a miešanie rozličných prvkov v planetárnej hmlovine tak, aby sa vytvorili chemické zmesi s rozličnými spektrálnymi odtlačkami.

Planetárne hmloviny hrajú všetkými farbami v závislosti od toho, aké prvky sa v nich zmiešali. Vedci získali z planetárnych hmlovín celú paletu spektier, ale dlho nechápali, aký mixér tieto nádherné zhluky rozličných látok namiešal. Teraz vedia, že sú na dobrej stope. A navyše zistili, že vzhľad planetárnych hmlovín môžu formovať, či už priamo, alebo nepriamo, aj planéty. Telesá, o ktorých prítomnosti, napriek ich názvu, vôbec neuvažovali.

NASA Press Release



Neutrónová hviezda generuje gravitačné vlny

Najnovšie modely neutrónových hviezd naznačujú, že tieto objekty nemusia mať hladký povrch, ako sa predpokladalo. Na neutrónovej hviezde môžu byť topografické útvary pripomínajúce pohoria. Jedinou silou, ktorá dokáže „pokrčiť" takéto superhusté teleso, môžu byť fluktuácie časopriestoru, ktoré vznikajú pôsobením gravitačných vĺn. Gravitačné vlny generuje meniace sa gravitačné pole neutrónovej hviezdy počas rýchlej rotácie.

Neutrónové hviezdy, telesá s priemerom 10 až 20 km, majú mohutné gravitačné pole. Vznikajú po kolapse pôvodnej hviezdy, pričom si uchovajú jej moment hybnosti, takže rotujú oveľa rýchlejšie. Okolo osi sa môžu otočiť aj niekoľko stokrát za sekundu. Generujú tieto zvláštne telesá gravitačné vlny, ktoré by sa dali detegovať na Zemi?

Predstavte si dokonalú guľu ponorenú v bazéne, ktorá sa otáča okolo svojej osi. Ak je stabilná, na hladine sa dôsledky rotácie neprejavia v podobe šíriacich sa vlniek. Existencia gule by bola pred prístrojmi utajená. Ak by teleso v bazéne nebolo dokonale guľaté ale šišaté a rotovalo by, produkovalo by každou otočkou vlny na hladine, ktoré by detektor zaznamenal.

Ak je neutrónová hviezda dokonale guľaté teleso, jej rotácia časopriestor nemôže rozvlniť. Ak by však išlo o nepravidelné, rotujúce teleso, navyše s pokrčeným povrchom, gravitačné vlny by malo generovať. Každá otočka by sa prejavila fluktuáciami časopriestoru.

Doteraz ani najcitlivejšie detektory nedokázali zaznamenať gravitačné vlny šíriace sa z neutrónových hviezd. Čo to znamená? Buď ešte nemáme dostatočne citlivé prístroje, alebo sú neutrónové hviezdy dokonale guľaté, takže gravitačné vlny nemôžu produkovať.

Podľa najnovších modelov by však neutrónové hviezdy mali mať pokrčený povrch. Navyše, už čonevidieť začnú pracovať aj dva detektory gravitačných vĺn: jeden na Zemi, druhý na obežnej dráhe okolo Zeme...

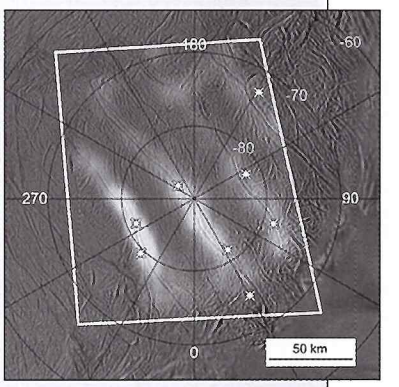
www.universetoday.com

Malé galaxie s veľkou hmotnosťou

Zatiaľ ich objavili deväť. Vo vzdialenosti 11 miliárd svetelných rokov od Zeme. Vedcov zarazilo, že sú relatívne malé. Ich priemer (5000 svetelných rokov) je 20-krát menší ako priemer našej Galaxie. Hmotnosťou (200 miliárd SĺNk) sa jej však vyrovnajú. Sformovali sa 3 miliardy rokov po big bangu. Doteraz sa v takej vzdialenosti nepodarilo objaviť ani jednu galaxiu s takou hmotnosťou, pričom najväčšou záhadou je ich kompaktnosť. Podobne „ťažké" galaxie by mali byť o 5,5 miliardy rokov mladšie. Proces, ktorý umožnil formovanie takých malých a takých hmotných galaxií je nejasný. Jediným vysvetlením sú kolízie protogalaxií, ale toto vysvetlenie znalcov galaxií neuspokojuje.

The Astrophysical Journal Letters

Čo je vo vnútri Enceladu?



Keď sonda Cassini 12. marca obletala Saturnov mesiac Enceladus, infračervený spektrometer zaznamenal „teplé pásy" pozdĺž viacerých trhlín, ktoré sa ťahajú krížom cez polárne končiny mesiaca. Tak vznikla teplotná mapa, ktorú skombinovali s fotografiou povrchu v najväčšom rozlíšení.

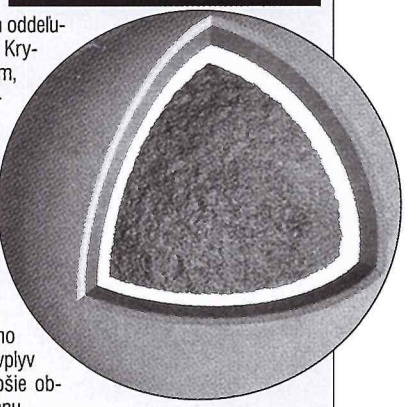
Trhliny majú dĺžku okolo 160 kilometrov. Hviezdičky na teplých pásoch označujú miesta, kde sú aktívne gejzíry, vynášajúce z podzemia ľadových púdr, zamrznuté kvapôčky vody.

Priemerná teplota na povrchu Enceladu je čosi nad mínus 200 °C. Teplota okolo teplých pásov kolíše v rozmedzí od mínus 80 °C až po mínus 93 °C. Pre vedcov je to jasný dôkaz, že pod ľadovou kôrou Encelada je oceán tekutej vody.

To najlepšie nakoniec: sonda preletela oblakom ľadového púdru a detegovala v ňom okrem vody aj CO, CO_2, metán a zložitejšie organické látky na báze uhlíka: etán, acetylén, propán a ďalšie.

Plávajúca kôra na Titane

Z analýzy údajov získaných počas obletov Titanu, najväčšieho zo Saturnových mesiacov, vyplynulo, že aj pod povrchom Titanu je oceán. Vedci predpokladajú, že ide o vodu zmiešanú s amoniakom. Oceán pod povrchom oddeľuje ľadovú kôru od kompaktného vnútra. Kryhy popraskanej kôry s členitým povrchom, pohoriami, korytami riek a veľkým počtom jazier, plávajú na oceáne.



Podzemný oceán prezradili údaje radarového prieskumu. Vysvitlo, že Titan nerotuje ani v zhode s periódou obehu okolo Saturna, ktorá trvá 16 dní, ani v zhode s ďalšími gravitačnými vplyvmi, tak ako to experti na dynamiku predpokladali.

Prudké sezónne vetry na severnej a južnej pologuli Titanu podľa všetkého rotáciu do istej miery ovplyvňujú. Tento vplyv je však nepatrný, takže „poruchy" lepšie objasňuje kôra plávajúca na povrchu oceánu.

Na obrázku vidíte prierez Titanom: 100 kilometrov hrubá kôra pláva na oceáne, hlbokom asi 110 kilometrov. Pod oceánom je rovnako hrubá vrstva tvrdého ľadu, pod ním pevné horniny.

Voda na Mesiaci? Menej ako málo, ale...

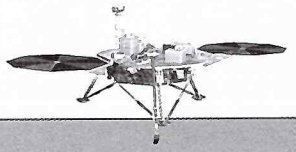
Mesiac je najsuchším veľkým telesom v našej Slnečnej sústave, čo je vzhľadom na jeho pôvod pozoruhodné. Ako je známe, vznikol pred 30 miliónmi rokov po kolízii Zeme s planétou, ktorá mala parametre Marsu. Po šikmej zrážke vznikol ozrutný horúci oblak, ktorého časť gravitácia našej planéty zadržala na blízkej obežnej dráhe. Tam sa z oblaku skondenzoval Mesiac.

Na mladej, horúcej Zemi bolo vody dosť. Prečo jej niet na Mesiaci? Teória hovorí, že slnečné žiarenie na telese bez atmosféry postupne molekuly vody rozložilo. Po disociácii vodík unikol do okolitého priestoru, kyslík sa zviazal s ostatnými horninami. Iba na dne najhlbších kráterov, kam slnečné svetlo nikdy neprenikne, sa mohli zachovať zvyšky vodného ľadu.

Geochemici nedávno preskúmali vzorky mesačných hornín, ktoré priniesla posádka lode Apollo 15. Zaujali ich najmä malé guľôčky zeleného vulkanického skla. V skle sa zachovali stuhnuté kvapôčky lávy, ktorú na mladom Mesiaci rozprašovali vulkanické fontány. V tých našli nepatrné stopy vody v pomere 30 ku miliónu. Táto voda sa nikdy nestane zdrojom pre astronautov. Vedci ju však musia zahrnúť do modelov, ktoré rekonštruujú chemickú a termálnu evolúciu Mesiaca.

Otázky aj po objave vody ostávajú? Prečo sa voda z povrchu Mesiaca stratila, hoci povrch viacerých telies v Slnečnej sústave tvorí kôra vodného ľadu alebo zmes hornín, vodného a iných ľadov? Aj Európa, Callisto či Enceladus a ďalšie zaľadnené telesá sú vystavené slnečnému žiareniu, pričom mnohé z nich majú slabšiu gravitáciu ako Mesiac.

Zdá sa, že s teóriou vzniku Mesiaca čosi nie je v poriadku. Na telese, ktoré vzniklo po zrážke Zeme s neznámou planétou, už od samého začiatku bolo menej vody, ako by malo byť. Planetológovia musia teóriu vzniku a evolúcie Mesiaca poopraviť, alebo hľadať iné vysvetlenie.



Phoenix dobyl sever Marsu

Bylo to „hop nebo trop". Buď přistání vyjde nebo nevyjde, žádní další možnost neexistovala. Proto řídící středisko v kalifornské laboratoři JPL propuklo ve vpravdě hurónský řev, když rádiový signál potvrdil úspěšné přistání sondy Phoenix. Kalendář ukazoval 26. května 2008, byla 1 hodina a 37 minut po půlnoci našeho času.

Přistání sondy Phoenix v představách malíře NASA.

Historie sondy Phoenix

Podobně jako bájný pták Fénix přišla i meziplanetární sonda stejného jména ze svého vlastního popela. Začala se rodit v prosinci 1999, kdy se o přistání v jižní polární oblasti Marsu pokusila sonda Polar Lander. Ta ale byla zničena, a to kvůli nedostatečnému testování (její motory se vypnuly při přistávacím manévru mnohem dříve, než dosáhla povrchu).

Její dvojník se chystal na start v roce 2001. Po krachu předchozí výpravy ale byl odložen nejprve na rok 2003 a později zrušen ve prospěch jiné mise: dvojice mobilních robotů Spirit a Opportunity.

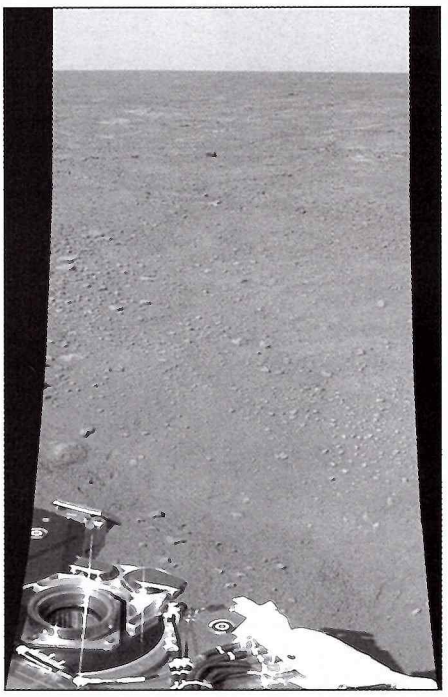
Nicméně ve skladu zůstala kompletní konstrukce připravená pro sondu přistávající na Marsu. Univerzita v Arizoně přišla s nápadem, jak tuto nevyužitou sondu (resp. její základ) využít: pro novou misi na Mars, která by zamířila do oblasti severního pólu planety a která by byla z technického hlediska dosti odlišná od neúspěšné sondy Polar Lander. NASA se nápad líbil, a tak na něj v srpnu 2003 kývla, přičemž mu přidělila rozpočet 325 mil. dolarů. Dalších zhruba sto miliónů šlo do projektu z kapes jiných kosmických agentur a organizací.

Nepotřebná konstrukce zrušené sondy se náhle stala středem zájmu. Není proto divu, že resuscitovaná mise dostala právě jméno Phoenix.

Hrůzou naplněné přistání

Přistání bylo tentokráte sledováno se zatajeným dechem. Nešlo jen o to, že trvalo sedm minut a že signál na Zemi z Marsu letěl patnáct minut (takže v okamžiku, kdy jsme začínali sledovat přistávací sekvenci, bylo o několik set miliónů kilometrů dále již po všem), ale především o to, že nad Phoenixem stále visel stín krachu sondy Polar Lander.

Pro úplnost dodáváme, že sondy Spirit a Opportunity v roce 2004 přistávaly nikoliv s pomocí brzdících raket, ale „žuchly" na povrch zabalené do hroznu airbagů. NASA tak navazovala na misi Viking ze sedmdesátých let minulého století, což ale byla mnohem ambicióznější a lépe financovaná výprava. I při srovnání absolutních cen stály dvě sondy Viking o řád více než Phoenix – přitom tato částka je za třicet let silně znehodnocena inflací.



Snímek místa přistání, dole je vidět část sondy Phoenix.

Sedm minut před plánovaným vstupem do atmosféry odhodil Phoenix nyní již nepotřebný přeletový stupeň. O třicet sekund později zahájil půldruhaminutové otáčení tak, aby byl nasměrovaný tepelným štítem vstříc atmosféře. Následujících pět minut byla rezerva, kdy se nedělo prakticky nic (kromě zrychlování sondy, která už byla plně pod vlivem gravitačního pole Marsu).

První kontakt s atmosférou zaznamenala sonda ve výšce 125 kilometrů nad povrchem. Následující tři minuty vše záleželo na spolehlivosti tepelného štítu, který musel odolat teplotě až 1420 stupňů Celsia (46 W na čtvereční centimetr). Ve výšce 12,6 km se měl rozevřít padák sondy. Do přistání v tu chvíli zbývá 217 sekund. Sonda prudce brzdí z nadzvukové rychlosti na podzvukovou, během patnácti sekund má rychlost jen 120 m/sec. Je ve výšce 11 km a odhazuje nyní již nepotřebný tepelný štít.

Následuje rozložení tří přistávacích podpěr (192 sekund do přistání) a aktivace radaru (142 sekund do přistání).

Kritický okamžik přišel 43 sekund před plánovaným přistáním. Sonda je odhozena od vrchní části ochranného štítu s padákem. Děje se tak ve výšce 980 metrů při rychlosti 56 m/sec. Volný pád trvá jen půl sekundy, pak startuje dvanáct hydrazinových motorů. Na plný výkon nabíhají během tří sekund. Aby se vyhnul možné kolizi s dopadajícím padákem, vyhodnocuje palubní počítač směr větru – a pak „posouvá" sondu proti němu. Předpokládá se, že vítr odvane padák na druhou stranu.

Dvanáct sekund před přistáním končí fáze snižování rychlosti, od této chvíle Phoenix sestupuje rychlostí konstantní: 2,4 m/sec. Jakmile senzory na podpěrách registrují kontakt s povrchem, motory jsou okamžitě vypnuté. Dvacet následujících minut se zdánlivě nic neděje: sonda jen vyslala zprávu o přistání. Čeká, až se usadí okolní prach, aby mohla rozložit panely slunečních baterií.

Podaří se – Phoenix úspěšně přistál (68,22

stupňů severní šířky, 234,25 stupňů východní délky, Vastitas Borealis) a je funkční.

První problémy

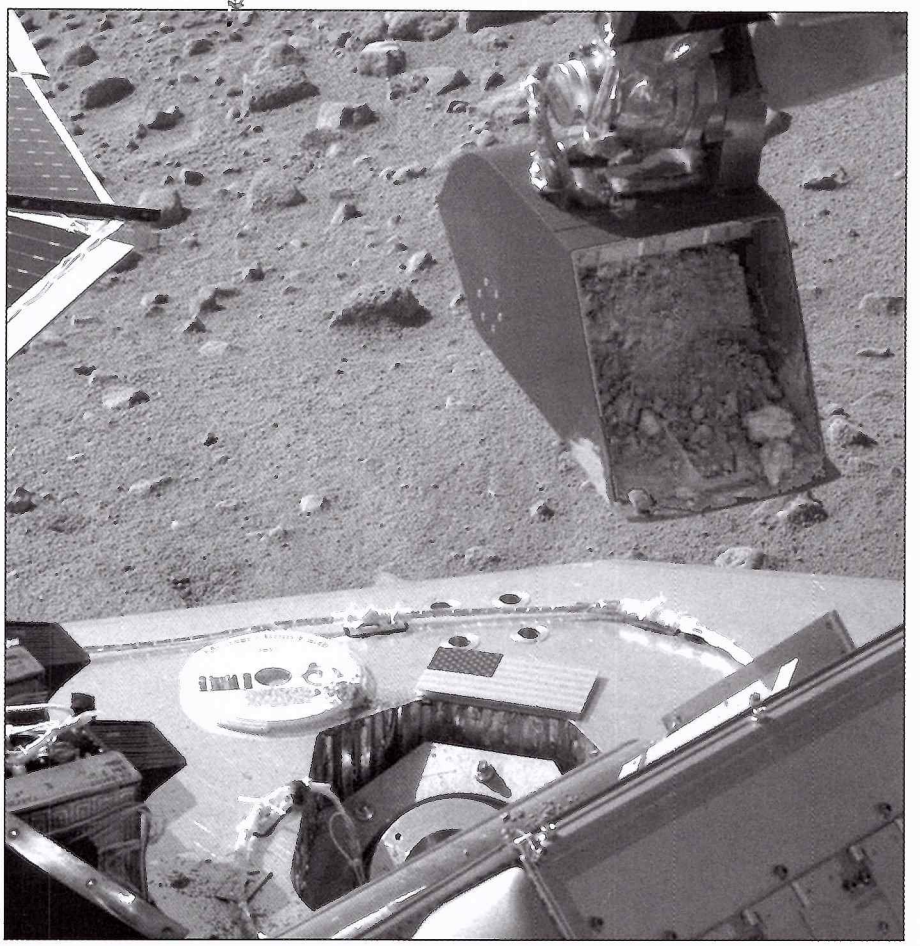
Ač NASA samotné přistání označila v první euforii jako čítankové, o několik dní později je nucena připustit, že to nebyla tak docela pravda. Hlavní brzdící padák sondy se totiž otevřel o sedm sekund později, než měl. Což v pečlivě propočítané choreografii přistání Phoenixu mohlo mít velmi vážné důsledky. Proč k tomu došlo, je nyní předmětem šetření.

Další potíže na sebe nenechaly dlouho čekat, objevily se už v den přistání – naštěstí nikoliv přímo na Phoenixu. Došlo totiž k jednostrannému přerušení spojení přes družici MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) kroužící dlouhodobě na oběžné dráze Marsu a mající za cíl sloužit jako retranslační stanice. Sonda MRO signály od Phoenixu přijímala a předávala na Zemi, ale nefungovala v opačném směru: tedy nepředávala povely ze Země k Phoenixu. Naštěstí současná situace na oběžné dráze Marsu (tři fungující sondy, všechny s retranslační kapacitou pro podporu přistávacích misí) umožnila rychlé „přehození" komunikace na záložní automat Mars Odyssey.

Další problém ale způsobil zodpovědným manažerům mnohem větší vrásky na čele: neodklopil se biologický kryt (chránící před biologickou kontaminací) manipulátoru **RA** (Robotic Arm) o délce 2,35 m, který měl sbírat vzorky hornin a ledu z okolí a dopravovat je k vyhodnocení palubním přístrojům.

Na tomto místě by asi bylo vhodné si představit právě přístrojové vybavení sondy, protože právě ono je základem celé mise. Na manipulátoru je umístěna barevná kamera **RAC** (Robotic Arm Camera), která bude pořizovat jednak snímky okolí a jednak snímky odebíraných vzorků hornin. Nejdůležitější „oči" sondy ovšem bude představovat stereokamera **SSI** (Surface Stereo Imager). Přistávací manévr pak měl být monitorovaný pomocí kamery **MARDI** (Mars Descent Imager), NASA ale ji ale nakonec rozhodla z bezpečnostních důvodů (možná interference s dalšími aparaturami) nezapínat.

Vzorky získané pomocí RA budou zpracovávány v zařízení **TEGA** (Thermal and Evolved Gas Analyzer), což je kombinace vysokoteplotní pícky a masového spektrometru. Celkem má osm komůrek (každá zhruba velikosti a rozměru běžné propisky), takže bude možné prozkoumat osm různých vzorků. Přístroj má být schopen detekovat organické látky ve vzorku, pokud jejich koncentrace bude alespoň 10 ppb (particle-per-billion, částic na miliardu). Každý vzorek bude postupně zahřívaný, přičemž je sledováno uvolňování jednotlivých složek.



Manipulátor RA přenáší první vzorek horniny k analyzátoru TEGA.

Podobným přístrojem (alespoň z hlediska filozofie práce) je **MECA** (Microscopy, Electrochemistry, and Conductivity Analyzer), který obsahuje mokrou laboratoř, optický a atomový mikroskop a tepelnou plus elektrickou kondukční sondu. Schopnost tohoto přístroje bude rozlišit částice větší než 16 mikrometrů. Každý vzorek (celkem mohou být provedeny čtyři analýzy) bude umístěný do mokré laboratoře, kde k němu bude přidána voda (přivezená ze Země) a budou zkoumány jeho reakce. Cílem pokusu je zjistit příhodnost prostředí planety pro vznik a vývoj života.

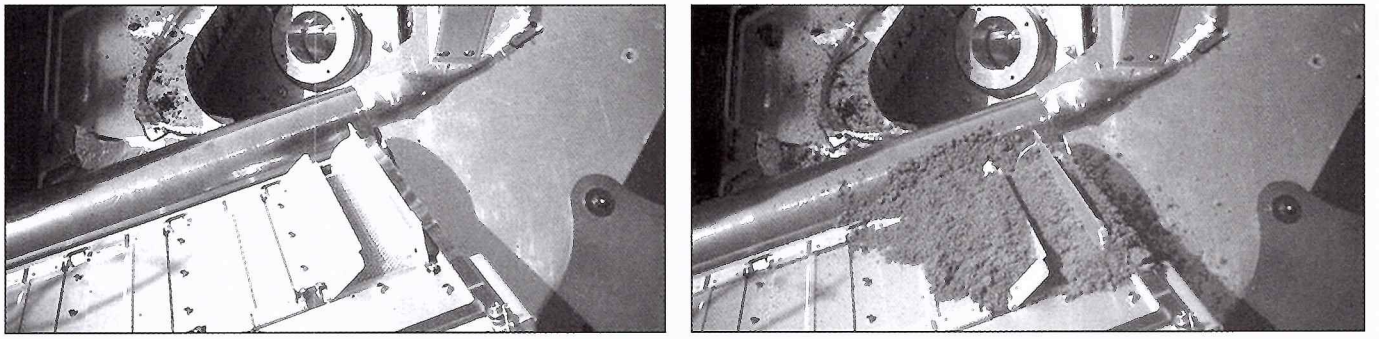
Posledním přístrojem na palubě sondy Mars Phoenix je meteorologická stanice **MET** (Meteorological Station) vybavená laserem schopným měřit množství a velikost částic v atmosféře planety až do výšky dvaceti kilometrů.

Na Marsu den po dni

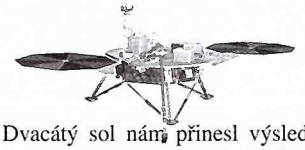
Biologický kryt manipulátoru RA se nakonec podařilo uvolnit třetí sol pobytu na Marsu. Podle všeho byl pouze „zatuhlý" po dlouhodobé nečinnosti v průběhu meziplanetárního přeletu.

Manipulátor RA se hned (sol 4) vrhl do práce, když jeho kamera RAC nahlédla do míst pod sondou, kam ostatní palubní kamery „nevidí". A nalezla zde obnažené, hladké a velmi světlé plochy – prvotní předpoklad zněl, že by mohlo jít o led. Tedy o to, kvůli čemu se Phoenix na Mars vydal.

Na sol 6 nachystala NASA první testy „hra-



Analyzátor TEGA před a po nasypání prvního vzorku horniny. Všimněte si na levých dvířek komůrky, která se zcela neotevřela.

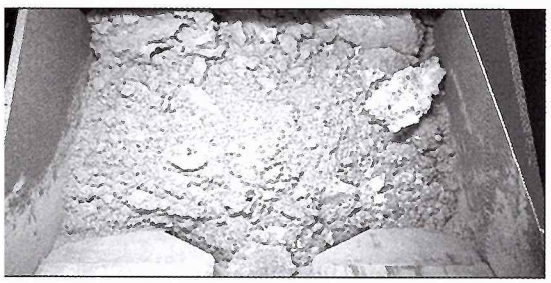


bání“ s manipulátorem RA. Zatím šlo o testy, takže byly prováděné „nanečisto“. Následující sol se uskutečnil první odběr hornin, ale i ten byl pouze testovací – takže nabraný vzorek byl přenesený o pár centimetrů a hned vysypaný. Nicméně už tento test přinesl důležité zjištění: v místě použití manipulátory byly viditelné stopy světlého materiálu.

Sol 8 přinesl další problém, když se úplně neotevřela levá část dvojitých dvířek na jedné analytické komoře přístroje TEGA. Zatímco se technici snažili tento problém řešit, byl devátý sol pobytu na Marsu s pomocí RA odebraný druhý cvičný vzorek. Ve stejný den přešla retranslační sondy Mars Odyssey do bezpečnostního módu, ale k dispozici již byla plně funkční MRO. Takže si opět prohodily své již jednou prohozené role.

Jedenáctý sol přinesl první odběr „ostrého“ vzorku hornin, a to z hloubky 20 až 40 mm. Manipulátor RA byl „zaparkovaný“ nad příslušnou analytickou komorou (stále neotevřenou, bylo usouzeno, že na funkci nebude mít tento stav vliv) přístroje TEGA. Dvanáctý sol byla hornina vysypána – jenomže přes mřížku s milimetrovými otvory propadl asi jen 1 mg horniny. Pro kvalitní analýzu přitom bylo zapotřebí 20 až 30 mg. Nepomohlo ani pětiminutové vibrování s mřížkou, další hornina už nepropadla.

Úspěch nepřineslo ani dalších dvacet minut vibrací (sol 14). Hornina měla evidentně vysoký obsah velmi jemného prachu, který vyplňuje prostor mezi zrnky a slouží jako jakési pojivo. Mars ale umí překvapit – a tak šestnáctý sol vzorek nečekaně a najednou propadl do komory



Detailní pohled na vzorek horniny v manipulátoru RA.

TEGA. NASA toho okamžitě využila, o den později ji uzavřela a zahájila analýzy (spočívající v postupném zahřívání a sledování chování).

Aby nebyl mařený čas, došlo (sol 17) k umístění malého vzorku půdy na pozorovací plochu optického mikroskopu MECA. Ukázala se nám hornina skládající se z čtyř základních minerálů a obsahující větší černé sklovité částice (vulkanické sklo) a menší narudlá zrnka prachu (zvětralé částice s vysokým obsahem železa). Manipulátor RA pak (sol 18) zkoušel vyhrabat větší jámu na povrchu planety: jeho teoretický dosah je půl metru pod úrovní přistání sondy. Dostal se až na hloubku 6 cm, přičemž na dně výkopu se objevil bílý materiál. Tento byl označený jako led, což se později potvrdilo – mj. během několika solů v řídké atmosféře vysublimoval. Tento objev potvrdilo další odkrytí povrchové vrstvy horniny, což vedlo k předpokladu, že jsou měření sondy Mars Odyssey hovořící o ledu hned pod povrchem na 20 až 25 procentech planety správná.

Dvacátý sol nám přinesl výsledky prvních analýz prvního vzorku v přístroji TEGA. Nejdůležitější bylo zjištění, že neobsahuje žádné molekuly vody. I když rozhodně nešlo o zjištění překvapivé. Jednak byl tento vzorek odebraný příliš blízko povrchu planety (tedy v oblasti, kde se existence ledu nepředpokládala). A jednak ležel několik dní na sondě (než propadl mřížkou do analyzátoru), takže by jakákoliv voda nejspíše stačila vysublimovat.

NASA se proto začala připravovat na analýzu druhého vzorku a otevřela další komoru TEGA (sol 25). Mezitím ovšem pokračovaly další rozbory prvního vzorku: třicátý sol byl zahřátý až na tisíc stupňů Celsia, čímž začala týdenní analýza odpařených plynů. V době uzávěrky tohoto Kozmosu nebyly její výsledky k dispozici, nicméně první data potvrdila, že hornina se někdy v minulosti s vodou setkala.

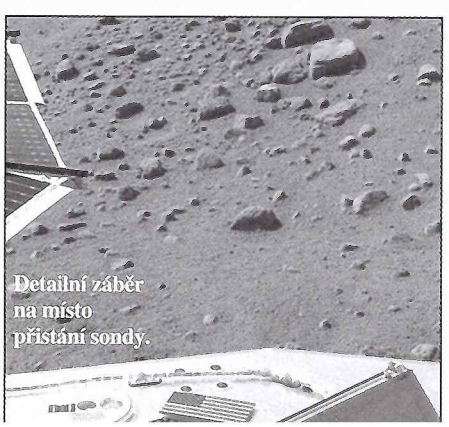
Ve stejné době byl umístěný první vzorek do „mokré laboratoře“ na MECA. Po analýze byl svým složením přirovnaný k suchým oblastem Antarktidy. Zásaditost s pH 8 až 9 a obsah solí hořčíku, sodíku, draslíku a chloru ještě více potvrdily přítomnost vody. Bylo objeveno značné množství živin, či chemikálií nutných pro život jak ho známe na Zemi. Což vedlo k senzačním novinovým titulkům typu „Mars příhodný pro život“ – to je ale zjednodušení problému, protože hornina je jedním, nikoliv však jediným předpokladem pro vznik a existenci života.

Manipulátor RA poté (sol 36) umístil do analyzátoru TEGA další vzorek. Vzhledem k tomu, že se na přístroji postupně objevilo opakovaně několik zkratů, rozhodla se NASA se vzorkem nakládat tak, jako by byl poslední (ač přístroj TEGA nabízí ještě šest pokusů). Neb neměla jistotu, zdali se některý ze zkratů nestane pro analyzátor smrtelným. Proto byl pro rozbor vybraný vzorek, který bude určitě obsahovat vodu. Jeho analýza skončila až po uzávěrce tohoto Kozmosu.

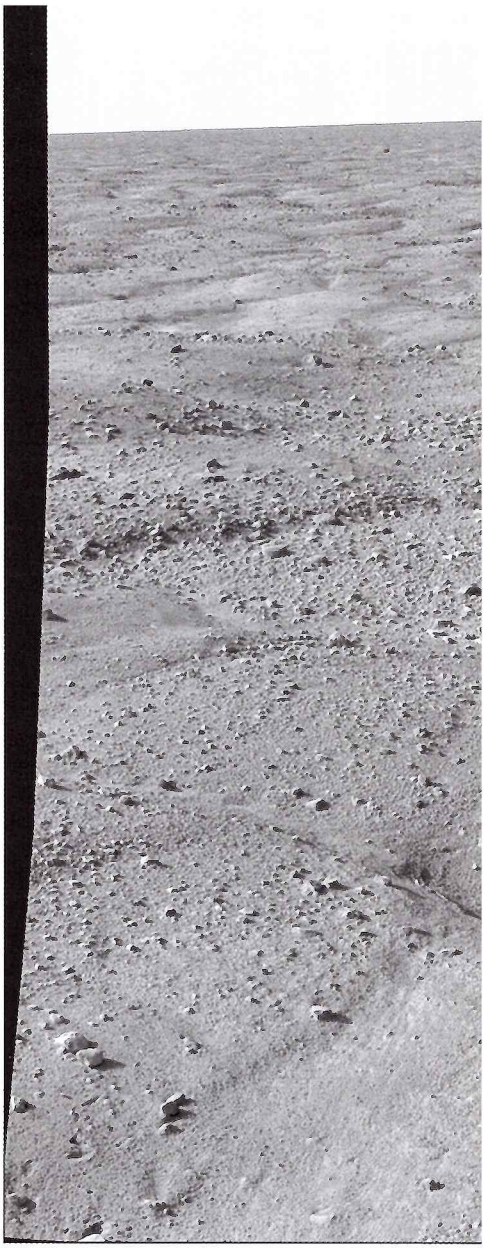
Umíráček zazvoní na podzim

NASA se tentokráte pojistila proti tomu, aby se opakovaly „problémy“ s předchozí dvojicí robotů Spirit a Opportunity, kteří byli na Rudé planetě vysazeni v lednu 2004 s tím, že budou fungovat tři měsíce. Pracují dodnes, což je z jedné strany jistě velký úspěch, ze strany druhé ale roboti nečekaně vážou množství finančních prostředků, přenosové kapacity z meziplanetárního prostoru (příjem signálu z hlubin vesmíru umožňuje jen několik stanic na světě, a ty jsou dnes přetížené), ale především kvalifikovaných pracovníků, kteří už dávno měli být nasazeni na jiných projektech.

Americkým vědcům je přitom líto roboty Spirit a Opportunity vypnout: jsou mobilní, takže zkoumají stále nové a nové lokality. A co když



Detailní záběr na místo přistání sondy.



Krajina na Marsu v místě přistání.

nejzajímavější objev čeká takříkajíc „za příštím rohem“?

Naproti tomu Phoenix je stanice statická, která se nepohybuje. NASA sice zvažovala, že by zbytku pohonných látek v nádržích využila k tomu, že sonda po několikatýdenním pobytu na povrchu zažehne své motory a popoletí do jiné lokality (klidně i jen několik desítek či stovek metrů vzdálené), ale nakonec zvítězila bezpečnost mise. Zbytky pohonných látek byly vypuštěny, protože jejich skladování v nádržích na povrchu Marsu znamenalo, že bude existovat hrozba, že tyto nádrže po čase přetlakem explodují.

NASA dobře ví, že většinu získatelných výsledků dostane ze sondy Phoenix vlastně v prvních týdnech po přistání. Dále by mohla fungovat jen jako meteorologická stanice, která sleduje změny okolí v průběhu jednotlivých ročních období. Úpravy sondy pro delší přežití stejně jako její řízení (byť velmi omezené) ale podle expertů neospravedlňuje její dlouhodobé zajišťování. A tak už dnes víme, že okolní podmínky povedou nejpozději v říjnu letošního roku k tomu, že elektronika sondy bude zničena mrazem.

TOMÁŠ PŘIBYL

Foto NASA

Mohol v kráteri Holden vzniknúť život?

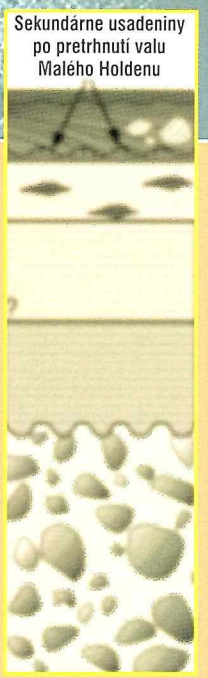
Sonda MRO fotografovala impaktný bazén Holden počas blízkeho obletu v marci 2007 z výšky 162 kilometrov. Obnažené usadeniny na stenách krátera, ktorý vznikol na dne oveľa väčšieho, staršieho impaktného bazéna, objavili hrubé vrstvy usadenín. Objav umožnil doteraz najkomplexnejšiu rekonštrukciu geologickej minulosti planéty.

Pri podrobnom štúdiu snímok zo sondy Mars Reconaissance Orbiter objavili vedci megabrekciu, doteraz najhrubšie súvrstvie usadených hornín na povrchu Marsu. Brekcie (kompaktné vrstvy starých usadenín) rozlíšila kamera HiRiSe na stenách impaktného krátera Holden. Hrúbka sedimentov svedčí o tom, že v kráteri sa dlhý čas udržalo hlboké jazero vody. Holden sa stal ideálnym miestom pre pristátie sondy, ktorej úlohou bude hľadať stopy života na Červenej planéte.

Holden je impaktný kráter na dne staršieho, veľkého impaktného bazénu Holden. Ten už pred dopadom telesa, ktoré vytvorilo Malý Holden, križovali veľké kanály, preplachované občasnými povodňami. Kanálmi sa do centrálnej oblasti, kde sa cyklicky obnovovalo prajazero, kam sa premiestňovali vodou strhnuté horniny. Usadzovali sa do kompaktných vrstiev, v ktorých vedci detegovali minerály, tvoriace sa iba v prítomnosti vody.

Dopad asteroidu na dno Holdenovho bazéna vymrštil do okolia veľké množstvo materiálu, v ktorom sa dajú rozlíšiť aj balvany s priemerom 50 metrov. Tieto horniny sa sformovali do megabrekcií, zmesi veľkých balvanov, premiešaných s menšími kusmi a hlinou. Ide o doteraz najstaršie obnažené usadeniny na marťanskom povrchu!

Päť percent usadenín na povrchu megabrekcie tvoria vrstvy jemnej hliny. Podľa všetkého ide o usadeniny na dne sekundárneho, dávno vyschnutého jazera na dne impaktu Holden. Na miestach s takouto kompozíciou usadenín hľadáme stopy dávneho života aj na Zemi.



Prierez usadeninami na stenách krátera Holden: na spodku je stará, kompaktná megabrekcia, nad ňou usadeniny hliny, ktoré sa ukladali na dne jazera. Vedci po analýze usúdili, že Mars v ranom období ovplyvnili najmenej dve „mokré obdobia".

To však nie je všetko. Na vrstvách hliny, ktorá sa usadila aj na dne Holdenovho bazéna, objavili aj vrstvu pozliepanú z väčších fragmentov. Podľa vedcov ide o naplaveniny po gigantickej záplave, keď sa prelomil okrajový val impaktu. Materiál, ktorý záplava strhla, rozrušil najvrchnejšie usadeniny na dne starého jazera, premiešal sa s nimi a usadil sa v okolí za prelomeným valom.

Objem vody, ktorá sa vyvalila z krátera Holden, odhadujú vedci na 4000 kubických kilometrov. V kráteri bolo viac vody ako v Hurónskom jazere na pomedzí Spojených štátov a Kanady. Záplava vyplavila do okolia aj balvany s priemerom 80 metrov! Erozívna sila valiacej sa vody obnažila prastarú megabrekciu na dne starého Holdenovho bazéna, ktorej zloženie pripomína impaktom vymrštený materiál v okolí veľkých impaktných kráterov na Zemi. Jedným z nich je kráter Popigaj na Sibíri.

Marťanské vetry, ktoré na zamrznutej, vysychajúcej planéte po celé miliardy rokov premiestňujú obrovské množstvo erodovaného materiálu, megabrekcie okolo veľkých kráterov už dávno zasypali. Voda, ktorá prerazila val okolo krátera Malý Holden, jednu z marťanských megabrekcií dôkladne obnažila, iba preto ju kamera HiRiSe mohla objaviť.

Vedci zistili, že hlina v megabrekcii tvorila kedysi, ešte pred impaktom Holden, usadeniny na dne jazera veľkého bazéna Holden. Materiál, s ktorým je hlina premiešaná, podlieha erózii rýchlejšie ako materiál, ktorý tvorí zvyšok prelomeného valu.

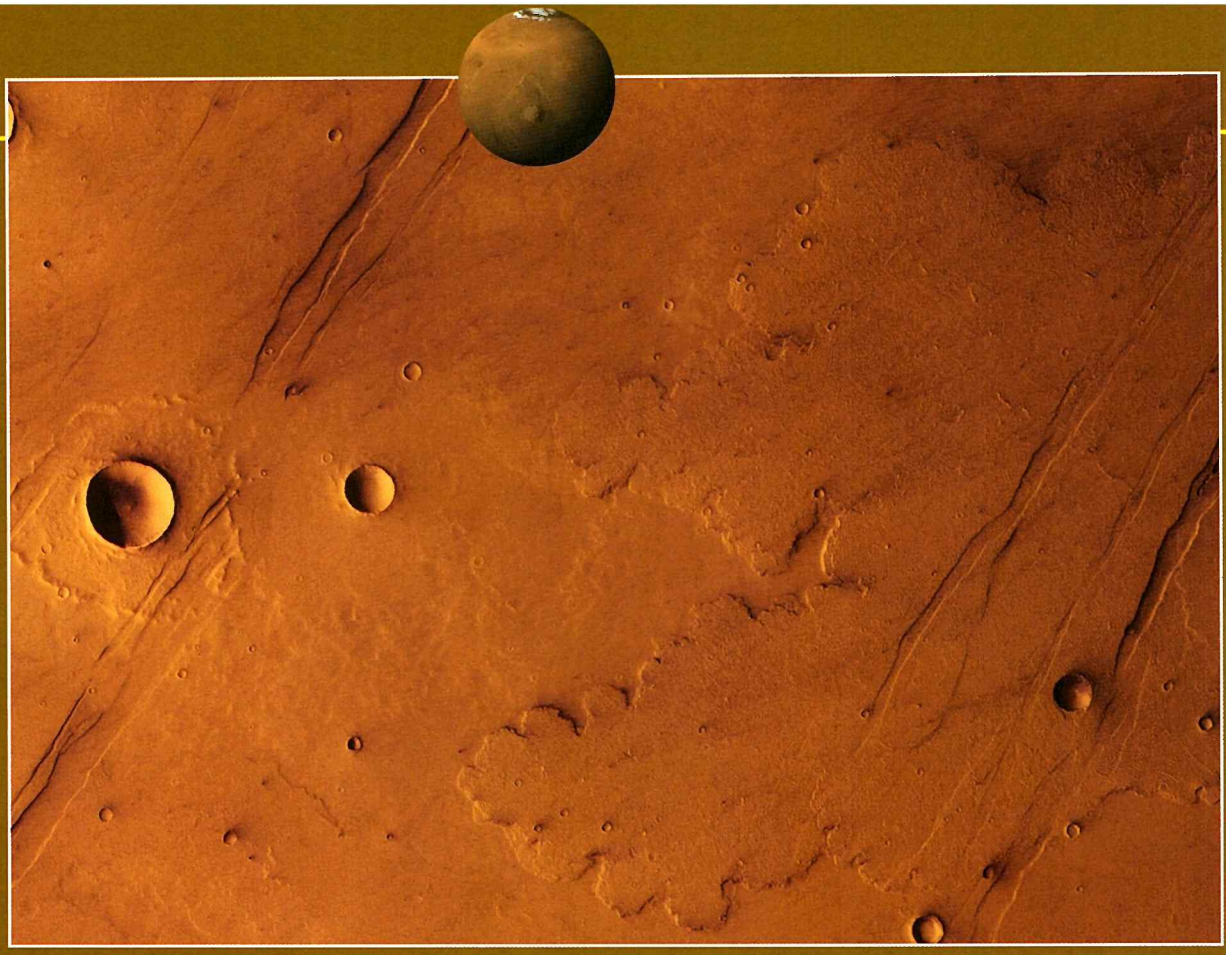
Holdenov kráter je jednou zo šiestich lokalít na Marse, kde sa mohol zrodiť a vyvíjať život. Možno práve v ňom pristane sonda Mars Science Laboratory, ktorú vypustia v budúcom roku.

Podmienky na vznik života sa na Červenej planéte udržali iba v ranom štádiu jej evolúcie, v prvom období po sformovaní pevného povrchu a vytvorení dostatočne hustej atmosféry. Marťanská atmosféra, možno kvôli periodicky pohasínajúcemu vulkanizmu, postupne zredla. Planéta bez obalu atmosféry rýchle vychladla. Voda na povrchu zamrzla, kolobeh vody sa znížil na minimum. Povrch vysušeného Marsu formuje odvtedy iba veterná erózia.

V prastarých, obnažených sedimentoch v kráteri Holden sa však stopy života z vlhkého obdobia zachovať mohli. Nie je však vylúčené *(pozri článok na str. 10)*, že aj po tomto suchom a chladnom období vulkanizmus ožije, atmosféra zhustne a zamrznutá voda opäť vytvorí životodarný kolobeh.

NASA Press Release

Na detailnej snímke Holdenovho krátera rozlíšite aj vrstvu, ktorá sa na dne bazéna Holden usadila, keď sa stena malého Holdena prelomila a voda z jazera zaplavila veľký bazén. V tejto vrstve je hlina premiešaná s balavanmi oveľa starších hornín *(pozri prierez na schéme)*.



Deadalia Planum: planina zaliata lávou pred 100 miliónmi rokov. Počet impaktov na jej povrchu je relatívne malý.

Vulkanická minulosť Červenej planéty

Po najnovšej analýze údajov z impaktných kráterov na Marse vedci zistili, že povrch planéty v ranom období výrazne formoval vulkanizmus. Boli to opakujúce sa a dlhotrvajúce epizódy, počas ktorých stovky vulkánov vynášali na povrch množstvo lávy a vody.

Dôkazy vulkanickej aktivity na mladom Marse získala High Resolution Stereo Camera (HRSC) na sonde Mars Express. Vedci pomocou fotografií dokázali presne odhadnúť vek veľkých oblastí a spresniť, kedy ku globálnym výronom lávy došlo.

Evolúcia povrchu Zeme prebiehala kontinuálne, a ak odhliadneme od dvoch bombardovaní asteroidmi, bez dlhých ohnivých kataklizien. Povrch Marsu však sformovalo najmenej päť globálnych vzplanutí vulkanizmu. Ohnivá éra začala na Červenej planéte po teplom a vlhkom období, ktoré kulminovalo pred 3,8 miliardami rokov. Vulkanické obdobia sa striedali s relatívne pokojnými obdobiami.

Prvé vulkanické obdobie sa začalo pred 3,5 miliardami rokov; druhé pred 1,5 miliardami rokov; tretie, ktoré trvalo 400 miliónov rokov, pred 800 miliónmi rokov; štvrté pred 200 miliónmi rokov; posledné, piate, pred 100 miliónmi rokov. Odhady v prípade prvých dvoch sú určené s presnosťou na 100 až 200 miliónov rokov, v prípade posledných troch na 20 až 30 miliónov rokov.

