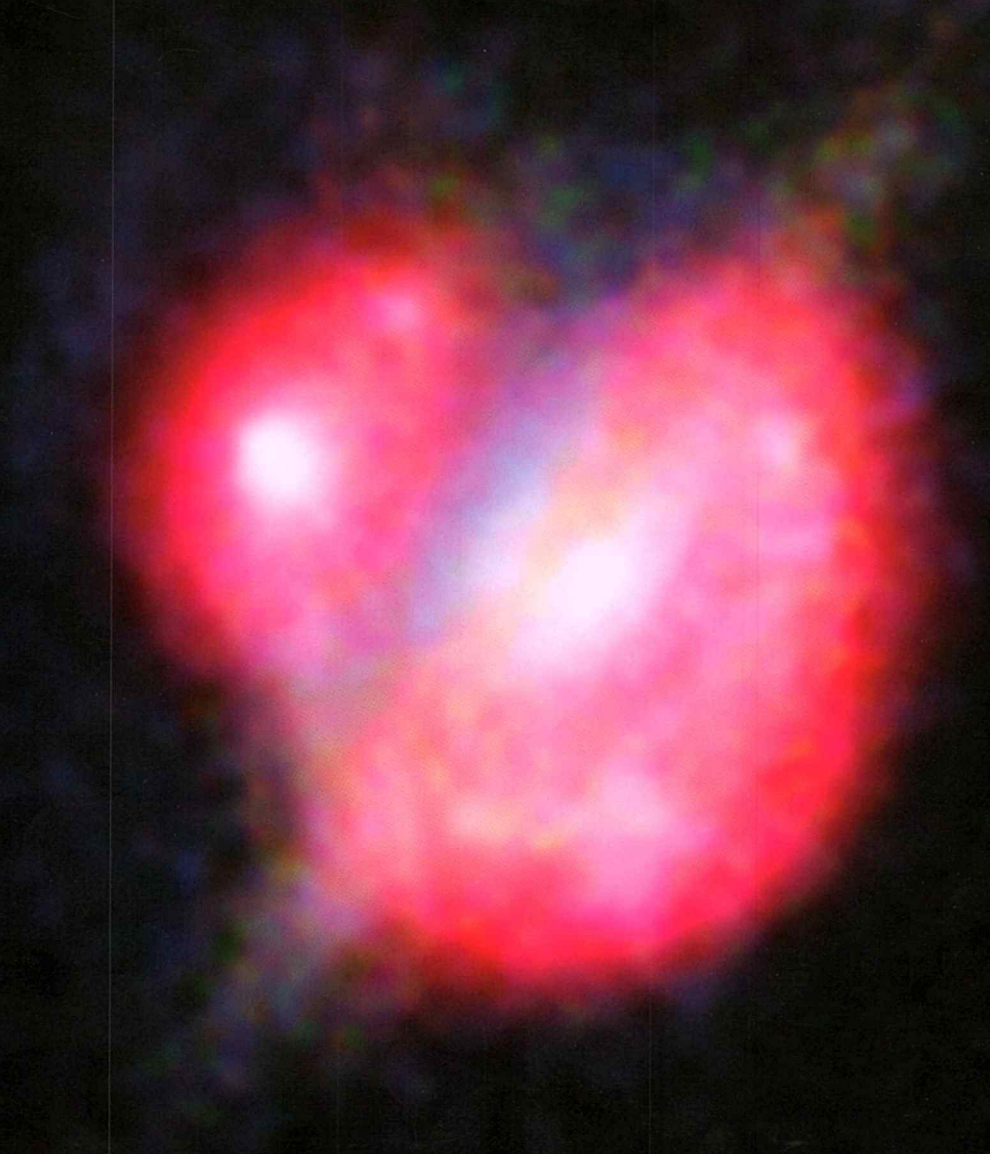
Číslo 6 * december 2014 – január 2015 * Ročník 45 * Cena 1,80 €

KOZMOS

Najdetailnejší obrázok kolízie dvoch galaxií



Mars One: poletia o 11 rokov na Červenú planétu prví marsonauti?

Zásobníky vody na Mesiaci

Čierne diery z praveku vesmíru

Spomalenie vzostupu globálnej teploty vzduchu?

Voda na Zemi je staršia

Astrochemici z University of Michigan skúmali podmienky v prachoplynovom disku, z ktorého sa sformovala naša Slnečná sústava. Zistili, že Zem i ostatné planéty, ktoré sa v disku sformovali, získali väčšinu vody z medzihviezdneho oblaku, v ktorom sa pred 4,6 miliardami rokov sformovalo aj naše Slnko, okolo ktorého krúžil protoplanetárny disk. Zo štúdie vyplýva, že najmenej polovica vody v oceánoch Zeme je staršia ako Slnko!

Vedci sú presvedčení, že medzihviezdna voda sa podieľala aj na vzniku iných planetárnych sústav.

Vieme, že husté medzihviezdne oblaky prachu a plynu obsahujú dostatok vody vo forme ľadu. Keď protohviezda, ktorá vznikne po kolapse oblaku, vygeneruje prvé svetlo, zohreje okolité oblaky a zaplaví ich žiarením, čo spôsobí vyparovanie ľadu i rozpad istého množstva molekúl vody na kyslík a vodík.

Donedávna vedci netušili, koľko „starej" vody sa na konci tohto procesu uchová. Ale aj keby sa väčšina molekúl H_2O rozpadla, voda by sa v mladej Slnečnej sústave mala opäť vytvárať. Ak v našej Slnečnej sústave boli také podmienky, platí to aj pre iné planetárne sústavy? Z niektorých údajov, získaných z extrasolárnych sústav totiž vyplýva, že niektoré sú „suché".

Ak však časť vody proces formovania hviezdy prežila, potom je voda všadeprítomnou prísadou v procese formovania planét.

Vedci namodelovali na počítači podmienky krátko po zrodení Slnka. Vypočítali množstvo žiarenia, ktoré zaplavovalo sústavu zo Slnka i z vonkajšieho vesmíru a odhadli, do akej vzdialenosti sa žiarenie mohlo v oblaku šíriť.

Podmienky v oblaku rozhodujú o tom, ako sa nové molekuly vody sformujú z vodíka a kyslíka i o tom, koľko je v týchto molekulách deutéria. (Deutérium je izotop vodíka, v ktorého jadre je okrem jedného protónu i jeden neutrón.) Z modelu vyplynulo, aký bol podiel vody s deutériom, (známej ako „ťažká voda"). Vieme, že ťažkej vody bolo v mladej Slnečnej sústave menej ako dnes.

V medzihviezdnych oblakoch, kde sa dnes Slnku podobné hviezdy formujú, však detegujeme v porovnaní s dnešnou Slnečnou sústavou oveľa vyšší podiel ťažkej vody! Okrem iného preto, že ich neustále bombarduje kozmické žiarenie, ktoré podporuje vznik deutéria. Vedci sa nazdávajú, že žiarenie mladého Slnka bolo príliš slabé na to, aby vyprodukovalo také množstvo ťažkej vody, ktorú v našej sústave detegujeme dnes. Z toho vyplýva, že isté množstvo vody muselo byť v oblaku už pred zrodom Slnka. Koľko?

Vedci odhadli, že 30 až 50% vody v oceánoch

Planéty sa formovali za prítomnosti dostatočného množstva vody vo forme ľadov v materskom molekulovom oblaku.

ako Slnko

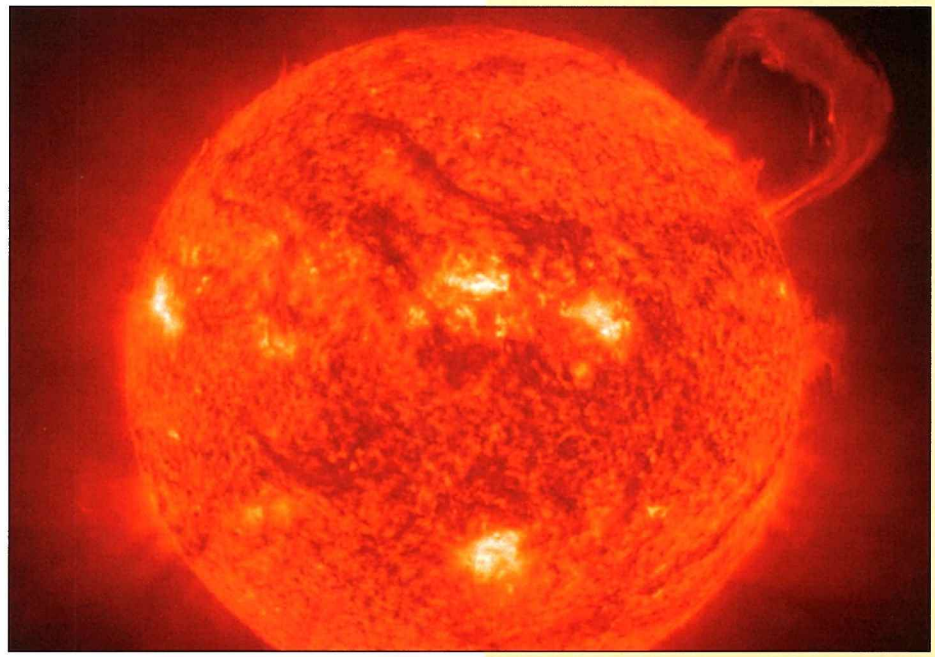
Zeme musí byť starších ako Slnko. Táto voda bola prítomná v podobe ľadových kryštálov už v hmote, z ktorej sa zrodilo Slnko. Aj 60 až 100 % vody v kométach má pôvod v medzihviezdnom priestore, dávno pred vznikom Slnka.

Holandskí astrochemici z Leiden Observatory zdôrazňujú, že napriek dôsledne prevereným údajom ide zatiaľ iba o teóriu, ktorú bude treba otestovať. Kľúčovú rolu zohrá ALMA (Atacama Large Millimeter Array), ktorá v budúcom roku začne študovať chemické procesy, ovplyvňujúce množstvo ťažkej vody v protoplanetárnych diskoch.

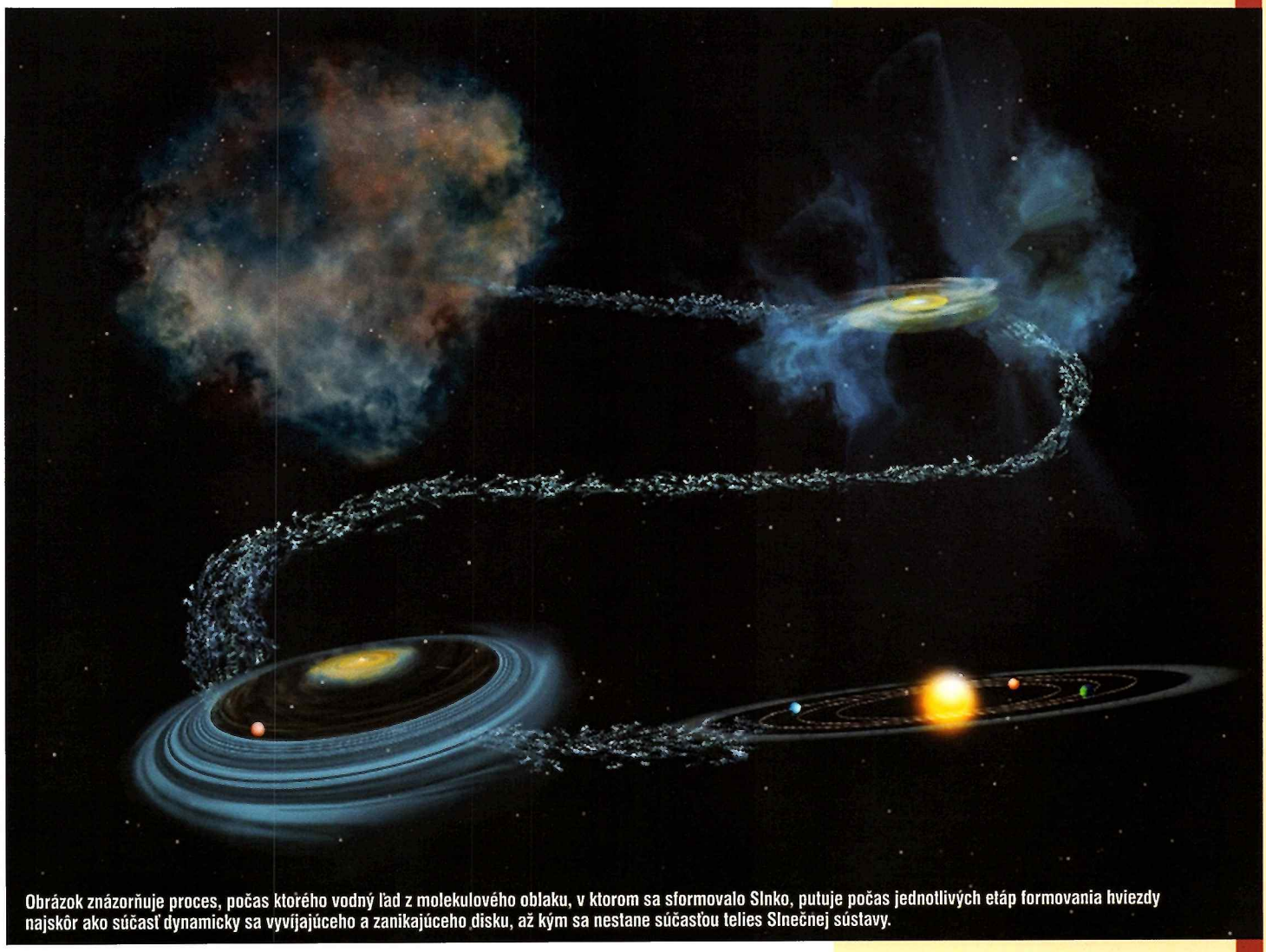
Aj keď sa ukáže, že počas formovania typických sústav nezanikne všetka „stará voda", nebude to ešte dôkaz toho, že „vodné planéty" prevládajú v celom vesmíre. Vedci zatiaľ nevedia, čo rozhoduje o tom, či sa planéta sformuje ako „mokrá" a za akých podmienok si vodu dlhodobo udrží.

Astronómovia doteraz objavili viac ako 2 000 exoplanét (a raz toľko ešte neoverených kandidátov), z čoho vyplýva, že v priemere každá hviezda v Mliečnej ceste hostí prinajmenšom jednu planétu. Najnovšie poznatky povzbudili najmä astrobiológov, pretože všade, kde bola a je voda, sformovali sa aj ľady, ktoré obsahujú aj prebiotickú organickú hmotu. Látku, ktorá sa vyskytuje vo väčšine doteraz preskúmaných protoplanetárnych diskov.

University of Michigan Press Release; Science

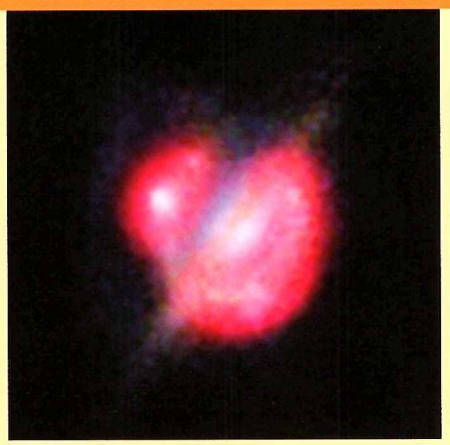


Naše Slnko nemohlo zničiť všetku vodu prítomnú v medzihviezdnom oblaku, v ktorom sa naša hviezda sformovala.



Obrázok znázorňuje proces, počas ktorého vodný ľad z molekulového oblaku, v ktorom sa sformovalo Slnko, putuje počas jednotlivých etáp formovania hviezdy najskôr ako súčasť dynamicky sa vyvíjajúceho a zanikajúceho disku, až kým sa nestane súčasťou telies Slnečnej sústavy.

Obálka



Na obálke vidíte doteraz najostrejšiu snímku kolízie dvoch galaxií, vzdialených bezmála 7 miliárd svetelných rokov. Vesmír mal v tom čase iba polovicu súčasného veku. Vďaka mimoriadnej rozlišovacej schopnosti ďalekohľadu ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) a ďalších pozemských a vesmírnych ďalekohľadov vidíme po spracovaní ich snímok v počítačoch zrážku objektov H-ATLAS J142935.3-002836 (skrátene: H1429-0028) s rovnakým rozlíšením ako kolíziu oveľa bližších galaxií Antennae. *Pozri podrobnosti na 5. strane.*

Extrasolárne sústavy

Prvá exoplanéta na hranici snehu *s. 6*
Kepler-91b: exoplanéta na sklonku života *s. 6*
Tri suché exoplanéty *s. 7*

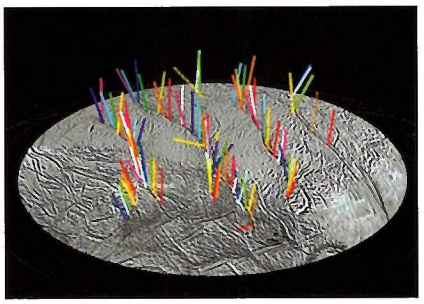
Ďalekohľady

Najväčší slovenský ďalekohľad
Ján Svoreň *s. 19*

Modré oko
Pavol Rapavý *s. 41*

Slnečná sústava

Voda na Zemi je staršia ako Slnko
University of Michigan Press Release; Science *s. 2 – 3*
Mars One: poletia o 11 rokov na Červenú planétu prví marsonauti?
Der Spiegel *s. 14 – 17*
Pozemské fosílie na Mesiaci? *s. 17*
K akým objektom zamieri sonda New Horizons po oblete Pluta? *s. 18*
Prvé údaje zo sondy MAVEN *s. 18*
Mangalyaan: indická sonda nad Marsom *s. 18*
Ohnivé týždne na Io *s. 20 – 21*
Ako sa sformoval Merkúr? *s. 21*
Zásobníky vody na Mesiaci
Bild der Wissenschafft *s. 22 – 24*
101 gejzírov na Encelade *s. 25*



Podujatia

MEDZINÁRODNÁ METEORICKÁ KONFERENCIA
IMC 2014 – Giron, Francúzsko
I. Dorotovič, M. Vidovenec, P. Dolinský *s. 26 – 27*
Kolo Tatry
Ján Horňák *s. 40*
Astrofilm 2014
Pavol Ďuriš *s. 47*
Cesta Slnečnou sústavou a súhvezdiami
Gabriela Kramáreková *s. 47*

Nekrológ

Za Igorom Kapišinským *s. 46*
Zomrel Ivo Volf
Ladislav Hric *s. 46*

Výročie

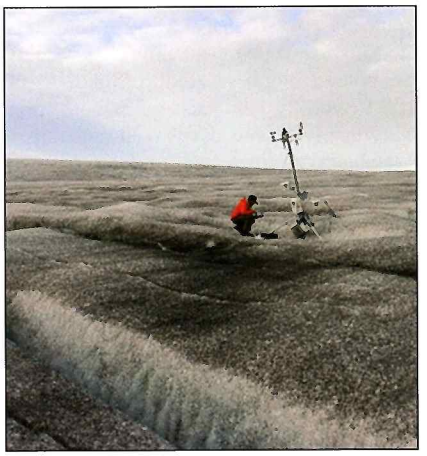
75-ročný jubilant Pavol Hazucha
Jozef Krištofovič *s. 47*

Rôzne

Kto je autorom Breviára fyzikálnej astronómie vydaného v roku 1760 v Trnave?
Stanislav Šišulák *s. 47*

Klíma Zeme

Spomalenie?
Anna Pribullová *s. 31 – 36*



Stelárna astronómia...

Dvojhviezda so zvláštnymi protoplanetárnymi diskami *s. 5*
Plodný kanibalizmus dvoch galaxií *s. 5*
Existujú vôbec čierne diery?
Astronomy, október 2014 *s. 8 – 11*
Vek hviezd podobných Slnku *s. 12*
Najvzdialenejšie hviezdy v Mliečnej ceste *s. 12*
Nové zdroje žiarenia gama... *s. 13*
Prvé hviezdy obohatili vesmír ťažkými prvkami *s. 13*
Čierne diery z praveku vesmíru
Bild der Wissenschafft 2014/2 *s. 28 – 30*

Servis Kozmosu

Slnečná aktivita (august – september 2014)
Ivan Dorotovič *s. 27*
ASTRONOMICKÝ SPRIEVODCA 24
Škriatkovia v hornej vrstve atmosféry
Milan Rybanský *s. 38 – 39*
POZORUJTE S NAMI
Obloha v kalendári (december 2014 – január 2015)
Pripravil Pavol Rapavý *s. 42 – 45*
Kalendár úkazov a výročí
Pavol Rapavý *s. 45*
Tabuľky východov a západov (december 2014 – január 2015)
Pavol Rapavý *s. 45*

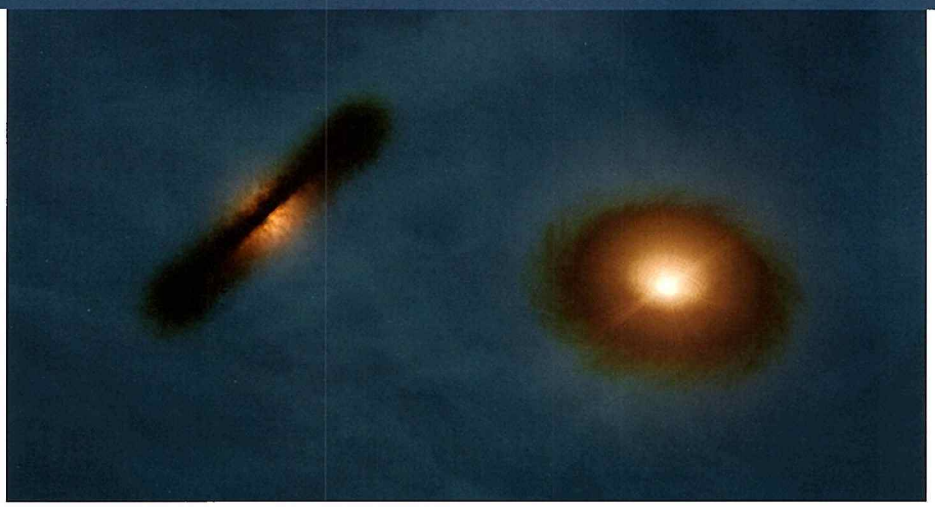
Sci-fi poviedka

O dokonalom mozgu
Róbert Dendis *s. 37*

KOZMOS populárno-vedecký astronomický časopis Odborní posudzovatelia tohto čísla: doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc. a doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD.

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. IČO vydavateľa: 00 164 852. Za vydavateľa zodpovedný: generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove Mgr. Marián Vidovenec. * **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** * **Redakčná rada:** RNDr. Ivan Dorotovič, CSc., doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., RNDr. Ladislav Hric, CSc., RNDr. Drahomír Chochol, DrSc., doc. RNDr. Ladislav Kulčár, CSc., doc. RNDr. Leonard Kornoš, PhD., RNDr. Daniel Očenáš, Mgr. Anna Pribullová, PhD., RNDr. Pavol Rapavý, doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc., RNDr. Igor Túnyi, DrSc. 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 1,80 € (45,00 CZK). Pre abonentov ročne 9,60 €´ (250 CZK) vrátane poštovného. * **Objednávky na predplatné** prijíma každá pošta. 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 s.r.o., PP 4, 834 14 Bratislava 34, tel. 00421-02 49 111 204. Podávanie novinových zásielok povolené Riaditeľstvom poštovej prepravy Bratislava, pošta 12, pod číslom 152/93. V Českej republike rozširuje A. L. L. Productions, tel. 00420/3409 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. * EV 3166/09 * Zadané do tlače 15. 11. 2014 * **ISSN 0323 – 049X**

Časopis Kozmos si môžete objednať aj na e-mailovej adrese redakcie kozmos@nextra.sk (uveďte meno, adresu, prípadne telefonický kontakt).



Snímka mladej dvojhviezdy HK Tauri je doteraz najlepšou ukážkou protoplanetárnych diskov, krúžiacich okolo oboch zložiek dvojhviezdy. Zdá sa, že práve takto možno vysvetliť výstredné obežné dráhy viacerých exoplanét. Na rozdiel od planét v našej Slnečnej sústave.

Dvojhviezda so zvláštnymi protoplanetárnymi diskami

Na rozdiel od nášho osamelého Slnka je väčšina hviezd jednou zo zložiek dvojhviezdy. Aj v takýchto sústavách sa môžu formovať planéty. V prípade voľnej dvojhviezdy sa formujú okolo spoločného ťažiska jednotlivých hviezd. Astronómovia objavili aj tesnú dvojhviezdu, kde najmenej jedna planéta krúži okolo oboch hviezd. Planetológovia však zatiaľ nie sú načistom, ako a kde sa planéty okolo dvojhviezd formujú.

Ďalekohľad ALMA objavil nedávno dvojhviezdu, vzdialenú 450 svetelených rokov, kde okolo oboch hviezd krúži protoplanetárny disk. Sú to mladé hviezdy, nemajú ani 5 miliónov rokov. Obe hviezdy tejto sústavy (HK Tauri) krúžia okolo spoločného ťažiska vzdialené od seba 58 miliárd kilometrov (trojnásobok vzdialenosti Slnko/ /Neptún).

Okolo slabšej hviezdy, HK Tauri B, obieha protoplanetárny disk, ktorý je z pohľadu pozemského pozorovateľa naklonený tak, že čiastočne tlmí svetlo hviezdy. Nakoľko disk jasnosť hviezdy znižuje, astronómovia ho môžu do detailov študovať vo viditeľných i infračervených vlnových dĺžkach.

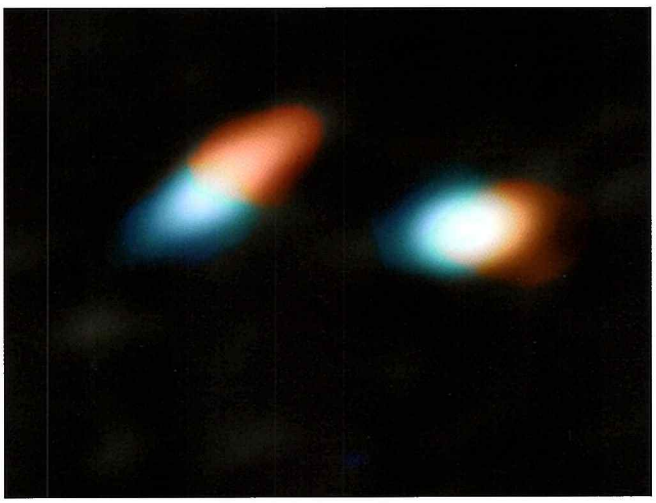
Aj druhá hviezda, HK Tauri A, má protoplanetárny disk, ale ten okolo nej krúži s takým sklonom, že jej jasnosť netlmí. Preto ho vedci nemôžu študovať vo viditeľnom svetle. V oblasti milimetrových vlnových dĺžok ho však ALMA môže detegovať. To však nie je všetko. Pomocou ALMA dokázali zmerať aj jeho rotáciu.

Ukázalo sa, že uhol medzi sklonmi oboch diskov je viac ako 60°. To znamená, že prinajmenšom jeden z oboch diskov nekrúži okolo svojej hviezdy v rovine oboch zložiek okolo spoločného ťažiska! Už v minulosti boli náznaky, že takéto „naklonené" disky okolo zložiek dvojhviezd existujú, ale iba z údajov z ALMA vedci vyčítali, čo sa v takejto sústave odohráva.

Hviezdy a planéty sa formujú vo veľkých oblakoch prachu a plynu. Keď gravitácia spôsobí kolaps oblaku, ten začne rotovať až kým sa väčšina hmoty neusadí v protoplanetárnom disku, ktorý krúži okolo zväčšujúcej sa centrálnej protohviezdy.

V sústave HK Tauri však prebieha zložitejší proces. Nakoľko obežné dráhy oboch hviezd a ich protoplanetárnych diskov nie sú v rovnakej rovine, planéty, ak sa v nich formujú, budú mať výstredné obežné dráhy s výraznými sklonmi.

ALMA dokáže preniknúť aj cez clony prachu a plynu v protoplanetárnych diskoch, takže vedci dnes môžu mladú dvojhviezdu študovať naozaj dopodrobna. Po analýze údajov z dvojhviezdy HK Tauri je jasné, že parametre obežných dráh planét závisia od podmienok vývoja dvojhviezdy ešte v čase jej formovania.



Táto snímka z ALMA poskytla údaje o rýchlosti rotácie oboch diskov. Červené oblasti zviditeľňujú hmotu, ktorá sa od Zeme vzďaľuje, modré oblasti hmotu, ktorá sa k nám približuje.

Zatiaľ nie je jasné, či takáto sústava je typická, bežná, alebo je medzi dvojhviezdami v Galaxii výnimkou. Pochopenie mechanizmu, pôsobiaceho v tejto dvojhviezde je významným poznatkom, ale určite neplatí pre všetky výstredné obežné dráhy doteraz objavených exoplanét.

ALMA Press Release

Plodný kanibalizmus **dvoch galaxií**

Vedci v ostatných rokoch získali vzácne snímky vzdialených objektov vďaka gravitačným šošovkám. Tieto prírodné ďalekohľady tvorí zoskupenie hmoty (galaxia alebo kopa galaxií), ktoré funguje podobne ako ozrutná umelá šošovka. Kvalita gravitačného šošovkovania však závisí do značnej miery od optimálneho usporiadania vzdialeného pozorovaného objektu, prírodnej šošovky a pozemského pozorovateľa na zornom lúči. Takáto optimálna zostava sa však vyskytuje iba zriedka.

Najnovšie štúdie snímok vzdialených objektov, pozorovaných na ďalekých infračervených a milimetrových vlnových dĺžkach, ukázali, že vhodná zostava optimálne zvolených ďalekohľadov môže výkon prírodných šošoviek aj prekonať.

Jedným z objektov, exponovaných pomocou gravitačnej šošovky, je aj H1429-0028). Vo viditeľnom svetle sa zrážka týchto dvoch galaxií javí nevýrazne, zato na snímkach v ďalekej infračervenej oblasti je jedným z najjasnejšie gravitačne šošovkovaných objektov. Najmä ak uvážime, že ide o proces, ktorý sa odohrával v čase, keď mal kozmos iba polovicu súčasného veku.

Vedci sa pokúsili získať snímky z tohto objektu s ešte väčším rozlíšením tak, že do pozorovania zapojili najväčšie ďalekohľady na Zemi i vo vesmíre: Hubblov vesmírny ďalekohľad, ALMA, Keck I, Keck II, Very Large Array (VLA) a ďalšie. Po skombinovaní snímok z týchto ďalekohľadov sa vynorili vzácne detaily.

Snímky z HST a z Keckov rozlíšili gravitačne indukovaný (Einsteinov) prstenec svetla okolo galaxie/šošovky v popredí. Zistili, že táto galaxia sa nachádza na okraji galaktického disku inej galaxie podobnej Mliečnej ceste, ktorá zachytáva svetlo pozadia veľkými prachovými oblakmi. Cez tieto oblaky však dokážu preniknúť ALMA i VLA (oba ďalekohľady pozorujú oblohy na dlhších vlnových dĺžkach). Po skombinovaní snímok zistili, že vzdialený, šošovkovaný objekt tvoria naozaj dve galaxie pred kolíziou.

Oba ďalekohľady získali vzápätí aj ďalšie charakteristiky. ALMA zmapovala výskyt oxidu uhoľnatého, čo umožní podrobné štúdium mechanizmov formovania hviezd v týchto galaxiách i pohyby hmoty v doteraz najvzdialenejších objektoch. Vedci tak mohli sledovať búrlivo narastajúcu hviezdotvorbu, ktorú rozpútali procesy chaotickej, premenlivej gravitácie, generované začínajúcou zrážkou, prelínaním štruktúr oboch galaxií. Unikátne je i zistenie, že jedna z galaxií ešte vždy rotuje.

Kolidujúce galaxie pripomínajú zrážku galaxií Antennae, ktorá sa však odohráva oveľa bližšie. V tomto prípade ide o kolíziu dvoch galaxií, ktoré mali kedysi špirálovú štruktúru. V systéme Antennae sa každoročne sformuje niekoľko desiatok Slnku podobných hviezd. V systéme H1429-0028 až desaťnásobne viac!

Z údajov o rýchlosti pohybu plynu v oboch galaxiách (v tom sa ďalekohľadu ALMA nič nevyrovná) dokážu vedci rozlíšiť najrozličnejšie detaily, príznačné pre gravitačný kanibalizmus galaxií. Doteraz nič nepodporilo teóriu, podľa ktorej sú zrážky galaxií generátorom najbúrlivejšej hviezdotvorby do takej miery ako štúdia H1429-0028.

Fotografia je na obálke.

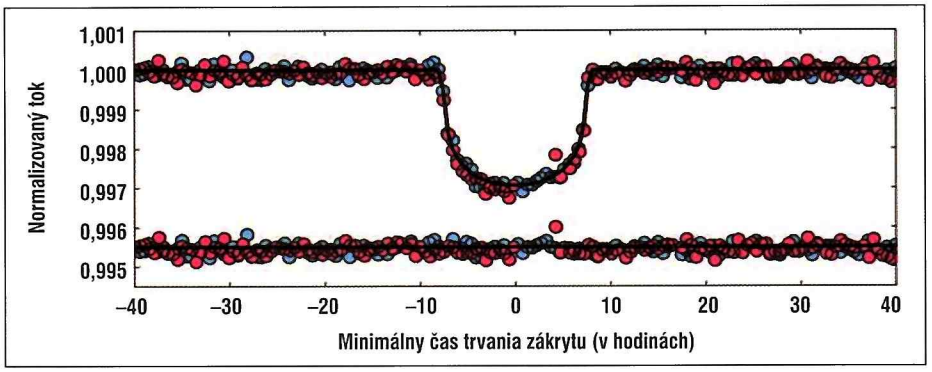
ALMA Press Release

Prvá exoplanéta **na hranici snehu**

Vieme, že obývateľné planéty, tie, kde voda aspoň okolo rovníka nezamŕza, sa pohybujú v zelenom páse. Niekde za zeleným pásom (vzdialenosť závisí od paramterov materskej hviezdy) je „čiara snehu", dôležité rozhranie, ktoré vplýva na formovanie planét. Nájsť takéto vzdialené planéty pomocou techniky zákrytov je neobyčajne ťažké. Prvou takouto planétou je Kepler-421b.

Táto exoplanéta obehne okolo materskej hviezdy za 704 dní, čo je najdlhšia obežná dráha planéty objavenej pomocou techniky tranzitu. Vesmírny ďalekohľad Kepler objavil počas svojej 4,5 roka trvajúcej misie množstvo planét, ale ani jednu s takou dlhou periódou. Z údajov poklesu jasnosti hviezdy počas zákrytu vedci vypočítali, že planéta je rovnako veľká ako Urán. (Ten je 4-krát väčší ako Zem.) Vďaka špeciálnej technike dokázali vedci získať tvar krivky jasnosti a vypočítať tak aj excentricitu obežnej dráhy planéty: e = 0,04. Je to takmer rovnaká excentricita, akú má Urán. S prihliadnutím na albedo Uránu by ani teplota tohto objektu nemala byť vyššia ako mínus 130 °C.

Exoplanéta Kepler-421b nie je iba držiteľom vyššie spomenutých rekordov. Je prvou exoplanétou, ktorú objavili blízko „čiary snehu". V našej Slnečnej sústave je „čiara snehu" rozhraním medzi terestrickými planétami a plynovými obrami. Za touto hranicou bola teplota taká nízka, že sa kryštáliky ľadu v protoplanetárnom disku neroztápali, ale spájali do podoby planetárnych zárodkov, z ktorých sa neskôr sformovali plynoví obri. Pod čiarou snehu sa kryštáliky ľadu vyparili, takže vnútorné planéty sa formovali najmä zo zlepencov prachu. Preto sú vonkajšie planéty na vodu bohaté a vnútorné planéty suché. Vodu na terestrické planéty dopravili postupne až kométy a asteroidy.



Svetelná krivka exoplanéty Kepler-421b počas zákrytov. Modré a červené guľky označujú dva rozdielne pozorovania zákrytov s odstupom 704 dní, ktoré vesmírny ďalekohľad Kepler stihol zachytiť počas misie.

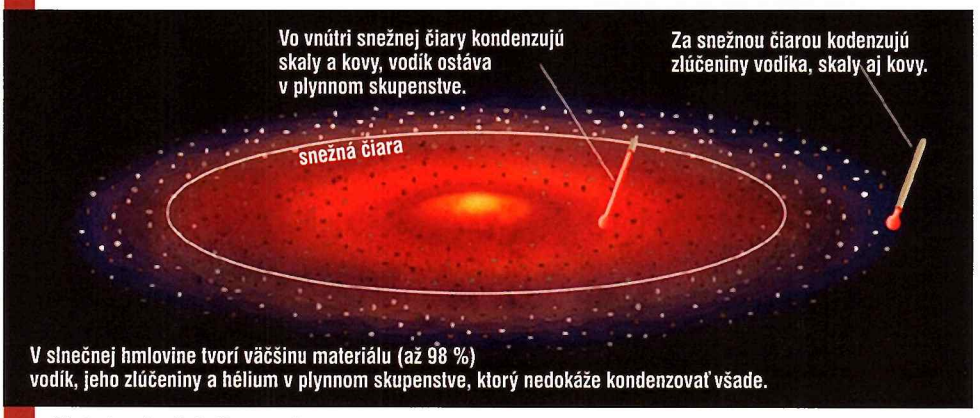
Kepler-421b je doteraz najvzdialenejšou exoplanétou, ktorú objavili metódou zákrytu. Okolo materskej hviezdy obehne za 704 dní.

Čiara snehu nie je v nijakej sústave stabilná. Jej vzdialenosť od hviezdy sa presúva smerom k hviezde, pričom celý proces ovplyvňuje vývoj protoplanetárneho disku. V tomto disku bol materiál, z ktorého sa formovali všetky planéty. Z jeho vlastností sa dá (čiastočne) odvodiť aj to, či boli mladé planéty počas formovania za, alebo pred čiarou snehu. V prípade exoplanéty Kepler 421b bola čiara snehu v čase, keď mala sústava 3 milióny rokov, zhruba tam, kde je teraz obežná dráha planéty.

Ak vieme, že planéty sa formujú v priebehu 3 až 10 miliónov rokov, planéta Kepler-421b sa sformovala tam, kde sa teraz práve nachádza. To je záhada, pretože vieme, že plynoví obri sa sformovali ďaleko za čiarou snehu a až neskôr začali migrovať do vnútra svojej Slnečnej sústavy. Navyše, vzhľadom na to, že Kepler-241b nie je dvojníkom Jupitera, ale Uránu, znamená, že sa sformoval až na sklonku obdobia formovania planét, v podstate zo zvyškového materiálu. Či je tento predpoklad správny, vedci nevedia. Objav však pomôže dešifrovať históriu Slnečnej sústavy.

Platí, že vzdialené planéty majú iba zriedka taký malý sklon obežnej dráhy, že ich pozemskí pozorovatelia môžu sledovať počas zákrytov. V prípade exoplanéty Kepler-421b bola iba minimálna šanca (0,3%), že má optimálny sklon. V takomto prípade je zachytenie jednoznačného signálu z tranzitu planéty, ktorá obehne okolo hviezdy raz za 704 dní oveľa vzácnejšie ako pri planétach, ktoré v rovnakom čase obehnú okolo materskej hviezdy aj niekoľko stokrát. Z toho vyplýva, že horúci Neptún s periódou 3 dní je 9 000-krát ľahšie detegovateľný ako Neptún za čiarou snehu. Ako napríklad Kepler-421b. Napriek tomu objav chladného Neptúna na rozhraní čiary snehu znamená, že je takých objektov veľa, hoci objavovať sa nebudú ľahko.

Kepler Press Release



Obrázok znázorňuje čiaru snehu.

Kepler-91b: exoplanéta na sklonku života

Vývoj planetárnych sústav je závislý od evolúcie ich materských hviezd. Naše predstavy o vývoji planét sa v poslednom desaťročí neustále menia v dôsledku neuveriteľnej rozdielnosti doteraz objavených exoplanét i exoplanetárnych sústav. Vedci však doteraz objavili iba niekoľko desiatok planét v sústave, kde materská hviezda dozrieva do záverečnej fázy červeného obra.

V tejto fáze rozpínajúci sa červený obor väčšinu vnútorných planét pohltí, ale malý počet doteraz objavených sústav nedovoľuje vyvinúť spoľahlivejšiu teóriu ani o planétach, ktoré počas tejto fázy zanikajú, ani v osude vzdialenejších planét, ktoré hviezda pred záverečným kolapsom nepohltí.

Medzinárodný tím študoval obriu hviezdu Kepler-9J (KOI-2133) s cieľom pochopiť osud planéty, ktorá ju pravidelne prekrýva. Planéta má 0,9 hmotnosti a 1,4 polomeru Jupitera. Materská hviezda má 6,3-krát väčší polomer ako Slnko a 1,3 hmotnosti Slnka.

Planéta sa pohybuje po dráhe s excentricitou e = 0,066, pričom v pericentre (v bode najväčšieho priblíženia) sa k atmosfére hviezdy ocitne vo vzdialenosti 1,3 jej polomerov. Expandujúca hviezda ju pohltí o 55 miliónov rokov. Planétu na bližšej obežnej dráhe pri červenom obrovi zatiaľ neobjavili.

Kepler Press Release

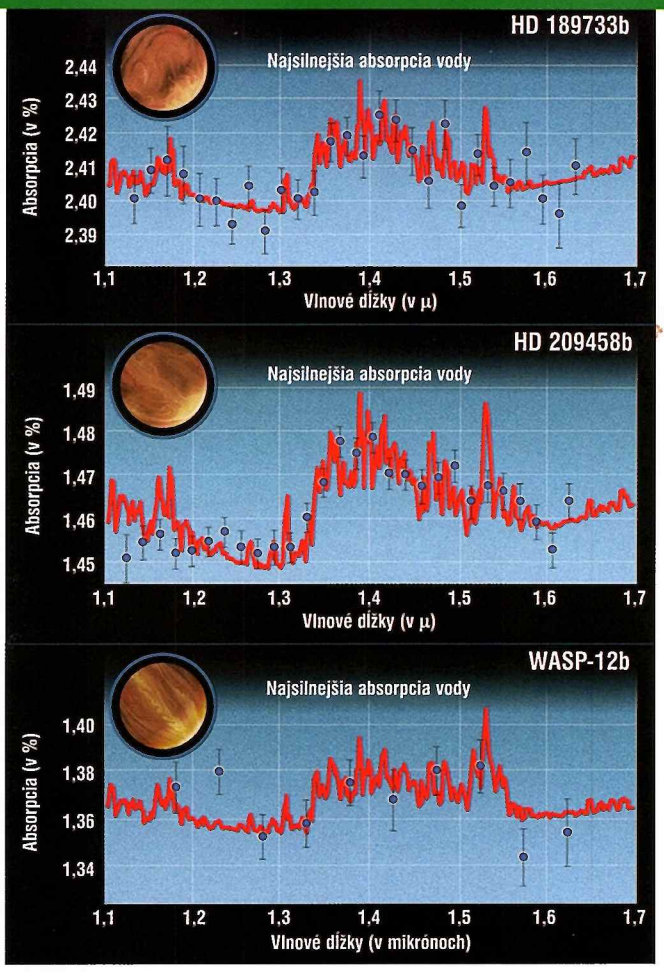
Tri suché **exoplanéty**

Medzinárodný tím astronómov skúmal podiel vodnej pary v atmosférach troch exoplanét, krúžiacich okolo troch Slnku podobných hviezd. Zistili, že obsahujú iba 1/10 až 1/1 000 množstva vody, ktorú by mali mať podľa štandardnej teórie formovania planét. Sú to napospol joviánske planéty. Okolo materskej planéty obiehajú po oveľa bližších obežných dráhach ako Jupiter okolo Slnka. Teplota ich atmosfér sa pohybuje medzi 830 až 2200 °C. Z toho vyplýva, že časť terestrických planét môže mať oveľa menej vody, ako sa predpokladalo.

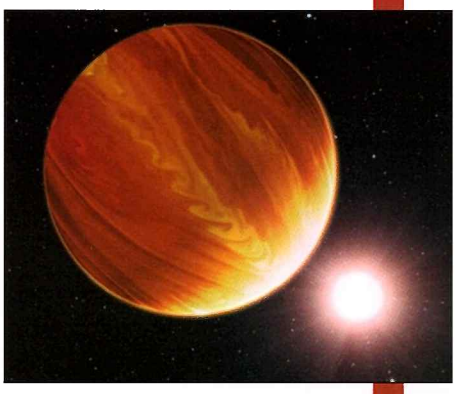
Tri jovinánske planéty, WASP-12b, HD 189733b a HD 209458b, sú vzdialené 60 až 900 svetelných rokov. Nedostatok vody v ich atmosférach planetológov prekvapila. Nakoľko namerané údaje sú mimoriadne presné, nedostatok vody na týchto objektoch, ktoré by mali oplývať vodou, platnú teóriu formovania planét aj ich migrácie do značnej miery spochybnili. Najmä pokiaľ ide o superZeme (terestrické planéty s niekoľkonásobne vyššou hmotnosťou ako Zem).

Všetky tri skúmané planéty vytipovali preto, že krúžia okolo relatívne jasných hviezd emitujúcich dostatočné množstvo infračerveného žiarenia. Absorpčné čiary vodnej pary v ich atmosférach sa výrazne prejavujú v celkovom vyžarovaní, ktoré utlmujú husté atmosféry.

Zo Zeme sa voda v atmosférach planét periodicky prekrývajúcich materské hviezdy nedá presne merať, pretože aj atmosféra Zeme obsahuje veľa vody. Bez Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu by takéto merania neboli dostatočne presné.