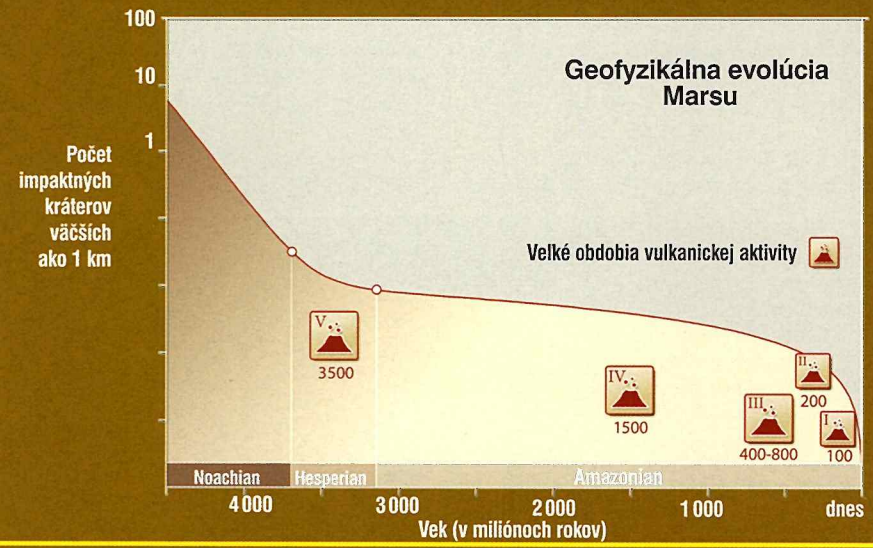
Vek jednotlivých vulkanických epizód odvodzovali z počtu malých kráterov na povrchu. Čím starší je povrch, tým viac impaktných kráterov rôznych veľkostí sa na ňom akumulovalo.

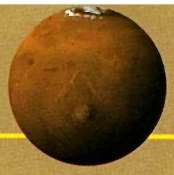
Túto metódu mnohí spochybňovali. Tvrdili, že menšie kráter mohli vzniknúť sekundárne, po dopade obrích asteroidov, ktoré rozmetali do okolia veľké kusy povrchu. Na snímkach z posledných rokov sa však na povrchu Marsu objavili najmenej dva tucty čerstvých impaktov, svedkov nedávnych kolízií. Metódu podoprela aj analýza tvarov a hĺbok malých kráterov.

V obdobiach globálneho vulkanizmu zaliala láva veľké plochy marťanského povrchu. Vulkanickú aktivitu sprevádzali aj gigantické výrony roztopenej vody, zamrznutej v podloží, spôsobujúce rozsiahle povodne a záplavy.

Pomocou počítačových modelov vedci zistili, že aj na Marse, podobne ako na Zemi, sa začínala vytvárať platňová tektonika. Aj na Marse sa kôra popraskala a pohyb jednotlivých krýh, kontinentov, sa začal formovať do geostroja, formujúceho povrch. Platňová tektonika v súčasnosti nefunguje, ale kým vnútro Marsu nevychladne, môže sa objaviť opäť. Prečo geostroj Marsu funguje inakšie ako geostroj Zeme, to vedci zatiaľ vysvetliť nevedia. Senzácia je však na svete: Mars je ešte vždy geologicky aktívna planéta.

Planetary Science Institute Press Release





Vyvieračky na povrchu Marsu? Asi nie...

Od roku 1999, keď Michael Malin, šéf Centra pre analýzu marťanských fotografií, zverejnil v časopise Science objav dvoch nových vyvieračiek vody tam, kde predtým neboli, existenciu tečúcej vody na povrchu marsológovia odobrili. Začali sledovať aj staré vyvieračky a do máp zanášali i stovky novoobjavených prameňov.

Akceptovala sa aj teória, podľa ktorej ide o vodu z podzemných bazénov, ktorá prúdi po nepriepustných vrstvách a vyráža na povrch v strmých svahoch niektorých kráterov a kaňonov. Podľa tejto teórie v podmienkach Marsu (teploty pod bodom mrazu a extrémne nízky tlak) sa voda v tekutom skupenstve udrží iba niekoľko minút, aj tak však dokáže pod vyvieračkami vyhĺbiť rozkonárené žľaby, ktoré sa zužujú do stratena, alebo zanikajú v kužeľoch zosunutých hornín pod svahmi.

Teóriu nikto nespochybnil, pretože podrobný prieskum zo sond overil na Marse obrovské množstvo vodného ľadu zaviateho pieskom a prachom, a to nielen v polárnych čiapočkách, ale aj v nižších zemepisných šírkach. Objav niekoľkých zamrznutých jazier s obnaženým ľadom údaje prieskumu potvrdili.

Vedci z Arizonskej univerzity však vo februári tohto roku uverejnili v časopise Geology štúdiu, podľa ktorej žľaby pod „vyvieračkami" nevyhĺbila voda, ale lavínky rozdrobeného materiálu. Autori analyzovali topografické údaje marťanských fotografií, ktoré získala kamera HiRiSe na sonde Mars Reconaissance Orbiter.

Snímky porovnali s modelmi správania sa tekutín v podmienkach Marsu. Zistili, že žľaby vyhĺbené vodou pod „vyvieračkami" by mali vyzerať inakšie ako na snímkach. Dospeli k záveru, že žľaby vytvorili skôr lavínky suchého materiálu, piesku či štrku.

Objav je významný, pretože práve okolie vyvieračiek sa zdalo byť najpríhodnejším miestom pre pristávacie sondy, skúmajúce stopy organického života. Medzi vytipovanými miestami sa však ocitlo iba niekoľko, lebo strmé svahy nie sú práve ideálnym miestom na pristátie sondy, o prieskume okolia pomocou roverov ani nehovoriac. Na svahoch s takým sklonom by sa prevrátili a zosunuli do údolia.

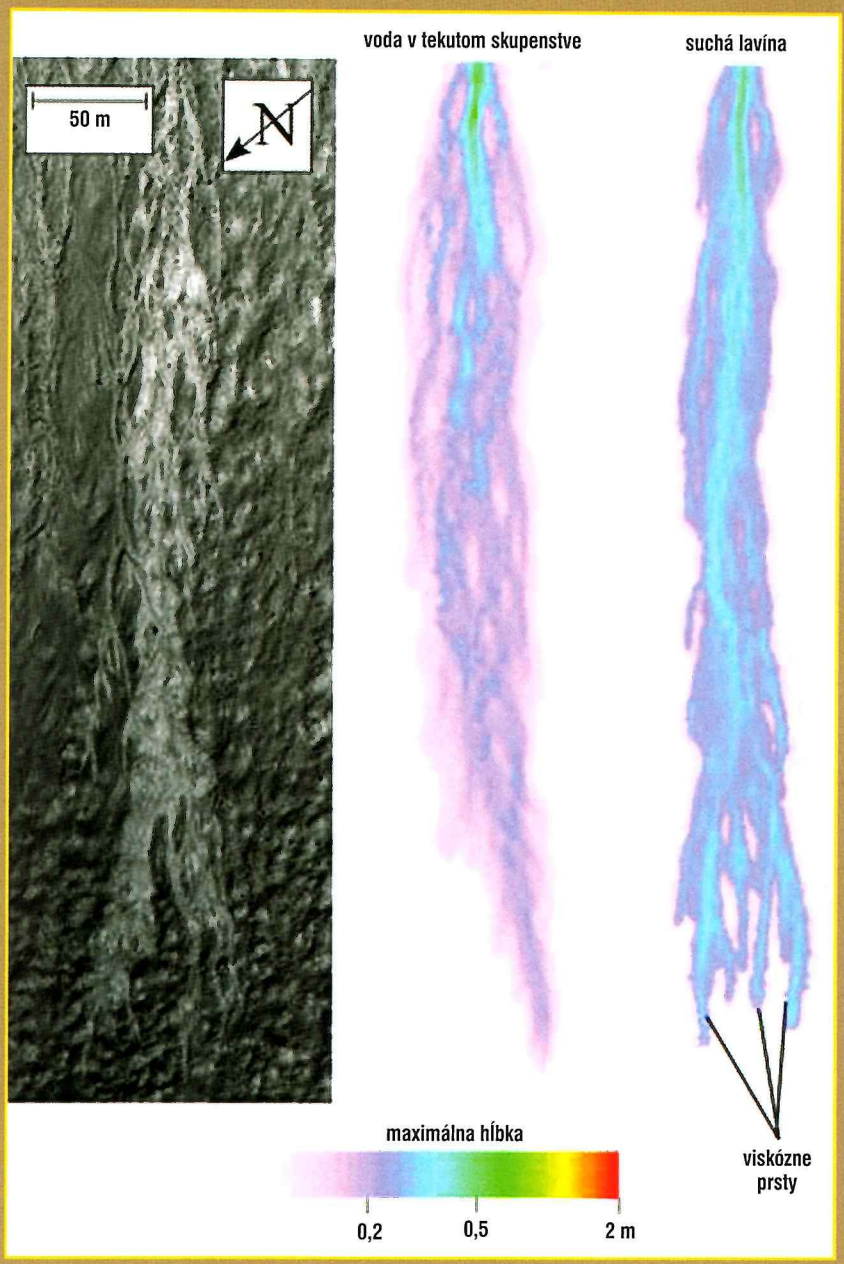
Štúdia Jona Pelletiera a Alfreda McEwana nevylučuje možnosť bahna, ktoré obsahuje 40 % vody a 60 % v nej rozptýlených sedimentov. Takéto bahno by sa správalo podobne ako horúca láva. HiRiSe, napriek doteraz najlepšej rozlišovacej schopnosti, nedokáže rozlíšiť, či ide o bahno, alebo suché lavíny.

Pelletierov tím využil stereoskopické mapy vyhotovené počítačom (tzv. modely digitálnej elevácie, DEM), ktoré zviditeľňujú, ako sa vytipované územie formuje. DEM sníma terén z dvoch rozličných uhlov, čo umožňuje vyhotovenie plastických snímok s vysokým rozlíšením.

Kľúčom k spochybneniu Malinovej správy boli DEM-mapy z krátera v Centauri Montes, kde Malin v roku 1999 objavil dve nové vyvieračky. Pelletier porovnal topografické informácie s počítačovými modelmi správania sa tekutiny (vody) a suchých lavín na strmom svahu. Ukázalo sa, že reálne žľaby sú skôr dielom suchých lavín ako vyvierajúcej vody.

Tím v najbližších mesiacoch preskúma aj ďalšie vyvieračky. 26. mája 2008 o 1:37 SELČ bola vypustená na padáku sonda Phoenix Mars Mission, ktorá mäkko pristála (68,22° severne a 234,3° východne) a už začiatkom júna začala získavať z pôdy a ľadu vzorky. (Terčom by mala byť oblasť vo vysokých marťanských šírkach, južne od severnej polárnej čiapočky.)

Geology, Science



Na snímke vpravo vidíte žľab pod „vyvieračkou" na svahu krátera v Centauri Montes. Ďalšie dva obrázky vyhotovil počítač. Obrázok v strede znázorňuje, ako by mal žľab vyzerať, keby ho vyhĺbila voda. Obrázok vpravo ukazuje, aký žľab by vyhĺbila suchá lavína. Obrázok vpravo viac pripomína reálnu fotografiu z kamery HiRiSe.

Jon Pelletier, vedúci tímu z Arizonskej univerzity, ktorý Malinove vyvierečky vody spochybnil.

200 soľných jazier na Marse

Tím vedcov z Havajskej univerzity objavil na južnej pologuli Marsu vyše 200 oblastí pokrytých hrubými depozitmi chlórnatých solí. Depozity prezradila spektrálna analýza prístrojov na sonde Mars Orbiter. Tieto miesta (s rozmermi 700×700 m až 18×18 km) s určitosťou vymedzujú oblasti, ktoré boli na mladom Marse zaliate vodou. Práve tam sa mohli zachovať fosílie živých organizmov, ak sa, pravdaže, vyvinuli.

Boli to napospol plytké jazerá, ktoré sa periodicky vyparovali. Vodu v nich dopĺňali buď dažde, alebo vyvieranie vody z podzemia. Ide o súostrovie navzájom neprepojených soľných paniev, takže s určitosťou možno povedať, že nejde o pozostatok oceánu.

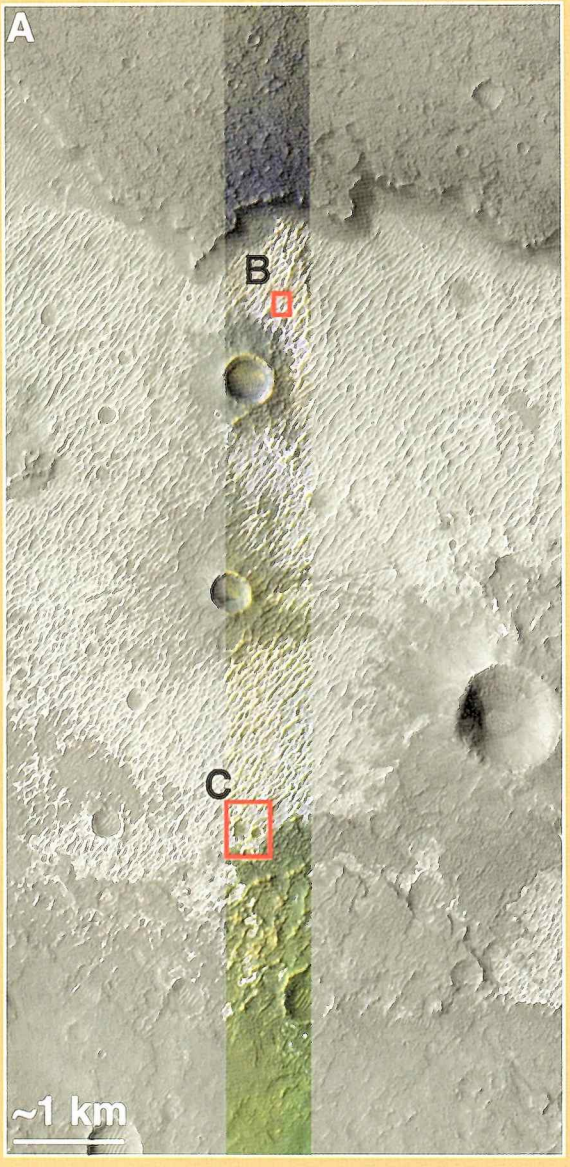
Vedci skúmali povrch južnej pologule Marsu vo viditeľnom i infračervenom svetle. V infraoblasti sa najlepšie zviditeľňujú rozličné typy minerálov a hornín. Soľné panvy objavili po analýze tisícok fotografií a po ich spracovaní na počítači vo falošných farbách. Hodno spomenúť, že oblasti pokryté kobercom chloridov sa vyskytujú iba na južných vysočinách, vytvorených z najstarších hornín.

Väčšinu depozitov objavili na dne bazénov, ku ktorým sa zvažujú mnohé kanály a riečištia. Vytvorili sa pred 3,9 až 3,5 miliardami rokov v čase, keď vyvrcholilo a doznievalo dlhé a vlhké obdobie na mladom Marse.

Okrem depozitov solí vyhľadávajú vedci aj oblasti pokryté usadeninami hliny či minerálmi síry. Usadeniny hliny dokazujú dlhodobú sedimentáciu vo vodnej nádrži, sírany sa mohli sformovať počas vyparovania jazier a bazénov. Aj v takomto prostredí sa mohol sformovať život.

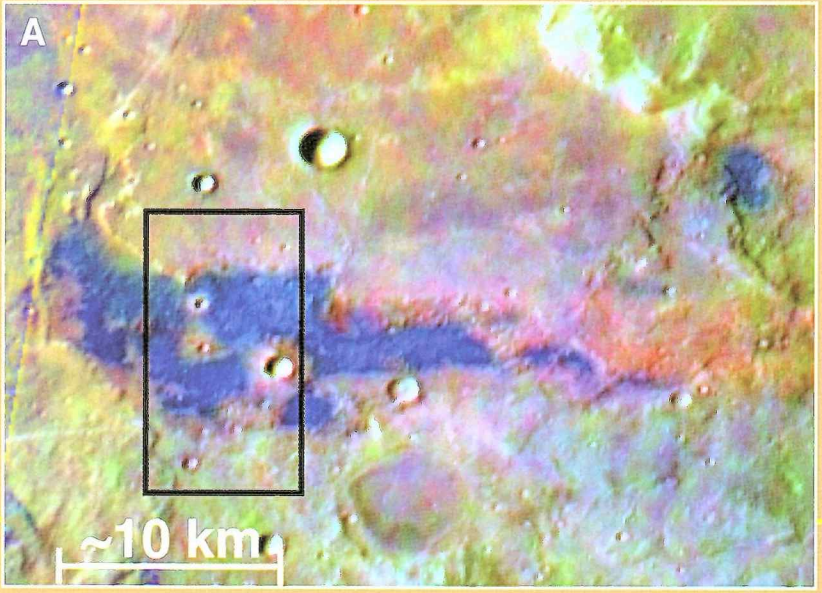
Soľné depozity sú pre hľadanie života najperspektívnejšie, lebo sa mohli vytvoriť iba na dne nádrží zaliatych vodou celé milióny rokov. Soľ je mimoriadne vhodná na uchovávanie živých organizmov. V pozemských podmienkach sa podarilo oživiť baktérie, ktoré prespali v soľnom obale milióny rokov.

Sonda Mars Orbiter krúži okolo Marsu už siedmy rok. Je to najlacnejšia z posledných misií, ktoré boli vyslané k Červenej planéte. V najbližších rokoch sa sonda sústredí na zmapovanie oblastí pokrytých hlinou a minerálmi síry. **NASA Press Release**



Fotografia vo falošných farbách zviditeľňuje depozity chloridov v jednej z 200 podobných oblastí. Minerály chloridov sú svetlé. Zasolené oblasti pripomínajú soľné panvy na Zemi.

Na ďalších dvoch snímkach vidíte povrch panvy z obrázku vľavo v detaile. Usadeniny soli na dne vysychajúceho jazera popraskali.



Zobrazená panva leží na 221° východnej dĺžky a 38,8° južnej šírky uprostred zbrázdenej oblasti Terra Sirenum. Snímky vyhotovila kamera HiRiSe na palube sondy Mars Reconaissance Orbiter v marci 2007, v čase, keď na južnej pologuli Marsu vrcholila jar.

Objev zdrojů kosmického záření: Experiment HESS

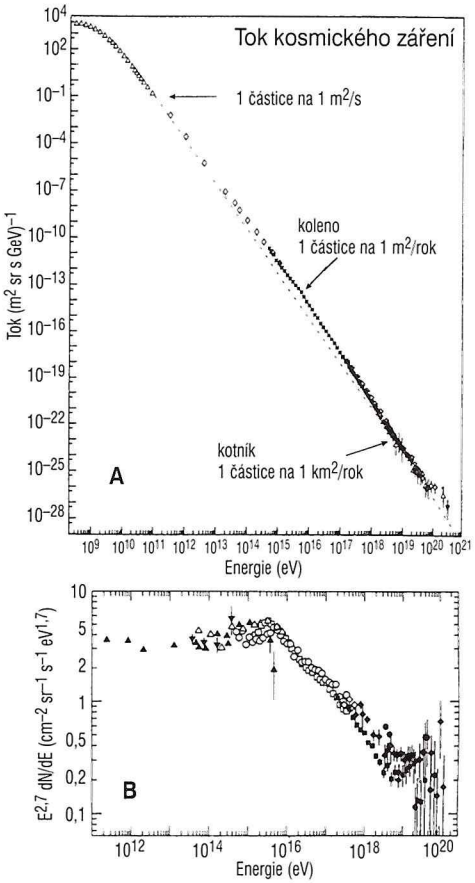
1. Obecné vlastnosti kosmického záření

Země je neustále vystavena ionizačnímu záření z prostoru. Toto záření objevil V. F. Hess při svých balonových letech v roce 1912[1]. Hess pozoroval, že se elektroskopy vybíjejí rychleji s rostoucí výškou. Z tohoto pozorování usoudil, že tento jev nesouvisí s radioaktivním zářením prvků na Zemi, nýbrž se zářením, které vstupuje do atmosféry Země shora. Pozdější experimenty ukázaly, že kosmické záření je z 98% složeno z jader lehkých atomů a zbytek jsou elektrony a kvanta γ. Jadernou komponentu tvoří z 87% protony, ~12% jádra helia a kolem 1% jádra těžších prvků.

1.1 Spektrum energií částic kosmického záření

Spektrum energií je na *obr. 1A*[2]. Energie jsou v intervalu 13 dekád a tok částic rychle klesá od ~10^4 (m^2 sr s GeV)$^{-1}$ při energii 10^8 eV na ~10^{-28} (m^2 sr s GeV)$^{-1}$ při nejvyšších energiích ~10^{21} eV.

Spektrum energií lze rozdělit do tří oblastí, viz *obr. 1B:* V oblasti nízkých energií se pozoruje závislost na sluneční aktivitě. V oblasti mezi 10^{10} a 10^{15} eV je tok částic mocninného tvaru se spektrálním indexem –2,7. Od energie 10^{15} eV klesá spektrum energií rychleji. Tato oblast se nazývá „koleno". V oblasti energií nad „kolenem" je spektrální index –3. Spektrum energií mění tvar opět při energii 10^{18} eV a je méně strmé. Tato oblast se nazývá „kotník". V okolí energií 10^{20} eV se očekává rychlý zánik toku částic kosmického záření, neboť může docházet k reakci, ve které vznikají částice Δ (viz níže).



Obr. 1: **Spektrum energií částic kosmického záření.**

1.2 Původ kosmického záření

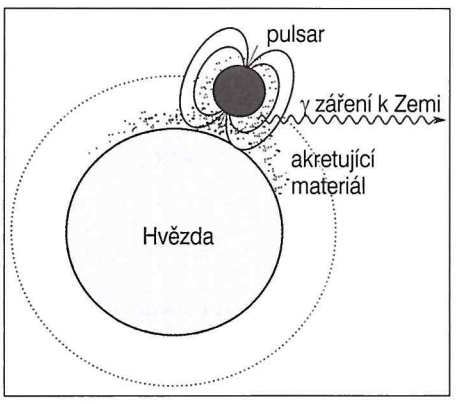
Fakt, že spektrum kosmického záření je mocninného tvaru, vylučuje možnost, že by kosmické záření vznikalo v termických procesech. Kosmické záření musí získávat energii v „kosmických urychlovačích". Kandidáty na kosmické urychlovače jsou explose supernov, pulsary v Galaxii a jety aktivních galaktických jader mimo Galaxii.

Předpokládá se, že kosmické záření s energiemi až do oblasti „kolena" je galaktického původu. Gyromagnetický poloměr r_E (v pc) částice s energií E, nábojem Z v mezihvězdném magnetickém poli ($B = 3\mu$ G) je

$$r_E = \frac{1}{Z}\left(\frac{E}{10^{15}\text{eV}}\right)\left(\frac{B}{10^{-6}\text{G}}\right)^{-1} \qquad (1)$$

Proton s energií 10^{15} eV má v mezihvězdném magnetickém poli (3 μG) gyromagnetický poloměr 0,3 pc. Magnetické pole tak může snadno udržet takové částice v Galaxii, která má tvar disku o poloměru 15 kpc a tloušťce 300 pc.

Částice s energiemi ≥ 10 eV jsou mimogalaktického původu, jejich gyromagnetický poloměr převyšuje rozměry Galaxie a magnetické pole je nemůže udržet.



Obr. 2: **Systém Cygnus X-2.**

V okolí 10^{20} eV mají protony dostatek energie, aby mohly interagovat s fotony kosmického pozadí tak, že vznikají mezony π:

$$p + \gamma \rightarrow \Delta^+ \rightarrow p + \pi^0 \qquad (2)$$

$$p + \gamma \rightarrow \Delta^+ \rightarrow n + \pi^+ \qquad (3)$$

Protony tak ztrácejí rychle energii produkcí mezonů π, takže by se neměly pozorovat. Toto je Greisen-Zatsepin-Kuzminova mez[3]. Tato oblast spektra energií je předmětem intensivního studia.

2. Možné kosmické urychlovače

Hustota energie galaktického kosmického záření je ε_{KZ} = ~ 1 eV cm^{-3} (~1,9^{-19} J cm^{-3}). Jestliže se aproximuje objem Galaxie V jako válec o poloměru 15 kpc a výšce 300 pc, pak kosmické záření má výkon

$$L_{CR} = \frac{V\varepsilon_{KZ}}{\tau_{e\,SC}} = 3 \times 10^{33}\ \text{J/s} \qquad (4)$$

(τ_{ESC} je střední doba úniku částice z Galaxie).

Na druhé straně v Galaxii dochází k explosi supernovy průměrně jednou za 30 let a uvolní se tak kinetická energie 10^{44} J. Explose supernovy poskytují výkon

$$L_{SN} = 10^{44}\ \text{J}/30\ \text{let} = \sim 10^{35}\ \text{J/s}. \qquad (5)$$

A z toho je vidět, že jestliže se při explosi supernovy využije několik procent energie supernovy na urychlování protonů a jader, pak supernovy mohou být „kosmickými urychlovači".

Druhým kandidátem na „kosmický urychlovač" je elektromagnetické pole pulsaru: Pulsar se chová jako velmi rychle rotující magnetický dipól; mezi pólem pulsaru a jeho rovníkem vzniká velmi vysoký potenciál. Nabité částice emitované pulsarem nebo akretované z doprovodné hvězdy mohou být urychlovány až na energie

$$\text{E} = \frac{e\,Bl^2}{\tau}. \qquad (6)$$

Typickým příkladem je objekt Cygnus X-2 znázorněný na *obr. 2*. Je to binární systém sestávající z pulsaru o poloměru l ~10 km, který obíhá kolem hvězdy s poloměrem ~10^9 m. Intenzita magnetického pole pulsaru dosahuje hodnoty B ~10^8 T a perioda jeho rotace je τ = 12,6 ms. V tomto případě může energie urychlované částice dosáhnout až 10^{19} eV. Takto urychlené částice interagují v atmosféře hvězdy a produkují částice γ, $e^{\pm}$, π, p a n, které tvoří na Zemi dopadající kosmické záření.

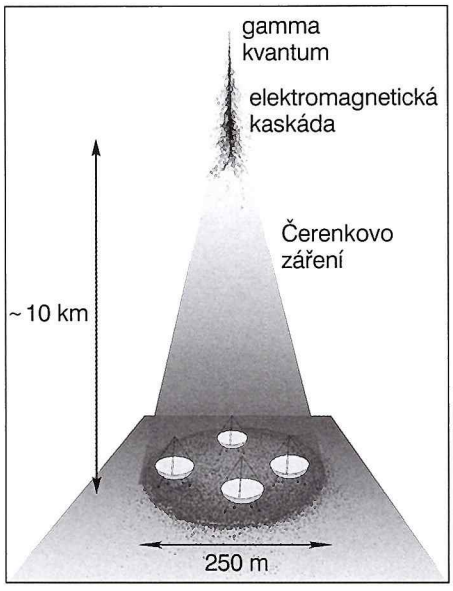
2.1. Hledání zdrojů kosmického záření

Hledání zdroje/zdrojů kosmického záření není snadnou záležitostí, neboť nabité částice se od zdroje pohybují po zakřivených drahách díky mezihvězdným magnetickým polím. Nabité částice si tedy „nepamatují" místo svého vzniku. Pro hledání zdrojů kosmického záření je proto nutné použít neutrální částice. V úvahu nepřicházejí neutrony pro jejich krátkou dobu života, vhodná jsou neutrina a kvanta γ. Použití neutrin je velice obtížné, neboť interagují slabě. Kvanta γ jsou jedinou relativně snadno použitelnou alternativou.

Vysokoenergetická kvanta γ jsou sekundárními produkty urychlených částic.

Pokud to jsou protony, pak při jejich interakci s jádry atomů v blízkosti „kosmického urychlovače" vznikají mezony π^0, které se rozpadají na dvě kvanta γ.

Jestliže urychlovanými částicemi jsou elektrony, pak v blízkosti „kosmického urychlovače" dochází ke ztrátě jejich energie brzdným zářením v lokálních magnetických polích, nebo může



Obr. 3: **Vysokoenergetická částice v atmosféře Země.**

elektron předat značnou část své energie infračerveným fotonům při inversním Comptonově rozptylu.Takto vzniklá vysokoenergetická kvanta γ lze pak použít k detekci „kosmického urychlovače".

Inversní Comptonův rozptyl elektronů a rozpad mezonů π jakožto potenciální zdroje kvant γ lze rozlišit měřením jejich spekter energií.

2.2 Kvanta γ v atmosféře Země

Přímé pozorování kvant γ na povrchu Země není možné, neboť pro ně je atmosféra Země neprůhledná.

Jakmile vysokoenergetická částice vstoupí do atmosféry Země, interaguje s molekulami vzduchu *(obr. 3)*. Při tom vznikají kaskády sekundárních částic. Kaskáda inicializovaná kvantem γ nebo elektronem je způsobena elektromagnetickou interakcí a je proto označována jako „elektromagnetická kaskáda". Protony a jádra interagují s molekulami vzduchu silnou interakcí a vytvářejí jety silně interagujících částic.

Pokud jde o elektromagnetickou kaskádu, při jejím rozvoji jsou dominantními procesy tvorba elektron-pozitronových párů, brzdné záření elektronů a pozitronů v elektrických polích konstituentů vzduchu a ionizace molekul vzduchu.

Tvorba párů a brzdné záření v atmosféře Země zvětšuje počet částic v elektromagnetické kaskádě, zatím co střední energie částic $< E >$ klesá exponenciálně:

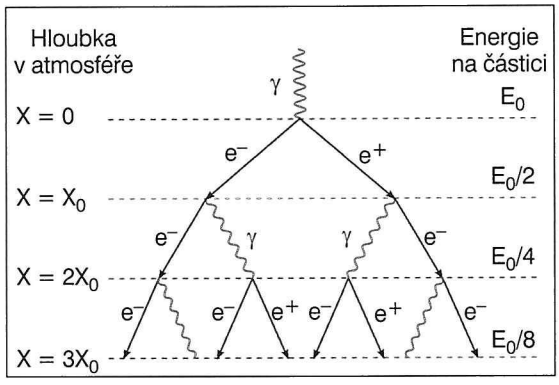
$$< E > = E_0 e^{-\frac{z}{X_r}}, \qquad (7)$$

kde E_0 je počáteční energie, x je hloubka v atmosféře a X je radiační délka, po které klesne energie faktorem 1/e. Hloubka v atmosféře se měří v g cm^{-2} a souvisí s výškou h (v km) vztahem

$$X(h) = X_0 e^{-\frac{h}{h_0}}, \qquad (8)$$

kde $X_0 = 1013$ g cm^{-2} a $h_0 = 8$ km.

Jakmile při rozvoji elektromagnetické kaskády poklesne energie částic tak, že ztráta energie brzdným zářením je rovna ztrátě energie ionizací, rozvoj elektromagnetické kaskády se velmi rychle zastaví. Toto nastane při „kritické energii" E_c (= 81 MeV ve vzduchu).



Obr. 4: **Schema rozvoje elektromagnetické kaskády.**

2.3 Elektromagnetická kaskáda

Schéma rozvoje elektromagnetické kaskády je znázorněno na *obr. 4*. Primární kvantum γ při vstupu do atmosféry Země vytvoří elektron-pozitronový pár. Elektron a pozitron brzdným zářením dají vzniknout sekundárním kvantům γ, tato opět vytvoří páry a celý proces se opakuje tak, že se počet částic po každé radiační délce X_r zdvojnásobí. Ve zjednodušeném modelu lze předpokládat, že

$$X_r = X_b = X_p, \qquad (9)$$

kde X_r je radiační délka (ve vzduchu = 36,6g cm^{-2}), X_G pro brzdné záření a X_p pro vznik páru. Počet částic po n radiačních délkách je

$$N = 2^n. \qquad (10)$$

V každém kroku se primární energie E_0 rozdělí stejně mezi všechny částice; jejich energie bude

$$E_n = \frac{E_0}{2^n}.$$

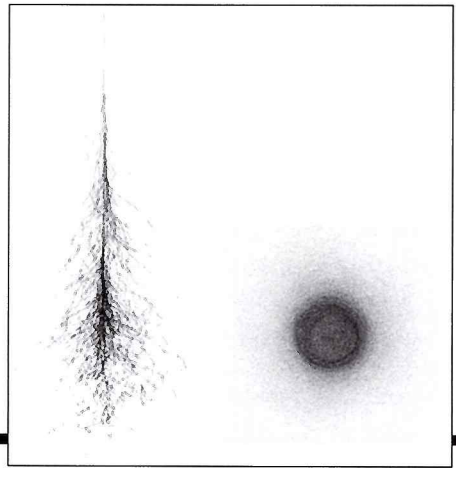
Po n_{max} radiačních délkách dosáhnou částice energii $E_{max} = E_c$ a rozvoj elektromagnetické kaskády velmi rychle skončí. Počet kroků bude roven

$$n_{max} = \frac{1}{\ln 2} \ln \frac{E_0}{E_c}. \qquad (12)$$

Počet částic v maximu rozvoje elektromagnetické kaskády bude

$$N_{max} = \simeq \frac{E_0}{E_c}. \qquad (13)$$

Obr. 5: **Simulace podélného rozvoje elektromagnetické kaskády.**



a maximum rozvoje bude v hloubce

$$X_{max} = n_{max} X_r = \frac{X_r}{\ln 2} \ln \frac{E_0}{E_c}. \qquad (14)$$

(Ku příkladu: Jestliže je $E_0 = 1$ TeV, je $X_{max} = 16{,}9\, X_r$).

Simulace podélného rozvoje elektromagnetické kaskády a projekce dopadu částic na Zemi je na *obr. 5*. Vlastnosti elektromagnetické kaskády lze shrnout takto:

- Počet částic vzrůstá exponenciálně a maximální počet částic je úměrný energii E_0 primárního kvanta γ.
- Hloubka atmosféry, ve které se nachází maximum rozvoje elektromagnetické kaskády, vzrůstá logaritmicky s energií E_0.
- Osa elektromagnetické kaskády udává směr letu primárního kvanta γ.

Detailní popis rozvoje elektromagnetické kaskády je v [4]. Maximum rozvoje elektromagnetické kaskády se nachází ve výšce několik km nad povrchem Země. Přímé měření není tedy možné. Východiskem z této situace je Čerenkovo záření.

2.4 Čerenkovo záření

Elektrony a pozitrony elektromagnetické kaskády mají rychlost větší než je rychlost světla ve vzduchu c/n, a tak vyzařují Čerenkovo záření do kuželu, jehož uhel ϑ je dán vztahem

$$\cos\theta = \frac{c}{nv} = \frac{1}{n\beta} \qquad (15)$$

kde n je index lomu vzduchu a rychlost částice $\beta = v/c$ převyšuje prahovou hodnotu $\beta_{min} = 1/n$. Každý elektron a pozitron tak na *é dh* ztrácí energii

$$\frac{dE}{dh} = 4\pi^2 e^2 \int_{x1}^{x2} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right) \frac{d\lambda}{\lambda^2}, \qquad (15)$$

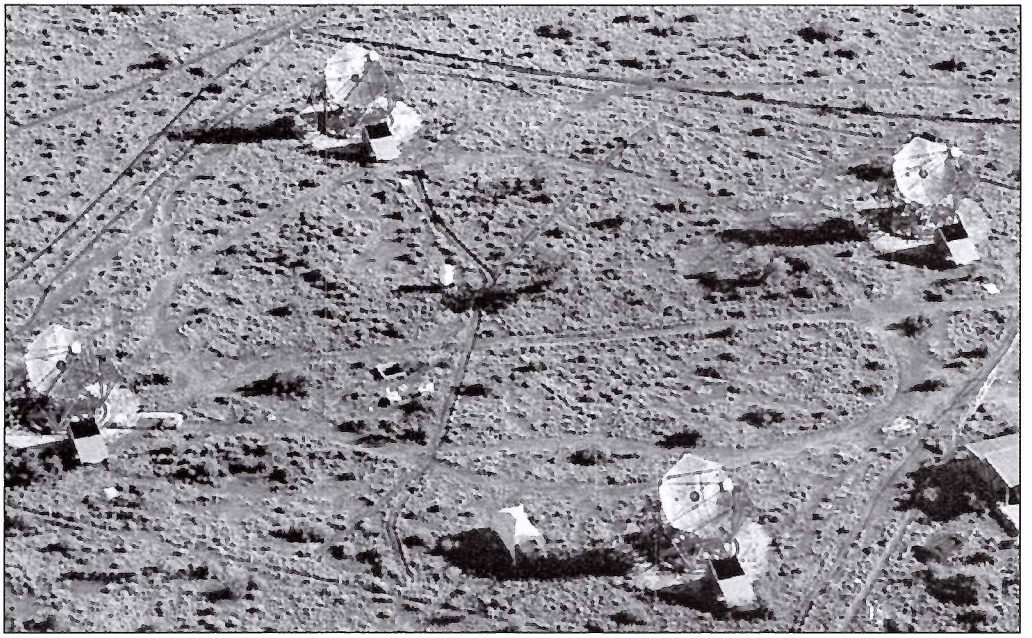
kde e je elementární náboj a λ je vlnová délka Čerenkova záření. Každý elektron a pozitron vyzáří (v závislosti na energii) několik tisíc fotonu, které jsou ve viditelné oblasti a dopadají na povrch Země a osvětlí skvrnu o poloměru kolem 120 metru podobu několika nanosekund.

Tento záblesk lze relativně snadno detekovat na Zemi pomocí zobrazovacích Čerenkových teleskopů.

3. Experiment HESS

Detektor HESS tvoří čtyři atmosférické Čerenkovské teleskopy, které jsou umístěny ve vrcholech čtverce o straně 120 m dlouhé viz *obr. 6*. Detektor byl vybudován v mezinárodní spolupráci Německa, Francie, V. Britanie. Irské republiky, České republiky, Jihoafrické republiky, Namibie a Armenie v Namibii (23°16'18" j. š. a 16°30' v. d. 1850 m nad mořem) a je v rutinním provozu od prosince 2003. HESS je první Čerenkovův teleskop se stereoskopickým triggrem a rychlou elektronikou a díky tomu nemá – pokud jde o citlivost a úhlové rozlišení – konkurenci v oblasti energií kvant γ nad 100 GeV.

Každý teleskop má zrcadlo s plochou 109 m^2 složené z 390 kusů sférických zrcadel o průměru



Obr. 6: **Uspořádání čtyř teleskopů v Namibii.**

60 cm. Toto zrcadlo fokusuje fotony Čerenkova záření na kameru, která je v ohniskové rovině zrcadla vzdálená 15 m. Kamera je tvořena 960-ti fotonásobiči. V kameře se vytváří obraz elektromagnetické kaskády a jeho analýzou je možno určit energii a smer letu kvanta γ.

Zorné pole kamery jednotlivých teleskopů je 5°×5° a velikost elementu obrazu je 0,16°×0,16°.

Odečítání dat z kamery je triggrováno vždy, když signál z definovatelného počtu fotonásobičů převýší prahovou velikost v triggrovacím okně 1,3 ns dlouhém.

Teleskopy jsou efektívně využívány po ~1000 hodin/rok za bezměsíčních nocí.

Detailní popis experimentu HESS je v práci [5].

4. Některé výsledky

Experiment byl uveden do provozu v r. 2003. Od té doby bylo získáno mnoho výsledků, jejichž rozsah převyšuje možnosti tohoto článku. Proto budou uvedeny pouze některé z nich.

4.1 Přehled Galaktické roviny

Umístění experimentu HESS na Jižní pokokouli je velmi výhodné, neboť to dovoluje pozorovat Galaktickou rovinu a zvláště pak střed Galaxie pod malými azimutálními úhly.

Bylo provedeno systematické studium galaktické roviny v oblasti mezi ±30° galaktické délky a ±3° galaktické šířky.

Během 230 hodin pozorování s citlivostí na úrovni 2% toku kvant γ z mlhoviny Kraba bylo objeveno 17 do té doby neznámých zdrojů[1] vysokoenergetických kvant γ se signifikantností > 4σ *(viz obr. 7)*. Všechny tyto zdroje jsou „rozsáhlé" (t. j. nebodové), což svědčí o jejich galaktickém původu. Jejich úhlová velikost je ≥ 0,2° (rozlišení HESSu je kolem 2').

Díky velmi dobré přesnosti zamíření teleskopů bylo možno identifikovat tyto zdroje s objekty známými z jiných oblastí spektra (radiového, röntgenového a optického).

Velkým překvapením je to, že část těchto zdrojů nemá odpovídající objekty v jiných oblastech spektra. Otázka, zda tyto „temné objekty" jsou řízeny zatím neznámou fyzikou (ku př. anihilací částic temné hmoty), je motivací pro další pozorování.

Spektra energií těchto zdrojů mají tvar (1) s indexem Γ = 2,32; to dobře odpovídá modelům produkce kvant γ [6]. Většina těchto zdrojů jsou pozůstatky supernov a část z nich lze přidružit k mlhovinám větru pulsarů.

4.2 Pozůstatky supernov

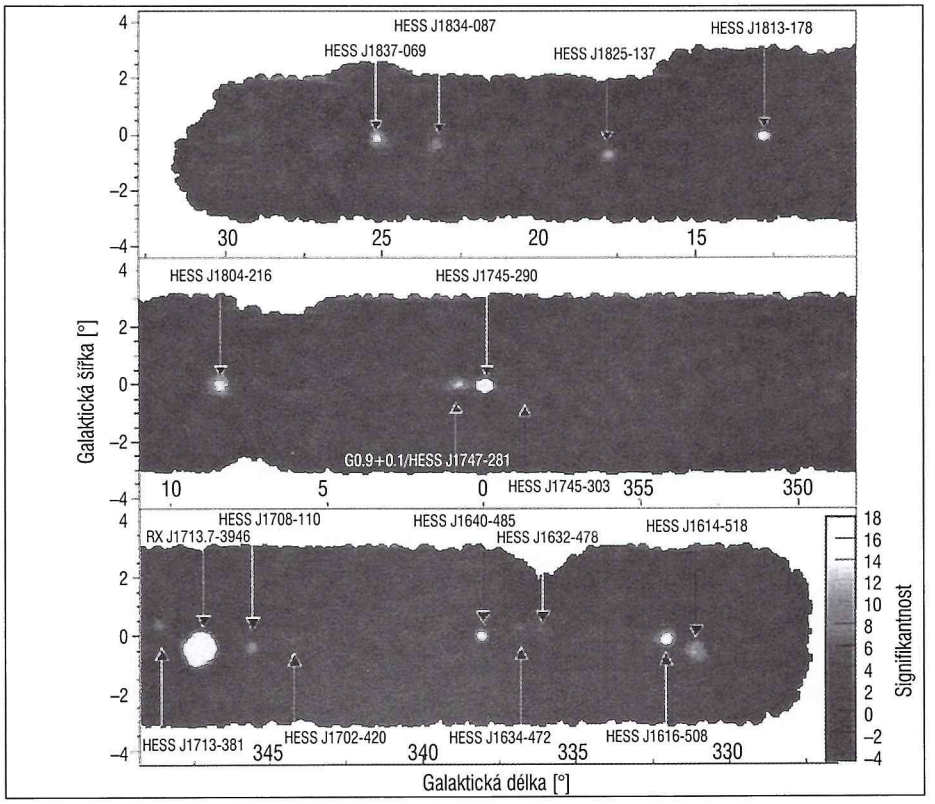
Pozůstatky supernov vzniklé při explosích velmi hmotných hvězd jsou již dlouhou dobu považovány za „kosmické urychlovače" – zdroje částic s energiemi ≥100 GeV.

Mechanismus pro urychlování částic kosmického záření navrhl E. Fermi [8] již v roce 1947, když předpokládal, že se nabité částice odrážejí od náhodně se pohybujících oblaků ioniozovaného mezihvězdného plynu, které se chovají jako „magnetická zrcadla". Při tom se rychlost částice změní v závislosti na směru pohybu a rychlosti oblaku. Při čelní srážce se její rychlost zvýší a v opačném případě se sníží. Čelní srážky jsou statisticky pravděpodobnější a proto v dlouhodobém průměru dochází k urychlení nabitých částic.

Brzy se ale ukázalo, že tento mechanismus (nazývaný Fermiho urychlování druhého řádu) je příliš pomalý na to, aby takto mohly získat vysoké energie během doby života kosmického záření.

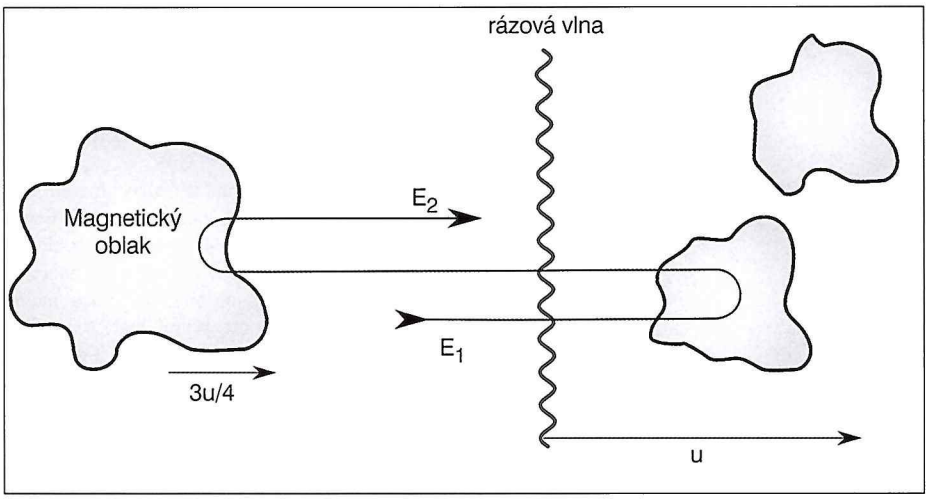
Později bylo navrženo, že by k urychlování mohlo docházet na rázových vlnách *(obr. 8)*. Částice s energií E_1 prochází rázovou vlnou pohybující se rychlostí u, po průchodu rázovou vlnou má energii E_2; pak se po čelní srážce s oblakem zmagnetovaného plynu odrazí zpět a celý proces se mnohokrát opakuje. Tento mechanismus se nazývá Fermiho urychlování prvního řádu. Byl rozpracován A. R. Bellem a J. B. Ostrikerem [9].

Urychlené částice pak produkují kvanta γ



Obr. 7: **Nové zdroje kvant γ v Galaktické rovině.**

[1] V současnosti jich bylo pozorováno 50 a průměrně se objavuje jeden další za měsíc.



Obr. 8: **Urychlování částice při průchodu rázovou vlnou.**

v závislosti na tom, zda urychlovanými částicemi jsou elektrony, nebo protony.

Jestliže je urychlovanou částicí elektron, pak může při inversním Comptonově rozptylu (t.j. rozptylu elektronu na okolních fotonech) produkovat kvanta γ s velikou energií.

Urychlované protony ale interagují s okolní hmotou a při tom vznikají mezony π, které se rychle rozpadají na dvě kvanta γ.

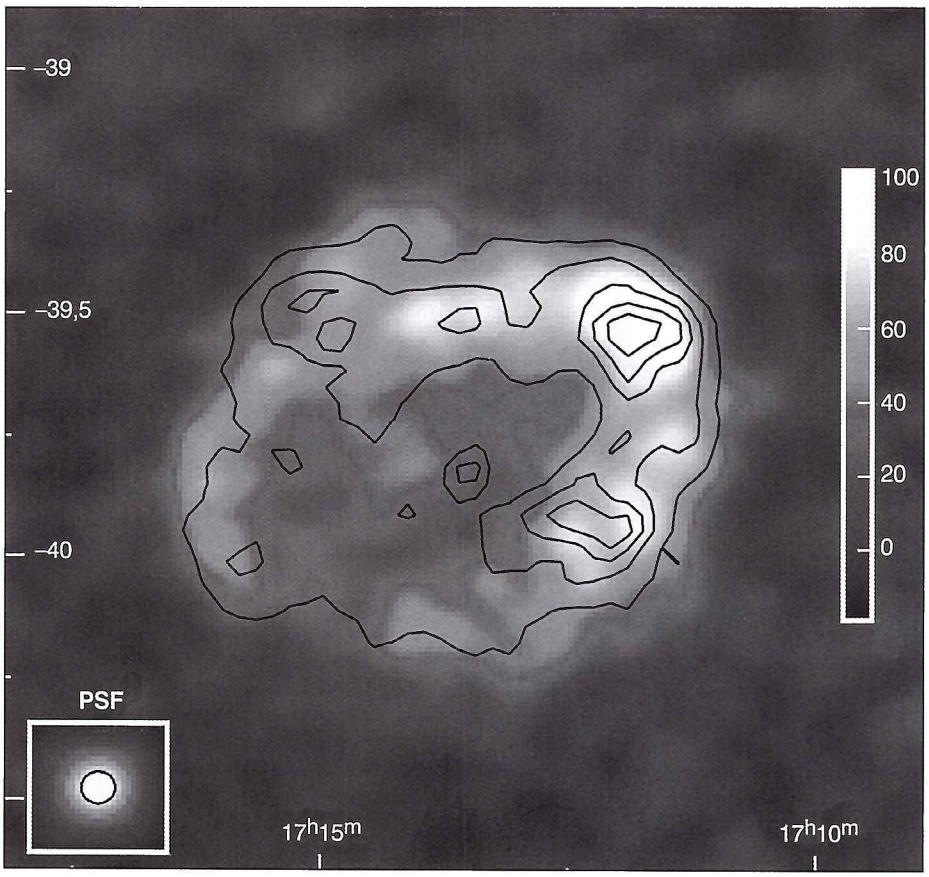
Nejlépe prostudovaným zdrojem v Galaktické rovině je pozůstatek supernovy RXJ 1713-3947 *(obr. 9)*. Tento objekt pozoroval HESS prvně v roce 2003. Díky velmi dobrému rozlišení se po prvé podařilo zobrazit morfologii tohoto objektu v oblasti vysokých energií [7]. Podrobná analýza ukázala, že urychlovanými částicemi jsou nejspíš protony, i když elektrony nelze definitivně vyloučit.

4.3 Mimo Galaktické zdroje

Předpokládá se, že mnoho galaxií má uprostřed černou díru, která je 10^6 až 10^9 krát hmotnější než Slunce. Jestliže tato černá díra akretuje hmotu ze svého okolí, stane se „aktivní" a vytváří výtrysky částic, které se pohybují téměř rychlostí světla; mechanismus vedoucí ke vzniku jetu je zatím neznámý. V případě, že jet míří k Zemi, jedná se o „blazar". Blazary byly do nedávna jediným typem aktivní galaxie pozorované v oboru vysokoenergetických kvant γ. HESS pozoroval celou řadu blazarů.

Velmi zajímavým objektem je galaxie M87: Experiment HESS pozoroval nejbližší radiovou galaxii M87 [10] během několika let a při tom se ukázalo, že intenzita kvant γ se drasticky mění během několika dnů. Navíc, na rozdíl od ostatních pozorovaných galaxií, jejichž jet míří směrem k Zemi, je jet galaxie M87 orientován pod úhlem ~30°. M87 je tak novým typem extragalaktického zdroje kvant γ.

Časová změna intenzity kvant γ galaxie M87 pozorovaná v experimentu HESS je velice rychlá (na úrovni několika hodin). Změny intenzity kvant γ souvisí s velikostí oblasti emise. V tomto případě je možno říci, že je na úrovni velikosti Sluneční soustavy (~10^{13} m), což je 0,000001 % velikosti celé galaxie M87. To není větší než je horizont událostí velmi hmotné černé díry uprostřed galaxie M87. Z uvedeného je jasné, že máme tak znamenitou možnost studia jádra této galaxie a to – doufejme – přispěje k lepšímu porozumění dalších mimogalaktických objektů.



Obr. 9: **Morfologie pozůstatku supernovy RXJ 1713-3947.**

5. Budoucnost experimentu HESS: HESS2

Zatím co experiment HESS pokračuje v pořizování dat, kolaborace pracuje na vylepšení systému teleskopů. HESS ve fázi 2 bude tvořit velmi velký teleskop, který bude umístěn uprostřed mezi stávajícími teleskopy HESS. Zrcadlo tohoto teleskopu bude mít průměr 30 m a jeho kamera bude sestavena z 2000 fotonásobičů. Velikost elementu obrazu bude 0,07°

Teleskop bude buď spouštěn souborem stávajících teleskopů HESS a předpokládá se podstatné zvýšení citlivosti; pokud bude teleskop pracovat samostatně, bude jeho prahová energie kolem 30 GeV a bude se v energii překrývat s experimentem GLAST. Teleskop bude uveden do provozu během r. 2008.

Poděkování

Autoři děkují za podporu Ústavu časticové a jaderné fyziky Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze. Některé obrázky byly po úpravě převzaty ze společných publikací citovaných v tomto článku.

DALIBOR NEDBAL, LADISLAV ROB
Ústav částicové a jaderné fyziky
Matematicko-fyzikální fakulta
University Karlovy v Praze

Citovaná literatura

1. V. F. Hess: Physik. Zeitschrift **13** (1912) 1084
2. H. V. Klapdor-KIeingrothaus, K. Zuber: Teilchenastrophysik; Taubner Stuttgart (1997)
3. K. Greisen: Phys. Rev. Letters **16** (1966) 748
4. T. K. Geisser: Cosmic Rays and Particle Physics, Cambridge Univ. Press (1999)
5. F. A. Aharonian et al.: Astroparticle Physics **22** 109 (2004)
6. F. Jones et al.: Astrophysical Journal **547** 264 (2001)
7. F. A. Aharonian et al.: Nature **307** 1938 (2005)
8. E. Fermi: Phys. Rev. **75** 1169 (1949)
9. R. D. Blandford, J. B. Ostriker: Astrophysics Journal **221** L21 (1978)
   A. P. Bell: Mont. Not. Royal Astr. Soc **182** 147 (1978)
10. F. A. Aharonian et al.: Science **314** 1424 (2006)

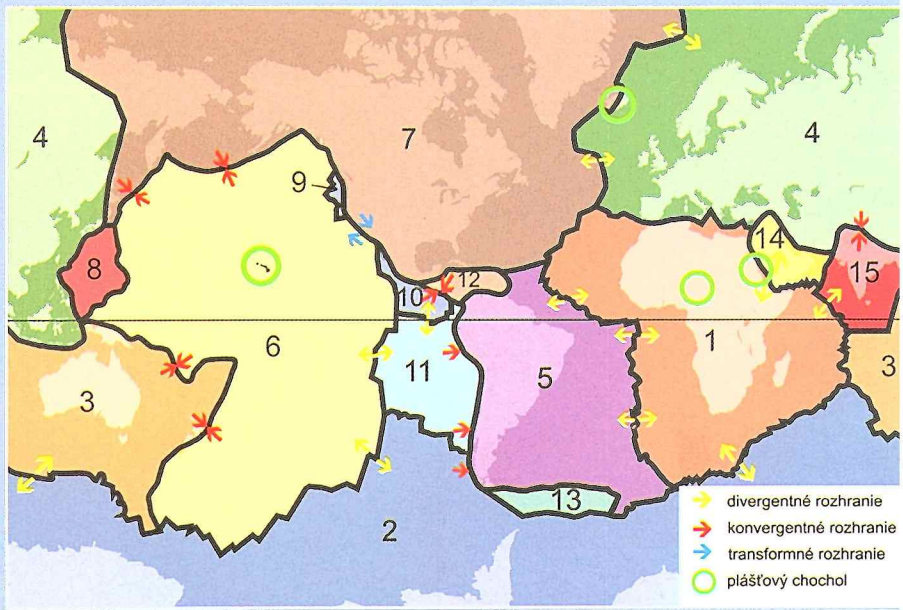
Ako funguje Zem?

Zem ako jeden veľký organizmus pracuje už stovky miliónov rokov. Postupne sa veľa z jej histórie zmazáva, ale zároveň aj veľa ostáva zaznamenané v kameňoch, ktoré môžeme nájsť v jej kôre na povrchu. Na udalosti aj vo veľmi vzdialenom čase ostal v horninách a minerálov chemický záznam, ktoré sa geológovia stále snažia správne rozlúštiť. Pokiaľ ide o bližšiu minulosť Zeme, keď sa už na Zemi rozvinuli bohaté formy života, pomáhajú im aj ostatky životných foriem, ktoré ostali buď skamenelé, zachovali sa ako odtlačky, alebo boli inak zakonzervované. Hoci z hľadiska evolúcie Zeme ide o pomerne krátke obdobie, siahajúce len asi 550 miliónov rokov do minulosti, poskytuje nám neoceniteľný pohľad do detailov klímy a životného prostredia našej „nie tak vzdialenej" geologickej minulosti.

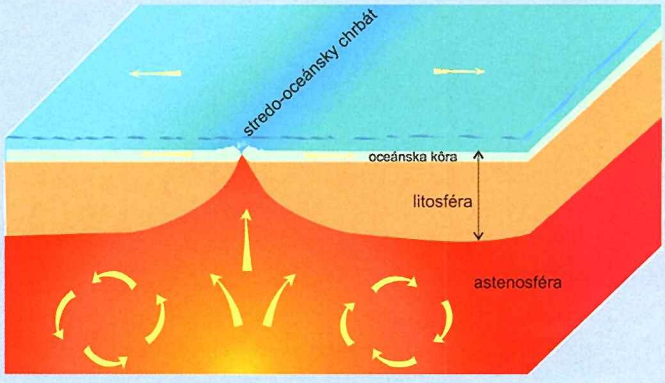
Globálny legoland

Takmer všetky deje na Zemi sú viac či menej pod vplyvom platňovej tektoniky, ktorá priamo či nepriamo určuje všetky geologické procesy momentálne prebiehajúce na Zemi. Celý zemský povrch je neustále v pohybe a postupne sa mení. Je to výsledok vplyvu síl, ktoré idú zvnútra Zeme a prejavujú sa dynamikou celej zemskej kôry. Podľa teórie platňovej tektoniky je celý svet rozdelený na viacero veľkých a menších litosférických platní, pričom ich veľkosť a pozícia sa stále v čase mení *(obr. 1)*. Hrúbka platní je značne kolísavá: od približne 1,5 km v stredooceánskych chrbátoch, až po asi 140 km pod Himalájami. Pod platňami sa nachádza plastická (ale neroztavená) časť plášťa – astenosféra – na ktorej sa platne akoby kĺžu. Z hľadiska geologických procesov sú veľmi dôležité samotné okraje platní. Rozhrania platní sú totiž miestom najväčšej geologickej aktivity, ktorá sa prejavuje zemetraseniami, sopečnou činnosťou alebo tvorbou horských reťazí. Hoci človek nijako nemôže ovplyvniť tieto deje, už im aspoň rozumie, a teda lepšie vie pochopiť krajinu a prostredie, v ktorom žije. Nebolo jednoduché porozumieť procesom platňovej tektoniky, ktorá je vlastne kombináciou dvoch ideí: kontinentálneho pohybu a roztvárania sa oceánskeho dna. Na základe pohybu jednotlivých platní voči sebe môžeme hovoriť o troch typoch platňových rozhraní: konvergentný, divergentný a transformný. Kým pohyb kontinentov je pasívny prejav platňovej tektoniky, roztváranie oceánskeho dna je prejav aktívny spojený s vulkanickou aktivitou, inými slovami, s pribúdaním nového oceánskeho dna prostredníctvom nových lávových výlevov *(obr. 2)*. Zóny rozširovania oceánskeho dna sa nazývajú aj rifty. Keď však pribúda nová zemská kôra, niekde sa musí aj strácať. To sa deje na aktívnych konvergentných platňových rozhraniach. Tu ide o podsúvanie/subdikciu oceánskeho dna pod kontinent a jeho doslovné utopenie sa v plášti Zeme *(obr. 3)*. Pri podsúvaní a ponáraní pod kontinent sa časť asimilovanej oceánskej hmoty dostáva až na hranicu jadra Zeme, čiže do hĺbky až 2900 km. Pri subdukcii hmôt pod kontinent sa kôra intenzívne premieňa, zvyšuje svoju hustotu, a tak miesto bazaltov oceánskeho dna vznikajú nové tzv. metamorfované horniny – eklogity. Pohybom oceánskej platne smerom ku kontinentu vzniká pri kontinente hlbokovodná priekopa. Pri podsúvaní Kokosovej platne pod stredoamerickú šiju v oblasti Nikaraguy a San Salvadoru má hlbokovodná priekopa hĺbk 6 – 7 km. V Tichom oceáne sú miesta, kde s podsúvajú navzájom dve oceánske platn *(obr. 4)* a tu sa nachádza aj najhlbšia Ma riánska priekopa. Zóny bočného posun medzi dvoma platňami sa nazývajú trans formné rozhrania. Sú takmer priečne n zóny rozširovania oceánu a ich sieť dáv „cikcakovitý priebeh" oceánskych chrbto *(obr. 5)*. Zriedkavo transformný zlom pre chádza aj kontinentom. Najznámejší takýt zlom na kontinente je zlomové pásmo Sa Andreas v Kalifornii, na ktorom sú stál časté zemetrasenia.

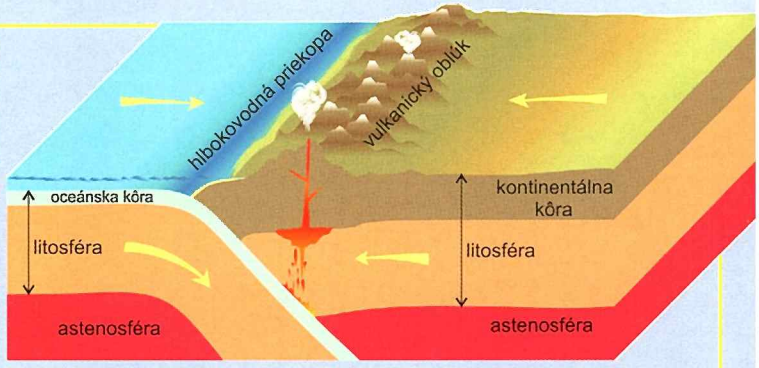
Na niektorých miestach zemského povr chu dochádza ku zrážke kontinentov. Vted vznikajú horotvorné pásma, čoho v súčas nosti najkrajším príkladom sú Himaláj *(obr. 6)*. My na Slovensku máme tiež zvyšk podobných starých pásmových pohorí, ktor vznikali v minulosti najmä pri kolízii konti nentov Gondwana a Euroazia v období pri bližne pred 350 miliónmi rokov. Ich zvyšk nachádzame vo všetkých slovenských poho riach ako žulové masívy. Obraz dynamik Zemskej kôry by nebol úplný, keby sme ne spomenuli aj vznik plášťových chocholov ktoré sú azda najvýznamnejšími cestami roz tavených hornín z hlbín plášťa Zeme *(obr. 7)*. Plášťový chochol je tvorený taveninou vy stupujúcou k povrchu Zeme z hranice plášťa Pojem zaviedol americký geofyzik W. Jaso Morgan, ktorý v roku 1971 vypracoval teóri pomalého transportu tepla konvekčným prúdmi v plášti. Klasické príklady vystupu



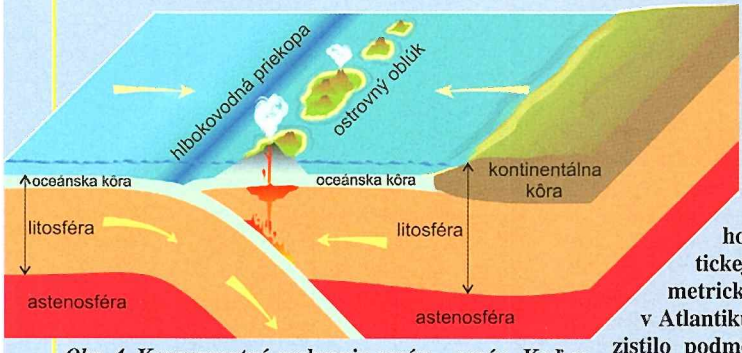
Obr. 1. Zemský povrch je rozdelený na viacero platní, ktoré sú neustále v pohybe. Na jednom mieste sa strácajú , na inom sú v zrážke, inde v bočnom posune.
Veľké platne: 1 – Africká, 2 – Antarktická, 3 – Austrálska, 4 – Euroázijská, 5 – Juhoamerická, 6 – Pacifická, 7 – Severoamerická. Menšie platne: 8 – Filipínska, 9 – Juan de Fuca, 10 – Kokosová, 11 – Nazca, 12 – Karibská, 13 – Scotia, 14 – Arabská, 15 – Indická.



Obr. 2. Prínos nových hmôt z plášťa Zeme je hlavne cez riftové zóny. Dôsledkom je roztahovanie oceánskeho dna. Stredoatlantický chrbát sa roztahuje rýchlosťou 2,5 cm za rok, Tichý oceán 13 cm za rok.



Obr. 3. Konvergentné rozhranie oceán – kontinent. Oceánska platňa je vtláčaná pod kontinent (subdukcia), okraj kontinentu je vrásnený a vzniká pohorie. Pred pohorím na oceánskom dne vzniká priekopa. Sopečná činnosť a časté zemetrasenia sú sprievodnými javmi pri výzdvihu pohoria. Príkladom sú Andy v Južnej Amerike.



Obr. 4. Konvergentné rozhranie oceán – oceán. Keď sa oceánske platne zbiehajú do seba, obyčajne jedna sa podsúva pod druhú a vzniká hlboká oceánska priekopa. Príkladom je vznik Mariánskej priekopy, hlbokej skoro 11 km ako výsledok subdukcie Filipínskej platne pod Pacifickú.

júcich plášťových chocholov sú Havajské ostrovy a východná Afrika.

Ako sa zrodila platňová teória

Kontinentálny pohyb

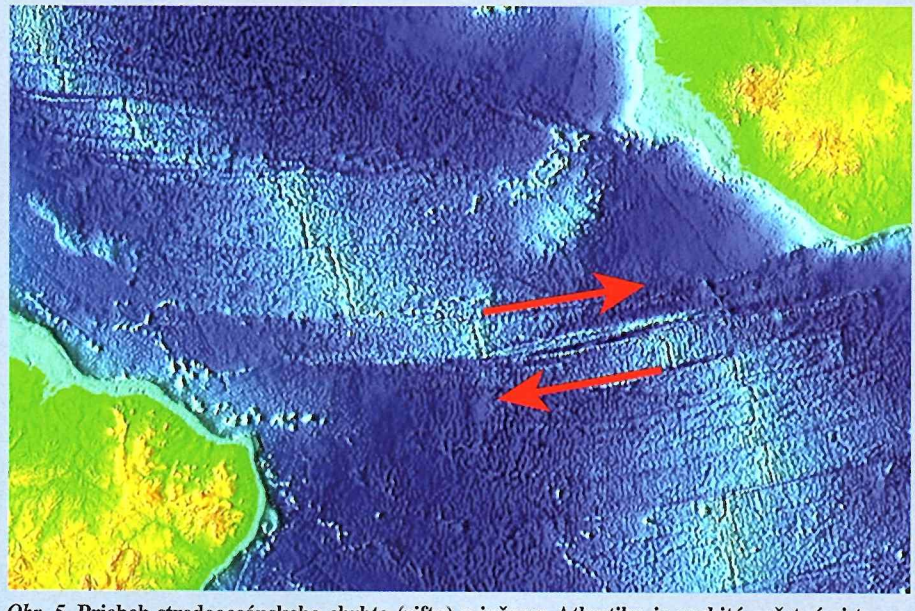
Pohyb kontinentov prvý predpokladal Alfred Wegener (1880 – 1930). Všimol si, že okraje Južnej Ameriky a Afriky do seba dobre zapadajú, a tak kedysi v minulosti museli byť jedným celkom. Predpokladal, že Zem bola spojená do jedného kontinentu Pangea (Pangea = všetka zem), ktorá sa rozpadla. Potvrdzovala to aj podobnosť prehistorickej flóry a fauny v Afrike a na opačnom brehu Atlantiku v južnej Amerike. Na pohyb kontinentov poukazovala aj prítomnosť uhlia v Antarktíde svedčiaca o polohe Antarktídy bližšie k rovníku. Hoci sa v odhade času mýlil, jestvovanie jedného superkontinentu predpokladal správne. Wegenerovej teórii však chýbal geologický mechanizmus, ktorý by vysvetľoval, ako sa mohli kontinenty pohybovať po Zemskom povrchu. Po jeho smrti sa na teóriu kontinetálneho pohybu takmer zabudlo, jej oživenie prišlo v 50-tych rokoch.

Výskum oceánskeho dna

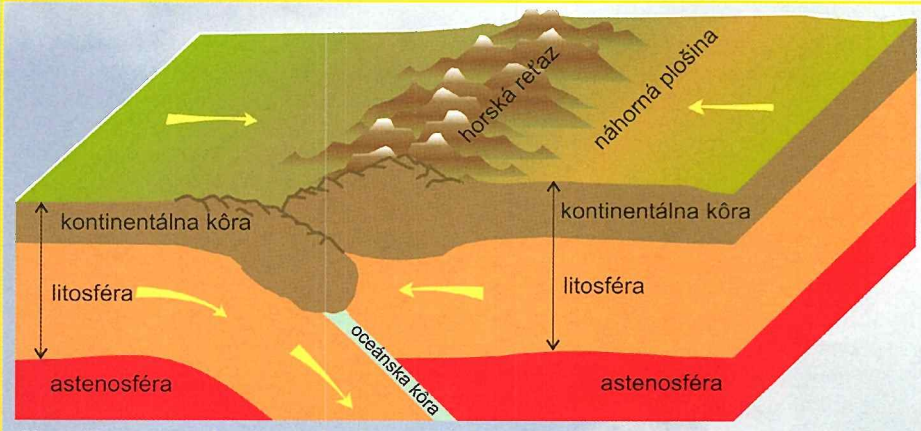
Takmer dve tretiny Zemského povrchu leží pod oceánmi. Ešte pred 19. storočím si väčšina ľudí myslela, že oceánske dno je hlboké a ploché, hoci mnohí námorníci už v stredoveku mali informácie o jeho nerovnom dne. Meranie hĺbok oceánskeho dna začalo systematickejšie v 19. storočí batymetrickým výskumom najmä v Atlantiku a Karibiku. Vtedy sa zistilo podmorské pohorie v strede Atlantiku, neskôr potvrdené aj pri kladení transatlantického telegrafného káblu. Toto podmorské pohorie nazvali Stredná Zem.

Počas prvej svetovej vojny sa oceánske dno začalo merať primitívnym sonarovým systémom, čiže meraním času, pokým sa zvukový signál neodrazil od dna naspäť na loď. Toto meranie dokázalo, že oceánske dno je omnoho členitejšie, než sa predtým myslelo. Ukázalo sa, že podmorské pohorie Stredná Zem je miestami vysoké cez 4500 m, čím je výškovo podobné Alpám. Stredná Zem bola premenovaná na Stredooceánsky chrbát. Navyše v roku 1947 seizmológovia na americkej výskumnej lodi Atlantis zistili, že sedimenty vôbec nie sú také hrubé, ako by sa dalo očakávať, ak by mal mať oceán predpokladané 4 miliardy rokov. Naopak, jeho dnové sedimenty sú pomerne tenké, čo sa ukázalo ako ďalší dôležitý míľnik pri koncepte platňovej tektoniky.

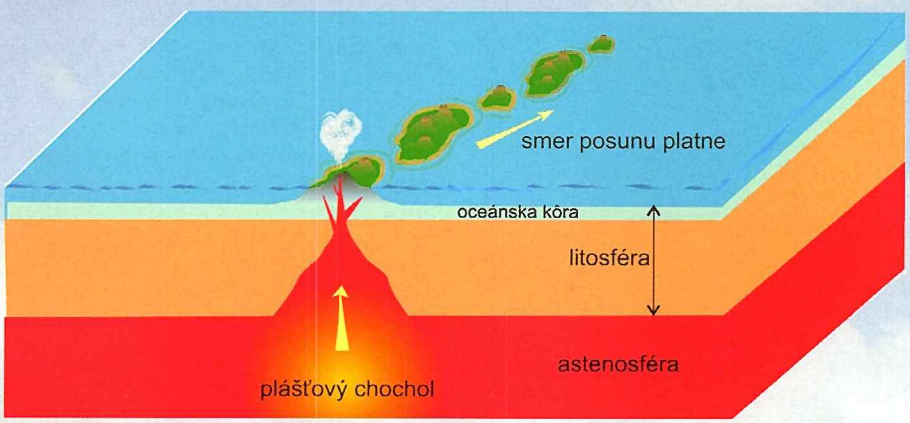
V päťdesiatych rokoch sa výskum oceánu zintenzívnil a začalo sa podrobnejšie mapovanie oceánskeho dna. Začal sa merať aj magnetizmus magnetometrami pôvodne určenými na hľadanie ponoriek počas druhej svetovej vojny. Magnetometre boli upravené pre vedecký výskum a čoskoro prišli prekvapujúce zistenia, že magnetické variácie idú naprieč dnom atlantického oceánu. Magnetizmus oceánskeho dna, ktoré je tvorené najmä bazaltom, spôsobuje magnetit kryštalizujúci z magmy. Pri tuhnutí bazaltu sa magnetit chová ako magnet a orientuje sa v smere magnetického poľa. Ak je orientovaný v smere súčasného severného pólu hovoríme o normálnej polarite, ak má orientáciu opačnú, ide



Obr. 5. Priebeh stredooceánskeho chrbta (riftu) v južnom Atlantiku je rozbitý početnými transformnými zlomami.



Obr. 6. Konvergentné rozhranie kontinent – kontinent. Pretože kontinentálna kôra má relatívne nízku hustotu, pri zrážke kontinentov sa subdukcia dosahuje ťažšie a kontinentálna kôra sa preto výrazne vzdúva a zhrubuje. To spôsobuje enormný rast pásmového pohoria v osi kolízie a vznik vyvýšenej plošiny v tyle kolízie. Príkladom je vznik Himalájí a náhornej plošiny v Tibete po zrážke Indickej a Euroázijskej platne.

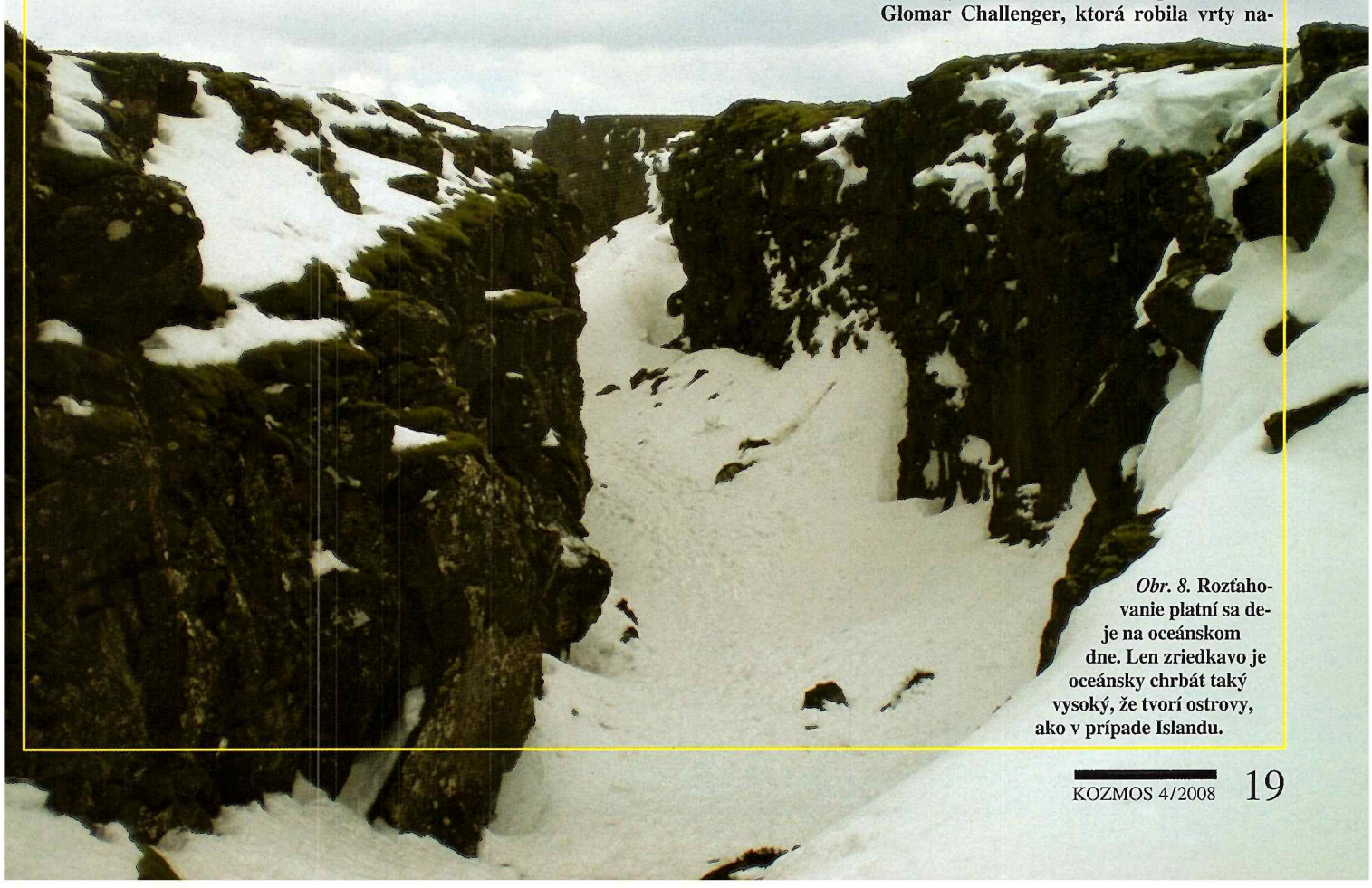


Obr. 7. Plášťové chocholy sú miestom prísunu hmôt k Zemskej kôre z plášťa Zeme. Často sú nad nimi sopečné pohoria alebo sa tu časom otvorí trhlina a vzniká nový rift. Príkladom plášťového chochola produkujúceho sopky sú Havajské ostrovy.

o reverznú polaritu. Počas mapovania sa ukázalo, že magnetizmus oceánskeho dna je v pásoch. Ak jeden pruh mal normálnu polaritu a susediaci reverznú, paleomagnetická mapa oceánskeho dna dostala formu „zebra pásov". Samozrejme, skoro sa vynorila otázka, prečo vznikla táto symetrická pásmovitosť magnetizmu pozdĺž stredooceánskeho chrbta.

Rozťahovanie oceánskeho dna a recyklácia oceánskej kôry

Začiatkom šesťdesiatych rokov sa už vedelo, že stredooceánsky chrbát je oslabená zemská kôra, na ktorej sa vlastne tvorí po stranách nové oceánske dno, a teda nová oceánska kôra. Nová magma na tejto zóne vyviera, čím dochádza k rozširovaniu oceánskeho dna. Atlantický stredooceánsky chrbát je iba časťou celosvetového chrbta, ktorého dĺžka sa odhaduje na 50 000 km. Niekedy na tejto línii sa sopečné pohorie dostáva nad hladinu oceánu a tvoria sa ostrovy. Najznámejším z nich je Island, ktorým naprieč prebieha zóna rozširovania. Západná časť ostrova spolu s hlavným mestom Reykjavík je na Severoamerickej platni, ale východná časť ostrova na Euroázijskej *(obr. 8)*. Opakujúce sa výlevy novej magmy pozdĺž zón oceánskeho rozťahovania spôsobujú, že horniny čím sú ďalej od tejto zóny, majú vyšší vek. Samozrejme tie najmladšie, v strede zóny, majú aj normálnu, čiže súčasnú magnetickú polaritu. Ďalej od zóny dochádza k vzniku reverznej polarity, ktorá sa mení na normálnu, potom reverznú atď. Toto svedčí o tom, že polarita Zeme sa v geologickej minulosti náhle veľakrát zmenila. Vekové vzťahy sa v profile naprieč atlantického stredooceánskeho chrbta potvrdili v roku 1968 expedíciou lode Glomar Challenger, ktorá robila vrty na-



Obr. 8. Rozťahovanie platní sa deje na oceánskom dne. Len zriedkavo je oceánsky chrbát taký vysoký, že tvorí ostrovy, ako v prípade Islandu.

prieč celým Atlantikom. Vek sa vyhodnocoval jednak paleontologicky a jednak absolútnym izotopickým datovaním.

Sformovanie teórie platňovej tektoniky

Intenzívny podmorský výskum najmä v Atlantickom oceáne umožnil sformovanie princípov platňovej tektoniky a pochopenie, prečo sa kontinenty pohybujú. V zásade teda tri pozorovania stáli na začiatku teórie platňovej tektoniky: (1) oceánske dno nie je ploché a mladé a má len tenký sedimentárny pokryv, (2) pravidelne sa opakujú pásmovo rozložené magnetické polia pozdĺž stredoatlantického chrbta, (3) zemetrasné ohniská a sopečná aktivita je viazaná na oceánske priekopy a podmorské pásmové pohoria.

Prvý kto začiatkom 60-tych rokov pochopil úlohu rozťahovania oceánskeho dna a aj ho správne pomenoval, bol Harry Hess z Princetonskej univerzity. Predpokladal, že Atlantický oceán sa rozťahoval a Tichý sa skracoval. Ako sa stará kôra pohlcovala v priekopách, nová magma stúpala a vylievala sa pozdĺž rozťahujúceho sa chrbta, aby tvorila nové oceánske dno.

Rok 2008 – Medzinárodný rok planéty Zem

Geovedci vďaka poznatkom z platňovej tektoniky vedia pochopiť a predvídať priebeh sopečných erupcií, zákonitosti vzniku zemetrasení alebo vĺn cunami. Tiež môžu oceniť aj ďalšie riziká, ako sú svahové pohyby alebo záplavy. Geológmi poskytnuté údaje o stupni ohrozenia sa môžu premietnuť do projektovania budov, infraštruktúry a územného plánovania, čo pomáha eliminovať možné škody.

Súčasné klimatické zmeny sú lepšie pochopiteľné aj cez geologický výskum. Ako ukazujú geologické záznamy v horninách, klíma na Zemi sa vždy menila a niekedy nadobúdala naozaj extrémne podoby.

No a takmer všetko, čo používame – kovy, energetické zdroje, väčšina chemických zlúčenín alebo stavebných materiálov, pochádza zo Zeme. Tieto zdroje museli objaviť geológovia, ktorí vedia, ako vznikli, a teda aj vedia, ako ich hľadať. Surovinou je aj voda a dostatočné zabezpečenie kvalitných zdrojov vody je tiež prácou geológov. Využívanie nerastných surovinových zdrojov sa stalo hybnou silou rozvoja ľudského rodu.

Otvorenie medzinárodného roku Zeme v Paríži

Na valnom zhromaždení Organizácie spojených národov v New Yorku v decembri 2005 bol vyhlásený *rok 2008* za „Medzinárodný rok planéty Zem“ ako iniciatíva UNESCO, ale hlavne „Medzinárodnej únie geovied“ (IUGS), aby sa viac hovorilo o výsledkoch geologických výskumov. Do emblému roku Zeme sa dostali štyri geosféry – kôra, hydrosféra, biosféra a atmosféra, čím sa upozorňuje na ich vzájomnú previazanosť *(obr. 9)*. Medzi hlavné ciele Medzinárodného roku planéty Zem (MRPZ) patria aj tieto úlohy:

- znížiť spoločenské riziko pôsobenia prírodných alebo človekom vyvolaných katastrof;
- upozorniť na súvislosť medzi mnohými zdravotnými problémami a rizikami geologického prostredia, v ktorom človek žije;
- otvoriť diskusiu o zdrojoch nerastných surovín a ich dostupnosti;
- viac zapojiť geológiu pri urbanizácii miest s využitím aj ich podpovrchových priestorov;
- lepšie pochopiť vznik a evolúciu života na Zemi a zvýšiť v spoločnosti záujem o vedy týkajúce sa našej Zeme.

Medzinárodný rok planéty Zem bol oficiálne otvorený dňa 12. – 13. februára 2008 v sídle UNESCO v Paríži za účasti takmer 1100 delegátov z celého sveta. Slovenskú delegáciu viedol profesor Štefan Luby, predseda Slovenskej akadémie vied *(obr. 10)*. Pri otváracom ceremoniáli odznelo veľa posolstiev od ministrov životného prostredia z Európy, Ázie i Afriky. Potom boli hneď na diskusiu nastolené tri najpálčivejšie problémy: 1. rast populácie a klimatické zmeny, 2. zdroje Zeme 3. georiziká: minimalizácia rizika a maximalizácia si jeho uvedomenia. Na otvorení sa zúčastnilo aj 120 študentov z celého sveta, ktorí svojimi esejami otvárali diskusiu k týmto témam. Účasť dvoch študentov v delegácii zo Slovenska – víťazov esejí k Medzinárodnému roku Zeme na Slovensku – sponzorsky podporil T-mobile Slovensko a komisia UNESCO pri MZV SR. Veľký priestor mladým na otvorení roku Zeme nebol len symbolický. Išlo o to poukázať, aká dôvera sa vkladá do budúcich generácií, ktoré sa budú musieť raz starať o našu planétu a naše životné prostredie.

Čo sa očakáva od Slovenska v Medzinárodnom roku Zeme

Slovensko sa zapojí do vedeckých projektov, ale i propagácie vedy. Vo vedeckej sfére bude aktívne spolupracovať na vytvorení svetovej digitálnej geologickej mapy typu „Google“. V oblasti propagácie geovied medzi spoločnosťou bude nosnou témou výstava v Slovenskom Národnom múzeu v Bratislave „Planéta, na ktorej žijeme“ a výstava v Baníckom pavilóne TÚ Košice. Popritom je plánovaných viac popularizačných aktivít ako sú exkurzie, prednášky alebo príprava publikácie s predstavením Zeme. Týmito aktivitami chceme podporiť záujem o abiotickú časť prírody, poukázať na väzby medzi živou a neživou prírodou, aby sme dokázali vnímať prírodu ako celok, poukázať na geovedy v širších súvislostiach cez minerál, horninu, skamenelinu, vrstvu, stavbu pohoria až po problematiku tvorby ložiskových akumulácií nerastných surovín.

IGOR BROSKA a ĽUBICA PUŠKELOVÁ
Geologický ústav Slovenskej akadémie vied

planétazem geovedy pre spoločnosť

Obr. 9. Štyri základné geosféry sa dostali aj do emblému Medzinárodného roku planéty Zem. Červený kruh znamená litosféru, modrý hydrosféru, zelený biosféru a svetlomodrý atmosféru.

Obr. 10. Slovenská delegácia na otvorení roku Zeme. Horný rad zľava: J. Lexa (riaditeľ Geologického ústavu SAV), F. Lipták (poslucháč TU Košice), Š. Luby (predseda SAV a vedúci delegácie), F. Minich (poslucháč PFUK Bratislava), I. Broska (Geologický ústav SAV), dolný rad zľava I. Túnyi (člen Predsedníctva SAV), S. Jeleň (Geologický ústav SAV).

2. Hvězdný vesmír

2.1. Extrasolární planety

Podle S. Seagerové bylo na počátku r. 2006 známo již **160 exoplanet,** z toho 30 patří do skupiny tzv. horkých jupiterů, tj. exoplanet s krátkou oběžnou dobou několika málo dnů, které jsou následkem nepatrné vzdálenosti od mateřské hvězdy silně ohřívány. Až do r. 1999 se téměř všechny exoplanety dařilo odhalit díky periodické proměnnosti radiální rychlosti mateřské hvězdy; teprve koncem toho roku byla objevena první exoplaneta metodou přechodu **(transitu)** exoplanety přes kotouček hvězdy, což působí pokles jasnosti hvězdy obvykle kolem 1 – 2 %. Tato metoda umožňuje dosti dobré určení střední hustoty příslušné exoplanety a tak je jistě pozoruhodné, že *téměř všechny takto objevené exoplanety mají nízkou hustotu* (nižší než je hustota vody v pozemských podmínkách).

Jelikož oběžné periody takto objevovaných exoplanet jsou krátké (1,5 – 4 dny), nacházejí se exoplanety v těsné blízkosti mateřské hvězdy a jejich atmosféry jsou proto ohřáty na přivrácené straně ke hvězdě na teploty minimálně 1 kK. To umožňuje pozorovat pomocí HST během transitu absorpční čáry ve spektru hvězdy, které dávají **chemické složení** exoplanetární atmosféry, což je mj. vodní pára, oxid uhličitý a alkalické kovy jako např. sodík. *Horké exoplanety rotují pravděpodobně synchronně,* takže odvrácené polokoule jsou chladnější než přivrácené. Rozdíly však zmírňuje atmosférická cirkulace.

V říjnu 2005 objevili F. Bouchy aj. exoplanetu u jasnější složky dvojhvězdy **HD 189733A** (Vul; K1-2;5 kK; 0,8 M_O; 19 pc) s oběžnou dobou 2,2 d ve vzdálenosti 0,03 AU od mateřské hvězdy. Následně G. Hébrard a A. Lecavelier des Etangs odhalili záznamy přechodů této exoplanety v archivu astrometrické družice HIPPARCOS z února a října 1991 a února 1993. Tak se podařilo neobyčejně zpřesnit oběžnou dobu exoplanety na 2,21857 d, což v budoucnu umožní objevit z kolísání této periody případné družice příslušné exoplanety. Exoplaneta má podle G. Bakose aj. poloměr 1,15 R_j a střední hustotu rovnou hustotě vody. Obíhá po kruhové dráze a stala se již devátou exoplanetou, u níž pozorujeme transity, což – jak známo – neobyčejně usnadňuje přesná určení parametrů exoplanet. Jak ukázali D. Deming aj. z infračervených měření v pásmu 16 μm kosmickým teleskopem SST, atmosféra exoplanety je díky blízkosti ke hvězdě ohřáta na teplotu 1,1 kK. V současné době jde tedy o dosud nejlepší údaje o exoplanetě vůbec. G. Szabó aj. se dokonce domnívají, že metoda transitů na družicích COROT a Kepler umožní odhalit i družice (exoměsíce) exoplanet s hmotnostmi >0,004 M_Z.

F. Donovan aj. našli pomocí transitů první exoplanetu **TrES-2** v zorném poli družice Kepler. Kolem hvězdy GSC 03549-02811 (G0 V; 6 kK; 1,1 M_O) obíhá v periodě 2,5 d a její hmotnost činí 1,3 M_j a poloměr 1,2 R_j. D. Charbonneau aj. pozorovali v létě 2005 opakovaně přechody exoplanety přes kotouček hvězdy **HD 149026** (sp. G0 IV; 1,45 R_O; 1,3 M_O) a zpřesnili tak parametry exoplanety, tj. per. 2,88 d; 0,73 R_j; 0,36 M_j. Odtud vyplývá střední hustota exoplanety 1,1násobku hustoty vody. Autoři usuzují, že exoplaneta má tedy kamenné jádro a podobá se tak spíše našemu Uranu než Saturnu. K témuž závěru dospěli nezávisle B. Sato aj., jimž však vyšla hustota 1,7násobku hustoty vody a pro kamenné jádro exoplanety odvodili hmotnost 70 M_Z. Na toto jádro se pak nabalil rozsáhlý plynný obal. Vzápětí P. McCullough aj našli u hvězdy **GSC 0241-01657** (CrB; V = 11 mag; G1 V; 1,0 M_O; 0,9 R_O; d = 200 pc) metodou transitů jubilejní 10. exoplanetu **XO-1b** s maximálním poklesem jasnosti při přechodu 0,02 mag. Exoplaneta o hmotnosti 1 M_j a poloměru 1,2 R_j obíhá kolem mateřské hvězdy v periodě 3,9 d ve vzdálenosti 7,5 mil. km. Podle M. Holmana aj. má exoplaneta průměrnou hustotu jen 70% hustoty vody.

K. Sahu aj. uskutečnili projekt **SWEEPS** pomocí kamery ACS HST, když po celý týden v únoru 2004 sledovali v zorném poli ve výduti Galaxie jasnosti 180 tis. hvězd do V = 26 mag s cílem objevit přechody exoplanet přes kotoučky zejména trpasličích hvězd s hmotnostmi 0,44 – 1,24 M_O. Odhalili tak celkem 16 potenciálních kandidátek s exoplanetami s oběžnými periodami 0,4 – 2,5 d; z toho 5 případů má periody kratší než 1 d, takže exoplanety jsou na povrchu rozpálené až na 3 kK. Přirozeně je pravděpodobné, že transity nastávají i u exoplanet s oběžnou dobou v rozmezí 10 – 200 dnů, kde souvislé pozorovací řady zatím chybějí. Protože poklesy jasností hvězd řádu 1% mohou měřit i astronomové-amatéři pomocí menších dalekohledů s kamerami typu CCD, rýsuje se zde vynikající příležitost pro objevování a sledování právě takových exoplanet ve větších vzdálenostech od mateřské hvězdy. Tato pozorování pochopitelně vyžadují mezinárodní koordinaci amatérských pozorování – viz adresa *Transitsearch.org*.

I. Song aj. využili spektrografu NICMOS HST k **přímému zobrazení exoplanety,** která je průvodcem mladého bílého trpaslíka 2MASSW 2073-39 (δ = 59 pc) ve hvězdné asociaci TW Hya. Pozorování v blízké infračervené oblasti 0,9 – 1,6 μm proběhla v srpnu 2004 a dubnu 2005, takže srovnáním obou snímků se podařilo potvrdit společný vlastní pohyb obou dobře rozlišených složek s minimální vzájemnou vzdáleností 46 AU. Soustava je stará alespoň 8 mld. roků a průvodce má hmotnost několika M_j.

Mezi exoplanetami nalezenými již klasickou metodou radiálních rychlostí vynikl objev A. Sozzetiho aj. exoplanety s oběžnou dobou 1 002 dnů (2,7 r) u hvězdy **HD 81040** (Leo; V = 7,7; sp G2/3; T = 5,7 kK; 1,0 M_O; 0,9 R_O; minimální stáří 0,8 Gr; d = 33 pc). Exoplaneta o hmotnosti 7 M_j obíhá po výstředné (e = 0,5) dráze s velkou poloosou 1,9 AU. Autoři měřili kolísání radiálních rychlostí hvězdy s poloviční amplitudou 170 m/s po dobu pěti let. Podobně H. Jones aj. využili 3,9m dalekohledu AAT k objevu dalších dvou exoplanet s velmi dlouhou periodou. Jde o exoplanety o hmotnosti srovnatelné s Jupiterem, které obíhají kolem hvězd **HD 187085** (Sgr; 7,2 mag; G0 V; 45 pc), resp. **HD 20782** (For; 7,4 mag; sp G2 V; d = 36 pc; T = 5,6 kK; 1 M_O; stáří 7 Gr). První z nich má dosti výstřednou dráhu (e = 0,5) s velkou poloosou 2 AU, oběžnou periodu 2,7 r a hmotnost 0,75 M_j. Druhá z nich o hmotnosti 1,8 M_j obíhá v periodě 1,6 r po silně výstředné dráze (e = 0,92!) s velkou poloosou 1,4 AU. M. Endl aj. sledovali hvězdu **HD 45350** pomocí dalekohledů McDonaldovy observatoře v Texasu a objevili tak exoplanetu o hmotnosti 1,8 M_j, obíhající kolem mateřské hvězdy opět po velmi výstředné dráze (e = 0,76) s velkou poloosou 1,9 AU v periodě 2,6 r. Konečně R. Butler aj. oznámili objev dlouperiodické exoplanety u blízkého (9 pc) červeného trpaslíka **GJ 849** (M3.5 V). Exoplaneta o hmotnosti >0,8 M_j totiž obíhá kolem mateřské hvězdy v periodě 5,2 r ve vzdálenosti 2,35 AU.