Graf porovnáva infračervené spektrá troch horúcich jupiterov, ktoré získal HST. Červená krivka v každom spektre znázorňuje spektrum vodnej pary v atmosférach skúmaných planét.



Ilustrácia znázorňuje obriu planétu HD 209458b (s neoficiálnym názvom Osiris), ktorá sa nachádza vo vzdialenosti 150 svetelných rokov v súhvezdí Pegasus. Ide o „horúci jupiter". Teplota jeho atmosféry: 1 196 °C. Okolo materskej hviezdy obieha po veľmi blízkej obežnej dráhe, pričom dráha je priaznivo sklonená k Zemi. Vďaka tomu sú údaje o chemickom zložení atmosféry prístrojmi HST neobyčajne presné.

Podľa platnej teórie formovania planét v našej Slnečnej sústave (akrécia okolo jadra) sa planéty formujú v akrečných diskoch okolo mladých hviezd, kde dominuje vodík, hélium a prach obsahujúci aj iné chemické prvky. Zrnká prachu vytvárajú zlepence, z ktorých sa postupne sformujú planetezimály. Planetezimály sa vo vhodnom prostredí gravitačne pospájajú, až kým vytvoria pevné jadro. V tejto fáze sa nabaľovanie hmoty dramaticky zvyšuje. Ak je v disku dostatok materiálu, časom sa z planetezimál sformujú planéty.

Podľa teórie zastúpenie jednotlivých prvkov závisí od chemického zloženia materskej hviezdy. To platí najmä pre kyslík. Keď sa obria planéta formuje, kyslík v jej atmosfére vytvára s vodíkom molekuly vody. Z nameraných údajov vytipovaných troch planét vyplýva, že nízky podiel vodnej pary spochybňuje predstavy o chemických prísadách, ktoré umožňujú formovanie planét.

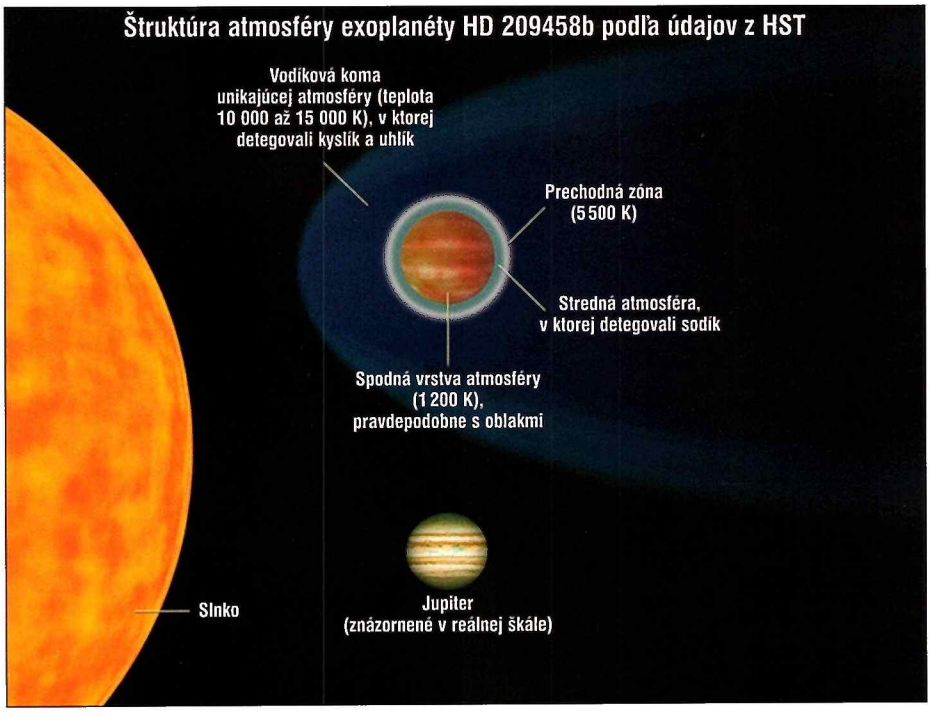
Planetológovia pochopili, že o exoplanétach ešte zďaleka nevedia všetko. Uvedomili si, že príčinou ich omylu je predpoklad, že aj v iných planetárnych sústavách bolo v čase formovania toľko vody ako v tej našej.

Jedna z troch suchých exoplanét, HD 209458b, zaujala iný tím vedcov. Jej materská hviezda podobná Slnku je hviezda typu G. Exoplanéta, horúci jupiter, je už dávnejšie jednou z najsledovanejších objektov, lebo periodicky prekrýva hviezdu. To umožnilo vedcom rozlíšiť po prvý raz vrstvy atmosféry nad exoplanétou.

HD 209458b obieha okolo materskej hviezdy v 10-krát bližšej vzdialenosti ako Merkúr okolo Slnka. Teplo hviezdy spôsobuje, že atmosféra puchne, zväčšuje sa, uniká. Vďaka tomu v nej rozlíšili štyri vrstvy: chladnú, sodíkovú, prechodnú a komu z vodíka.

UV-žiarenie zohrieva najvrchnejšiu vrstvu na 15 000 °C. Je teda horúcejšia ako Slnko. Každú sekundu z nej unikne 10 000 ton plynu, rovnako ako z aktívnej kométy. V unikajúcej atmosfére detegovali veľké množstvá kyslíka a uhlíka. Napriek takej strate zanikne planéta až o 5 miliárd rokov.

Keby náš Jupiter krúžil po takej blízkej obežnej dráhe, jeho atmosféra by sa správala rovnako. Skúmanie HD 209458b spresní poznatky o atmosférach ostatných horúcich jupiterov.



HST Press Release

Existujú vôbec čierne diery?

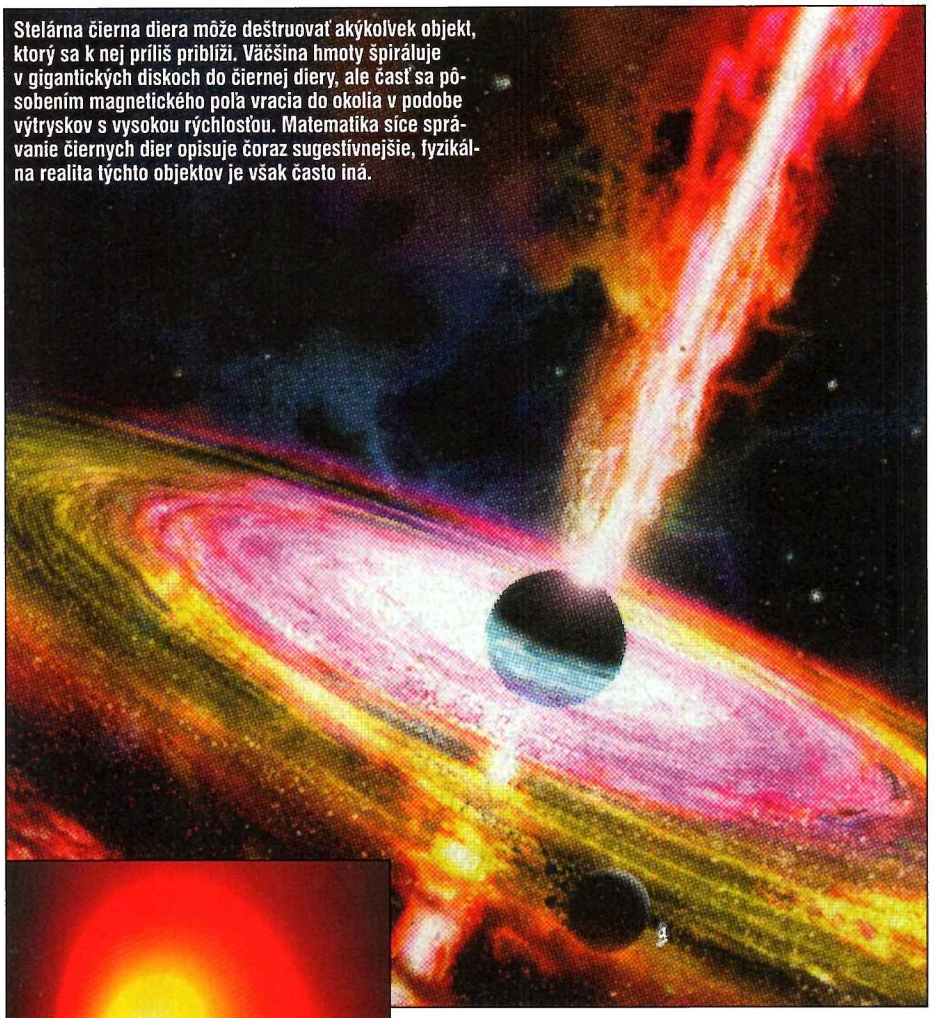
Horizonty udalostí, singularity, špagetifikácie, to všetko sa prieči zdravému rozumu. Zdá sa, že čierne diery sú oveľa záhadnejšie telesá, ako sa zdali byť.

Všetko, čo vieme o čiernych dierach je dramatické, kontraverzné, záhadné. Nielen pre laikov.

Všetko súvisí s najzáhadnejšou silou vesmíru, s gravitáciou. Už dávno vieme, že aj nevelká zmena veľkosti telies spôsobuje enormnú zmenu gravitácie. Napríklad keby sa Slnko scvrklo na desatinu súčasnej veľkosti, jeho gravitácia by bola stonásobne silnejšia.

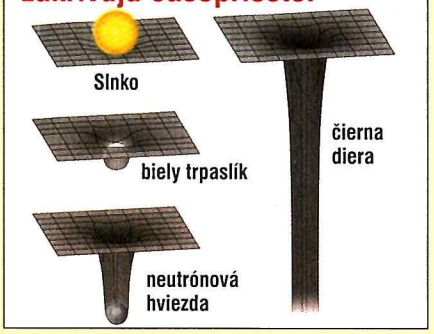
Plyn, ktorý tvorí hviezdy je ľahko stlačiteľný. Gravitácia na povrchu Slnka, 333 000-krát silnejšia ako gravitácia Zeme, môže jedného dňa našu hviezdu podstatne zmenšiť. Stane sa tak vtedy (zhruba o 5 miliárd rokov), keď jadrová fúzia v jadre Slnka ustane a tlak plynu pôsobiaci smerom od jadra k povrchu už nedokáže vzdorovať protismernému pôsobeniu gravitácie. Dôsledok: Slnko sa scvrkne a premení na bieleho trpaslíka.

Teleso, ktoré by dnes chcelo uniknúť z povrchu Slnka, by muselo dosiahnuť rýchlosť 618 kilometrov za sekundu. Mohol by raz kolaps Slnka dosiahnuť bod, keď by oslobodenie z jeho gravitácie vyžadovalo rýchlosť 299 793 kilometrov za sekundu? (O 542 metrov za sekundu vyššiu rýchlosť ako rýchlosť svetla, takže ani svetlo by z tejto gravitačnej pasce nemohlo uniknúť?)

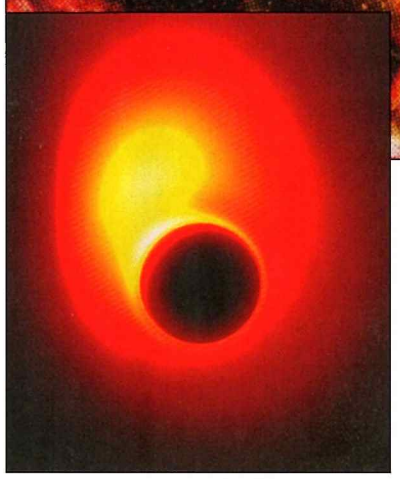


Stelárna čierna diera môže deštruovať akýkoľvek objekt, ktorý sa k nej príliš priblíži. Väčšina hmoty špiráluje v gigantických diskoch do čiernej diery, ale časť sa pôsobením magnetického poľa vracia do okolia v podobe výtryskov s vysokou rýchlosťou. Matematika síce správanie čiernych dier opisuje čoraz sugestívnejšie, fyzikálna realita týchto objektov je však často iná.

Ako objekty zakrivujú časopriestor



Každý objekt s nejakou hmotnosťou pôsobí na časopriestor. Najmasívnejšie a najhustejšie objekty majú na tkaninu časopriestoru najväčší vplyv.



Počítačový model znázorňuje „tieň" čiernej diery v strede našej Galaxie. Tento objekt má hmotnosť 4 miliárd Slnk a vedci predpokladajú, že tesne nad horizontom udalostí krúži fotónový prstenec zviditeľňujúci okraj čiernej diery. Žlté a oranžové oblasti za čiernou dierou ukazujú, odkiaľ aktívne nasáva a nabaľuje hmotu. Kombinovaním výkonu najväčších ďalekohľadov vraj už onedlho dokážeme fotónový prstenec detegovať.

Pasca na svetlo

Myšlienka pasce na svetlo sa po prvý raz objavuje v liste anglického filozofa a geológa Johna Michela, ktorý v roku 1783 adresoval Kráľovskej spoločnosti. Píše: „Ak by sa polovičný priemer gule s hustotou Slnka zmenšil v pomere 500:1, všetko žiarenie z takého telesa by sa pod vplyvom gravitácie muselo k nemu vrátiť." Inými slovami, takéto teleso by zadržalo všetko vyemitované žiarenie.

O trinásť rokov neskôr francúzsky vedec Pierre-Simon Laplace zopakoval túto myšlienku v knihe. V 18. storočí však nikto neveril, že gravitácia môže pôsobiť aj na žiarenie, takže myšlienka upadla do zabudnutia. Iba Laplace ju opätovne zverejňoval v ďalších rozšírených vydaniach svojej knihy.

Anatómia čiernych dier

Stelárne a supermasívne

Fotónová sféra:

Nad horizontom udalostí supermasívnych i stelárnych čiernych dier je ich gravitácia taká silná, že aj superrýchle fotóny, ktoré sa pohybujú po priamke, začnú okolo nich krúžiť. Čiernu dieru síce nevidíme, ale vďaka prstencu fotónov vnímame jej tvar. Astronómovia v najbližších rokoch chcú prepojením najväčších ďalekohľadov tento fotónový prstenec okolo čiernej diery našej Galaxie detegovať a pozorovať jej tieň.

Relativistické výtrysky:

Oba typy čiernych dier sústreďujú časť nabaľovanej hmoty do výtryskov, šíriacich sa z ich pólov tamer rýchlosťou svetla. Tieto výtrysky (iba zo supermasívnych čiernych dier) sa šíria do vzdialenosti niekoľkých stotisíc svetelných rokov a emitujú rádiové a röntgenové žiarenie. Astronómovia zatiaľ presne nevedia, aký mechanizmus tieto výtrysky generuje.

Horizont udalostí

Spod horizontu udalostí nemôže uniknúť ani svetlo. Vzdialenosť medzi povrchom čiernej diery a okrajom horizontu udalostí sa nazýva Schwarzschildov polomer. Toto rozhranie označuje „čiernu, neviditeľnú časť" čiernej diery. V prípade supermasívnych čiernych dier je táto neviditeľná časť veľká ako naša Slnečná sústava. Prienik pod horizont udalostí by ste nespozorovali, pretože priemerná hustota vo vnútri tejto gule nie je vyššia ako hustota vody, takže gravitácia by vás „nešpagetovala", nezahubila. V prípade stelárnych čiernych dier má Schwarzschildov polomer iba niekoľko desiatok kilometrov. Už po priblížení k tejto hranici by vás slapové sily čiernej diery „špagetovali", natiahli a roztrhali.

Najvnútornejšia, stabilná kruhová obežná dráha

Pri supermasívnych i stelárnych čiernych dierach je najvnútornejšia špirála akréčneho disku posledným miestom, kde ešte nabalená hmota bezpečne krúži okolo horizontu udalostí a neprepadne zaň.

Akréčny disk

Ak sa hmota rúti do čiernej diery, sformuje sa do akréčneho disku, ktorý čoraz rýchlejšie špiráluje k horizontu udalostí. (Rovnako ako voda z vane do výtoku.) V prípade stelárnych čiernych dier býva zdrojom tejto hmoty normálna hviezda, druhá zložka dvojhviezdy. Supermasívne čierne diery však nasávajú z okolia nielen prachoplynové oblaky, ale aj trosky hviezd a planét, ktoré svojou gravitáciou deštruovali. Väčšina tejto hmoty nenávratne prepadne za horizont udalostí.

Singularita

Je „bod", v ktorom sa všetka hmota a energia, nabalená čiernou dierou, napokon sústredí. V tomto bode je zakrivenie časopriestoru nekonečné. Teoreticky by takýto „bod" nemal vypĺňať nijaký priestor, hoci jeho hmotnosť môže dosahovať až niekoľko miliárd hmotností Slnka a nekonečnú hustotu, či už ide o stelárnu, alebo supermasívnu čiernu dieru.

V roku 1915 však Einstein v rámci všeobecnej teórie relativity dokázal, že gravitácia môže prinajmenšom dráhu svetla/žiarenia zmeniť. Ale ani Einstein neveril, že akékoľvek teleso vo vesmíre by dokázalo úplne zabrániť úniku svojho žiarenia do okolia.

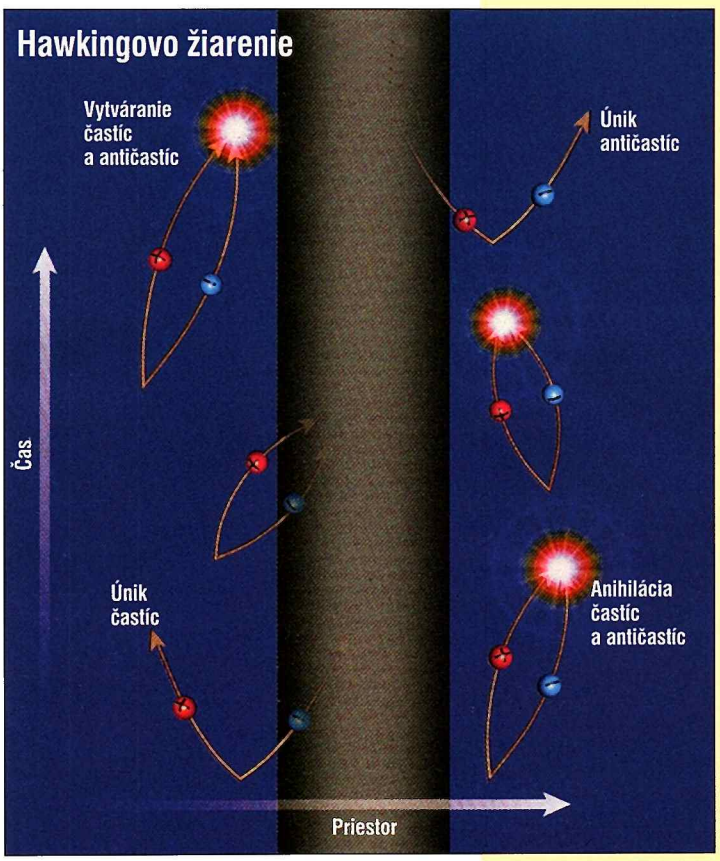
Už niekoľko mesiacov po publikovaní Einsteinovej teórie zverejnil nemecký fyzik Karl Schwarzschild prácu, v ktorej dokázal, že z Einsteinovych rovníc poľa, ktoré opisujú gravitáciu ako zakrivenie času a priestoru, vyplýva, že hviezda sa môže zmenšovať až do podoby bodu. Schwarzschild v roku 1916 umrel na zriedkavú kožnú chorobu. Jeho myšlienky sa však ujali.

Dnes už astronómovia nepochybujú, že kolabujúca masívna hviezda dosiahne v istom štádiu stav, v ktorom už je gravitácia silnejšia ako rýchlosť svetla. Vzdialenosť medzi povrchom skolabovanej hviezdy a rozhraním, pod ktorým sila gravitácie dokáže uväzniť aj fotóny s rýchlosťou svetla, sa nazýva Schwarzschildov polomer.

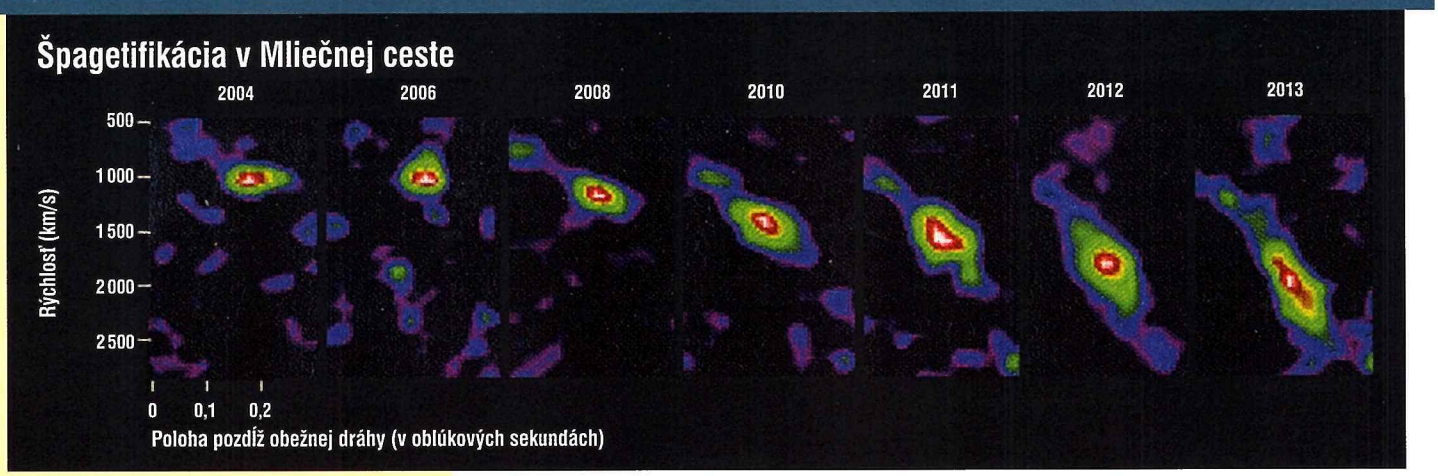
Bola to pekná myšlienka. Vo svete teórií však existuje veľa vecí, ktoré v reálnom živote nepozorujeme. Celé roky sa vedci zaobišli bez dôkazu, či teleso so Schwarzschildovym polomerom existuje.

Šestnásť rokov po zverejnení Schwarzschildovej teórie indický astrofyzik Subrahmayan

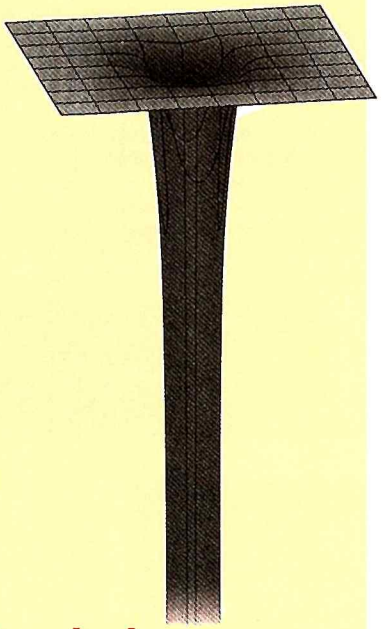
⇨⇨



Všetky čierne diery vyžarujú hmotu do vesmíru a počas dostatočne dlhého času sa celkom vyparia, zaniknú. Tento únik hmoty sa nazýva Hawkingovo žiarenie, ktoré je produktom kvantovej mechaniky. V priestore sa spontánne vytvárajú páry, ktoré vzápätí navzájom anihilujú. Keď sa však vytvoria tesne nad horizontom udalostí, jedna častica prepadne pod horizont, zatiaľ čo druhá unikne do vesmíru. Tak čierna diera postupne stratí hmotnosť a zanikne.



Astronómovia objavili plynový oblak G2, ktorému hrozí „blízke stretnutie" so supermasívnou čiernou dierou v strede Mliečnej cesty. Vedci rekonštruovali jeho pohyb a smerovanie, aby zistili, ako sa priebežne menil. Obrázok znázorňuje, ako gravitácia čiernej diery „naťahuje" bližší okraj oblaku smerom k horizontu udalostí. Názorný príklad „špagetifikácie".



Mýty okolo čiernych dier

Mýtus: Čierna diera nasaje všetko zo svojho okolia.
Realita: Čierna diera nasaje iba hmotu, ktorá sa ocitne pod hranicou kritickej vzdialenosti. Keby Slnko skolabovalo do čiernej diery, Zem by obiehala po tej istej obežnej dráhe ako dnes. Nepriblížila by sa k čiernej diere ani o piaď.

•

Mýtus: Čierne diery sú superhusté.
Realita: To platí iba pre stelárne čierne diery (s hmotnosťami niekoľkých Slnk.) Najväčšie supermasívne čierne diery však majú nižšiu hustotu ako voda.

•

Mýtus: Jadrom každej čiernej diery je singularita, ktorá okupuje nulový priestor a je nekonečne hustá.
Realita: Časť astrofyzikov o tom pochybuje.

Chandrasekhar rozpracoval Einsteinove rovnice. Z rovníc mu jednoznačne vyplynulo, že každé kolabujúce teleso s vyššou hmotnosťou ako 1,4 hmotnosti Slnka sa bude po kolapse neustále zmenšovať a nikdy nedosiahne stabilnú, konečnú veľkosť.

Čo to však znamená? Bude sa zmenšovať dovtedy, až kým nebude vypĺňať nejaký priestor? Až kým nedosiahne nekonečnú hustotu? Vedci takýto bizarný „bod" nazývajú singularita.

Napriek tomu viacerí fyzici v 30. rokoch minulého storočia verili, či presnejšie dúfali, že musí existovať niečo, čo by neodvratný kolaps zastavilo.

Vďaka kvantovej mechanike to „niečo" našli. Počas kolapsu subatomárne častice – neutróny, musia mať istý minimálny priestor, takže kolaps by sa mal zastaviť vo chvíli, keď by kvôli kolapsu o tento priestor prišli.

Iní fyzici, napríklad Robert Oppenheimer, však tvrdili, že takáto „brzda" by pôsobila iba po istý bod. Ak by kolabujúca hviezda mala 3- až 4-krát väčšiu hmotnosť ako Slnko (zo štúdií už vtedy vyplývalo, že takýchto telies je v Galaxii bezpočet), kolaps by bol taký silný, že by ho už nič nemohlo zastaviť.

Zamrznutý čas

Oppenheimer svoju teóriu rozvíjal ďalej. Upozornil, že podľa Einsteina dochádza počas kolapsu nielen ku gravitačnému zrútenie priestoru, ale aj času (teda časopriestoru), takže kolaps by sa mal zastaviť na horizonte udalostí čiernej diery. Na hranici, definovanej Schwarzschildovym polomerom, spoza ktorej nemôže uniknúť ani svetlo.

Koniec času? Začalo nekonečné kolo diskusií. Ktosi nazval hypotetické kolabujúce objekty „zamrznutými hviezdami". Bola to a dodnes je prijateľná koncepcia: keď sa čokoľvek zmenší na kritický objem, na jeho povrchu už neprebiehajú pri pohľade z hociktorého miesta vo vesmíre nijaké zmeny.

Teda fyzici už pred 75 rokmi prišli na to, na čo dnes zabúdame. Nijaký vonkajší pozorovateľ nemôže sledovať celý kolaps hviezdy až po stav čiernej diery. Skôr, ako dokáže teleso vytvoriť svoj horizont udalostí či sformovať singularitu, jeho zmenšovanie sa z našej perspektívy zastaví. Hviezda naveky „zamrzne", jej svetlo sa stratí.

Kolaps akejkoľvek hviezdy nemôžeme sledovať až do konca aj z iných dôvodov. Kým sa posledný kúsok kolabujúceho materiálu zrúti do čiernej diery, uplynie nekonečný čas. Nekonečný čas však doteraz neuplynul (a neuplynie), takže treba povedať, že „skoro všetky" existujúce čierne diery majú vlastnosti, ktoré s reálnymi úkazmi nemajú nič spoločné.

Ďalšie dvere vesmíru

Pochopiť čierne diery vyžaduje popasovať sa s kľúčovým bodom relativity: so vzťažnými sústavami. Pekný príklad tejto koncepcie poskytujú mióny – bratanci elektrónov, ktoré vďaka relativite každú sekundu prenikajú našimi telami.

Tieto častice, každá 207-krát hmotnejšia ako elektrón, vznikajú v horných vrstvách atmosféry, keď kozmické žiarenie (najmä protóny) naráža na molekuly vzduchu. Životnosť miónu je 2 mikrosekundy (dve milióntiny sekundy), potom zanikne. Bez ohľadu na rýchlosť jeho pohybu dosahujúcej takmer rýchlosť svetla, mión neurazí viac ako 800 metrov pred tým, ako sa rozpadne na niekoľko subatomárnych častíc. Ako je potom možné, že na povrchu Zeme, 56 kilometrov pod hladinou, kde sa mióny rodia, tieto častice neustále prenikajú našimi telami?

Odpoveď na túto otázku je udivujúca. Pre mión, ktorý sa pohybuje vysokou rýchlosťou, sa vzdialenosť skracuje. Z tejto perspektívy ho vo chvíli zrodu od povrchu Zeme nedelí 56 kilometrov, ale iba niekoľko stoviek metrov. Preto dokáže takúto vzdialenosť prekonať počas svojho krátkeho života. Čas miónov sa spomaľuje presne tak, ako sa čas podľa Einsteina spomaľuje pri vysokých rýchlostiach alebo v silnom gravitačnom poli.

Obe odlišné vzťažné sústavy (ten náš a ten muónov) sú fyzikálne platné. Ich dôsledkom je fakt, že mióny bez problémov prelietavajú našimi telami. Ibaže: v žiadnej učebnici nenájdete, že atmosféra má hrúbku iba 800 metrov, hoci muóny ju tak „vnímajú". Rozhodujúca je naša perspektíva.

Významným zdrojom zmätkov okolo čiernych dier je, že ich neposudzujeme z nášej vzťažnej sústavy, ale z perspektívy objektov rútiacich sa do gravitačného poľa čiernych dier. Ak vedci hovoria o masívnych hviezdach kolabujúcich do čiernych dier, neberú do úvahy fakt, že zďaleka nie celý proces prebieha v našej vzťažnej sústave. Inými slovami: čierne diery sú iba do takej miery „reálne", aká reálna je atmosféra Zeme hrubá iba 800 metrov. Keď astronómovia pozorujú hviezdy divoko krúžiace okolo jadra našej Galaxie, vidia iba „čosi ako čiernu dieru".

Od teórie k reálnemu životu

Všetky husté objekty boli teoretickými, virtuálnymi telesami až do roku 1967. Vtedy astronómka Jocelyn Bellová objavila prvý pulzar. Objekt, ktorý emituje pulzy žiarenia každých 1,33 sekúnd. O dva roky neskoršie identifikovali vedci pulzary (dnes sú ich v katalógoch tisíce)

ako vonkajšie prejavy rýchle rotujúcich neutrónových hviezd. O niečo neskôr objavili aj masívne telesá, ktoré kolabujú do čiernych dier.

Pulzar, ktorý hniezdi v strede Krabej hmloviny, má hmotnosť 1,4 Slnka a priemer sotva 20 kilometrov. Jeho hmota má hustotu ako horčičné semienko, do ktorého by skolabovala lietadlová loď. Úniková rýchlosť častíc z jeho povrchu je značná. Keď vedci pochopili, aké sú neutrónové hviezdy zvláštne a kompaktné telesá, pripustili, že môžu existovať aj hustejšie objekty, napríklad čierne diery.

Pojem čierna diera sa po prvý raz objavil v roku 1964. V článku, ktorý napísala novinárka Ann Ewingová. Slávny fyzik John Wheeler začal tento pojem používať, takže zakrátko sa ujal.

Aj keby čierne diery v skutočnosti nejestvovali, z hľadiska našej vzťažnej sústavy sú reálne. Čo ak sa ľudia raz pokúsia preskúmať čiernu dieru zblízka? Keď sa k nej budete približovať, nezaznamenáte nič mimoriadne. Ani keby ste sa k nej ešte viac priblížili (a bude to masívna čierna diera, podobná tej v jadre našej Galaxie), vstup za horizont udalostí by ste pravdepodobne nezaznamenali.

Paradox: Čím sú čierne diery menšie, tým sú aktívnejšie. Ak by sme navštívili stelárnu hviezdnu dieru (hmotnosť niekoľko SĺNk), dobrodružstvo by bolo oveľa dramatickejšie. Už pred horizontom udalostí by gigantické sily gravitácie naše telo natiahli a roztrhali ho na márne kúsky.

Zabudnime na ilúziu, že by táto skúsenosť bola bránou do iného času. Bol by to koniec našej existencie. Ak sa pozorovateľ z jednej vzťažnej sústavy pokúša zistiť, čo sa deje v inej sústave, veci sa stávajú nejednoznačnými. Expert na všeobecnú teóriu relativity Tarun Biswas vysvetľuje: „Ak sa pozorovateľ rúti do čiernej diery spolu s troskami gravitáciou rozmetanej hviezdy, formovanie čiernej diery nebude vnímať. Časť trosiek, rútiacich sa pred ním, potrebuje totiž nekonečný čas na to, aby do čiernej diery skolabovala."

Za horizontom udalostí

V ostatných rokoch sa väčšina sporov krúti okolo horizontu udalostí. Vedci sa dlho nazdávali, že toto rozhranie je neviditeľné. Kto by cez horizont prenikol, nepozoroval by nič mimoriadne. Podaktorí fyzici sa však nazdávajú, že svetlo sa vo vnútri horizontu udalostí akumuluje do podoby akéhosi „ohnivého valu". To znamená, že by ste sa po vniknutí ocitli v ohnivom pekle dávno predtým, ako by ste sa premenili na špagetu.

Tieto predstavy nám pomôže vysvetliť vo veľkých škálach fyzika všeobecnej relativity, v malých škálach kvantová mechanika. Vieme, že obe tieto disciplíny sú zatiaľ, napriek úsiliu vedcov, nezjednotené. Neexistuje jednotná teória všetkého. Zjednotenie si však vyžadujú aj teoretické predpovede týchto disciplín.

Existujú aj iné nezrovnalosti. Niektorí vedci tvrdia, že hmota pod horizontom udalosti zmizne bez stopy. Iní namietajú, že totálna a neustála deštrukcia všetkých informácií nie je v zhode s „princípom jednoty" (unitarity). Podľa tohto princípu sa nijaká informácia nemôže stratiť. Ibaže ak niečo zmizne v čiernej diere, logika hovorí, že sa jeho identita naozaj stratila.

Pred necelým rokom Stephen Hawking vzbudil pozornosť vyhlásením, že horizont udalostí nie je večný, a teda problém „stratených informácií" nie je problémom. Horizont udalostí sa jednoducho vyparí a hmota, uväznená v ňom bude pomaly z neho unikať už od samého zrodu čiernej diery. Inými slovami: stratené informácie sa opäť objavia.

Väčšina fyzikov zareagovala s nevôľou. Namietajú, že Hawkingove argumenty nie sú nové. Hawking vraj iba iným slovami prerozprával teórie iných astrofyzikov. Debata pokračuje.

Vlani v novembri uverejnil Biswas v časopise Physics Today článok, v ktorom tvrdí, že zo Schwarzschildovej matematiky horizont udalostí nevyplýva. Ak sa to potvrdí, potom bude treba prepísať nielen učebnice, ale celý problém okolo čiernych dier nanovo premyslieť. Bez horizontu udalostí a sigularít si dnešní astronómovia nevedia čierne diery predstaviť.

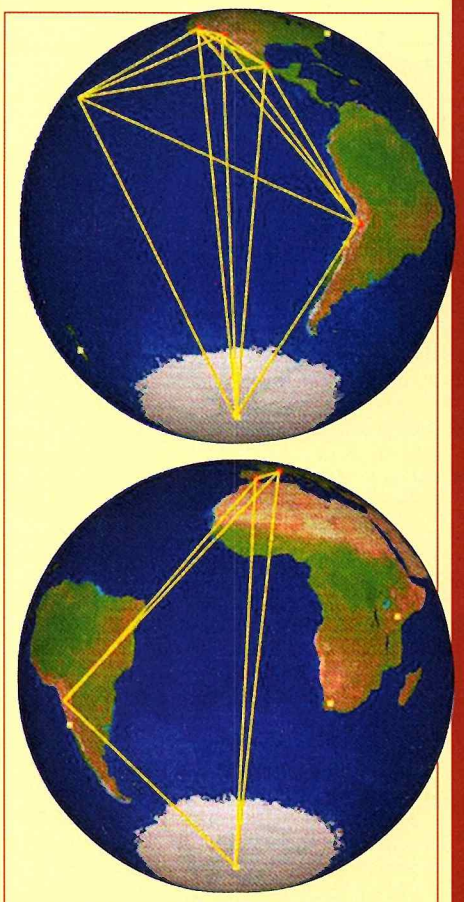
Čoraz viac vedcov pracuje na teórii všetkého, ktorá by mala zjednotiť kvantovú mechaniku a gravitáciu. Avo Loeb z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics tvrdí: „Očakáva sa, že singularita sa po uplatnení kvantovej mechaniky rozplynie."

Navyše existujú rozličné typy čiernych dier. Rotujúca čierna diera má odlišné vlastnosti ako nerotujúca. Napríklad jej gravitácia pôsobí na okolitý časopriestor tak, že nijaké teleso nemôže zotrvať v stacionárnom stave. Astrofyzici si majú nad čím lámať hlavy. Ako to však vyzerá, jedného dňa tieto zamrznuté hviezdy môžu rozmrznúť.

Astronomy, október 2014

•

Každý objekt vo vesmíre, ak by nabalil kritickú hustotu, premení sa na čiernu dieru. Veľkosť objektu, ktorý by sa na čiernu dieru premenil, udáva Schwarzschildov polomer a ten závisí od hmotnosti objektu. Obrázok znázorňuje veľkosť Schwarzschildovho polomeru jednotlivých planét našej Slnečnej sústavy.



Do desiatich rokov by mala byť zostavená globálna sieť submilimetrových ďalekohľadov. Tak vznikne ďalekohľad horizontu udalostí. Tento ďalekohľad, veľký ako Zem, bude mať veľkú rozlišovaciu schopnosť. Astronómovia pomocou tohto prístroja dokážu získavať snímky centrálnej diery Mliečnej cesty, snímky prachoplynových oblakov nad horizontom udalostí a detegovať žiarenie z tejto oblasti.

Vek hviezd podobných Slnku

Takéto hviezdy by mali mať podobnú teplotu, hmotnosť a spektrálny typ ako Slnko. A vek okolo 4,5 miliardy rokov. Presný vek takýchto hviezd sa však väčšinou nedá presne určiť, takže planetológovia pri určovaní kategórie „Slnku podobná hviezda" túto charakteristiku vynechávajú.

Gyrochronológia je nová technika, ktorá spresňuje vek hviezd meraním ich rotácie. Doteraz sa takto podarilo spresniť vek 22 Slnku podobných hviezd. Pred objavením tejto techniky sa podarilo zmerať rotáciu a vek iba dvoch hviezd.

Vedci tieto hviezdy nazývajú dvojníkmi Slnka. (Poznámka: dvojníci Slnka by mali mať takmer rovnaké parametre ako Slnko. Súrodenci Slnka sú hviezdy, ktoré sa zrodili v rovnakom prachoplynovom oblaku, ale môžu mať výrazne odlišné parametre.)

Štúdiom minulosti, prítomnosti a budúcnosti dvojníkov Slnka dokážu vedci predpovedať, ako na planetárne sústavy týchto hviezd vplýva evolúcia centrálnej hviezdy.

Rotáciu hviezdy dokážu vedci vypočítať meraním zmien jasnosti hviezdy. Zmeny jasnosti ovplyvňujú škvrny, pohybujúce sa po povrchu hviezd. Sledovaním týchto škvŕn a meraním času, ktorý uplynie od chvíle, keď sa škvrny stratia za okrajom hviezdy a opäť vynoria na opačnej strane, dokážu vypočítať rotáciu hviezdy.

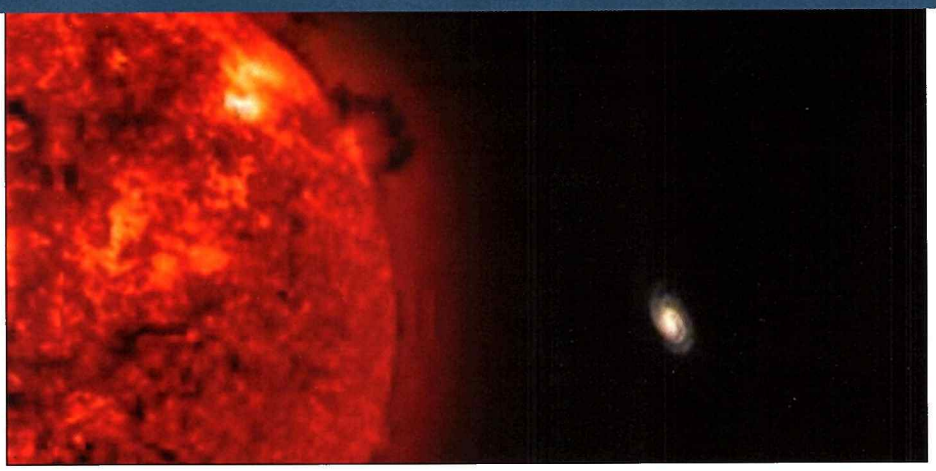
Zmeny spôsobené škvrnami sú neobyčajne malé. Jasnosť hviezdy sa zníži nanajvýš o niekoľko percent, zvyčajne ešte menej. Vesmírny ďalekohľad Kepler dokáže takéto zmeny detegovať. Vedci z tímu CfA (Center for Astrophysics) zistili, že Slnku podobné hviezdy sa otočia okolo svojej osi v priemere raz za 21 dní. Škvrny na Slnku v rovníkovom páse obehnú okolo Slnka za 25 dní.

Mladé hviezdy rotujú rýchlejšie ako staré, takže z rotácie možno odvodiť vek. Väčšina hviezd zo skúmaného súboru rotuje rýchlejšie ako Slnko. Sú teda mladšie ako naša hviezda.

Vedci z CfA nadviazali na dávnejšie štúdie Sorena Meiborna. Jeho tím meral hodnoty rotácie hviezd v starej hviezdokope NGC 6811. Keď získali spoľahlivé hodnoty, využili ich na kalibrovanie gyrochronologických hodín. Tím z CfA, ktorý vedie José Diaz do Nascimento, však skúmal voľné „pole" hviezd, ktoré nepatria do nijakej hviezdokopy.

Nakoľko vieme, že hviezdy a planéty sa formujú približne v rovnakom čase, z veku hviezd vyplýva aj vek planét. Keďže predpokladáme, že život môže vzniknúť a vyvíjať sa iba na starších, zrelších, stabilizovanejších planétach, z veku materských hviezd možno vytipovať sústavy, ktoré sú na vznik života najvhodnejšie. Hoci zatiaľ ani pri jednom z 22 dvojníkov Slnka nenašli planétu, vedci poskytli lovcom exoplanét dôležitý kľúč na výber vhodných cieľov.

CfA Press Release

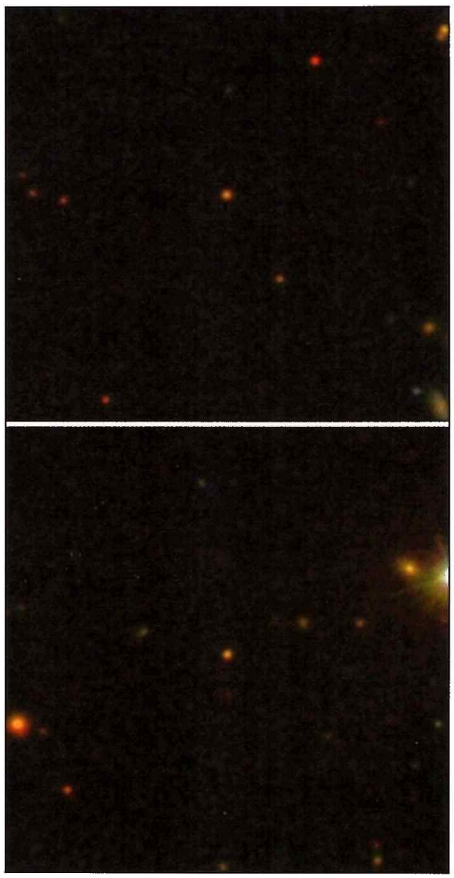


Ilustrácia demonštruje, aká malá sa zdá byť Mliečna cesta z okolia hviezdy ULAS J0744+25, červeného obra, vzdialeného 775 000 svetelných rokov. Spolu s červeným obrom ULAS J0015+01 ide o doteraz najvzdialenejšie hviezdy združené s našou Galaxiou.

Najvzdialenejšie hviezdy v Mliečnej ceste

Hviezdy ULAS J0744+25 a ULAS J0015+01, vzdialené 700 000 svetelných rokov od Zeme, sú najvzdialenejšími hviezdami v našej Galaxii. Objavil ich tím, hľadajúci najvzdialenejšie hviezdy. Nie kvôli rekordom: práve v nich sa skrýva kľúč k pochopeniu vzniku a vývoja nášho hviezdneho ostrova.

Vedci za hranicou 400 000 svetelných rokov zatiaľ veľa hviezd neobjavili. Nanajvýš sedem. Medzinárodný tím amerických a holandských astronómov (Boston University, Michigan State University, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics a Kapteyn Astronomical Institute) sa zameral na vonkajšie halo Mliečnej cesty, v ktorom je plno hviezd. Halo obopína disk našej Galaxie a hviezdy v ňom sú od jej stredu vzdialené najmenej 500 000 svetelných rokov. Vedci skúmali najmä chladných červených obrov, ktorých vytipovali z dvoch prehliadok oblohy: UKIRT Infrared Deep Sky Survey a Sloan Digital Sky Survey.



Červené hviezdy uprostred oboch snímok z prehliadky Sloan Digital Sky Survey nie sú na pohľad bohvieako impozantné. Červení obri ULAS J0744+25 *(hore)* **a ULAS J0015** *(dole)* **sú však najvzdialenejšie zo všetkých hviezd Mliečnej cesty.**

Červení obri sú oproti chladným červeným trpaslíkom relatívne zriedkaví. Tieto dva typy hviezd sa vyvíjali celkom odlišne: trpaslíci fúzujú vodík priamo v jadrách, obri vodík v jadrách už spotrebovali a v záverečnej fáze vývoja spaľujú vodík z obálky obklopujúcej jadro. Oba typy hviezd majú rovnakú teplotu a farbu. Obri sú však 10 000-krát väčší ako trpaslíci, takže sú pozorovateľní aj vo veľkých vzdialenostiach.

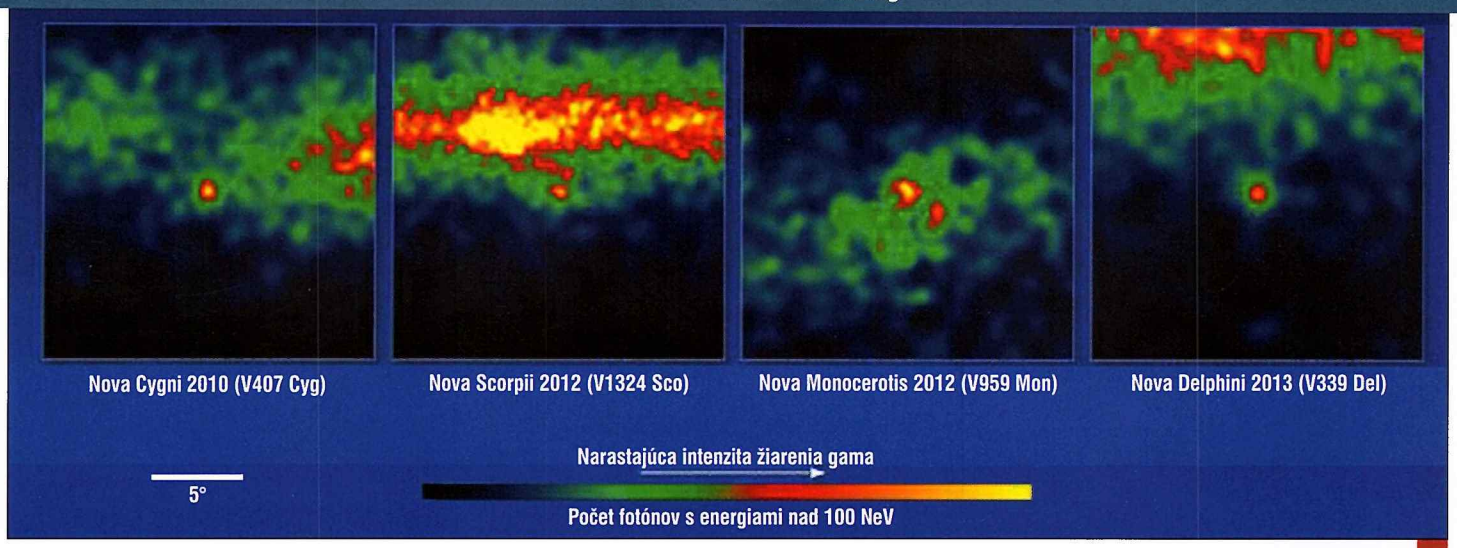
Vedci kombinovali filtre odlišujúce rozdielne časti viditeľného a blízkeho infračerveného žiarenia z týchto obrov. Tak objavili v hale iba 400 kandidátov na chladných červených obrov. Spektroskopické overenie identity týchto hviezd urobili pomocou 6,5-metrového ďalekohľadu na MMT observatóriu (Mount Hopkins v Arizone).

Vlani v novembri pozorovali vedci hviezdy ULAS J0744+25 a ULAS J0015+01. Na určenie vzdialenosti použili niekoľko metód, ale zakaždým dospeli k rovnakému výsledku: v oboch prípadoch ide o extrémne vzdialené hviezdy. Prvá je vzdialená 775 000, druhá 900 000 svetelných rokov. To znamená, že sú od Slnka o 50 % vzdialenejšie ako iné známe hviezdy v Mliečnej ceste a 5-krát vzdialenejšie ako Veľký Magellanov oblak. Mimochodom: je to tretina vzdialenosti ku galaxii Andromeda, sesterskej galaxie Mliečnej cesty v Lokálnej skupine galaxií.

V čase, keď obe hviezdy vyžiarili svetlo, ktoré dnes vedci skúmajú, iba najvyspelejšie skupiny našich predkov dokázali umelo zažať oheň. Význam objavu najvzdialenejších hviezd však netkvie v ich rekordnej vzdialenosti, ale v tom, že sú súčasťou hala. Časť vedcov sa nazdáva, že halo je dôsledkom splývania množstva malých galaxií s Mliečnou cestou. Teória existenciu takýchto rozsiahlych stelárnych hal predvídala.

Analýza údajov väčšej série vzdialených červených obrov overí tieto predpovede, lebo donedávna väčšina astronómov pochybovala, že sa v takej veľkej vzdialenosti nachádza tak veľa hviezd, ktoré sú súčasťou nášho hviezdneho ostrova.

Astrophysical Journal Letters



Takto zaznamenal vesmírny ďalekohľad Fermi každú zo štyroch nov, ktoré boli aj zdrojom žiarenia gama. Farby označujú počet detegovaných vzplanutí žiarenia gama s energiami vyššími ako 100 miliónov elektrónvoltov.

Nové zdroje žiarenia gama...

... objavil vesmírny ďalekohľad Fermi. Napospol ide o novy, ktoré skoro vždy emitujú aj žiarenie gama. Nova je náhle, krátkodobé zjasnenie ináč obyčajnej hviezdy, ktoré je produktom termojadrovej explózie na povrchu bieleho trpaslíka, kompaktnej hviezdy, iba o málo väčšej ako Zem.

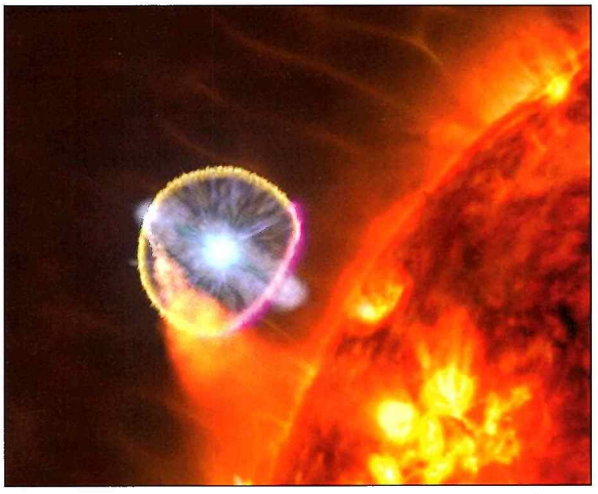
Pri každej explózii novy sa uvoľní 100 000-krát viac energie ako vyžiari Slnko za rok. Pred vypustením ďalekohľadu Fermi nikto neveril, že vzplanutia novy generujú aj žiarenie gama, emisie s niekoľko miliónkrát väčšou energiou ako viditeľné svetlo. Vzplanutia žiarenia gama pripisovali oveľa väčším kozmickým vzplanutiam.

Prístroj LAT (Large Area Telescope) na palube Fermi zaznamenal v roku 2010 vzplanutie novy V407 Cygni. (Bola to prvá nova z bohatej koristi tohto vesmírneho ďalekohľadu.) Zdrojom vzplanutia bola zriedkavá dvojhviezda, ktorej zložky tvoria biely trpaslík a červený obor, viac ako 100-krát väčší než Slnko. Vzplanutie novy v takýchto systémoch sa objaví raz za niekoľko desiatok rokov.

V rokoch 2012 a 2013 objavil LAT tri „klasické novy", ktoré sa objavujú pri hojnejšie sa vyskytujúcich dvojhviezdach. V takýchto sústavách biely trpaslík a hviezda podobná Slnku obehnú spoločné ťažisko za niekoľko hodín.

Vedci sa spočiatku nazdávali, že V407 Cygni je zvláštna dvojhviezda. Červený obor v tejto dvojhviezde má mohutnú plynovú atmosféru, ktorá interaguje s nárazovou vlnou po explózii. Zdroje žiarenia gama, ktoré objavil Fermi, napospol dvojhviezdy, však v systéme červených obrov zvyčajne nemajú.

Fermi detegoval klasické novy V339 Delphini a V1324 Scorpii tam, kde sa najskôr prejavili vo viditeľnom svetle. O niečo neskôr iné ďalekohľady objavili aj pohasínajúcu novu V959 Monocerotis.



Novy sa obyčajne objavujú v dvojhviezdach, kde je jednou zo zložiek Slnku podobná hviezda. V sústave V407 generuje nova žiarenie gama tým, že nárazové vlny po výbuchoch interagujú s rozpínajúcou sa obálkou.

Astronómovia každý rok objavia v Galaxii 20 až 50 nov. Objavili by ich aj viac, ale takéto systémy často obaľuje prach, ktorý viditeľné žiarenie úplne pohlcuje, pričom vzdialenosť týchto nov tlmí aj žiarenie gama. A tak väčšinu nov objavili zatiaľ iba vo vzdialenostiach 9000 až 15 000 svetelných rokov, vzhľadom na rozmery našej Galaxie relatívne blízko.

Novy vybuchujú vtedy, keď sa prúd plynu z druhej zložky navinie na povrch bieleho trpaslíka. V prípade klasických nov, po uplynutí desiatok tisíc rokov (v prípade novy V407 Cygni iba niekoľkých desaťročí) dosiahne vrstva navíjajúceho sa plynu takú hrúbku, hustotu a teplotu, že nova exploduje. Vodík začína fúzovať, čím sa rozbehnú aj ďalšie jadrové reakcie. Tie napokon spôsobia výbuch nabaleného plynu.

Emisie žiarenia gama sú produktom viacnásobných nárazových vĺn. Každá uniká do okolia inou rýchlosťou. Rýchlejšie vlny môžu interagovať s pomalšími, pričom častice neraz nadobudnú takmer rýchlosť svetla. Tieto procesy môžu generovať žiarenie gama.

Takýto proces podľa všetkého pôsobí aj pri nove V407 Cygni, ale vedci jasný dôkaz ešte nemajú. Žiarenie gama, vygenerované týmto procesom, totiž prekrývajú emisie, vyvolané interakciami nárazových vĺn s plynom okolo červeného obra.

Fermi Press Release

Prvé hviezdy obohatili vesmír ťažkými prvkami

Jednou zo záhad kozmológie je formovanie masívnych čiernych dier v centrách galaxií. Sformovali sa z veľkých balíkov normálnej a tmavej hmoty? Alebo: vznikli po gravitačnom splývaní prvých hviezd? Nie je vylúčená ani možnosť, že čierne diery vznikli po kolapse supermasívnych hviezd.

Tieto hviezdy s hmotnosťami najmenej 10 000 Slnk mali krátky, búrlivý život, ktorý skončil premenou na čiernu dieru. Podľa najnovších štúdií však tieto hviezdy mohli mať inakší osud.

Časopis Astrophysical Journal zverejnil nedávno počítačové simulácie vývoja supermasívnych hviezd. Vedci sa zamerali na evolúciu primordiálnych hviezd (populácia III) s hmotnosťami okolo 55 000 hmotností Slnka. V takejto škále hydrodynamický model nefunguje. Vedci museli zohľadniť efekty všeobecnej teórie relativity i fotodisociácie, počas ktorej intenzívne žiarenie môže rozbíjať jadrá atómov.

Vedci zistili, že takéto hviezdy sa už po 1,7 miliónoch rokov stanú nestabilnými. Prekvapilo ich, že takéto hviezdy nevybuchnú ako supernovy a nepremenia sa vzápätí na čierne diery, ale rozpadnú sa. Bez toho, aby zanechali po sebe kompaktné jadro. Navyše, väčšina výbuchom rozptýlenej hmoty sa sfúzuje do kovov. (Kovy sú prvky ťažšie ako vodík a hélium.) Takže zánik týchto gigantických hviezd obohatil vesmír ťažkými prvkami.

Vedci sa nazdávajú, že vo vzdialenom vesmíre by sme výbuchy takýchto hviezd mohli pozorovať. Prejavili by sa v blízkej infračervenej oblasti spektra ako hviezdne explózie s vysokým červeným posunom ($z = 20$). Takéto explózie však dokáže detegovať iba Euclid, infračervený vesmírny ďalekohľad, ktorý vypustia až v roku 2020.

Záhadu vzniku čiernych dier astrofyzici zatiaľ nerozlúštili, ale objavili proces, ktorým prvé hviezdy obohatili vesmír ťažkými prvkami.

Astrophysical Journal

Mars One:

Vyše sedemsto vytipovaných dobrovoľníkov (z celkového počtu 200 000 kandidátov!) už onedlho bude bojovať o šancu stať sa prvými osadníkmi Marsu. Prostriedky na odvážnu misiu má zabezpečiť globálna mediálna akcia. Bude to cesta bez návratu. Budúci marsonauti sú odhodlaní na všetko. Chcú sa stať Kolumbami osídľovania Marsu, zapísať sa do dejín. Jedným z nich je Nemec Stephan Günther.

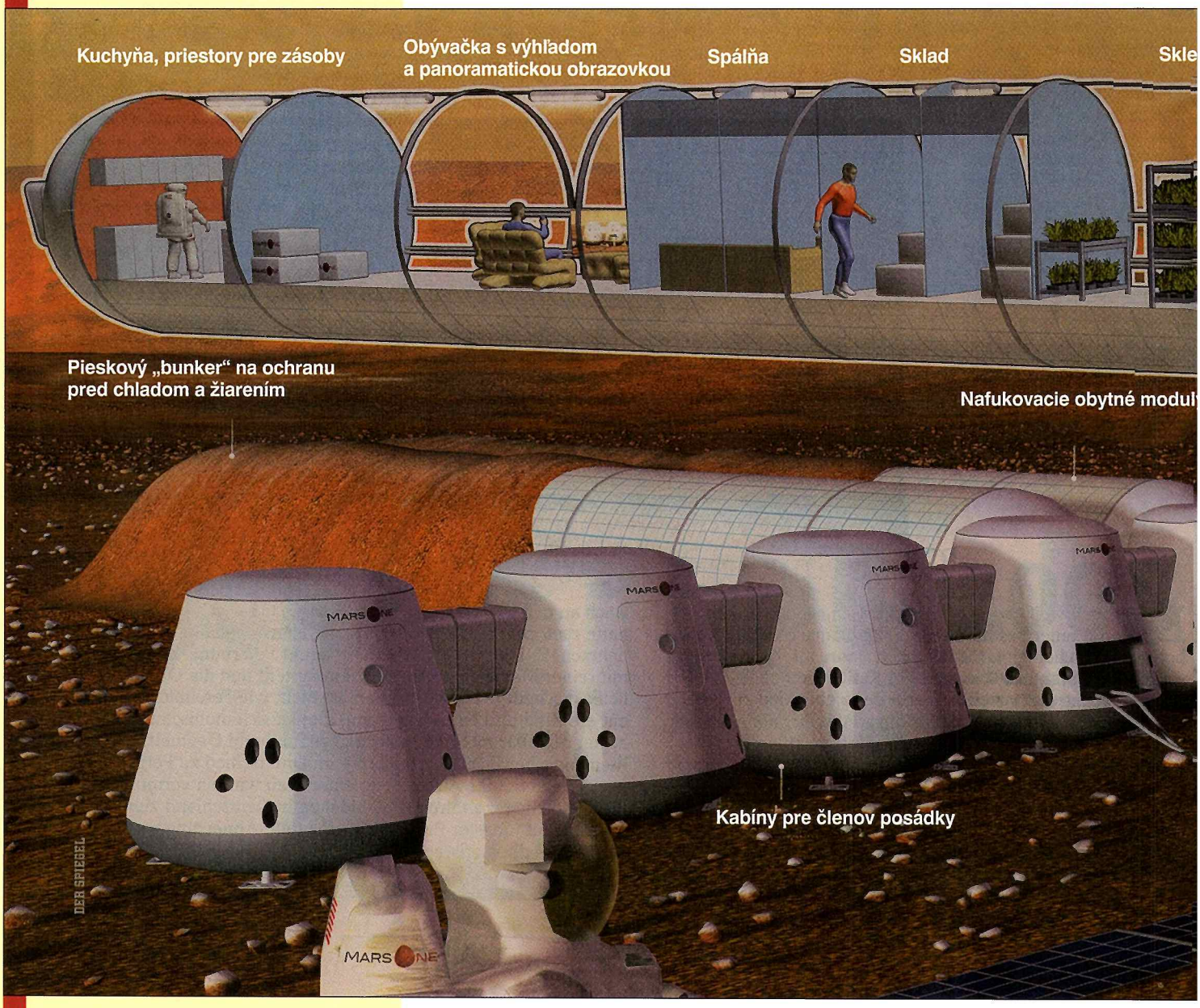
Ak sa Güntherovi životný sen splní, jedného dňa umrie na Marse. O Marse sníva už celé roky, všetko má dobre premyslené. V prípade smrti, tak ako ďalší, ktorých vyberú, uložia jeho telo do hermetickej schránky a až potom ho pochovajú do marťanskej pôdy. Ľudské pozostatky by nemali kultúry marťanských baktérií kontaminovať.

O jedenásť rokov však Stephan Günther (ak ho zaradia do prvej zo siedmich posádok) môže na rovere kľučkovať medzi dunami a krátermi a jeho misiu budú sledovať v priamom prenose na Zemi. Günther dnes žije v Magdeburgu. Živí sa ako inštruktor v leteckej škole.

Misia bez návratu marsonautov na Zem bude rádovo lacnejšia. Projekt financuje holandská nadácia, ktorú založil podnikateľ Bas Lansdorp. Už v roku 2025 chcú vyslať na Mars štyroch marsonautov. Ďalšie tímy poletia po nich. Medzi kandidátov vyberú iba psychicky, fyzicky a odborne najzdatnejších. Celých osem rokov ich budú špecialisti nadácie pripravovať na misiu Mars One. Musia byť pripravení na život vo výnimočných podmienkach.

Mars nie je cieľom pre turistov. Aj na rovníku panujú nízke teploty a časté prachové búrky zúria neraz celé mesiace. Osadníci budú odkázaní iba na seba.

Zem z povrchu Marsu vyzerá ako malá guľka na oblohe. Zo Zeme nemôžu očakávať nijakú pomoc. Let na Mars trvá najmenej šesť mesiacov. Pritom iba každé dva roky sa obe planéty priblížia natoľko, že sa otvorí okno pre najkratšiu cestu na červenú planétu.



poletia o 11 rokov na Červenú planétu prví marsonauti?

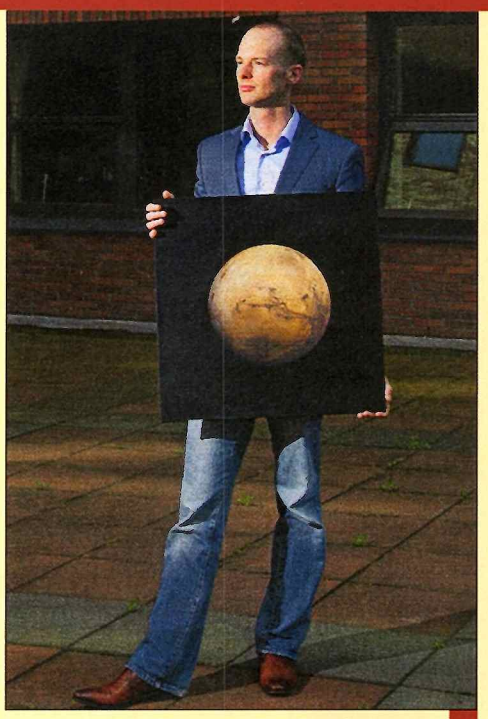
Günthera to však neznepokojuje. Už ako dieťa si postavil vesmírnu kabínu z kartónu. Na steny namaľoval vnútorné zariadenie, zostrojil sedačku pre ležiaceho pilota. Dnes dúfa, že sa stane jedným z vyvolených, ktorí v prvej misii prekonajú vzdialenosť 54 miliónov kilometrov medzi Zemou a Marsom.

Do prípravy misie sa už zapojili viaceré firmy. Americká spoločnosť SpaceX predviedla už v máji tohto roku model kozmickej lode Dragon V2. *(Koncom septembra sa uskutočnil prvý let lode Dragon V2 na kozmickú stanicu ISS). V lodi môže letieť až sedem marsonautov.)*

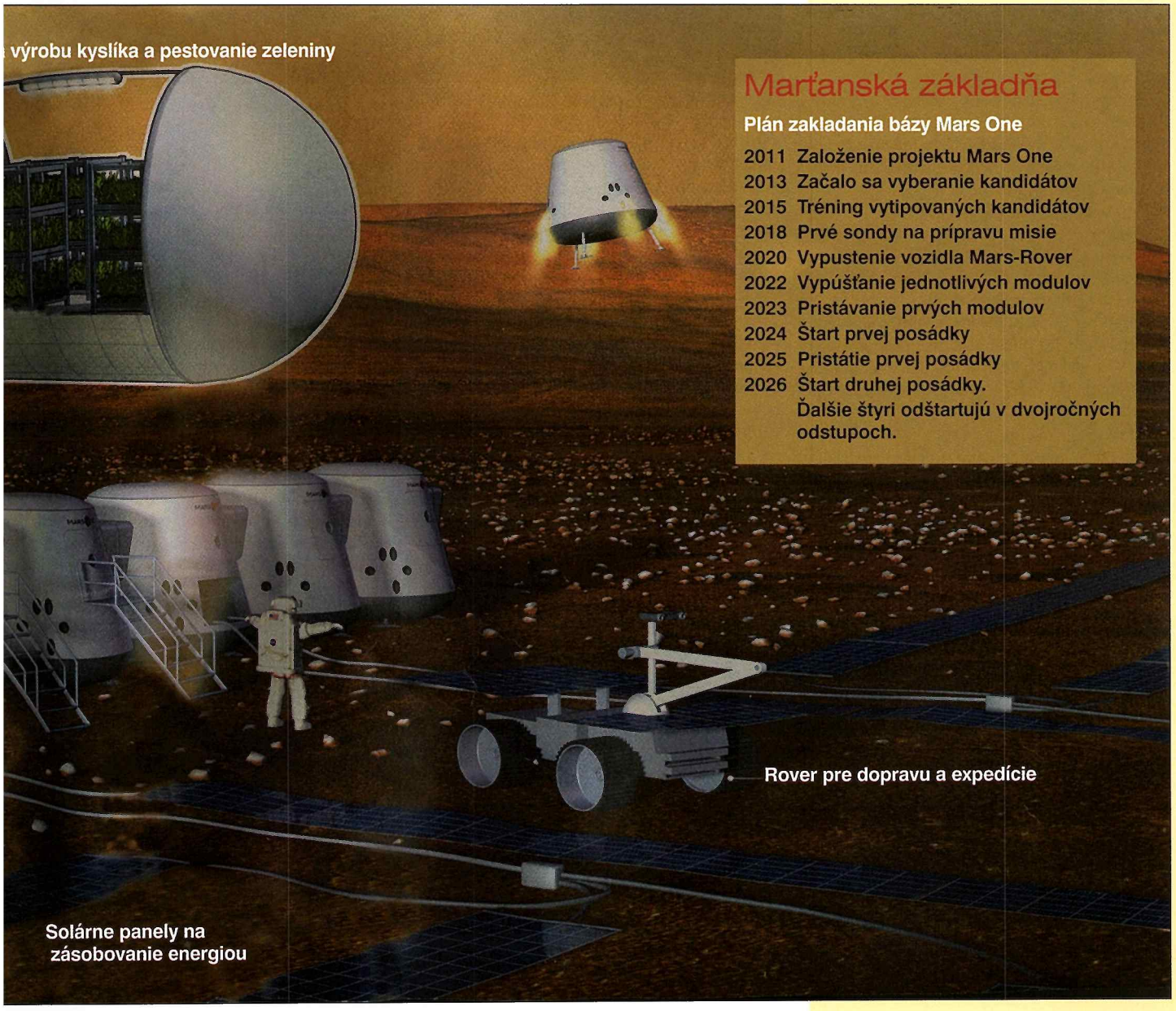
V roku 2016 poletia vyvolení misie Mars One na vesmírnu stanicu ISS. Po roku 2018 bude Mars One vysielať na Červenú planétu lode so segmentmi prvej marťanskej kolónie. Keď v roku 2025 pristanú na Marse prví štyria zo skupiny 24 osadníkov, ubytujú sa v kompletne vybavenej základni. Okrem obytného modulu budú využívať aj nafukovacie, klimatizované skleníky na pestovanie šalátu, paradajok a cukín. Vodu budú získavať z ľadu, premiešaného s marťanskou pôdou. Energiu budú zabezpečovať solárne bunky.

Technicky sú takéto misie už dávno realizovateľné. Oveľa väčším problémom sú finančné prostriedky. Plánovači misie Mars One si trúfajú uskutočniť prípravu bázy pre marsonautov za 6 miliárd dolárov. (To je 9-krát menej, ako stáli misie Apollo v čase, keď mal dolár vyššiu hodnotu.) Väčšinu prostriedkov má zabezpečiť predaj práv na priame televízne prenosy, veď za prenosy

⇨⇨



Bas Lansdorp, iniciátor misie Mars One: Bude to najväčšia televízna udalosť po prvom lete na Mesiac.



Marťanská základňa

Plán zakladania bázy Mars One

- 2011 Založenie projektu Mars One
- 2013 Začalo sa vyberanie kandidátov
- 2015 Tréning vytipovaných kandidátov
- 2018 Prvé sondy na prípravu misie
- 2020 Vypustenie vozidla Mars-Rover
- 2022 Vypúšťanie jednotlivých modulov
- 2023 Pristávanie prvých modulov
- 2024 Štart prvej posádky
- 2025 Pristátie prvej posádky
- 2026 Štart druhej posádky. Ďalšie štyri odštartujú v dvojročných odstupoch.

poslednej letnej olympiády v Londýne zaplatili televízne spoločnosti vyše 4 miliardy dolárov. Lansdorp je presvedčený, že marťanské dobrodružstvo nadchne miliardy televíznych divákov na celej Zemi.

Televízie budú naživo prenášať kvalifikačné súboje kandidátov už na Zemi. Aj počas simulovaných katastrof, ktorým bude marťanská kolónia vystavená. Napríklad, ako si poradia marsonauti v prípade, keď nebude fungovať záchod; keď sa porúcha prívod vzduchu; alebo keď niektorý z habitatov trafí meteorit. To všetko budú kandidáti, celé mesiace izolovaní od vonkajšej pomoci, trénovať na Zemi. V rámci výcviku, ktorý čo do náročnosti nemal na Zemi obdobu.

Televízne práva na prenos výberu marsonautov si ako prvá zabezpečila dcérska spoločnosť holandského koncernu Endemol, ktorá svojho času mala úspech s projektom Big Brother. Televízia bude zaznamenávať už rozhovory poroty s kandidátmi, ktorých počet sa bude postupne znižovať.

Súťažiť bude až 25 štvorčlenných posádok. Šesť víťazných skupín bude už v budúcom roku zaradených do výcviku umenia prežiť.

Úspech financovania stojí a padá s vybranými hrdinami. Prenosy zaujmú milióny divákov iba vtedy, keď budú hlavní hrdinovia sympatickí, s výraznými charaktermi, ktorí dokážu publikum celé roky zaujať, fandiť im a zdieľať ich osudy. Zároveň to musia byť vyrovnané, odolné typy ľudí, ktorí sa v marťanských podmienkach nezbláznia, neupadnú do depresie a rozvážne budú čeliť najrozličnejším výzvam.

Do konkurzu sa prihlásilo viac ako 200 000 kandidátov. Väčšinou internetom. Najprv vyradili recesistov a ľudí, ktorí chcú na seba upozorniť. Sitom výberu prešlo 704 kandidátov. Je to mimoriadne pestrá mozaika ľudí.

Napríklad Daniel (26) je sociálny pracovník. Samotár, ktorého záľubou sú dlhé pochody púšťami. Viac ako dlhodobej izolácie sa obáva problémov spolunažívania s ostatnými tromi členmi posádky.

Leila (46), lekárka a psychologička z Washingtonu, sa teší na to, ako si budú marsonauti počínať v stiesnených priestoroch kolónie.

Dizajner webu Chalid (22) z Dubaja musí už teraz čeliť fatwe (prekliatiu) mullov, ktorí sa nazdávajú, že misia na Mars je samovraždou, ktorú islam veriacim zakazuje. Chalid však napriek fatwe chce letieť.

Vo väčšine videí, ktoré kandidáti o sebe nakrútili, objavuje sa pojem „životný sen". Osídlenie Marsu je v ich ponímaní najväčším z možných splnených snov. Chcú vyniknúť, dosiahnuť niečo, čím sa navždy zapíšu do pamäti ľudstva. Do istej miery pripomínajú horolezcov zdolávajúcich donedávna „nepreleziteľné" steny. Lenže horolezci sa po svojich dobrodružstvách vracajú do civilizácie. Marsonauti sa však na Zem nevrátia. Už za života sa stanú hrdinami, žijúcimi pomníkmi pred miliardovým publikom.

Možno ľudí vystaviť tak gigantickému pokušeniu, bez ohľadu na to, že počas dobrodružstva zahynú? Ak áno, ktorí budú patriť medzi vyvolených? Kto dokáže všetky nástrahy takejto misie zniesť? A čo ak sa to všetko skončí katastrofou? Kedy producenti nariadia z etických dôvodov vypnúť kamery?

Kandidát Günther na gyrokoptére.

Mnohí uchádzači sa chcú stať príkladom pre nasledovníkov. Snívajú o tom, že na Marse založia novú civilizáciu, bez zákonov, bez štátov. Mars im ponúka ideálnu prázdnotu, v ktorej je možné realizovať akékoľvek fantázie. Günther je presvedčený, že takíto idealisti nemajú na Marse čo stratiť. Lansdorp s ním súhlasí: „Na Mars nepošleme takých, ktorým sa na Zemi nepáči."

Günther má ženu a troje detí. Jeho manželka, po počiatočnom šoku, sa s misiou zmierila. Pochopila, že jej muž sa musí vydať do vesmíru, podobne ako losos, ktorý sa vracia do rodnej rieky, aby tam splodil ďalšiu generáciu a zahynul. Utešuje sa tým, že im ešte ostáva desať rokov spoločného života.

Prví osadníci Marsu nebudú mať nijaké vznášadlo. To je irónia tejto misie. Po povrchu planéty sa budú pohybovať peši alebo v roveroch. A v ubikáciách sa bude každý z nich musieť uspokojiť s 40 metrami štvorcovými. Niekedy v nich budú musieť stráviť celé týždne.

Muža a dvoch synov má aj Pamela Nicoletatos (41) z Rotterdamu. Absolvuje intenzívne kurzy astronómie, geológie a medicíny. V roku 2024 budú obaja chlapci už dospelí. Celý život sa im naplno venovala. Teraz sa rozhodla prijať novú životnú výzvu. Počas misie budú často komunikovať, hoci na každú odpoveď bude musieť čakať šesť minút. Napokon, nemusí to byť rozluka naveky. Pamelin manžel i obaja synovia sú tiež medzi kandidátmi misie. Zásady výberu sú však prísne. Aj keby uspeli, mohli by sa zúčastniť iba neskorších misií. Účasť členov jednej rodiny v tíme pravidlá vylučujú. Pamela: „Tím sa stane mojou druhou rodinou."

Osadníci budú na seba odkázaní viac, ako si pozemšťan dokáže predstaviť. Kolónia sa stane laboratóriom, v ktorom sa prejavia najrozličnejšie vzájomné závislosti: Big Brother na doživotie. Vrátiť na Zem sa nebude môcť ani ten, koho skľúči túžba po domove. Preto vyberú, bez ohľadu na odborné kvality, iba psychicky najodolnejších. Ponorková choroba aj na Zemi dokáže rozložiť morálku dlhodobo izolovaných skupín a kolektívov. Nájde sa dostatok vhodných kandidátov pre šesť posádok?

Medzi kandidátmi je aj viacero exotov. Ludwig z Bonnu (33), zanietený pre všetko, čo súvisí s kozmom, sa považuje za vyslanca nového svetového poriadku. Alebo Jean (64) profesorka na filmovej škole v San Francisku, ktorá by mala v čase misie už dobre cez sedemdesiat, sa chce stať prvou pozemšťankou, ktorá na Marse umrie.

Steve zo Švajčiarska (29), aktívny športovec so skvelou kondíciou, chce pred misiou so svojou priateľkou splodiť dieťa.

Tušia kandidáti, čo ich na Marse očakáva? Mimo habitatov sa budú pohybovať vo svete bez akýchkoľvek zvukov. Počas vychádzok do terénu nebudú počuť ani vrzgot vlastných krkov na štrku, ani svišťanie vetra. Celý ich život ovládne rutina: pestovanie rastlín, údržba techniky, zmetanie prachu zo solárnych panelov, ale najmä každodenný tréning.

Iba dostatočný pohyb zabráni na planéte s nižšou gravitáciou ubúdaniu svalovej hmoty a rednutiu kostí. Pobyt v prostredí beztiaže spôsobuje, že po troch rokoch sa aj zdatný 40-ročný kozmonaut vráti na Zem s kostrou 75-ročného muža. Dlhodobé pobyty na kozmických staniciach sa takto prejavili. V marťanských podmienkach (38 % gravitácie Zeme) sa síce proces rednutia kostí výrazne spomalí, ale na niektorých miestach (päty a panva) sa prejaví už po niekoľkých mesiacoch.

Ľudské telo sa takýmto podmienkam neprispôsobuje rovnomerne. Najskôr sa začnú zmenšovať svaly, ktoré človeka držia vo vzpriamenej

polohe: napríklad svalstvo zadku bude čoraz plochšie. Hoci vplyv zmenenej gravitácie na ľudský organizmus ešte nie je celkom objasnený, vedci vedia, že na Marse bude postupne degenerovať až 60 % svalovej hmoty.

Jedno je isté: kolonisti už po niekoľkých mesiacoch budú vyzerať ináč ako pozemšťania. Budú čoraz štíhlejší, budú mať čoraz tenšie ruky a nohy. Už z týchto dôvodov je potenciálny návrat takmer vylúčený. Na Zemi by sa kosti navrátivších osadníkov lámali ako špáradlá.

Na pomoc zo Zeme sa nemôžu spoliehať ani tí, čo ťažko ochorejú. Pritom riziko ochorenia bude na Marse oveľa vyššie. Už počas letu budú marsonauti vystavení kozmickému žiareniu, ktoré môže vyvolať rakovinu. Zvýši sa aj výskyt žlčových a obličkových kameňov, pretože hmota z rednúcich kostí sa čiastočne bude ukladať v organizme. Špecialisti na kozmickú medicínu sú skeptickí, hoci v každej posádke bude aj človek, ktorý dokáže vyoperovať napríklad kameň z obličky.

A čo si osadníci počnú, keď niekto z posádky bude chcieť umrieť? Romantika pionierov si bude neraz vyžadovať aj iné drsné rozhodnutia. Zachovať normálne ľudské vzťahy bude neobyčajne ťažké. Tam, kde sú ľudia permanentne vystavení stresu z výnimočného stavu, tam sa aj na Zemi skoro prejaví návrat k archaickej morálke prežitia. Napríklad ak nejaká huba zničí v skleníkoch rastliny a nebude dosť jedla pre všetkých.

Utopické sny dobrodruhov, prieskumníkov neznámych končín, sa neraz aj na Zemi premenili horor. Svedčia o tom skúsenosti tých, čo to prežili. Osídlenie Marsu bolo a je témou veľkého počtu sci-fi kníh. Podľa Philippa Theisohna, znalca tejto literatúry, však ani jedna nemá dobrý koniec.

Osídlenie Marsu sa stalo populárnym najmä v 50. rokoch minulého storočia, keď svetu hrozila atómová vojna. Najznámejší príklad: Marťanská kronika amerického spisovateľa Raya Bradburryho. Pozemšťania v niekoľkých vlnách, plní nádeje v lepší a bezpečnejší život, osídľovali Mars, ale už skoro zistili, že všetky obavy i neresti, ktorým chceli uniknúť, priviezli do nového sveta. Vrátane bezohľadného, „gründerského" kapitalizmu, ktorý rozložil krehkú marťanskú civilizáciu.

Theisohn sa pýta: „Aký význam bude mať misia Mars One? Prvá základňa nebude ozajstnou kolóniou. Osadníci, väčšinu času uväznení v malých habitatoch, budú sa aj v skafandroch a na roveroch pohybovať iba v blízkosti základne."

Napriek tomu sa aj väčšina skeptických vedcov zhoduje v tom, že Mars nemôže ostať naveky neosídleným. Plány NASA sú zatiaľ neurčité (koncom septembra síce agentúra ohlásila vyslanie lode s ľudskou posádkou koncom budúceho desaťročia), ale súkromné firmy sú o to aktívnejšie.

Angličan Richard Branson, zakladateľ firmy Virgin Galactic, už vyvíja kozmickú loď, ktorá v dohľadnom čase bude ponúkať krátkodobé výlety do vesmíru. Pôvodný termín prvého štartu sa však jednostaj posúva.

Nádejnejšie sú plány Elona Muska, konštruktéra elektroauta Tesla. Založil a riadi úspešnú kozmickú firmu SpaceX. (Koncom septembra dopravil tento nosič prvú loď s nákladom pre kozmickú stanicu ISS.) S cieľom dopraviť jedného dňa ľudí na Mars. Musk v budúcnosti predpokladá záujem až 80 000 záujemcov, schopných zaplatiť pol milióna dolárov za letenku. Skoro všetci fachmani však jeho optimizmus spochybňujú.

Podľa Günthera, tak ako pri slávnych pozemských výpravách v minulosti, ani táto misia sa nezaobíde bez istej posadnutosti. Túžby objavovať neznáme končiny, nové svety. Tak to bolo vždy: či už išlo o neolitických moreplavcov, ktorí sa na pltiach vydávali pozdĺž pobreží kontinentov z Afriky do neznáma a postupne osídlili celý svet. Alebo o cestovateľov, ktorí sa vydali do vnútra neznámych kontinentov, krížom cez oceány, do polárnych končín či do neprístupných veľhôr. Mnohých považovali za bláznov, mnohí počas expedícií zahynuli, ale v akom svete by sme žili, keby všetci sedeli na zadku doma? Iba vďaka nim homo sapiens ovládol modrú planétu.

Čoraz viac jasnozrivých ľudí si uvedomuje, že ľudstvo potrebuje novú výzvu, ktorá by mobilizovala ďalšie generácie, podnecovala tvorivosť a ušľachtilú túžbu po poznaní. Ba podaktorí filozofi sú presvedčení, že ak ľudstvo túto výzvu na expanziu do vesmíru neprijme, v znepriatelených enklávach postupne zaniknú všetky hodnoty, ktorými jednotlivé civilizácie človeka rozumného postupne humanizovali svet, v ktorom žijeme.

Pre Güthera je Mars iba ostrovom v susedstve našej planéty. Cieľom jednej z etáp na ceste do vesmíru. Potom prídu na rad Jupiterove mesiace. A po niekoľkých storočiach aj exoplanéty pri najbližších hviezdach.

Zdá sa však, že Mesiac, prinajmenšom verbálne, je už dávno dobytý: ako virtuálna kolónia miliardárov, ktorí chcú ukázať svetu, že Zem je pre nich už primalá. Projekt Mars One je demokratickejší. Uskutoční sa však iba vtedy, ak na náklady, popri príjmoch za televízne prenosy prispejú na misie aj sponzori. Nie je vylúčené, že prvú kolóniu pozemšťanov na Marse pomenujú Starbucks alebo Ikea. Tým skôr, že pôvodné predstavy o takýchto misiách sa rozsypali.

Ešte nedávno, dokonca v rozdelenom svete, nielen spisovatelia sci-fi predpokladali, že prvé výpravy na iné telesá Slnečnej sústavy budú podujatím, v ktorom sa spojí invencia a prostriedky celého ľudstva. Dnes sme svedkami (napriek plodnej spolupráci v rámci vedeckej kozmonautiky), že každá krajina, ktorá má kozmické ambície, pripravuje misie s ľudskou posádkou na Mesiac vo vlastnej réžii. Komercionalizácia kozmonautiky globálny potenciál uskutočnenia zodpovedných, všestranne prínosných misií v najlepšom prípade odďaľuje.

Sponzori však iba zdráhavo spájajú svoje meno, svoje logo s podujatiami, ktoré sa môžu zdiskreditovať.

V prípade misie Mars One všetko závisí od marsonautov. Dokážu zaujať a nadchnúť miliónové publikum? Uveria televízni diváci, že ich hrdinovia dokážu aj nemožné? Ak nie, na misiu Mars One i na marsonautov sa po nejakom čase zabudne. Alebo sa premení na cynický seriál v priamom prenose, na ktorom zarobia najmä televízne spoločnosti a bulvár.

Der Spiegel

•

Na povrchu Mesiaca by sme mohli nájsť meteority pozemského pôvodu. Nájdeme v nich stopy po dávnych organizmoch?

Pozemské fosílie **na Mesiaci?**

Na Mesiaci by mohli byť roztrúsené zvyšky starých organizmov. Vyplynulo to z pokusov, počas ktorých fyzici otestovali, čo sa stane, ak impaktom do vesmíru vymrštený kus pozemských hornín dopadne na povrch Mesiaca. Ak by sme taký meteorit našli, mohli by sme v ňom nájsť dôkazy o dávnom živote na Zemi.

Aj lunárne a marťanské meteority, ktoré sa našli na Zemi, vyhostili z materských telies impakty. Niektoré tímy v nich našli štruktúry, ktoré by mohli byť fosíliami a ich metabolitmi (najznámejší je marťanský ALH 84001), ale či to tak je, ešte nevedno. Definitívny dôkaz môže priniesť až štúdium týchto meteoritov pomocou dokonalejších prístrojov.

Vedci zatiaľ nevedia, či fosílie v meteoritoch (ak sa ich prítomnosť potvrdí) mohli počas púte vesmírom prežiť. Vedci z University of Kent simulovali podmienky, ktoré fosilizovali diatómy (mikroskopické riasy) počas cesty zo Zeme na Mesiac. Rozdrvili horniny s obsahom týchto fosílií, zmiešali ich s vodou a nechali zamrznúť, aby napodobnili meteoroid. Potom ich pomocou veľkej plynovej pušky „vystrelili" do nádrže s vodou. Tak napodobnili podmienky, ktoré nastanú, keď impakt vymrští horninu na obežnú dráhu Zeme i dôsledky prudkého zníženia rýchlosti a vysoký tlak, ktoré zohrejú vodu počas dopadu telesa na povrch Mesiaca.

Ani jedna z fosílií sa pri simulovaných rýchlostiach od 500 metrov do 5 kilometrov za sekundu (rozpätie rýchlosti meteoritov) nezachovala. Čím väčšia bola rýchlosť simulovaného dopadu, tým menej fragmentov fosílií sa dalo vôbec skúmať. Ibaže hoci sa na geologicky aktívnej Zemi stopy života v horninách nezachovali, na Mesiaci mohli pretrvať.

Doteraz sa ani v lunárnych meteoritoch, ani vo vzorkách hornín dovezených z Mesiaca nijaké fosílie nenašli. Na Mesiaci sa zatiaľ nenašiel ani jediný meteorit zo Zeme. Možno preto, že gravitácia Zeme, podstatne silnejšia ako gravitácia Mesiaca či Marsu, ale i hustá atmosféra, únik vyvrhnutých hornín po impaktoch podstatne sťažuje, ale nevylučuje. Tak či onak, lunárni astronauti budú mať počas budúcich misií o jednu úlohu viac.

CfA Press Release

K akým objektom zamieri sonda New Horizons po oblete Pluta?

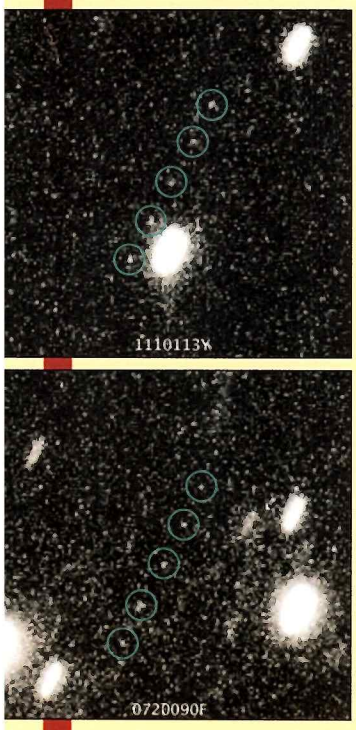
Keď v júli a v auguste 2015 obletí sonda New Horizons Pluto (obletí ho v priebehu niekoľkých hodín, ale skúmať ho bude celých 8 týždňov), začne križovať Kuiperov pás. Vedci pomocou vesmírneho ďalekohľadu HST hľadajú vhodné objekty, ku ktorým by po úprave dráhy mohla sonda zamieriť, obletieť ich a fotografovať.