Zatím asi nejdelší souvislá měření cyklických změn radiálních rychlostí trvající plných 25 roků zveřejnili A. Hatzes aj. a S. Reffertová aj. pro jasnou hvězdu **ß Gem** (Pollux), klasifikovanou jako oranžového obra (1 mag; K0 III; d = 10 pc) o hmotnosti 1,8 M_O. Odtud vyplývá, že kolem hvězdy obíhá po téměř kruhové dráze (e = 0,02) v periodě 1,6 r a ve vzdálenosti 1,6 AU exoplaneta s minimální hmotností 3 M_j. Také G. Benedict aj. využili patnáctileté astrometrie známé hvězdy **ε Eri** (K2 V; 0,8 M_O; 3,2 pc; stáří 800 Mr)

v kombinaci s pozemní spektroskopií i sledováním HST k určení parametrů průvodce, jenž obíhá kolem mateřské hvězdy v periodě delší než 50 roků a s úhlem sklonu 30° ke kolmici k zornému paprsku. Jeho hmotnost je jen 1,55 M_j, takže jde o exoplanetu mimořádně vzdálenou od hvězdy. Rozhodně lze tedy očekávat, že podobných objevů exoplanet více vzdálených od mateřské hvězdy bude během času přibývat souběžně s tím, jak se budou prodlužovat pozorovací řady měření periodických změn radiálních rychlostí.

Naproti tomu G. LoCurto aj. nalezli velmi horkou exoplanetu typu Jupiter u hvězdy **HD 212301** (8 mag; F8 V; d = 53 pc; 1,3 M_O; 1,8 L_O; rot. per 12 d; stáří <1 Gr). Má hmotnost 0,45 M_j a obíhá kolem mateřské hvězdy ve vzdálenosti jen 5 mil. km (!) v periodě 2,2 d. Velkým překvapením se stal objev J. Johnsona aj., když u podobra **HD 185269** (V = 6,7 mag; G0 IV; 6 kK; 1,3 M_O; 1,9 R_O; 48 pc; stáří 4,2 mld. r) našli exoplanetu o hmotnosti >0,9 M_j, která obíhá kolem mateřské hvězdy v periodě 6,8 d ve střední vzdálenosti 12 mil. km, ale po dráze s výstředností 0,3. Při těsné blízkosti k mateřské hvězdě a tudíž silným slapům se tak velká výstřednost nedá kloudně vysvětlit.

M. Mayor aj. odhalili už čtvrtou exoplanetu v soustavě hvězdy **μ Ara** (G3 IV-V; 5,8 kK; 1,1 M_O; 1,4 R_O; 15 pc). Exoplanety o hmotnostech 0,03; 0,5; 1,7 a 1,8 M_j obíhají kolem hvězdy po lehce výstředných drahách (e = 0,07 – 0,17) v periodách od 9,6 d do 11,5 r ve vzdálenostech po řadě 0,09; 0,9; 1,5 a 5,2 AU, přičemž obydlitelná zóna kolem hvězdy má vnitřní hranici 0,7 a vnější 1,2 AU. Čtyři exoplanety mají také hvězdy **55 Cnc** a neutronová hvězda (pulsar) **B1257+12.** C. Lovis aj. ohlásili objev exoplanetární soustavy u hvězdy **HD 69830** (Pup; 6 mag; sp. K0 V; d = 13 pc; T = 5,4 kK; 0,9 M_O; 0,6 L_O), jež se skládá ze tří pravděpodobně kamenných exoplanet s hmotnostmi po řadě 10, 12 a 18 M_Z, které obíhají kolem mateřské hvězdy po mírně výstředných (e = 0,07 – 0,13) drahách s periodami po řadě 9, 32 a 197 dnů ve vzdálenostech po řadě 0,08; 0,19 a 0,63 AU. Stáří soustavy odhadli na 4 – 10 mld. roků. Podle Y. Aliberta aj. se vnitřní exoplaneta nachází uvnitř tzv. ledové čáry, takže na sebe nabrala hodně vodního ledu. Obecně jde o exoplanety s kamennými jádry, rozsáhlým vodním oceánem na povrchu a plynnou atmosférou. Podle pozorování kosmickým teleskopem SST se navíc zdá, že jejich mateřská hvězda je obklopena i pásem exoplanetek ve vzdálenostech 0,3 – 0,5 AU.

Všichni zmínění autoři přitom využili měření radiálních rychlostí hvězdy spektrografem **HARPS ESO** na La Silla v Chile, jenž dosahuje přesnosti 1 m/s. Kdybychom však chtěli nalézt exoplanetu o hmotnosti Země, obíhající v 1 AU kolem hvězdy o hmotnosti Slunce, musel by příslušný spektrograf měřit radiální rychlosti s přesností 90 mm/s, což je z fyzikálního hlediska patrně nedosažitelné. Jak uvedla J. Birrielová, známe v současné době dvě hvězdy, které jsou fyzikálně nejbližší Slunci, tj. **18 Scorpii** (14 pc) a **HD 98618** (39 pc). Obě hvězdy jsou o něco málo hmotnější, svítivější a teplejší a současně o 0,5 mld. let mladší než Slunce. Šířka jejich ekosfér (oblastí obydlitelnosti s tekutou vodou na povrchu případných kamenných exoplanet) dosahuje shodně 1 AU. U žádné z nich podle dnešních měření se nevyskytují exoplanety typu horkých jupiterů, což je fakticky dobrá zpráva pro možnost případného výskytu obydlitelných a ovšem dosud nezjistitelných exoplanet.

Zcela nečekaným objevem se stala pozorování R. Jayawardhany a V. Ivanova, jakož i A. Brandekera aj. páru **1622-2405,** skládajícího se ze dvou exoplanet, bez jakékoliv mateřské hvězdy. Takovým exoplanetám se říká **planemy.** Autoři využili dalekohledů VLT a NTT ESO ke sledování obou planem o minimálních hmotnostech 13 a 10 M_j a povrchových teplotách 2,4 a 2,1 kK, které se nalézají v prachoplynovém mračnu v souhvězdí Hadonoše ve vzdálenosti zhruba 120 pc od nás. Mračno je známé jako hvězdná kolébka objektů starých nanejvýš 10 mil. roků. Vzájemná vzdálenost obou velmi mladých planem činí 240 AU a je prakticky jisté, že vznikly zároveň drobením (fragmentací) původního mračna. To ovšem není obvyklá cesta vzniku planetárních soustav podobných naší sluneční soustavě. *„Sluneční soustavy" vznikají mnohem pravděpodobněji ze zárodečného disku, obklopujícího prahvězdu.*

Další kuriozitou ve výzkumu exoplanet se stal objev exoplanety u dvojhvězdy, který je výsledkem šestiletých měření změn radiálních rychlostí hvězdy **HD 142022** pomocí přesného spektrografu CORALIE u švýcarského 1,2m dalekohledu Euler na La Silla a ešeletu HARPS u 3,6m teleskopu ESO. Podle A. Eggenbergera aj. jde o dvojhvězdu s velkou vzájemnou vzdáleností složek 1 033 AU a hmotnostmi 1,0 a 0,6 M_O, vzdálenou od nás 36 pc. Exoplaneta obíhá kolem primární složky v periodě 5,3 roku po výstředné dráze (e = 0,5) ve vzdálenosti 3 AU a má minimální hmotnost 5 M_j. Za vysokou výstřednost dráhy takto hmotné exoplanety pravděpodobně mohou gravitační poruchy vzdálené složky zmíněné dvojhvězdy. Ešelet HARPS dosahující přesnosti v určení radiální rychlosti 1,3 m/s stojí i za objevem S. Udryho aj. extrémně lehké exoplanety o hmotnosti jen 14 M_Z u hvězdy **HD 4308** (sp G5 V; 5,7 kK; 1,0 L_O; 0,8 M_O; stáří 10 Gr; 217 pc). Exoplaneta kolem ní obíhá ve vzdálenosti 0,12 AU v periodě 15,6 d.

Rekord však neměl dlouhého trvání, jelikož již koncem ledna 2006 ohlásily mezinárodní týmy PLANET/RoboNet, MOA a OGLE pod vedením J.-P. Beaulieua, že při sledování gravitačních mikročoček zaznamenaly zjasňování objektu **OGLE-2005-BLG-390L** (1754-30; Sco) počínaje 11. 7. 2005. Hvězda (G4 III; 10 R_O) nacházející se ve výduti Galaxie ve vzdálenosti asi 8,5 kpc se do 31. 7. 2005 zjasnila o 1,4 mag, načež její jasnost začala souměrně a achromaticky s časem opět klesat, což je pro gravitační mikročočky typické. Na sestupné části světelné křivky se však podařilo zaznamenat (díky rozsáhlé mezinárodní spolupráci mnoha observatoří zejména na jižní polokouli) malý „zoubek" – zjasnění v trvání asi 12 h v noci 9./10. 8. 2005. Autoři odtud odvodili, že kolem gravitační mikročočky – trpasličí hvězdy třídy M o hmotnosti 0,2 M_O – obíhá exoplaneta o hmotnosti jen 5,5 M_Z ve vzdálenosti 2,6 AU. Tato soustava je od nás vzdálena asi 6,6 kpc. Jelikož mateřská hvězda svítí málo, má exoplaneta podle D. Ehrenreicha aj. povrchovou teplotu jen 40 K, takže rozhodně není příliš vhodná pro život, když stáří mateřské hvězdy odhadli na více než 9 mld. let. Na povrchu exoplanety se proto už nenachází voda, takže je zmrzlá na kost. Autoři však připouštějí, že před 4,5 mld. let tam ještě díky radioaktivitě hornin mohla tekutá voda být.

Velkým úspěchem pozorovací astronomie se stala také gravitační mikročočka **OGLE-2003-BLG-53,** kdy D. Bennett aj. využili HST jak k zobrazení samotné mikročočky, tak i čočkované hvězdy úhlově vzdálené od mikročočky o pouhých 0,006". Mikročočka má hmotnost 0,6 M_O a příslušná exoplaneta o hmotnosti 2,6 M_j se nachází ve vzdálenosti 4,3 AU od hvězdy, což poněkud připomíná vzhled naší planetární soustavy. Tato mimořádně zdařilá pozorování poukazují na velký potenciál hledání exoplanet pomocí efektu gravitačních mikročoček, protože citlivost metody jen mírně klesá se vzdáleností objektů od Slunce a dává překvapivě dobré údaje o všech objektech, které se na příslušném jevu podílejí.

Skutečně již o několik měsíců později oznámili N. Santos aj., že v databázi OGLE existující objekty **TR-10, -56 a -111** mají na základě spekter mateřských hvězd, pořízených spektrografem UVES VLT, hmotnosti 0,8 – 1,2 M_O a poloměry 1,1 – 0,8 R_O. Kolem nich obíhají exoplanety s hmotnostmi 0,5 – 1,2 M_j a poloměry 1,0 – 1,4 R_j. Podobně A. Gould aj. objevili na světelné křivce gravi-

tační mikročočky **OGLE-2005-BLG-169,** kdy jasnost čočkované hvězdy stoupla 800krát (!), „zoubek" odpovídající exoplanetě o hmotnosti 13 M_Z ve vzdálenosti 2,7 AU od mateřské hvězdy o hmotnosti 0,5 M_O. Z toho se dá usoudit, že exoplanet o hmotnostech podobných Neptunu se vyskytuje velmi mnoho.

J. Bond aj. se věnovali určování zastoupení těžších chemických prvků („kovů") u hvězd sp. třídy G, které by případně mohly mít kolem sebe exoplanety. Do poloviny roku 2005 prozkoumali celkem 136 hvězd, z nichž u 20 už exoplanety známe. Jejich mateřské hvězdy mají prokazatelně **vyšší zastoupení kovů** (Fe, C, Na, Al, Si, Ca, Ti, Ni) než hvězdy, které jsou téměř jistě bez exoplanet. Autoři se domnívají, že přebytek kovů je způsoben jejich přebytkem již v zárodečném mračnu, z něhož hvězda vznikala – jinými slovy, *pravděpodobnost vzniku exoplanet se zvyšuje souběžně se stárnutím vesmíru.* Později vznikající hvězdy jsou totiž tvořeny materiálem, který byl již vícekrát recyklován při termonukleárních reakcích v předešlých pokoleních hvězd.

R. Butler aj. sestavili **katalog** všech známých exoplanet do vzdálenosti 200 pc od Slunce. Jejich hmotnosti jsou vesměs nižší než 24 M_j, takže zahrnují i lehčí hnědé trpaslíky. Pokud jsou exoplanety k mateřským hvězdám blíže než 0,1 AU, mají vesměs kruhové dráhy, což je důsledek dynamického slapového tření. Orbitální periody krátkoperiodických exoplanet se kupí kolem hodnoty 3 d. *Četnost exoplanet prudce stoupá s jejich klesajících hmotností a s rostoucí vzdáleností od mateřských hvězd.* To znamená, že dosavadní technické možnosti umožňují zachytit jen pověstnou špičku ledovce – naprostá většina exoplanet našim přístrojům dosud uniká.

Zajímavé je rovněž zjištění, že řada exoplanet, resp. hnědých trpaslíků přežije i fázi červeného obra mateřské hvězdy a zůstane naživu ještě ve fázi bílého trpaslíka. Názorně to ukázal objev P. Maxteda aj., když našli bílého trpaslíka **WD 0137-349** o hmotnosti 0,4 M_O, kolem něhož obíhá hnědý trpaslík o hmotnosti 55 M_j ve vzdálenosti 700 tis. km a v periodě 2 h. Před 250 mil. let byl ještě bílý trpaslík červeným obrem a jeho povrch sahal až za dnešní dráhu hnědého trpaslíka, takže ten poněkud „odtál". Hnědý trpaslík však dle výpočtů ještě ani teď zdaleka nemá vyhráno. Jelikož takto těsná soustava ztrácí energii vyzařováním gravitačních vln, blíží se hnědý trpaslík po spirále k trpaslíku bílému a podle prvních odhadů jím bude nakonec pohlcen asi za 1,4 mld. let...

M. Ikoma aj. shrnuli přesné údaje o devíti exoplanetách pozorovaných během **transitů.** Téměř všechny mají poloměry přibližně stejné jako Jupiter, s výjimkou exoplanety **HD 149026b**, která má při hmotnosti 0,36 M_j poloměr jen 0,73 R_j a hmotnost 110 M_Z. Odtud plyne, že v jádře exoplanety jsou těžší prvky, takže hmotnost jejího kamenné jádra autoři odhadují na 70 M_Z. To znamená, že tento typ exoplanet vzniká přibíráním látky na zárodečné kamenné jádro, nikoliv z nestabilit v protoplanetárním disku.

J. Caballero aj. si položili otázku, zda máme opravdu přesvědčivý důkaz o existenci osamělých exoplanet – **nomádů.** Studovali exoplanety v kompaktní kupě kolem hvězdy σ Ori o stáří jen 3 mil. roků, kde se mj. vyskytuje hnědý trpaslík SE 70 v úhlové vzdálenosti 5" od obří exoplanety **S Ori 68.** Při vzdálenosti kupy 360 pc představuje tato rozteč lineární hodnotu minimálně 1 700 AU. Autoři odhadli hmotnost hnědého trpaslíka sp. třídy M5-6 na 45 M_j a exoplanety sp. třídy L5 na 5 M_j. Podle jejich názoru vše nasvědčuje tomu, že jde spíše o velmi vzdálené složky jediné soustavy s rekordně nízkou hmotností primární složky – hnědého trpaslíka. Podobný případ objevili S. Metchev a L. Hillenbrand u hvězdy **HD 203030** (G8 V; stáří 130 – 400 mil. let). V úhlové vzdálenosti 12" (separace 490 AU) se nachází substelární objekt o hmotnosti 0,023 M_O (sp. L7.5) a teplotě 1,2 kK, jenž vykazuje shodný vlastní pohyb se zmíněnou hvězdou.

S. Raymond aj. simulovali **vývoj obřích i terestrických planet** pro různé počáteční podmínky vzniku planetárních soustav. Obecně platí, že *obří plynné planety vznikají mnohem rychleji než kamenné planety terestrického typu,* což v mnoha případech zabraňuje obecně mnohem pomalejšímu vzniku terestrických planet. Speciálně vznik obřích planet ve vzdálenosti blíže než 2,5 AU od mateřské hvězdy slunečního typu spolehlivě zabrání vzniku kamenných planet s hmotnostmi většími než 30% hmotnosti Země. Podobně záporný vliv na vznik terestrických planet mají též obří planety s pozorovanými velkými výstřednostmi. Autoři z toho odvozují, že většina dosud objevených exoplanet současně *snižuje vyhlídky na to, že by v těchto soustavách existovaly terestrické planety v ekosféře mateřské hvězdy.*

2.2. Hnědí trpaslíci

J. Lloyd aj. úspěšně zobrazili hnědého trpaslíka u hvězdy **GJ 802** (13 mag; 0,175 M_O; 15 pc) pomocí metody aperturního maskování a adaptivní optiky u palomarského pětimetru. Hnědý trpaslík o hmotnosti 0,064 M_O obíhá kolem hvězdy v periodě 3,1 roku ve střední vzdálenosti 1,3 AU po dráze s výstředností 0,6. V přísluní se ohřívá až na 1,8 kK. E. Artigau aj. objevili nejjasnějšího hnědého trpaslíka na severní polokouli u hvězdy **J0136-0933** (6 pc) díky měřením společných vlastních pohybů. Jeho infračervená hvězdná velikost v pásmu H dosahuje 12,8 mag a jeho spektrum klasifikovali jako T2.5

B. Biller aj. využili dalekohledu VLT ESO ke studiu blízkého páru hvězdy **SCR 1845-6357** (Pav; H = 9 mag; sp M8.5; d = 3,8 pc) a hnědého trpaslíka (H = 13 mag; sp. T5.5; T <1,2 kK), který kolem hvězdy obíhá ve vzdálenosti 4,5 AU. Trpaslík má v atmosféře silně zastoupen metan a je v současné době třetím nejbližším hnědým trpaslíkem ke Slunci hned po páru hnědých trpaslíků **ε Indi Ba+b** ve vzdálenosti 3,6 pc. K. Stassun aj. našli pár zákrytových hnědých trpaslíků **2M J0535-0546** (Ori; 420 pc) o hmotnostech složek 56 a 36 M_j a poloměrech 6,5 a 5 R_j. Velikost poloměrů nasvědčuje tomu, že oba objekty ještě prodělávají fází gravitačního smršťování, takže jsou velmi mladé. Obě složky sp. třídy M6.5 kolem sebe obíhají po silně protáhlé (e = 0,3) eliptické (a = 6 mil. km) dráze v periodě 9,8 d. Paradoxně je lehčí složka o 140 K teplejší než složka hmotnější. Podobně C. Celino aj. pozorovali pomocí Keckova teleskopu s laserovou adaptivní optikou pár hnědých trpaslíků **Kelu-1AB** (d = 19 pc) a určili jejich sp. třídy na L2 a L3,5. Zatímco při objevu dvojice pomocí HST v r. 1998 byla úhlová vzdálenost složek jen 0,045", při měřeních v r. 2005 činila už 0,29", což dává sklon dráhy vůči pozorovateli >81° a oběžnou dobu >40 r.

P. Maxted aj. studovali hnědého trpaslíka, jenž obíhá kolem magnetického bílého trpaslíka **SDSS J1212+0136** (Vir; V = 15 mag; 16,5 kK; log g =7,5; 0,4 M_O; 0,02 R_O; 0,02 L_O; 102 pc). Hnědý trpaslík kolem něho obíhá v periodě 115 min a jeho hmotnost činí 0,053 M_O. To znamená, že hnědý trpaslík pohodlně přežil epizodu obra před zhroucením hvězdy na bílého trpaslíka asi před 250 mil. let.

D. Grether a C. Lineweaver si povšimli, že na křivce četnosti kosmických objektů od hvězd k planetám (tzv. **funkce hmotnosti**) dochází k výraznému poklesu v pásmu hnědých trpaslíků, kterých je o dva řády méně než hvězd slunečního typu, zatímco obřích planet typu Jupiter a exoplanet typu Neptun zase souměrně přibývá. Toto „zhoupnutí" funkce hmotnosti dosahuje minima pro

hmotnost 31 M_j a autoři ho označují za *„hnědou poušť"*, jejíž existence zřejmě souvisí se způsobem, jak objekty různých hmotností vznikají a jak se dále vyvíjejí.

2.3. Vznik hvězd a prahvězdy

K. Nakazatto aj. se věnovali aspektům vývoje hvězd I. generace **(populace III),** jež zpočátku obsahují pouze vodík a helium. Následkem toho jsou jejich počáteční hmotnosti z dnešního pohledu závratné: dosahovaly totiž hodnot v rozmezí 100 – 100 000 M_O! Výpočty na superpočítačích pro hmotnosti hvězd 300 – 10 000 M_O ukázaly, že takové hvězdy bez příměsi těžších prvků (tzv. kovů) jsou zpočátku neprůhledné dokonce i pro neutrina. Teprve pozvolná difuze neutrin umožní jejich gravitační zhroucení a explozi v podobě **hypernov,** čímž se mezihvězdný prostor poprvé začne obohacovat o kovy, které pak umožňují vznik hvězd II. generace s podstatně nižšími hmotnostmi. T. Okhubo aj. ukázali, že pro hvězdy I. generace v rozmezí hmotností 500 – 1 000 M_O dochází při závěrečné explozi k obohacení chemie mezihvězdného prostoru při současném zhroucení jejich jader na černé díry o hmotnostech 230 – 500 M_O, což by mohly být často uvažované *intermediální černé díry.* J. Silk a M. Langer však tvrdí, že simulace jsou jen akademické, protože magnetické nestability omezí **hmotnosti hvězd I. generace** na pouhých 50 M_O. K podobnému závěru dospěl také J. Tumlinson, jenž odhadl hmotnost hvězd I. generace jen na 10 – 40 M_O.

I. Pascucci aj. vybrali z přehlídky kosmickým teleskopem SST 15 mladých hvězd podobných Slunci, u nichž byl v infračerveném pásmu pozorován **prachový akreční disk.** Teplota prachu ve vnitřních částech disků se pohybuje mezi 300 ÷ 100 K, zatímco vnější okraje dosahují teploty sotva 20 K. Žádný z disků neobsahuje větší množství plynu. Ve vzdálenostech 1 ÷ 40 AU jsou v podobě plynu nanejvýš 4% M_j a v mezikoulí o poloměrech 10 – 40 AU méně než 2 M_Z. Jelikož stáří soustav se odhaduje na pouhých 30 mil. roků, znamená to, že buď již v tomto mládí jsou sbaleny exoplanety typu Neptun, anebo tam nevzniknou ani během dalších 70 mil. let, protože stavební materiál zkrátka chybí. Pokud se blíže k mateřské hvězdě běžně tvoří exoplanety, pak se jejich dráhy přibližují kružnici pouze tehdy, jestliže zrod těchto exoplanet trvá méně než 30 mil. let – jinak už nebude v soustavě dost brzdného odporujícího plynného prostředí na srovnání drah z protáhlých elips na kružnice.

M. Beltránová aj. upozornili na to, že akrecí plynu a prachu na hvězdný zárodek se zvyšuje tlak záření, který zabrzdí další akreci při hmotnosti zárodku nad 10 M_O. *Hmotnější hvězdy proto mohou vznikat jedině nesférickou akrecí,* protože tlak záření je nejsilnější kolem pólů hvězdného zárodku. Je tedy možné, že akrece podél rovníku může dále pokračovat, ale je zřejmé, že tento proces je fyzikálně velmi vzácný. Autoři uvádějí jako příklad hyperkompaktní mračno ionizovaného vodíku **G24.78+0.08** o průměru pod 1,5 kAU, vzdálené od nás 7,7 kpc. Mračno má hmotnost 20 M_O a zářivý výkon 33 kL_O (!) a je tedy příkladem vzniku vysoce hmotné hvězdy.

E. Huff a S. Stahler zkoumali tvorbu hvězd v proslulé mlhovině v Orionu a zjistili, že *tempo vzniku nových hvězd se během posledních 10 mil. roků neustále zvyšuje* nezávisle na hmotnosti. Na vině je známá soustava **Trapez** (lichoběžník), která postupně likviduje obří molekulové mračno jeho přeměnou na hvězdy. Podle výpočtu obou autorů mělo mračno před začátkem destrukce Trapezem hmotnost asi 6 700 M_O, která postupně vede ke vzniku hvězdné asociace OB, jež nebude vzájemně vázána gravitací, a tak se nakonec rozplyne.

2.4. Osamělé hvězdy

C. Lada zvrátil všeobecný názor, že nejběžnějšími hvězdnými soustavami ve vesmíru jsou dvojhvězdy. Ukázal, že v homogenním vzorku poblíž Slunce vysoko převažují **trpasličí hvězdy sp. třídy M,** které tvoří 85% všech hvězd. Ve slunečním okolí do 10 pc je jen čtvrtina těchto hvězd členy vícenásobných soustav, do nichž navíc započítal i hnědé trpaslíky. *Následkem toho je v disku Galaxie 2/3 hvězd osamělých!* Hvězdy převážně třídy M mohou tedy mít docela snadno planetární soustavy podobné té naší u Slunce. Také podle T. Younga aj. vychází, že v Galaxii alespoň 70% hvězd hmotnost menší 1 M_O.

J. Meléndez aj. našli díky pozorováním Keckovým spektrografem HIRES dosud nejlepší protějšek našeho Slunce v podobě hvězdy **HD 98618** (UMa; 7,7 mag; G5 V; 39 pc). Hvězda je asi o 300 mil. roků mladší než Slunce, má o 2% větší hmotnost, nepatrně vyšší zastoupení kovů, je o 66 K teplejší, o 6% vyšší zářivý výkon a o 90 m/s vyšší rotační rychlost na rovníku. Hvězda nemá ve svém okolí žádného horkého jupitera, který by bránil dlouhodobé existenci terestrických planet a šířka její ekosféry činí 1 AU, takže právě tam by případně taková terestrická exoplaneta mohla být. C. Liefke a J. Schmitt porovnávali pomocí družice Newton chemické složení koróny dvojhvězdy **Cen AB** (–0,3 mag; G2 V + K2 IV; 1,34 pc) se sluneční korónou. Zjistili, že v porovnání se Sluncem má koróna složky B více než dvojnásobek neonu, což velmi významně ovlivňuje výpočty opacity (neprůhlednosti) nitra hvězdy a tím i hloubku její konvektivní zóny. Jelikož hloubka konvektivní zóny u Slunce je nezávisle dobře známa díky helioseismologii, dostáváme se tak do rozporu jak pro Slunce, tak pro zmíněnou dvojhvězdu, protože i ta má v porovnání s běžnými hvězdami stále ještě deficit neonu. Zatím není vůbec jasné, čím jsou tyto nesrovnalosti způsobeny.

D. Pease aj. pozorovali jasnou hvězdu **Vegu** (0,0 mag; A0 V; 7,8 pc) rentgenovou družicí Chandra a byli překvapeni tím, že Vega nedává žádný měřitelný rentgenový signál, tj. teplota její případné koróny je nízká a rentgenový zářivý výkon je menší než 2 EW. Podobný výsledek přineslo také sledování dalších hvězd na přechodu spektrálních tříd B/A, což zřejmě znamená, že hvězdy hlavní posloupnosti s povrchovými teplotami v rozmezí 8,5 – 12 kK nemají aktivní koróny ani ohřev hvězdného větru rázovými vlnami.

Vzápětí J. Aufdenberg aj. využili nového infračerveného interferometru CHARA se základnami 103 a 273 m na Mt. Wilsonu ke změření geometrických parametrů Vegy s úhlovým rozlišením 0,2 milivteřiny. K všeobecnému úžasu se tak ukázalo, že **Vega,** považovaná až dosud za standardní referenční hvězdu pro stelární výzkumy v Galaxii, je ve skutečnosti silně zploštělá a podle zákona schválnosti míří její rotační osa téměř přímo (odchylka dosahuje jen 4,5°) k nám! Tím se okamžitě podařilo vysvětlit dlouhodobý problém, že Vega je o 0,5 mag jasnější a o 20% větší, než by se na standardní hvězdu spektrální třídy A0 V slušelo. Proto je teplota hvězdy na pólu 10 kK, kdežto na rovníku necelých 8 kK, neboť polární poloměr činí jen 2,3 R_O, kdežto rovníkový 2,7 R_O. Podobně kolísá v závislosti na „geografické" šířce i zářivý výkon Vegy. Průměrný zářivý výkon dosahuje 37 L_O, ale ve směru k pólům stoupá

až na 60 L_O. Vega rotuje v periodě 12,4 h, tj. plnými 92% rychlosti kritické, při níž by ji odstředivá síla na rovníku již trhala. K podobnému závěru dospěli také D. Peterson aj., kteří pro Vegu dostali rychlost rotace na rovníku 270 km/s; hmotnost 2,1 M_O; stáří 570 mil. let a deficit kovů (jen 0,8% proti sluneční hodnotě 2%).

Podobná schválnost se dle G. van Bella aj. týká rovněž hvězdy **Alderamin** (α Cep; A7 IV-V; 15 pc). Zploštění hvězdy (poměr hlavní a vedlejší poloosy) činí téměř 1,3:1, tj. délka poloos 2,8 a 2,2 R_O, přičemž rotační pól hvězdy míří rovněž téměř přesně k nám, takže na pólu má hvězda vyšší teplotu 8,4 kK. Hvězda rotuje 83% kritické rychlosti. Dále pak M. Vinicius aj. určili interferometrem VLTI ESO tvar **Achernaru** (α Eri; 0,5 mag; B5 III) – nejjasnější hvězdy třídy Be na nebi. Hvězda je výrazně zploštělá, takže rotuje 80% kritické rychlosti.

D. Gray a K. Brown shrnuli výsledky 20 roků měření vysokodispersních spekter nejjasnější hvězdy severní oblohy – **Arktura** (–0,04 mag; sp. K2 III; 11 pc). Z kolísání poloh čáry Fe I jim vyšla neuvěřitelně dlouhá rotační perioda 2 r, tj. při poloměru hvězdy 25 R_O činí rotační rychlost na rovníku jen 1,8 km/s. B. Croll aj. sledovali známou hvězd **ε Eri** (3,7 mag; K2 V; 3,3 pc), kolem níž obíhá nejbližší známá exoplaneta s hmotností 1,5 M_j v oběžné době 7 r. Hvězda rotující kolem své osy v periodě něco přes 11 d při rychlosti na rovníku pod 3,4 km/s je obklopena prachovým prstenem o poloměru 65 AU. Vykazuje poměrně silné magnetické pole o indukci 0,1 T a je určitě mladší než 1 mld. let. K. Strassmeier a J. Rice uskutečnili první dopplerovské zobrazení povrchu osamělé mladé hvězdy **PW And** (HD1405; K2 V) pomocí studia profilů 58 spektrálních čar. Objevili tak podél rovníku až do „geografických" šířek 40° až o 1,2 kK chladnější skvrny a zpřesnili rotační periodu hvězdy 1,8 d (>24 km/s na rovníku) na 5 platných cifer. Určili teplotu její fotosféry na 5 kK, poloměr hvězdy 1,2 R_O, zářivý výkon na 0,6 L_O a hmotnost na 1,1 M_O. Mladá hvězda před hlavní posloupností rotuje rychle, ale zřetelně se brzdí. Její stáří odhadli na 20 mil. roků.

C. Fuentes aj. zkoumali prchající hvězdu **SDSS J090745+0245** (Hya; B9 V; 10,5 kK; 71 kpc), která se vzdaluje od jádra Galaxie rychlostí 709 km/s a jeví proměnnost s amplitudami do 10% a periodami do 2 d. Musí být nutně mladší než 350 mil. r. a vše podle J. Hillse nasvědčuje tomu, že byla vyvržena z okolí černé veledíry v jádře Galaxie. Původně šlo totiž o dvojhvězdu, kterou blízký průlet v okolí černé veledíry slapově rozdělil, takže jedna složka zapadla do černé veledíry a druhá naopak získala rychlost vyšší než únikovou, a tak byla z Galaxie doslova katapultována. W. Brown aj. našli v halu Galaxie ve vzdálenosti 10 kpc od nás další dvě prchající hvězdy (**J091301** a **J091759**) v souhvězdích Lva a Velké medvědice sp. třídy B8 V, které jsou vzdáleny od centra Galaxie 75, resp. 55 kpc, jež od jádra soustavy prchají rychlostmi 560 a 640 km/s. A. Burgasser a J. Kirpatrick objevili rovněž v halu Galaxie dosud nejchladnějšího podtrpaslíka **LEHPM 2-59** (R = 19 mag; sp. sdM8; 66 pc) o teplotě 2,9 kK a hmotnosti 0,09 M_O. Objekt vykazuje silný deficit kovů, jak se sluší na tak starou hvězdu.

W. Aoki uveřejnil rozbor spektra hvězdy **HE 1327-2326** (Hya), pořízeného japonským obřím dalekohledem Subaru. Hvězda se nachází buď na hlavní posloupnosti anebo již ve stadiu podobra po hlavní posloupnosti a obsahuje v atmosféře 250tisíckrát méně železa než atmosféra Slunce, což je rekordní deficit. Naproti tomu jeví přebytek stroncia a téměř normální zastoupení uhlíku. Zřejmě jde o vzácnou hvězdu populace III, tedy představitelku nejstaršího pokolení hvězd v Galaxii.

2.5. Těsné dvojhvězdy

N. Linder aj. pozorovali rentgenovou družicí Newton proslulou **Plaskettovu hvězdu** (HD 47129; 1,5 kpc), která patří mezi nejhmotnější hvězdné objekty v Galaxii. Díky tomu, že jde fakticky o interagující dvojhvězdu s oběžnou dobou 14,4 d a kruhovou drahou, lze totiž hmotnosti obou složek i další parametry určit s vysokou spolehlivostí. Obě veleobří složky vykazují velmi raná spektra O6 I a O7.5 I a hmotnosti 51 a 42 M_O, takže *celá soustava má rekordní dobře ověřenou hmotnost 93 M_O*. Družice Newton ukázala, že soustava vydává silné a neproměnné rentgenové záření, vznikající při srážkách intenzivních hvězdných větrů obou složek při teplotách až 16 MK.

J. Provost aj. využili asteroseismologie **Prokyonu A** (0,4 mag; F5 IV-V; 3,5 pc) ke zpřesnění jeho hmotnosti na 1,45 M_O, když existence průvodce Prokyonu B (bílého trpaslíka 11 mag) dává spodní mez stáří soustavy 2 mld. roků. To je současně horní hranice pro stáří Prokyonu A odvozená z asteroseismologie, takže zatím není jasné, zda Prokyon A už opustil hlavní posloupnost. K prakticky stejné hmotnosti Prokyonu A (1,43 M_O) dospěli z astrometrie za léta 1986-2004 G. Gatewood a I. Han. Ti navíc odvodili i hmotnost Prokyonu B na 0,58 M_O.

R. Ipingová aj. pozorovali obří dvojhvězdu **η Carinae** (2,3 kpc) pomocí družice FUSE v dalekém ultrafialovém pásmu (95 – 100 nm) a našli tam čáry sekundární složky, která je teplejší než hlavní složka. To se potvrdilo v červnu 2003, kdy čáry teplejšího sekundáru zmizely právě tehdy, když podle výpočtu dráhy se sekundár skryl za primární složku. Jejich objev potvrdili také T. Gull aj., kteří dvojhvězdu snímkovali spektrografem STIS HST. Sekundární složka obíhá primár po vysoce protáhlé dráze v periodě 5,5 r. Její spektrum připomíná spektrum Wolfových-Rayetových hvězd anebo veleobrů třídy O s teplotou >25 kK. Hmotnost objektu dosahuje minimálně 30 M_O, zatímco hmotnost primární složky činí možná až 70 M_O, takže je téměř jisté že tato složka vybuchne jako supernova II. třídy nejpozději za 100 tis. let.

B. Wood a M. Karovska se zabývali proslulou dvojhvězdou a současně prototypem dlouhoperiodických proměnných hvězd **omikron (Mira) Ceti.** Při vzdálenosti soustavy 130 pc jde též o nejbližší známou symbiotickou hvězdu, takže svůj název „podivuhodná" si opravdu zaslouží. Ultrafialová pozorování družice FUSE a kosmického teleskopu HST ukazují, že intenzita tohoto záření se po propadu v letech 1999 – 2001 opět vrátila na úroveň, kterou naměřila družice IUE v letech 1979-80 a 1990-95. Příčinou ultrafialového záření soustavy spočívá v akreci hvězdného větru červeného obra o poloměru 250 R_O (1,2 AU!) na povrch průvodce, který kolem Miry obíhá ve vzdálenosti 70 AU v oběžné periodě 500 roků. Mira ztrácí větrem 10^{-7} M_O/r a sekundární složka na to reaguje vlastním větrem se ztrátou $2{,}5.10^{-12}$ M_O/r. Jeho intenzita je modulována intenzitou větru primárního, která kolísá v periodě asi 14 let. Příčina kolísání však není známa.

E. Lajus a V. Niemela odvodili elementy zákrytové dvojhvězdy **LS 1135** (0843-4607). Soustava je rovněž spektroskopickou dvojhvězdou o oběžné periodě 2,7 d a sklonu 68,5°, skládající se ze složek o hmotnostech 30 a 9 M_O a poloměrech 11 a 5 R_O. Ani jedna složka nevyplňuje svůj Rocheův lalok, takže jde o klasickou oddělenou dvojhvězdu. Primární složka je sp. třídy O a sekundární B1 V. Poměr hmotností q = 0,3 je pro primár třídy O zcela extrémní.

Ch. a A. Chaliullinovi odvodili z tříbarevné světelné křivky parametry zákrytové dvojhvězdy **HS Herculis** (V = 8,5 mag; B5 V + A7; 480 pc), jejíž složky kolem sebe obíhají v periodě 1,6 d po výstředné (e = 0,2) dráze s velkou poloosou 7,7 mil. km a sklonem 89°. Primární složka má teplotu 15,5 kK; poloměr 2,8 R_O a hmotnost 5,0 M_O. Teplota sekundáru činí 7,8 kK; poloměr 1,6 R_O a hmotnost 1,6 M_O. Jejich bolometrické hvězdné velikosti dosahují –1,8 a +2,4 mag. Odtud vyplývá, že jde o velmi mladé hvězdy o stáří zhruba 17 mil. roků. C. Lacy aj. určili ze světelné křivky elementy zákrytové dvojhvězdy **EY Cephei,** která se skládá za dvou stejně hmotných mladých hvězd, jež se ocitly na hlavní posloupnosti teprve před 40 mil. let. Tím lze vysvětlit velmi vysokou výstřednost jejich oběžné dráhy e = 0,44 při periodě 8,0 d. Obě složky mají spektrální třídu F0, teploty 7,1 a 7,0 kK, poloměr 1,46 a 1,47 R_O a hmotnosti 1,5 M_O. W. Bagnuolo aj. využili interferometru CHARA ke změření hmotností dvoučárové spektroskopické dvojhvězdy **12 Persei.** Dostali tak hodnoty 1,38 a 1,24 M_O s přesností lepší než 1%.

G. Herbig a R. Griffin uveřejnili multispektrální rozbor parametrů dvoučárové spektroskopické dvojhvězdy **theta^1 Orionis E,** která je 5. nejjasnějším členem známého lichoběžníka (Trapez) v mlhovině v Orionu (450 pc). Od r. 1982 víme, že hvězda je silným zdrojem rentgenového záření, přestože na rozdíl od ostatních hvězd Trapezu patří k pozdní spektrální třídě G5 III a jeví silné emise vápníku (čáry H a K). Obě složky mají stejnou hmotnost kolem 3 M_O i poloměr asi 7 R_O. Jejich stáří se odhaduje na necelý milion let, což je s ohledem na vzhled spektra téměř nepochopitelné. Obě složky dvojhvězdy E obíhají kolem společného těžiště v periodě 9,9 d po kruhové dráze s poloměrem >11 mil. km.

D. Terrell aj. uspěli při odvození elementů kompaktní dotykové dvojhvězdy **FI Bootis** díky rozboru pětibarevné světelné křivky **(UBVRI).** Dvojhvězda je tak kompaktní, že je i silným rentgenovým zdrojem RX 1522+51. Obě složky kolem sebe obíhají v periodě jen 0,4 dne ve vzájemné vzdálenosti jen 1,6 mil. km. Mají teploty 5,5 a 5,1 kK; poloměry 1,1 a 0,7 R_O; svítivosti 1,0 a 0,3 L_O a poměr hmotností q = 0,4. Odtud se podařilo určit také vzdálenost soustavy od nás na 95 pc, což se dost liší od údaje družice HIPPARCOS (105 pc).

S. Howell aj. studovali dvojhvězdu **EF Eridani**, v níž primární složku představuje magnetický bílý trpaslík s indukcí 1,4 kT na povrchu hvězdy. Jeho hmotnost odhadli na 0,6 M_O, odkud pak vyplývá velmi nízká hmotnost sekundární složky 0,055 M_O, tj. nejde o hvězdu, ale o hnědého trpaslíka, který obíhá kolem primární složky v periodě pouhých 81 min. Silné magnetické pole však vyvolává měřitelnou chromosférickou aktivitu na substelárním bodě sekundární složky, jejíž intenzita s časem kolísá. Zatímco předešlých 9 let byla aktivita nepatrná, od r. 2005 začala opět výrazně růst. Podobně P. Maxted aj. objevili oddělenou dvojhvězdu **0137-349** (Scl) s oběžnou dobou 2 h, která se skládá z bílého (16 kK; 0,02 R_O; 0,02 L_O; 0,4 M_O; hustota 30mil.-násobek vody; 100 pc; stáří 250 mil. r.) a hnědého trpaslíka, který má hmotnost 0,05 M_O. Autoři soudí, že když byl bílý trpaslík ve stádiu červeného obra, tak doslova zalil hnědého trpaslíka, který však tuto epizodu přežil a ještě si trochu nakradl hmotu, takže ho to zahlcení nijak nepoškodilo. Dnes ztrácí tato bizarní soustava energii vyzařováním gravitačních vln tak rychle, že za 1,4 mld. roků se její oběžná perioda zkrátí na pouhých 70 min. a díky přetoku hmoty na bílého trpaslíka se změní na kataklyzmickou proměnnou.

G. Torres aj. odvodili parametry zákrytové dvojhvězdy **V1061 Cygni,** která se skládá ze složek o hmotnostech 1,3 a 0,9 M_O s teplotami 6,2 a 5,3 kK a poloměry 1,6 a 1,0 R_O. Sekundár je tedy o 10% větší a o 200 K chladnější, než by měl být podle vývojových modelů hvězd. Dvojice kolem sebe obíhá v periodě 2,4 d, ale současně obíhá též kolem těžiště s třetí složkou, která má oběžnou dobu 16 let, hmotnost 0,9 M_O a teplotu 5,7 kK. Také polodotyková zákrytová dvojhvězda **V505 Sgr** (110 pc) je dle C. Lázara aj. ve skutečnosti trojhvězdou. Samotná dvojhvězda se skládá z primáru sp. třídy A2 V o teplotě 8,8 kK, svítivosti 23 L_O, poloměru 2,1 R_O a hmotnosti 2,65 M_O, jakož i sekundáru sp. třídy G5 IV o teplotě 5,3 kK, svítivosti 4 L_O, poloměru 2,3 R_O a hmotnosti 1,25 M_O. Tyto složky kolem sebe obíhají v periodě 1,2 d po mírně protáhlé dráze (e = 0,04) s velkou poloosou 3,8 mil. km. Třetí složka obíhá kolem těžiště dvojhvězdy v periodě zhruba 38 let.

Další trojhvězdu našli F. Fekel aj. při pozorování dvoučárové spektroskopické dvojhvězdy **HD 131861** (Boo, 8 mag; sp. F5 V + G8 V; 90 pc) s oběžnou dobou 3,55 d a sklonem 52°. Zatímco primární složka o poloměru 1,5 R_O, svítivosti 3,9 L_O a hmotnosti 1,5 M_O rotuje pomalu (subsynchronně), sekundár o poloměru 0,8 R_O, svítivosti 0,5 L_O a hmotnosti 0,9 M_O vykazuje synchronní rotaci. Třetí složka se nachází ve vzdálenosti 4 AU od zmíněné dvojhvězdy a obíhá kolem ní v periodě 4,5 roku po mírně výstředné dráze (e = 0,1). Rovina její oběžné dráhy však není koplanární; je k oběžné rovině spektroskopické dvojhvězdy skloněna pod úhlem 29°. Ačkoliv není přímo pozorovatelná, podařilo se nepřímo určit její spektrální třídu dK a hmotnost 0,7 M_O. N. Phan Bao aj. zkoumali chladný trpasličí pár **LP 714-37,** jehož složky jsou od sebe vzdáleny 33 AU. Zjistili přitom, že sekundární složka je ve skutečnosti těsnou dvojhvězdou se vzájemnou vzdáleností >7 AU. Primární složka sp. třídy M5.5 má hmotnost 0,11 M_O a absolutní hvězdnou velikost 9,1 mag. Sekundární pár má hmotnosti 0,09 a 0,08 M_O a absolutní hvězdné velikosti 10,0 a 10,4 mag.

V. Tamazian zkoumal pomocí 6m teleskopu SAO ve spojení s adaptivní optikou trojnásobnou soustavu **DG Leonis** (6 mag), která se skládá ze spektroskopické dvojhvězdy shodných spektrálních tříd A8 IV a třetí vzdálené a tudíž vizuálně rozlišitelné složky, jež je současně proměnnou hvězdou typu Sct. Jelikož astrometrie vizuální dvojhvězdy za posledních 70 let je k dispozici, podařilo se určit oběžnou dobu 3. složky na 101 let při výstřednosti dráhy e = 0,7. Měření na SAO tak umožnilo stanovit úhrnnou hmotnost celé trojice na 6,2 M_O, z toho na 3. složku připadá 2,0 M_O a na každou složku spektroskopické dvojhvězdy po 2,1 M_O. Vzdálenost soustavy od nás činí 200 pc.

J. Wertheimer a G. Laughlin se zabývali otázkou, zda k nejbližší dvojhvězdě **Centauri AB** patří jako třetí do mariáše známá Proxima Centauri. Proxima je totiž od zmíněného páru vzdálena plných 15 kAU, tj. právě na hranici tzv. Hillova poloměru a její relativní rychlost vůči páru AB činí 0,5 km/s. Přitom zmíněný pár má souhrnnou hmotnost 2,0 M_O, kdežto Proxima jen 0,1 M_O, takže vazebná energie Proximy vztažená k těžišti soustavy AB se v mezích chyb nachází právě na rozhraní mezi vazbou a trvalou gravitační svobodou. Autoři se domnívají, že ve skutečnosti Proxima se zmíněným párem trojhvězdu tvoří, ale přesvědčivý důkaz poskytnou až budoucí přesnější měření radiálních rychlostí všech členů soustavy.

N. Evansové aj. se podařilo rozlišit těsnou dvojhvězdu **α UMi A** (Polárka; sp. F7 I; d = 130 pc) díky snímkům z HST. Hmotnější složka Aa je nejjasnější cefeidou na obloze o hmotnosti 4,3 M_O. Její průvodce Ab (sp. F7) se nachází v úhlové vzdálenosti 0,2", tj. lineární vzdálenosti kolem 17 AU, jež obíhá kolem Aa po výstředné dráze (e = 0,6) v periodě téměř 30 r. Polárka je ve skutečnosti trojhvězda; třetí složka B (sp. F3) je od A vzdálena 18" (2,4 tis. AU) a byla objevena W. Herschelem již r. 1780.