Doteraz objavili dve takéto telesá, hoci zatiaľ nevedno, či budú najvhodnejšie. Ukázalo sa však, že HST dokáže hlboko preniknúť do Kuiperovho pásu a odhaliť v ňom aj tmavé objekty nie väčšie ako veľká Bratislava, vzdialené až 6,5 miliárd kilometrov.

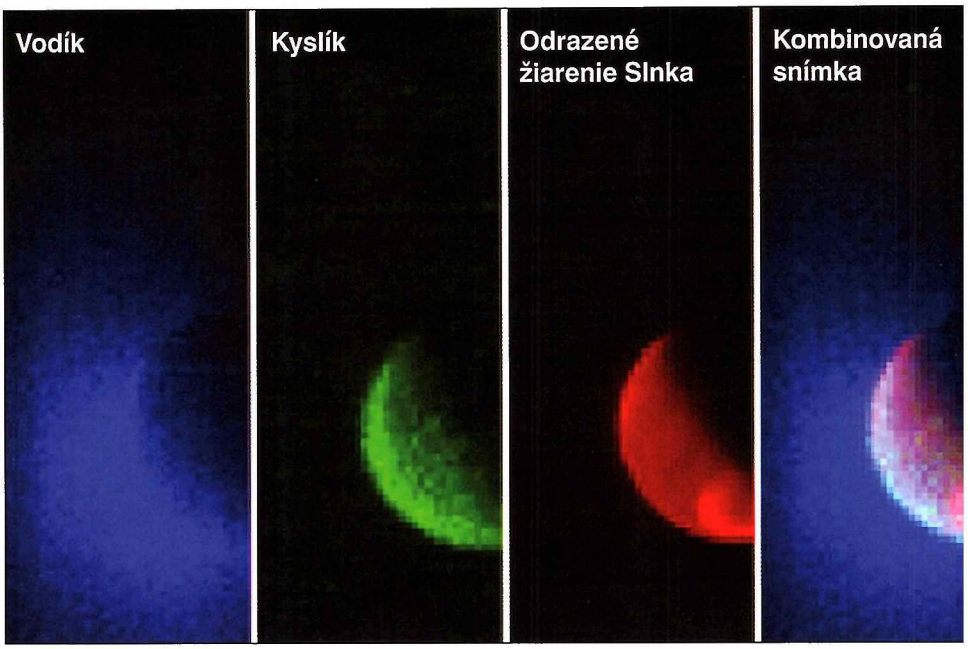
Telesá v Kuiperovom páse sú ľadové objekty staré až 4,6 miliardy rokov. Sú pozostatkom po formovaní Slnečnej sústavy. Existenciu Kuiperovho pásu predpovedal holandský astronóm Kuiper už v roku 1951. Prvé KBO objekty však objavili až začiatkom 90. rokov minulého storočia. Odvtedy do katalógov zaniesli už vyše 1000 takýchto telies a predpokladá sa, že ich je v Kuiperovom v páse rádovo viac.

Vedci sa pri hľadaní vhodných objektov pre sondu New Horizons zamerali na analýzu zhruba 200 snímok z HST. Boli úspešní: ukázalo sa, že HST, v spolupráci s inými sondami NASA a pozemskými pracoviskami, je na túto úlohu ako stvorený. V priebehu desiatich dní (medzi 16. až 26 júnom tohto roku), skúmali vedci, koľko malých objektov KBO sa nachádza na periférii Slnečnej sústavy. HST preskúmal 20 oblastí. Mimoriadna citlivosť prístrojov na ďalekohľade im umožnila objaviť počas zákrytov vzdialených hviezd v pozadí aj veľmi malé objekty KBO. Také, ktoré by nezaznamenali ani najväčšie pozemské ďalekohľady. Hľadanie optimálnych objektov pre návštevu sondy New Horizons potrvá až do marca 2015.

HST Press Release



Na snímke z HST hore vidíme KBO vzdialené 6,2 miliárd rokov od Zeme. Snímka zviditeľňuje pohyb telesa a medzi dvoma expozíciami je 10-minútový interval. Na dolnej snímke vidíme iný KBO, zhruba v rovnakej vzdialenosti. Oba objekty (s magnitúdami 26,8 a 27,3) by nerozlíšili ani najväčšie pozemské ďalekohľady.



Prvé údaje zo sondy MAVEN

Sonda MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) získala prvé údaje z najvrchnejších vrstiev marťanskej atmosféry. Ultrafialový spektrograf (IUVS) vyhotovil sériu snímok už osem hodín po prvom oblete Marsu: 21. septembra po 10 mesiacov trvajúcom lete zo Zeme.

Na snímke vidíme Mars z výšky 36 500 kilometrov v troch pásoch UV vlnových dĺžok. Modrá farba znázorňuje ako sa UV-žiarenie zo Slnka rozptyľuje na atómoch plynného vodíka v dlhom oblaku, tisíce kilometrov nad povrchom planéty.

Zelená farba znázorňuje rozličné vlnové dĺžky UV-žiarenia, ktoré sa odrážajú od atómov kyslíka, čím sa zviditeľňuje menší oblak kyslíka. Červená farba ukazuje UV-žiarenie Slnka, odrazené od povrchu Marsu. Jasná škvrna vpravo dole, je žiarenie odrazené od polárneho ľadu, alebo oblakov.

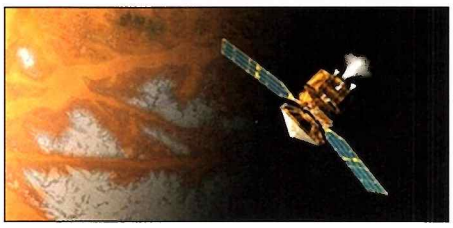
Kyslíkový plyn drží gravitácia Marsu nízko nad povrchom planéty. Vodíkový plyn sa vyskytuje najmä vo väčších výškach, šíri sa až za hranice snímky. Tieto plyny vznikajú rozpadom molekúl vody a oxidu uhličitého v marťanskej atmosfére.

Jedným z hlavných cieľov misie MAVEN je odhad, koľko vodíka a kyslíka uniká z atmosféry do okolitého priestoru. Z úplného súboru údajov vedci vypočítajú, koľko vody Mars počas vývoja stratil.

MAVEN je prvou misiou, ktorej cieľom je podrobný prieskum riedkej, najvrchnejšej vrstvy marťanskej atmosféry.

NASA Press Release

Mangalyaan: indická sonda nad Marsom



Indická organizácia na výskum vesmíru (ISRO) vypustila vlani v novembri sondu MOM (Mars Orbiter Mission), ktorá nesie aj názov v jazyku hindi: Mangalyaan (Marťanská loď). Sonda od septembra tohto roku krúži okolo Červenej planéty a získava údaje o zložení jej povrchu i atmosféry. Let, ktorý trval 300 dní, riadil indický tím pomocou NASA. Dráhu sondy monitorovali a upravovali pomocou zariadenia Deep Space Network v priestoroch Jet Propulsion Laboratory (JPL), v Kalifornii.

Sonda sa usadila na výstrednej eliptickej obežnej dráhe, s parametrami 350 až 80 000 kilometrov, teda v podstatne väčšej výške ako americká sonda MAVEN.

Na palube MOM je päť vedeckých prístrojov: fotometer Lyman alfa, senzor na detekciu metánu, hmotnostný spektrometer, infračervený spektrometer a trojfarebná kamera. Kombinovaním údajov z týchto piatich prístrojov vytvorí pozemský tím MOM globálnu mapu marťanskej atmosféry i povrchu.

Jedným z hlavných cieľov misie je detekcia metánu. Indickí vedci sa nazdávajú, že hoci americký rover Curiosity v krátere Gale, kde operuje, metán nezaznamenal, nemusia tieto údaje platiť pre celý povrch Marsu.

MOM je doteraz najlacnejšia zo všetkých doterajších marťanských misií. V roku 2012 vyčlenila indická vláda na tento projekt 73 miliónov dolárov, čo desaťkrát menej, ako v prípade sondy MAVEN. Najviac peňazí ušetrili Indovia tým, že na vypustenie sondy použili rovnakú základňu i rovnaký typ rakety, ako na vypustenie lunárnej sondy Chandrayaan-1, ktorá krúžila okolo Mesiaca a zbierala údaje od októbra 2008 do augusta 2009.

ISRO Press Release

Najväčší slovenský ďalekohľad

Vo štvrtok 30. októbra 2014 bol na observatóriu Astronomického ústavu SAV na Skalnatom plese slávnostne uvedený do prevádzky nový 1,3-metrový zrkadlový ďalekohľad. Túto strohú vetu a niekoľko zaujímavých záberov priniesli všetky slovenské celoštátne televízie a rozhlasové stanice a významné tlačené mediá. Kým si priblížime tento slávnostný okamih, povedzme si najskôr čo mu predchádzalo.

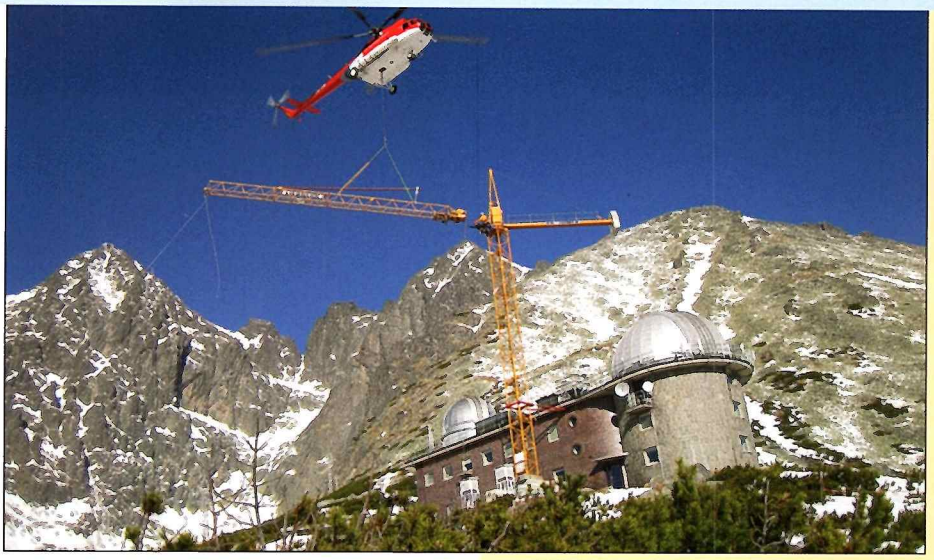
Čo bolo predtým

Zhruba od 60-tých rokov 20. storočia môžeme zaznamenať snahu pracovníkov Astronomického ústavu SAV o získanie väčšieho moderného ďalekohľadu. Záujem bol o to väčší, že v rokoch 1976 – 77 po demontáži pôvodného staroďalského 60-cm reflektora a jeho presune na univerzitné observatórium do Modry sa na Skalnaté pleso podarilo získať opäť len 60-cm reflektor firmy Zeiss z NDR. Aj prístroj v novej kupole na Starolesnianskych lúkach zakúpený v roku 1987 a nový reflektor na pozorovanie komét a asteroidov inštalovaný v malej kupole na Skalnatom plese v decembri 2000 mali priemer 60 a 61 cm.

Možnosti získať nový prístroj prichádzali obyčajne veľmi rýchlo (napr. pri ponuke dodať väčší ďalekohľad z deblokácií ruského dlhu išlo doslova o hodiny), ale, žiaľ, nádejné projekty aj rýchlo pohasli. Zo začiatku to bola snaha o vybudovanie južnej stanice, kde pod vedením dr. Zverka sa robil rozsiahly prieskum astroklimatických podmienok na výber miesta na postavenie nového ďalekohľadu. Možnosť získať dvojmetrový ďalekohľad (rovnaký ako pracuje v Ondřejove) sa nezrealizovala pre rozpory vo vtedajšom vedení Astronomického ústavu a ďalekohľad skončil v Bulharsku. Neskôr v súvislosti s plánovanou výstavbou hotelových komplexov v Starej Lesnej sa uvažovalo o postavení slovenského ďalekohľadu v Južnej Afrike, v Grécku alebo južnom Taliansku. Úvahy o stavbe stredne veľkého prístroja zameraného na nočnú astronómiu neobišli ani Lomnický štít.

Reálne kontúry však nadobudli plány na získanie väčšieho ďalekohľadu pre Astronomický ústav až v roku 2008, keď bola vyhlásená výzva na predkladanie projektov v rámci operačného programu Výskum a vývoj zo Štrukturálnych fondov EÚ. Ďalekohľad sa nakoniec zmestil do druhej etapy projektov s názvom Centrum kozmického výskumu. Po obstarávaní cez Európsky vestník verejného obstarávania bola uzavretá zmluva o dodávke prístroja so spoločnosťou ASTELCO z Nemecka. Predmetom bola dodávka zrkadlového ďalekohľadu na alt-zimutálnej montáži s priemerom primárneho zrkadla 130 cm.

Mechanické časti ďalekohľadu boli dodané do Starej Lesnej a prepravené na Skalnaté pleso vrtuľníkom spoločnosti ATE Poprad začiatkom marca 2014. Pred hvezdárňou vyrástol a na polroka sa stal dominantou Skalnatého plesa 70-tonový žeriav, pomocou ktorého sa presunuli časti ďalekohľadu do kupoly. Čitateľ si ho môže aj dnes pozrieť v programe Google Earth, keďže práve v tom čase boli aktualizované snímky Slovenska. Do konca mesiaca bola ukončená montáž mechanických častí. V auguste 2014 boli dodané zrkadlá a ukončená kompletizácia celého prístroja. Po základných testoch a pripojení riadiacej elektroniky je ďalekohľad pripravený na testovaciu prevádzku, počas ktorej budú postupne nastavované jednotlivé funkcie a aktivované dielčie systémy. Ide o zložitý prístroj, a podľa skúseností zo sveta možno predpokladať, že príprava na všetky druhy pozorovaní si vyžiada dosť času. Ak všetko pôjde dobre, predpokladáme, že koncom jari budúceho roka by mal naplno slúžiť vedeckým pracovníkom a šíriť dobré meno slovenskej astronómie.



Montáž žeriava z vrtuľníka.

Slávnostné otvorenie

Ide o významnú udalosť v živote slovenskej astronómie, ktorú riaditeľ Astronomického ústavu SAV Dr. Kučera prirovnal len k založeniu observatória na Skalnatom plese pred viac ako 70 rokmi.

Po privítaní hostí vedúcim projektu doc. Svoreňom, riaditeľ Astronomického ústavu SAV Dr. Kučera poďakoval všetkým, ktorí sa nejakým dielom na tomto úspechu podieľali. Projekty, ktorých súčasťou je aj nákup takejto unikátnej techniky, sú implementované v rámci operačného programu Výskum a vývoj podporeného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Astronomický ústav SAV tieto projekty realizuje vďaka Agentúre Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR pre štrukturálne fondy EÚ. Otvorenia sa zúčastnili aj zástupcovia agentúry ktorí poďakovali riešiteľom projektu za úspešný priebeh realizácie a zaželali veľa pozorovateľských zážitkov a vedeckých úspechov.

Ďalekohľad s priemerom hlavného zrkadla 130 cm, ohniskovou vzdialenosťou 10,4 metra a hmotnosťou 7 ton je umiestený na alt-azimutálnej montáži vo východnej kupole observatória na Skalnatom plese. Bude slúžiť na hľadanie blízkozemských asteroidov a komét, ktoré by sa mohli zraziť so Zemou. Ďalekohľad s príslušnou detekčnou technikou umiestnenou v dvoch Nasmythových ohniskách vybavených derotátormi bol do skúšobnej prevádzky uvedený v septembri 2014. V súčasnosti je to najväčší ďalekohľad na Slovensku. V rámci prebiehajúceho projektu „Centrum kozmických výskumov – budovanie technickej infraštruktúry" prebieha ešte dodávka kvalitných posfokusových zariadení – vizuálnej kamery s čípom uhlopriečky 9,5 cm, infračervenej kamery a spektrografu.

Po slávnostnom otvorení sa uskutočnila tlačová beseda za účasti dvoch desiatok zástupcov médií, na ktorej sa hovorilo o financovaní projektov pre vedu, využití nového ďalekohľadu v medzinárodnej spolupráci i o perspektívach astronomického výskumu.

Záverom mi dovoľte zaželať najmä mladšej astronomickej generácii, aby nový ďalekohľad bol pre ňu prostriedkom, pomocou ktorého sa dostane na najväčšie pozemské ďalekohľady a stane sa účastníkom vedeckých konzorcií skúmajúcich vzrušujúce tajomstvá vesmíru.

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

Nový 1,3-metrový zrkadlový ďalekohľad na Skalnatom plese.

Účastníci slávnostného otvorenia.

Veľký záujem médií.

Ohnivé týždne na Io

Vlani v auguste vzplanula na Jupiterovom mesiaci Io masívna vulkanická aktivita. Vedci sa nazdávajú, že tieto erupcie, považované za zriedkavé, sú oveľa častejšie, ako sa predpokladalo.

Niektoré vulkány na Io vyvrhujú materiál až do výšok niekoľkých stoviek kilometrov. Spočiatku sa zdalo, že aktivita ožíva každé dva roky, ale zďaleka nie taká intenzívna ako vlani v auguste. V tom čase vedci z University of California v Berkeley zaznamenali tri extrémne jasné vzplanutia.

Io, najmenší a najvnútornejší zo štyroch veľkých mesiacov Jupitera, má priemer 3 630 kilometrov. Je vulkanicky najaktívnejším telesom v našej Slnečnej sústave. Zároveň ide o teleso, ktorého sopky vyvrhujú mimoriadne horúcu lávu, podobnú tej na Zemi. Nakoľko má Io oveľa slabšiu gravitáciu ako Zem, vyvrhnutý materiál (plyny a prach) preniká ďaleko do okolitého priestoru.

Vulkanológovia z Caltechu vypočítali, že počas ostatnej aktivity vyvrhli aktívne sopky na Io desiatky kubických kilometrov lávy, ktorá pokryla stovky štvorcových kilometrov povrchu.

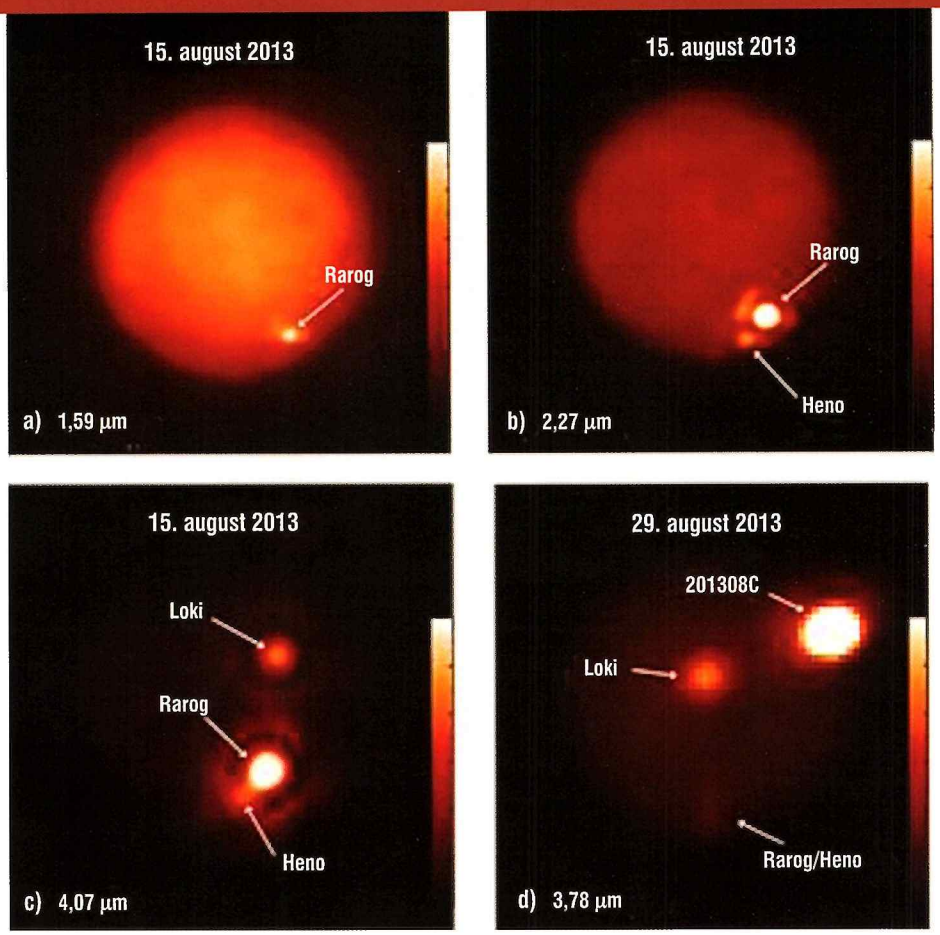
Ohnivá opona

Vedci tieto erupcie považujú za mimoriadne i kvôli tomu, že sa prejavili silnými termálnymi emisiami. Množstvo energie, ktoré emitovali tieto erupcie, mohli generovať iba lávové fontány z trhlín, z ktorých každú sekundu vytekali obrovské množstvá lávy, pokrývajúce okolie aktívnych sopiek.

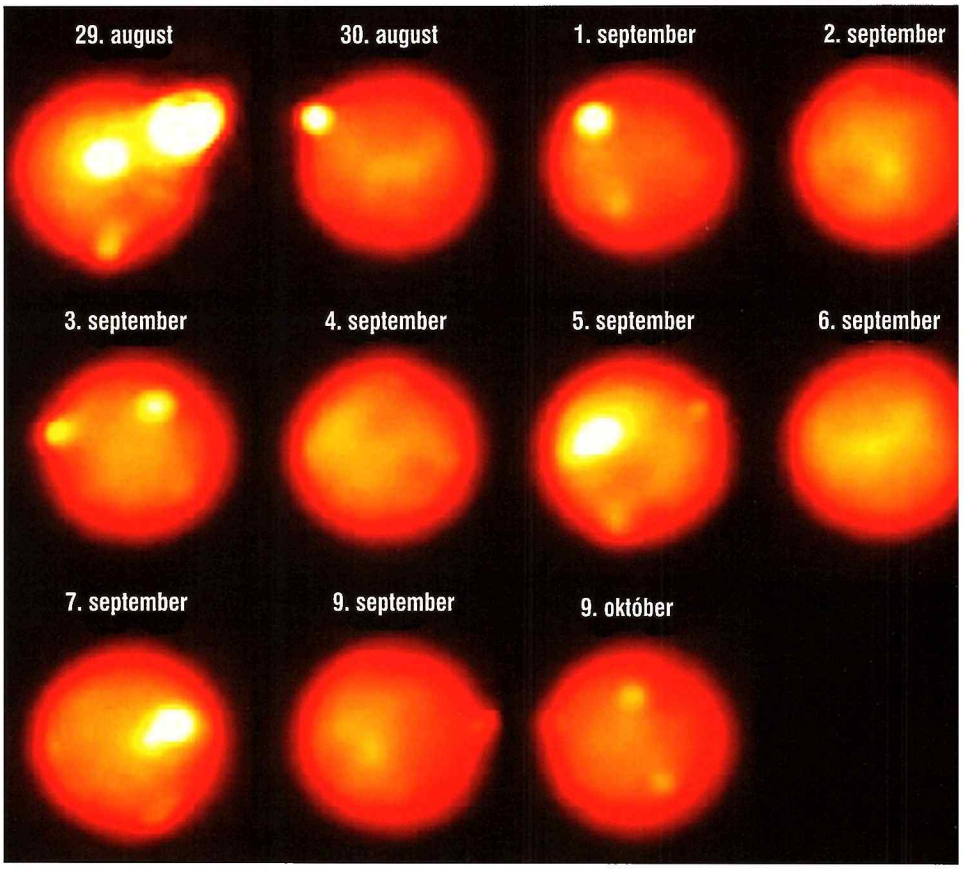
Tri erupcie, najmä tá najsilnejšia, ktorá sa odohrala 29. augusta 2013, sa prejavili ako „ohnivé opony" potom, ako láva vyvierala z trhlín dlhých niekoľko kilometrov. Energia vyžiarená erupciou dosiahla hodnotu 20 terajoulov. Ohnivé fontány, ktoré vytryskli z početných trhlín, boli 10 000-krát mohutnejšie ako fontány nad islandskou sopkou Eyjafjallajökull v roku 2010.

Prvé dva masívne výrony lávy zaznamenal Imke de Pater 15. augusta 2013 vďaka infračervenej kamere (NIRC2) prepojenej s adaptívnou optikou na systéme obrieho ďalekohľadu Keck 2 na Havaji. Z najjasnejšieho zdroja tepelného žiarenia v kaldere Rarog Patera vytiekla láva, ktorá pokryla 10 metrov hrubým kobercom 80 štvorcových kilometrov povrchu. Láva z neďalekej kaldery Heno Patera však pokryla až 195 štvorcových kilometrov. Obe sopky sú na južnej pologuli Io a v čase erupcie sa nachádzali na okraji kotúča.

29. augusta 2013 objavil de Pater tretiu, ešte silnejšiu erupciu. V tom čase už vedci zahájili dlhú sériu pozorovaní, na ktorej sa zúčastnili ďalšie dva prístroje: kamera určená na blízke infračervené žiarenie prepojená s adaptívnou optikou na ďalekohľade Gemini North (Mauna Kea); a SpeX, spektrometer pre blízku infračervenú oblasť na ďalekohľade IRTF/NASA. Po analýze údajov vedci zistili, že erupcia mala oveľa vyššiu teplotu ako bežné erupcie na Zemi. Zloženie lávy



Prúžky po pravej strane každej zo štyroch snímok označujú intenzitu infračervených emisií. Všimnite si, že emisie z erupcií 15. augusta z Rarog a Heno Paterae do 29. augusta podstatne zoslabli. Druhá jasná škvrna sa objavila severne od erupcií Rarog a Heno Paterae *(snímka c)* a západne od erupcie *(snímka d)*. Horúcu škvrnu na snímkach *c* a *d* identifikovali ako lávové jazero Loki Patera, ktoré bolo v tom čase tiež aktívne. Prvé tri snímky získal obrí ďalekohľad Keck II na rozličných infračervených vlnových dĺžkach, snímku *d* Gemini North.



Na blízkej infračervenej snímke exponovanej adaptívnou optikou na ďalekohľade Gemini North vidíme vývoj erupcie s poklesom intenzity v priebehu 12 dní. Vzhľadom na rýchlu rotáciu Io pozorujú vedci každú noc inú oblasť povrchu.

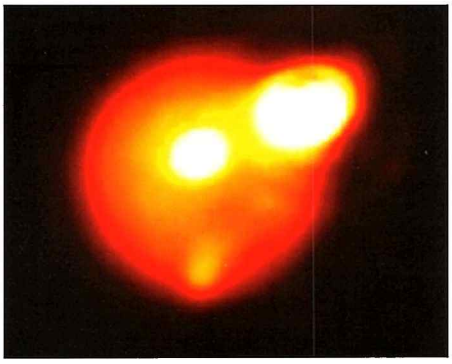
vyvrhovanej z tretieho zdroja pripomínalo lávu, ktorá zaplavovala povrch Zeme v prvom období jej vývoja.

Tretí tepelný zdroj na Io mal v čase pozorovania plochu 50 štvorcových kilometrov, pričom láva v ňom už chladla. Pomocou počítačových modelov dokázali vedci odhadnúť objem vychrlenej magmy. Vedci skúmali aj vplyv aktívnych vulkánov na atmosféru Io a procesy, ktoré dodávajú ionizovaný plyn do plazmového torusu Io, obopínajúceho Jupiter pozdĺž obežnej dráhy mesiaca Io.

Vulkanické laboratórium

Vulkány na Io objavili v roku 1979. Neskôr, po blízkom oblete Io sondou Galileo, sledovali mesiac aj pozemskí pozorovatelia, ktorí priebežne pozorovali viacero erupcií, tokov lávy i niekoľko lávových jazier. Medzi rokmi 1979 a 2006 však zaznamenali iba 13 veľkých erupcií, ktoré pokryli lávou niekoľko tisíc kilometrov štvorcových povrchu Io.

Vedcov vulkanicka činnosť na Io zaujala aj preto, lebo ju porovnávajú s mladou Zemou, keď teplo z rozpadu rádioaktívnych prvkov (rozpad bol oveľa intenzívnejší ako dnes) produkoval



29. augusta 2013 zaznamenali na Io doteraz najsilnejšiu erupciu na povrchu vulkanicky najaktívnejšieho telesa Slnečnej sústavy *(Veľká škvrna je vpravo hore)*. **Lávové jazero Loki, je uprostred disku mesiaca, medzičasom vychladlo, rovnako ako slabnúca erupcia na južnom okraji.**

exotické lávy s vysokou teplotou. Vulkanickú aktivitu na Io podnecujú však najmä iné procesy. Gravitácia obrovského Jupitera, ale aj mesiacov Európy a Ganymeda, generuje slapové sily, ktoré hnietia hmotu Io a zohrievajú ju. Tieto posledné erupcie však pripomínajú vulkanickú aktivitu, ktorá pretvárala povrch vnútorných planét Slnečnej sústavy, najmä mladej Zeme a Venuše.

Io slúži planetológom ako prírodné laboratórium. Na mape povrchu mesiaca, ktorú vytvorili na základe údajov z rokov 2001 až 2010, nájdeme 25 horúcich škvŕn. Ich poloha a rozmiestnenie na povrchu Io sa však mení. V roku 2010 bolo najviac horúcich škvŕn v dvoch vulkanických centrách: v Loki Patera, kde je extrémne aktívne lávové jazero a v Kanehekili Fluctus v oblasti, kde dominujú lávotoky typu pahoehoe (známe aj z Havajských ostrovov).

Vedci budú Io priebežne monitorovať: porovnávať jednotlivé erupcie, skúmať zloženie lávy, mapovať aktuálnu polohu horúcich tokov a ich zmeny.

University of California Press Release

Na tejto počítačovej simulácii sa oranžový protoMerkúr (bledomodrá zvýrazňuje jeho železné jadro) obtrel o masívnu červenú protoplanétu (s tmavomodrým jadrom).

Ako sa sformoval **Merkúr?**

Planetológovia sa nestačia čudovať: vďaka údajom zo sondy Messenger objavujú na Merkúre, najmenšej planéte Slnečnej sústavy, čoraz viac záhad. Vari najväčšou záhadou Merkúra je veľké železné jadro, ktoré má 80 % priemeru tejto planéty a 65 % jej hmotnosti. (Železné jadro Zeme má iba 32 % jej hmotnosti.) Ostatné tri terestrické planéty sú „chondritické", majú viac-menej podobné zloženie ako Zem. Prečo je Merkúr taký odlišný?

Teoretici zvažujú tri možné vysvetlenia:

Prvé: Pôvodne sa zloženie Merkúra podobalo Zemi. Aj táto planéta sa sformovala z prachu, ľadov a plynu v mladej Slnečnej sústave. Planéta však bola po sformovaní dlho vystavená žiareniu mladého Slnka, takže jej horné vrstvy sa natoľko prehriali, až sa vyparili.

Druhé: Merkúr sa nikdy nepodobal Zemi. Sformoval sa náhodne z blokov bohatých na kovy, ale nikto nevie vysvetliť, kde a v akých podmienkach sa formovanie odohralo.

Tretie: Merkúr sa sformoval ako väčšie planéty, ale po jednom či viacerých kolíziách s veľkými telesami stratil väčšinu kôry a plášťa. Zachovalo sa iba veľké, železné jadro.

Druhý scenár je nanajvýš nepravdepodobný. Po analýze údajov sondy Messenger vedci zavrhli aj prvý scenár, pretože značné množstvá sodíka, síry, draslíka či olova, detegovaných na Merkúre, by sa počas prílišného prehriatia vyparili.

Najpravdepodobnejší je tretí scenár. Vedci sa nazdávajú, že k zrážke či zrážkam došlo, ale Merkúr nebol terčom, ale impaktorom.

Planetológ Eric Asphaug už dávnejšie dokázal, že v mladej Slnečnej sústave, kde dochádzalo k množstvu kolízií, najčastejšie sa zrážali malé početné telesá s tými najväčšími. Väčšina kolízií nemala charakter priamych zrážok, boli to skôr „štrajchy". Časť hmoty sa vyparila, obe telesá sa zachovali, ale pohybovali sa po viac či menej zmenených dráhach. Tie menšie objekty však prišli kolíziou o vonkajšie vrstvy.

Ak predpokladáme, že všetky primordiálne objekty boli už diferencované (ťažšie prvky sa už stihli usadiť v ich jadrách), vo vnútornej Slnečnej sústave sa muselo pohybovať veľa telies bohatých na železo. A deväťdesiat percent zrážkami uvoľneného materiálu nabalili postupne najväčšie objekty.

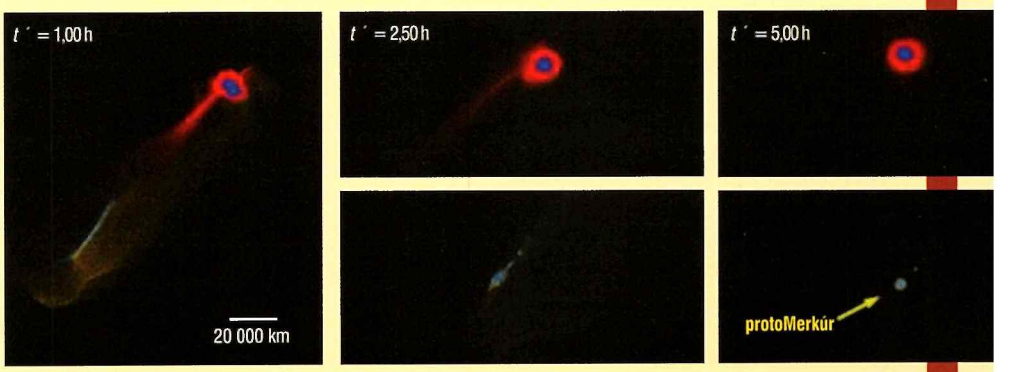
Podľa vedcov z Arizonskej univerzity sú Mars a Merkúr planetárnymi embryami, ktoré nesplynuli so Zemou či Venušou. V mladej Slnečnej sústave bolo takýchto telies okolo dvadsať. Merkúr a Mars prežili možno iba preto, lebo ich pôvodné obežné dráhy sa nachádzali na samom okraji chaotickej zóny, v ktorej sa terestrické objekty formovali a zrážali. Napokon, Mars sa podľa všetkého zrážke s väčším telesom vyhol.

Merkúr však prežil jednu až dve kolízie (s protoZemou, či protoVenušou), ktoré ho pripravili o kôru a polovicu plášťa. Počas kolízií s obnaženými protoplanétami však získaval železo. Až neskôr nabalil kremičitany a prchavé látky, ktoré dnes detegujeme na jeho povrchu.

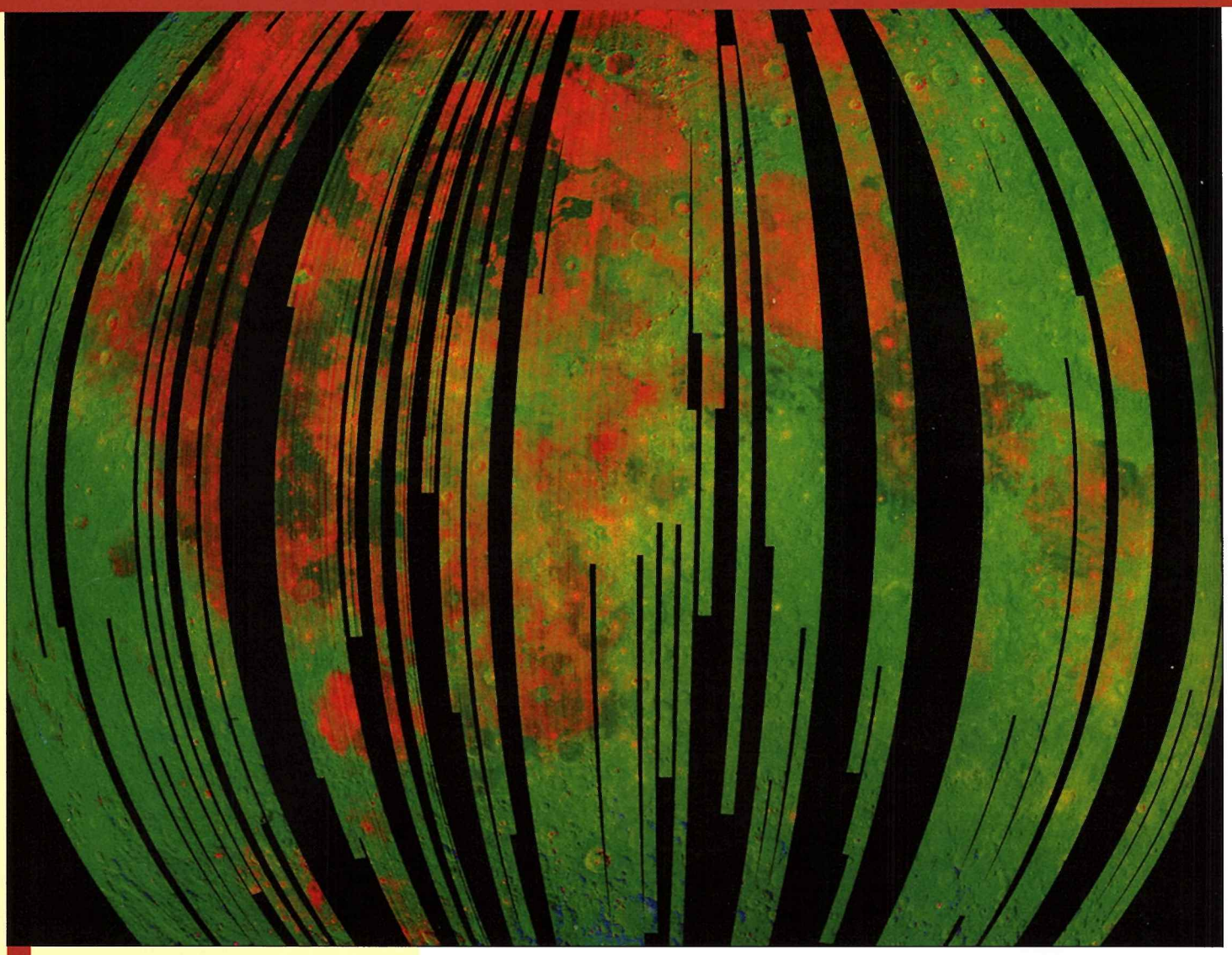
Vedci sa nazdávajú, že kolízie typu „hit and run" (teda zrážky, po ktorých sa obe telesá od seba opäť vzdialili) vyprodukovali desiatky „železných jadier". Zo všetkých preskúmaných telies v hlavnom páse asteroidov si iba Vesta zachovala pôvodnú kôru.

Protoplanéty sa zrážali, spájali, nabaľovali materiál, narastali, ináč by sa nestali planétami. Tento proces je však ešte nepreskúmaný, ale dnes nás už neprekvapuje, že Mars a Merkúr či asteroidy sú také odlišné. Asphaugove simulácie neobjasňujú iba záhadu strateného plášťa Merkúra. Poskytujú aj odpovede na otázky: Kam sa podela triešť z planetezimál, utvárajúcich protojadrá planét? Kde sa stratil olivín, súčasť desiatok či stoviek materských telies, zdrojov železných meteoritov? Asphaug odpoveď pozná: „Nestratili sa! Sú súčasťou plášťov existujúcich planét. Najväčšie telesá väčšinu z nich po každej sérii zrážok hit and run postupne nabalili."

University of Arizona Press Release



Náraz rozmetal a spôsobil vyparenie väčšinu vonkajších vrstiev objektu-impaktora. V kolíziou očesanom objekte, v protoMerkúre *(políčko vpravo dole)*, **dominuje železo.**



Mesiac v novom svetle: táto snímka je súčasťou fotosérie, ktorú nasnímal prístroj vyvinutý v NASA - Moon Mineralogy Mapper (M3) na palube indickej sondy Chandrayaan-1. Prístroj zaznamenáva odrazené slnečné svetlo v infračervenej oblasti, je schopný rozlíšiť horniny obsahujúce vodu a ľad.

Zásobníky vody na Mesiaci

V bezútešných, sivých pustatinách Mesiaca sa rozpadajú na prach desiatky rokov pretrvávajúce istoty: všade, kde nepôsobí žiarenie Slnka, objavujú vedci veľké ložiská vodného ľadu.

More búrok, More dažďov, More radosti: všetky tieto názvy sugerujú, že na Mesiaci je plno vody. Zdanie však klame. Pomenovania útvarov na Mesiaci sú pozostatkom z dávnych čias, keď prví pozorovatelia Mesiaca (tí, čo už mali ďalekohľad) popustili v nadšení uzdu svojej fantázii. Mesiac je v skutočnosti suché teleso. Celé desaťročia boli aj selenológovia presvedčení, že tam prakticky vody niet. Vychádzali z predpokladu, že nedostatok vody na Mesiaci je logickým dôsledkom jeho búrlivého zrodu po kolízii Zeme s planétou veľkosti Marsu. Počas tohto gigantického impaktu sa všetka voda vyparila.

Najnovšie štúdie túto predstavu nadobro vyvrátili. Predovšetkým už na mladej, horúcej Zemi bola podľa geofyzikov z Brown University (Rhode Island) voda. Ba čo viac, zdá sa, že časť vody sa vo vymrštených horninách, z ktorých sa na obežnej dráhe sformoval Mesiac, uchovala dodnes. Už v horninách, ktoré priviezli z Mesiaca lode Apollo, objavili sklo pripomínajúce „perly", obsahujúce aj kryštály olivínu. V takýchto kryštáloch sa zavše ukrývajú fakty o zložení kedysi roztavenej magmy. Tieto, sotva 1/1 000 milimetra veľké telieska pochádzajú z hĺbok Mesiaca, z hornín lunárneho plášťa. A sú jedným z trezorov vody.

Vedci dokážu vysvetliť pôvod tejto vody z hĺbok meraním podielu deutéria. Tento ťažký izotop vodíka má jadro atómu, ktoré okrem protónu vodíka tvorí aj jeden neutrón. Ako vieme, voda, ktorá sa vytvorila na najrozličnejších telesách Slnečnej sústavy z tamojšieho vodíka a kyslíka, má zakaždým iný podiel deutéria. Platí: čím bližšie k Slnku sa voda vytvorila, tým menej deutéria obsahuje.

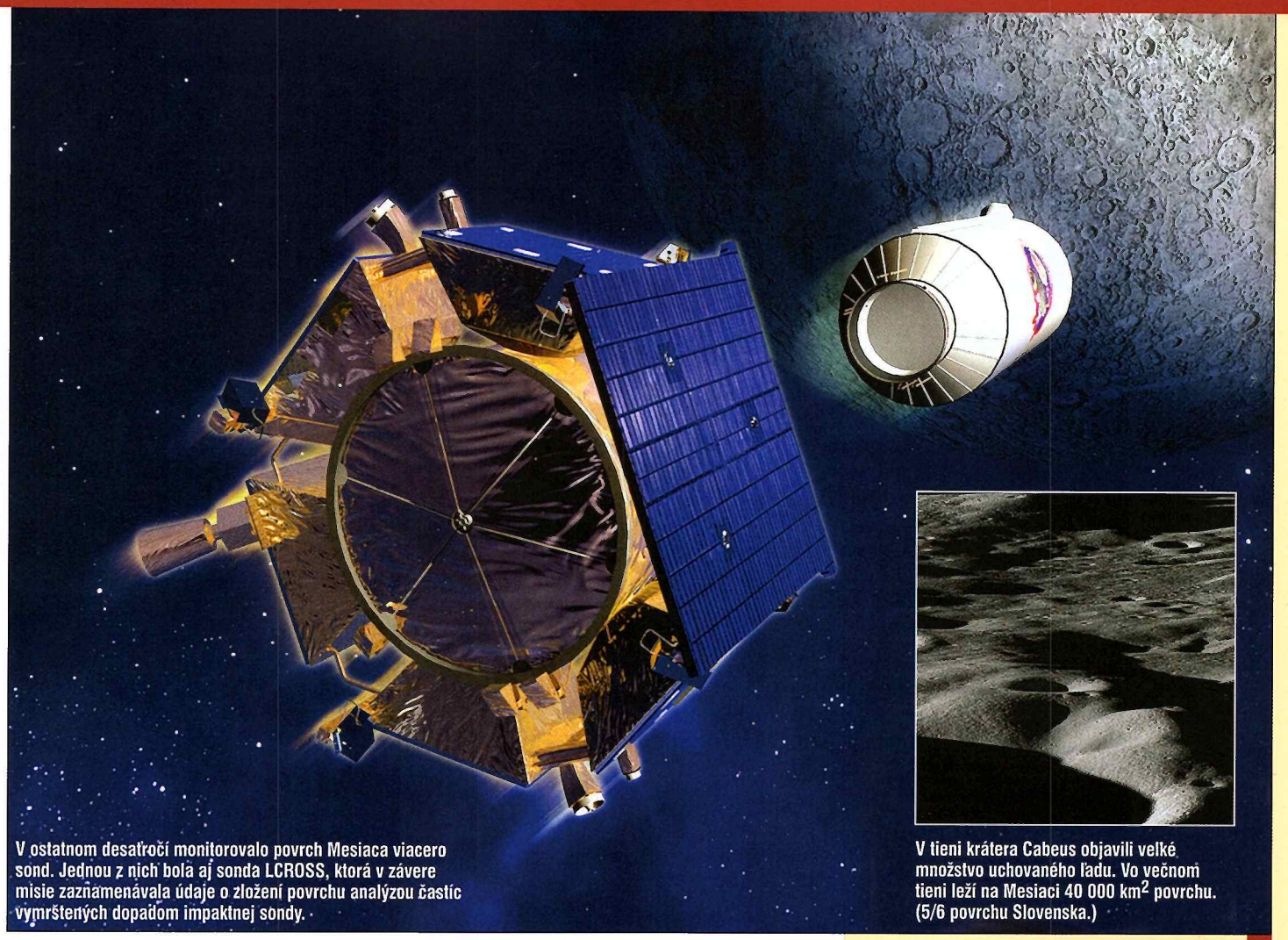
Odtlačok izotopov v mesačnej vode naznačuje, že tamojšia voda pochádza z uhlíkatých chondritov. Tieto uhlíkaté meteoroidy sa kedysi sformovali tam, kde dnes obieha okolo Slnka planéta Jupiter. Chondrity zaraďujeme medzi najstaršie objekty v Slnečnej sústave. Eric Hauri (Carnegie Institute vo Washingtone), spoluautor štúdie geofyzikov z Brown University, tvrdí: Z našich údajov jasne vyplýva, že chondrity sú jediným zdrojom prchavých materiálov, najmä vody, na Zemi i na Mesiaci, ba možno v celej Slnečnej sústave.