J. Gonzáles aj. zkoumali pomocí 2,2m dalekohledu ESO zajímavou čtyřnásobnou soustavu **AO Velorum AB+CD** (0,7 kpc), která se skládá ze dvou spektroskopických dvojhvězd, přičemž spektra všech čtyř složek lze pozorovat. Odvodili tak nejprve parametry soustavy AB s oběžnou dobou 1,6 d, sklonem 88,5°, a délkou velké poloosy 7,7 mil. km. Hmotnosti složek činí po řadě 3,6 a 3,4 M_O a jejich poloměry 2,3 a 2,1 R_O. Druhá soustava CD má oběžnou dobu 4,2 d; výstřednost dráhy e = 0,05 a velkou poloosu >12 mil. km. Minimální hmotnosti složek činí 1,9 a 1,8 M_O. Konečně těžiště soustav AB a CD kolem sebe obíhají v periodě 41 r a s výstředností dráhy 0,3 ve střední vzdálenosti větší než 11 AU. Je pravděpodobné, že v apastru by tak tento pár mohl rozlišit interferometr VLTI ESO, což by byl dobrý test vývoje velmi mladých hvězd středních hmotností.

Snad ještě bizarnější případ vícenásobné soustavy představuje dle P. Verriera a N. Evanse jasná hvězda **γ Cephei** (3,2 mag; sp K1 IV + M1 V; 14 pc), která se skládá z primární složky o hmotnosti 1,6 M_O, sekundární složky o hmotnosti 0,4 M_O a exoplanety o hmotnosti 1,7 M_J. Obě složky dvojhvězdy jsou od sebe nyní vzdáleny přes 18 AU, ale obíhají kolem společného těžiště po silně výstředné dráze (e = 0,4) v periodě skoro 60 roků. Existenci exoplanety ohlásili již v r. 1988 B. Campbell aj., ale o 4 roky později svůj objev odvolali, protože jejich data nebyla dostatečně přesná. Novější přesnější pozorování však původní objev nakonec jednoznačně potvrdila! Exoplaneta obíhá kolem primární složky dvojhvězdy ve střední vzdálenosti 2,1 AU po mírně protáhlé dráze (e = 0,1) v periodě 2,5 r. Verrier a Evans ukázali, že dráha dvojhvězdy je dlouhodobě stálá, takže kolem primární složky se mohou na stabilních drahách vyskytovat terestrické exoplanety ve vzdálenostech 0,5 – 0,75 AU; 1,05 – 1,15 AU a 1,2 – 1,3 AU a ve vzdálenostech >65 AU dokonce planetky Edgeworthova-Kuiperova typu. Také sekundární složka může mít stabilní terestrické exoplanety ve vzdálenostech 0,5 – 1,5 AU.

B. Mason aj. využili skvrnkové interferometrie (angl. *speckle interferometry*) u 0,66m refraktoru Námořní observatoře USA k pozorování téměř více než **1 600 vizuálních dvojhvězd** v průběhu roku 2005, když zkombinovali v počítači na 2 tis. velmi krátkých expozic pro každé astrometrické pozorování. Našli tak dvojhvězdy s úhlovými roztečemi složek 0,16 – 17", přičemž medián rozdělení činí 1,65".

A. Tokovinin aj. zkoumali relativní zastoupení vícenásobných soustav hvězd na homogenním vzorku **165 spektroskopických dvojhvězd slunečního typu** s oběžnými periodami v rozmezí 1 – 30 dnů. Zobrazili celkem 62 soustav pomocí kamery NACO VLT ESO a tak našli celkem 13 třetích složek. Přehlídka 2MASS jim přinesla dalších 12 vzdálených složek. Z těchto pozorování vyplynulo, že mezi 161 soustavami se nachází minimálně 64 trojic, 11 čtveřic a 7 pětic, čili že asi 63% dvojhvězd má ve skutečnosti alespoň jednu další složku. Mnohočetnost je ovšem závislá na oběžné době dvojhvězdy. Pokud je jejich oběžná doba kratší než 3 dny, s pravděpodobností 96% se tam vyskytuje ještě třetí či další složka. Naproti tomu u oběžných period nad 12 d pravděpodobnost klesá na 34%. Oběžné doby třetích složek se během doby zřetelně zkracují vinou výměny momentu hybnosti mezi těsnou spektroskopickou dvojhvězdou a třetí složkou. Mnohočetnost však nezávisí na poměru hmotností spektroskopické dvojhvězdy.

Rozsáhlé **automatické přehlídky zákrytových dvojhvězd** přirozeně vyžadují podobně automatizované způsoby výpočtů jejich elementů. Takové algoritmy (EBOP – EBAS) sestavili O. Tamuz aj. a T. Mazeh aj. pro výpočty elementů zákrytových dvojhvězd ze světelných křivek pořízených během projektů hledání gravitačních mikročoček ve výduti Galaxie nebo ve Velkém Magellanově mračnu, ale jejich použití je přirozeně daleko širší. Podobně J. Devor a D. Charbonneau vyvinuli metodu MECI pro automatickou klasifikaci a určení elementů zákrytových dvojhvězd.

B. Paczynski aj. využili automatické přehlídky **ASAS** na Las Campanas, která pomocí baterie širokoúhlých kamer monitoruje jasnosti hvězd jasnějších než V = 14 mag jižně od deklinace +28°, k objevu zhruba 50 tis. proměnných hvězd. Statistika pětiletého provozu ASAS pokrývá téměř 3/4 plochy celé oblohy a je víceméně úplná pro hvězdy v rozmezí 8 – 12 mag. Pro každou hvězdu mají několik stovek (!) fotometrických měření, takže ve veřejně přístupné databázi systému jsou už TB údajů. Přes 11 tis. objevů představují **zákrytové dvojhvězdy,** mezi nimiž převažují dotykové (5,4 tis.) a následují polodotykové (3 tis.) a oddělené (2,7 tis.) soustavy. Přitom se zdá, že *všechny dotykové soustavy obsahují ještě třetí těleso a naopak prakticky neexistují oddělené soustavy s oběžnou periodou kratší než 1 d.* Podobně T. Pribulla a S. Rucinski ukázali na vzorku 151 dotykových dvojhvězd, že 3/5 z nich mají určitě třetí složku.

Podle S. Rucinského má většina objevených dotykových soustav oběžnou periodu <0,56 d. To znamená, že ke vzniku dotykových soustav slouží tzv. **Kozaiův cyklus,** kde v soustavě těsného páru a vzdálené třetí složky, jejichž oběžné roviny spolu svírají dostatečně velký úhel, se výrazně cyklicky mění výstřednost dráhy těsné dvojhvězdy, zatímco její oběžná perioda zůstává stálá. Když je výstřednost dráhy největší, dochází v periastru k silnému slapovému tření, které se projeví sekulárním zmenšováním rozměrů dráhy a tím i oběžné periody tak dlouho, až se oběžná perioda zkrátí na zlomky dne a dráha přejde na dokonale kruhovou.

H. Abt se věnoval proměnám **výstředností drah dvojhvězd,** jejichž primární složky mají spektrální třídy v rozmezí B – M5 (IV nebo V). Průměrné výstřednosti jejich drah závisí na délce oběžné periody. Pro složky dvojhvězd s primárem třídy B jsou kruhové ty dráhy, jejichž periody jsou kratší než 1,4 d. S postupující spektrální třídou se hodnota minimální periody pro kruhovou dráhu zvyšuje až na 4,3 d. Kruhové dráhy však mají pozdní obři i při oběžných periodách kratších než 70 d. Pro trpasličí hvězdy s oběžnými periodami v rozmezí 4,3 – 18 d je však průměrná výstřednost drah e = 0,5 a tudíž v podstatě náhodná.

Jak ukázali C. Ibanoglu aj. na souboru 61 polodotykových a 74 oddělených soustav s dobrou spektroskopií, má na vývoj těchto těsných dvojhvězd značný vliv přítomnost **plynných disků,** které obklopují celou soustavu – jsou cirkumbinární. Podle W. Chena aj. je totiž překvapující, že ač u soustav typu Algol pozorujeme obvykle konzervativní přenos hmoty (žádná hmota ze systému se neztrácí), jejich oběžné periody s časem nerostou, ale naopak se zkracují, což svědčí o ztrátě momentu hybnosti soustavy během jejich vývoje. To lze právě dobře vysvětlit vznikem cirkumbinárních disků, které převezmou část momentu hybnosti soustavy. D. Hoffman aj. ukázali na souboru 143 zákrytových dvojhvězd typu Algol, že v řadě případů lze ovšem změny period vysvětlit přítomností třetího tělesa v soustavě.

L. Lucy ověřoval domněnku o preferovaném vzniku **hvězdných dvojčat** s podobnou nebo přímo totožnou hmotností složek. Na homogenním souboru spektroskopických dvojhvězd s dobře známými hmotnosti složek potvrdil, že platí silná verze domněnky, tj. existuje *nápadná převaha dvojhvězd, kde poměr hmotností složek (q) je větší než 0,95.*

2.6. Proměnné hvězdy

2.6.1. Novy a kataklyzmické proměnné

První galaktická nova r. 2006 **V2575 Oph** (1733-24) byla objevena 9. února a 12. února dosáhla maxima 11 mag. Vzápětí následovala nova **V5117 Sgr** (1759-36) objevená 17. února jako objekt 9 mag. Počátkem dubna vzplanula nova **V2362 Cyg** (2111+45), která v maximu 5. dubna dosáhla 8 mag. Nova pak normálně slábla, ale znovu se vzchopila v polovině listopadu a koncem měsíce dosáhla opět 10 mag, což se projevilo výskytem čar C I, N I, O I a Fe II v jejím infračerveném spektru i emisemi He II. Její předchůdce měl v r. 1993 jasnost R = 18 mag. Hned 8. dubna 2006 vybuchla nova **V2579 Oph** (1715-29), jež dosáhla 10,5 mag.

A. Dobrotka aj. měřili po maximu 9 mag jasnost novy **V1493 Aql,** která vzplanula v červenci 1999. Objevili variace v periodě 3,7_h, což je patrně oběžná doba dvojhvězdy. Nova se vyznačovala mimořádně velkou vzdáleností od nás - plných 25 kpc! Podobně S. Balmanová aj. určili oběžnou periodu 3,5 h novy **V382 Vel,** která rovněž vybuchla v r. 1999.

Družice Swift našla koncem ledna 2006 rentgenové záření novy **V723 Cas** (d =2,8 kpc), tj. 11 roků po jejím vzplanutí, což je svérázný rekord v intervalu odstupu od maxima optické jasnosti. Zdroj vykazuje teplotu 340 kK. Podle T. Iijimy aj. jde o vůbec nejpomalejší klasickou novu, jejíž vzestup k maximu jasnosti trval plné 4 měsíce a návrat do klidového stavu 6 roků. Nova během výbuchu odvrhla obálku o hmotnosti 5.10^{-6} M_O.

Událostí desetiletí se však stalo další vzplanutí proslulé rekurentní novy **RS Ophiuchi,** která ještě 9. února 2006 byla 10,5 mag, ale 12. února již byla vidět očima jako objekt 4,5 mag. Po maximu však opět zeslábla a již 16. února její jasnost přesáhla 6 mag. Týž den však družice Swift zaznamenala její rentgenové vzplanutí, odpovídající teplotě zdroje přes 80 MK – při předešlém vzplanutí novy v r. 1958 se objevilo rentgenové záření až 55 dnů po výbuchu. Z optických spekter vyšla rychlost rozpínající se obálky novy na 1,8 tis. km/s. O den později zaznamenala anténa VLA i její rádiové záření na vlnové délce 211 mm, které rychle sílilo a jehož intenzita byla vyšší než při předešlém výbuchu v r. 1985. Dva týdny po výbuchu sledovala novu družice Chandra, která našla v rentgenovém spektru emisní čáry Fe, S, Si, Mg a Ne. Potvrdila jak vysoké teploty rozpínajícího se plazmatu až 60 MK, ale současně i jejich velký rozsah od 3 MK výše. Tytéž údaje získala nezávisle také rentgenová družice Newton, která navíc zaznamenala i emise kyslíku a silnou proměnnost intenzity čar s periodou 35,7 s, pozorovanou už předtím družicí Swift.

Šlo již o **6. vzplanutí rekurentní novy** od prvního takového pozorování v r. 1898. Další vzplanutí astronomové zaznamenali v letech 1933, 1958, 1967 a 1985. Infračervená měření ukázala, že maximum zářivého výkonu se přesunulo do blízkého a středního infračerveného pásma, zatímco opticky zeslábla nova do 20. března 2006 na 9,3 mag. Počátkem května se v infračerveném spektru objevily zakázané čáry vysoce ionizovaných prvků Fe, Si, S a Mg, jakož i čáry Paschenovy, Brackettovy, Pfundovy a Humphreysovy série vodíku. Měření radiointerferometrem MERLIN v centimetrovém pásmu poukázala na rádiový zdroj, jenž se rozpínal rychlostmi až 4 tis. km/s. Odtud bylo možné určit i vzdálenost novy na 1,6 kpc. Obří indická anténní soustava GMRT odhalila koncem února 2006 záření novy v decimetrovém pásmu až 0,5 m, což je první případ v historii sledování nov. Radiointerferometrická soustava VLBA potvrdila pozorováním na vlnové délce 60 mm rychlost rozpínání zdroje 1,8 tis. km/s a koncem února 2006 jeho lineární rozměr 29 AU. Příčinou rádiového záření byla zřejmě rázová vlna, procházející hvězdným větrem červeného obra, který dodává vodík na povrch bílého trpaslíka, jenž kvaziperiodicky vybuchuje. Celá epizoda výbuchu RS Oph skončila v září 2006 po 210 dnech od vzplanutí, když se podařilo zpozorovat obnovu přenosu hmoty z červeného obra na bílého trpaslíka. Družice Newton současně zjistila pokles intenzity rentgenového záření novy o tři řády a tempa rozpínání pod 500 km/s.

Jak uvedli J. Sokoloskiová aj., bylo to poprvé, co se podařilo prokázat existenci **rázové vlny** směřující z novy do okolního prostředí, kde se vlna rychle zabrzdila a nakonec zanikla. Během pouhých tří týdnů po výbuchu tak klesla rentgenová svítivost novy o řád. Ačkoliv hmotnost vyvržené slupky není u rekurentních nov veliká a pohybuje se v tomto případě kolem 1.10^{-7} M_O, zarážející je vysoká hmotnost bílého trpaslíka, na jehož povrchu dochází k překotné termonukleární reakci vodíku na hélium. Podle I. Hachisa aj. hořel vodík ve slupce na povrchu bílého trpaslíka asi 80 dnů, podobně jako tomu bývá i u dalších rekurentních nov U Sco a CI Aql. Hmotnost bílého trpaslíka v soustavě RS Oph vyšla na (1,35 ±0,01) M_O, což je už velmi blízko Chandrasekharově mezi. To znamená, že *v astronomicky dohledné budoucnosti za méně než 100 tis. let vybuchne bílý trpaslík jako supernova Ia*!

T. O'Brien aj. ukázali rozborem interferometrických rádiových měření, že rázová vlna byla spíše **bipolární** než kulová, tj. usměrněná centrální dvojhvězdou. M. Bode aj. určili oběžnou periodu dvojhvězdy na 456 d. J. Monnier aj. zjistili pomocí interferometrie na Havajských ostrovech, v Arizoně a v Kalifornii, že úhlové rozměry infračerveného zdroje 0,003" se během prvních dvou měsíců od výbuchu nezvětšily, takže zdroj souvisí spíše s centrální dvojhvězdou než s rozpínajícími se rázovými vlnami. Zpochybnili také údaj o vzdálenosti novy od nás a tvrdí, že by mohla být podstatně blíže – jen 540 pc. To by mělo zajímavé důsledky, až jednou tato rekurentní nova vybuchne jako supernova – naši potomci by spatřili na obloze úžasné divadlo.

P. Robinson aj. se pokoušeli z archivních snímků, pořízených v letech 1913-1995 na observatoři M. Mitchellové, nalézt další minulá vzplanutí rekurentních nov **BS Sgr, V1016 Sgr, V1017 Sgr, V1172 Sgr, V3890 Sgr, V4444 Sgr** a **CI Aql.** Není totiž jasné, zda bílí trpaslíci v rekurentních novách během času získávají či naopak ztrácejí hmotu. (Pouze v případě zisku hmoty mohou jednou vybuchnout jako supernovy Ia.) Ačkoliv prohlédli celkem 8,5 tis. snímků, žádný nový výbuch některé rekurentní novy nenašli.

P. Godon aj. využili pozorování spektrografem STIS HST k rozboru mechanismu obřích výbuchů nejbližší a nejjasnější trpasličí novy **WZ Sge** (oběžná doba 82 min; d = 43 pc). Ty se odehrály v letech 1913, 1946, 1978 a naposledy v červenci 2001. Hmotnost bílého trpaslíka dosahuje 1,0 M_O a jeho průvodce (dodavatel vodíku na povrchu bílého trpaslíka) jen 0,11 M_O. Průměrné tempo akrece vodíku činí 10^{-8} M_O/r. Příčinou obřích výbuchů je vždy tepelná nestabilita v akrečním disku kolem bílého trpaslíka. Ještě tři roky po posledním výbuchu byl podle pozorování v daleké ultrafialové části spektra bílý trpaslík přehřátý o 1,5 kK proti klidovému stavu. Koncem léta 2006 se po čtyřleté přestávce odehrál obří výbuch další trpasličí novy **SW UMa,** která mívá v klidu 17 mag a 13. září 2006 se náhle zjasnila na 10,8 mag. Interval mezi obřími výbuchy v tomto případě kolísá mezi 15 měsíci a 5 lety.

LUNT SOLAR SYSTEMS

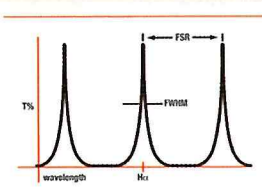
The next generation of solar filters and telescopes

LS60T/Hα nový sluneční Hα dalekohled

Objektiv

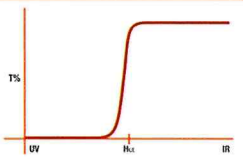
Čistý průměr objektivu: 60 mm
Ohnisková vzdálenost: 500 mm
Světelnost: f/8.3
Precizně broušený jednoduchý objektiv, optimalizovaný pro 656,28 nm
Velikost obrazu Slunce: 4,55 mm

Etalon

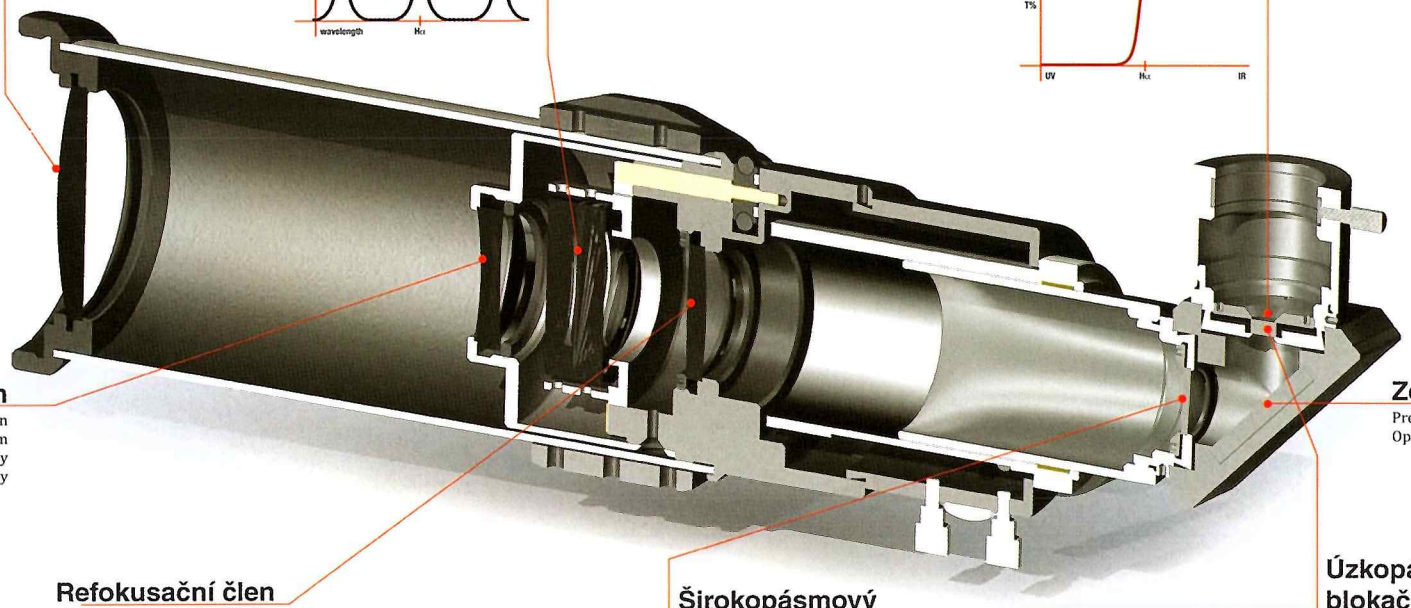


Vzduchem dělený interferenční fitr
Optimalizován pro 656,28 nm
Natočitelný +0,0/ -0,04 nm
Šířka propustnosti: 0,06 nm (FWHM)
Propustnost: 80%
Vzdálenost mezi maximy: 1 nm (FSR)

Skleněný filtr



UV blokující sklo



Kolimační člen

Precizně broušený jednoduchý člen
Kolimace optimalizována pro 656,28 nm
Na čelní straně: teplo odrážející vrstvy
Na vnitřní straně: <0,2% antireflexní vrstvy

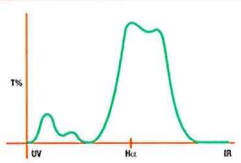
Zenitové zrcátko

Precizně napařované křemíkové
Optická kvalita: λ/4 pro 628nm

Refokusační člen

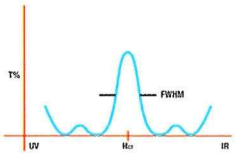
Precizně broušený jednoduchý člen
Fokusace svazku na f/8.3
Na čelní straně: <0,2% antireflexní vrstvy
Na vnitřní straně: <0,2% antireflexní vrstvy

Širokopásmový blokační filtr



Filtr blokující infračervené záření
Vojenský standard: 810C

Úzkopásmový blokační filtr



Velmi přesný interferenční filtr
Blokuje vyšší harmonické frekvence etalonu
Optimalizováno na 656,28 nm
Šířka propustnosti: 0,6 nm

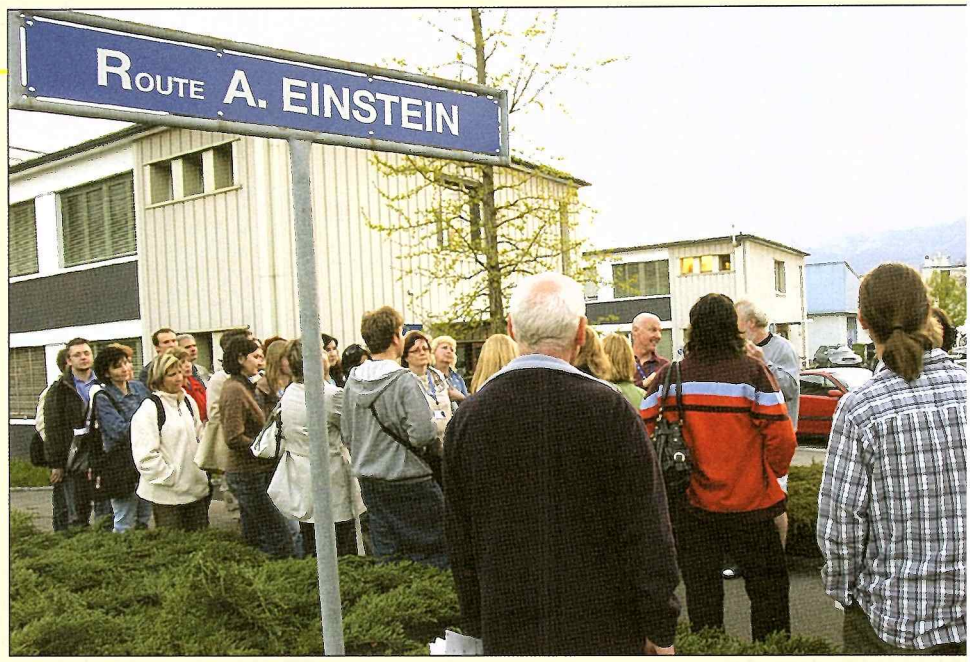
- anodizovaný bílý tubus
- dvourychlostní ostřící výtah typu Crayford
- od uvedení na trh běžně skladem
- ceny průběžně aktualizované
- k dispozici od září 2008
- do průměru až 200 mm
- objednávky bez záloh
- rovněž Kalciové dalekohledy (CaK)

SUPRA Praha

+420 284 820 939
www.celestron.cz
celestron@celestron.cz

SUPRA Praha • Mochovská 23 • 198 00 • Praha 9 • Česká republika

Tam, kde sa lúskajú záhady vesmíru...



Prvé zoznámenie s CERNom – ulice pomenované po známych fyzikoch.

Keď som dostal pozvánku na pracovný workshop do CERNu, bol som nadšený, no ani som nedúfal, že sa medzi účastníkov, prevažne učiteľov fyziky, dostanem... Veď práve tu, v tejto Mekke fyziky, sa dostávame stále bližšie a bližšie k poznaniu, ako vznikol vesmír, ako vyzeral len krátko po svojom vzniku. Bola to pre mňa, pôvodne jadrováka, skvelá príležitosť nazrieť priamo to tejto mikrofyzikálnej kuchyne, kde sa riešia aj záhady vzniku vesmíru.

Prianie sa stalo skutočnosťou a 26. 4. som už sedel v autobuse do Švajčiarska. V noci sme porovnávali úroveň svetelného znečistenia za Viedňou i v Alpách a popoludní sa zastavili v Einsteinovom múzeu v Berne. Bolo vzrušujúce vidieť originálne dokumenty, prístroje či zariadenia a dotýkať sa vecí, ktorých sa dotýkal aj Einstein. Na jednej z Bernských ulíc, z domu, kde býval, sa na nás, priam symbolicky, díval z veľkej fotografie v okne.

Prešli sme Ženevou s jej úchvatným vodotryskom Jet d'Eau a po niekoľkých kilometroch sme boli v CERNe (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), malom vedeckom mestečku, ktoré je najväčším fyzikálnym laboratóriom, s najväčším (27 km) urýchľovačom na svete (LHC – Large Hadron Collider). Tu sa teda mali napĺňať moje sny, tu uvidím gigantické zariadenia, pomocou ktorých sa už možno o krátky čas dostaneme bližšie k pochopeniu vzniku vesmíru. Tu zakrátko začne experiment ALICE (A Large Ion Collider Experiment), tu sa vytvorí látka, ktorá existovala len krátko po big bangu, keď ešte neexistovali ani elementárne častice, bola len kvark-gluónová plazma... Jedinečné spojenie mikrosveta s megasvetom.

Pri vstupe do mestečka neuvidíte ozbrojencov, len prívetivú strážnu službu. A prívetiví sú tu aj ľudia, ktorí akoby symbolicky chceli napĺňať základnú myšlienku mierového využitia vedy. Veď CERN preto aj vznikol. Po 2. svetovej vojne bola v Európe vo vede kríza, po Hirošime a Nagasaki bola jadrová fyzika vnímaná veľmi negatívne. Prvú ideu nastolil už v roku 1949 L. de Broglie, neskôr Auger, Bohr, Rabi... Dohoda 12 zakladajúcich štátov bola podpísaná v roku 1953 a dnes je tu vyše 2 600 pracovníkov z viac ako 100 krajín. Mňa len napĺňalo hrdosťou, že medzi nimi je aj Slovensko a práve účasť našich vedcov na projekte ALICE je veľmi významná. Odtiaľto je 6 nositeľov Nobelovej ceny (so Steinbergerom sme sa aj stretli), tu bola zjednotená slabá a elektromagnetická interakcia, tu vznikla aj idea www (Tim Bernes-Lee). Málokto vie, že tu sa rodila myšlienka tomografov či liečenia karcinogénov pomocou p+.

Keď workshop, tak workshop. Program nabitý. Skvelé prednášky, výborné experimenty a čo bolo hlavné: exkurzie. Zobrali nás takmer všade, všade sme mohli fotografovať, filmovať, pýtať sa. Tu sa skutočne asi nič netají, veď aj to bola jedna z ideí pri zakladaní CERNu. Mimoriadny význam sa tu pripisuje výchove, vzdelávaniu i popularizácii. Okrem skvelých prednášok našich špičkových odborníkov z teórie elementárnych častíc, symetrie, detektorov a urýchľovačov, komunikácie, gridov, ekológie, radiačnej ochrany... to boli aj reálne experimenty. Zostrojili sme si hmlovú komoru, zmerali fotoefekt či náboj elektrónu, videli supravodivosť...

BEBC – Veľká Európska bublinová komora.

Bublinová komora Gargamelle na ktorej boli objavené neutrálne prúdy (pomenovaná po matke Gargantua z knihy F. Rabelaisa).

Expozícia Globe.

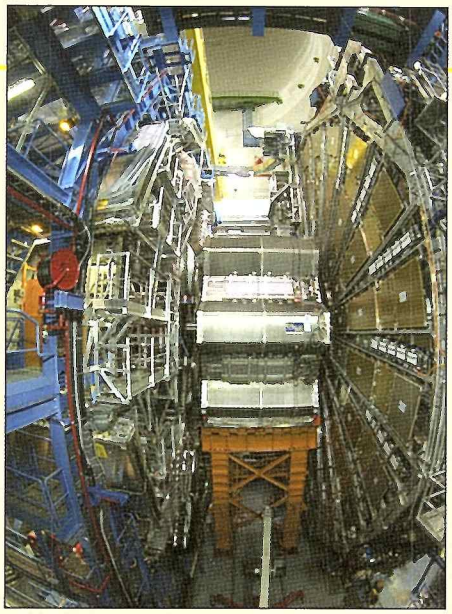
jednoducho názorné fyzikálne experimenty, kde každý sám spoznáva a „objavuje".

Objavovať a experimentovať bolo možné aj na skvelej a interaktívnej výstave Mikrokozmos, ktorá približovala svet mikrosveta. Ako vo veľkom výklade tu prebleskovali častice kozmického žiarenia v iskrových komorách, zmerali ste si rádioaktivitu vzoriek, mohli ste si odskúšať Rutherfordov experiment či posedieť si pri rozsiahlom zariadení, ktorým sa kedysi ručne premeriavali jadrové emulzie so stopami častíc (jeden z takýchto negatívov každému z nás venovali), dotýkali ste sa detektorov, mali ste pocit, že sami môžete bádať...

V záhrade Mikrokozmu boli zase originálne experimentálne zariadenia z rokov 1964 až 1998. Pod 26-tonovou BEBC (Big European Bubble Chamber) som sa cítil ako pod pristávacím modulom mimozemšťanov a pri komore Gargamelle (neutrálne prúdy – ocenené Nobelovou cenou) som žasol nad vynaliezavosťou človeka. Chodil som, fotografoval, bol som ako v krásnej fyzikálnej rozprávke, no cítil som sa ako trpaslík...

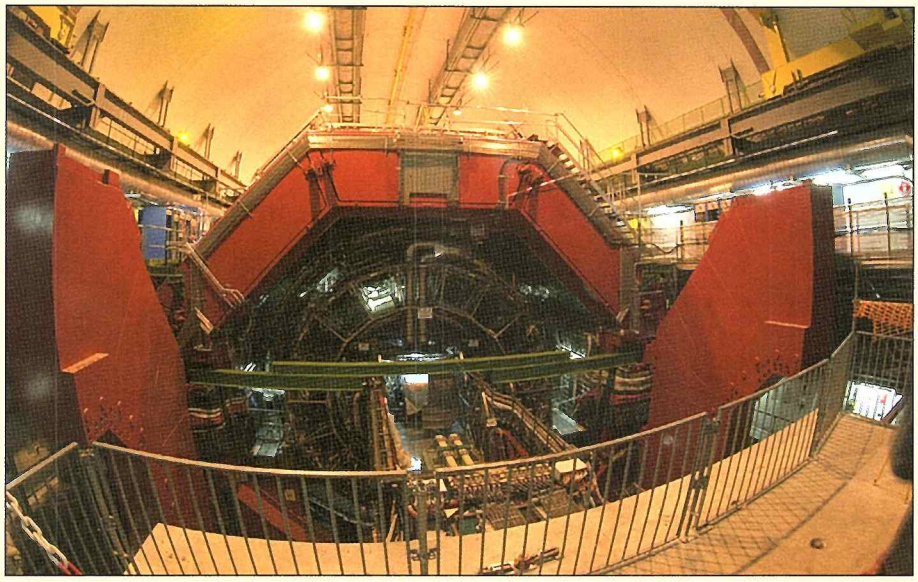
Oproti Mikrokozmu stojí ešte jedna zaujímavosť: Globe. V tejto veľkej polguľovitej stavbe, postavenej pri príležitosti 50. výročia založenia CERNu je výstava. Upútajú vás veľkoplošné pútače a na špirálovitej galérii s invenčnými postermi sa návštevník zoznámi s celou históriou vesmíru. Špirála sa akoby symbolicky končí vo veľkej prednáškovej sále pod kupolou, kde nad lektorom je čosi, čo mi pripomínalo víťazný oblúk. Asi to nebola náhoda, iste zámer architekta.

Spomenúť všetko, hoci len v skratke, je nemožné, no k vrcholným zážitkom iste patrili návštevy detektorov LHC. Prvým bol ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS). Zhora všetko vyzerá pomerne všedne, taká bežná, hranatá betónová stavba. Výťah nás však zvezie takmer 100 m pod zem a po niekoľkých kľukatých tuneloch sa ocitáme v čomsi gigantickom, čo ani zďaleka nepripomína zariadenie, kde sa majú de-

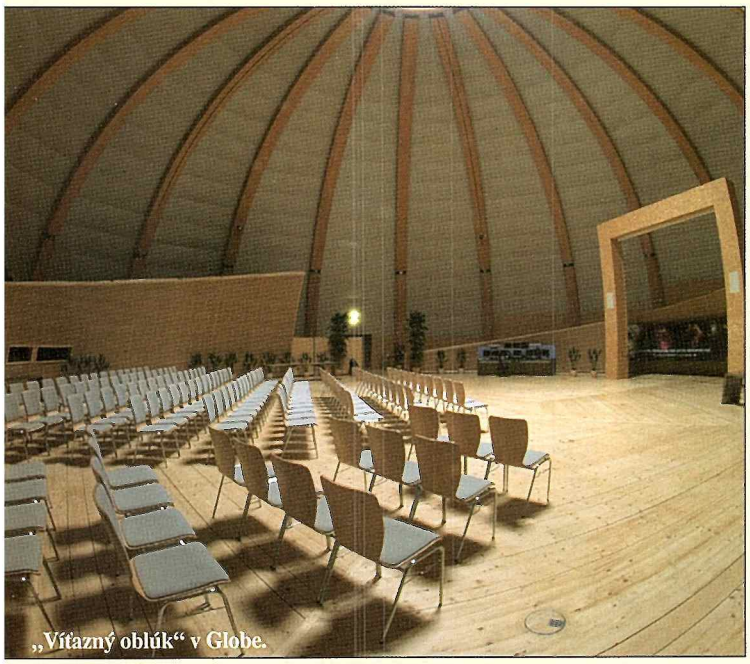


Experiment ATLAS.

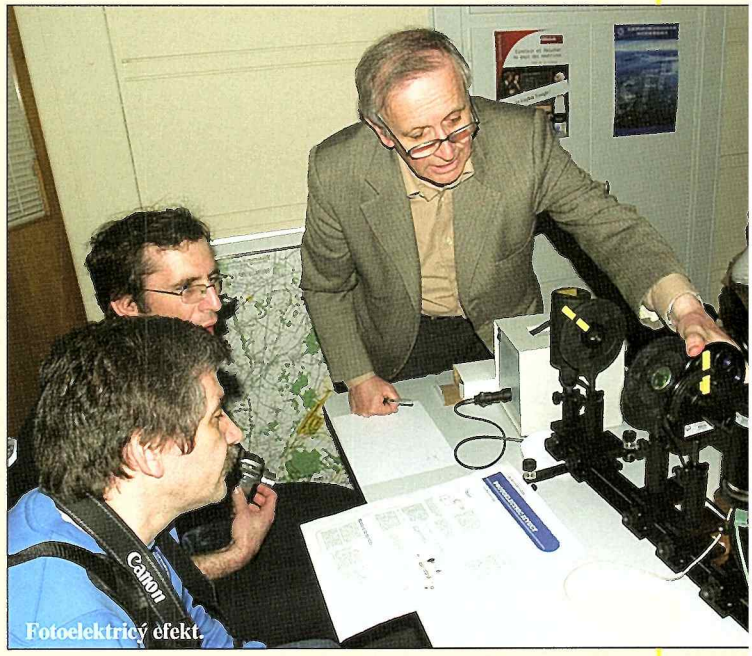
Riadiace stredisko projektu ALICE.



Srdce experimentu ALICE.



„Víťazný oblúk" v Globe.



Fotoelektrický efekt.

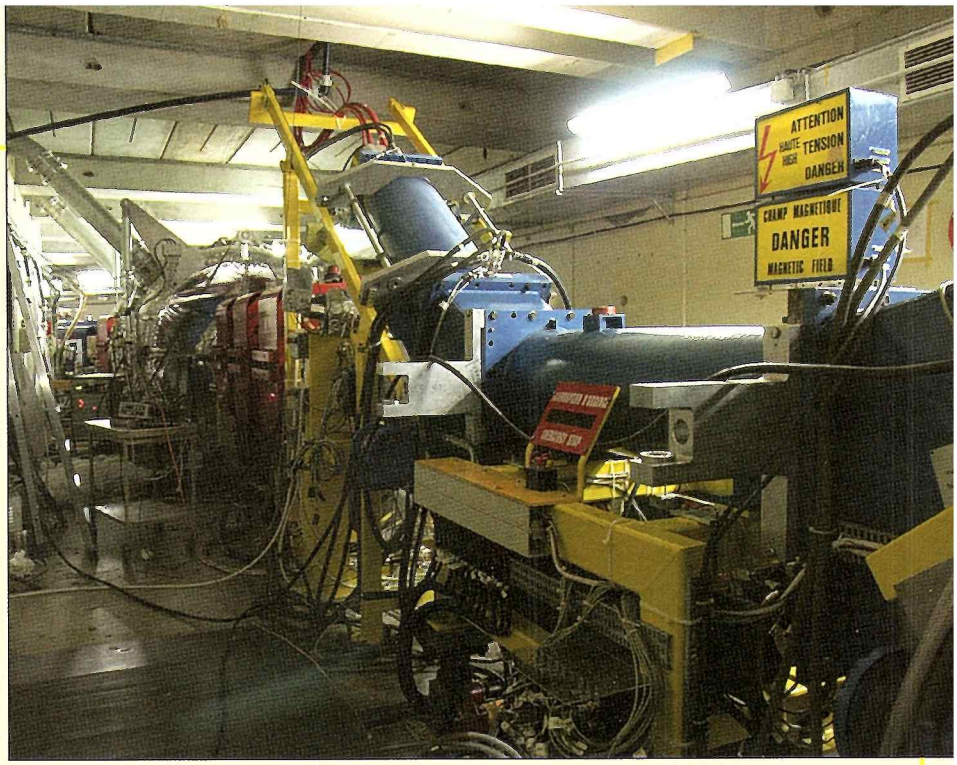
tegovať elementárne častice. Detektory sú gigantické, pripomínajúce továreň či obrovskú strojovňu. Všetko tu však má svoj význam, usporiadanie detektorov je prísne logické. Aj keď som už o registrácii elementárnych častíc čosi vedel, predsa to bol zážitok mimoriadne silný, cítil som sa ako Alenka v ríši zázrakov. Keď si k tomu človek primyslí, že je práve na mieste, kde o nejaký čas bude objavený Higgsov bozón... Na tomto najväčšom experimentálnom zariadení na svete sa budú produkovať zrážky protibežných zväzkov 10^{11} protónov, ktoré nastávajú každých 25 ns. Protóny sa skolimujú v strede detektora do priemeru len 16 μm, vznikne asi 23 interakcií, a pri zrážke bude dosiahnutá úctyhodná energia: 7 TeV!

Ak sa niekto cítil ako Alenka v ríši zázrakov pri ATLASe, tak dojem sa ešte umocnil v podzemí experimentu ALICE (A Large Ion Collider Experiment), kde sa má študovať kvark-gluónová plazma, materiál, ktorý existoval len veľmi krátko po big bangu. Boli sme pri obrovských otvorených vrátach, za ktorými boli detektory, navštívili sme tunel, kde v trubiciach budú čochvíľa krúžiť častice rýchlosťami blízkymi rýchlosti svetla... Bolo to priam symbolické stretnutie astronomických pozorovaní a fyziky. V prednáške to J. Grygar prirovnal k hĺbeniu tunela pod Mt. Blancom z talianskej a francúzskej strany bez akéhokoľvej zamerania – „kopáči – fyzici" sa presne stretli. Je to úžasné, je to časticová astrofyzika.

Mali sme šťastie, veď o niekoľko týždňov by sme sa k detektorom už nedostali, zariadenie by bolo v skúšobnej prevádzke. Do CERNu sa inak dá dostať pomerne jednoducho počas dní otvorených dverí, keď desaťtisíce návštevníkov zavítajú do tohto vedeckého centra. My sme sa však dostali aj tam, kde sa bežný návštevník nedostane.

V továrni na antihmotu to bolo zase ako Alenka za zrkadlom: neutrína produkované v CERNe preletia popod Alpy a detegujú sa v 700 km vzdialenom Laboratori Nazionali del Gran Sasso v Taliansku.

V CERNe sa „produkuje" 1 % všetkých informácií vo svete, a tak som predpokladal, že uvidím superpočítače, veď práve tu je sústredená najväčšia výpočtová kapacita na svete. Videl i nevidel. Superpočítače neboli, no v klimatizovaných miestnostiach boli tisícky bežných počítačov. Všetko pekne pospájané, zgridované, využívajúce aj kapacitu momentálne nevyužitých kapacít vo svete. Detektory produkujú obrovské množstvá údajov (napríklad len ALICE asi 2500 MB/s), ktoré je nutné uklada-



Továreň na antihmotu.

ť, zálohovať i orientovať sa v nich. Médiá sú označené čiarovým kódom a vyhľadávanie zabezpečujú roboti. Len tak pre zaujímavosť, hneď pri vchode do výpočtového strediska sú fotografie prvého „počítača inštalovaného" v CERNe. Bol ním Wim Klein, geniálny matematik (vypočítal 73 odmocninu z 500 miestneho čísla za 2 minúty a 43 sekúnd!).

Aby naše zoznámenie so Ženevou nebolo len také turistické, pripravili pre nás Hľadanie ženevského pokladu. Množstvo úloh, ktoré bolo nutné vyriešiť. Na niektoré stačili vedomosti, na niektoré sa bolo treba pýtať, niektoré navštíviť a úlohu na mieste identifikovať. Nakoľko dlhé prechádzky som absolvovať zo zdravotných dôvodov nemohol, zvolil som si program individuálny. A volil som dobre. V jednom z kostolov bola expozícia venovaná 20. výročiu Černobyľskej tragédie. Na zemi fotografie všetkých obetí, množstvo dokumentov i silne emocionálnych fotografií. Hrdlo mi zvieralo, bola to sila...

Po hľadaní „pokladu" sme sa stretli v štýlovej reštaurácii, kde sa fyzici ukázali v trošku inom, odľahčenom svetle. Prejavili sa hudobné talenty; Martin Mojžiš si napríklad vyskúšal i tradičnú alpskú trúbu...

Vo vzácnych chvíľach voľna si niektorí našli čas aj na tenis či tradičný futbalový zápas, kde fyzici či workshopáci veru neboli žiadne „béčka". Zápas sa mohol nazvať aj CERN proti zvyšku sveta. Keď väčšina už spala, ja som písal denník alebo sa venoval fotografickým túlačkám po nočnom CERNe. Niečo bolo krajšie, niečo nie, taká hranatá industriálna architektúra, kde sú aj ulice pomenované po významných fyzikoch...

Týždeň ubehol neuveriteľne rýchlo, boli sme priam nabití zážitkami. Bol som tu prvýkrát, no mal som tu priateľov či bývalých kolegov, cítil som sa takmer ako doma.

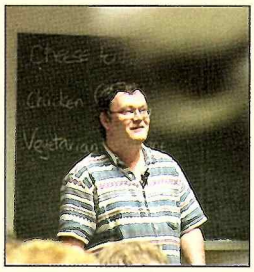
Zo Chamonix nás lanovka vyviezla na Poludňajšiu ihlu (Aiguille du Midi – 3 842 m) v masíve Mt. Blancu. Tu som si, dívajúc sa na najvyšší vrchol starého kontinentu, spomenul aj na M. R. Štefánika – astronóma, ktorý ho zdolal dokonca šesťkrát! V Chamonix má na miestnom observatóriu pamätnú tabuľu a na jeho počesť pomenovali aj jednu z ulíc. Bola to príjemná spomienka.

PAVOL RAPAVÝ

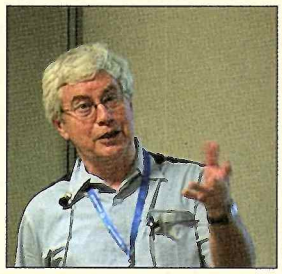
Študijný pobyt sa konal v dňoch 27. 4. – 3. 5. 2008, zorganizoval ho Ústav časticovej fyziky v CERNe, Slovenská fyzikálna spoločnosť a Oddelenie didaktiky fyziky Ústavu fyzikálnych vied PF UPJŠ v Košiciach za finančnej podpory Agentúry pre podporu výskumu a vývoja (LPP-0059-07).

A na záver ešte poďakovanie tým , ktorí sa o nás počas celého pobytu starali: Karel Šafařík, Mick Storr a predovšetkým Zuzka Ješková.

Podrobnejšie informácie o celom workshope sú na *http://www.astrors.sk/CERN.htm.*

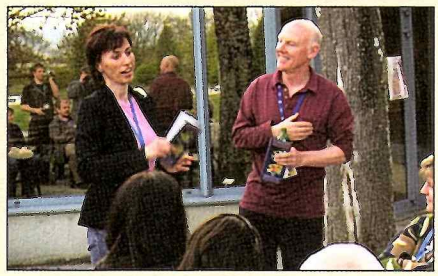


M. Mojžiš pri prednáške o elementárnych časticiach.



Prednáška J. Grygara.

S B. Pastirčákom z CERNu sme začínali ešte ako stredoškoláci.



Z. Ješková a M. Storr s našimi príručkami o svetelnom znečistení.

Jaderné zdroje pro vesmírnou kolonizaci

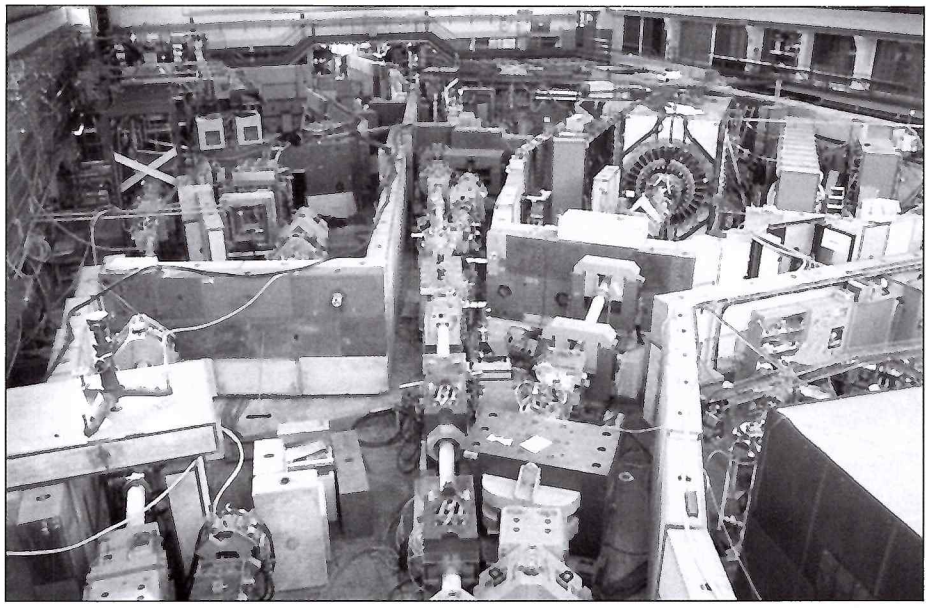
IV. Anihilační zdroje

Možností, která je ještě účinnější, je využití anihilace. Každá částice normální hmoty má svůj protějšek z antihmoty. Částice a antičástice mají stejnou hmotnost, velikost elektrického náboje, dobu života a další vlastnosti. Liší se ve znaménku elektrického náboje. Při setkání částice a antičástice dochází k anihilaci – k jejich přeměně na fotony v případě anihilace elektronu a pozitronu[29] či ke vzniku mezonů π v případě anihilace protonu a antiprotonu. Mezony mohou být nabité (π^+ a π^-) a neutrální (π^0), jsou nestabilní a rozpadají se v případě nabitých mezonů π (poločas rozpadu $2{,}6\times10^{-8}$ s) na mion μ a mionové neutrino, v případě neutrálních mezonů π (poločas rozpadu $8{,}4\times10^{-17}$ s) většinou na dva fotony záření gama.

Výroba antihmoty

Hlavním problémem je, že antihmota se ve vesmíru běžně nevyskytuje. Zatím neexistuje nic takového, co bychom mohli nazvat dolem na antihmotu. Umělá produkce antihmoty je pak velice energeticky náročná. Využívá se pro ni srážka částic s velmi vysokou energií. Kinetická energie urychlených částic se tak využije na produkci nových částic. Protože částice a antičástice musí vznikat v páru, potřebujeme mít při srážce dostupnou energii, jejíž velikost se rovná dvojnásobku klidové energie[30] příslušné antičástice. V našem případě je nejvhodnější produkce antiprotonů. Nejčastěji se k produkci antiprotonů používají urychlovače protonů, které dokáží tyto částice urychlit na rychlosti blízké rychlosti světla, kdy jejich kinetické energie několikanásobně převyšují jejich klidové energie. Takto urychlené protony dopadají na terč z těžkých jader a při této srážce vznikají kromě řady dalších částic i páry protonu a antiprotonu. Takto vzniklé antiprotony mají velmi vysoké rychlosti a kinetické energie. Pokud je chceme dále využívat, musíme je oddělit od dalších vzniklých částic a zpomalit. Proto se pomocí elektrických a magnetických polí tyto antiprotony vyvedou do speciálního zpomalovače. Ten funguje jako převrácený urychlovač a umožňuje získat pomalé antiprotony. Podobné zařízení funguje v mezinárodní laboratoři CERN ve Švýcarsku, kde se produkují antiprotony, které se následně používají k produkci antivodíku. V tomto zařízení se 10^{13} protonů s energií 30 GeV sráží s jádry terče jednou během 100s a produkují tak 10 – 20 milionů antiprotonů. Ty se pak zpomalují z energie 3000 MeV na energii 5,3 MeV a po stovce sekund tak dostaneme zmíněný počet zpomalených antiprotonů. Podobně se standardně produkují antiprotony v laboratoři FERMILAB pomocí protonů s energií 120 GeV. Místo zpomalování se však po akumulaci jejich dostatečného počtu a po následném urychlení využívají pro studium struktury hmoty pomocí srážek proti sobě letících protonů a antiprotonů.[31]

Taková produkce je ovšem velmi neefektivní. V současnosti je potřeba 10^5 protonů na jeden antiproton v případě, že urychlovač urychluje protony na kinetické energie téměř 130 krát větší než je jejich klidová energie. Na produkci jednoho gramu antihmoty tak potřebujeme $1{,}16\times10^{21}$ J/g . Efektivita produkce je tak pouze 10^{-8}. Ročně se tak produkuje pouze okolo deseti nanogramu antihmoty. Efektivita by se mohla radikálně zvýšit několika úpravami. Je potřeba použít optimální energii urychlovaných protonů. Důležitý je ale hlavně lepší sběr vzniklých antiprotonů. Je třeba co nejvíce rozšířit úhel, do kterého mohou vyletovat vznikající antiprotony. Nutností je i omezení jejich anihilace v terči a při následném sběru a uchovávání. Pokud by se postavily urychlovače speciálně pro produkci antiprotonů, mohla by se při použití stávajících technologií efektivita zvýšit o tři až čtyři řády. V každém případě však i v budoucnu bude výroba antihmoty velice energeticky náročná a ve větším měřítku bude možná pouze v případě, že bude mít lidstvo dostatek levné energie. Tedy nejspíš až v případě vyřešení masivního využití jaderných a termojaderných reaktorů.



Obr. 25. **Část zařízení pro produkci antiprotonů a jejich zpomalování LEAR v laboratoři CERN.** (Zdroj CERN)

Skladování antihmoty

Dalším problémem je skladování antihmoty. Aby nedošlo ke zničující anihilaci, musí být oddělena od normální hmoty. Nejčastěji se využívá toho, že v případě nabitých částic můžeme pomocí magnetického pole udržovat antiprotony v kruhovém pohybu po velmi dlouhou dobu. V současnosti lze udržet antiprotony v takové magnetické pasti téměř sto dní. Další možností je udržování v takzvané Penningově pasti[32], kdy ovšem musíme antiprotony ochladit na velmi nízkou teplotu, tedy velmi silně zpomalit.

Magnetické pasti mohou velice dobře zachycovat nabité částice, proto asi bude nejvýhodnější využívat nabité antiprotony. Problémem je však omezená hustota antiprotonové plazmy v magnetické pasti, která je hlavně dána elektrickým odpuzováním stejných nábojů antiprotonu. To znamená i velmi neefektivní využití prostoru. Pasti jsou navíc i poměrně velmi těžké. Dnes dokážeme udržet takovou plazmu v magnetické pasti i několik měsíců, neměl by být problém prodloužit tuto dobu až na léta, ovšem jedná se jen o množství v řádu pouze desítky milionů antiprotonů.

Využití neutrálního antivodíku je popisováno ve známém vědeckofantastickém seriálu a filmech Star Trek. Výhodou tohoto řešení by byla daleko vyšší hustota skladované antihmoty a tím i její malý objem. Ovšem technické řešení oddělení hmoty a antihmoty by bylo náročné. Zase by se musela použít elektrická a magnetická pole. Hlavně však je produkce neutrálního antivodíku velmi složitá. Poprvé se podařila teprve v roce 1996. Problém je dán tím, že antiprotony se produkují s velmi vysokými energiemi (rychlostmi). Aby byl pozitron antiprotonem zachycen, musí být jejich vzájemná rychlost relativně malá, protože vazebná energie pozitronu v atomu antivodíku je daleko menší než typické jaderné energie. Musíme tedy vyřešit dva základní problémy. Antiproton a pozitron musí být blízko sebe a jejich vzájemná rychlost musí být velmi malá. Nejdříve se to podařilo vyřešit tak, že se využilo toho, že při průchodu antiprotonu elektromagnetickým polem atomového jádra se může při jeho dostatečné kinetické energii produkovat pár elektronu a pozitronu. Otázka vzájemné blízkosti antiprotonu a pozitronu je tak řešena automaticky a existuje, byť jen velmi malá, pravděpodobnost, že i relativní rychlost pozitronu vůči antiprotonu bude malá a ten bude zachycen za vzniku antivodíku. Takto se podařilo vyprodukovat prvních devět antiatomů. Pro masivní produkci je však tato metoda absolutně nevhodná.

Dnes se tak právě pomocí antiprotonového zpo-

Obr. 26. **Kapalný antivodík jako zdroj energie používají i mezihvězdné lodi ve filmovém světě Star Trek.** (Zdroj stránky Star Trek)

malovače v laboratoři CERN připravuje velké množství chladných antiprotonů s malou kinetickou energii, které jsou následně zachyceny v magnetické pasti[33]. Pozitrony vznikající při rozpadu beta radioaktivních jader jsou zachyceny v další magnetické pasti. Antiprotony a pozitrony se pak vstříknou do společné magnetické pasti a tam vznikají tisícovky atomů antivodíku. Pořád je však třeba vyřešit problém, do jaké magnetické pasti se zachytí neutrální antivodíky. To je sice možné díky nenulovému magnetickému momentu antivodíku, ale velice náročné. Ovšem i po řešení konstrukce této pasti zůstává problém se zkapalněním antivodíku a jeho skladováním.

Vesmírné využití antihmoty

Při využití antihmoty pro výrobu elektrické energie bude třeba vyřešit problém efektivní konverze kinetické energie částic vznikajících při anihilaci na energii tepelnou a následně elektrickou. Jedná se o nabité mezony pí, miony vznikající při jejich rozpadu, elektrony vznikající při rozpadu mionů a vysokoenergetické fotony vznikajících v rozpadu neutrálních mezonů pí. Protože jde o částice, které se pohybují relativistickými rychlostmi, je pro pohlcení částice s energiemi získanými při anihilaci i v případě velmi hustého materiálu (například olova) potřeba pro jejich absorpci desítky centimetrů materiálu. Různé koncepty převodu tepelné energie na elektrickou jsme si už představili v předchozích částech.

Existuje několik možností funkce přímého anihilačního vesmírného pohonu. První možností je anihilační motor s pevným jádrem. Jedná se o variantu, která by byla velice výhodná i pro zmiňovanou výrobu elektrické energie pomocí konverze energie tepelné. Pracovní část by byl blok z materiálu (například wolframu), který by efektivně pohlcoval produkty anihilace a dokázal by také účinně předávat teplo pracovní látce, která by proudila kanály procházejícími zmíněným blokem. Tato pracovní látka by pak proudila do zařízení sloužícímu ke konverzi tepelné energie na elektrickou, jako například u klasických jaderných štěpných reaktorů nebo by pak přímo tryskala tryskou a sloužila k reaktivnímu pohonu, jako tomu bylo u motorů projektu NERVA. Vzhledem k tomu, že se zachycuje většina produktů (kromě neutrin) a jejich kinetická energie se přeměňuje na teplo, je v tomto případě účinnost vyžití energie velmi vysoká. Nevýhodou je omezená dosažitelná teplota pracovní látky a tedy i výtoková rychlost a dosažitelný specifický impuls. Ty jsou blízké hodnotám dosažitelným u motorů používajících štěpné reaktory zmíněného typu.

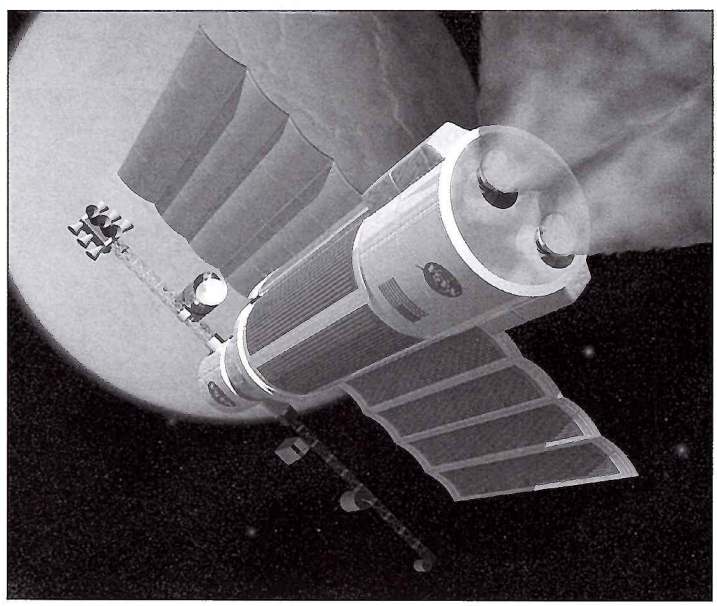
Další variantou jsou anihilační motory s plynným jádrem. V něm jsou antiprotony vstřelovány do spalovací komory s pracovní látkou (vodíkem). Antiprotony anihilují a vzniklé nabité mezony pí a fotony z rozpadu neutrálních mezonů předávají energii pracovní látce. Pomocí magnetických polí jsou nabité částice usměrňovány tak, aby toto předávání proběhlo v co nejmenším prostoru a co nejefektivněji. Vysoce ohřátá pracovní látka uniká tryskou ven. Teploty jsou omezeny tepelnou odolností materiálu komory a trysky. V tomto případě se už dosahuje daleko vyšších výtokových rychlostí, a tedy i specifického impulsu. Nevýhodou je, že unikne daleko větší část vznikajících částic bez předání energie a motor tak má nižší efektivitu.

Anhilační motor s plazmovým jádrem je podobný některému z termonukleárních pohonů. Do magnetické pasti je vháněn kapalný vodík a do něj je vstřelováno relativně velké množství antihmoty. Vzniká tak velmi horké vodíkové plazma o teplotě řádově desítky milionů stupňů, které magnetické pole drží uvnitř komory. Výtokové rychlosti a specifické impulsy jsou ještě vyšší než v předchozím případě. Účinnost je přibližně stejná.

Anihilační motor s paprskovým jádrem využívá přímo nabité produkty anihilace tedy nabité mezony pí pohybující se rychlostmi blízkými rychlosti světla. To je pak zároveň výtoková rychlost, která tak má maximálně možnou hodnotu. Stejně vysoký je tak i specifický impuls. V tomto případě se do pracovní komory vstřikuje řídký proud protonů a přibližně stejné množství antihmoty, aby došlo k úplné anihilaci. Pokud chceme využít anihilaci k pohonu takto přímým způsobem, musíme nabité produkty anihilace elektromagneticky usměrnit a i tryska je pak magnetická. Vznikají tak ztráty tím, že neutrální částice (neutrální mezony pí a fotony vznikající v jejich rozpadu a také vznikající neutrina) usměrňovat nelze. Navíc, pokud chceme využít potenciál anihilace co nejefektivněji, musíme mít poměrně dlouhý systém, aby se nabité mezony pí rozpadly ještě uvnitř. Pokud by neexistovala dilatace času daná speciální teorií relativity, rozpadla by se většina nabitých mezonů pí do vzdálenosti 8 m od místa svého vzniku i při rychlosti rovné rychlosti světla. Díky existenci dilatace času je však tato vzdálenost pro energii, kterou získávají při svém vzniku, okolo 20 m. Jistou nevýhodou je nízký tah takového motoru.

Antihmotou iniciovaná termojaderná fúze

Vzhledem k současným možnostem produkce antihmoty, se v bližším horizontu reálnější jeví využívání kombinovaného systému s termojaderným, kde by se anihilace využívala k odstartování termojaderné fúze. Studie takového projektu se dělala například na Pensylvánské univerzitě. Projekt s názvem AIMStar je méně ambiciózní než Daedalus. Jednalo by se o kosmickou loď umožňující dopravit vědecké zařízení do vzdálenosti řádově 10 000 AU. zase během doby kratší než padesát let. Použila by se pro průzkum Ortova oblaku okolo Slunce, těch nejvzdálenějších objektů, přechodu mezi slunečním a mezihvězdným prostředím. Pohon je založen na principu nazývaném jako antihmotou inicializovaná mikrofúze.



Obr. 27. **Kosmická loď AIMstar v představách malíře.** (Zdroj Penn State University Antimatter)

Předpokládá se, že do oblaku antiprotonů zachyceného do magnetické pasti a velmi silně stlačeného intenzivním magnetickým polem se vstřikují kapičky fúzního paliva. Klíčovou složkou sloužící k ohřevu kapky d^3He o hmotnosti 42 ng jsou štěpné produkty, které vznikají při štěpení ^{208}Pb nebo ^{238}U indukovaném antiprotony, jejíž příměs se v systému vyskytuje. Antiprotony se uchovávají v magnetickém prstenci. Pro AIMStar jich bude stačit 28,5 μg.

Základní parametry budou výtoková rychlost okolo 600 km/s a specifický impuls tedy 600 $kNskg^{-1}$. Rychlost na konci urychlování by byla 956 km/s. Udržování tepla a dodávka elektrické energie by byla zajišťována radioizotopovými zdroji. Hmotnost sondy by se měla pohybovat v řádu jednotek tun.

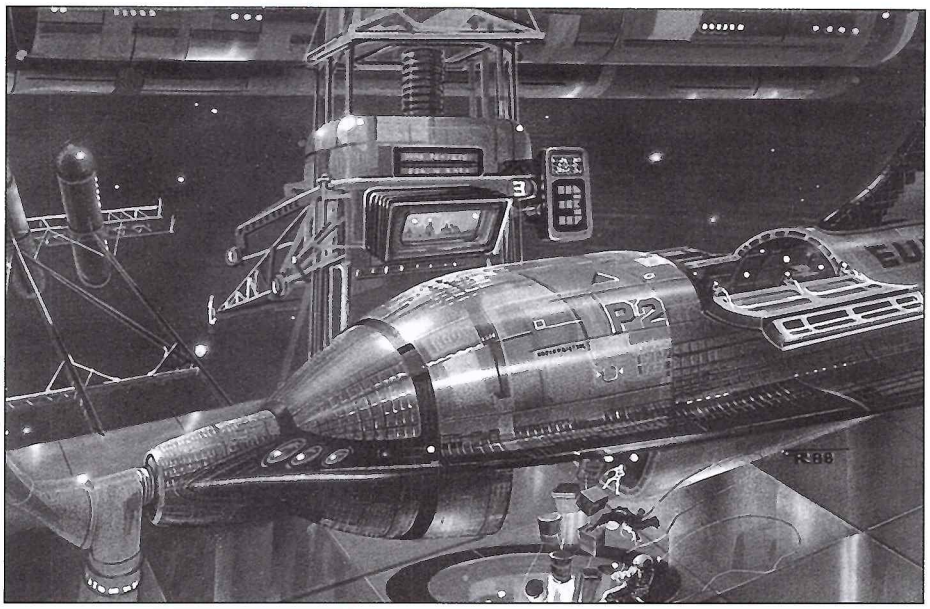
Ve vesmíru probíhají velmi energetické procesy, při kterých vzniká i antihmota. Dochází tam k urychlení částic na velmi vysoké energie a nastávají srážky podobné těm, ke kterým dochází na urychlovači. Není tedy úplně vyloučeno, že tam jsou místa, které bude někdy ve velmi vzdálené budoucnosti možno využívat jako „doly" na antihmotu. To je ovšem varianta hodně vzdálená a spekulativní. V současnosti lze při velmi energeticky náročné výrobě antihmoty uvažovat o jejím uplatnění jen pro projekty s potřebou velmi vysoké koncentrace energie, které nelze realizovat jinak. Tím nejspíše budou pouze cesty za hranice Sluneční soustavy.

Výroba, skladování a využití antihmoty jsou stejně jako uplatnění termojaderné fúze silně závislé na řešení problému udržení a směrování pohybu nabitých částic i ve formě velmi hustého plazmatu pomocí silných magnetických polí. Vývoj těchto oblastí tak probíhá do značné míry souběžně. Proto nemusí být první reálné testy anihilačního pohonu nejspíše v kombinaci s termojaderným zase tak vzdálené a mohli bychom je čekat v horizontu padesáti let. Ovšem nějaké masivnější využití už je možné jen v daleko vzdálenější budoucnosti. Zda a kdy přesně pak závisí hlavně na tom, jakou prioritu lidstvo udělí letům za hranice Sluneční soustavy, případně cestám mezi hvězdami.

Závěr

Intenzivní výzkum naší Sluneční soustavy a její případná lidská kolonizace se neobejdou bez využití jaderných zdrojů. V nejbližší fázi budou pravděpodobně dominantně využívány radioizotopové zdroje a systémy založené na štěpení jader (převážně jaderné reaktory). Pochopitelně, že jen v případech, kdy užitek z jejich využití bude dostatečný a nebude možné použít sluneční baterie nebo chemické zdroje. Radioizotopové zdroje by zajistily potřeby v oblasti elektrického výkonu do stovek wattů. Jaderné reaktory pak od kW případně až po 1000 MW.

Technologie založené na radioizotopových zdrojích a jaderném štěpení jsou již v současnosti velmi dobře osvojeny a vyzkoušeny na Zemi a částečně i ve vesmírném prostoru, takže je jejich využití dáno jen rozhodnutím, zda se lidstvo do vesmírného dobrodružství pustí a bude realizovat vesmírné projekty s vysokými požadavky na energii. V současnosti jsou tři projekty, o kterých se reálně uvažuje. Prvním jsou komplexní automatické sondy k vnějším planetám Sluneční soustavy. Druhým je dlouhodobější návrat člověka na



Obr. 28. **Jaderné zdroje by měly umožnit kolonizaci vesmíru, zatím se tak děje jen v představách vědecké fantastiky.** (Obrázek Teodora Rotrekla)

Měsíc a třetím pak cesta člověka na Mars. Tyto projekty je technicky možno realizovat v nejbližších desetiletích. Ve vzdálenějším horizontu by nám tyto zdroje mohly umožnit i masivnější dlouhodobou lidskou přítomnost na nejbližších tělesech Sluneční soustavy a zajistit dostatek energie i pro jejich případnou kolonizaci. Automatické sondy využívající jaderné reaktory by bylo možno vyslat i za hranice Sluneční soustavy. Při ještě vyšších požadavcích na zdroje energie, ať už z důvodu nutnosti zkrácení dob letu nebo plnění jiných vysoce energetických náročných úkolů, by mohly nastoupit termojaderné zdroje. Je velmi pravděpodobné, že technologie pro využití těchto zdrojů budou k dispozici v horizontu čtyřiceti let a to je také doba, kdy budou k dispozici i pro vesmírné využití. Zde existuje ještě řada technických obtíží, které bude třeba řešit, ale principálně neexistuje překážka, která by nebyla při dostatečném vloženém úsilí řešitelná. V každém případě se však bude jednat o případy, na které nebudou stačit radioizotopové zdroje nebo jaderné reaktory. Popsaná kombinace zdrojů spolu s využitím všech dostupných zdrojů nejaderných by nám mohla poskytnout dostatek energie pro veškerou činnost v rámci Sluneční soustavy, její případnou kolonizaci i výzkumné lety do blízkého okolí za její hranici.

Masivnější expanze za hranici Sluneční soustavy se však už bez použití termojaderné reakce nebo dokonce anihilace pro pohon neobejde. I když první uplatnění těchto zdrojů je myslitelné už v hranici padesáti let, reálně budou nejspíše jejich aplikace daleko pozdější. Nevypadá to, že by existovala technická překážka, která by i masivní využití těchto technologií při cestách do nejbližšího i vzdálenějšího mezihvězdného prostoru bránila. Zdá se, že daleko více může záležet na metodách zajištění životních podmínek lidí při takových letech. O tom, jak se chránit před kosmickým zářením, budu psát v následujícím článku. Nejdůležitější však bude průběh rozvoje lidské civilizace a cíle, které si zvolí. Pokud se mezi jejími prioritami kolonizace Sluneční soustavy a mezihvězdné cesty objeví, jsou jaderné zdroje reálnou cestou naplnění energetických požadavků pro splnění těchto cílů.

Je třeba zdůraznit, že ve vesmíru pozorujeme procesy, které dokáží právě s využitím jaderných zdrojů urychlit hmotu na rychlosti blízké rychlosti světla a poskytují energetické výkony, které jsou srovnatelné s výkony vyzařovanými hvězdami i celými galaxiemi. Takže většina možností objevujících se ve vědecké fantastice je alespoň z energetického hlediska principiálně uskutečnitelná.

VLADIMÍR WAGNER

Konec

---

[29] Antičástice k elektronu.

[30] Vztah mezi klidovou energií E_0 a klidovou hmotností m_0 částice i antičástice je dán Einsteinovým vztahem $E_0 = m_0c^2$.

[31] Využívá se toho, že proton a antiproton mají opačný náboj, každý je tak magnetickým polem odchylován na opačnou stranu a elektrickým polem urychlován v opačném směru. Lze tak stejným urychlovačem urychlovat protony v jednomu směru a antiprotony v opačném směru.

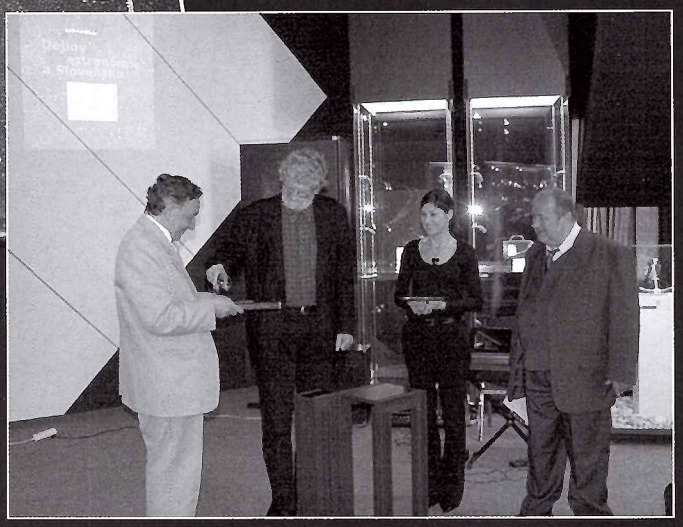
[32] Penningova past je zařízení, které pomocí konstantního magnetického a elektrického pole udržuje nabité částice.

[33] Magnetické pasti zachycující antiprotony, pozitrony, jejich směs i antivodíky jsou Penningova typu.

Opravy

Ospravedlňujeme sa autorovi aj čitateľom, že sa nám v minulom čísle do 3. pokračovania článku Vladimíra Wagnera vlúdili tri chyby. **1. chyba, str. 25., 8. riadok zhora v 2. stĺpci:** Lawsonovo kritérium sa väčšinou vyjadruje pomocou hustoty vyjadrenej v počte častíc na jednotku objemu, teda v jednotkách s/m^3. Hustoty plazmy v termojadrových systémoch sa potom udávajú v počtoch častíc na jednotku objemu. Väčšinou sa potom píšu iba m^{-3}. Teda tak, ako to mal autor. Pri redakčných úpravách sme tam pridali *kg*. Pri Lawsonovom kritériu, navyše, na nesprávne miesto, takže boli vytlačené jednotky s/kgm^3. Pri využití hmotnostných jednotiek by správne muselo byť skg/m^3, ale v našom pripade by to potom aj tak bolo nezmyselne veľké číslo. **2. a 3. chyba, str. 25., 4. riadok v 3. stĺpci zdola a str. 26., 3. riadok zhora:** Pri hustotách zmenou jednotiek z m^{-3} na kg/m^3 vznikli nezmyselne vysoké hustoty, ktoré nie sú ani vo vnútri neutrónových hviezd. Redakcia

Čo povedali o novej knihe Ladislava Drugu



Dejiny astronómie na Slovensku je kniha, ktorú neprečítate na dúšok. Toľko je v nej faktov, súvislostí, kontextov. Je to zároveň kniha, ku ktorej sa, aj keď ju prečítate, budete vracať, pretože obsahuje, najmä v strednej časti, toľko doteraz neveľmi známych údajov o vývoji astronómie v našich končinách, že ju človek môže používať aj ako encyklopédiu. Navyše: je to kniha, ktorá, s výnimkou posledných kapitol (slovenské astronomické inštitúcie; prehľad súčasného stavu astronómie), bude iba pomaly starnúť. Časom sa určite objavia veci, ktoré bude treba doplniť, upresniť, aktualizovať, ale... Pre Slovákov, ktorí sa zaujímajú o astronómiu, bude mať v knižniciach dlho čestné miesto. Apropos: nebolo by od veci, keby sa našli autori, ktorí by v podobne širokom kontexte zhodnotili aj dejiny iných vied na našom historickom území.

Eugen Gindl

Vo výskume dejín astronómie na Slovensku sa dosiahlo viacero pozoruhodných výsledkov, avšak systematický, prípadne inštitucionálny výskum stále absentuje. Za tejto situácie bola veľmi stažená práca autora, k mnohému sa musel dopracovať sám a iste sú aj témy, ktoré sa do publikácie nedostali. V každom prípade si však úsilie Lacka Drugu vysoko cením a vydanie prvej ucelenej publikácie o dejinách astronómie na Slovensku veľmi vítam.

RNDr. Ondrej Pőss, CSc.

Zostaveniu tejto knihy predchádzal dlhoročný historický výskum, založený na jednej strane na zbere čiastkových údajov po celom Slovensku, a na druhej strane na odhaľovaní jemných prepojení s celosvetovým výskumom. Vzniklo tak dielo, ktoré má ambíciu byť hodnotným príspevkom do dejín kultúrneho vývoja na našom území aj na území celej Európy.

RNDr. Milan Rybanský, DrSc.

Som jednoznačne presvedčený, že po úspechu Vašej predchádzajúcej knihy Úvod do dejín astronómie bude aj táto ďalšia odborná publikácia, predstavujúca vysoko hodnotný príspevok do dejín kultúrneho vývoja na našom území i na území celej Európy, veľmi úspešná na knižnom trhu.

doc. PhDr. Dušan Čaplovič, DrSc.,
podpredseda vlády SR

Vážený pane kolego,

Dostal jsem poštou v pořádku Vaši knihu a nejprve jsem užasnul nad jejím rozsahem. Pak jsem si říkal, že ji prolistuju, ale hned jsem se do ní začetl a strávil jsem skoro celou noc jejím podrobným čtením, a zdaleka jsem nestihl všechno.

Myslím, že se Vám podařilo životní dílo (magnum opus), které má úžasný kulturně-historický rozměr. Nedovedu si ani představit, co to muselo stát úsilí něco takového dát dohromady a utřídit, aby to mělo hlavu a patu. Rád konstatuji, že se Vám to skvěle povedlo a tahle kniha bude součástí pokladu slovenské literatury.

Velmi si vážím toho, že jste mi ji věnoval, už má své čestné místo v mé domácí knihovně astronomických spisů.

Srdečně blahopřeji, s pozdravem

RNDr. Jiří Grygar, CSc., Praha

Trocha závidím slovenským čitateľom, že môžu študovať túto zaujímavú a obsažnú knihu. Poskytuje oveľa viac než sľubuje jej názov a jej spracovanie, v porovnaní s mnohými podobnými zahraničnými knihami je oveľa modernejšie. V úvodnej časti, ktorá sa zaoberá prehľadom vývinu astronómie, poskytuje užitočné informácie nielen pre záujemcov o astronómiu, ale aj profesorov a bádateľov v oblasti etnografie a filozofie. Veľmi ma teší, že kniha oboznamuje čitateľa nielen s vedeckými astronomickými inštitúciami a ich reprezentantmi, ale vymenúva aj slovenské ľudové hvezdárne a planetáriá, ktoré slúžia na popularizáciu vedy. Chvályhodne tým povzbudzuje a inšpiruje aj ich činnosť v oblasti amatérskej astronómie. Veľmi užitočnou kapitolou je aj podrobný biografický lexikón, v ktorom tak laici ako aj odborníci príbuzných prírodných vied nájdu základné informácie o významných predstaviteľoch astronómie od najstarších čias po súčasnosť.

Túto knihu považujem za vzor, nasledovaniahodný nielen na Slovensku, ale aj v odbornej literatúre západného sveta.

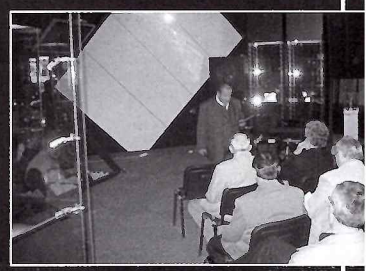
Bartha Lajos, historik astronómie,
Budapešť, doživotný člen londýnskej
Royal Geographical Society

Milý Lacko,

ďakujem za zaslanie knihy Dejiny astronómie a Slovensko. Som veľmi rád, že sa Ti túto náročnú pracu podarilo doviesť do úspešného konca.

Viem z vlastnej skúsenosti, ako ťažko sa zhromažďujú overené informácie o udalostiach starých len niekoľko desaťročí. Akonáhle odídu priami účastníci deja, všetko je zrazu nejasné a často aj zámerne dezinpretované. Považujem preto Tvoju publikáciu za významný príspevok k mapovaniu astronomického diania na Slovensku, príspevok, z ktorého bude jeho čitateľom a Tvojim nasledovníkom pri skúmaní histórie zrejmé, že slovenská astronómia zohrávala a zohráva vo svetovom kultúrnom a vedeckom svete úlohu, za ktorú by sa nemuseli hanbiť ani príslušníci väčšieho národa.

Najväčším prínosom knihy podľa mňa je zachytenie obdobia posledných približne 70 rokov, z ktorého si mnohé časti viacerí ešte pamätáme, ale ktorého objektívny záznam doteraz neexistoval. Za pracovníkov Astronomického ústavu Slovenskej akadémie vied chcem vysloviť úprimné poďakovanie a zažeľať veľa tvorivého elánu pri zachytávaní ďalších čriepkov našej histórie.



S pozdravom

doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.,
riaditeľ AsÚ SAV, Stará Lesná

Lacko,

bol som pri zrode Tvojho životného diela, počul som z úst renomovaných astronómov slová pochybností, či má vôbec šancu jeden človek spísať dejiny astronómie a zasadiť ich do kontextu takého malého fliačika zeme ako je Slovensko. Som nesmierne rád, že sa ti to podarilo a že o Tvojej knihe sa vyjadrujú všetci s úctou a pochvalne. Bolo mi cťou s Tebou, aj keď iba po technickej stránke, spolupracovať.

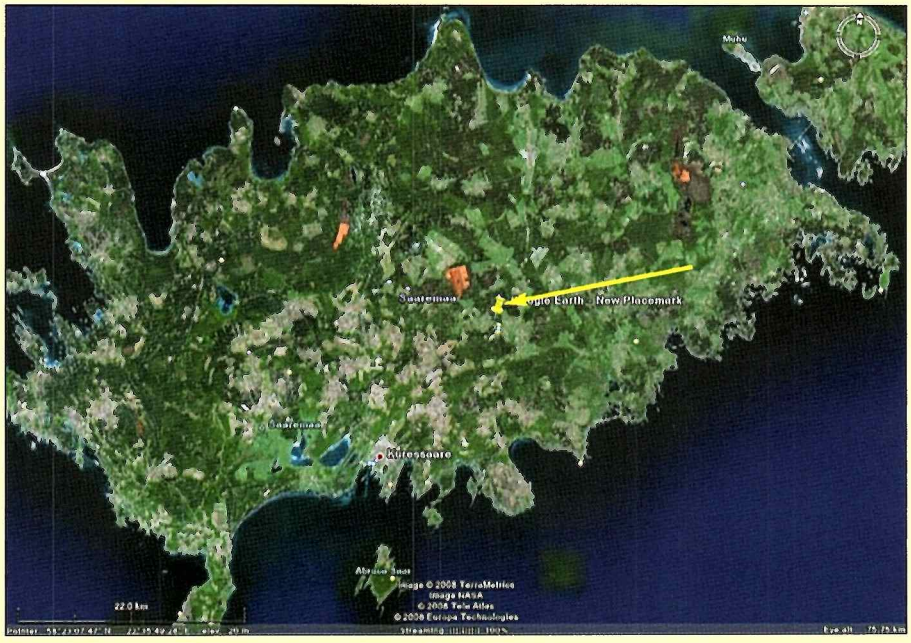
Milan Lackovič

PÁN PRSTEŇOV a meteoritický kráter v Kaali v Estónsku

Venované pamiatke svetoznámeho estónskeho astronóma prof. Izolda Pustylnika (17. 3. 1938 – 2. 5. 2008), ktorý mi v posledné dni nášho stretnutia venoval nemalú pomoc pri získavaní informácií o meteorite Kaali.

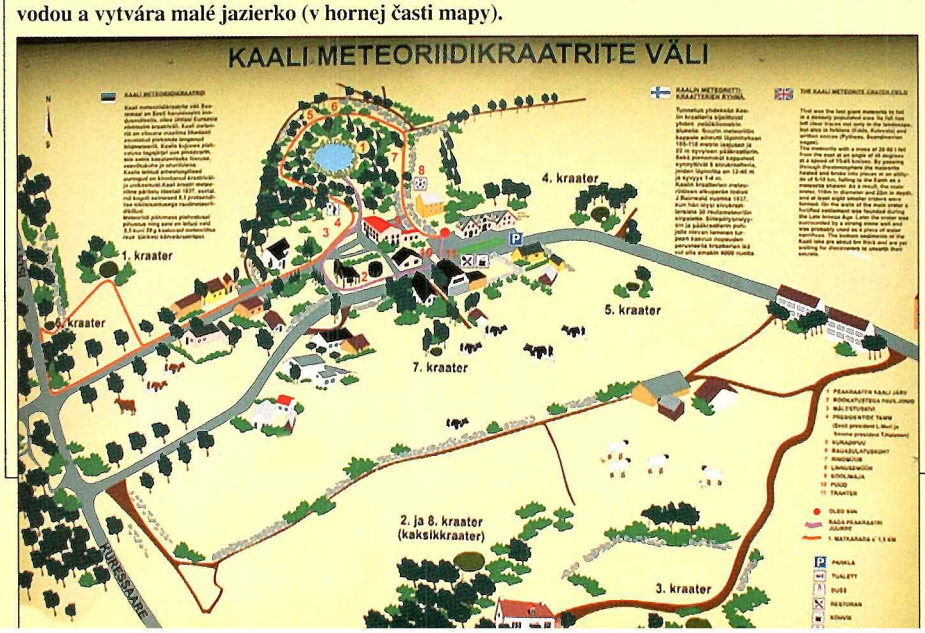
Tento článok ukazuje, ako zdanlivo úplne odlišné historické a fyzikálne javy môžu navzájom úzko súvisieť a viesť k hlbšiemu a pravdivejšiemu pochopeniu faktov – okrem iného aj astronomických javov. Od dopadu meteoritu v Kaali uplynuli zhruba tri tisícročia, od dopadu Tunguzského meteoritu uplynulo sto rokov. A hoci Tunguzský meteorit zostal do značnej miery záhadou, treba priznať, že dopadol do vedecky šťastného obdobia, keď meteoritika začala byť exponovaným odvetvím astronómie. A tak si toto storočie bádania nemôžeme uctiť viac ako tým, že sa cez prizmu týchto nových poznatkov pozrieme na iný (a podstatne starší!) meteorit zo severu Európy.

Keď som (už druhýkrát) navštívil kolegov v Tartu Observatory v Estónsku a myslel som si, že počas blížiaceho sa víkendu nemôžem zažiť nič nové a zaujímavé, dozvedel som sa typické estónske nepísané pravidlo: „Ak chceš zažiť niečo vzrušujúce, choď na ostrovy." A tak sme vyrazili na najväčší estónsky ostrov v Baltickom mori, na Saaremmu, kde mi odporúčali navštíviť meteoritický kráter Kaali. Cesta z pevniny z mestečka Virtsu pokračuje malým trajektom, ktorý prekonáva každú hodinu 4 km úžinu k ostrovu Muhu do prístavu Kuivastu za nejakých 20 minút. Ostrov Muhu je už spojený so Saaremmou 3,6 km dlhým umelým násypom, po ktorom vedie hlavná cesta do Kuressaare, hlavného mesta Saaremmy. Dedinka Kaali leží 18 km severovýchodne od hlavného mesta a práve tu sa nachádza určite najväčšia atrakcia ostrova, Estónska a možno aj celého Pobaltia.



Ostrov Saaremma z družice s vyznačeným miestom impaktu.

Nákres oblasti Kaali s číslami satelitných kráterov 1 – 8. Hlavný kráter je čiastočne zaplnený vodou a vytvára malé jazierko (v hornej časti mapy).



Kaali Pri príchode do dediny už zďaleka upúta budova návštevníckeho centra, kde je aj múzeum meteoritov, prednášková sála, obchod so suvenírmi, potraviny, 10 hosťovských izieb, a dokonca bezplatné wifi pripojenie na internet. Vedľa je budova školy, zrejme jedinečná na celom svete, keďže žiaci sa môžu počas veľkej prestávky ísť pozrieť do meteoritického krátera. Ten sa nachádza tesne (40 m) za školou, ktorá narúša výnimočnosť tejto chvíle. Je vzrušujúce prechádzať sa po okraji krátera a predstavovať si katastrofu, ktorá sa tu odohrala z geologického hľadiska nie tak dávno. V oblasti impaktu bolo identifikovaných celkove 9 kráterov, ktoré sú rozptýlené na ploche 1 km^2. Nie je vylúčené, že všetky krátery sa ani nenašli, prípadne niektoré menšie mohli byť zahladené poľnohospodárskou činnosťou miestnych obyvateľov. Geologické a chemické štúdie ukazujú, že meteorit Kaali bol železný typu IAB, s hmotnosťou 1 000 ton, pričom odhady sa pohybujú v rozsahu 400 až 10 000 ton. Meteorit dopadol pod uhlom 35 stupňov od severovýchodu. Iné štúdie uvádzajú smer od juhovýchodu. V mieste dopadu sa nachádzajú silúrske dolomity pokryté tenkou vrstvou štvrtohorného ílu. Pred dopadom sa meteoroid zahrial v atmosfére a rozpadol sa na viacero kusov, pričom najväčší fragment mal asi 450 t a narazil do zeme s energiou 4×10^{12} J, pri rýchlosti dopadu asi 15 km/s. Iné zdroje uvádzajú hmotnosť pri dopade len 20 až 80 t, no výsledok je jednoznačný, kráter s priemerom 110 m je 16 m hlboký, a dokonca vyvrhnutý okraj od dna dosahuje až 22 m. Dno krátera je dnes zaplnené vodou s hĺbkou 5 – 6 m.

Krátery Skupina menších meteoritov vytvorila 8 satelitných kráterov s priemermi od 12 do 40 m, s hĺbkou do 4 m, ktoré sú rozosiate po okolí. Kráter 1 leží 300 m severozápadne od hlavného krátera a je druhý najväčší, s priemerom 39 m a hĺbkou 4 m. Kráter 2 je vlastne dvojitý, leží 600 m južne od hlavného krátera na

plochom pahorku. Kráter má rozmery 25×76 m a jeho hĺbka je 3,5 m. V tomto kráteri I. Reinwald našiel v roku 1937 prvé kúsky meteoritického materiálu a tým definitívne potvrdil meteoritický pôvod krátera. Predchádzajúce hypotézy predpokladali vulkanický pôvod, prípadne prepad krasového útvaru. Kráter 3 leží 250 m východne od predchádzajúceho. Je najlepšie zachovaný, má priemer 33 m a hĺbku 3,5 m. Kráter 4 je ťažko rozoznateľný, leží 300 m východne od hlavného krátera, má priemer 20 m a hĺbku len 1,25 m. Kráter 5 leží 170 m južne od predchádzajúceho. Jeho priemer je 13 m a hĺbka 0,9 m. V tomto kráteri bolo nájdených najviac drobných kúskov meteoritu a aj ten najväčší úlomok s hmotnosťou takmer 40 g. Kráter 6 leží 450 m severozápadne od hlavného krátera, má priemer 26 m a hĺbku 0,6 m. Kráter 7 leží oproti obchodu v Kaali, má priemer 15 m a hĺbku 1 m. Kráter 8 je spojený s kráterom 2 a spoločne vytvárajú dvojitý kráter.

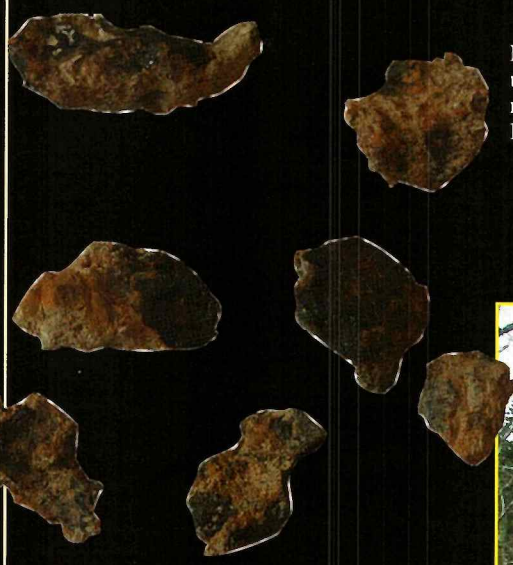
Vek impaktu Celková energia deviatich impaktov bola asi $4{,}7\times10^{12}$ J, čo je ekvivalentné malej atómovej bombe. Takýto impakt však už musel spôsobiť značnú katastrofu, hlavne ak dopadol do husto obývanej oblasti. Meteorit Kaali sa považuje v tomto smere za najzaujímavejší v celej Euroázii a za posledný obrovský impakt na svete, ktorý sa odohral v obývanej oblasti. Z tohto hľadiska je veľmi dôležité odhadnúť jeho vek. Od r. 1920, keď bola vyslovená hypotéza o jeho kozmickom pôvode, začalo sa s výskumom jeho veku. Linstow (1919) uvádza vek 8000 – 4000 pred n. l. Reinwald (1938) potvrdil meteorický pôvod krátera zozbieraním 30 fragmentov meteorického železa zo satelitných kráterov. Ďalej uvádza, že krátery sú pomerne mladé, postglaciálneho pôvodu. Určenie veku by mohla priniesť analýza sedimentov vnútri hlavného krátera. Aaloe (1958) zobral do úvahy rýchlosť zdvihu ostrova po dobe ľadovej a vyslovil domienku, že vznikol niekedy v období 3000 až 2500 pred n. l., keď sa ostrov vynoril z mora. Rádiokarbónová metóda drevného uhlia v satelitných kráteroch uviedla ako čas jeho dopadu roky 1100 až 600 pred n. l. *(Aaloe a kol. 1963).* Kessel (1981) na základe sedimentov uvádza vek okolo 1800 pred n. l. Raukas et al. (2003) na základe analýzy dreva z vykopávok zo svahu krátera určil impakt na roky 760 – 390 pred n. l. Veski a kol. (2004) analyzoval makrofosílie na dne krátera AMS rádiokarbónovou metódou a ako čas impaktu stanovil obdobie 1690 – 1510 pred n. l. Existujú však pochybnosti, či datovanie pomocou ^{14}C je vhodné, lebo po impakte došlo k premiešaniu sedimentov so starým humusom, čo ovplyvňuje rádiokarbónové datovanie. Okrem datovania materiálov v kráteri bolo možné nájsť aj podpis samotného roja meteoritov. Vyšší vek impaktu je nepravdepodobný, lebo v období 6400 pred n. l. bol ostrov Saaremaa hlbšie v mori, takže breh bol len 2 km od krátera a dno krátera by muselo byť 9 m pod hladinou mora, čiže by bol vyplnený morskou vodou. Navyše, na dne sa našiel peľ smrekov, ktoré na ostrove rastú až od roku 3800 pred n. l. Meteorit sa však podpísal zvýšeným obsahom irídia vo vrstvách rašeliny, ktoré sú datované obdobím 800 – 400 pred n. l. To sa pokladá za silný prejav železného meteoritu, ktorý vytvoril kráter Kaali. Takže máme tri nezávislé metódy určenia veku krátera, no ich výsledky sa veľmi rôznia. Vek určený pomocou sedimentov v kráteri vychádza o 1 000 rokov vyšší ako zo stopy irídia. To je možné vysvetliť premiešaním sedimentov počas impaktu so starším humusom. Vek mikrosferúl vychádza podstatne vyšší, no to môže súvisieť s celkom iným javom.