Vodu však neobsahuje iba vnútro Mesiaca. Nachádzame ju aj na jeho povrchu. Viaceré lunárne sondy zaznamenali na Mesiaci spektrálne odtlačky vody. Údaje sú také jednoznačné, že nikto z expertov o existencii vody na Mesiaci nepochybuje.

Riadené zrútenie sondy LCROSS

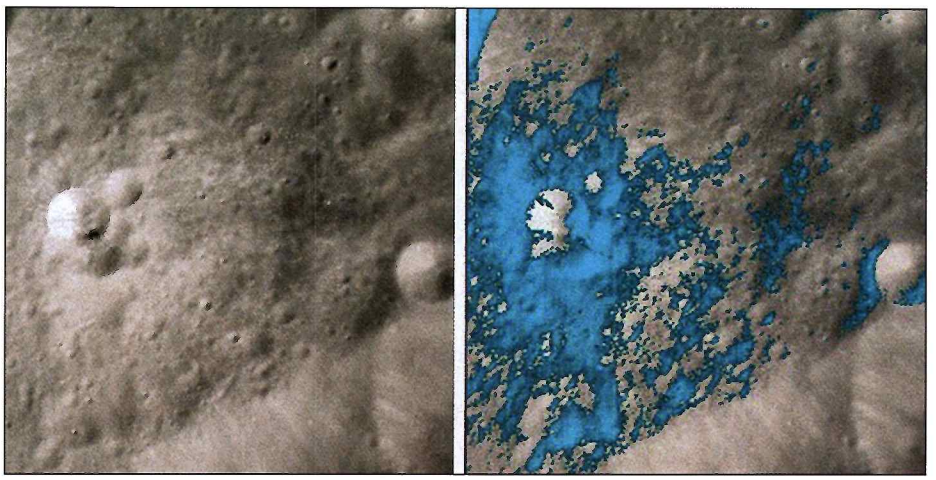
Sonda LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satelitte) skončila v roku 2009 svoju misiu riadeným pádom na povrch Mesiaca. Nárazom vymrštený materiál bol potom spektroskopicky skúmaný. Cieľom projektu bol kráter Cabesus neďaleko južného pólu Mesiaca.

Dve nezávislé metódy merania potvrdili, že 3 až 9 % vymrštených hornín tvorí vodný ľad.

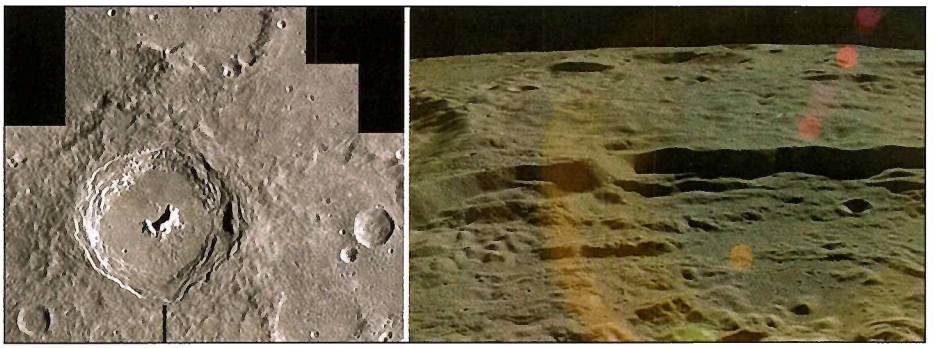


V ostatnom desaťročí monitorovalo povrch Mesiaca viacero sond. Jednou z nich bola aj sonda LCROSS, ktorá v závere misie zaznamenávala údaje o zložení povrchu analýzou častíc vymrštených dopadom impaktnej sondy.

V tieni krátera Cabeus objavili veľké množstvo uchovaného ľadu. Vo večnom tieni leží na Mesiaci 40 000 km^2 povrchu. (5/6 povrchu Slovenska.)

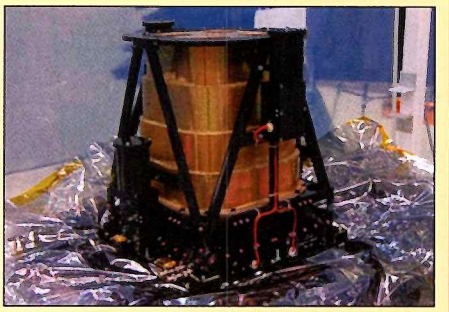


Sonda LCROOS počas misie detegovala v mineráloch vo viacerých oblastiach vodu.



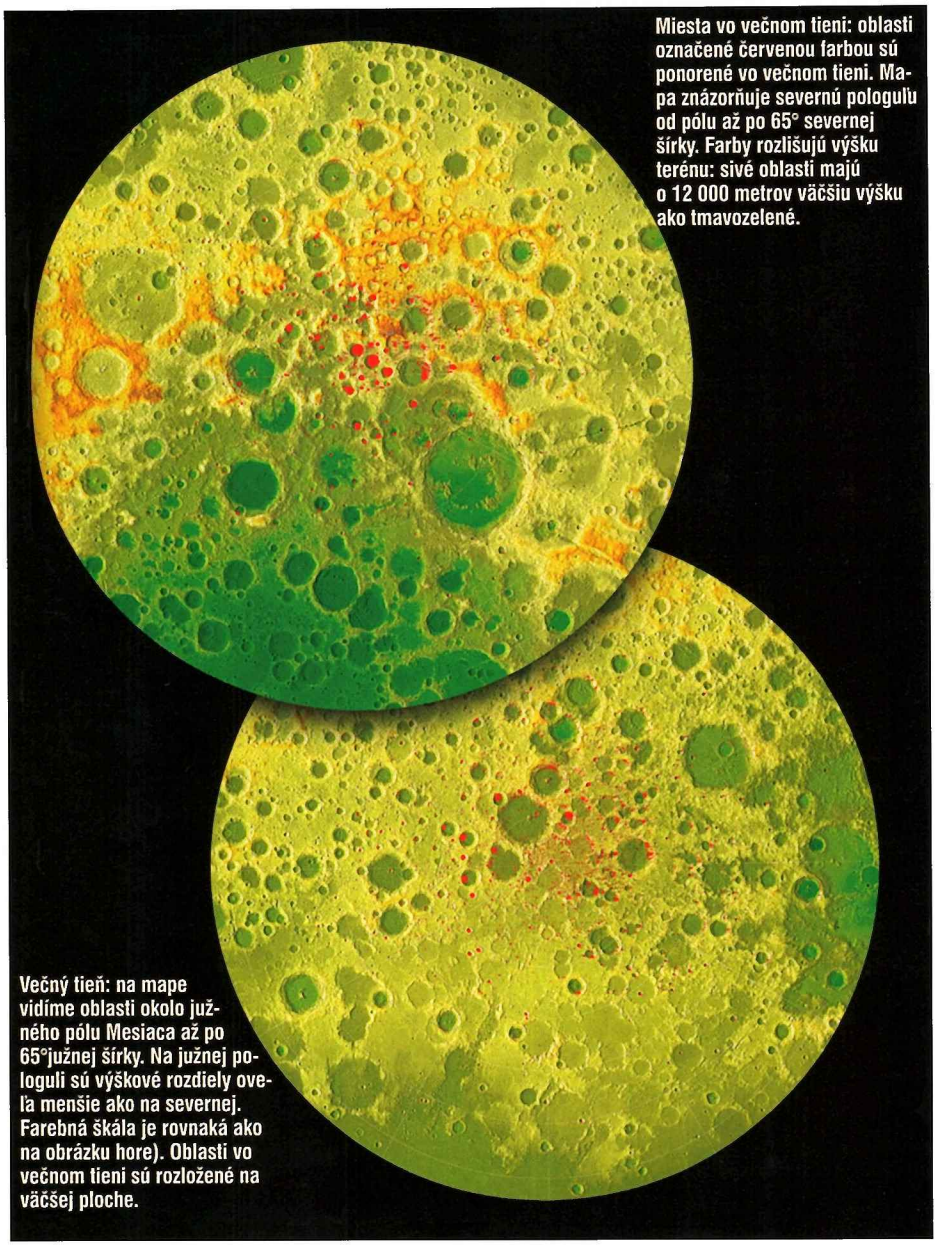
Večný tieň nepanuje iba v kráteroch okolo pólov. Na snímke vľavo tieň na svahoch centrálneho pahorku krátera Pythagoras (priemer 120 km). Vo väčšine mesačných kráteroch mimo polárnych oblastí, napríklad v kráteri Antoniadi *(vpravo)*, večný tieň nie je.

Hľadanie vody pomocou neutrónov



Pri hľadaní zdrojov vody na Mesiaci používa NASA ruský prístroj Lunar Exploration Neutron Detector (LEND). Tento neutrónový spektrometer pracuje na palube americkej sondy LRO. Podobný prístroj objavil pred viac ako desaťročím veľké ložiská vodného ľadu na Marse. Toky neutrónov, ktoré meria LEND, vznikajú vtedy, keď kozmické žiarenie bombarduje prach a horniny mesačného povrchu. Ak materiál obsahuje vodík, energia detegovaných neutrónov sa zmení. Molekuly obsahujúce vodík, napríklad voda, zanechajú v nameraných údajoch svoj odtlačok.

Prístroj LEND, na rozdiel od dávnejších prístrojov, dokáže analyzovať prúd elektrónov z povrchu Mesiaca v oveľa vyššom priestorovom rozlíšení. Iba takto sa dajú zmapovať premenlivé údaje zo zatienených či Slnkom osvetľovaných oblastí Mesiaca. Vedúcim tímu, ktorý údaje zo sondy LEND analyzuje, je Igor Mitrofanov z Inštitútu pre výskum kozmu v Moskve. Prístroj *(na obrázku)* má hmotnosť 26 kilogramov.



Miesta vo večnom tieni: oblasti označené červenou farbou sú ponorené vo večnom tieni. Mapa znázorňuje severnú pologuľu od pólu až po 65° severnej šírky. Farby rozlišujú výšku terénu: sivé oblasti majú o 12 000 metrov väčšiu výšku ako tmavozelené.

Večný tieň: na mape vidíme oblasti okolo južného pólu Mesiaca až po 65°južnej šírky. Na južnej pologuľi sú výškové rozdiely oveľa menšie ako na severnej. Farebná škála je rovnaká ako na obrázku hore). Oblasti vo večnom tieni sú rozložené na väčšej ploche.

Dôležité údaje poskytla aj ruská sonda LEND *(pozri rámček na predchádzajúcej strane)*. Údaje potvrdili prítomnosť vody iba v niekoľko metrov hrubej povrchovej vrstve Mesiaca, ale naznačujú, že voda sa môže nachádzať aj vo väčších hĺbkach.

Planetológovia už dávnejšie predpokladali, že vo vnútri hlbokých, večne zatienených kráteroch (najmä v okolí pólov), by mala byť voda. Panujú tam extrémne nízke teploty, okolo mínus 240 °C. Takéto teploty namerali iba na telesách na periférii Slnečnej sústavy. V takýchto podmienkach sa môžu zásoby ľadu uchovať celé miliardy rokov. Ako sa však voda do kráterov dostala?

Na Mesiac, rovnako ako na Zem, dopadal v minulosti bezpočet telies obsahujúcich vodu. Kométy i asteroidy. Na horúcom, Slnkom prehriatom povrchu Mesiaca sa molekuly vody rýchle vyparili, zamrzli a v podobe snehu opäť zniesli na povrch. A tento kolobeh sa neustále opakoval. Keď sa však molekuly ocitli vo vnútre hlbokých kráterov, už sa nevyparili, ale zamrzli. Z týchto chladných pascí niet úniku. Scenár je presvedčivý, hoci niektoré jeho detaily sa ešte preverujú.

Ľadové pasce mimo pólov

Zdá sa, že niektoré ľadové pasce mimo polárnych oblastí sú ešte efektívnejšie. Prečo? Podľa výpočtov amerických vedcov je totiž teplota vo vnútri polárnych kráterov taká nízka, že uloženie väčších množstiev ľadu neumožňuje! V takej extrémne nízkej teplote sú molekuly vody príliš chladné, a teda tak málo pohyblivé, že väčšina z nich sa na dno hlbokých kráterov neusadí. Oblasti s večným tieňom sa však nachádzajú aj mimo polárnych oblastí.

Icarus, časopis referujúci o výskume Slnečnej sústavy, zverejnil nedávno článok vedcov z John Hopkins University. Autori upozorňujú, že aj bližšie k mesačnému rovníku, po 58° severnej i južnej šírky, existujú rozsiahle oblasti ponorené do večného tieňa. Vedci vyhodnotili údaje sondy Lunar Reconaissance Orbiter (LRO), ktorá pomocou laseru preskúmala topografiu takmer celého povrchu Mesiaca. Počas analýzy využili metódy, ktoré sa používajú iba pri vyhotovovaní trojdimenzionálnych počítačových grafík.

Oblasti večnej temnoty

Výsledok bol šokujúci. Oblasti ponorené do večnej temnoty pokrývajú takmer plochu Slovenska: 40 000 kilometrov štvorcových. Teploty v týchto oblastiach sú pomerne „mierne“: pohybujú sa v rozpätí –150 až –200 °C. Oblasti s večným tieňom sa nachádzajú na svahoch veľkých kráterov, odvrátených od Slnka, v hlbokých malých kráteroch i na svahoch centrálnych pahorkov uprostred veľkých kráterov. Príkladom je kráter Pythagoras (s priemerom 145 km), ktorý leží na 63° severnej šírky. Uprostred tohto krátera sa týči do výšky 3 000 metrov masív. Časť jeho svahov leží vo večnom tieni. V miernych lunárnych šírkach objavili viacero takýchto oblastí, ktoré sú pre sondy i prieskumníkov oveľa vhodnejšie ako dná hlbokých polárnych kráterov. Aj preto, že v miernejších teplotách nebudú prístroje vystavené takej záťaži.

Prach premiešaný s ľadom

Odkiaľ sa vzala voda v najvrchnejších vrstvách Mesiaca? Vedci zvažujú viacero zdrojov. Okrem komét a asteroidov aj vnútorné zdroje Mesiaca. Astrofyzik Arlin Crotts (Columbia University) upozornil na to, že detektor neutrónov LEND zaznamenal vodu aj mimo oblastí večného tieňa. Zdá sa, že voda na Mesiaci sa uchovala nielen v istých mineráloch, ale uniká v podobe pary aj z jeho vnútra. Zmes ľadu a prachu v mesačnom regolite tvorí možno aj ľadový prach zo Slnečnej sústavy i z medzihviezdneho priestoru.

Crotts považuje za viac ako pravdepodobné, že zdrojom vody je aj Slnko, presnejšie slnečný vietor. Slnečný vietor tvoria najmä kladné ióny vodíka. Tie neustále povrch Mesiaca bombardujú a môžu sa tam chemicky spájať s kyslíkom (kysličníky sú významnou zložkou lunárnych hornín) a priebežne vytvárať molekuly vody.

Všetky tieto poznatky overia ďalšie lunárne sondy. Vedecké misie pripravujú nielen v USA, ale aj v Číne, Indii, Japonsku a v Rusku. Žiaľ, Európania sa v najbližšej dobe na prieskume Mesiaca nebudú podieľať. Misiu Európskej vesmírnej agentúry „Lunar-Lander Project“ nedávno zrušili.

Pracovisko ESA v Moskve však pozorne monitoruje ruské aktivity. Zdá sa, že Mesiac sa stal hlavným cieľom ruskej kozmonautiky. Rusi chcú po niekoľkých sondách (niektoré pristanú aj na povrchu Mesiaca) ešte v tomto desaťročí vyslať na Mesiac návratnú sondu, ktorá privezie na Zem mesačné horniny.

Najbližšie pristátia na Mesiaci

Rusi takúto misiu uskutočnili už v minulosti. Medzi rokmi 1972 až 1976 pristála na Urale návratná mesačná sonda Luna 24, ktorá priviezla 170 gramov materiálu. Úlohou plánovanej sondy bude hľadanie vody. Už v budúcom roku má na Mesiaci pristáť Luna 25. Hlavnou úlohou misie bude preverenie spoľahlivosti pristávacej techniky. Ruskí vedci vytipovali niekoľko zaujímavých oblastí, niektoré v dosť zložitom teréne. Hlavným cieľom misií by mali byť ciele okolo južného pólu Mesiaca. ESA bude s Rusmi spolupracovať.

Bild der Wissenschafft

•

L. Burlaga a N. Ness ukázali, že vytrvalá kosmická sonda **Voyager 1** proletěla ve vzdálenostech 104 – 113 AU *pouzdrem sluneční magnetosféry*, což se projevilo poklesem rychlosti částic slunečního větru ze 70 km/s na nulu a klid sám trval 26 dnů. Současně se měnila kladná polarita nábojů na zápornou a poté indukce magnetického pole lineárně rostla až na 0,14 nT. *Voyager 1* vstoupil do pouzdra v červenci 2007 a vystoupil z něho v dubnu 2010. V únoru 2011 byl již 118 AU od Slunce. Situace v heliopauze s nulovým radiálním prouděním je však podle M. Ophera aj. složitější, protože *sluneční magnetické pole mění polaritu v jednotlivých sektorech v různých vzdálenostech od Slunce*. V magnetickém pouzdru probíhá přepojování magnetického pole ve vrstvě tlusté 7 – 11 AU. To prakticky znamená, že *Voyager 1* ve skutečnosti vstoupil do heliomagnetického pouzdra již v prosinci 2004 a od dubna 2010 se ocitl ve vnější přechodové vrstvě k heliopauze. Podle J. Richardsona a C. Wanga vstoupil **Voyager 2** do heliomagnetického pouzdra v srpnu 2007 v době minima sluneční činnosti. Hustota slunečního větru tehdy klesla ma polovinu a jeho teplota se snížila třikrát. Od té doby však vlivem nárůstu sluneční činnosti začala hustota slunečního větru opět stoupat až na maximum v polovině r. 2012. Vzrostla i teplota o polovinu, ale nikoliv rychlost. Díky rostoucími dynamickém tlaku se terminální rázová vlna odsunula od *Slunce* právě proto, že sluneční činnost mezitím vzrostla. Velmi teď záleží na tom, co zjistí *Voyager 2*, až se za několik let dostane to týchž vzdáleností od *Slunce*. Už teď je však zřejmé, že naše **modely heliopauzy** bude třeba radikálně přepracovat.

D. Comas aj. zjistili na základě měření družice *IBEX* na protáhlé geocentrické dráze (přízemí 63 tis. km; odzemí 283 tis. km, oběžná doba 8,7 d), že nadzvukový a ionizovaný **interstelární vítr** vyrývá v dutině zvané heliosféra zářezy. Pohyb *Slunce* vůči tomuto prostředí je však pomalejší, než se dosud předpokládalo, takže přitom nevzniká na rozhraní heliosféry a interstelárního prostředí rázová vlna. *Apex slunečního pohybu* rychlostí 23 km/s má galaktické souřadnice 185° délky a –12° šířky. S. Redfield připomněl, že *IBEX* zkoumá atomy a ionty, které proniknou dovnitř heliosféry. *Slunce* se nyní pohybuje v místní **interstelární bublině**, jejíž hustota silně kolísá v čase i prostoru až o 6 řádů!

Mimochodem, *Voyager 2* se počátkem září 2012 stal nejdéle fungující kosmickou sondou, protože startoval ze *Země* o 2 týdny dříve než *Voyager 1*. Obě sondy tak souvisle pracují v kosmu již 35 let a překonaly tak dosavadní rekord, který držela sonda **Pioneer 6** (34,93 roků). *Voyager 1* se dostal do vzdálenosti 18 mld km od Slunce a směřuje na sever od ekliptiky. *Voyager 2* je o 3 mld. km pozadu a směřuje na jih. Optimistické odhady jejich životnosti sahají až do r. 2025.

L. Orio ukázal, jaké jsou současné horní meze pro případnou existenci tzv. **planety X** na periférii *Sluneční soustavy*. Téma zajisté souvisí s domněnkou D. Whitmira a A. Jacksona z r. 1984 o hypotetické velmi hmotné planetě (hnědém trpaslíku?) **Nemesis** s velkou poloosou silně výstředné dráhy 95 tis. AU, což způsobuje periodické (?) vymírání organismů v historii Země vždy po 26 milionech let vinou gravitačních poruch drah kometárních jader v Oortově oblaku komet.

L. Orio dále připomněl, že ve vzdálenosti 1 tis. AU od *Slunce* by měl pro nás *Jupiter* 20 mag a *Neptun* 23 mag, takže taková tělesa by nemohla uniknout současným přehlídkám. Přehlídka **Spacewatch** vyloučila existenci planety o rozměrech *Marsu* do vzdálenosti 300 AU a *Jupiteru* do vzdálenosti 1,2 tis. AU. Přehlídka **PanSTARRS** by našla planetu o rozměrech *Neptunu* do vzdálenosti 800 AU a hnědého trpaslíka o hmotnosti 0,1 $M_\odot$ do vzdálenosti 2 tis. AU. Dokonce již průkopnická ekliptikální přehlídka C. Tombaugha z 30. let minulého století vyloučila existenci planety o velikosti *Země* do vzdálenosti 81 AU od *Slunce*. Autor navíc dospěl k závěru, že současně *nejcitlivějším testem pro případnou existenci planety X je sledování precese přísluní planety Mars* a případně i dalších terestrických planet. Tak dostal daleko ostřejší horní meze pro planetu X, takže planeta o hmotnosti *Marsu* neexistuje do vzdálenosti 200 AU, o hmotnosti 0,7 M_Z do 450 AU a o hmotnosti 4 M_j do 4,5 tis. AU.

S. Batista a J. Fernandes hledali případné **sourozence Slunce** z hypotetické mateřské hvězdokupy tím, že si vytipovali 27 hvězd vzdálených nyní <100 pc od Slunce, jejichž spektrální třídy pokrývají pásmo F, G, a K. Našli tak vskutku minimálně *13 kandidátů na sourozence*, jejichž dnešní hmotnosti se pohybují v rozmezí 0,87 – 1,22 $M_\odot$ a vznikly před 2,6 – 7,4 mld. let.

D. Veras a M. Wyatt vyšli ze známé skutečnosti, že *Slunce* ke konci své existence po opuštění hlavní posloupnosti ztratí v řadě dramatických epizod zhruba polovinu své nynější hmotnosti. Jakukázali, projeví se to silnými **poruchami stability** mnoha drah uvnitř *Sluneční soustavy*. Soustava tak přijde o celý *Oortův oblak komet* a dokonce i o *TNO typu Sedna*, tj. o všechny objekty, jež se dostávají do vzdálenosti >1 tis. AU. Týž závěrplatí i pro všechny osamělé hvězdy podobné *Slunci*.

1.4. Slunce

R. Harrison aj. zveřejnili výsledky komplexního pozorování série čtyř **koronálních výronů hmoty** (*CME*) počínající 1. srpna 2010 a vystřelených ze *Slunce* v průběhu pouhých 16 h. První CME opustil *Slunce* ve 3:42 h UT h a byl pozorován během svého průletu interplanetárním prostorem (stejně jako jeho tři další sourozenci) sondami *STEREO* a družicemi *SDO, GOES, SOHO* a *WIND* až do 4. srpna téhož roku. Zatímco počáteční rychlost pohybu všech CME vůči Slunci dosahovala 1 tis. km/s, brzy po svém vzniku se CME zpomalovaly. První CME třídy M, jejíž příčinou byla *eruptivní protuberance*, se zpomalila na 730 km/s; druhá CME sice započala rychlostí >1 tis. km, takže dohnala svou předchůdkyni, kterou zakryla, ale její „vinou" se sama také zpomalila. Její příčinou byla *erupce třídy C3.2*. Splynuvší CME se znovu mírně zpomalila 3. srpna těsně před příletem k *Zemi* 3. srpna v 17:05 h. Třetí *CME třídy A* vyletěl v 10:04 h UT, zpomalil se na 600 km/s a přiblížila se k Zemi 4. srpna. Její příčinou byla opět eruptivní protuberance. Poslední *CME třídy B§* se zpomalil na 560 – 610 km/s a jako magnetický oblak dorazil k *Zemi* rovněž 4. srpna; i jeho příčinou byla eruptivní protuberance.

Y. Jiang aj. pozorovali 15. února 2011 první **sluneční erupci třídy X** v nového 24. cyklu sluneční činnosti pomocí japonské družice *Hinode* a americké družice *SDO*. Erupce intenzity X2.2 vznikla v aktivní oblasti *AR 11159*. Měření ukázala, že již 20 h před erupcí začaly skvrny v aktivní oblasti rychle rotovat a rotace skončila až hodinu po erupci, která trvala jen 22 minut. Vedoucí skvrna rotovala nejrychleji a splynula s dalšími skvrnami téže polarity, takže zmohutněla a vytvořila penumbru, jejíž spirálová vlákna rotovala ve směru hodinových ručiček. Asi 100 min před vzplanutím erupce se vnější penumbra skvrny srazila s několika skvrnami opačné polarity. Zdá se, že to byla hlavní příčina následného vzplanutí rentgenové erupce, která skončila zcela náhle a zanechala po sobě zkroucená vlákna penumbry.

K témuž závěru dospěli nezávisle X. L. Yan aj., kteří pomocí *SDO* pozorovali průběh dvou erupcí z 10. února 2010 v aktivní

oblasti *AR 08858*. I zde před vlastní erupcí začaly sluneční skvrny kolem sebe rotovat úhlovou rychlostí 8 – 20° a během vrcholné rotace se vytvořil *sigmoidní filament*, jenž vyvolal obě erupce a následně i CME. Další podrobnosti o celém procesu dostali A. Sterling aj., když zkombinovali údaje o erupci z 1. června 2011 získané družicemi *SDO* a *Hinode* i sondami *STEREO*. První záblesk erupce je tedy vyvolám magnetickým přepojením (*rekonexí*) a o celý další průběh úkazu trvajícího ve skutečnosti skoro hodinu se pak již postará standardní magnetohydrodynamika.

Velmi podrobné údaje o **vzniku slunečních erupcí** zveřejnili B. Johnstone aj. na základě dlouhodobých pozorování družice *TRACE* v pásmu 160 nm a geostacionárních družic *GOES* i magnetogramů získaných pomocí pozemní sítě *GONG*. Mohli tak podrobně sledovat uměny podélné složky magnetických polí v případě čtyř rentgenových erupcí s intenzitami X1 – X10, jež se odehrály mezi srpnem 2001 a červencem 2004. Odtud se jim podařilo prokázat, že prvotní příčinou erupcí jsou **Alfvénovy vlny** a s nimi spojená rekonexe magnetických siločar ve sluneční koróně. Vlny vznikající v koróně se šíří z místa vzniku všemi směry, tj. také do chromosféry a fotosféry a všude tam pak pozorujeme projevy vlastní erupce. Magnetické pole v koróně má totiž nad řídkým plazmatem navrch, kdežto ve fotosféře plazma dominuje nad magnetickým polem. *Koronální plazma* je vysoce vodivé, takže proto se energie vln uvolní náhle a vratké magnetické pole se přestaví do stabilnější konfigurace. Celková uvolněná energie erupcí dosahuje až 10^{25} J v souladu s jinými měřeními. Ultrafialové záření erupce ve fotosféře vyvolává pozorovatelné změny, které v průměru trvají sice jen 4 minuty, ale výjimečně se mohou protáhnout až na celé hodiny.

D. Ryan aj. zveřejnili výsledky **rentgenových pozorování Slunce** pomocí geostacionárních družic *GOES* během tří cyklů sluneční činnosti v letech 1980 – 2007. Během té doby družice zaznamenaly více než 50 tis. slunečních erupcí, během nichž se na Slunci v průběhu minut až hodin uvolňovaly energie $<10^{26}$ J.

I. Ramírez aj. se zabývali hledáním hvězd, které se svými parametry silně podobají Slunci. Říkáme jim **sluneční analogy** a v současné době jich známe už zhruba 80. Analogy Slunce musí mít podobné efektivní teploty, gravitaci na svém povrchu a zastoupení chemických prvků. Pro hledání analogů se hodí *fotoelektrická fotometrie*, která dává pro *Slunce* dává následující referenční hodnoty: (B-V) = 0,653 mag; (U-V) = 0,166; (V-R) = 0,352 a (V-I) = 0,702. L. Casagrande aj. také zatím nejpřesněji určili efektivní teplotu *Slunce* (5 755 ± 22) K.

Podobně důležité je mít přesné údaje o **slunečním spektru**, pořízeném s co největším rozlišením, což kvůli velké jasnosti Slunce je pozorovatelský těžký oříšek. Vtipně ho však vyřešili P. Molaro a S. Monai, když využili podstatně slabšího zdroje slunečního spektra ve světle odraženém od povrchu planetky *Ceres*. Namířili k ní štěrbinu ultrapřesného vysokodispersního spektrografu *HARPS* u 3,6m teleskopu na observatoři *ESO La Silla* a zobrazili tak v pásmu vlnových délek 400 – 686 nm přes 2 300 spektrálních čar. Určili tak jejich radiální rychlosti s přesností 0,3 – 1,0 km/s, což je výsledek až pětkrát přesnější než u kterékoliv spektrografu namířeného přímo na Slunce. Změřili také přesnou hodnotu Einsteinova gravitačního posuvu na povrchu Slunce: +636 m/s.

Einsteinův posuv měřili nezávisle také japonští astronomové na observatoři *Hida* pomocí 0,6 zrcadlového teleskopu v pásmu vlnových délek 519 – 521 nm uprostřed slunečního kotouče, kde se neprojevuje Dopplerův jev související s rotací *Slunce*. Dostali tak hodnotu +(698 ±113) m/s. Z obecné teorie relativity i hmotnosti a poloměru Slunce vyplývá +633 m/s.

M. Emilio využili *tranzitů Merkuru* ze 7. května 2003 (trvání 5,40 h) a 8. listopadu 2006 (trvání 4,95 h) přes kotouč *Slunce* k prvnímu měření úhlového a lineárního **poloměru Slunce** nad hranicí zemské atmosféry. Pomocí Dopplerova zobrazovače *MDI* družice *SOHO* (*ESA*) tak dostali zatím nejpřesnější hodnotu úhlového poloměru (960,12 ±0,09)", tj. lineárně (696 342 ±65) km. Obdobná měření ze zemského povrchu dávala chybu ±500 km, čili téměř o řád horší.

Zploštění Slunce měřili J. Kuhn aj. pomocí družice *SDO* a zjistili, že Slunce je překvapivě kulaté s relativním zploštěním jen $5{,}0.10^{-6}$ a tato hodnota vůbec nezávisí na fázi periody sluneční činnosti. Výsledek je dokonce v rozporu se známou skutečností o rychlosti sluneční rotace, takže odstředivá síla na rovníku by měla *Slunce* zploštit o 17 % více než vyplývá z pozorování.

K. J. Li aj si položili otázku, proč je **sluneční konstanta** měřená na vnější hranici zemské atmosféry jako **TSI** (*Total Solar Irradiance*) vskutku konstantní. Měření *TSI* pomocí družic započalo v listopadu 1978 a autoři zpracovali její denní hodnoty až do 20. listopadu 2010. Na odchylkách *TSI* od střední hodnoty 1 366 W/m^2 se podle autorů podílejí tři složky různého původu. Zhruba 42 % variací představují změny *TSI* vyvolané poměrně pomalou rotací *Slunce*; stejný podíl variací vzniká kolísáním v rámci 11tiletého cyklu sluneční činnosti, jež se projevuje změnami magnetických struktur v klidných oblastech na Slunci. Třetí složka (15 %) představuje variace s periodou kalendářního roku, jejíž původ je dosud záhadný.

P. Foukal kritizoval zprávu klimatického panelu *IPCC*, která tvrdila, že existuje korelace mezi historickými hodnotami TSI a průměrnou teplotou povrchu *Země*. Hodnoty *TSI* lze totiž nepřímo odvodit z intenzity spektrální čáry K ve fakulových polích na *Slunci*, a to již od r. 1915. Pro předešlé období lze využívat údajů o *ploše slunečních skvrn* měřených na observatoři v *Greenwichi* od r. 1875, ale pro období 1610 – 1875 už jen zpráv o výskytu slunečních skvrn, popř. přibližná relativní čísla. Z historických údajů vyplývá, že v 17. stol. byla svítivost *Slunce* nižší, než se dosud uvádělo, a naopak *TSI* byla o 30 – 50 % vyšší mezi lety 1925 – 1960, než uvádí zpráva klimatického panelu IPCC pro roky 1925 – 1945, která pak tvrdí, že existuje korelace mezi TSI a průměrnou teplotou na Zemi. Autor však ukázal, že *TSI* ve skutečnosti kolísá tak nepatrně, že *žádná korelace s globálním oteplováním Země se nepotvrdila*.

Například W. Ball aj. zpracovali variace *TSI* během 21. – 23. cyklu sluneční činnosti jak z měření na arizonské observatoři *Kitt Peak*, tak na družici *SOHO*. Rozdíl *TSI* v minimech mezi 22. a 23. cyklem dosáhl jen 0,2 W/m^2, což představuje relativní změnu 0,15 promile! Je vskutku pozoruhodné, jak *gigantický zdroj tepla pro Zemi je ve střednědobém měřítku konstantní* – žádná pozemská teplárna nebo elektrárna není seřízena tak dokonale.

S. Wedemeyer-Böhm aj. využili vysokého rozlišení americké družice *SDO* k určení průběhu siločar magnetických polí mezi sluneční fotosférou a korónou. **Magnetická pole** se do fotosféry přenášejí konvekcí z pásma pod slunečním povrchem. Vynořené siločáry se dostávají do vířivého pohybu a směrem do koróny nejsou přesně svislé, čímž vzniká odstředivá síla, která urychluje částice teplého plynu po spirálové dráze až do vnitřní koróny. V podstatě jde o **magnetické tornáda** o svislé výšce až 100 tis. km, které slouží jako kanály přenosu energie. Z každého čtverečního metru povrchu *Slunce* se tak přenáší do koróny zářivý výkon až 300 W/m^2, což postačí na vysvětlení vysoké teploty koróny (2 MK). Ve sluneční chromosféře proto pozorujeme UV čáry ionizovaného hélia a vysoce ionizovaného železa. Autoři odhadují, že *na viditelném povrchu klidného Slunce se nachází řádově 10^4 mag-*

netických tornád, jejichž průměrná životnost dosahuje 13 minut. Zmíněná měření a popsané fyzikální pochody platí však pouze pro *klidné Slunce*. Vliv slunečních skvrn a aktivních oblastí na Slunci zatím objasněn není.

Z. Huang aj. uvedli, že zatímco **magnetické smyčky** v aktivních oblastech na *Slunci* lze snadno pozorovat družicemi a sondami v pásmu záření EUV a rentgenového, u *klidného Slunce* viditelné prakticky nebyly. Nyní se jim však podařilo zobrazit je kombinací údajů z aparatury *EUVI* na sondách *STEREO* a zobrazovače *MDI* na družici *SOHO*. K jejich překvapení se na klidném Slunci podařilo rozlišit *dva druhy smyček* – jak očekávali, jsou to jednak smyčky, jejichž teplota se ve směru nahoru zvyšuje, ale kromě toho existují smyčky, kde teplota směrem vzhůru klesá. *Smyčky se stoupající teplotou převažují ve vysokých heliografických šířkách, kdežto smyčky s klesající teplotou převažují v nízké koróně*. Tento úkaz není zatím objasněn, ale nepochybně souvisí s odvěkým problémem, proč je koróna mnohem teplejší než fotosféra a chromosféra Slunce.

K podobným výsledkům dospěli nezávisle díky sondám *STEREO A a B* také A. Vourlidas aj., kteří ze stereoskopických pozorování v pásmu EUV (17 a 28 nm) sestrojili **trojrozměrné modely magnetických smyček** pohybujících se vzhůru před vzplanutím erupce 2. ledna 2008. Když se smyčky zhroutily do erupčního kanálu, vedlo to vzápětí k vytvoření koronálního výronu hmoty (*CME*), jenž se počal zvětšovat a urychlovat v radiálním směru od *Slunce*. Celý úkaz se odehrál v průběhu 7 h. Tak se konečně daří zjistit, jak vznikají *CME* objevené v interplanetárním prostoru počátkem 70. let minulého století. Dnes víme, že to jsou mimořádně energetické jevy ve *Sluneční soustavě*, které občas výrazně ovlivňují zemskou atmosféru. Zasahují tam aparatury na družicích, ale poškozují i některá technická zařízení na *Zemi*. V listopadu 2008 pozorovali F. Shen aj. dokonce superpružnou **srážku dvou CME** v interplanetárním prostoru, čímž lineární kinetická energie celé soustavy ještě vzrostla.

K. Kusano aj. a J. Karpen aj. věnovali pozornost *souvislostem mezi CME a slunečními erupcemi* jak z pozorování magnetických polí na Slunci a náhlých změn jejich konfigurací, tak i z odpovídajících magnetohydrodynamických modelů. Modely se díky ohromujícím pokrokům v komplexním pozorování úkazů na Slunci i v interplanetárním prostoru neobyčejně zdokonalily. Tak se ukazuje, že případné předvídání kosmického počasí a vlivů na Zemi by se mohlo zlepšit *nepřetržitým a velmi podrobným pozorováním změn magnetických polí na Slunci*. Úkol je však zřejmě ještě obtížnější než předpovídání počasí na *Zemi*, protože „magnetická paměť" Slunce nepřesahuje podle B. Karaka a D. Nandyho pět let. Tím více je udivující, že J. Abreu aj. se vrátili ke kontroverznímu tématu údajného *gravitačního vlivu planet na sluneční dynamo* a snaží se prokázat, že tyto vlivy nejenom působí na mohutnost známých cyklů sluneční činnosti 11 a 22 let, ale údajně dokonce na problematické dlouhé cykly sluneční činnosti na stupnici do 9,4 tis. let!

E. Bosman aj. zjistili pozorováním ze sond *STEREO* mezi lednem 2007 a prosincem 2010, že **četnost úkazů CME** stoupá úměrně s počtem slunečních skvrn, takže mezi zářím 2009 a březnem 2010 se proti klidovém stavu zvýšila až čtyřikrát. Pro 51 *CME* v tomto období se podařilo určit jejich trojrozměrnou strukturu. Vyskytují se ve 4/5 případů v heliografických šířkách ±30° od rovníku a většinou se při svém výstupu směrem k rovníku *Slunce* sklánějí. Mimochodem, 6. února 2011 byly sondy A a B na svých drahách úhlově vzdáleny 180° od sebe, takže poprvé v historii měli astronomové *možnost naráz přímo pozorovat celou kouli Slunce*.

Nový pozemní sluneční teleskop o průměru zrcadla 1,6 m na observatoři *Big Bear* v *Kalifornii* umístěný v kopuli na ostrůvku v jezeře vyniká svým úhlovým rozlišením při pozorování slunečního povrchu. Podle V. Abramenka aj. se tak podařilo zobrazit povrch *Slunce* v čáře TiO o vlnové délce 706 nm s úhlovým rozlišením 0,04", tj. lineárně 80 km. Tak se podařilo objevit na klidném Slunci **subgranulární struktury** <600 km, zatímco průměrný rozměr granulí dosahuje 1 050 km. Nově rozlišené minigranule mají ovšem další fraktální strukturu...

2. Hvězdný vesmír

2.1. Extrasolární planety a hnědí trpaslíci

2.1.1. Objevy a pozorování exoplanet

D. Fischerová aj. zveřejnili první objevy exoplanet získané mezinárodní skupinou dobrovolníků, kteří podle zadaného programu prosévají obsáhlá data o světelných křivkách hvězd z projektu družice *Kepler*. Říkají si **Lovci planet** (*Planet Hunters*). Do této společnosti patří na 40 tisíc majitelů osobních počítačů z celého světa. Kolektivním úsilím tak našli důkazy o exoplanetách s poloměry 2,6 a 8,0 R_Z u hvězd **KIC 10905746**, resp. **KIC 6185331**. Planety kolem svých mateřských hvězd obíhají v periodách 9,9 d, resp. 49,8 d. Počátkem roku 2012 bylo již v databázi jasností hvězd v zorném poli družice Kepler nalezeno profesionály a dobrovolníky na 2,3 tis. hvězd, kolem nichž s vysokou pravděpodobností (>90 %) obíhá alespoň jedna exoplaneta.

Díky delším časovým řadám pozorování začíná přibývat objevů **cirkumbinárních a cirkumprimárních exoplanet**. Cirkumbinární exoplanety jsou definovány tak, že obíhají kolem těžiště těsné dvojhvězdy, kdežto cirkumprimární obíhají kolem jedné složky širší dvojhvězdy. W. Welsh aj. tak našli cirkumbinární obří plynné exoplanety u zákrytové dvojhvězdy **Kepler-34** (15 mag; shodný pár sp. G0; teploty 5,9 kK; 1,2 + 1,1 $R_\odot$; 1,0 $M_\odot$; oběžná per. 28 d; a = 0,23 AU; e = 0,5!; metalicita -0,07; vzdálenost 1,5 kpc) a **Kepler-35** (16 mag; sp. G; 5,6 kK + ?; 1,0 + 0,8 $R_\odot$; 0,9 + 0,8 $M_\odot$; per. 21 d; a = 0,18 AU; e = 0,14; vzdálenost 1,6 kpc). Kolem dvojhvězdy K-34 obíhá exoplaneta o poloměru 0,8 R_j a hmotnosti 0,2 M_j v periodě 289 d po dráze s poloosou 1,1 AU a výstředností 0,2. Kolem dvojhvězdy K-35 obíhá exoplaneta o poloměru 0,7 $R_\odot$ a hmotnosti 0,13 M_j v periodě 131 d po dráze s poloosou 0,6 AU a výstředností 0,04.

V obou případech obíhají exoplanety koplanárně s oběžnou drahou samotných dvojhvězd. Autoři ukázali, že oběžné periody exoplanet jsou o 14 %, resp. 24 % delší, než by odpovídalo stabilitě těchto soustav tří těles. Průměrné ozáření zmíněných exoplanet představuje 2,4násobek, resp. 3,6násobek insolace Země, ale vlivem uvedených výstředností drah ozáření silně a necyklicky kolísá, takže klima na obou exoplanetách musí být v podstatě šílené. Autoři shrnuli, že podle dosavadní statistiky družice Kepler (671 dnů pozorování) *má alespoň 1 % těsných dvojhvězd cirkumbinární exoplanety v koplanárních drahách*, což jen pro naši Galaxii představuje řádově milióny takových exoplanet.

Družice Kepler soustavně sleduje přes **2 tisíce zákrytových dvojhvězd**, u nichž může zaznamenat poklesy jasnosti během primárního i sekundárního zákrytu v rozsahu oběžných period 0,9 – 276 d. Pokud nejsou tyto periody stálé, tak se rozbor světelných

křivek soustřeďuje na určení parametrů třetího tělesa v soustavě. Jde o velmi citlivý indikátor umožňující objevit hmotná tělesa (hvězdy, hnědé trpaslíky, exoplanety), které obíhají po nekoplanárních drahách, takže se nedají najít pomocí tranzitů.

Tak byly F. Fressinem objeveny dvě exoplanety zemského typu u hvězdy **Kepler-20** (12,5 mag; sp. G8; 0,9 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; 5,5 kK; stáří 9 mld. let; 290 pc). Soustava má celkem 5 exoplanet o poloměrech 0,9 – 3,1 R_Z a hmotnostech 0,4 – 20 M_Z s oběžnými periodami 3,7 – 77,6 d a poloosami drah 0,045 – 0,345 AU. Tato miniaturní soustava patrně terestrických exoplanet je stabilní díky dráhovým rezonancím po řadě 3:2; 2:1; 2:1 a 4:1. Tutéž soustavu proměřovali také T. Gautier aj., kteří dále zpřesnili údaje pro tři exoplanety nejbližší k mateřské hvězdě.

M. Bryanová aj. určili parametry dvou průvodců trpasličí hvězdy **Qatar-2** (13 mag; poloha 1350-0648; sp. K; 4,6 kK; 0,7 $R_\odot$; 0,7 $M_\odot$). Těsně kolem hvězdy obíhá po kruhové dráze o poloměru 3,3 mil. km exoplaneta v periodě 1,34 d. Tranzit exoplanety přes kotouček mateřské hvězdy trvá 1,8 h. Povrch exoplanety je zahřátý na teplotu 1,3 kK při poloměru 1,1 R_j a hmotnosti 2,5 M_j. Druhý průvodce má hmotnost několikrát větší než Jupiter, ale oběžnou periodu kolem 1 roku. To je tedy úhrnem zcela nevídaná konfigurace.