Efekty impaktu Štatistická frekvencia impaktov telies v závislosti od ich rozmerov je známa, no menej známy je už ich fyzikálny a ekologický dopad na okolie. Impakt Kaali je jediný známy dopad meteoritu do ľudmi obývanej oblasti. Impakt spôsobuje ukladanie meteoritického materiálu po vstupe do atmosféry, výbuch pri dopade, deformáciu povrchu v mieste dopadu, tlakovú a tepelnú vlnu a kráter. Okolie je sekundárne postihnuté ako po tornáde a požiari. Pri dopade do vody je vyvolané aj cunami. Peľová analýza potvrdzuje, že impakt Kaali zničil les v širokom okolí, čo dokazuje pokles peľu. Po dopade sa začala formovať nová generácia vegetácie. Je zaujímavé, že po impakte vymizol peľ z obilnín, ktorý je indikátorom poľnohospodárstva. To znamená, že po impakte sa nadlho narušila obývanosť krajiny. Kaali impakt je jediný prípad, kde môžeme priamo študovať interakciu meteoritu s ľudskou spoločnosťou.

Ostrov Saaremaa bol obývaný od mezolitu (5800 pred n. l.). Počas neolitu a doby bronzovej bol ostrov husto osídlený.

Pohľad do hlavného krátera od severu. V pozadí za jeho okrajom vidieť budovu základnej školy v Kaali.

„Hrob, kde Slnko padlo mŕtve."



Niekoľkocentimetrové úlomky z meteoritu nájdené v kráteri 5. Kde je však zvyšok?

Polovica bronzových artefaktov nájdených v Estónsku pochádza práve z ostrova Saaremaa. Intenzívna poľnohospodárska činnosť na ostrove sa datuje od 2300 pred n. l. To dokazuje, že dopad meteoritu mohol mať veľa svedkov a neskôr bolo miesto uctievané a používané na obradné účely. Okolo krátera boli postavené dva koncentrické rady kamenného opevnenia. Mohlo však ísť aj o ochranu vodného zdroja pred zvieratami; hlavne v zime mohlo hroziť preborenie ľadu. Jazero po impakte sa nazývalo Sväté jazero a bolo obetným miestom mnoho storočí. Estónci obetovávali zvieratá, aby si zabezpečili lepšiu úrodu. Impakt Kaali mal aj veľký vplyv na estónsku a fínsku mytológiu i folklór, ktorý sa zaoberá aj výrobou železa a obchodom. Hlavne sa spomína zrodenie ohňa a úloha železa,

Kráter 1 s priemerom 39 m je veľmi pôsobivý.

Na dne Krátera 5 sa nachádzalo už zamrznuté jazierko. Je to najmenší kráter, no práve tu sa našlo najviac úlomkov meteoritu.

pričom sa verí, že železo má pôvod v krátere Kaali. Epika uvádza zrodenie železa v jazere. Piesne na severe Estónska popisujú vzplanutie ostrova. I legenda o Faetonovi sa na tomto území spája s kráterom Kaali. V súčasnosti je kráter najväčšou atrakciou Estónska a čoraz viac turistov prichádza k jeho okraju.

Možní svedkovia impaktu Kaali boli negramotní, preto neexistujú priame písomné doklady o udalosti. Zachovalo sa však množstvo nepriamych archeologických a ústnych dôkazov o impakte. Existuje veľa spôsobov, ako meteorický impakt môže ovplyvniť spoločnosť, vrátane zmeny klímy, možností vzniku cunami, zemetrasení, požiarov, kyslých dažďov, skleníkového efektu. Ich intenzita závisí od veľkosti a cieľa impaktu i vzdialenosti od neho. Sú dve možnosti: 1. vyhladenie, 2. využitie a uctievanie. Zachovalo sa aj mnoho legiend o meteoritických impaktoch, napríklad jedna hovorí o ceste Pythea, gréckeho historika, ktorý v rokoch 350 až 325 pred n. l. navštívil ostrov Ultima Thule ďaleko na severe, kde mu barbari ukázali „hrob, kde Slnko padlo mŕtve". Podľa interpretácie, ktorú publikoval estónsky spisovateľ, etnograf a politik Lennart Meri v roku 1976, ide v tomto prípade o kráter Kaali na ostrove Saaremaa. Lennart Meri (1929 až 2006) sa neskôr stal druhým prezidentom nezávislého Estónska a funkciu zastával v rokoch 1992 – 2001. Meteorit aj jemu takto priniesol slávu a medzinárodné uznanie. Okrem klasickej literatúry, jav Kaali sa odráža aj v estónskom a fínskom folklóre a v ich eposoch.

Kalevala je národný epos fínskeho národa, ktorý vznikol vďaka zberateľskej aktivite (1802 – 1884). Lönnrot bol pôvodne lekárom, neskôr sa však začal zaoberať výskumom fínskeho jazyka a jeho dejinami. Prednášal na Univerzite v Helsinkách a popritom intenzívne zbieral staré fínske legendy, piesne a mýty. Jeho zásluhou vznikol ucelený epický útvar – jeden z pokladov svetovej literatúry. Definitívna podoba Kalevaly (Uusi Kalevala, teda Nová Kalevala) pochádza z roku 1849 a v tejto verzii sa šíri dodnes. Pozostáva z 50 rún (22 795 veršov).

Runy sú historické a archeologické artefakty, nachádzené na rozsiahlom území od Islandu po Rumunsko. Runami rozumieme najstarší písomný systém germánskych kmeňov. Prvé runové nápisy sa objavili už v 2. storočí pred n. l. Najviac ich bolo nájdených na severe, v Nórsku a na ostrove Gotland. V súčasnosti existuje asi 5 000 známych runových pamiatok. Runy sa našli na zbraniach, minciach, ozdobách, amuletoch, talizmanoch, kameňoch a pomníkoch. Najmladší nájdený artefakt pochádza z konca 19. storočia zo švédskeho Dalarna. Medzi dávnymi národmi severnej Európy bol rozšírený názor, že runy sú znaky, ktoré ľudia dostali ako dar z vesmíru.

Podľa viacerých historikov práve niektoré runy popisujú udalosti, ktoré dobre zodpovedajú pádu meteoritu Kaali. Tieto udalosti sa však zachovali aj v ústnom podaní a v legendách Estónska. Aj ony potvrdzujú náznak klimatických zmien s dopadom na poľnohospodárstvo. A bolo tu ešte čosi: pohania začali miesto dopadu meteoritu uctievať, okolo hlavného krátera postavili kamenný múr v dĺžke 470 m, ktorý bol 2,5 m hrubý a aspoň 2 m vysoký. Za touto hradbou bolo nájdené množstvo kostí zvierat, ktoré mohli byť predmetom obetovania bohom za lepšiu úrodu a pod. Meteorit Kaali je takto úžasným dôkazom, ako môže impakt kozmického telesa na Zem ovplyvniť vývoj celých civilizácií. Poďme však v našich úvahách ešte ďalej. Keď som sa vrátill zo Saaremmy na observatórium, pýtal som sa Izolda Pustylnika na meteorit, kde sú pozostatky po obrovskom impakte. Zašli sme na univerzitu do Tartu a tam medzi geologickými zbierkami sme našli dva niekoľkogramové kúsky.

Kam sa však podeli tie tony kvalitného železa? Ja som žartom vyjadril názor, že snáď už vtedy ho rozkradli pohania a neskôr sa to prejavilo tým, že Vikingovia vlastnili kvalitné železné meče a zbrane. Niektoré historické práce sa zaoberajú aj touto možnosťou, pričom skutočne takýto scenár veľmi seriózne pripúšťajú. Známy spisovateľ J. R. R. Tolkien opisuje aj vo svojom Pánovi prsteňov čarovné meče, ktoré pochádzajú z „kozmu". A skutočne je to až neuveriteľné, ale aj historici pripúšťajú, že v období po impakte Kaali sa začala datovať doba železná v tomto regióne. Tak môžeme pripustiť, že v názve tohto článku vôbec nepreháňame.

LADISLAV HRIC
Astronomický ústav SAV

Budova univerzity, kde sme spolu s Izoldom hľadali muzeálne exponáty upozorňujúce na meteorit.

Tunguzská katastrofa: sté výročie

Už nežijú pamätníci onoho dňa, ktorí vo vnútrozemí Sibíri nad riekou Podkamennaja, 75 km od mestečka Vanavara, videli 30. júna 1908 v ranných hodinách (7:14 h miestneho času) na vlastné oči prelet jasného telesa a počuli sériu výbuchov. Zachovali sa však výpovede týchto ľudí, väčšinou kočovných lovcov, ale aj o ich hodnovernosti sa dá do značnej miery pochybovať. Hlavným svedkom teda bola len zdevastovaná príroda a stromy vyvrátené v jednom smere na rozlohe 2200 km^2. Napriek tomu je táto udalosť dodnes živá, lebo ukázala na možné nebezpečenstvo, ktoré hrozí Zemi pri strete s telesom podobných parametrov, aké mal Tunguzský meteorit.

Prvá vedecká výprava do tejto oblasti sa uskutočnila až v roku 1927. Pod vedením mineralóga Leonida Kulika skupina identifikovala epicentrum výbuchu, ale nenašla v ňom ani kráter, ani žiadne pozostatky po dopade neznámeho telesa. Hoci odvtedy bolo v tejto oblasti už niekoľko desiatok expedícií, všetky sa vrátili iba s výsledkami vo forme hypotéz. Pred dvoma rokmi síce expedícia talianskych geológov urobila dosť veľký rozruch okolo údajného nájdenia krátera, ktorým malo byť tristometrové jazero Čeko, vzdialené asi 8 km od epicentra, no drvivá väčšina odborníkov ich záver o impaktnom pôvode krátera označila iba za naplnenie zbožných želaní členov expedície.

Je nesporné, že výskum v tejto oblasti bude pokračovať aj v budúcnosti. Je možné, že sa ešte bude hovoriť aj o jazere Čeko, aj o pôvode „Tunguského meteoritu", ale nemožno vylúčiť, že ľudstvo sa nikdy nedozvie, čo prírodnú katastrofu nad sibírskou riekou Podkamennaja spôsobilo.

Tunguzský impakt sa radí v nasledujúcej tabuľke na tretie miesto s odhadovanou energiou 5 – 10 Mt TNT. **Ladislav Hric**

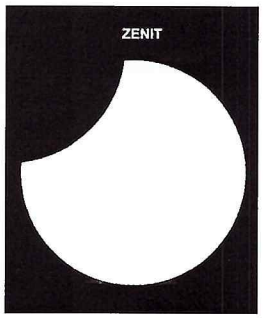
Odhadovaná štatistika meteorických impaktných kráterov na Zemi

Priemer krátera (v m)	Priemer telesa (v metroch)	Energia (v ekvivalentoch TNT)	Frekvencia impaktov na Zem (v rokoch)
35	2	500 t	4
120	6	20 kt	35
1 000	50	11 Mt	1600
5 000	250	1 400 Mt	28 500
10 000	500	11 000 Mt	100 000
50 000	2 500	1 300 000 Mt	4 500 000
100 000	5 000	11 000 000 Mt	26 000 000
200 000	10 000	87 000 000 Mt	150 000 000

Zatmenie Slnka 1. 8. 2008

Úplné zatmenie Slnka 1.8. bude od nás pozorovateľné v celom priebehu len ako čiastočné.

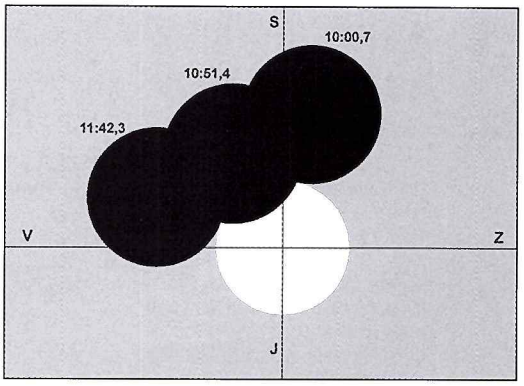
Úplná fáza bude pozorovateľná v severnej časti Ameriky, Grónsku, v Severnom ľadovom oceáne, centrálnej časti Sibíri, Mongolsku a Číne. Maximálna fáza zatmenia 1,039 nastane na mieste so súradnicami 65°,2 N a 72°,3 E (1000 km severozápadne od Novosibirska a 100 km od mesta Surgut) a jeho trvanie bude 2m27s. Jedná sa o 47. zatmenie série saros č. 126.



Maximum zatmenia Slnka.

U nás bude zakrytá necelá štvrtina priemeru Slnka, najväčšia fáza bude pozorovateľná zo severu Slovenska. Priebeh zatmenia pre niektoré miesta na Slovensku sú v tabuľke.

Z odborného hľadiska je čiastočná fáza zatmenia zaujímavá len minimálne, no pre popularizáciu je to príležitosť veľmi vhodná. Dlhšími ohniskami môžeme exponovať jednotlivé fázy zatmenia, pomocou tých kratších je možné pokúsiť sa o postupku. Pri postupke bude trošku problematické „zasadiť" priebeh zatmenia do reálnej krajiny, nakoľko výška nad obzorom je pomerne veľká.



Na obrázku je priebeh zatmenia pre Rimavskú Sobotu.

Najbližšie zatmenie pozorovateľné z nášho územia nastane 15. 1. 2010, no bude pozorovateľný len jeho koniec krátko po východe Slnka. **Pavol Rapavý**

	1.kontakt [SEČ]	PA	h	maximum [SEČ]	fáza	h	4. kontakt [SEČ]	h	PA
	h m s	°	°	h m s		°	h m s	°	°
B. Bystrica	9 58 52	347	52	10 49 36	0,233	57	11 40 39	68	59
Bratislava	9 58 49	350	51	10 46 26	0,200	56	11 34 35	65	59
Hurbanovo	9 57 33	347	51	10 47 44	0,229	56	11 38 23	67	59
Košice	10 0 46	346	53	10 53 15	0,251	58	11 45 50	70	59
Martin	9 57 37	346	51	10 48 53	0,240	56	11 40 32	69	59
Prešov	9 59 55	345	53	10 52 52	0,257	57	11 45 56	70	59
R. Sobota	10 0 42	348	53	10 51 22	0,230	58	11 42 16	68	59
Sp.N.Ves	9 59 28	346	52	10 51 52	0,251	57	11 44 28	70	59

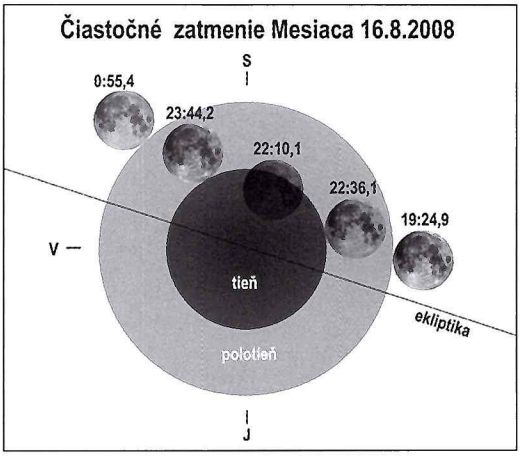
Zatmenie Mesiaca 16. 8. 2008

Čiastočné zatmenie Mesiaca 16. 8. bude pozorovateľné v celom svojom priebehu. Veľkosť zatmenia je 0,813 (v jednotkách mesačného priemeru). Toto zatmenie je 29. zo série saros č. 138.

Vstup do polotieňa nastane nízko nad obzorom na konci občianskeho súmraku, výstup z polotieňa nastáva až po polnoci. Polotieňová fáza zatmenia je prakticky nepozorovateľná okrem postupného stmavnutia mesačného kotúča pri približovaní sa k plnému tieňu. Čo a ako možno pozorovať pri zatmení Mesiaca, bolo podrobnejšie opísané v tohtoročnom Kozmose č. 1. Kontakty kráterov nájdete na stránke www.astrors.sk.

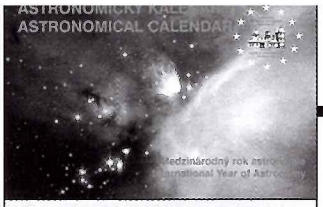
Priebeh zatmenia je v tabuľke (výška Mesiaca a Slnka je pre Rimavskú Sobotu).

Pavol Rapavý



Priebeh zatmenia

	SEČ	výška Mesiaca [°]	poz. uhol [°]	výška Slnka [°]
vstup Mesiaca do polotieňa	19:24,9	5,8	86	–6,0
začiatok čiastočného zatmenia	20:36,1	15,4	99	–15,8
maximálna fáza zatmenia	22:10,1	24,5		–25,0
koniec čiastočného zatmenia	23:44,2	28,3	211	–28,3
výstup Mesiaca z polotieňa	0:55,4	26,7	224	–26,2



Astronomický kalendár 2009

Autor: Mgr. Ladislav Druga

V týchto dňoch vydala Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove Astronomický kalendár na rok 2009. Na jeho stránkach sú uvedené bohaté informácie o postavení planét, Mesiaca a Slnka na jednotlivé dni roka, pomocou ktorých sa i najširšia verejnosť dokáže orientovať na hviezdnej oblohe. Súčasťou týchto informácií sú údaje o východe a západe Slnka, fázach Mesiaca, jeho najmenšej a najväčšej vzdialenosti od Zeme, maximálnych jasnostiach planét, zatmeniach Slnka a Mesiaca, vstupoch Slnka do znamení zvieratníka, maximách meteorických rojov, extrémnych teplotách v jednotlivých mesiacoch roka za posledných 135 rokov ako aj údaje o zavedení letného času. Pripomína výročia našich a svetových astronómov a výročia svetovej kozmonautiky. Publikácia je ilustrovaná najnovšími farebnými fotografiami hmlovín, galaxií a hviezdokôp, získané vesmírnymi ďalekohľadmi HST a Spitzer.

Cena publikácie: 90 Sk.

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

Noc na Lomnickom štíte

Začiatkom mája prebehlo žrebovanie z množstva prihlásených členov Celestron Klubu. Historicky prvým výhercom, ktorý prežije noc v apartmáne na Lomnickom štíte sa stala Ing. Monika M. z Košíc. Výherkyni srdečne blahoželáme. Ďalšie žrebovanie sa uskutoční už v októbri. Prihlásiť za člena Celestron klubu sa môžete stále. Informácie o členstve nájdete na klub.celestron.sk.

Predám ďalekohľad Celestron C6S. Tubus s optikou v prevedení XTL Starbright s hľadáčikom 6×30. Priemer zrkadla 150 mm, f/10. Príslušenstvo dohodou. Cena: 25 000 Sk. Kontakt: 0903151347, Jankolova 4, 851 04 Bratislava, haliak.miroslav@chello.sk.

Prodám svázané ročníky časopisu Kozmos 1970 až 2003. Cena za komplet všech 33 ročníků celkem 1 000 Kč (1 200 Sk), v případě, že nebude zájemce o celý komplet, je možný prodej i po částech. Kontakt: vlpo@centrum.cz, Vladimír Popelka, U Vodojemu 1259, 697 01 Kyjov, ČR.

Predám: Nový reafraktor 70/400 mm Meade ETX 70 na počítačom riadenej montáži s diaľkovým ovládaním, okuláre 4, 12, 25 mm, slnečný filter. Cena 4000 Sk. Nové komponenty na stavbu refraktora (objektív 70/700 mm, hrebeňový okulárový výťah, zenitový hranol, okuláre 4, 12, 20 mm), všetko nové. Spolu 2000 Sk. Nové kvalitné komponenty Soligor: okuláre 6 mm, 9 mm, zenitový hranol, Barlow 3×, nové objektívy 70/250 mm (z triedra), cena 500 Sk kus. Nový Celestron C8 (203/2030 mm), paralaktická montáž CG5, pohon oboch osí, 3 okuláre, 8 filtrov, adaptér na fotoaparát. Cena 45 000 Sk. Tel.: 0905 748427.

Zákryty hviezd asteroidmi – úspešný máj!

Podľa predpovedí zákrytov hviezd asteroidmi (asteroidoccultation.com) malo k týmto úkazom teoreticky pozorovateľným z územia Slovenska dôjsť v priebehu mája hneď štyrikrát. Horúcimi kandidátmi na úspešné pozorovanie boli najmä asteroidy (747) Winchester a (712) Boliviana.

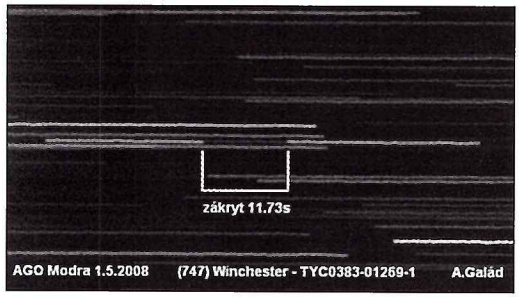
Prvá z nich mala zakryť „svoju hviezdu" 1. 5. 2008. O pozorovanie sa pokúsila dvojica pozorovateľov Roman Piffl a Ivan Majchrovič v Marianke. Dohodli sme sa s pracovníkmi AGO v Modre, že pozorovanie zaradia do svojho pozorovacieho programu aj na tomto observatóriu. V Marianke sme pozorovali dvoma metódami: astronomickou CCD kamerou Astropix 1.4 v režime rýchleho snímania (20 snímkov za sekundu) na ďalekohľade Newton 200/800 a rovnakou CCD kamerou na refraktore Celestron 102/500 metódou drift-scan. Druhý experiment bol skôr testom, či je možné túto metódu použiť aj pri takom malom prístroji. Pozorovanie bolo úspešné, zákryt bol veľmi zreteľne pozorovateľný v „priamom prenose" na monitore pripojeného notebooka, čo u nás vyvolalo výkrik radosti – veď to bol náš prvý úspešný „asteroidový" zákryt. Taktiež drift-scan ukázal, že metódu pri dostatočne jasnej hviezde možno úspešne použiť aj na menších prístrojoch, samozrejme, výhodnejšie je použiť väčší prístroj. Získali sme však snímku do zbierky a pre popularizáciu.

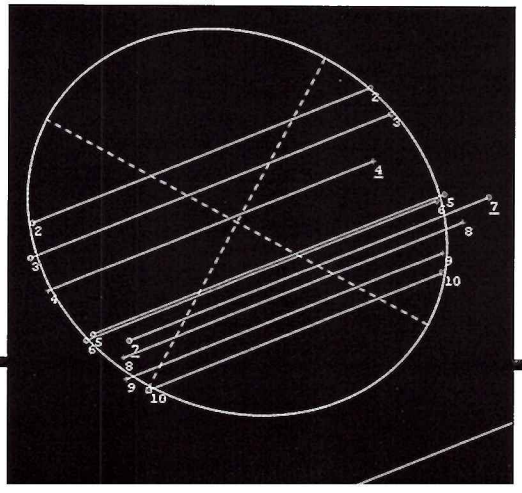
V Modre pozoroval Adrián Galád CCD kamerou na 60 cm ďalekohľade taktiež metódou drift-scan. Exponoval 60 s a jeho pozorovanie bolo tiež úspešné.

V Marianke sme namerali dĺžku zákrytu 12,52 s, v Modre 11,73 s.

Dve slovenské stanice sa tak pridali k ďalším európskym pozorovateľom, ktorí hlásili pozitívne pozorovanie a prispeli k učeniu predbežného prierezu asteroidu. Úspešným pozorovateľom bol aj Andrej Mráz z Alžbetinho Dvora, jeho drift však vzhľadom na nižšiu citlivosť použitej farebnej CCD kamery bol na hranici merateľnosti.

Na priloženom priereze *(zdroj: www.astrosurf.com/EAON)* je pozorovanie z Marianky označené ako **3** a modranské pozorovanie ako **2**.



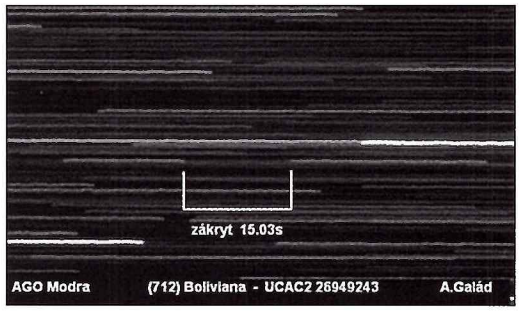


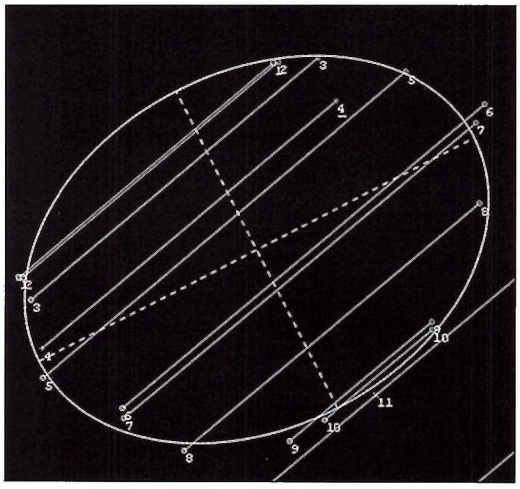
Ďalší zákryt mal nastať o dva týždne neskôr, 15. mája 2008. K pozorovateľom z Marianky sa tentoraz pridal aj Tomáš Maruška, a tak sa skupina rozdelila na dve stanice. V Marianke ostal pozorovať Ivan, Roman s Tomášom vyrazili do Borského Sv. Jura. Obidve stanice slovenských amatérskych astronómov zo združenia astrofoto.sk použili zhodné prístrojové vybavenie – CCD kamery astropix 1.4 a Newtony 200/800. Po telefonáte sme vedeli, že do pozorovania sa zapojí aj Adrián v Modre.

Aj toto pozorovanie vyšlo, aj keď podmienky boli o niečo horšie ako pri prvomájovom zákryte. V Marianke trval zákryt 12,60 s, v Borskom Sv. Jure 15,47 s, v Modre 15,03 s.

Slovenské stanice tak do profilu asteroidu prispeli tromi časmi. Oproti predpovedi bol tieň posunutý na sever, takže aj pozorovatelia, ktorí mali byť za okrajom tieňa, zákryt pozorovali – napr. Milan Antoš vizuálne (!) cez svoj 40-centimetrový dobson v Jablonci nad Nisou.

Na priloženom priereze *(zdroj: www.astrosurf.com/EAON)* je pozorovanie z Marianky označené ako **8**, modranské pozorovanie ako **7**, výjazd v Borskom Sv. Jure ako **6**.



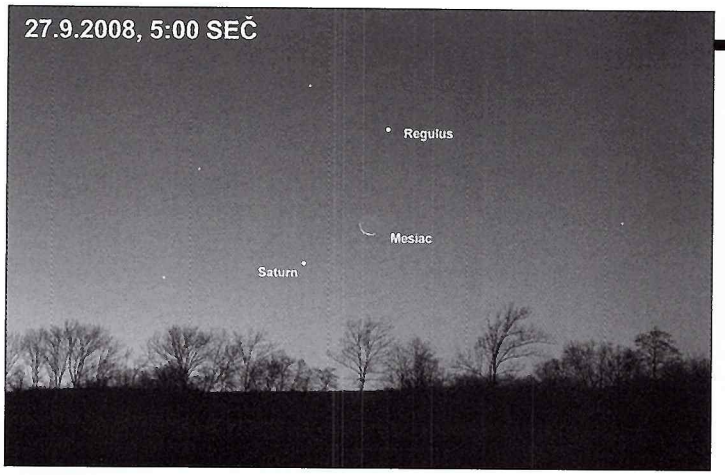


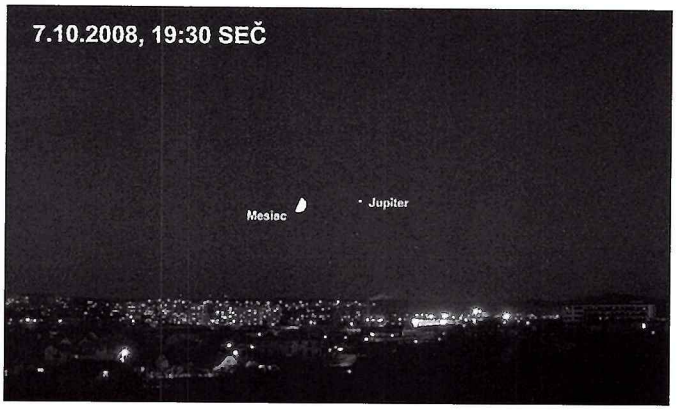
Pre úplnosť je potrebné dodať, že v Modre Adrián Galád pracuje aj na fotometrickom meraní svetelnej krivky planétky (747) Winchester. Analýzou svetelnej krivky asteroidu sa pokúsi určiť, kde sa na svetelnej krivke asteroid nachádzal počas zákrytu. Stotožnením viacerých pozorovaní možno získať zaujímavé výsledky. Spracovanie napozorovaného materiálu si však vyžiada dlhší čas.

Naša veľká vďaka patrí Honzovi Mánkovi, ktorý nám aj Adriánovi veľmi pomohol so spracovaním napozorovaného materiálu do zmysluplných údajov.

Na záver jedno „nezákrytové" pozorovanie. Necelých 24 hodín po druhom úspešnom zákryte sme vyrazili opäť do terénu – na lov preletu ISS popred Mesiac. Keďže aj toto pozorovanie sa nám vydarilo a prelet sme nasnímali tromi prístrojmi, môžeme vyhlásiť, že máj bol našim pozorovateľským aktivitám naklonený ozaj priaznivo.

Ivan Majchrovič
asteroidoccultation.com
www.astrosurf.com/EAON
www.astrofoto.sk





Obloha v kalendári

august – september 2008

Pripravil PAVOL RAPAVÝ

Všetky časové údaje sú v SEČ

Druhá polovica letných prázdnin je tu a s ňou ďalšie možnosti pozorovania pod jasnou oblohou za nocí s príjemnou teplotou. Z planét bude oblohu zvečera skrášľovať Venuša a v prvej polovici noci aj Jupiter. Čaká nás čiastočné zatmenie Slnka i Mesiaca, na prelome mesiacov sú ideálne podmienky na pozorovanie meteorov. Ak k tomu pripočítame aj nejaké tie kométy, tak sa máme na čo tešiť a do sýtosti si užiť všetko, čo nám obloha ponúka.

Planéty

Merkúr je začiatkom augusta nepozorovateľný, neskôr sa jeho viditeľnosť trošku zlepšuje. V polovici augusta zapadá na konci občianskeho súmraku ako objekt –0,5 mag. Jeho nájdenie nám umožní Venuša, ktorá bude 2,5° vľavo hore a priamo nad ním (0,6°) aj Saturn, ktorý je však ešte slabší (0,8 mag) ako Merkúr. Tieto nie najlepšie podmienky si zachová až do polovice septembra. Jeho uhlová vzdialenosť od Slnka sa síce bude zväčšovať (11. 9. je v najväčšej východnej elongácii), no večerná výška nad obzorom sa prakticky meniť nebude. V druhej polovici septembra sa začne uhlovo približovať k Slnku a možnosti jeho nájdenia sa zhoršia, koncom mesiaca zapadá len krátko po Slnku. 15. 8. bude v pomerne tesnej konjunkcii (0,6°) so Saturnom a 20. 8. s Venušou (0,9°). Vzájomnú zmenu polohy týchto telies je možné zaznamenať aj fotograficky, no problémom bude svetlá obloha, kedže exponovať musíme ešte počas občianskeho súmraku. 1. 9. sa vyskytne v jeho blízkosti mladý Mesiac, no toto zoskupenie je ešte problematickejšie... 7. 9. sa priblíži k slabému Marsu (1,7 mag), no všetko bude zase na presvetlenej oblohe... Šancu však môžeme mať triédrom, kde nám identifikovať obe telesá pomôže jasná Venuša. K Venuši bude najbližšie (3,6°) 12. 9. Ďalšie úkazy s Merkúrom sú veľmi problematické z dôvodu presvetlenej oblohy. 30. 9. bude počas dňa blízko Mesiaca, no nakoľko 5. 10. je v prízemí, je jasnosť Merkúra len 2,2 mag, čo je pri uhlovej vzdialenosti od Slnka len 13° skutočne veľmi málo.

Venuša (–3,9 až –4,0 mag) zapadá na začiatku augusta hneď po skončení občianskeho súmraku a podmienky jej viditeľnosti sa budú zlepšovať len málo, koncom septembra bude začiatkom nautického súmraku vo výške 3°. Keďže je však jasným objektom, ozdobí večernú oblohu, aj keď len nízko nad obzorom. 2. 8. po západe Slnka bude obzor skrášľovať aj kosáčik Mesiaca nízko nad obzorom. 13. 8. bude Venuša vo veľmi peknej tesnej konjunkcii so Saturnom (0,2°), a tak na pozorovanie či fotografovanie bude možné použiť aj väčšie prístroje. O týždeň neskôr bude necelý stupeň pod Venušou Merkúr (–0,3 mag). Konjunkcia s Mesiacom v prvý septembrový deň je nepozorovateľná a aj o deň neskôr nie sú geometrické podmienky omnoho priaznivejšie, Mesiac zapadne ešte počas súmraku. O čosi lepšia je tesná (0,3°) konjunkcia s Marsom, na konci občianskeho súmraku 12. 9. budú obe telesá vo výške 2°, no Mars bude mať len 1,7 mag.

Mars (1,7 – 1,5 mag) sa nám pomaličky začne strácať vo večernom súmraku, podmienky jeho viditeľnosti sa zhoršujú. 9. 8. sa presunie z Leva do Panny. Začiatkom augusta zapadá na konci nautického súmraku, no jeho večerná viditeľnosť sa pomaličky kráti a koncom septembra už zapadne na konci súmraku občianskeho. Jeho jasnosť sa v súvislosti so zmenšovaním vzdialenosti od Zeme trošku zvýši, no uhlovo sa približuje k Slnku, a tak jeho viditeľnosť sa bude len zhoršovať. 5. 12. je v konjunkcii so Slnkom.

Konjunkcia s Marsom 4. 8. veľmi zaujímavá nebude, vzdialenosť telies je úctyhodná, veď najbližšie budú obe telesá ráno a oranžový Mars bude zanikať na modrastej oblohe. Po ďalšom obehu Mesiaca, pri konjunkcii 2. 9. bude situácia ešte horšia. Konjunkcie Marsu s Merkúrom 7. 9. a Venušou 12. 9. sme opísali vyššie. Tu azda ešte doplníme, že pri priblížení Marsu a Merkúra 23. 9. bude medzi nimi ešte Spika z Panny.

Jupiter (–2,7 až –2,3 mag) je v Strelcovi, pohybuje sa spätne až do 8. 9., keď bude v zastávke a začne sa pohybovať priamo. Jeho nočná viditeľnosť je vcelku dobrá, no skracuje sa. Začiatkom augusta je pozorovateľný od zotmenia, zapadá dve hodiny po polnoci, koncom septembra však už dve hodiny pred polnocou. Zmenu rýchlosti jeho vlastného pohybu po oblohe si môžeme dobre všimnúť od polovice augusta v ďalekohľade porovnaním s polohou hviezd ν^1 a ν^2 Sgr (5 mag), popod ktoré prejde necelý polstupeň a pred koncom septembra s hviezdou SAO 187469 (5,9 mag), od ktorej bude 25. 9. len 2' severne. Už malým ďalekohľadom uvidíme jeho štyri najjasnejšie mesiace a pri väčšom zväčšení sa môžeme pokochať jeho nádhernými oblačnými pásmi i červenou škvrnou. Jeho uhlový priemer sa zmenší zo 47 na 40". Nakoľko sa nachádza na pozadí Mliečnej cesty, za jasných bezmesačných nocí bude, ďaleko od rušivého osvetlenia, pohľad na túto planétu voľným okom uchvacujúci.

13. 8. bude v pomerne nevýraznej konjunkcii s Mesiacom pred splnom, najbližšie k sebe ich uvidíme krátko po ich východe, nakoľko minimálna vzdialenosť nastane ešte počas dňa pod obzorom. Lepšie podmienky z hľadiska fázy Mesiaca aj času konjunkcie nastanú 10. 9. Pred západom Mesiaca si všimnite pri jeho severnom okraji peknú, jasnú hviezdičku σ Sgr (2 mag).

Saturn (0,8 – 1,0 mag) v Levovi má podpriemerné podmienky viditeľnosti, nakoľko 4. 9. je v konjunkcii so Slnkom. Začiatkom augusta ho nájdeme na večernej oblohe, zapadá po 20. hodine počas nautického súmraku. Jeho večerná viditeľnosť sa však skracuje, v polovici mesiaca zapadne krátko po občianskom súmraku a v polovici poslednej dekády sa definitívne stratí na presvetlenej oblohe. Ráno sa ho môžeme pokúsiť nájsť už koncom prvej septembrovej dekády, jeho viditeľnosť ráno sa však rýchlo zlepšuje, v polovici mesiaca je na konci nautického súmraku vo výške 3°, no na konci septembra už vychádza 3,5 hodiny po polnoci a ráno bude pekným objektom nad východným obzorom.

Jeho prstence sa uzatvárajú, Cassiniho delenie bude pozorovateľné stále ťažšie.

Priblíženie k Mesiacu 3. 8. bude ešte na presvetlenej oblohe, a obe telesá už budú večer od seba pomerne ďaleko, keďže konjunkcia nastáva už dopoludnia.

Skvelá konjunkcia s Venušou bude síce tiež za súmraku, no blízkosť oboch telies robí toto zoskupenie veľmi zaujímavým. Konjunkciu s Merkúrom sme už opísali, a tak nám pre úplnosť zostáva už len konjunkcia s Mesiacom 27. 9. Telesá síce veľmi blízko nebudú, no Mesiac bude tenký a aj tak žiadne krajšie zoskupenie k dispozícii nemáme... Vlastný pohyb si všimneme lepšie asi až koncom septembra, keď bude Saturn prechádzať severne od χ Leo (4,6 mag), najbližšie budú 25. 9., len 22'.

Urán (5,8 – 5,7 mag) vo Vodnárovi má dobré podmienky viditeľnosti. Vychádza už pred 21. hodinou a jeho viditeľnosť sa zlepšuje, nakoľko 13. 9. je v opozícii. 12. 9. je Urán k Zemi najbližšie (19,09 AU) a jeho uhlový priemer bude 3,7", čo je na rozlíšenie malého kotúčika dostatočné. Po opozícii sa jeho viditeľnosť trošku skráti a bude zapadať v skorých ranných hodinách. 8. 8. bude 8' severne od hviezdy SAO 146752 (6,5 mag, spektrálny typ F8), a tak si môžeme porovnať vzhľad oboch týchto objektov v ďalekohľade. Za dobrých pozorovacích podmienok sa ho môžeme pokúsiť nájsť aj voľným okom pomocou vhodnej mapky pod pravým obrazcom Ryb. Jasnosť má dostatočnú, trošku problém môžeme mať s jeho identifikáciou...

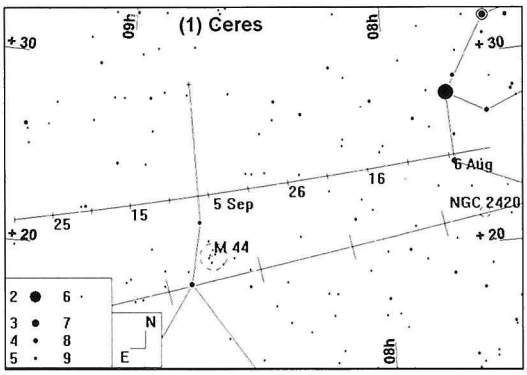
Vzhľadom na to, že je v okolí opozície, málo zaujímavé sú aj jeho konjunkcie s Mesiacom, ktorý je vždy vo veľkej fáze. Konjunkcie nastávajú 18. 8. a 15. 9.

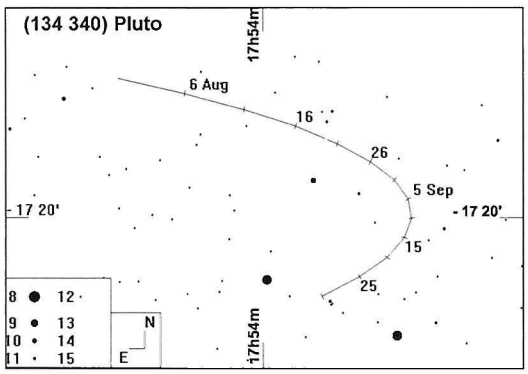
Neptún (7,8 – 7,9 mag) v Kozorožcovi má podobné podmienky viditeľnosti ako Urán, nachádza sa však na oblohe asi 30° západnejšie, vychádza a zapadá teda skôr. V opozícii bude 15. 8., a tak toto obdobie je ideálne na jeho pozorovanie. Nakoľko má však zápornú deklináciu, aj pri kulminácii sa dostáva len necelých 30° nad obzor.

Najbližšie k Zemi (29,025 AU) bude deň pred opozíciou a vtedy jeho uhlový priemer bude 2,35", vo výkonnejšom ďalekohľade ho už teda budeme vnímať ako malú plôšku. 5. 8. prejde len 9' južne od hviezdy 42 Cap (5,2 mag).

S konjunkciami s Mesiacom je to podobne ako u Uránu čo sa týka fázy Mesiaca. 16. 8. nastane ich tesná konjunkcia, dokonca zákryt. Vstup za Mesiac v splne však nastane ešte počas dňa a pri výstupe už bude len vo výške 4° a Slnko len –4° pod obzorom. Ďalšia tesná konjunkcia (0,4°) 13. 9. nastáva ešte pod obzorom...

Trpasličie planéty a Plutoidy





(1) Ceres (8,7 – 8,8 mag) sa presunie priamym smerom z Blížencov cez Raka do Leva a lepšie podmienky na jej pozorovanie nastanú až po polovici augusta, keď sa uhlovo dostatočne vzdiali od Slnka.

(134340) Pluto (14,1 – 14,2 mag) v severozápadnej časti Strelca má vcelku dobré pozorovacie podmienky, kedže koncom júna bol v opozícii. Začiatkom augusta zapadá takmer dve hodiny po polnoci, koncom septembra už pred 22. Na oblohe nám opíše malý oblúčik, pretože 9. 9 je v zastávke a začne sa pohybovať východne. Na jeho identifikáciu budeme potrebovať dostatočne výkonný ďalekohľad a dobrú hviezdnu mapu. Azda najjednoduchšie je Pluto identifikovať na sérii fotografií exponovaných s odstupom niekoľkých dní, kde sa pekne prejaví vlastným pohybom. Svoju septembrovú púť ukončí medzi dvoma červenými hviezdami SAO 160893 (8,4 mag) a SAO 160886 (8,3 mag).

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
Efemerida (1) Ceres				
16. 8.	$08^h04.6^m$	+24°12,9'	8,8	25,4
21. 8.	$08^h13.9^m$	+23°56,0'	8,8	28,1
26. 8.	$08^h23.2^m$	+23°37,6'	8,8	30,8
31. 8.	$08^h32.3^m$	+23°18,1'	8,8	33,5
5. 9.	$08^h41.4^m$	+22°57,5'	8,8	36,2
10. 9.	$08^h50.4^m$	+22°35,9'	8,8	39,0
15. 9.	$08^h59.2^m$	+22°13,6'	8,8	41,7
20. 9.	$09^h08.0^m$	+21°50,7'	8,8	44,6
25. 9.	$09^h16.6^m$	+21°27,3'	8,8	47,4
30. 9.	$09^h25.0^m$	+21°03,7'	8,8	50,3
Efemerida (134 340) Pluto				
1. 8.	$17^h54.8^m$	–17°09,3'	14,1	139,3
6. 8.	$17^h54.4^m$	–17°10,5'	14,1	134,5
11. 8.	$17^h54.1^m$	–17°11,7'	14,1	129,7
16. 8.	$17^h53.8^m$	–17°13,0'	14,1	124,9
21. 8.	$17^h53.6^m$	–17°14,3'	14,1	120,1
26. 8.	$17^h53.4^m$	–17°15,7'	14,1	115,2
31. 8.	$17^h53.3^m$	–17°17,1'	14,1	110,4
5. 9.	$17^h53.2^m$	–17°18,5'	14,2	105,6
10. 9.	$17^h53.2^m$	–17°20,0'	14,2	100,8
15. 9.	$17^h53.2^m$	–17°21,5'	14,2	95,9
20. 9.	$17^h53.3^m$	–17°23,0'	14,2	91,1
25. 9.	$17^h53.5^m$	–17°24,5'	14,2	86,3
30. 9.	$17^h53.7^m$	–17°26,0'	14,2	81,4

Zákryty hviezd Mesiacom (august – september)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
13. 8.	20 35 43	D	26594	5,9	+53N	41	80	34
23. 8.	21 8 38	R	4854	4,0	+71N	276	–16	67
23. 8.	21 19 55	R	4875	7,0	+77S	244	–25	85
23. 8.	21 21 58	R	4900	6,3	+26S	193	–56	132
23. 8.	21 32 11	R	4889	6,7	+53N	294	–1	57
23. 8.	21 4 7	D	4911	3,0	–22S	145	26	–2
23. 8.	21 20 24	R	4911	3,0	+16S	183	–77	162
23. 8.	21 41 7	R	4912	6,8	+69S	236	–24	94
23. 8.	22 3 17	R	4940	6,6	+66S	233	–21	100
23. 8.	22 21 30	R	4964	6,6	+59S	227	–20	108
25. 8.	2 5 31	R	6427	6,9	+29S	204	–8	215
26. 8.	1 0 48	R	8177	7,0	+34S	216	–31	165
26. 8.	2 44 44	R	8322	7,0	+61S	244	31	121
8. 9.	18 31 24	D	24233	5,8	+43N	43	77	7
9. 9.	19 50 16	D	26009	6,3	+45N	38	53	8
20. 9.	2 33 52	D	4831	4,4	–53S	112	113	–66
20. 9.	3 34 42	R	4831	4,4	+53S	218	84	105
20. 9.	3 42 7	R	4829	5,6	+43N	302	99	–138
20. 9.	4 3 0	R	4857	5,8	+66S	231	87	53
20. 9.	4 3 49	R	4863	6,5	+58S	223	86	78
21. 9.	21 25 10	R	7268	6,5	+66S	244	–26	92
23. 9.	0 36 48	R	9923	6,9	+25N	341	105	–139
23. 9.	1 15 45	R	9958	6,6	+55N	311	62	1
23. 9.	2 59 32	R	10068	5,8	+76S	262	72	80
25. 9.	2 10 9	R	13439	6,7	+83N	293	26	47

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

Úplné zatmenie Slnka 1. 8. bude od nás pozorovateľné v celom priebehu len ako čiastočné v dopoludňajších hodinách. Väčšina expedícií za jeho úplnou fázou bude v Rusku a Mongolsku.

Čiastočné zatmenie Mesiaca 16. 8. bude viditeľné v celom priebehu, čiastočné zatmenie začína o 20:30 a končí o 23:44 SEČ.

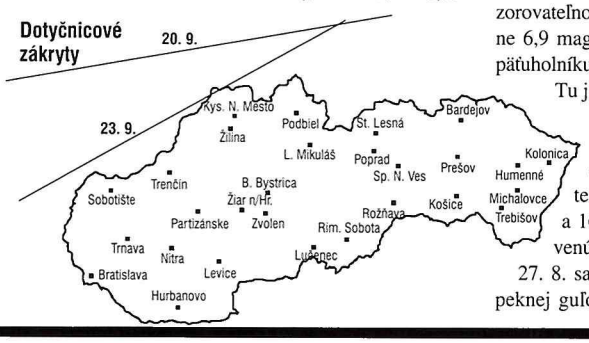
Podrobnejšie informácie o zatmeniach sú v samostatných príspevkoch na *33. strane*.

Zákryty

Totálnych zákrytov jasných hviezd je dostatok, sú v tabuľke.

Pri prvom pohľade na predpovede dotyčnicových zákrytov sa zdalo, že to budú bohaté mesiace, no pri podmienke jasnosti hviezdy aspoň 7 mag, výške Mesiaca minimálne 10° nad obzorom a presne toľko Slnko pod obzorom, z rozsiahleho zoznamu zostali len dva zákryty. A aj za tými musíme vycestovať k našim západným susedom. Podrobnosti sú v tabuľke (údaje sú pre Rimavskú Sobotu). Zákryt 20. 9. je dostatočne jasný, nastáva však na terminátore, no pozorovania budú cenné, nakoľko zákryt nastáva v Cassiniho regióne, kde sú údaje o výškovom profile známe len veľmi nedostatočne. Podrobnejšie predpovede nájdete na stránke www.astrors.sk.

dátum	hviezda	UT	mag	%	CA
20. 9.	ZC 541	19 39 33	3,9	73–	1,1D
23. 9.	ZC 1046	20 51 14	7,0	40–	3,0D



Asteroidy

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag
Efemerida asteroidu (4) Vesta			
1. 8.	$02^h38.1^m$	+07°12,9'	7,8
6. 8.	$02^h42.8^m$	+07°21,5'	7,8
11. 8.	$02^h47.0^m$	+07°27,3'	7,7
16. 8.	$02^h50.8^m$	+07°30,1'	7,6
21. 8.	$02^h54.0^m$	+07°29,9'	7,6
26. 8.	$02^h56.7^m$	+07°26,8'	7,5
31. 8.	$02^h58.8^m$	+07°20,6'	7,4
5. 9.	$03^h00.2^m$	+07°11,6'	7,3
10. 9.	$03^h00.9^m$	+06°59,7'	7,3
15. 9.	$03^h01.0^m$	+06°45,2'	7,2
20. 9.	$03^h00.3^m$	+06°28,2'	7,1
25. 9.	$02^h58.9^m$	+06°09,0'	7,0
30. 9.	$02^h56.8^m$	+05°47,9'	6,9
Efemerida asteroidu (11) Parthenope			
1. 8.	$21^h14.0^m$	–17°07,7'	9,0
6. 8.	$21^h09.6^m$	–17°41,7'	8,8
11. 8.	$21^h05.2^m$	–18°15,0'	8,9
16. 8.	$21^h01.0^m$	–18°46,6'	9,1
21. 8.	$20^h57.0^m$	–19°15,8'	9,3
26. 8.	$20^h53.4^m$	–19°41,9'	9,4
31. 8.	$20^h50.4^m$	–20°04,4'	9,5
5. 9.	$20^h48.1^m$	–20°22,9'	9,7
10. 9.	$20^h46.6^m$	–20°37,3'	9,8
15. 9.	$20^h45.8^m$	–20°47,6'	9,9
20. 9.	$20^h45.8^m$	–20°53,8'	10,0
25. 9.	$20^h46.6^m$	–20°56,0'	10,1
30. 9.	$20^h48.2^m$	–20°54,4'	10,3

V opozícii do 11 mag budú: (11) Parthenope (6.8.; 8,8 mag), (287)Nephthys. (7.8.; 10,8 mag), (128) Nemesis (7.8.; 10,9 mag), (79) Eurynome (22.8.; 10,5 mag), (43) Ariadne (5.9.; 9,8 mag), (306) Unitas (5.9.; 10,9 mag), (130) Elektra (6.9.; 10,5 mag), (216) Kleopatra (8.9.; 10,0 mag), (52) Europa (23.9.; 10,8 mag).

Najjasnejším asteroidom na oblohe počas týchto dvoch mesiacov bude (4) Vesta, ktorej podmienky pozorovateľnosti sa zlepšujú a koncom septembra dosiahne 6,9 mag. Pohybovať sa bude v charakteristickom päťuholníku hlavy Veľryby, kde opíše elegantný oblúk.

Tu je niekoľko tipov na zaujímavé zoskupenia:

Kleopatra bude 14. 9. 23' od zaujímavej špirálovej galaxie NGC 7479 (11,6 mag) a to by mohlo inšpirovať majiteľov vhodnej techniky na získanie zaujímavých záberov a 16. 9. prejde (306) Unitas tesne popod červenú hviezdu τ^2 Aqr (4,0 mag).

27. 8. sa (130) Elektra priblíži k malej, slabej, no peknej guľovej hviezdokopy NGC 7492 (11,3 mag)

Tabuľky východov a západov (august – september)

Slnko

			Súmrak					
			Astronomický		Nautický		Občiansky	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 8.	4:15	19:17	3:39	19:53	2:51	20:40	1:52	21:39
6. 8.	4:22	19:09	3:46	19:45	3:00	20:30	2:05	21:25
11. 8.	4:28	19:01	3:54	19:36	3:09	20:20	2:17	21:11
16. 8.	4:35	18:52	4:01	19:26	3:18	20:09	2:29	20:57
21. 8.	4:42	18:43	4:09	19:16	3:27	19:58	2:40	20:44
26. 8.	4:49	18:33	4:16	19:06	3:36	19:47	2:51	20:30
31. 8.	4:56	18:23	4:23	18:56	3:44	19:35	3:01	20:17
5. 9.	5:03	18:13	4:31	18:45	3:52	19:24	3:11	20:05
10. 9.	5:10	18:03	4:38	18:34	4:00	19:12	3:20	19:52
15. 9.	5:17	17:52	4:45	18:23	4:08	19:01	3:29	19:40
20. 9.	5:24	17:42	4:53	18:13	4:16	18:50	3:38	19:28
25. 9.	5:31	17:31	5:00	18:02	4:23	18:39	3:46	19:16
30. 9.	5:38	17:21	5:07	17:52	4:30	18:28	3:54	19:05

Mesiac

	Východ	Západ
1. 8.	3:54	19:24
6. 8.	10:22	20:50
11. 8.	15:57	23:22
16. 8.	18:41	3:49
21. 8.	20:08	10:07
26. 8.		16:14
31. 8.	5:33	18:23
5. 9.	11:37	19:59
10. 9.	15:57	
15. 9.	17:37	5:14
20. 9.	19:51	11:59
25. 9.	0:36	15:52
30. 9.	6:55	17:18

Jupiter

	Východ	Západ
1. 8.	17:50	2:14
6. 8.	17:29	1:53
11. 8.	17:08	1:31
16. 8.	16:46	1:09
21. 8.	16:26	0:48
26. 8.	16:05	0:27
31. 8.	15:45	0:06
5. 9.	15:25	23:42
10. 9.	15:06	23:23
15. 9.	14:46	23:03
20. 9.	14:27	22:44
25. 9.	14:08	22:26
30. 9.	13:50	22:08

Merkúr

	Východ	Západ
1. 8.	4:24	19:35
6. 8.	5:01	19:38
11. 8.	5:35	19:36
16. 8.	6:05	19:31
21. 8.	6:32	19:23
26. 8.	6:55	19:14
31. 8.	7:16	19:03
5. 9.	7:33	18:51
10. 9.	7:45	18:37
15. 9.	7:51	18:22
20. 9.	7:49	18:05
25. 9.	7:35	17:45
30. 9.	7:02	17:23

Saturn

	Východ	Západ
1. 8.	6:49	20:27
6. 8.	6:32	20:09
11. 8.	6:16	19:51
16. 8.	6:00	19:32
21. 8.	5:44	19:14
26. 8.	5:28	18:55
31. 8.	5:12	18:37
5. 9.	4:55	18:18
10. 9.	4:39	18:00
15. 9.	4:22	17:42
20. 9.	4:06	17:23
25. 9.	3:50	17:05
30. 9.	3:34	16:46

Venuša

	Východ	Západ
1. 8.	5:33	19:59
6. 8.	5:47	19:53
11. 8.	6:02	19:45
16. 8.	6:16	19:37
21. 8.	6:30	19:29
26. 8.	6:45	19:20
31. 8.	6:59	19:11
5. 9.	7:13	19:02
10. 9.	7:27	18:53
15. 9.	7:42	18:44
20. 9.	7:56	18:35
25. 9.	8:10	18:27
30. 9.	8:25	18:20

Urán

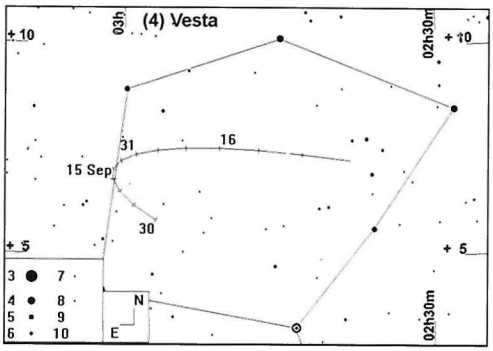
	Východ	Západ
1. 8.	20:43	8:17
6. 8.	20:23	7:57
11. 8.	20:03	7:37
16. 8.	19:44	7:16
21. 8.	19:24	6:55
26. 8.	19:03	6:35
31. 8.	18:43	6:14
5. 9.	18:23	5:53
10. 9.	18:03	5:33
15. 9.	17:44	5:12
20. 9.	17:24	4:51
25. 9.	17:03	4:30
30. 9.	16:43	4:10

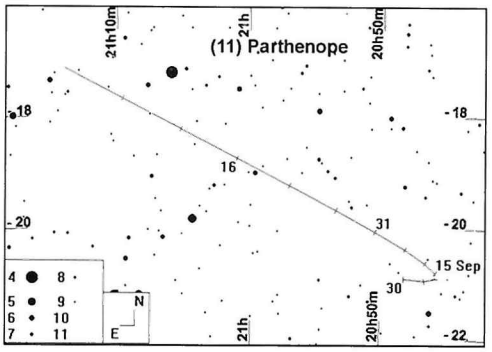
Mars

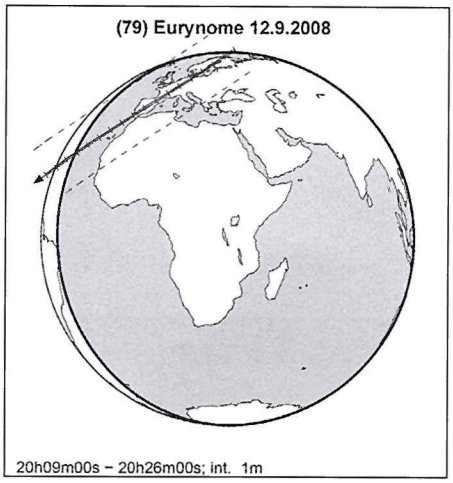
	Východ	Západ
1. 8.	7:51	20:44
6. 8.	7:49	20:30
11. 8.	7:46	20:16
16. 8.	7:44	20:02
21. 8.	7:42	19:48
26. 8.	7:40	19:34
31. 8.	7:38	19:20
5. 9.	7:36	19:06
10. 9.	7:34	18:52
15. 9.	7:32	18:39
20. 9.	7:31	18:25
25. 9.	7:30	18:12
30. 9.	7:28	17:59

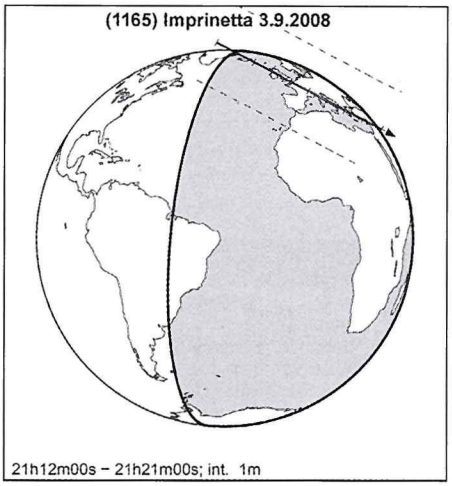
Neptún

	Východ	Západ
1. 8.	19:42	5:40
6. 8.	19:22	5:20
11. 8.	19:02	4:59
16. 8.	18:42	4:39
21. 8.	18:22	4:18
26. 8.	18:02	3:58
31. 8.	17:42	3:38
5. 9.	17:22	3:17
10. 9.	17:02	2:57
15. 9.	16:42	2:36
20. 9.	16:22	2:16
25. 9.	16:02	1:56
30. 9.	15:43	1:36









a 5. 9. ráno sa (52) Europa bude nachádzať necelý polstupeň v blízkosti skupiny slabých galaxií vo Veľrybe (NGC 47, NGC 50).

Nominálne predpovede E. Goffina nie sú pre naše územie najpriaznivejšie, tiene sú ďaleko a tak azda najperspektívnejšie sú len dva zákryty, ktoré sú v tabuľke.

Upresnenia predpovedí pre tieto cenné pozorovania sú na stránke http://astrosurf.com/eaon/.

dátum	UT	asteroid	hviezda	mag	trv.[s]	Δ [mag]
3.9.	21,3	(1165) Imprinetta	TYC 5095 794	9,8	5	5,1
12.9.	20,3	(79) Eurynome	TYC 5222 89	8,9	9	2

Kométy

Jasnejších komét, pod 12 mag je na oblohe niekoľko, no najjasnejšou je hneď začiatkom augusta Boattini.

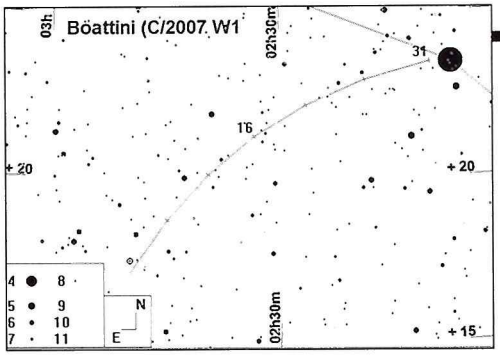
Boattini (C/2007 W1) bola objavená 20. 11. 2007 ako objekt 18 mag (A. Boattini, Mt. Lemmon Survey), a aj keď už má svoje najjasnejšie obdobie za sebou, veď v júni bola viditeľná na južnej oblohe dokonca voľným okom – priebeh jasnosti je na obrázku (Yoshida). 1. septembra prejde tesne ponad Hamal (α Ari, 2,0 mag).

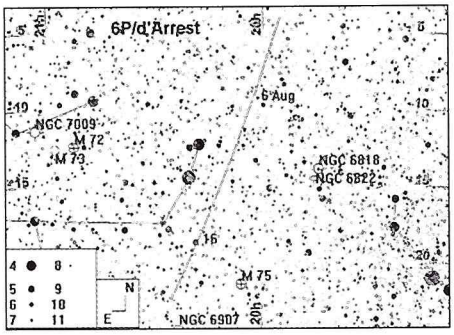
Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el
Efemerida kométy 6P/d'Arrest				
1. 8.	$19^h55,3^m$	–04°08,8'	10,7	161,4
6. 8.	$20^h01,6^m$	–08°45,6'	10,6	162,6
11. 8.	$20^h08,9^m$	–13°33,9'	10,5	161,7
16. 8.	$20^h17,4^m$	–18°20,1'	10,5	159,0
21. 8.	$20^h27,0^m$	–22°50,7'	10,6	155,1
Efemerida kométy Boattini (C/2007 W1)				
1. 8.	$02^h49,3^m$	+17°06,0'	8,4	84,0
6. 8.	$02^h44,5^m$	+18°43,4'	8,7	89,4
11. 8.	$02^h39,3^m$	+20°06,6'	9,1	94,9
16. 8.	$02^h33,3^m$	+21°16,5'	9,4	100,6
21. 8.	$02^h26,5^m$	+22°13,5'	9,7	106,6
26. 8.	$02^h18,7^m$	+22°57,6'	10,0	112,7
31. 8.	$02^h10,0^m$	+23°28,4'	10,2	119,1
5. 9.	$02^h00,6^m$	+23°46,0'	10,5	125,6
10. 9.	$01^h50,5^m$	+23°50,6'	10,8	132,3
15. 9.	$01^h40,2^m$	+23°42,7'	11,1	138,9
20. 9.	$01^h29,9^m$	+23°23,6'	11,3	145,5
25. 9.	$01^h19,9^m$	+22°54,9'	11,6	151,9
30. 9.	$01^h10,5^m$	+22°18,6'	11,9	157,7
Efemerida kométy 19P/Borrelly				
1. 8.	$06^h37,4^m$	+23°30,0'	9,5	30,4
6. 8.	$06^h54,9^m$	+24°27,8'	9,5	31,3
11. 8.	$07^h12,6^m$	+25°18,8'	9,6	32,3
16. 8.	$07^h30,2^m$	+26°03,1'	9,7	33,4
21. 8.	$07^h47,9^m$	+26°40,5'	9,8	34,5
26. 8.	$08^h05,6^m$	+27°11,1'	9,9	35,8
31. 8.	$08^h23,2^m$	+27°35,2'	10,0	37,0
5. 9.	$08^h40,6^m$	+27°53,0'	10,1	38,4
10. 9.	$08^h57,8^m$	+28°05,1'	10,3	39,8
15. 9.	$09^h14,7^m$	+28°11,7'	10,5	41,3
20. 9.	$09^h31,3^m$	+28°13,6'	10,6	42,8
25. 9.	$09^h47,6^m$	+28°11,2'	10,8	44,4
30. 9.	$10^h03,5^m$	+28°05,3'	11,0	46,1
Efemerida kométy Broughton (C/2006 OF2)				
21. 8.	$04^h15,9^m$	+51°57,3'	11,3	78,3
26. 8.	$04^h28,7^m$	+52°57,3'	11,3	80,4
31. 8.	$04^h41,5^m$	+53°53,6'	11,2	82,5
5. 9.	$04^h54,2^m$	+54°46,1'	11,2	84,7
10. 9.	$05^h06,7^m$	+55°34,9'	11,1	87,0
15. 9.	$05^h19,0^m$	+56°19,9'	11,1	89,3
20. 9.	$05^h30,9^m$	+57°01,2'	11,1	91,7
25. 9.	$05^h42,4^m$	+57°39,1'	11,0	94,2
30. 9.	$05^h53,3^m$	+58°13,6'	11,0	96,7

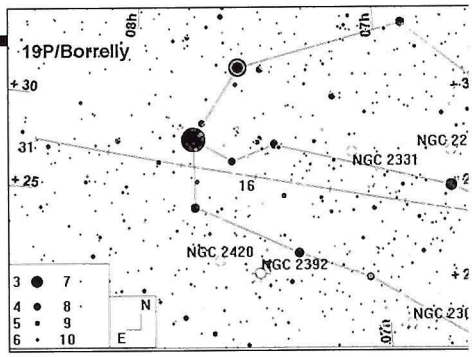
6P/d'Arrest sa pohybuje južným smerom a tak jej pozorovania budú obtiažnejšie. V polovici augusta pri kulminácii bude mať výšku nad obzorom 23°.

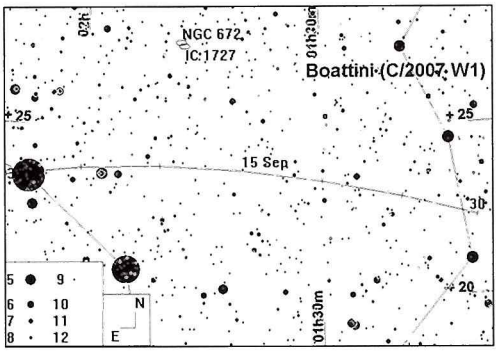
19P/Borrelly je na začiatku tohto obdobia relatívne jasná, počas dvoch mesiacov však zoslabne o 1,5 mag, no geometrické podmienky jej viditeľnosti sa budú zlepšovať. Presunie sa na rannej oblohe z Blížencov cez Raka a Leva. 20. 8. bude 1,4° pod Castorom a 6. 9. 0,8° nad dvojhviezdou ι Cnc (4,0 + 6,0 mag)

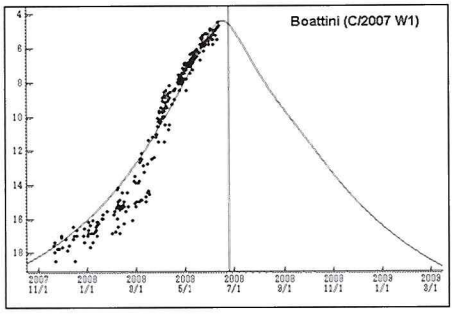
Broughton (C/2006 OF2) síce jasnosťou nijako nevyniká, no keďže je počas celého obdobia cirkumpolárna, s jej pozorovaním by pri použití vhodného prístroja problémy byť nemali.

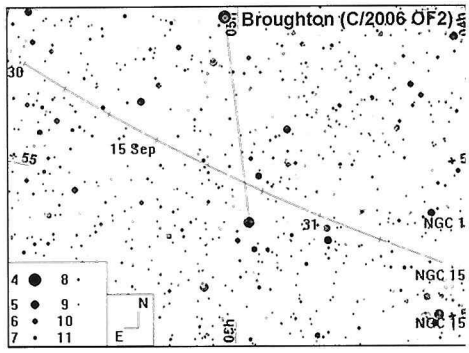












Meteory

Druhá polovica prázdnin býva v znamení meteorických expedícií, ktorých termín bude tohto roku pravdepodobne trošku posunutý, nakoľko počas obľúbených Perzeíd bude v druhej polovici noci rušiť Mesiac, ktorý je 16. 8. v splne. Začiatkom augusta, za veľmi dobrých pozorovacích podmienok doznieva aktivita rojov, ktoré mali maximum koncom júla a zároveň sa slušne rozbieha aktivita Perzeíd.

Tradičné maximum Perzeíd má predpovedané maximum 12. 8. o 17,4 SEČ. Perzeidy majú niekoľko maxím, a tak zapálených pozorovateľov by nemalo odradiť ani čiastočné rušenie svitom Mesiaca a mali by pozorovať niekoľko dní okolo maxima.

Meteorické roje (august – september)

Roj	Aktivita	Max.	λ_S [°]	α [°]	δ [°]	v [km/s]	r	ZHR
anthelionový zdroj (ANT)	26. 11. – 24. 9.					30	3	3
Piscis Austrinidy (PAU)	15. 7. – 10. 8.	27. 7.	125°	341°	–30°	35	3	5
južné δ Akvaridy (SDA)	12. 7. – 19. 8.	27. 7.	125°	339°	–16°	41	3	20
α Kaprikornidy (CAP)	3. 7. – 15. 8.	29. 7.	127°	307°	–10°	23	3	4
Perzeidy (PER)*	17. 7. – 24. 8.	12. 8.	140°0	46°	+58°	59	3	100
κ Cygnidy (KCG)	3. 8. – 25. 8.	17. 8.	145°	286°	+59°	25	3	3
α Aurigidy (AUR)	25. 8. – 8. 9.	31. 8.	158°6	84°	+42°	66	3	7
septembrové Perzeidy (SPE)	5. 9. – 17. 9.	9. 9.	166°7	60°	+47°	64	3	5
δ Aurigidy (DAU)	18. 9. – 10. 10.	3. 10.	191°	88°	+49°	64	3	3

Málo aktívne κ Cygnidy budú zanikať na prežiarenej oblohe, no ideálne podmienky sú počas α Aurigíd, ktorých maximum by malo nastať 31. 8. o 20. hod. Septembrové Perzeidy sú na tom podobne, čo sa týka Mesiaca, ako tie augustové, maximum je predpovedané na 9. 9. o 4 hod.

PAVOL RAPAVÝ

Kalendár úkazov a výročí (august – september)

1. 8. 10,9 maximum čiastočného zatmenia Slnka
1. 8. 11,2 Mesiac v nove
1. 8. 190. výročie (1818) narodenia M. Mitchellovej
2. 8. 90.výročie (1918) narodenia G. Bakoša
2. 8. 12,5 Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 2,7° severne)
2. 8. 75. výročie (1933) narodenia L. Valacha
2. 8. 14,4 Merkúr v prízemí (1,34812 AU)
3. 8. 9,9 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 3,8° severne)
4. 8. 8,2 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 3,9° severne)
5. 8. 150. výročie (1858) narodenia A. H. Kobolda
6. 8. 22,6 asteroid (11) Parthenope v opozícii (8,8 mag)
7. 8. 15,8 asteroid (287) Nephthys v opozícii (10,8 mag)
7. 8. 17,8 asteroid (128) Nemesis v opozícii (10,9 mag)
8. 8. 30. výročie (1978) štartu sondy Pioneer Venus 2
8. 8. 21,3 Mesiac v prvej štvrti
10. 8. 21,3 Mesiac v odzemí (404 558 km)
12. 8. 30. výročie (1978) štartu družice ISEE-3 (ICE)
12. 8. 17,4 maximum meteorického roja Perzeidy (ZHR 100)
13. 8. 17,9 Venuša v konjunkcii so Saturnom (Venuša 0,2° južne)
13. 8. 14,1 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,4° severne)
14. 8. 23,3 Neptún v prízemí (29,02412 AU)
15. 8. 20,3 Merkúr v konjunkcii so Saturnom (Merkúr 0,6° južne)
15. 8. 8,8 Neptún v opozícii
16. 8. 18,9 Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,2° severne)
16. 8. 22,3 Mesiac v splne (čiastočné zatmenie Mesiaca)
17. 8. maximum meteorického roja κ Cygnidy (ZHR 3)
18. 8. 23,0 Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 2,9° južne)
19. 9. 125. výročie (1883) narodenia L. A. Kulika
20. 8. 100. výročie (1908) narodenia N. A. Kozyreva
20. 8. 22,2 Merkúr v konjunkcii s Venušou (Merkúr 0,9° južne)
22. 8. 8,2 asteroid (79) Eurynome v opozícii (10,5 mag)
24. 8. 0,8 Mesiac v poslednej štvrti
25. 8. 5. výročie (2003) štartu Spitzer Space Telescope
26. 8. 5,0 Mesiac v prízemí (368 697 km)
26. 8. 280. výročie (1728) narodenia L. H. Lamberta
28. 8. 15. výročie (1993) obletu asteroidu Ida+Daktyl
30. 8. 21,0 Mesiac v nove
31. 8. 20,0 maximum meteorického roja α Aurigidy (ZHR 7)
1. 9. 22,7 Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 3,4° severne)
1. 9. 14,5 Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 5,6° severne)
2. 9. 3,9 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 4,9° severne)
2. 9. 100. výročie (1908) narodenia V. P. Gluška
3. 9. 17,0 Merkúr v odslní (0,4667 AU)
4. 9. 3,0 Saturn v konjunkcii so Slnkom (Saturn 1,7° severne)
4. 9. 7,4 Saturn v prízemí (10,34121 AU)
5. 9. 8,2 asteroid (43) Ariadne v opozícii (9,8 mag)
5. 9. 10,6 asteroid (306) Unitas v opozícii (10,9 mag)
6. 9. 13,0 asteroid (130) Elektra v opozícii (10,5 mag)
7. 9. 4,8 Merkúr v konjunkcii Mars Merkúr 2,5° južne)
7. 9. 16,0 Mesiac v odzemí (404 213 km)
8. 9. 4,4 Jupiter v zastávke, začína sa pohybovať priamo
8. 9. 20,2 asteroid (216) Kleopatra v opozícii (10,0 mag)
9. 9. 4,4 maximum meteorického roja septembrové Perzeidy (ZHR 5)
9. 9. 6,6 Pluto v zastávke
9. 9. 140. výročie narodenia J. Novotného
9. 9. 30. výročie (1978) štartu Venery 11
10. 9. 0,8 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 3,3° severne)
11. 9. 5,3 Merkúr v najväčšej východnej elongácii (26,9°)
12. 9. 18,9 Merkúr v konjunkcii s Venušou (Merkúr 3,6° južne)
12. 9. 3,5 Venuša v konjunkcii s Marsom (Venuša 0,3° severne)
12. 9. 7,6 Urán v prízemí (19,0922 AU)
13. 9. 4,1 Neptún v konjunkcii s Mesiacom (Neptún 0,4° južne)
13. 9. 3,3 Urán v opozícii
14. 9. 30. výročie (1978) štartu Venery 12
14. 9. 40. výročie (1968) štartu sondy Zond 5
15. 9. 7,2 Urán v konjunkcii s Mesiacom (Urán 3,2° južne)
15. 9. 10,2 Mesiac v splne
18. 9. 100. výročie narodenia V. A. Ambarcumjana
20. 9. 4,5 Mesiac v prízemí (368 890 km)
22. 9. 16,7 jesenná rovnodennosť
22. 9. 6,1 Mesiac v poslednej štvrti
23. 9. 1,9 Merkúr v konjunkcii Marsom (Merkúr 4,1° južne)
23. 9. 5,8 asteroid (52) Europa v opozícii (10,8 mag)
24. 9. 6,3 Merkúr v zastávke, začína sa pohybovat spätne
24. 9. 110. výročie narodenia Ch.E. Moore Sitterlyovej
26. 9. 130. výročie narodenia F. N. Krasovského
27. 9. 90. výročie narodenia sira M. Rylea
27. 9. 5. výročie (2003) štartu sondy SMART-1
27. 9. 17,7 Saturn v konjunkcii s Mesiacom (Saturn 5,0° severne)
29. 9. 9,2 Mesiac v nove
30. 9. 9,7 Merkúr v konjunkcii s Mesiacom (Merkúr 1,6° severne)
1. 10. 1,1 Mars v konjunkcii s Mesiacom (Mars 5,4° severne)
1. 10. 50. výročie (1958) založenia NASA
2. 10. 0,7 Venuša v konjunkcii s Mesiacom (Venuša 5,3° severne)
5. 10. 0,8 Merkúr v prízemí (0,65662 AU)
5. 10. 11,6 Mesiac v odzemí (404 718 km)
6. 10. 21,9 Merkúr v dolnej konjunkcii
7. 10. 8,0 Jupiter v konjunkcii s Mesiacom (Jupiter 2,9° severne)
7. 10. 10,1 Mesiac v prvej štvrti

Astronomická konferencia v Niepolomiciach

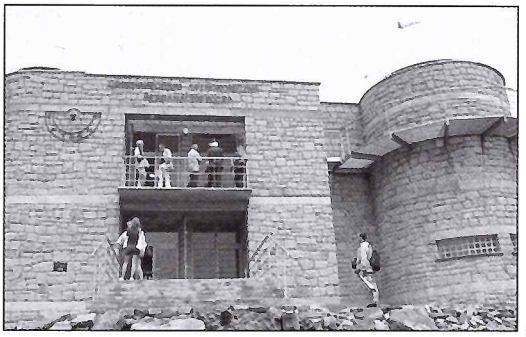
Z malého slnkom zaliateho námestia v Niepolomiciach sa rýchlo dostanete bočnou uličkou Mikuláša Koperníka do priestorov neveľkého astronomického observatória. Naša májová návšteva observatória nebola náhodná. V dňoch 15. – 17. mája 2008 sa tu konala medzinárodná konferencia **Astronómia XXI. storočia a jej výuka.** Konferenciu zorganizovali Polske towarzystwo Astronomiczne, Polske towarzystwo milosnikow astronomii a Mlodziezowe obserwatorium astronomiczne v Niepolomiciach pri príležitosti blížiacich sa osláv Medzinárodného roka astronómie 2009 v priestoroch kráľovského zámku.

Na konferencii sa zúčastnila 10-členná delegácia z východného Slovenska, pod vedením zástupcov pracovísk Hvezdáreň a planetárium v Prešove (R. Kolivošková), Vihorlatská hvezdáreň v Humennom (I. Kudzej) a Hvezdáreň Roztoky (D. Baluďanský). Tento výber nie je náhodný, ale vychádza z viacročnej spolupráce, ktorá má za sebou už niekoľko cezhraničných projektov zameraných na mládežnícke výmeny. Aj preto boli súčasťou slovenskej delegácie študenti, ktorí úspešne súťažili v súťaži Čo vieš o hviezdach. Niektorí sa tiež aktívne zúčastňovali na astropraktikách a expedíciách, ktoré organizuje Vihorlatská hvezdáreň na observatóriu na Kolonickom sedle. Podobne z Ukrajiny sa zúčastnili študenti z astronomického krúžku pri Astronomickom observatóriu Odesskej Národnej Univerzity.

Program konferencie bol doslova „prehustený" množstvom prednášok, ktoré prezentovali významní poľskí astronómovia. Odzneli prednášky Mikolajevského o pozorovaní gravitačných šošoviek, Boženy Czernej o „pozorovaní" čiernych dier, príspevky o výskume pásov planetoidov a robotickej prehliadke PLANET/Robonet, zameranej na vyhľadávanie extrasolárnych planét o malých hmotnostiach.

Výuka astronómie na Slovensku bola predstavená v príspevku Vihorlatskej hvezdárne v Humennom. I. Kudzej najprv predstavil prístrojovú a infraštruktúrnu bázu na Astronomickom observatóriu na Kolonickom sedle. Na to nadviazal P. Dubovský informáciou o priebehu projektu „Vesmír v priamom prenose" realizovanom s podporou Agentúry na podporu vedy a výskumu.

Účastníci navštívili aj 50 kilometrov vzdialenú



Observatórium na hore Lubomirz.

obec Weglowka, kde na hore Lubomirz v nadmorskej výške približne 1000 m bolo v priebehu jedného roka vybudované a v roku 2007 odovzdané novučičké astronomické obseravatórium. Budova je veľmi vkusne obložená kameňom, aby tak zapadla do prostredia vysoko v horách. Observatórium tu nebolo postavené náhodne. Z vrcholu hory Lubomirz boli objavené dve kométy: v roku 1925 Lucian Orkisz a v roku 1936 Wladyslaw Lis, ktorý bol obyvateľom Weglowki. Dodnes sú tieto dve kométy v erbe dediny Weglowka. V dvoch kupolách, 5- a 3-metrovej, budú onedlho umiestnené astronomické ďalekohľady.

V sobotu 17. mája opäť bolo doobedie vyplnené niekoľkými odbornými prednáškami, spomeňme najmä príspevok o kolíznych orbitách blízkozemných asteroidov, rádiogalaxiách a príspevok G. Seka „Školské slnečné observatórium – vzdelávací projekt".

Renáta Kolivošková
Hvezdáreň a planetárium v Prešove

Ocenenie z Atlanty

Slovenský gymnazista Ľubomír Urbančok uspel na americkej súťaži Intel – ISEF. Stalo sa tak v dňoch 14. – 16. 5, keď sa táto súťaž odohrávala v meste Atlanta, štát Georgia v USA. Ocenenie dostal za projekt z oblasti astronómie, v ktorom sa venoval štúdiu symbiotickej premennej hviezdy BF Cygni. Na tejto prevažne americkej súťaži s prívlastkom svetová tu súťažilo 1500 súťažiacich s asi 1000 projektmi. Umiestnilo sa len 6 Európanov a Ľubomír Urbančok bol jedným z nich so svojím štvrtým miestom. Stal sa tak aj prvým Slovákom, oceneným na tejto súťaži.

Urbančok nepatrí medzi neznámych. So svojím projektom už vyhral 19. ročník súťaže Európskej únie pre mladých vedcov, kde vyhral pozorovaciu stáž na ESO – astronomické observatórium v Čile. Astronómii sa venuje už od svojich 11 rokov a za ten čas si už prebral veľké množstvo národných i medzinárodných ocenení.

Okrem Ľubomíra Urbančoka sa na súťaži zúčastnili zo Slovenska aj ďalšie dva projekty. Z Košíc to boli súťažiace Viktória Soltészová a Annamária Šofranková, ako aj Martin Furman z Humenného.

P. Rapavý

Slnečná aktivita

(apríl – máj 2008)

Slnečná aktivita je v týchto mesiacoch stále nepatrná. Možno to vidieť aj na pripojenom grafe priebehov rôznych indexov.

Náš stĺpček využijeme dnes na krátku správu o zaujímavom podujatí. SÚH Hurbanovo usporiadala v dňoch 12. – 16. mája 2008 už 19. celoštátny slnečný seminár v krásnom prostredí Papradna, neďaleko Považskej Bystrice. Zúčastnili sa na ňom už tradične astronómi z celej bývalej Československej republiky. Bolo ich okolo 50 z rôznych oblastí výskumu spojeného so Slnkom, t. j. slnečných astronómov, špecialistov na kozmické žiarenie a geofyzikov. Priestor na prezentáciu svojej činnosti dostali všetci, od amatérov až po vrcholných profesionálov.

Podrobnú správu o špeciálnych aktualitách sa chystáme priniesť v niektorom z nasledujúcich čísel. Zatiaľ spomenieme iba niektoré zaujímavé príspevky.

Slnečné vnútro a prenos žiarenia predstavil v zaujímavom príspevku dr. Kučera.

Novinky výskumu slnečných škvŕn priniesli špecialisti z tohto oboru, dr. Sobotka a dr. Klvaňa. Zároveň nás informovali aj o **konštrukcii nových ďalekohľadov.** K staršej téme o **možnom vplyve polohy planét na úroveň slnečnej aktivity** sa vrátili dr. Bumba a dr. Mikula.

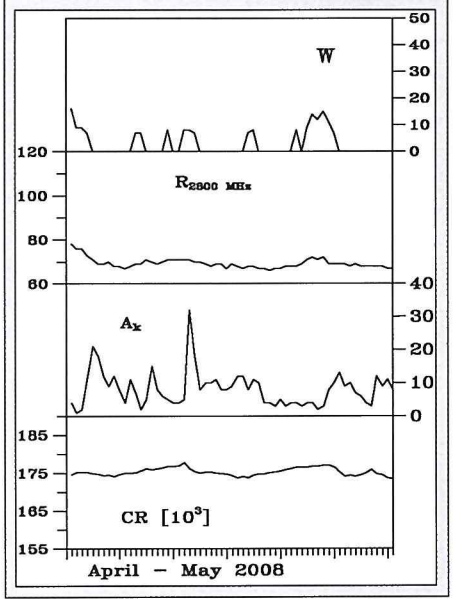
O **vlastnostiach heliosféry a modulácii kozmického žiarenia** referovali prof. Kudela, dr. Dorotovič a dr. Rybanský. Veľmi pekné boli referáty o **modelovaní slnečných erupcií** viacerých autorov z Ondřejova, ktoré predniesol dr. Bárta. Viacerí autori predniesli tiež **niektoré výsledky pozorovania koróny pri úplných zatmeniach Slnka.**

Niektoré referáty boli venované **metódam spracovania pozorovaní,** hlavne metóde vlnkovej transformácie. Niekoľko referátov bolo venovaných **geomagnetizmu a interdisciplinárnym témam.**

Prezentáciu činnosti hvezdární v Žiline a v Prešove priniesli dr. Znášik a Mgr. Ivan.

Počas seminára sa uskutočnila aj **prezentácia firiem, dodávajúcich astronomické prístroje,** menovite **DELTAS, KVANT a FaxCOPY.**

Milan Rybanský



Celoslovenský astronomický seminár pre učiteľov 2008

Projekt Agentúry pre podporu vedy a vývoja APVV LPP-0146 „Stretnutia s vesmírom" spolu s Astronomickým ústavom SAV v Tatranskej Lomnici organizujú **druhý astronomický seminár pre učiteľov základných a stredných škôl.** Podujatie sa uskutoční **2. – 4. októbra 2008** v budove Astronomického ústavu SAV na Starolesnianskych lúkach pri Tatranskej Lomnici a v neďalekom Kongresovom centre ACADEMIA.

Seminár je pripravovaný pre tých učiteľov základných a stredných škôl, ktorí by si radi rozšírili svoje astronomické vedomosti o najnovšie poznatky o vývoji Slnečnej sústavy, o slnečnej koróne a zatmeniach Slnka, o malých planétkach, ale i vzdialenejšom vesmíre – galaxiách a budúcnosti vesmíru ako celku. Prednášať budú väčšinou pracovníci Astronomického ústavu SAV. Vybraní účastníci seminára si prezrú priestory Astronomického ústavu v Starej Lesnej a, ak počasie dovolí, zúčastnia sa i na nočných pozorovaniach.

Všetky náklady (cestovné, ubytovanie, strava) pre maximálne 60 účastníkov seminára budú plne hradené projektom APVV LPP-0146 „Stretnutia s vesmírom", poskytnutým Agentúrou pre podporu vedy a vývoja. Formát podujatia bude rovnaký ako seminár organizovaný pred rokom v podobnom čase, a veľmi podobný tomu, ktorý bol využitý v roku 2004 pri vzdelávacom seminári pre prípravu na pozorovanie prechodu Venuše popred slnečný disk v rámci celoeurópskej akcie „Venus transit 2004".

Účastníci seminára obdržia po jeho skončení CD so súbormi všetkých prezentácií spolu so zborníkom prednášok. Ako sa zapojiť? Stačí vyplniť prihlášku nachádzajúcu sa na stránke seminára a zaslať ju organizátorom seminára.

Budeme veľmi radi, keď sa v októbri zase s vami – učiteľmi základných a stredných škôl, ktorí sú milovníkmi a propagátormi astronómie medzi svojimi žiakmi – znovu stretneme.

Web stránka seminára:
http://www.astro.sk/~choc/open/08_casu/str/

Ján Rybák, AsÚ SAV, choc@astro.sk

Expedícia na Hvezdáreň Roztoky

V dňoch 21. – 25. apríla 2008 sme usporiadali expedíciu na Hvezdáreň Roztoky v okrese Svidník pre členov nášho ATM (Astro Team Michalovce) zameranú hlavne na pozorovanie meteorov z rojov Lyridy a Bootidy. Na tejto jarnej expedícii sa zúčastnilo 5 členov ATM. Počasie nám tentoraz neprialo a tak sme zo 4 nocí mohli pozorovať len počas jedinej. Získali sme okolo 40 záznamov o meteoroch. Venovali sme sa aj príprave našich súťažiacich na krajské kolo súťaže „Čo vieš o hviezdach" a na celoštátne kolo astronomickej olympiády a to najmä počítaním príkladov a preberaním matematického aparátu a fyzikálnych základov potrebných pre astronomické výpočty. Urobili sme si prednášku o objektoch v jednotlivých súhvezdiach a o ďalekohľadoch a observatóriách. Aj cez deň bolo počasie zväčša nepriaznivé, preto sme mali len jeden deň možnosť kochať sa okolitou krásnou prírodou. Pozreli sme si nejaké filmy, sledovali sme TV, hrali sa šach i karty. Posledný večer sme mali aj táborák. Radi by sme sa tento rok na jeseň do Roztokov zasa vrátili na ďalšiu expedíciu.

RNDr. Zdeněk Komárek Hvezdáreň v Michalovciach

Kurz praktickej astronómie

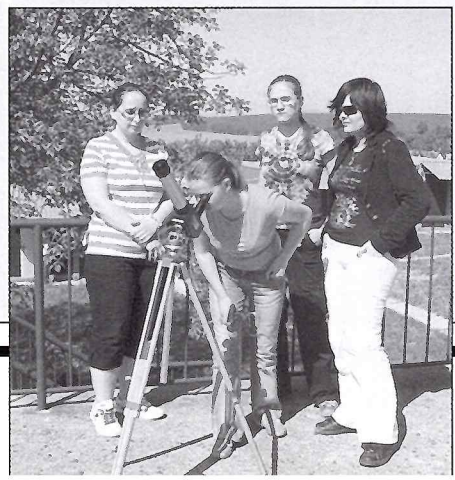
Anatómia Slnka – slnečná atmosféra

Už štvrté pokračovanie Kurzu praktickej astronómie sa konalo vo Hvezdárni Partizánske v dňoch 9. – 11. mája 2008. Tento kurz je pokračovateľom v minulosti obľúbeného kurzu brúsenia astronomických zrkadiel. Na akcii sa spolupodielal aj klub Stellar, ktorý pracuje pri hvezdárni.

V predchádzajúcich kurzoch, sme pozorovali meteory, zákryty a premenné hviezdy. Tento kurz bol v znamení Slnka, so zameraním na slnečnú atmosféru. Bol primárne určený členom astronomických krúžkov a aktívnym pozorovateľom z radov astronómov amatérov. Základom kurzu boli prednášky odborníkov v danej oblasti a následné praktické pozorovania. Hvezdáreň v Partizánskom vlastní dva chromosférické ďalekohľady, takže okrem klasického pozorovania fotosféry Slnka sme mohli účastníkom poskytnúť pozorovania zaujímavých úkazov v chromosfére.

Úvodnú prednášku mal Jaroslav Šimon. Predstavil združenie SOLAR v Senci. O skúsenostiach pri pozorovaní chromosférickým ďalekohľadom porozprával Kristián Molnár. Pútavou formou ukázali účastníkom kurzu, ako sa aj jednoduchými prístrojmi dajú pozorovať a zaznamenávať úkazy na Slnku. Počas noci sa pozorovali planéty, hviezdna obloha a objekty na nej. Pozorovanie čiastočne rušil Mesiac, ale počasie účastníkom prialo po celú noc.

Pozorovanie fotosféry v tomto období neprináša prekvapenia, pretože na Slnku nie sú pozorvateľné žiadne škvrny. Preto v sobotu už od rána boli v prevádzke obidva chromosférické ďalekohľady. Už aj malý ďalekohľad PST Coronado nám ukázal úžasné prejavy slnečnej aktivity vo forme protuberancií. Vo väčšom chromosféricom ďalekohľade 105/1200 sme mali možnosť pri vyššom zväčšení pozorovať detailnejšie štruktúry protuberancií, spikule a filamety. To si už potom mladí pozorovatelia pri prednáškach vedeli lepšie predstaviť aktívne procesy na Slnku.



Počas druhého dňa kurzu doobeda prednášal o slnečnej aktivite a kozmickom počasí RNDr. Ivan Dorotovič zo Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove. V jeho prednáške sa účastníci dozvedeli množstvo pútavých informácií o dejoch, ktoré prebiehajú na Slnku. Na záver nám ešte stihol porozprávať o svojom pôsobení v Portugalsku na univerzite v Coimbre.

Odpoludnie bolo okrem pozorovania Slnka vyplnené prednáškou Rudolfa Slošiara z Bojníc o pozorovaniach slnečnej aktivity v rádiovej oblasti.

Na večer bola pripravená tak trocha odpočinková prednáška Mgr. Petríka „Hľadanie života stále pokračuje". V nej sme sa dozvedeli o nových poznatkoch v hľadaní planetárnych systémov okolo iných hviezd, aby sme sa následne vrátili na našu Zem a počiatkom vzniku života na nej. Táto prednáška bola príjemným vyvrcholením kurzu, aj keď priamo nesúvisela s témou Slnka. Noc už tradične bola zameraná na pozorovanie ďalekohľadom, a dokonca fotografovanie hviezdnej oblohy, pričom sa niektorým podarilo nafotiť aj snímky s preletmi družice Irídium a ISS.

Ján Horňák

5. mája nám poslal Peter Delinčák pekný fotografiu zo súhvezdia Labut s nasledujúcim textom:
„Pozorovatelnosť súhvezdia Labut sa zlepšuje s približujúcim sa letom a tak Vám posielam prvú letnú lastovičku – fografiu hmloviny Severná Amerika (NGC 7000). Fotené prístrojom Canon 300 mm F4 + modifikovaný Canon 350D + UHC-S filter. Celková expozičný čas cca 2,5 hod pri ISO 1600.

CELESTRON

OMNI XLT SERIE

VSTÚPTE DO SVETA PROFESIONÁLNEJ ASTRONÓMIE

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

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

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

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

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

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

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

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

POZ
Na strane
nájdete výhe
pobytu
Lomnickom š
POZ

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

!!!! BONUS PRE VÁS: OKULÁR 9 ALEBO 6 MM GRÁTIS !!
ďalekohľad zakúpený u nás na predajni, alebo objednaný telefonicky a cez ishop vám doručíme na ľubovoľnú adresu v SR zadarm