G. Anglada-Escudé aj. zpracovali výsledky měření radiálních rychlostí hvězdy **GJ 667C**, která je nejmenším členem fyzické trojhvězdy ABC v souhvězdí *Štíra* (poloha 1719-3459; 10 mag; dM1.5; 3,7 kK; 0,014 $L_\odot$; 0,4 $R_\odot$; 0,3 $M_\odot$; rotační per. 105 d; 7 pc). Křivka radiálních rychlostí vykazuje celkem 4 překládající se periody po řadě 7,2; 28; 75 dnů a 10 let a exoplanety obíhají po eliptických drahách s délkami velkých poloos 0,05; 0,12; 0,24 a 2,6 AU. Tři vnitřní exoplanety mají hmotnosti 5,7; 4,5 a 5,6 M_Z a vzdálená vnější 0,25 M_j. Jelikož ekosféra hvězdy se prostírá v rozmezí 0,115 – 0,24 AU, druhá a patrně i třetí vnitřní planeta se nacházejí v ekosféře zmíněné hvězdy.

S. Gettel aj. využili obřího *9,2m teleskopu HET* na McDonaldově observatoři v Texasu k přesnému měření radiálních rychlostí hvězd **BD+20 274** (9 mag; K5 III; 17 $R_\odot$; 0,8 $M_\odot$; 90 $L_\odot$; 4,3 kK; rotační rychlost 2 km/s) a **HD 219415** (9 mag; KO III; 3 $R_\odot$; 1 $M_\odot$; 4 $L_\odot$; 4,8 kK; rotační rychlost 1 km/s). Tak se jim podařilo zjistit, že kolem hvězd obíhají exoplanety po řadě s parametry: (BD) – oběžná doba 1,6 r; a = 1,3 AU; e = 0,2; >4 M_j a (HD) – 5,7 r; a = 3,2 AU; e – 0,4; >1 M_j. Planety u obřích hvězd se dají objevit metodou radiálních rychlostí jen s obtížemi, protože spektrální čáry v jejich spektru jsou neostré a amplitudy radiálních rychlostí nízké, takže křivky radiálních rychlostí jsou zatíženy velkým šumem.

Podobně zatím selhávaly **objevy exoplanet v otevřených hvězdokupách**. Jak uvedli S. Quinn aj., až donedávna byly známy jen dvě exoplanety v těchto hvězdokupách: u hvězdy **ε Tau** (3,5 mag) v *Hyádách* a u hvězdy **TYC 5409-2156** (9 mag;) v otevřené hvězdokupě *NGC 2423§* (*Pup*, 770 pc), a to právě jen u obřích hvězd, takže ve velkých vzdálenostech od mateřských hvězd. Všechny pokusy objevit exoplanety ve hvězdokupách u hvězd hlavní posloupnosti tříd F, G, K zatím selhávaly. Autorům se však nyní podařilo objevit pomocí ešeletového spektrografu *TRES* u *1,5m Tillinghastova reflektoru* na Mt. Hopkinsu v Arizoně dvě exoplanety ve známé hvězdokupě **Praesepe** (M44; stáří 600 Mr; 170 pc) v *Raku*. Planety obíhají kolem trpasličích hvězd tříd F, resp. G v periodách 4,4 a 2,15 d. Jde o horké jupitery s hmotnosti >0,5, resp. 1,8 M_j. K objevu dospěli po prozkoumání spekter 53 hvězd, takže odtud plyne, že hvězdokupa obsahuje minimálně 4 % hvězd s horkými jupitery. To prakticky znamená, že *migrace jupiterů z původního cirkumstelárního disku do blízkostiô hvězd se stihla za <600 mil. let* (stáří a metalicita otevřených hvězdokup jsou známy s relativně dobrou přesností).

D. Nesvorný aj. ukázali, že když se perioda tranzitů exoplanety mění, může to znamenat, že její pohyb ruší jiná exoplaneta téže soustavy, která však vinou odchylného sklonu dráhy tranzity nemá. Prokázali to u hvězdy **KOI-872** (=Kepler-46; sp. K0; 5,2 kK; 0,6 $L_\odot$; 0,9 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; stáří 10 Gr; 850 pc) která má tranzitující exoplanetu b (0,8 R_j; <6 M_j; povrchová teplota 540 K) obíhající mateřskou hvězdu v periodě 33,6 d po kruhové dráze o poloměru 0,20 AU. Z kolísání periody v rozsahu 2 h autoři odvodili, že v soustavě se nachází netranzitující planeta c o hmotnosti 0,4 M_j a povrchové teplotě 450 K, obíhající kolem mateřské hvězdy rovněž po kruhové dráze o poloměru 0,28 AU v periodě 57,0 d, tj. v rezonanci 5:3 s exoplanetou b. Kromě toho se ukázalo, že se v soustavě nachází ještě další tranzitující exoplaneta d o poloměru 1,7 R_Z a povrchové teplotě 920 K, obíhající po kruhové dráze o poloměru 0,07 AU v periodě 6,8 d. Soustava je zajímavá svou pravidelností, tj. kruhovými drahami a přibližnou koplanárností, čímž se docela podobá naší Sluneční soustavě.

Další podivuhodnou soustavu odhalili J. Carter aj. u hvězdy **Kepler-36** (1,6 $R_\odot$; 1,1 $M_\odot$; sp. G1 IV; 5,9 kK; 3 $L_\odot$; rotační per. 17 d; hustota 35 % hustoty vody; stáří 7 mld. let; vzdálenost 470 pc), když zjistili, že kolem hvězdy obíhají těsně za sebou dvě tranzitující exoplanety, které mají po řadě parametry: per 13,8 a 16,2 d; velké poloosy 0,115 a 0,128 AU ; poloměry 1,5 a 3,7 R_Z; hmotnosti 4,4 a 8,1 M_Z a povrchové teploty 980 a 930 K. Liší se přitom pronikavě svými středními hustotami. Bližší ke hvězdě má průměrnou hustotu 7,5násobek (!), zatímco ta mírně vzdálenější jen 0,9násobek hustoty vody v pozemských podmínkách. Přitom pozorovatel na bližší exoplanetě by viděl tu vzdálenější jako těleso o úhlovém průměru 1°! Vinou své prostorové blízkosti a dráhové rezonanci 7:6 se pochopitelně dráhové parametry obou exoplanet průběžně mění, takže jde o složitý příklad problému tří těles, řešitelného pouze numericky. K. Decková aj. zjistili, že obě planety podlehnou dráhovému chaosu již během 10 let (!), pokud nemají své parametry velmi přesně vyladěné, ale pravděpodobnost takového vyladění činí jen 4,5 %. Naproti tomu *terestrické planety Sluneční soustavy jsou vůči dráhovému chaosu odolné*, neboť jejich tzv. Ljapunovův čas přesahuje 5 milionů let.

T. Krejčová a J. Budaj odhalili důležitou souvislost mezi chromosférickou aktivitou mateřských hvězd a výskytem exoplanet v jejich těsné blízkosti. Jestliže velká poloosa dráhy exoplanety nedosahuje 0,15 AU (?22 mil. km) a oběžná doba je kratší než 20 dnů, jeví mateřská hvězda zesílené a rozšířené chromosférické čáry H a K (Ca II), což je důkaz zvýšené hvězdné aktivity, velmi pravděpodobně zesílené blízkou exoplanetou.

A. Showman aj. změřili Dopplerův posuv spektrálních čar v atmosféře exoplanety b během tranzitu před hvězdou **HD 189733** (=*V452 Vul*; 8 mag; K1.5 V; 19 pc) a objevili tak silně vanoucí zonální větry o rychlostech až 5 km/s!

A. Lecavelier des Etanges aj. snímkovali počátkem dubna 2010 a znovu počátkem září 2011 atmosféru exoplanety b pomocí spektrografu *STIS HST*. Jelikož exoplaneta obíhá kolem mateřské hvězdy v periodě pouhých 2,2 d ve vzdálenosti jen 5 mil. km, musí být její atmosféra silně ovlivněna hvězdou. Shodou okolností asi 8 h před snímkem ultrafialového spektra v čáře Ly-α zaznamenala družice *Swift* silnou rentgenovou erupci hvězdy, takže její rentgenový zářivý výkon stoupl 3,6krát. To znamená, že šlo o erupci se zářivým výkonem o 4 řády (!) vyšším, než tomu bývá u největších erupcí na *Slunci*. Autoři tak snadno zjistili, že erupce ničila atmosféru exoplanety, neboť na rozdíl od snímku z r. 2010 pozorovali vodíkový chvost exoplanety vypařující se rychlostí

140 – 230 km/s tempem 1 kt/s. Za tento dramatický úkaz je zčásti odpovědný hvězdný vítr v podobě urychlených protonů a zčásti samotné zvýšení zářivého výkonu hvězdy. Jde tedy o první přímý důkaz, že *exoplanety v blízkosti mateřských hvězd jsou silně ovlivňovány okamžitým chováním hvězdy.*

Dobře je podle K. Poppenhaegera vidět v případě exoplanety b u hvězdy **CoRoT-7** (12 mag; sp. G9 V; 5,2 kK; 0,8 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; per. rotace 23 d; stáří 1,5 mld. let; 150 pc). Kolem hvězdy obíhají dvě exoplanety: tranzitující b a netranzitující c, které patří mezi tzv. *Superzemě* s hmotnostmi po řadě 7 M_Z a 15 M_Z, jež obíhají kolem hvězdy v periodách 20 h a 3,7 d ve drahách s velkými poloosami 2,6 mil. km a 6,9 mil. km (v rezonanci 8:3). Mateřská hvězda má totiž horkou korónu o teplotě 3 MK, která v krátkovlnné oblasti spektra dosahuje zářivého výkonu 3.10^{21} W. Následkem toho se bližší exoplaneta b o poloměru 1,6 R_Z vypařuje tempem $1,3.10^8$ kg/s, takže během svého života přišla již o 6 M_Z! Přitom jde téměř jistě o kovovou exoplanetu, neboť její střední hustota činí zhruba 10násobek hustoty vody v pozemských podmínkách!

To potvrdili F. Wagner aj., kteří uvedli, že exoplaneta b se vnitřní stavbou podobá *Merkuru*, takže má velmi rozměrné železné jádro představující 64 % její hmotnosti; zbytek představuje silikátový plášť. Autoři též ukázali, že podobná kovová exoplaneta provází hvězdu **Kepler-10** (11 mag; sp. dG; 5,6 kK; 1,1 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; stáří 12 mld. let; 170 pc), neboť její železné jádro představuje 59 % hmotnosti exoplanety (4,6 M_Z). Při poloměru 1,5 R_Z pak její střední hustota dosahuje téměř 9násobku hustoty vody. I tato exoplaneta se nachází těsně u své mateřské hvězdy na dráze s poloosou 2,5 mil. km a oběžnou periodou 20 h. Zdá se tedy, že výskyt kovových „merkurů" v těsné blízkosti mateřských hvězd bude spíše pravidlem než výjimkou a jejich hmotnostem se téměř nekladou žádné horní meze.

S. Rappaport aj. popsali případ exoplanety u hvězdy **KIC 12557548**, která se téměř doslova ztrácí před očima, neboť se nachází velmi blízko své mateřské hvězdy, jak o tom svědčí oběžná perioda 15,7 h a vzdálenost 2 mil. km od centra hvězdy (1,5 mil. km od jejího povrchu). Samotná hvězda má parametry: 16,7 mag; sp. K6 V; 0,7 $R_\odot$; 0,7 $M_\odot$; 0,14 $L_\odot$; 4,3 kK; stáří >200 mil. let; 470 pc. Exoplaneta o hmotnosti 0,1 M_Z během tranzitu zeslabuje světlo hvězdy v rozmezí 0,2 – 1,3 %, což svědčí o *úniku materiálu z exoplanety v podobě kometárního chvostu.* Na rozdíl od komet však astronomové objevili ve chvostu pyroxeny a zrnka oxidu hliníku (AlO_2). Poměr plynu a prachu ve chvostu je blízký jedničce, což dokazuje, že na ztrátě hmoty se podílí kamenná exoplaneta tempem 1 M_Z/1 mld. let. Současná hmotnost vypařované exoplanety odpovídá hmotnosti *Merkuru* a její dny jsou zřejmě sečteny – určitě nepřežije ani 200 mil. roků. Hypotézu o drcené exoplanetě potvrdili nezávisle M. Brogi aj.

Podobně M. Pätzold aj. ukázali, že se pozvolna ničí exoplaneta **CoRoT-21b**, která kolem podobra 16 mag (*Mon*), sp. třídy F8 IV o poloměru 2 $R_\odot$ a hmotnosti 1,3 $M_\odot$ obíhá po kruhové dráze v periodě 2,7 d, tj. ve vzdálenosti 6 mil. km. Při svém poloměru 1,3 R_j, hmotnosti 2,3 M_j a stáří 4 mld. let má už totiž pomalu na kahánku, protože ztrácí oběžnou rychlost, takže se ke hvězdě neúprosně blíží po smrtící spirále a zanikne vinou slapů nejpozději za 800 mil. let.

Je s podivem, jak se stále daří překonávat rekordy v krátkých oběžných periodách stále ještě rozlišitelných exoplanet těsně u svých mateřských hvězd. M. Gillon aj. našli tranzitující exoplanetu b u hvězdy ***WASP-43*** (12 mag; K7 V; 0,7 $R_\odot$; 0,7 $M_\odot$; 4,5 kK; stř. hustota 2,4× voda; rotační rychlost 16 km/s; 80 pc). Obíhá po kruhové dráze s poloměrem 2,3 mil. km v periodě 13,4 h, má poloměr 1,0 R_j a hmotnost 2 M_j a střední hustotu 1,4× vody. To je zatím nejtěsnější pozorovaný horký jupiter.

Ještě extrémnější případ zaznamenali J. van Eyken aj. u mladé hvězdy **CVSO 30** (16 mag; sp. dM3; 1,4 $R_\odot$; 0,4 $M_\odot$; 3,5 kK; 0,25 $L_\odot$; 330 pc) typu T Tau v hvězdné asociaci *Ori OB1a/25 Ori* staré 7 – 10 mil. let. V rámci projektu *PTF* u ní našli tranzitující exoplanetu s oběžnou dobou pouhých 10,8 h o hmotnosti 5 M_j. Jelikož mateřská hvězda není starší než 2,7 mil. let, vzniká otázka, jak je možné, že velmi hmotná exoplaneta stihla za tu dobu vzniknout daleko od hvězdy a migrací se rychle dostat do blízkosti k mateřské hvězdě. *Její budoucí existence je tudíž ohrožena vypařováním a ztrátou hmoty*, protože téměř určitě se nachází velmi blízko Rocheově mezi pro roztrhání slapovými silami mateřské hvězdy.

Pozoruhodný úlovek exoplanety se zdařil T. Beattymu aj. díky soustavné přehlídce *KELT* (*Kilodegree Extremely Little Telescope*), jež probíhá na observatoři *Sonoita* v Arizoně od října 2006. Kamera má opravdu extrémně malé rozměry, tj. průměr čočky 42 mm; ohnisko 80 mm (f/1,8) a rozlišení 23"/pixel, ale zato extrémně široké zorné pole 26° × 26°, takže opakovaně sleduje jasnosti 136 tis. hvězd 8 – 10 mag s cílem odhalit tranzitující obří exoplanety na 40 % plochy oblohy viditelné během roku z Arizony. Autoři tak nalezli exoplanetu b, jež obíhá kolem primární složky (A) vizuální dvojhvězdy **HD 42176** (= *KELT-2A*; *Aur*; 8,8 mag; F7 V; 1,8 $R_\odot$; 1,3 $M_\odot$; 6,2 kK; stáří 4 Gr; 130 pc). V úhlové vzdálenosti 2,3" (lineárně 300 AU) od ní se nachází slabší složka dvojhvězdy (B) s parametry: 12 mag; K2 V; 0,7 $R_\odot$; 0,8 $M_\odot$; 4,8 kK. Orbitální parametry exoplanety b o hmotnosti 1,5 M_j, poloměru 1,3 R_j a povrchové teplotě 1,7 kK činí: a = 8 mil. km; e = 0,2; i = 88,5° a oběžná perioda 4,1 d. Hloubka tranzitu dosahuje 0,5 % v trvání 5 h. *Kelt-2A* je třetí nejjasnější hvězdou, kolem níž obíhá exoplanetu typu *Jupiter*, jež byla nalezena z pozemních pozorování, což je velmi příznivá okolnost pro studium vnitřní stavby i atmosféry obřích exoplanet. Blízkost exoplanety b k mateřské hvězdě A pak naznačuje, že se utvořila v daleko větší vzdálenosti od složky A, ale postupně migrovala směrem k ní následkem Kozaiovy interakce s druhou složkou dvojhvězdy (B).

Podle S. Desidery aj. ještě volnější dvojhvězdou je soustava **HD 106515** (A+B; 8 mag; 5,2 kK; 35 pc; stáří 6 mld. let). Jde o dva žluté trpaslíky se spektrem G5 a G8 o hmotnostech 0,97 a 0,89 $M_\odot$, kteří kolem sebe obíhají po dráze s velkou poloosou 390 AU. Soustavná měření spektrografem *SARG* na 3,6m teleskopu *TNG* na Kanárských ostrovech ukázala, že kolem složky A obíhá obří exoplaneta s hmotností >9 M_j po silně výstředné (e = 0,6) dráze s velkou poloosou 4,4 AU v periodě téměř 10 let. Vysokou výstřednost dráhy evidentně způsobila nedaleká složka B.

X. Dumusque aj. nalezli exoplanetu b u sekundární složky B hvězdy **α Cen** (1,3 mag; K1 IV; 0,9 $R_\odot$; 0,9 $M_\odot$; 5,2 kK; 0,5 $L_\odot$; stáří 6 Gr), která je k Zemi nejbližší těsnou dvojhvězdou se složkou A a společně s *Proximou Centauri* tvoří hierarchickou trojhvězdu. Složky A a B obíhají kolem společného těžiště v periodě 80 let po výstředných drahách (e = 0,5) s délkou velkéô poloosy 18 AU. Exoplaneta b obíhá kolem hvězdy B v periodě 3,2 d po kruhové dráze o poloměru 6 mil. km a má hmotnost >1,1 M_Z. Exoplaneta byla objevena metodou radiálních rychlostí pomocí spektrografu *HARPS§* u *3,6m reflektoru ESO* na *La Silla* na základě pozorování od února 2008 do července 2011. Amplituda rychlostí dosáhla ovšem jen 0,5 m/s, takže křivka radiálních rychlostí je silně zašuměná.

M. Endl aj. zlepšili údaje o pěti exoplanetách obíhajících hvězdu **ró[1] Cnc** (= *55 Cnc*; 6 mag; G8 V; 1,2 $R_\odot$; 0,95 $M_\odot$; 0,6 $L_\odot$; 5,4 kK; 12 pc; stáří 8 mld. let; hvězda je složkou široké vizuální dvojhvězdy s lineární roztečí >1,1 kAU). Využili k tomu spektrografů u 2,7m a 9,2m teleskopů *McDonaldovy observatoře* v Texasu, dále 3m na *Lickově observatoři* a také 10m Keckova teleskopu na Mauna Kea. Nejblíže obíhá po kruhové dráze o poloměru 2,3 mil. km v periodě 18 h exoplaneta e o poloměru 2 R_Z a hmotnosti 8 M_Z. Vyznačuje se vysokou střední hustotou 4,5krát hustota vody, takže zřejmě obsahuje kamenné jádro obklopené hlubokým oceánem. Další tři exoplanety v pořadí b, c, f mají hmotnosti 0,82 – 0,16 M_j, poloosy drah 0,1 – 0,8 AU a oběžné periody 15 – 260 d. Velmi daleko (5,7 AU) obíhá exoplaneta d o hmotnosti 4 M_j v periodě 14,2 roku. Oběžné doby se nutně dostávají do rezonancí, což může mít vliv na dlouhodobou stabilitu soustavy.

C. Migaszewski aj. našli celkem 6 tranzitujících exoplanet u hvězdy **Kepler-11** (0,95 $M_\odot$) o poloměrech 2,1 – 4,8 R_Z; hmotnostech 2,4 – 25 M_Z; vzdálenostech od mateřské hvězdy 0,09 – 0,46 AU; oběžných periodách 10 – 118 d a téměř kruhových drahách, jež navzájem svírají sklon <5°. Střední hustoty exoplanet klesají ve směru od mateřské hvězdy od hodnoty 2,6krát voda po 0,2násobek hustoty vody v pozemských podmínkách.

M. Tuomi využil údajů ze spektrografu *HARPS* na *La Silla* k rozmnožení počtu objevených exoplanet pro jednu mateřskou hvězdu (HD 10180; Hyi; 7 mag; G1 V; 1,2 $R_\odot$; 1,1 $M_\odot$; 5,9 kK; 1,5 $L_\odot$; 39 pc; stáří 7 mld. let) na rekordních devět. Rozborem komplikované křivky radiálních rychlostí za uplynulých 6,5 let potvrdil existenci a parametry šesti již známých exoplanet a k tomu vylovil periodicky se opakující signál od 7. exoplanety h a vysoce pravděpodobné periodicity od 8. a 9. exoplanety. Oběžné periody objevených exoplanet jsou po řadě 1,2; 5,8; 9,7; 16,4; 50; 68 a 123 dnů. Dvě nejvzdálenější exoplanety i a j mají periody 16 a 63 let. Dráhové poloosy dávají rozmezí 0,02 – 3,5 AU a výstřednosti drah 0,01 – 0,18. Minimální hmotnosti členů nejpočetnější exoplanetární soustavy se pohybují mezi 1,3 – 66 M_Z.

A. Santerne aj. zjistili rozborem křivky radiálních rychlostí dvojhvězdy **KOI-13** pomocí spektrografu *SOPHIE* u 1,9m reflektoru *OHP* ve Francii, že ve skutečnosti jde o trojhvězdu. Třetí složka (C) obíhá kolem jedné z vizuálních složek (buď A nebo B). Obě složky vizuální dvojhvězdy jsou spektrální třídy A5 V, jejich jasnosti činí 9,9 a 10,2 mag, poloměry 2,6 a 2,4 $R_\odot$, hmotnosti 2,05 a 1,95 $M_\odot$, teploty 8,0 a 7,8 kK a rotační rychlosti >65 a >70 km/s. Úhlová vzdálenost obou složek dosahuje 1,2", tj. při odhadnuté vzdálenosti 530 pc je lineární rozteč >600 AU. Soustava je stará asi 500 mil. roků. Třetí složka C o hmotnosti 0,4 – 0,75 $M_\odot$ obíhá pravděpodobně složku B v periodě 66 d po protáhlé eliptické dráze s výstředností 0,5. Kromě toho je z tranzitů známo, že kolem složky A obíhá v periodě 1,8 d (ve vzdálenosti asi 8 mil. km) exoplaneta o poloměru 1,8 M_j a hmotnosti 7 M_j, která *hvězdu docela výrazně deformuje na elipsoid*. Samotná exoplaneta má ovšem povrchovou teplotu 2,8 kK, což je v současné chvíli vůbec *nejrozžhavenější exoplaneta*, kterou známe.

J. Orosz aj. objevili dokonce dvě tranzitující cirkumbinární exoplanety u zákrytové dvojhvězdy **Kepler-47** (15 mag; a = 12,5 mil. km; e = 0,02; i = 89,3°; P = 7,4 d; poloměry složek 0,96 a 0,35 $R_\odot$; teploty 5,6 a 3,4 kK; svítivosti 0,84 a 0,01 $L_\odot$; hmotnosti 1,04 a 0,36 $M_\odot$; střední hustoty 1,2 a 8,4 hustoty vody). Exoplaneta b o poloměru 3,0 R_Z a hmotnosti 8 M_Z obíhá kolem těžiště dvojhvězdy ve vzdálenosti 0,3 AU v periodě 49,5 d. Exoplaneta c o poloměru 4,6 R_Z a hmotnosti 20 M_Z obíhá ve vzdálenosti 1,0 AU v periodě 303 d. To znamená, že exoplaneta b má dlouhodobě stabilní dráhu, neboť její oběžná perioda je 6,6krát delší než oběžná perioda hvězdného páru (nestabilní by byla v případě, že by její oběžná doba byla kratší než 28 d), a dále že planeta c leží v ekosféře kolem hvězdného páru. Přesto však nejspíš nelze očekávat, že by byla obydlená, protože má příliš vysokou hmotnost, jež ji řadí mezi obří plynné planety podobné Uranu či Neptunu. Pohled z exoplanet na těsnou dvojhvězdu musí být zvláštní, protože jasnější složka je téměř 180krát svítivější než její hvězdný průvodce.

J. Orosz aj. našli tranzitující cirkumbinární exoplanetu též u těsné dvojhvězdy **Kepler-38 A+B** (sp. G + M; 1,8 + 0,3 $R_\odot$; 0,95 + 0,25 $M_\odot$; velká poloosa 0,15 AU; výstřednost 0,1; oběžná perioda 7,5 d; vzdálenost 600 pc). Všechny pozorované *tranzity proběhly přes hvězdu A* a výsledkem jsou parametry exoplanety 1,1 R_n; <7 M_n; a = 0,5 AU; e = 0,1; P =50 d; stáří 10 mld. let. Jde tedy o planetu obdobnou *Neptunu*, ale poměr velkých poloos dvojhvězdy a exoplanety nasvědčuje tomu, že složka B dvojhvězdy bude silně rušit dráhu exoplanety svou gravitací.

P. Delorme aj. objevili pomocí kanadsko-francouzské přehlídky hnědých trpaslíků *CFBDSIR* v pohybové skupině hvězd kolem *AB Doradus* osamělý objekt **2149-0403**, který pak podrobně zkoumali pomocí spektrografu *SOFI NTT ESO* (*La Silla*) a aparatury *X-Shooter VLT ESO* (*Cerro Paranal*). Určili jeho spektrální třídu T7, což odpovídá efektivní teplotě 700 K a stáří 50 – 120 mil. roků. Objekt o infračervené jasnosti v pásmu J =19,5 mag je zcela osamělý, takže jde buď o hnědého trpaslíka, anebo pravděpodobněji o osiřelou exoplanetu o hmotnosti 4 – 7 M_Z. Velmi pravděpodobně je členem zmíněné pohybové skupiny, což by dávalo její současnou vzdálenost 35 – 50 pc.

A. Cassan aj. poukázali na přednosti metody **objevu exoplanet pomocí gravitačních čoček**, pomocí níž lze objevovat exoplanety i ve vzdálenostech řádu kiloparseků od *Země* a dokonce nezávisle na tom, jak daleko jsou od mateřské hvězdy. Podle statistiky objevů za léta 2002 – 2007 se ukazuje, že *alespoň 30 % hvězd slunečního typu má exoplanety*. V rozmezí vzdálenosti 0,5 – 10 AU má 17 % hvězd jupitery (0,3 – 10 M_j); 62 % hvězd má superZemě (5 – 10 M_Z) a 52 % neptuny (10 – 30 M_Z). Podobně D. Veras a S. Raymond připomněli, že osamělé exoplanety se poměrně často projevují jako osamělé gravitační mikročočky, takže už teď se dá konstatovat, že *osiřelých exoplanet je nejméně dvakrát více než hvězd hlavní posloupnosti*! Jak poznamenali L. Strigari aj., díky gravitačním mikročočkám se podařilo najít už 24 exoplanet, a z toho 10 připadá na nomády! Tak vysoký počet nelze vysvětlit vymetením exoplanet z existující planetární soustavy pomocí migrace a rezonancí s ostatními planetami.

H. Perets a M. Kouwenhoven soudí, že k **nomádům** lze počítat exoplanety, které vznikly v rozpadajících se otevřených hvězdokupách a hvězdných asociacích. Simulace s počátečním stavem asociací či hvězdokup čítajících 10 – 10 000 hvězd přesvědčivě ukázaly, že nomády lze zachytit při jejich průletech ve vzdálenostech stovek až milionů AU od nějaké hvězdy. Některé hvězdy jsou způsobilé zachytit i více nomádů, ale kupodivu nejlepší skóre dosahují *hvězdné černé díry, které přitahují nomády podobně jako svit pouliční lampy přitahuje ovády*. Bude jistě zajímavé posoudit časem efektivitu různých procesů ke kloudnému vysvětlení, proč je těch nomádů tolik.

E. Mamajek aj. uvedli, že **protoplanetární disky** by měly být tak rozlehlé, že bychom je měli pozorovat, když zakrývají nějakou

hvězdu. Podle jejich odhadu stačí sledovat jasnosti řádově 10 tisíc velmi mladých (<10 mil. roků) hvězd po dobu 10 let a budeme mít dostatek pozorovacího materiálu o různých fázích vývoje disků kolem hvězd. Zejména plánovaný synoptický teleskop *LSST* může přinést v tomto směru početné a tedy převratné údaje.

2.1.2. Zobrazování exoplanet a jejich atmosféry

M. Morley aj. uveřejnili souhrnnou studii o třech (b, c, d) přímo zobrazovaných exoplanetách u jasné hvězdy **HR 8799**. Mají po řadě poloměry 1,10; 1,35 a 1,37 R_j, hmotnosti 26; (8-11) a (8-11) $M_\odot$, povrchové teploty 1,0; 0,95 a 1,0 kK, stáří 360; (40 – 100) a (30 – 100) mil. roků. Obíhají ve vzdálenostech 24, 38 a 68 AU v periodách 100, 190 a 460 let. Jejich svítivosti jsou řádu 10^{-5} $L_\odot$, takže v jejich atmosférách se nepochybně vyskytují mraky. Koncem r. 2010 byla v této soustavě nalezena exoplaneta e s poloměrem 1,2 R_j, hmotností 8 M_j a povrchovou teplotou 1,0 kK. která obíhá nejblíže ke hvězdě ve vzdálenosti jen 14,5 AU s oběžnou periodu 45 let. J. Sudol a N. Haghighipour se proto zabývali otázkou stability soustavy a došli k překvapivému výsledku, že soustava těchto 4 planet je stabilní jen po nějakých 5 mil. roků, pokud by vzájemné sklony drah byly menší než 13°. Pokud jsou sklony vyšší, tak stabilita soustavy se prodlouží až na 46 mil. let, ale pro vzájemné sklony >30° začne opět výrazně klesat. Exoplanety e, d, c jsou pravděpodobně stabilní díky rezonancím a podobně exoplanety b, c, d díky nezávislým rezonancím svých oběžných dob. Možná, že tato *dvojitá rezonance zabezpečuje stabilitu soustavy na delší dobu.*

G. Chauvin aj. využili adaptivní optiky *NAOS-CONICA VLT ESO* k zobrazení poloh exoplanety b v infračervených filtrech K a L (hmotnost 9 M_j; povrchová teplota 1,7 kK) u hvězdy **β Pictoris** (sp. A5 V; stáří 10 mil let; 19 pc) během let 2010 – 2011. Velká poloosa její dráhy činí 9 AU s výstředností <0,17 a oběžnou dobou 17 – 21 let. Při sklonu dráhy 88,5° je pravděpodobné, že přešla přes kotouček mateřské hvězdy kolem 10. listopadu 1981, a že je obklopena „Oortovým oblakem" komet.

E. Nielsen aj. využívají koronografu *NICI* pro blízkou infračervenou oblast u dalekohledu *Gemini-S* (*Cerro Pachón, Chile*) k přímému zobrazování substelárních objektů v minimální lineární vzdálenosti >10 AU v přehlídce 300 mladých blízkých hvězd raných spektrálních tříd. Tak se jim podařilo najít dva průvodce hvězdy **HD 1160 A** (7 mag; sp. A0 V; 2,2 $M_\odot$; stáří 50 mil. let; 104 pc). Bližší složka B v minimální vzdálenosti 81 AU je zřejmě hnědý trpaslík o hmotnosti 33 M_j a vzdálenější objekt C (530 AU) je hvězdou o hmotnost 0,22 $M_\odot$. Archivní měření u dalších velkých dalekohledů prokázala, že jde o gravitačně vázanou trojici.

P. Robertson aj. využili *11m dalekohledu HET McDonaldovy observatoře* v Texasu ke studiu **exoplanet na velmi vzdálených drahách** u čtyř hvězd sp. tříd F7 – G5 starých 1,9 – 10.7 mld. let. Oběžné doby exoplanet se pohybují v rozmezí 0,5 – 10,2 roku a poloosy drah mezi 0,6 – 4,9 AU. Jde vesměs o velmi hmotné obří planety s hmotnosti 5 – 8 M_j.

T. Currie aj. se věnovali sporu o realitě exoplanety zobrazené P. Kalasem v r. 2008 v blízkosti jedné z nejjasnějších hvězd jižní oblohy **Fomalhauta** (*α PsA*). Využili k tomu snímků prachového disku kolem *Fomalhauta*, pořízených v letech 2004 – 2009 pomocí teleskopů *Subaru* a *ACS HST*. Autoři nakonec potvrdili, že planeta opravdu existuje, ale je obklopena prachovým diskem, na němž se světlo hvězdy rozptyluje i odráží. Odhadli, že vlastní exoplaneta má hmotnost <2 M_j. Naproti tomu M. Janson aj. nenalezli stopy exoplanety na infračervených snímcích v pásmu 4,5 μm, které pořídil Spitzerův kosmický teleskop (*SST*). Nejnověji však A. Boley aj. prokázali pomocí mikrovlnné aparatury *ALMA*, že prachový disk kolem *Fomalhauta* má velmi ostré okraje, což lze vysvětlit dokonce dvěma „pastýřskými" planetami, které ostře zarámovaly protoplanetární disk.

Z. Berta aj. využili kvalit kamery *WFC3* na *HST* k pořízení transmisního infračerveného spektra atmosféry exoplanety u hvězdy **GJ 1214** (*Oph*, 15 mag; sp. dM4.5; 3,0 kK; 0,2 $R_\odot$; 0,16 $M_\odot$; stáří 6 Gr; 13 pc), objevené díky tranzitům koncem r. 2009. Exoplaneta o poloměru 2,7 R_Z a hmotnosti 6,6 M_Z má nízkou střední hustotu jen 1,9násobku hustoty vody. Exoplaneta obíhá kolem hvězdy v periodě 1,6 d ve vzdálenosti jen 2,1 mil. km. Teplota povrchu se odhaduje na 500 K, takže horká atmosféra obsahuje zřejmě *přehřátou vodní páru, která představuje polovinu hmotnosti atmosféry exoplanety*, tj. 50krát více vodní páry než atmosféra pozemská.

2.1.3. Souhrnné studie o exoplanetách

A. Cassan aj. využili údajů o exoplanetách objevených pomocí **gravitačních mikročoček**. Touto metodou se nalézají planety, které jsou od mateřských hvězd vzdáleny více, než planety objevované metodami radiálních rychlostí a tranzitů. Statistické údaje o jejich výskytu jsou navíc méně ovlivněny výběrovými efekty. Autoři zpracovali údaje o exoplanetách objevených touto cestou v rámci projektu *ESO PLANET* v letech 2002 – 2007 a dospěli tak k významnému závěru, že exoplanety v naší *Galaxii* jsou početnější než hvězdy! Ve zmíněném statistickém souboru jsou pro vzdálenosti 0,5 – 10 AU nejvíce (62 % hvězd) zastoupeny exoplanety typu *superzemí* (hmotnosti 5 – 10 M_Z) dále pak exoplanety chladných *neptunů* (hmotnosti 10 – 30 M_Z; 52 % hvězd) a nejméně obří *jupitery* (hmotnosti 0,3 – 10 M_j; 17 % hvězd).

Ke stejnému závěru dospěli také J. Yee aj., když objevili exoplanetu **MOA-2011-BLG-293Lb**, jež má 0,5 % hmotnosti mateřské hvězdy - gravitační mikročočky o hmotnosti 0,4 $M_\odot$. Od mateřské hvězdy je přitom vzdálena minimálně 1 AU. Autoři proto doporučují, aby se v přehlídkách gravitačních mikročoček pokračovalo, protože tak lze nejsnáze objevovat exoplanety vzdálené od mateřských hvězd podobně jako např. Jupiter od Slunce.

S tímto závěrem souhlasí též studie D. Benetta aj., kteří hledali krátkotrvající zjasnění na světelných křivkách gravitačních mikročoček pozorovacího programu **MOA** (*Microlensing Program in Astrophysics*) iniciovaného Y. Murakim aj., jenž se věnuje světelným křivkám gravitačních mikročoček, které v maximu zesílí o dva řády proti klidové hodnotě. Takové křivky jsou totiž mimořádně citlivé na následné objevy exoplanet, pokud se do pozorování rychle zapojí více přístrojů odlišných zeměpisných délek na jižní polokouli. Tak se plynule získávají data po dobu mnoha dnů. V letech 2006-2007 se tak autorům podařilo najít čtyři podezřelé případy výskytu exoplanet, přičemž je překvapující, že v jednom případě tak objevili obří exoplanetu typu Jupiter ve vzdálenosti plných 30 AU od mateřské hvězdy hlavní posloupnosti.

Jak uvedli D. Kubas aj. na příkladu gravitační mikročočky **MOA-2007-BLG-192Lb** (*Sgr*, vzdálenost 660 pc), podařilo se v tom-

to případě po hlavním zjasnění čočkované hvězdy na sestupné části světelné křivky odhalit malý zoubek, který svědčil o planetární čočce obíhající čočkující hvězdu. Tak se podařilo určit, že čočkující hvězda je červený trpaslík o hmotnosti 0,08 $M_\odot$, tj. na spodní hranici hmotností skutečných hvězd, kolem něhož obíhá exoplaneta o hmotnosti 3,2 M_Z ve vzdálenosti 0,7 AU. Jde tedy o nejméně hmotnou hvězdu, u níž se touto metodou podařilo objevit exoplanetu a to má významný důsledek pro naše představy o vzniku exoplanet. Zvyšuje se tak pravděpodobnost, že nejméně hmotné hvězdy, kterých je ve vesmíru většina, jsou doprovázeny planetami, takže se tím potvrzuje, že *planet je v Galaxii více než hvězd.*

Autoři dále uvedli, že *trvání zmíněných zoubků na sestupné větvi světelné křivky mikročočky je úměrné odmocnině z hmotnosti exoplanety*, takže pro exoplanety s hmotností Jupiteru trvá zoubek dokonce několik dnů, zatímco pro exoplanety s hmotností Země jen několik hodin. Pokud se informace o zoubku stihne rychle rozšířit, skýtá to možnost zaměřit na mikročočku obří dalekohledy a tak zpřesnit údaj o hmotnosti samotné mikročočky a tím také exoplanety.

Zvláště často se daří objevovat *exoplanety u červených trpaslíků*, což jsou zdaleka nejběžnější hvězdy v *Galaxii*. Tak např. kolem červeného trpaslíka **KOI-961** obíhají hned tři exoplanety s poloměry 0,6 – 0,8 M_Z. S. Charpinet aj. nalezli u hvězdy **KOI 155** klasifikované jako horký podtrpaslík sp. třídy B *dvě exoplanety vzdálené od mateřské hvězdy jen 0,9 a 1,1 mil. km (!!), které kolem hvězdy obíhají v periodách 5,8 a 8,2 h.* Jelikož hvězda musela být dříve červeným obrem, tak to znamená, že obě planety přežily své zalití její rozepnutou plynnou obálkou a samy přitom přišly o větší část své hmotnosti. Je však pravděpodobné, že tak hluboké ponoření do vnějších vrstev hvězdy mohlo urychlit ztrátu hmoty obra, jenž se následkem toho proměnil v podtrpaslíka.

Díky družici *Kepler* přibývá také objevů exoplanet, které se nacházejí v ekosférách mateřských hvězd. Dobrým příkladem je exoplaneta s poloměrem 2,4 R_Z u hvězdy **Kepler-22**, která se podobá *Slunci* (sp. G5; 0,98 $R_\odot$; 0,98 $M_\odot$; teplota 5,5 kK; vzdálenost 190 pc) a v jejíž ekosféře planeta obíhá po dráze s velkou poloosou 0,85 AU v periodě 290 d. Má však patrně příliš vysokou hmotnost (10 – 35 M_Z) na to, aby se stala životodárnou. Podobně zajímavá je planetární soustava pěti exoplanet, jež obíhají kolem mateřské hvězdy **Kepler-20** (0,94 $R_\odot$; 0,91 $M_\odot$; teplota 5,5 kK; sp. G8; vzdálenost 290 pc; stáří 9 mld. let). Jde o velmi kompaktní systém, v němž i nejvzdálenější planeta obíhá kolem hvězdy ve vzdálenosti menší než *Merkur* od *Slunce*. Předposlední exoplaneta soustavy má totiž oběžnou dobu jen 6,1 d, poloměr 0,9 R_Z, ale poměrně vysokou povrchovou teplotu 760 °C. Nejvzdálenější exoplaneta obíhá v periodě 20 d a její poloměr je je prakticky shodný s poloměrem Země, ale i její teplota 430 °C je příliš vysoká na vřazení do ekosféry.

Celkem se zdařilo objevit *téměř 50 exoplanet v ekosférách svých mateřských hvězd.* Pojem **ekosféra** (*zóna obydlitelnosti*) je však docela neurčitý, protože pouze vymezuje oblast (mezikoulí) kolem hvězd, v níž může existovat voda ve všech třech skupenstvích. Ve skutečnosti mají na teplotu povrchu exoplanety velký vliv další okolnosti, tj. zda má příslušná exoplaneta vnitřní zdroje tepla, jak velká je míra oblačnosti a jaké je chemické složení atmosféry, jaká je výstřednost dráhy atd.

K. Ramírez aj. studovali pomocí 4,1m přehlídkového teleskopu *VISTA (ESO)* a infračervených kosmických teleskopů *SST* a *WISE* mladou hvězdokupu kolem **ε Ori** (sluneční metalicita; stáří 3 mil. let; vzdálenost 350 pc) s cílem zjistit *tvar funkce hmotnosti* objektů na rozhraní mezi trpasličími hvězdami, hnědými trpaslíky a obřími exoplanetami. Celkem tak identifikovali 210 objektů v okruhu <1,2 pc od centrální hvězdy s hmotnostmi v rozmezí 0,25 – 0,004 $M_\odot$; z toho 104 trpasličích hvězd (hmotnosti 0,25 – 0,072 $M_\odot$), 69 hnědých trpaslíků (hmotnosti 0,072 – 0,012 $M_\odot$) a 37 obřích exoplanet (hmotnosti 0,012 – 0,004 $M_\odot$). Tak se podařilo spolehlivě popsat **funkci hmotnosti** (závislost četnosti výskytu kosmických objektů na jejich hmotnosti) v intervalu 19 – 0,006 $M_\odot$, která je překvapivě hladká s výjimkou hnědých trpaslíků třídy T (povrchové teploty 500 – 1 300 K), kteří jsou poměrně vzácní.

M. Janson aj. srovnávali účinnost *dvou uvažovaných mechanismů, jak vlastně planety vznikají.* Podle jednoho scénáře je prahvězda obklopena plochým akrečním diskem, který podléhá **gravitačním nestabilitám**, tj. dochází v něm k lokálním koncentracím plynu a prachu, který se posléze sbalí do zárodků planet. Druhý scénář tvrdí, že hlavním zdrojem vzniku planet je vytváření **protoplanetárních embryí**, které pak začnou na takto vzniklé jádro nabalovat další materiál disku. Přímé zobrazování okolí hvězd tříd sp. tříd B2 až A0 ukázalo, že proces **akrece na jádro** je daleko účinnější nejen pro exoplanety, ale i pro hnědé trpaslíky. Na gravitační nestabilitu připadá v tomto spektrálním pásmu méně než třetina z počtu nově vznikajících exoplanet. Autoři nyní díky přehlídce *8m teleskopem Gemini* rozšířili statistiku také na hvězdy tříd F až M, kde podíl nestabilit při vzniku exoplanet klesl na pouhých 8 %. Platí to pro disky s poloměry 5 – 500 AU.

C. Ormel a H. Kobayashi ukázali pomocí simulací, že *obří plynné planety musí vzniknout během jediného milionu let*, jelikož jen po tu dobu je v planetární soustavě dost volného plynu sloužícího pro akreci na malé úlomky, o něco větší planetesimály a nakonec zejména na planetární embrya. V disku neustále spolu soupeří *fragmentace* větších objektů s *kolapsy* a *turbulencí*. Dochází tak přinejmenším k trojstranné interakci mezi plynem, drobným prachem a protoplanetami.

Již v r. 1969 ukázal V. Safronov že *planety mohou docela rychle vznikat spojováním planetesimál* a tato domněnka vyústila v současnou propracovanou **kosmogonii vzniku planet** ve Sluneční soustavě i kdekoliv ve vesmíru. Safronov zejména poukázal na význam **planetesimál** o typickém rozměru 1 km, které se pak stávají stavebními kameny pro terestrické planety i pro jádra plynových obrů. Dnes je však zřejmé, že hlavním problémem teorie je **srážková bariéra** pro kameny s průměrem kolem 1 m. Tam totiž spolu tvrdě bojují protichůdné tendence: *shlukování* zrnek díky elektrostatickým nábojům a jejich *drcení* a rozpad při vzájemných nárazech kamenů nadkritickými rychlostmi.

K. Andersonová a F. Adams prozkoumali pomocí modelových simulací **interakce mezi kamennými a obřími plynnými planetami**, která nebývá nijak přátelská. Když v rané fázi planetární soustavy vzniknou oba typy planet pospolu, začíná kamenným planetám hrozit nebezpečí vinou *migrace* obřích jupiterů směrem k mateřské hvězdě. V lepším případě jupitery kamenné planety s hmotnostmi 0,1 – 20 M_Z zachytí na oběžných drahách, kde je buď roztrhají slapové síly, anebo na příslušný jupiter spadnou vcelku a posílí tak jeho kamenné jádro. Daný jupiter získá přídavný zdroj tepla a dokonce se i o něco smrští. Když se podíváte na tyto výpočty zblízka, začnete si vážit *Saturnu*, který včas zastavil migraci *Jupiteru* do vnitřních partií *Sluneční soustavy* a dokonce ho už stihnul odtáhnout zpět, takže Jupiter nám dnes slouží jako kometární deštník – viz jeho početná rodina komet, která nám už následkem toho nemůže spadnout na hlavu.

101 gejzírov na Encelade

V každom z gejzírov, ktoré pozorujeme na Saturnovom mesiaci Enceladus, dominuje voda v kvapalnom skupenstve, ktorá preniká na povrch z mora pod povrchom. V gejzíroch, z ktorých najväčšie majú výšku až 500 kilometrov, sa voda a vodná para menia na ľadové kryštáliky. Aký mechanizmus generuje tieto erupcie?

Prvé gejzíry nad Enceladom objavili pred desiatimi rokmi. Pred siedmimi rokmi objavili okolo južného pólu zvláštny meniaci sa terén, ktorý nazvali „tigrie pásy". Ukázalo sa, že tieto pásy sú vlastne trhlinami v ľadovom povrchu, odkiaľ gejzíry tryskajú.

Na aktuálnej mape Enceladu je 101 takýchto gejzírov. Všetky tryskajú z jednej zo štyroch trhlín, pričom okolie každého z nich je totožné s malou „horúcou škvrnou".

Po objave prvých gejzírov sa vedci nazdávali, že aktivitu gejzírov podnecujú slapové sily generované gravitáciou Saturna. Práve slapové sily by mohli vyvolávať trenie protiľahlých ľadových stien v puklinách. Trením sa zvyšuje teplota, ktorá mení ľad na vodu a paru.

Existuje aj iné vysvetlenie: slapové sily môžu jednotlivé trhliny striedavo otvárať a uzatvárať. Kým sú zavreté, slapové sily zvyšujú tlak v podloží, takže gejzíry po otvorení trhlín vyrazia nad povrch.

Vedci pri hľadaní lokalít, z ktorých tryskajú gejzíry, použili rovnaký triangulačný proces, ako sa používa pri mapovaní geologických útvarov na Zemi, napríklad hôr. Lokality s gejzírmi potom porovnali sa mapami termálnych emisií (s nízkym rozlíšením). Tak zistili, že lokality s najväčšou aktivitou gejzírov sú totožné s miestami, ktoré emitujú najviac tepelného žiarenia. Porovnanie potvrdilo aj predpoklad, že existuje vzťah medzi gejzírmi a slapovými silami. Ani tieto údaje však nedali konečnú odpoveď na otázku: Aký proces gejzíry generuje?"

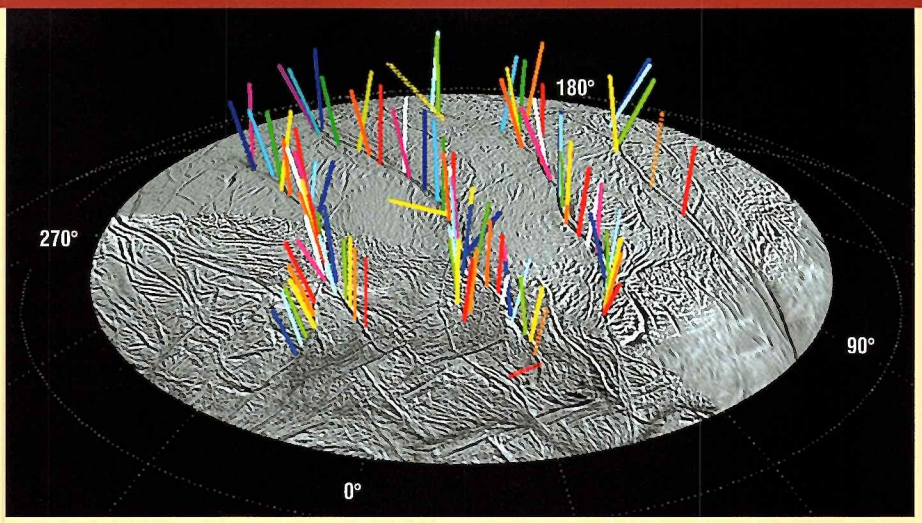
Záhadu vyriešilo až porovnanie máp s údajmi s vysokým rozlíšením, ktoré získali mimoriadne citlivé, infračervené senzory na palube sondy Cassini. Gejzíry naozaj súvisia s malými horúcimi škvrnami (s priemerom niekoľko desiatok metrov). Tie sú však také malé, že v nich trenie nemôže produkovať teplo. Ich veľkosť však postačuje na to, aby mohli byť produktom kondenzácie pary v stenách puklín blízko pod povrchom.

Ukázalo sa, že gejzíry negeneruje teplo, ale práve naopak: samotné gejzíry sú nositeľmi tepla. Jedno je však isté, tieto fontány nevznikajú tesne pod povrchom Enceladu, ale majú oveľa hlbšie korene.

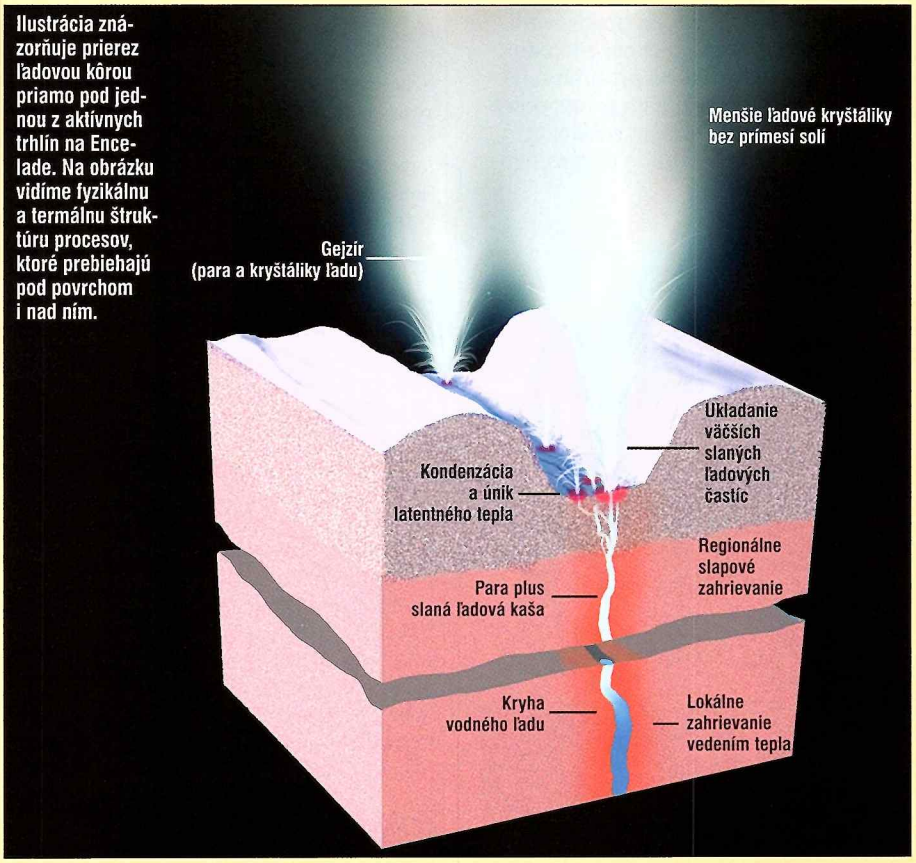
Z údajov jednoznačne vyplynulo, že zdrojom materiálu v gejzíroch je more pod hrubou vrstvou ľadu. Vedci objavili v ľadovej kôre aj úzke tuby, ktorými z mora preniká voda na povrch.

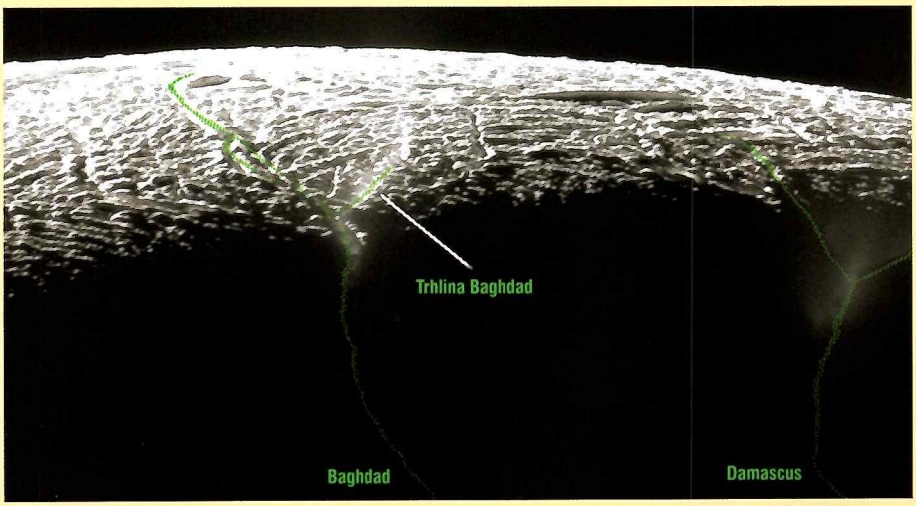
Jasnosť chocholov nad gejzírmi sa v priebehu obehu Enceladu okolo Saturna periodicky mení. Spôsobujú to premenlivé slapové sily, ktoré otvárajú a privierajú trhliny. Vedci však zatiaľ nedokážu predpovedať, v akom rytme sa chocholy vyvrhnutého materiálu zjasňujú.

Cassini Press Release



Na grafike vidíte 3-D model 98 gejzírov, pri ktorých sa podarilo objaviť (na mape južných polárnych oblastí Enceladu) nielen ich zdroj, ale aj smery výtryskov.





Oblasť južného pólu na Encelade. Uprostred najaktívnejšia oblasť, z ktorej vybiehajú trhliny Baghdad a Damascus, privrátené k Saturnu.

IMC 2014 – Giron, Francúzsko

Medzinárodná meteorická organizácia (International Meteor Organization – IMO, *http://www.imo.net/*) bola založená v roku 1988 s cieľom združovať profesionálnych a najmä záujmových pozorovateľov meteorov, podporiť a koordinovať pozorovanie meteorov, zdokonaľovať kvalitu amatérskych pozorovaní, šíriť v celosvetovom meradle pozorovania a z nich získané výsledky medzi ďalšími záujmovými i profesionálnymi pozorovateľmi. Predtým totiž, na rozdiel od iných oblastí astronómie, v podstate neexistovala medzinárodná koordinácia amatérskych pozorovaní. Nadšenec, ktorý by sa chcel zúčastniť významného vedeckého programu na pozorovanie meteorických javov, potrebuje iba perfektnú znalosť súhvezdí a zvyčajne nie veľmi drahé prístrojové vybavenie.

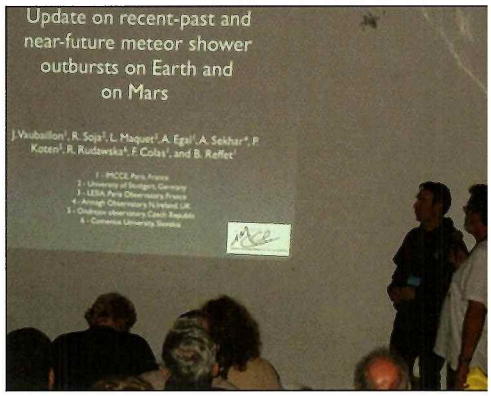
Poloha dedinky Giron. (Obrázok prevzatý z internetovej stránky IMC 2014.)

Chata „Chalet de la Fauconière", miesto konania IMC 2014.

Cis Verbeeck z Belgicka, predseda IMO, pri otváracom príhovore.

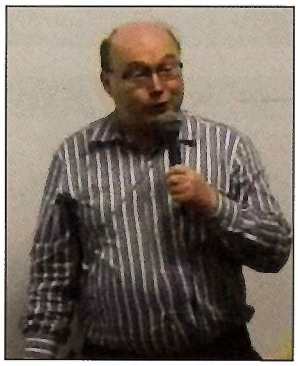
Čiastočná koordinácia meteorických pozorovaní existovala už dávnejšie pred založením IMO. V roku 1979 sa uskutočnil v nemeckom Bonne prvý medzinárodný meteorický víkend (International Meteor Weekend – IMW). Odvtedy bolo organizovaných niekoľko takýchto víkendov s ročnou či dvojročnou periodicitou (v Belgicku, Nemecku a Holandsku), od roku 1986 sa zúčastňujú týchto stretnutí aj profesionálni pozorovatelia. Požiadavka sprístupňovania výsledkov pozorovaní prispela k založeniu časopisu WGN (skratka z holandského „Werkgroepnieuws" – novinky v pracovnej skupine, keďže pôvodne bol tento časopis vydávaný v holandčine). Meteorické víkendy sa neskôr pretransformovali do konferencií. Na prvej meteorickej konferencii (International Meteor Conference – IMC) v holandskom Oldenzaale bola oficiálne založená IMO, ktorá sa už po prvom roku existencie stala celosvetovo uznávaným združením „meteorkárov". Účastníci konferencie IMC zavítali trikrát aj na Slovensko: Smolenice 1992, Stará Lesná 1998, Šachtička 2008. Základným prostriedkom koordinácie pozorovaní v rámci IMO je okrem internetovej stránky aj dvojmesačný časopis WGN, ktorý je publikovaný už v angličtine.

Tohtoročná, v poradí už 33. IMC, sa konala v dňoch 18. – 21. septembra 2014 vo francúzskej dedinke Giron (asi 50 km od švajčiarskej Ženevy). Organizátori konferencie zvolili za miesto konania konferencie horskú chatu Chalet de la Fauconière (sokolia chata) v nadmorskej výške asi 1 000 m. Väčšina účastníkov si totiž hradí všetky finančné výdavky z vlastných zdrojov, preto je vždy snaha vyberať miesto s lacnejším ubytovaním. K všeobecnej pohode prispela i pohostinnosť personálu, najmä majiteľa chaty Jacquesa Comina. Program konferencie bol zostavený tak, aby pokryl všetky hlavné oblasti meteorickej astronómie: meteorické siete (video a iné), pozorovanie meteorických rojov, prúdy meteoroidov (štruktúra a vývoj), bolidové javy, rádiové a radarové pozorovania. Slovensko reprezentovala pomerne početná skupina 11 osôb. Juraj Tóth z AGO v Modre (UK Bratislava) informoval o výsledkoch expedícií s kamerami AMOS (All-sky Meteor Orbit System). Roman Piffl, ktorý je členom hlavného výboru IMO, referoval o dvojstaničnom pozorovaní jasných Lyríd zahrnutých v databáze EDMOND (European viDeo MeteOr Network Database) a o projekte Open Meteor Data. O spolupráci a zdieľaní údajov medzi národnými pozorovateľskými sieťami, ktorá vyústila do vytvorenia databázy EDMOND, hovorila Regina Rudawska. Mária Hajduková (ml.) sa vo svojej prednáške venovala metódam predpovedania meteorických rojov z údajov o potenciálnych materských kométach. Peter Zimnikoval sa zameral na mieru aktivity a možnosti pozorovateľnosti vybraných meteorických rojov počas roka. Autori článku podali stručnú správu o výsledkoch testovacieho rádiového pozorovania ozvien od meteorických stôp, ktorej sa ešte budeme venovať nižšie.

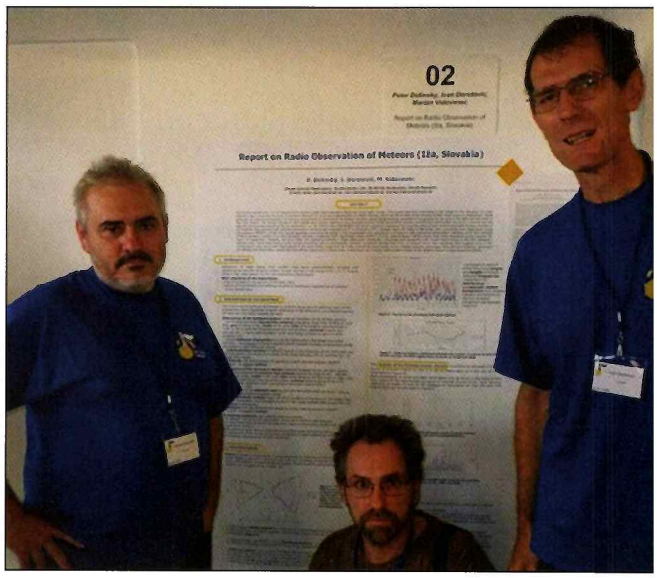


J. Vaubaillon z Francúzska (vľavo) pri prezentácii nových poznatkov o zmenách hustoty prúdu meteorických rojov.

Spestrením odborného programu IMC bola exkurzia do CERN-u (Európske centrum jadrového výskumu) pri Ženeve. Je to európska organizácia pre základný a aplikovaný výskum naj-

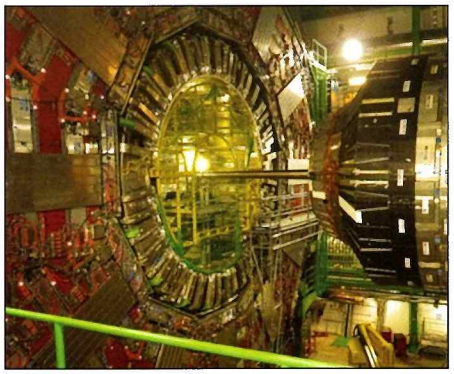


O záujmovom charaktere členstva v IMO svedčí napr. aj mnohostrannosť Marca Gyssensa (Belgicko), ktorý je profesorom ekonómie v hasseltskej univerzite, účtovníkom IMO a ešte aj dobrovoľným riaditeľom Urania Public Observatory v Hasselte. Po ňom je nazvaný aj asteroid 13352, ktorého objaviteľom je belgický astronóm Eric Walter Elst.



Hurbanovskí účastníci IMC pri posterovom paneli; zľava: M. Vidovenec – generálny riaditeľ SÚH, P. Dolinský, I. Dorotovič.

mä v oblasti časticovej fyziky. V tomto roku oslavuje 60. výročie od založenia v roku 1954. Nachádza sa na švajčiarsko-francúzskej hranici, severozápadne od mesta Ženeva, medzi ženevským letiskom a Jurským pohorím. V hĺbke 100 m je vybudovaný najdlhší urýchľovač elementárnych častíc vo svete (LHC – Large hadron Collider) – s úctyhodným obvodom 27 km. Do tunela LHC nám síce neumožnili vstup (videli



Centrálna časť detektora CMS v CERN-e, kde vedci detegovali Higgsov bozón.

V riadiacom centre detektora CMS.

sme ho iba v prezentačnom videu), výťahom nás však zviezli do hĺbky 100 m, k jednému zo 7 zariadení pre vedecké experimenty – k detektoru častíc CMS (Compact Muon Solenoid) s fascinujúcou dĺžkou 21,6 m a priemerom 15 m. Práve v tomto detektore bol v roku 2010 detegovaný Higgsov bozón. Na spoločných výskumných projektoch sa podieľa v súčasnosti už 20 členských krajín vrátane Slovenska, ktoré sa pripojilo k CERN-u v roku 1993.

Krátke zhrnutie z väčšiny ústnych prezentácií počas IMC 2014 urobil posledný deň IMC Geert Barentsen z Veľkej Británie. Aktuálny predseda IMO Cis Verbeeck z Belgicka sa rozlúčil s účastníkmi konferencie a zároveň nás pozval na IMC 2015, ktorá sa bude konať v blízkosti rakúskej Viedne.

Ak by sa chcel čitateľ dozvedieť viac o IMC 2014, podrobnejšie informácie možno nájsť na internetovej stránke *http://www.imo.net/imc2014*.

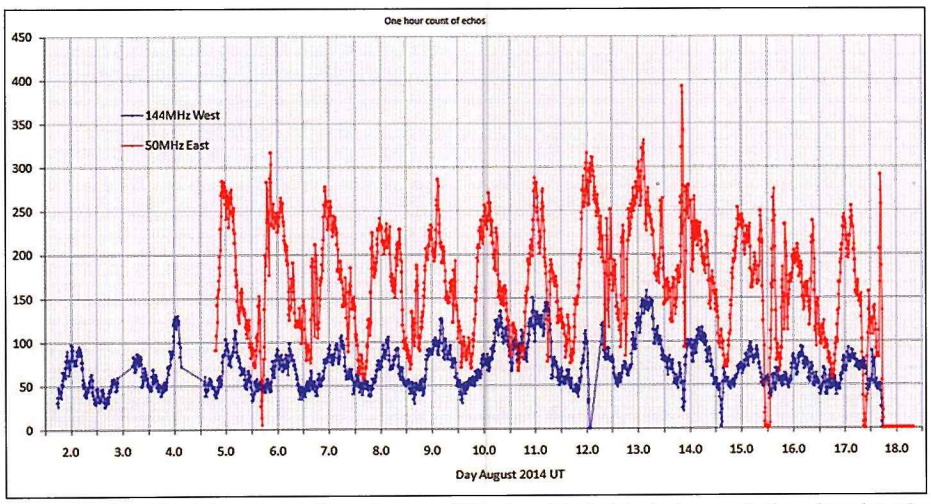
Rádiové pozorovanie ozvien od meteorických stôp

(Iža, 1. – 17. Augusta 2014)

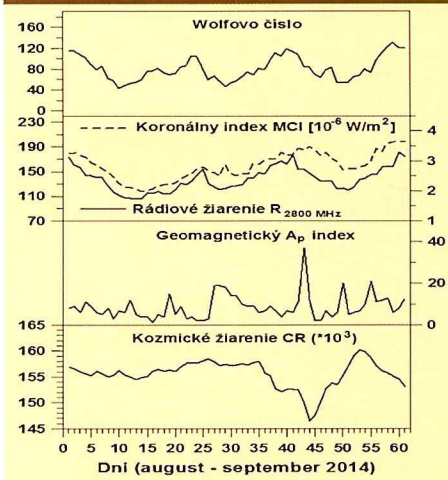
Počas aktivity meteorického roja Perzeidy boli v Iži (asi 15 km južne od Hurbanova) v období od 1. do 17. augusta 2014 experimantálne registrované a zaznamenávané odrazy rádiových vĺn od meteorických stôp. Hlavným cieľom experimentu bolo, okrem získania údajov o Perzeidách, odskúšanie techniky a softvéru na vybudovanie nepretržitých registrácií meteorov v SÚH Hurbanovo. Princíp pozorovania spočíva v tom, že sa pomocou vhodnej antény prijíma rádiový signál zo vzdialeného vysielača, pričom tento signál sa zaregistruje v prípade preletu meteoru ako odraz od meteorickej stopy. V podstate išlo o dve veľmi podobné aparatúry, ktoré registrovali odrazy meteorov v dvoch smeroch, jedna orientovaná v smere na východ (televízny vysielač Lviv, Ukrajina, 50 MHz a druhá na západ (vysielač GRAVES vo Francúzsku,144 MHz.). Počas vyše dvoch týždňov bolo získaných asi 78000 záznamov, pravdepodobnenie však nie všetky pochádzajú od meteorov. Navyše, v tomto období je v činnosti viacero meteorických rojov, ktoré sa však nedajú rozlíšiť pomocou danej aparatúry. Všetky meteory okrem sporadického pozadia boli preto prisudzované Perzeidám.

V blízkej budúcnosti (do konca roka 2014) bude testovaná aparatúra inštalovaná v areáli SÚH Hurbanovo, preto sa k danej problematike a k prezentovaniu ďalších výsledkov pozorovania rádiových meteorov vrátime neskôr.

I. Dorotovič, M. Vidovenec, P. Dolinský
Foto: **I. Dorotovič (7 obrázkov)**



Hodinové počty rádiových ozvien od stôp meteorov z obidvoch registračných staníc naznačujú nevýrazné maximum v čase maxima Perzeíd, 13. augusta 2014.

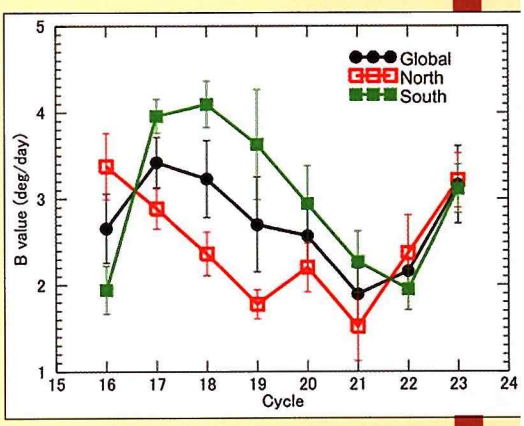


Slnečná aktivita

Priebeh slnečnej aktivity má charakter ďalšieho mierneho poklesu oproti predchádzajúcemu dvojmesačnému obdobiu. Wolfovo číslo slnečných škvŕn bolo v rozmedzí 43 –130. V geomagnetickej aktivite sme zaznamenali prudký nárast 12. 9. 2014 a súčasne nastal Forbushov pokles kozmického žiarenia o 7 %.

Určenie charakteru diferenciálnej rotácie (DR) slnečného povrchu a slnečného vnútra patrí stále medzi základné problémy slnečnej fyziky. Vieme, že slnečný povrch rotuje diferenciálne, ale mechanizmus DR, ktorá je pravdepodobne podmienená interakciou medzi konvekciou a rotáciou, nie je presne známy. Niekoľko autorov publikovalo závislosť DR od úrovne slnečnej aktivity. Napr. M. Suzuki sa v článku, ktorý bol publikovaný na internetovej stránke časopisu Solar Physics v auguste 2014, zaoberal dlhodobou moduláciou slnečnej DR v cykloch 16 – 23 (1923 – 2012). Závislosť uhlovej rotácie Slnka (ω) od heliografickej šírky (β) je zvyčajne vyjadrená v tvare $\omega = A - B \sin 2\beta$. M. Suzuki zistil, že: (1) hodnota parametra B v tomto vzťahu (t. j. šírkový gradient DR) je modulovaný s periódou 6 – 7 slnečných cyklov, (2) parameter B, určený zvlášť pre pre severnú a južnú hemisféru, je tiež modulovaný s obdobnou periódou, (3) rotácia na oboch pologuliach prebieha s istým časovým posunom (severo-južná asymetria), zmeny parametra B závisia navyše od fázy slnečného cyklu (B má inú hodnotu v období slnečného maxima ako v období slnečného minima).

Ivan Dorotovič



Časový vývoj parametra B určený (1) zvlášť pre severnú (červená čiara) a južnú (zelená čiara) pologuľu, a (2) pre celé Slnko (čierna čiara) (obrázok je prevzatý z práce M. Suzuki, Solar Physics, 289, s. 4021 (2014)); B value (deg/day) – hodnota B (stupne/deň), Cycle – cyklus).

Čierne diery

Priestory medzi vesmírnymi objektmi nie sú prázdne. Vypĺňa ich žiarenie z najrozličnejších, blízkych i vzdialených objektov, i žiarenie, ktorého zdroj sa zatiaľ nedá presne lokalizovať: mikrovlnné žiarenie kozmického pozadia (CMB), ktoré vzniklo 400 000 rokov po big bangu, keď sa vesmír stal viditeľným.

CMB však nie je jediným žiarením pozadia. Na röntgenových vlnových dĺžkach detegujeme aj röntgenové žiarenie pozadia – CXB, ktoré zachytili detektory na výškových raketách už v roku 1962. Tridsať rokov trvalo, kým astrofyzici objavili pôvod tohto žiarenia: zdrojom 90 % CXB sú kvazary a aktívne jadrá galaxií, v ktorých hniezdia masívne čierne diery. Tieto gravitačné pasce majú hmotnosti miliónov až desiatok miliárd hmotností Slnka a pohlcujú všetku hmotu zo svojho okolia. Počas nabaľovania hmoty sa uvoľňujú obrovské množstvá žiarenia aj v röntgenovej oblasti.

Títo obri žiaria 100- až 1 000-násobne jasnejšie ako celá galaxia, hoci nie sú väčší ako Slnečná sústava. Vedci však nevedia, čo vygenerovalo zvyšných 10 % energie týchto gigantov. Jednu z hypotéz zverejnili nedávno vedci z Astronomického inštitútu Havajskej univerzity. Žiarenie kozmického pozadia sa prejavuje aj v infračervenej oblasti (CIB): zdrojom CIB sú galaxie a horúci plyn, ktorý zohrial prvé hviezdy. Jeho stopy objavili už v roku 1990 v údajoch sondy COBE, ale objav bol kvôli poruchám (šumeniu popredia v Slnečnej sústave, tzv. zodiakálnemu svetlu) spochybnený.

Medzičasom sa na CIB zameral vesmírny ďalekohľad Spitzer. Tím okolo Alexandra Kašlinského z Goddard Flight Center (NASA) v roku 2012 výsledky tohto prieskumu zverejnil. Tento súbor údajov pomohol aj analytikom CMB.

Vesmírne ďalekohľady Spitzer a Chandra podrobne zmonitorovali istú časť oblohy: dlhý pás s plochou 0,1 štvorcového stupňa, prechádzajúci súhvezdiami Veľká Medvedica a Pastier, ktorý astronómovia nazvali „dlhý Grothov pás". Satelit Chandra dokázal rozlúštiť 80 až 90 % žiarenia z bodových zdrojov, najmä z aktívnych jadier galaxií, galaxií s búrlivou hviezdotvorbou, normálnych galaxií i kôp galaxií.

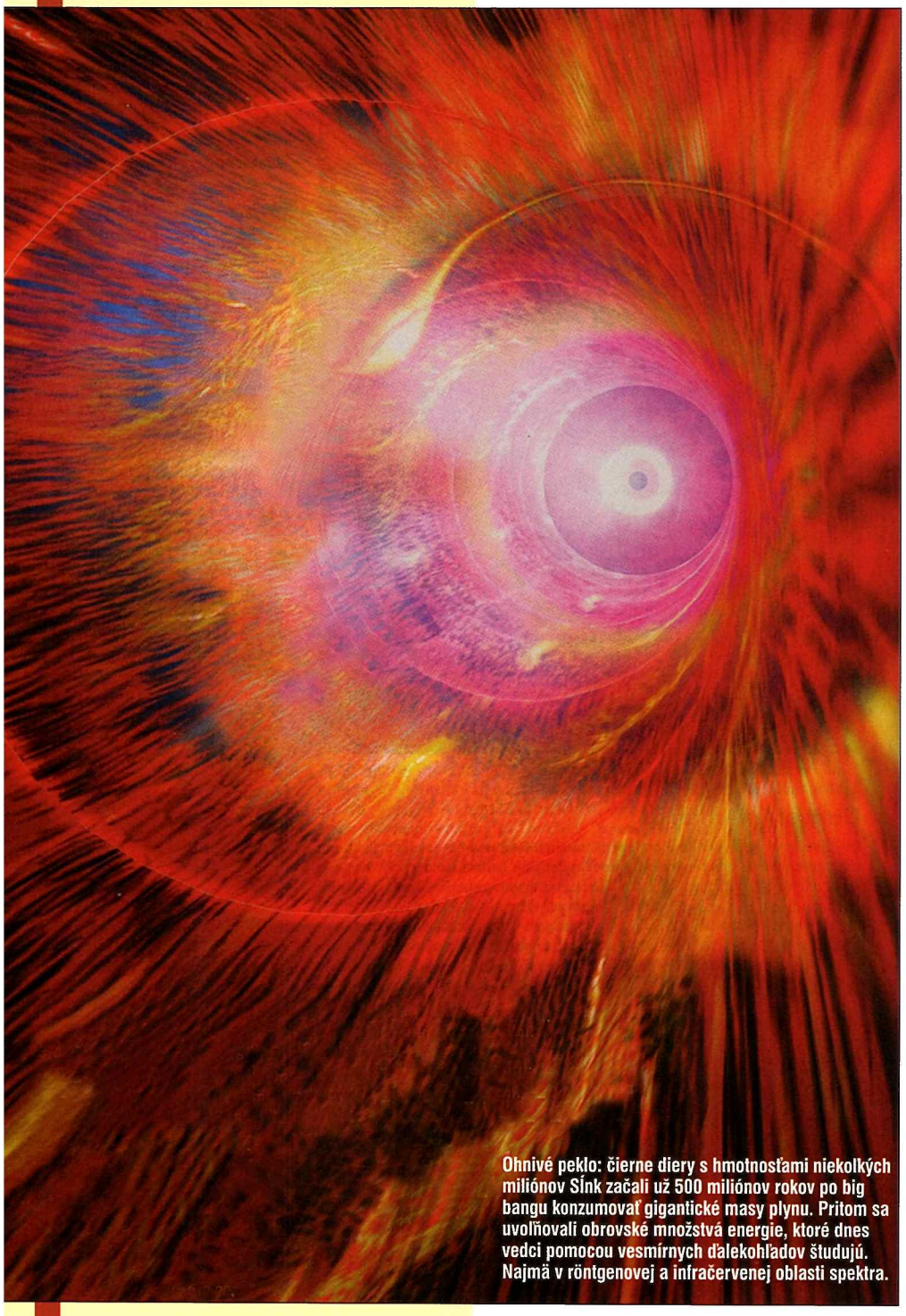
Čo vedcov zarazilo: pri analýze údajov vysvitlo, že distribúcia tohto žiarenia v mäkkej röntgenovej oblasti (0,5 až 2 kiloelektrónvoltov) sa prekrýva s distribúciou žiarenia infračerveného pozadia (v rozmedzí 3,6 až 4,5 mikrometrov).

Zdroje žiarenia v mladom vesmíre

Astronómovia skúmajú podstatu zdrojov z raného obdobia vesmíru. Rozhodli sa preskúmať údaje zo satelitu Chandra v korelácii s CIB. Myšlienka má už viac ako desať rokov, ale vtedajšie údaje boli nejednoznačné. Až údaje zo sond Chandra a Spitzer otvorili novú éru. Ani tieto sondy síce nedokážu zviditeľniť všetky zdroje v žiarení kozmického pozadia, ale objavené korelácie už teraz umožňujú isté závery.

Aký zdroj generuje zosúvzťažnené signály v infračervenom a röntgenovom žiarení pozadia, zatiaľ nevedno. Niektorí astronómovia predpokladajú, že zdrojmi sú gigantické hviezdy, 100- až 1 000-krát väčšie ako Slnko. V dnešnom vesmíre hviezdnych superobrov s hmotnosťami viac ako 300 Slnk niet, ale pred 13 miliardami rokov panovali vo vesmíre iné podmienky: prvky ťažšie ako lítium ešte neexistovali, hoci práve ony ovplyvňujú zrod a vývoj hviezd napriek tomu, že ich podiel v súčasnej hmote neprevyšuje 1 %.

Iné vysvetlenie ponúkli astrofyzici Mitch Begelman a Martin Rees v roku 2006. (Nedávno ich koncept zdokonalil Bin Yue z Čínskej akadémie vied.) Podľa tejto hypotézy generujú



Ohnivé peklo: čierne diery s hmotnosťami niekoľkých miliónov Slnk začali už 500 miliónov rokov po big bangu konzumovať gigantické masy plynu. Pritom sa uvoľňovali obrovské množstvá energie, ktoré dnes vedci pomocou vesmírnych ďalekohľadov študujú. Najmä v röntgenovej a infračervenej oblasti spektra.

signály z kozmického pozadia veľké čierne diery.

Tieto čierne diery však nemuseli vzniknúť kolapsom jednotlivých masívnych hviezd či hustých hviezdokop. Mohli sa sformovať aj vo vnútre superhustých oblakov plynu. Takéto oblaky neobsahujú ťažšie prvky, takže chladnú oveľa pomalšie ako oblaky, kde chladnutie urýchľujú molekuly oxidu uhoľnatého. Bez vyžarovania tepla však ku kolapsu dôjsť nemôže. Malý únik tepla umožňujú iba molekuly vodíka (H_2).

Prvé hviezdy, ktoré sa sformovali už 500 miliónov rokov po big bangu, emitovali intenzívne UV-žiarenie a molekuly vodíka deštruovali. Formovanie hviezd sa preto prerušilo a pôvodné oblaky sa nerozpadali na fragmenty. (Takto sa v priaznivejších podmienkach formovali hviezdokopy.) Preto tieto oblaky, keď ich hustota dosiahla istú hranicu, skolabovali do podoby čiernych dier s tisíc až miliónkrát vyššími hmotnosťami ako Slnko. Nakoľko tieto, priamo z plynového oblaku kolabujúce čierne diery (Directly Collapsed Black holes – DCBH) boli aj naďalej obalené veľkými oblakmi plynu, rýchle sa zväčšovali.

Tento model by vyriešil jednu z veľkých záhad astrofyziky: vysvetlil by, ako sa 1 až 2 miliardy rokov po big bangu sformovali v prvých galaxiách čierne diery s hmotnosťami niekoľkých miliárd Slnk. Ich existencia by vysvetlila aj gigantickú, premenlivú aktivitu najvzdialenejších kvazarov.

Nakoľko DCBH spočiatku obklopoval hustý plyn, röntgenové žiarenie z nich ďaleko nepreniklo. Absorbovali ho všadeprítomné atómy vodíka, aby ho vzápätí na iných vlnových dĺžkach opäť vyžiarili. Záver: DCBH síce prispievajú k žiareniu röntgenového pozadia, ale toto žiarenie je také slabé, že ho ani pomocou sond ako Chandra nemožno lokalizovať.

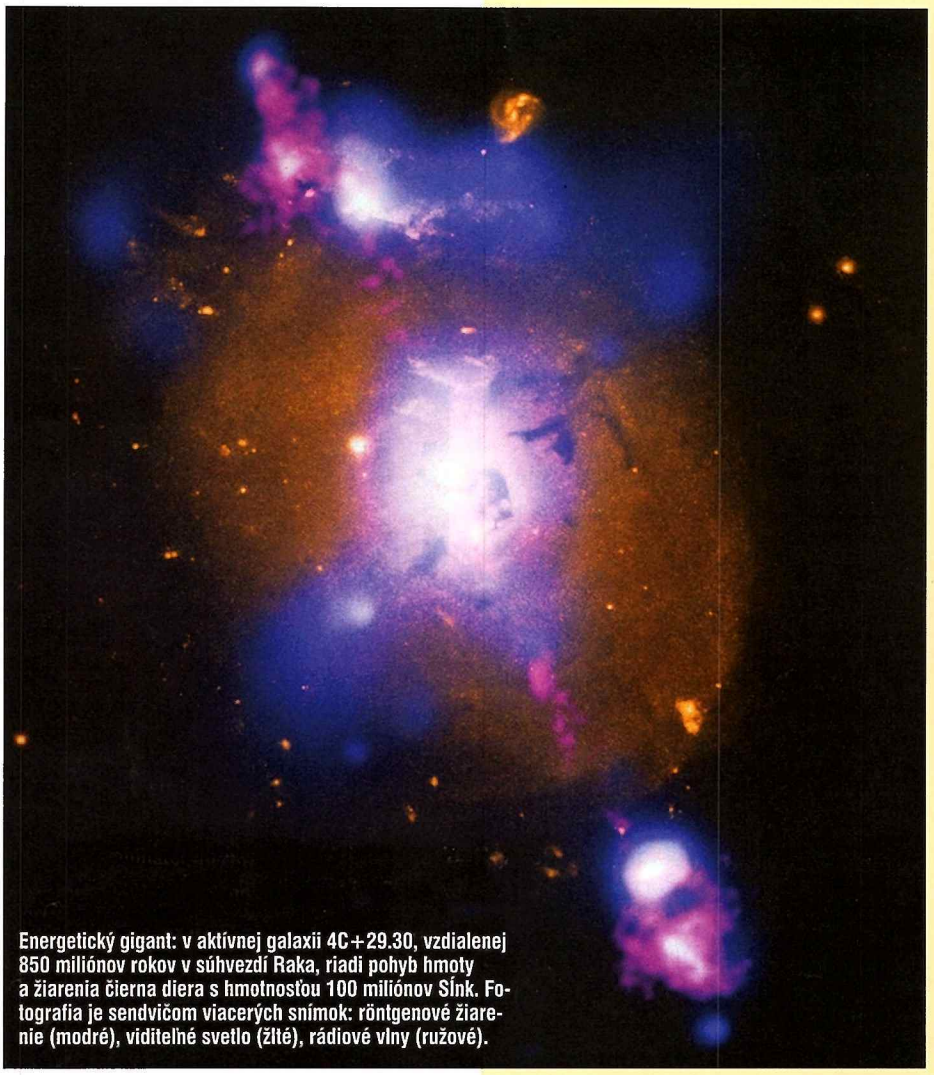
Gravitačné pasce

Astronómovia preto favorizujú priamo kolabujúce čierne diery ako zdroj nielen difúzneho röntgenového, ale aj infračerveného pozadia. Z údajov vyplýva, že čierne diery generujú najmenej 20 % žiarenia infračerveného pozadia. To je dôkazom intenzívnej aktivity v okolí čiernych dier, ktoré nabaľujú plyn z okolia.

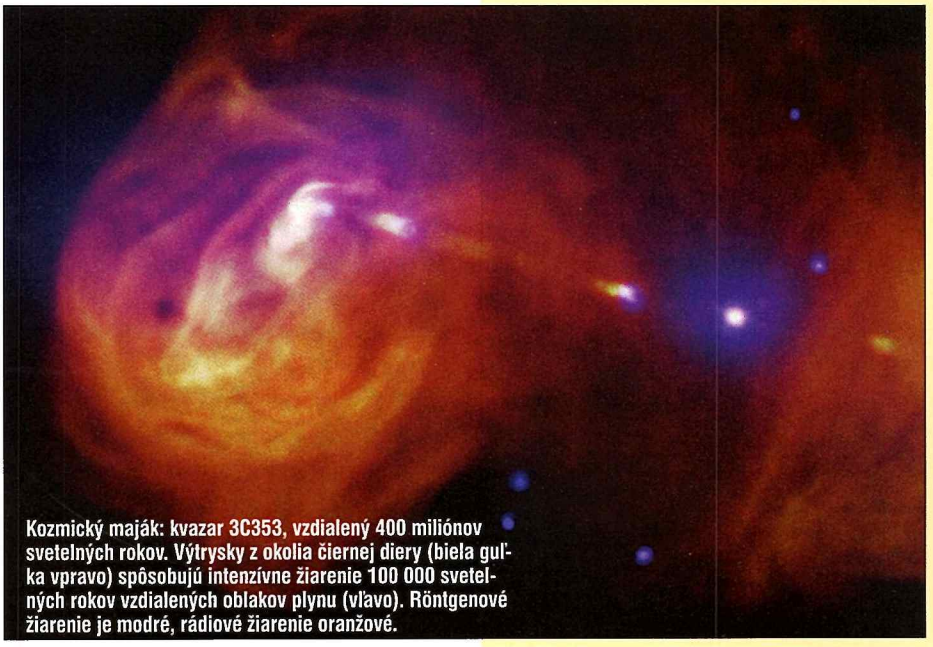
V ďalšej analýze posúdili vedci modely ďalších možných zdrojov signálov CIB a CXB: aktívne jadrá galaxií, horúci plyn v galaxiách i medzi nimi, röntgenové dvojhviezdy a difúzne emisie galaktických hál. Výsledok: ani jeden z týchto potenciálnych zdrojov, ba ani všetky dokopy nemôžu vysvetliť prebytky žiarenia v infračervenom a röntgenovom pozadí.

Vedci sa zhodli, že musí existovať nejaký neznámy, priamo nepozorovateľný zdroj, ktorý generuje až 20 % žiarenia kozmického pozadia. Najhorúcejším kandidátom sú prvotné, najstaršie čierne diery. Vedci dokonca vypočítali ich celkovú hmotnosť: 100 až 1 000 hmotností Slnka na

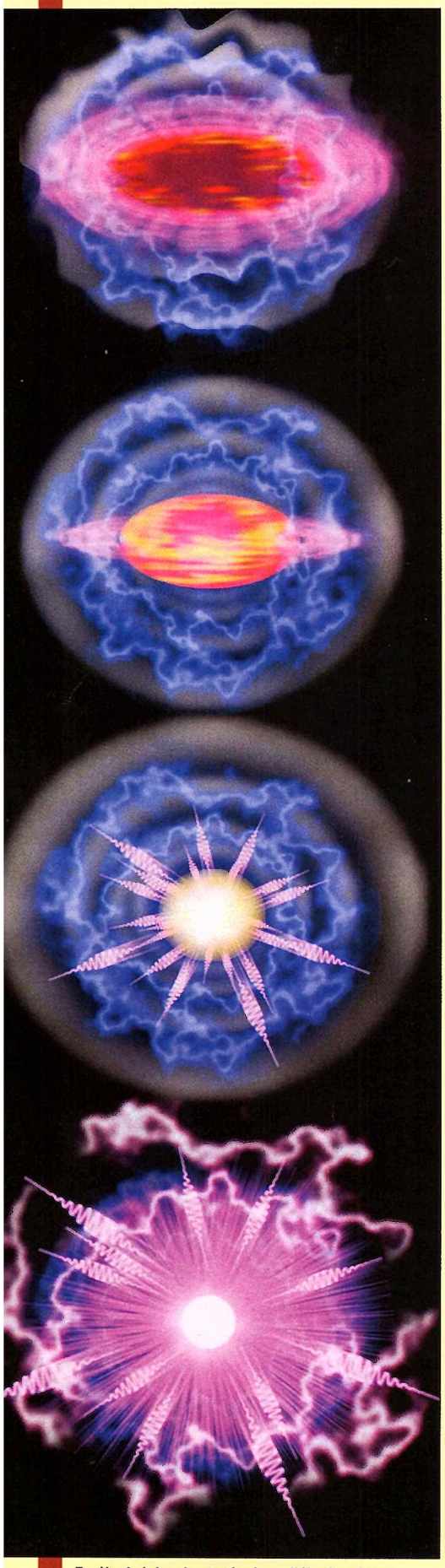
⇨⇨



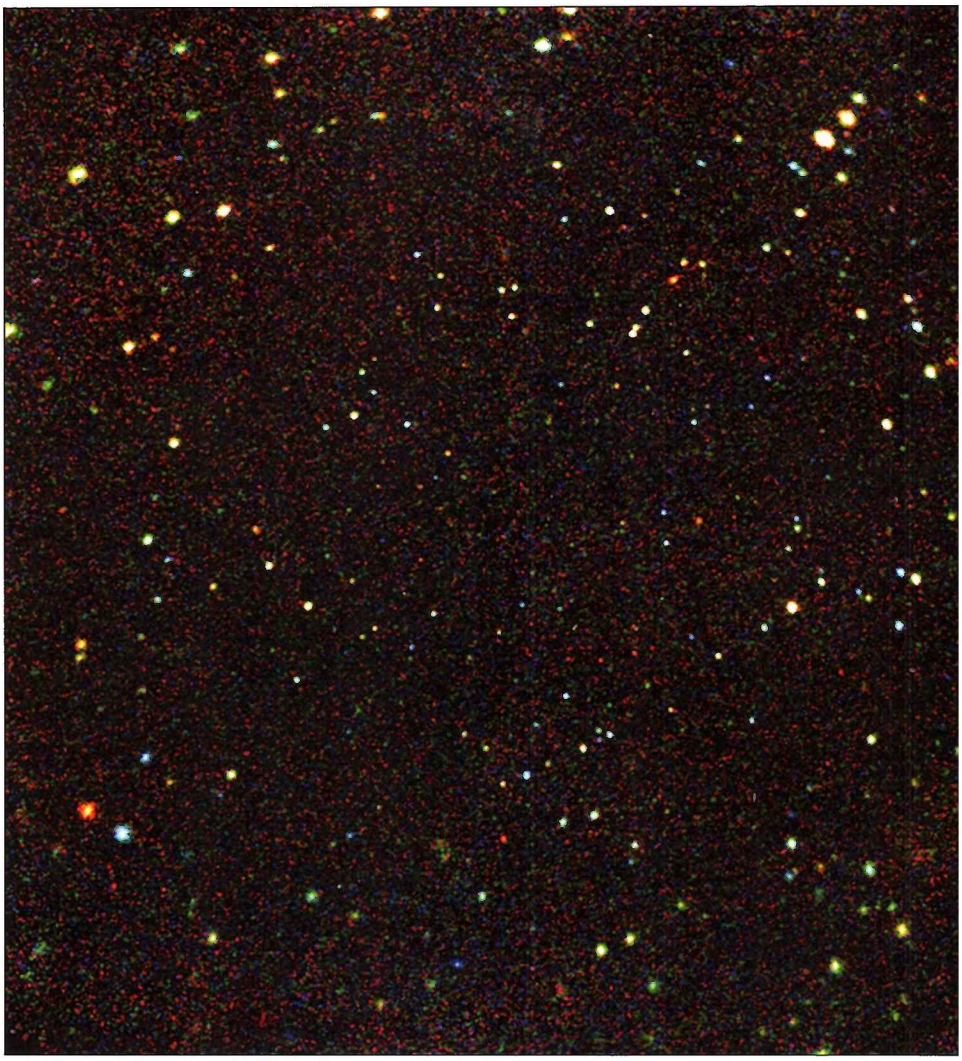
Energetický gigant: v aktívnej galaxii 4C+29.30, vzdialenej 850 miliónov rokov v súhvezdí Raka, riadi pohyb hmoty a žiarenia čierna diera s hmotnosťou 100 miliónov Slnk. Fotografia je sendvičom viacerých snímok: röntgenové žiarenie (modré), viditeľné svetlo (žlté), rádiové vlny (ružové).



Kozmický maják: kvazar 3C353, vzdialený 400 miliónov svetelných rokov. Výtrysky z okolia čiernej diery (biela guľka vpravo) spôsobujú intenzívne žiarenie 100 000 svetelných rokov vzdialených oblakov plynu (vľavo). Röntgenové žiarenie je modré, rádiové žiarenie oranžové.



Z náhodných zahustení primordiálneho plynu (tvorili ho najmä vodík a hélium, ktoré vznikli v big bangu) sa sformovali už v mladom vesmíre čierne diery.



Satelit Chandra celých milión sekúnd exponoval zdanlivo prázdne políčko oblohy v južnom súhvezdí Pec. Zdrojom röntgenového žiarenia na samom dne vesmíru sú kvazary, vzdialené až 13 miliárd svetelných rokov.

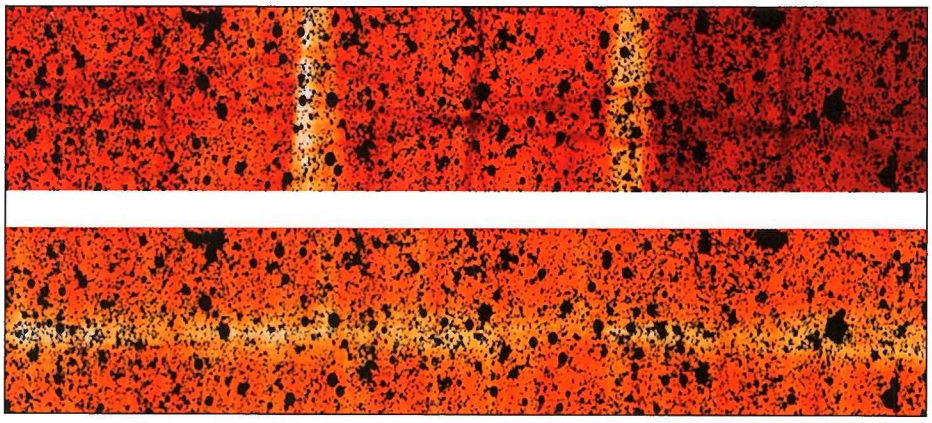
kubický megaparsek. (1 megaparsek: 3,25 miliónov svetelných rokov.)

Až ďalšie merania ukážu, či sa signály žiarenia prastarých čiernych dier naozaj dodnes zachovali. Ak sa röntgenové pozadie podarí objaviť aj na iných frekvenciách, musí mať jeho spektrum charakteristickú formu. V tom sa vedci spoliehajú najmä na vesmírny ďalekohľad James Webb, ktorý nahradí HST. Ten by mohol zachytiť spektrálne čiary Lyman alfa v infračervenej oblasti.

Ak prastaré čierne diery nie sú DCBH, mohli by otvoriť ďalšiu, ešte udivujúcejšiu možnosť. Podľa vedcov z Inštitútu Maxa Plancka mohli vzniknúť aj pred big bangom, v prechádzajúcom vesmíre, ktorý skolaboval. Tieto čierne diery mohli fázový prechod, ktorý vnímame ako big bang, prežiť. Ak je to tak, potom astronómovia objavili vôbec najstaršie objekty vo vesmíre.

Bild der Wissenschafft 2014/2

•



Veľavravný prúžok: Grothov dlhý pás zmerali vedci s mimoriadnou presnosťou. V röntgenovej oblasti 0,5 až 2 kiloelektrónvoltov (hore) a v infračervenej oblasti 4,5 mikrometrov (dole). Tak zviditeľnili signály z kozmického praveku.

Spomalenie?

Pre Kozmos píše Mgr. Anna Pribullová, PhD.

Po viacerých extrémoch počasia, akými boli napríklad záplavy v New Yorku zasiahnutom zanikajúcim hurikánom Sandy na jeseň v roku 2012, verejnosť netrpezlivo očakávala publikovanie piatej správy medzivládneho panelu pre výskum klimatickej zmeny (AR5 IPCC). Vedecké zistenia o stave a prognózach globálneho klimatického systému zhrnuté za posledných päť rokov boli predstavené verejnosti v septembri 2013.

Nosnou témou, ktorá dlhší čas rezonovala v médiách, bolo zistenie spomalenia vzostupu globálnej teploty vzduchu za posledných 14 rokov. Časť verejnosti, či už vedeckej, alebo z radov laikov a novinárov, naladená proti globálnemu otepľovaniu a jeho vedeckému zdôvodneniu antropogénnou činnosťou, zdôrazňovala, že pozorované spomalenie vzostupu teploty nebolo zohľadnené v scenároch vývoja v predchádzajúcich správach IPCC, a preto odhady vývoja budúcej klímy stále nemožno brať vážne. Teóriu globálneho otepľovania nepodporovali ani ďalšie fakty uvedené v správe, najmä nárast ľadového krytu Antarktídy. Vydanie druhej časti správy IPCC s odhadmi dopadov súčasného a predpokladaného vývoja klímy na prírodu a spoločnosť v marci 2014 sa už s veľkým ohlasom médií a verejnosti nestretlo. Naozaj pominuli dôvody, pre ktoré sa ľudstvo znepokojovalo v súvislosti s globálnym otepľovaním? Znamená krátkodobé spomalenie rastu globálnej teploty vzduchu aj spomalenie globálneho otepľovania? Ak áno, čo ho vyvolalo? Aké ďalšie zistenia uvádza posledná správa IPCC?

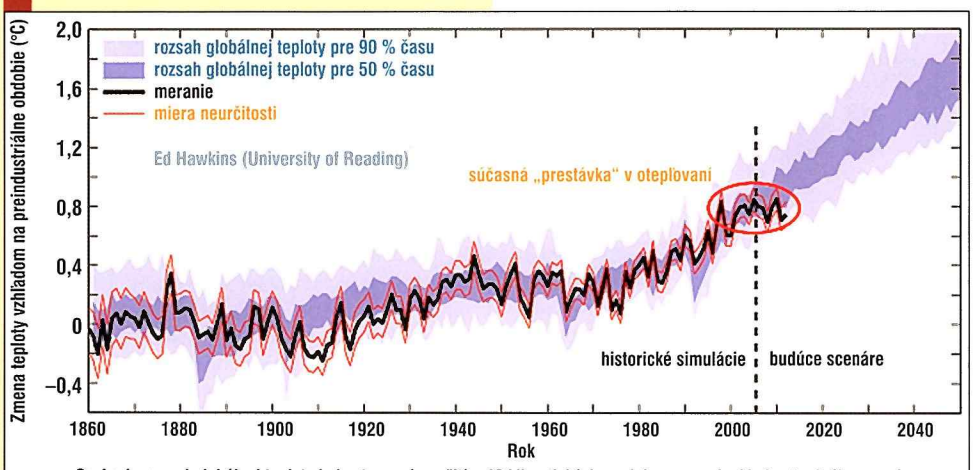
29. 10. 2012: Sandy v New Yorku. Foto: Reuters

Vystihuje globálne oteplenie teplota vzduchu?

Teória globálneho otepľovania (GW) hovorí, že súčasný globálny vzostup teploty vzduchu je vyvolaný zvýšenou absorpciou tepelného žiarenia zemského povrchu skleníkovými plynmi atmosféry, najmä oxidom uhličitým. Teória predpokladá, že rastúca koncentrácia skleníkových plynov vo vzduchu je spôsobená najmä ľudskou činnosťou (prevažne spaľovaním fosílnych palív). Následkom je zvýšené spätné vyžarovanie tepelného žiarenia atmosféry k zemskému povrchu, čím sa celý systém Zem – atmosféra dostáva do energetickej nerovnováhy: ohrieva sa pevnina, more aj vzduch. Narušenie radiačnej rovnováhy

⇨⇨

Obr. 1. Systém ochranných hrádzí pri pobreží Holandska.
Foto: http://ngm.nationalgeographic.com/2013/09/rising-seas/steinmetz-photography

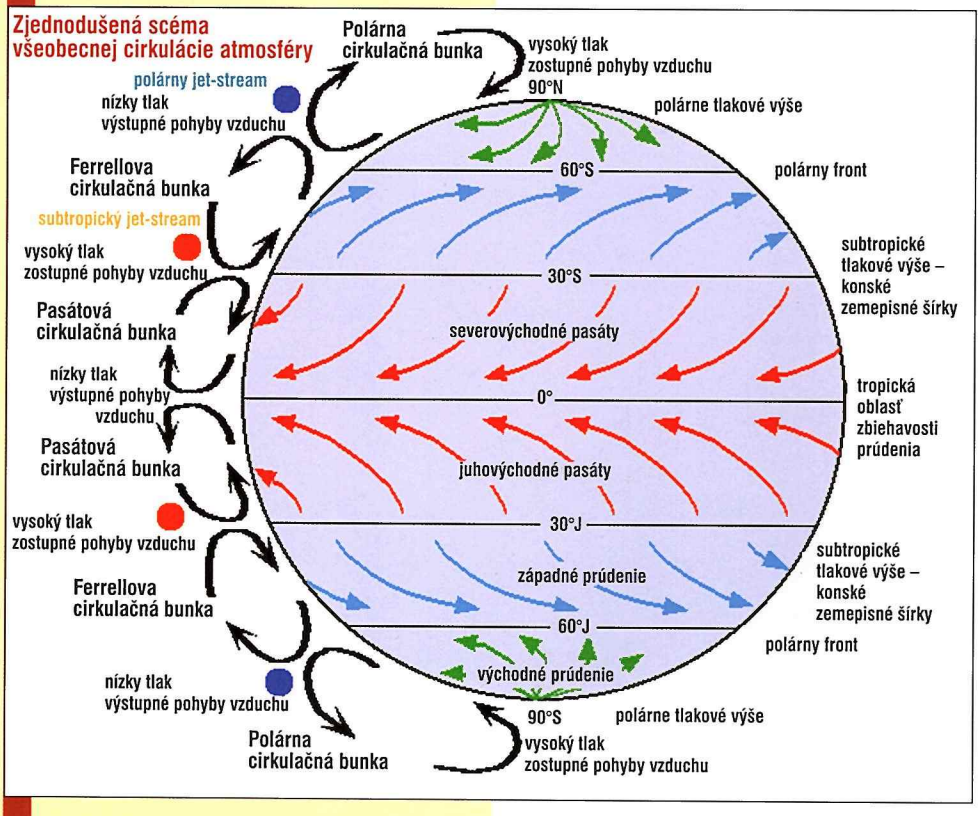


Graf priemernej globálnej teploty bol vytvorený použitím 42 klimatických modelov za predpokladu stredného scenára pre emisie uhlíka porovnaním scenárov a meraných údajov HadCRUT4.

Obr. 2. **Zmena priemernej ročnej globálnej teploty vzduchu ako funkcia času.** (IPCC, 2013)

Porovnateľné oteplenie planéty, ktoré sa pravdepodobne vyskytlo v období rokov 950 – 1250, malo iba regionálny rozsah, nedosahovalo globálne rozmery ako to súčasné. Naďalej sa pozoruje viac extrémne teplých období a početnosť studených periód klesá.

Obr. 3. **Schéma všeobecnej cirkulácie atmosféry s hlavnými cirkulačnými bunkami a polohami polárneho a subtropického jet streamu.**



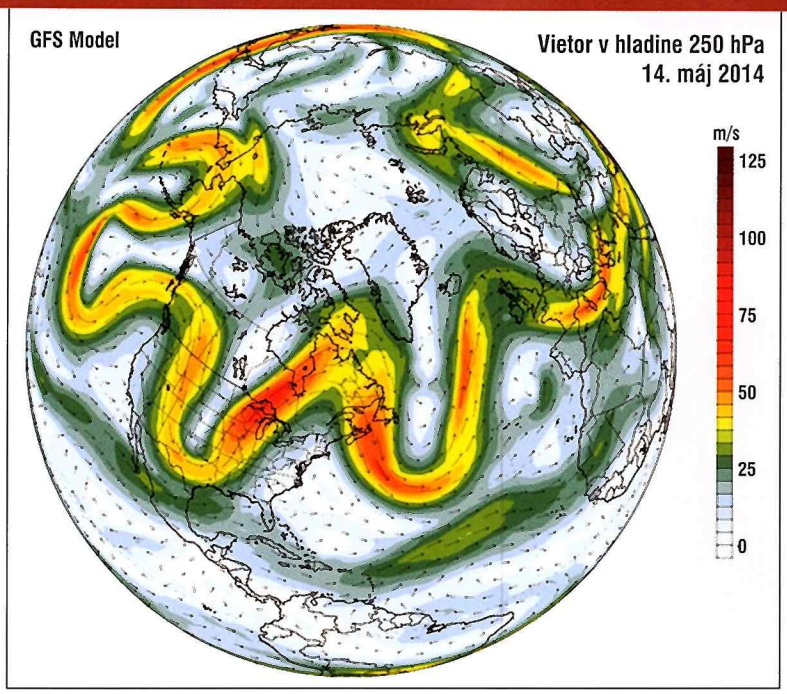
na hornej hranici atmosféry je pozorované od 70-tych rokov minulého storočia. Jedným z kontroverzných aspektov teórie GW v minulosti bolo to, že pozorovaný rast teploty vzduchu pri zemskom povrchu bol oveľa menší, než aký by mal byť pri meraných koncentráciách skleníkových plynov vo vzduchu. Zistilo sa, že vzostup teploty vzduchu „brzdí" najmä oceán, v ktorom sa akumuluje až 93 % nadbytočného tepla (do hĺbky 700 m 64 %). Tri percentá sa spotrebujú na topenie ľadu a rovnaké množstvo na ohrev pevniny. Iba 1 % sa spotrebuje na zohrievanie vzduchu (vzduch v troposfére sa zohrieva prostredníctvom rôznych procesov prenosu tepla od povrchu). V hĺbke 100 m sa od začiatku meraní oceán zohrial asi o 0,3 – 0,6 °C, najviac v subtropickej oblasti severnej pologule.

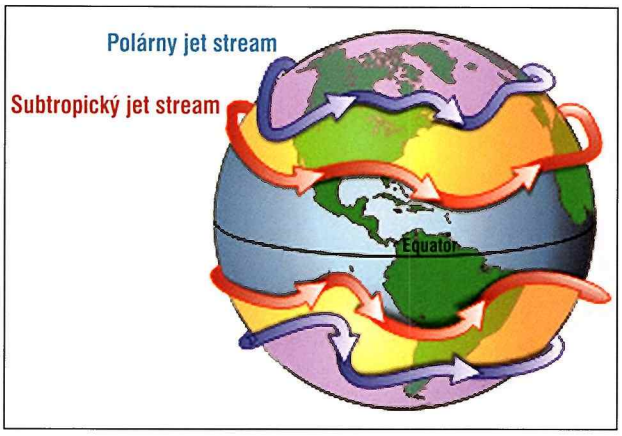
Pre vyjadrenie podnebia danej oblasti sa používajú dlhodobé merania teploty vzduchu v hladine 2 m nad povrchom. Najdlhšie rady meraní teploty vzduchu sú z pevniny (teplomery umiestnené v meteorologických búdkach). Vyvstáva otázka, či vôbec teplota vzduchu predstavuje správny hlavný indikátor globálneho oteplenia, a či trendy vývoja globálneho klimatického systému lepšie nevystihuje teplota mora, alebo výška jeho hladiny (zmena výšky hladiny mora je vyvolaná hlavne tepelnou rozťažnosťou vody), keďže v mori sa akumuluje najväčší podiel tepla, ktoré v súčasnom klimatickom systéme spôsobuje energetickú nerovnováhu.

Príčiny spomalenia rastu globálnej teploty vzduchu

Lineárny vzostup teploty iba 0,05 °C počas 10 rokov (vypočítaný za obdobie 1998 – 2012) reprezentuje zatiaľ neobjasnené spomalenie rastu globálnej teploty vzduchu, prezentované v správe AR5 IPCC *(obr. 2)*. Avšak rovnako vypočítaný trend v dlhšom období 1951 – 2012 už predstavuje 0,12 °C/10 rokov. Priemerná teplota vzduchu za 30-ročnicu 1983 – 2012 sa stále javí byť najvyššia za posledných 1 400 rokov. Porovnateľné oteplenie planéty, ktoré sa pravdepodobne vyskytlo v období rokov 950 – 1250, malo iba regionálny rozsah, nedosahovalo globálne rozmery ako to súčasné. Naďalej sa pozoruje viac extrémne teplých období a početnosť studených periód klesá. Samotná správa AR5 uvádza, že súčasné modely, až na posledné roky, dobre reprezentujú meranú globálnu teplotu vzduchu. Lokálne však existujú medzi meraním a modelovanou hodnotou systematické rozdiely aj niekoľko stupňov Celzia. Za ťažko odhadnuteľné sa považujú krátkodobé výkyvy teploty vzduchu, ktoré sa dejú v časovom rozpätí rokov až dekád.

Zastavenie vzostupu teploty vzduchu v období 1998 – 2012 môže predstavovať iba krátkodobý jav. Vedci hľadajú jeho príčiny. Klimatické modely dokázali dobre simulovať globálne krátkodobé ochladenie vyvolané výbuchom sopky Mt. Pinatubo v r. 1991. Môže byť súčasné krátkodobé zastavenie rastu globálnej teploty vyvolané podobným javom? V období rokov 1998 až 2012 sa vyskytlo niekoľko menších sopečných erupcií, tie však priebeh teploty vzduchu za posledné roky nevysvetľujú. Ďalším dôvodom spomalenia vzostupu teploty môže byť samotný výber časového úseku pre výpočet trendu. Na prelome rokov 1997/1998 sa prejavoval výrazný výkyv regionálnej cirkulácie v južnom Pacifiku El Niño, ktorý na mnohých miestach Zeme spôsobil výrazné zvýšenie teploty. Krátky časový rad teploty začína preto vysokými hodnotami, čo spôsobuje zmenšenie lineárneho trendu. Od vydania správy AR5 boli publikované viaceré ďalšie príčiny spomalenia globálneho rastu teploty. Môžu sa na ňom podieľať napr. aerosóly absorbujúce v zvýšenej miere slnečné žiarenie. Takéto aerosóly sa produkujú najmä v južnej Ázii, no cirkuláciou vzduchu sa dostávajú aj do vzdialenejších oblastí. Klesajúca fáza 11-ročného cyklu slnečnej aktivity môže byť tiež jednou z príčin, nie však hlavnou. Najprekvapivejším možným vysvetlením je zosilnenie pasátovej cirkulácie, pozorované za posledných cca 20 rokov. Jeho následkom je zvýšené premiešavanie vody v oceánoch pasátovej oblasti, intenzívnejší „odber" tepla z povrchových vrstiev mora do jeho hĺbok a následne prítomnosť chladnejšieho vzduchu nad chladnejšou hladinou oceánu. Predmetom intenzívneho výskumu je, čo by sa s globálnou teplotou stalo, ak by sa pasátová





Obr. 4. *Vľavo:* **Príklad zvlneného dýzového prúdenia (jet-streamu) v hladine 250 hPa zo 14. mája 2014. Farebná stupnica vyjadruje rýchlosť vetra.** Zdroj: Climate Reanalyzer™ / Climate Change Institute, University of Maine, Orono, Maine (http://cci-reanalyzer.org)
Vpravo: **Schematické znázornenie polohy polárneho a subtropického jet-streamu.** (http://en.wikipedia.org/wiki/Jet_stream).

cirkulácia zoslabila, a čo je príčinou jej súčasného zosilnenia. Pasáty ale nepatria medzi vybrané podstatné fenomény ovplyvňujúce klimatický systém Zeme (tieto fenomény sa označujú skratkou ESV (Essential Climate Variables) a v súčasnosti je ich cca 50. Až zahrnutie ich premenlivosti do klimatických modelov ukáže, či spomalenie rastu teploty za posledných 14 rokov možno vysvetliť týmto javom. Navyše v správe AR5 sa uvádza, že v období rokov 2003 – 2010 stúpala teplota mora v hĺbke 700 m pomalšie, než za obdobie rokov 1993 – 2002, čo s objasnením spomalenia rastu globálnej teploty vplyvom pasátov celkom nesedí. Aktivizujú sa preto prevádzkovatelia družicových meraní, aby sa zvýšená aktivita pasátovej (Hadleyho) cirkulačnej bunky *(obr. 3)* v globálnom meradle potvrdila alebo vyvrátila. Revíziu meraní plánuje napr. ESA (Európska vesmírna agentúra), ktorá v rámci tzv. Climate Change Iniciative plánuje tiež vypustenie série družíc v programe Copernicus (prvá družica Scentinel 1 bola vypustená v apríli 2014).

Zmeny v cirkulácii a ich následky

Zosilnenie pasátovej cirkulácie sa ešte v správe AR5 neuvádza. Pozorovania aj odhady budúceho vývoja klímy však ukazujú posun všetkých globálnych cirkulačných buniek smerom k polárnym oblastiam a rozšírenie tropickej oblasti zbiehavosti prúdenia *(obr. 3)*. Tento posun vysvetľuje veľkú časť významnejších zmien v rozložení zrážok. V budúcnosti sa ráta s miernym globálnym vzostupom zrážok, avšak práve kvôli očakávaným zmenám v cirkulácii vzduchu budú niektoré regióny trpieť nedostatkom vody.

Oblasť Stredomoria, ale napr. aj Kalifornia a subtrópy južnej Afriky, sa dostávajú do pôsobenia kvázistacionárnych subtropických tlakových výší, s čím súvisí menej oblakov a zrážok a následne možný nedostatok vody. Suchom budú pravdepodobne postihnuté aj oblasti, kde sa zmení pôsobenie regionálnej monzúnovej cirkulácie. Modely predpovedajú zmeny pôsobenia monzúnov aj v spojení s možnou zmenou oceánického prúdenia v Severnom Atlantiku.

Sledovanie severoatlantickej oscilácie (výkyvov rozdielu tlaku vzduchu medzi kvázistacionárnou Islandskou tlakovou nížou a Azorskou oblasťou vysokého tlaku vzduchu) v období rokov 1950 – 1990 ukázalo zvýraznenie rozdielov tlaku vzduchu a následné zosilnenie prevládajúceho západného prúdenia v posledných rokoch. S tým súvisí pravdepodobne aj slabý vzostup zrážok v miernom pásme severnej pologule. Inde vo svete sú trendy zrážok menej výrazné. Zmeny sú však v ich skupenstve. Od r. 1967 je v júni na severnej pologuli o 53 % menej zasnežených oblastí. Od roku 1972 klesá počet dní v roku so snehovou pokrývkou rýchlosťou –5,3 dňa za 10 rokov.

Regionálne výkyvy v rozložení tlaku vzduchu (napr. Južná pacifická oscilácia, Severoatlantická oscilácia) môžu stáť práve za krátkodobými osciláciami regionálnej a následne aj globálnej teploty vzduchu.

Zistilo sa, že extrémy počasia pri zemskom povrchu súvisia so zmenami prúdenia vo vyššej atmosfére. Mimoriadne studená zima v Európe na prelome rokov 2010/2011, podobne ako tá posledná 2013/2014 v Severnej Amerike (a naopak extrémne teplá zima v Európe) môžu byť dôsledkom výraznejšieho zvlnenia polárneho jet streamu (dýzového prúdenia), ktorý obopína celú zemeguľu v oblasti polárneho frontu (rozhrania medzi vzduchovými hmotami formujúcimi sa v miernom pásme a v polárnej oblasti). Jedna časť takejto vlny súvisí s prenosom studeného vzduchu hlboko do mierneho pásma, druhá, naopak, prináša oteplenie do vysokých zemepisných šírok *(obr. 4)*. Oblasti zvlnenia polárneho jet streamu sprevádza výskyt extrémneho počasia. Zdá sa, že výraznejšie zvlnenie polárneho frontu súvisí s oteplením v Arktíde, ale modulujú ho aj Arktická a Severoatlantická oscilácia. Jet streamy (a najmä zmeny ich globálneho rozloženia) vysvetľujú doteraz neobjasnené tesné vzťahy medzi kladnou fázou Južnej Pacifickej oscilácie (El Niño) a extrémnymi úhrnmi zrážok v oblastiach, ktoré sú od južnej časti Tichého oceánu veľmi vzdialené (juh USA, východná Afrika, Austrália). Netypické polohy jet streamov tiež objasňujú neobvyklé trasy tropických cyklón v Atlantiku a Pacifiku v r. 2014.

Okrem prúdenia vzduchu oteplenie vplýva aj na teplotu a hustotu vody, hlavne na povrchu mora, a následne na cirkuláciu vody v oceánoch. V odhadoch vývoja budúcej klímy sa venuje pozornosť najmä možnostiam náhlej zmeny polohy morských prúdov v severnom Atlantiku (znamenalo by to výrazné ochladenie v západnej a severnej Európe) označovanej skratkou AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation). Merania ukazujú zoslabenie tohto prúdenia. Podľa modelov je však pre náhlu zmenu AMOC potrebné dodať do severného Atlantiku oveľa viac sladkej vody z roztopených ľadovcov v porovnaní s množstvom zodpovedajúcim súčasnej rýchlosti ich topenia. AMOC pravdepodobne nezanikne do konca 21. storočia, avšak na vierohodnejšie potvrdenie tejto, pre Európu pozitívnej prognózy, nie je dostatok informácií o tomto jave.

Špinavý sneh a stúpajúca morská hladina

Roztápanie sa morských a pevninských ľadovcov a vzostup hladiny mora (za obdobie rokov 1998 – 2012 sa nepozoruje jeho spomalenie) najvýraznejšie podporujú teóriu globálneho otepľovania. Podľa modelov sa do r. 2100 stratí 15 až 55 % ľadovcov.

Predpokladá sa, že aj po zastavení rastu globálnej teploty by topenie ľadovcov niekoľko desaťročí pokračovalo. Už v správe AR4 sa uvádza intenzívne topenie grónskeho ľadového krytu a nová správa AR5 potvrdzuje ďalšie rozšírenie oblastí s intenzívnym topením grónskeho ľadu. Arktický morský ľad sa v období rokov 1979 – 2012 strácal rýchlosťou 3,5 – 4,1 % za 10 rokov. Od roku 1980 do roku 2008 sa pozorovalo jeho stenčenie o 1,3 – 2,3 m. Hoci globálne ľadu na Zemi ubúda, lokálne sa pozoruje na niekoľkých miestach, naopak, rast ľadovcov. V Antarktíde sa za rovnaké obdobie zvýšil rozsah zaľadnenia o 1,2 – 1,8 %. Hoci zaľadnenie v Antarktíde rastie, merania ukazujú, že pobrežný ľad aj tu môže začať ubúdať veľmi rýchlo, hlavne v západnej časti tohto kontinentu. Ľadovec Thwaites tu v súčasnosti naráža na podmorský hrebeň, ktorý brzdí jeho stekanie do mora. Ak by hladina mora stúpla, ľadovec prestane narážať spodnou stranou na pevninu a môže začať prudko „tiecť" do mora, lámať sa a topiť sa. Takéto procesy súčasné klimatické modely do úvahy neberú.

Obr. 5. Tmavý sneh – povrch ľadovca v Grónsku.
http://climatecrocks.com/2013/01/31/jason-box-can-we-save-greenland/

Roztápanie sa ľadovcov vedie k vzostupu hladiny mora, avšak nie je jeho hlavnou príčinou. Ku globálnemu vzostupu morskej hladiny asi o 0,19 m od r. 1901 do r. 2010 stále najviac prispieva objemová rozťažnosť vody spôsobená jej ohrevom.

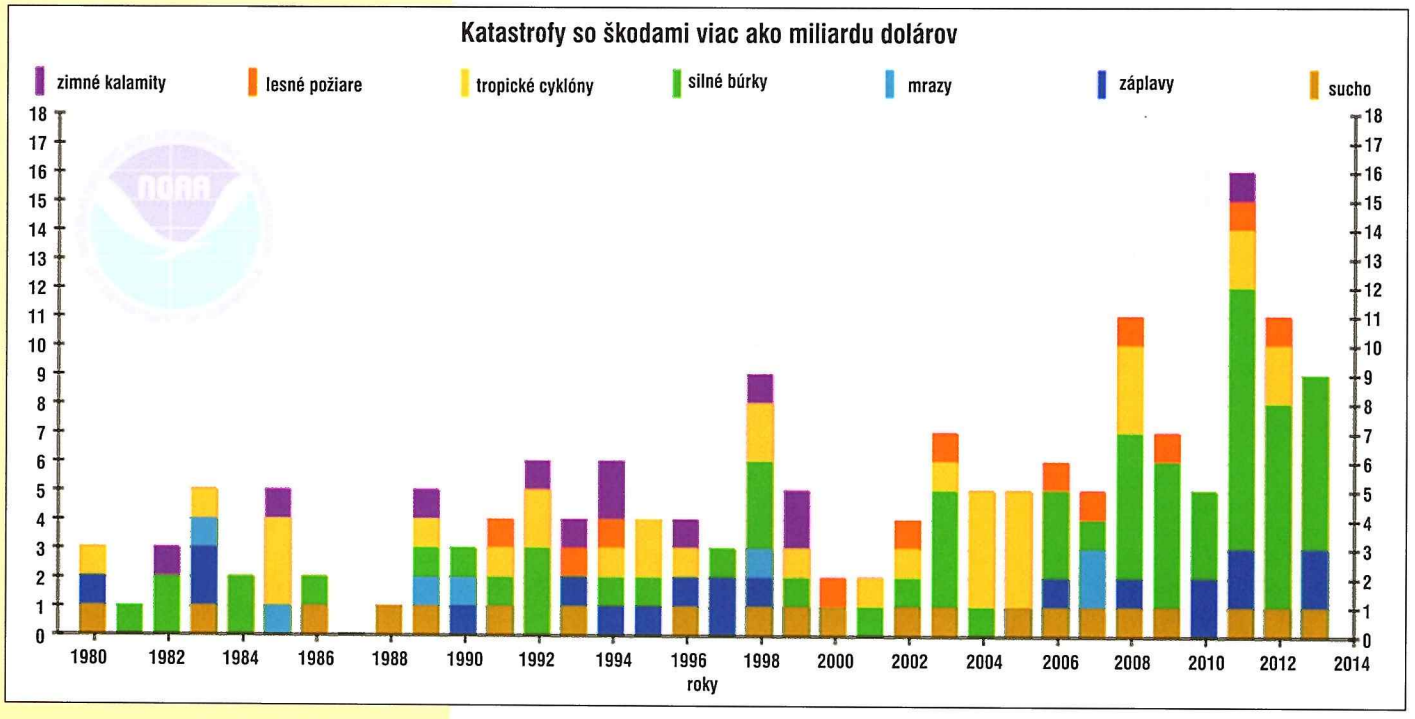
Topenie ľadovcov môže výrazne zrýchliť pozitívna spätná väzba medzi väčším množstvom prachu a jemných sadzí (napr. zo spaľovania fosílnych palív v motoroch) vo vzduchu a topením sa ľadu. Sadze a prach spôsobujú pokles schopnosti snehu odrážať slnečné žiarenie (pokles albeda povrchu). „Špinavý" sneh absorbuje viac energie dopadajúceho slnečného žiarenia, a preto sa rýchlejšie zohrieva a topí. Tento efekt tzv. tmavého snehu (dark snow) sa prejavuje najmä v období topenia sa ľadovcov, keď nepribúda čerstvý čistý sneh *(obr. 5)*. Tmavý sneh prispel k topeniu sa arktického ľadu v období rokov 1979 až 2011 asi štvrtinou v porovnaní s pôsobením rastúcej koncentrácie samotného oxidu uhličitého vo vzduchu za rovnaké obdobie. Neprejavuje sa iba v Arktíde, ale aj v Grónsku, či pri ďalších kontinentálnych ľadovcoch. Extrémne roztápanie grónskych pobrežných ľadovcov v r. 2012 sa vysvetľuje práve prítomnosťou väčšieho množstva aerosólu v snehu. Jeho zdrojom mohli byť rozsiahle oblasti horiacej biomasy severnej Kanady a Ruska. Prach sa v zvýšenej miere dostáva do vzduchu aj tam, kde ľadovce ustúpili a odkryli pôdu bez vegetačného krytu.

Naďalej sa roztápa permafrost (trvalo zamrznutá pôda). Od 80-tych rokov stúpla priemerná teplota v oblasti Aljašky o 3 °C a v severnom Rusku asi o 2 °C. Aj odhady modelov predpokladajú rýchlejšie otepľovanie v polárnych oblastiach severnej pologule. Predmetom výskumu sú útvary podobné krasovým jamám, ktoré sa našli na Sibíri. V ich okolí bola nameraná zvýšená koncentrácia metánu. Pôvod týchto jám nie je celkom objasnený. Jedna z hypotéz hovorí, že mohli vzniknúť roztopením podzemného ľadu a následným prepadom povrchovej vrstvy pôdy.

Roztápanie sa ľadovcov vedie k vzostupu hladiny mora, avšak nie je jeho hlavnou príčinou. Ku globálnemu vzostupu morskej hladiny asi o 0,19 m od r. 1901 do r. 2010 stále najviac prispieva objemová rozťažnosť vody spôsobená jej ohrevom (asi 0,80 – 1,40 mm/rok). Roztopené pevninské ľadovce prispievajú asi 0,39 – 1,13 mm/rok, roztopený ľad z Grónska 0,25 – 0,41 mm/rok. Modely predpokladajú, že v období rokov 2045 – 2065 stúpne morská hladina o 0,24 – 0,3 m, do r. 2100 vzostup dosiahne okolo 0,87 m (s malou pravdepodobnosťou do 5 % až 1,2 m). Ľudia žijúci v oblasti 70 % morského pobrežia musia rátať so vzostupom hladiny o 20 %. Paradoxne vzostup morskej hladiny neovplyvní pobrežie tam, kde sa ľadovce roztopia, pretože pevnina nezaťažená ľadovým krytom sa tu, naopak, o niekoľko cm z mora vynorí. Tieto oblasti však nie sú husto obývané (Grónsko, Antarktída). Vzostup morskej hladiny sa najvýraznejšie prejaví pri takých javoch, akými sú hlboké extratropické tlakové níže, tropické búrky, či tropické cyklóny ženúce k pobrežiu masy morskej vody, ktorej hladina bude zasahovať stále vyššie položené oblasti pobrežia.

Dá sa proti vzostupu morskej hladiny brániť inak ako útekom od pobrežia? Asi najviac skúseností s výstavbou premysleného systému

Obr. 6. **Ročný počet extrémnych poveternostných javov v USA, pri ktorých škody prevýšili miliardu dolárov.**
http://www.ncdc.noaa.gov/billions/time-series



ochranných hrádzí má Holandsko *(obr. 1 na 31. strane)*. K výstavbe hrádzí pristupujú, napriek enormným nákladom, ďalšie bohaté krajiny. Kto však ochráni pred stúpajúcou hladinou mora obyvateľov chudobných husto osídlených pobrežných oblastí, kde sa prostriedky na výstavbu ochranných bariér nenájdu? Na rozdiel od Severnej Ameriky, kde sa do r. 2100 počíta so vzostupom hladiny o cca 10 %, v trópoch hladina oceánu pravdepodobne stúpne až o 20 %.

Extrémy

Klimatológovia merajú a predpovedajú viac regionálnych extrémov počasia – lejakov, záplav, extrémnych mrazov, dlhotrvajúce suchá, pravdepodobnejší výskyt vĺn tepla a extrémne teplých dní.

Globálne sa pozoruje vzostup početnosti škôd súvisiacich so zvýšenou hladinou mora. Modely predpovedajú vzostup výskytu takýchto udalostí viac na začiatku 21. storočia, potom by ich počet nemal prudko rásť. V Európe (mimo Stredomoria) treba aj v budúcnosti rátať s častejšími intenzívnymi zrážkami a ich následkami. Pravdepodobne sa zvýrazní monzúnová cirkulácia a zmenia sa aj termíny nástupov jej letnej a zimnej fázy. Pozorovania a modely však nepotvrdili trendy vo výskyte a intenzite tropických cyklón.

Na vyjadrenie pravdepodobnosti výskytu extrémnych javov sa nedajú použiť klasické štatistické metódy. Mapovanie a prognóza ich výskytu bude vyžadovať zmenu matematického vyjadrenia – rozvíja sa nová štatistická teória extrémnych hodnôt.

Problematická je definícia: Čo ešte možno považovať za extrémny jav a čo už nie? V jednotlivých publikáciách sa používajú rôzne definície a kritériá pre klasifikáciu extrémnych poveternostných javov. V USA začali systematicky evidovať počet extrémnych javov počasia, ktoré spôsobili škody presahujúce miliardu $. Zdá se, že početnosť takýchto udalostí od r. 1980 v USA rastie *(obr. 6 na 34. strane)*. V roku 2011 bolo v USA takýchto katastrof najviac od roku 1980.

Rast škôd spôsobených extrémami počasia však okrem zmien podnebia súvisí aj s rastom populácie – veľké škody sa častejšie vyskytujú v husto obývaných až preľudnených oblastiach.

Citlivosť klímy

V súvislosti s globálnym oteplením sa od klimatológov očakáva odpoveď na otázky, aké množstvo skleníkových plynov vo vzduchu spôsobí nezvratné či náhle zmeny v klimatickom systéme. O koľko stupňov Celzia možno ohriať planétu tak, aby sa klíma dala ešte stabilizovať? Aká je odozva klímy na obmedzenie alebo ďalšiu produkciu skleníkových plynov?

Analýza ľadovcov ukazuje, že koncentrácie skleníkových plynov vo vzduchu stúpajú rýchlosťou, aká sa za 800 000 minulých rokov nevyskytla. Od priemyselnej revolúcie vzrástla koncentrácia oxidu uhličitého o 40 % (v oceáne asi o 30 %), metánu o 150 % a oxidu dusného asi o 20 %. Aby globálna teplota nestúpla viac ako o 2 °C s pravdepodobnosťou 66 %, emisie CO_2 by nemali vzrásť o viac ako 10^3 Gt, vzhľadom na koncentráciu tohto plynu pred priemyselnou revolúciou. Od roku 1870 do roku 2012 sa ľudskou činnosťou dostalo do vzduchu 545 Gt uhlíka (GtC). Ak budú rásť emisie uhlíka tak rýchlo ako v súčasnosti, môže byť limit 10^3 GtC prekročený už okolo r. 2040. Na klímu však okrem zmien koncentrácie CO_2 vplývajú aj ďalšie spätné väzby a činitele.

V súčasnosti je už známe, že približne polovicu ľudských emisií CO_2 zachytáva pevnina a oceán (ten sa vplyvom rastúcej absorpcie oxidu uhličitého stále viac okysľuje). V modeloch uhlíkového cyklu však existuje stále veľká miera neurčitosti – súčasné modely podhodnocujú pozorovanú zvýšenú absorpciu oxidu uhličitého na severnej pologuli. To, ako sa v budúcnosti zmení schopnosť pevniny a mora absorbovať skleníkové plyny, nevieme dobre odhadnúť. Modelovaný interval, v ktorom sa bude pohybovať zmena globálnej teploty vzduchu po zdvojnásobení koncentrácie CO_2 oproti obdobiu pred priemyselnou revolúciou, je stále veľký (1,5 – 4,5 °C). Navyše teplotná odozva klimatického systému Zeme závisí aj od rýchlosti, akou sa budú skleníkové plyny do atmosféry dostávať.

Klimatológovia merajú a predpovedajú viac regionálnych extrémov počasia – lejakov, záplav, extrémnych mrazov, dlhotrvajúce suchá, pravdepodobnejší výskyt vĺn tepla a extrémne teplých dní.

Odhadovaná zmena teploty spôsobená ľudskou činnosťou o 0,6 – 0,7 °C za obdobie rokov 1951 – 2010 dobre vystihuje merania. Prírodné faktory (zmeny koncentrácie aerosólu vo vzduchu, slnečná aktivita, sopečná aktivita) môžu za zmenu globálnej teploty iba v rozsahu –0,1 až 0,1 °C. To, že súčasné globálne otepľovanie spôsobila ľudská činnosť, je teda takmer isté.

Modely umožňujú odhadnúť rýchlosť reakcie klimatického systému Zeme na zmenu rôznych parametrov. Kým odozva klímy na zmeny koncentrácie aerosólu je krátka – prejavuje sa v rozsahu desiatok rokov, odumieranie tropického a boreálneho lesa sa bude prejavovať stovky rokov a zmeny veľkých ľadovcov Grónska a Antarktídy sa dejú v rozsahu tisícok rokov. Uvoľňovanie metánu z permafrostu sa pravdepodobne uskutoční v rozsahu tisícok rokov, zdá sa, že náhla zmena klímy vplyvom tohto javu nehrozí. Avšak vedomosti o tomto fenoméne sú veľmi obmedzené. Podnebie bude na zmenenú koncentráciu skleníkových plynov reagovať rádovo storočia, aj keby sa vzostup ľudských emisií skleníkových plynov okamžite zastavil.

Slabiny klimatických modelov

Obyčajne sa modelovaniu klímy vyčítajú rôzne nedostatky spojené so vstupnými údajmi či s nedostatočnými vedomosťami o niektorých zložkách klimatického systému. Správa AR5 slabiny súčasných modelov priamo pomenúva. Stále existujú rozdiely medzi meranými a modelovanými vertikálnymi profilmi teploty vzduchu v troposfére a v spodnej stratosfére. Pre verifikáciu modelovaných údajov chýba dostatok informácií o zrážkach, oceánickom prúdení či výskyte tropických cyklón, najmä pred rokom 1950. Klimatológovia stále nemajú dostatok vedomostí o súvise medzi aerosólmi (zmenami v ich zložení a množstve vo vzduchu) a oblačnosťou. Nejasnosti sú v modelovaní kolobehu vody. Nie je preskúmaný vplyv mnohých regionálnych javov na zmeny globálnej klímy. Problematické je tiež určenie podmienok, pri ktorých sa definitívne naruší rovnováha veľkých kontinentálnych ľadovcov a tieto sa začnú nekontrolovane topiť. Osobitný prístup si bude vyžadovať aj simulácia pravdepodobnosti výskytu už spomínaných extrémnych javov.

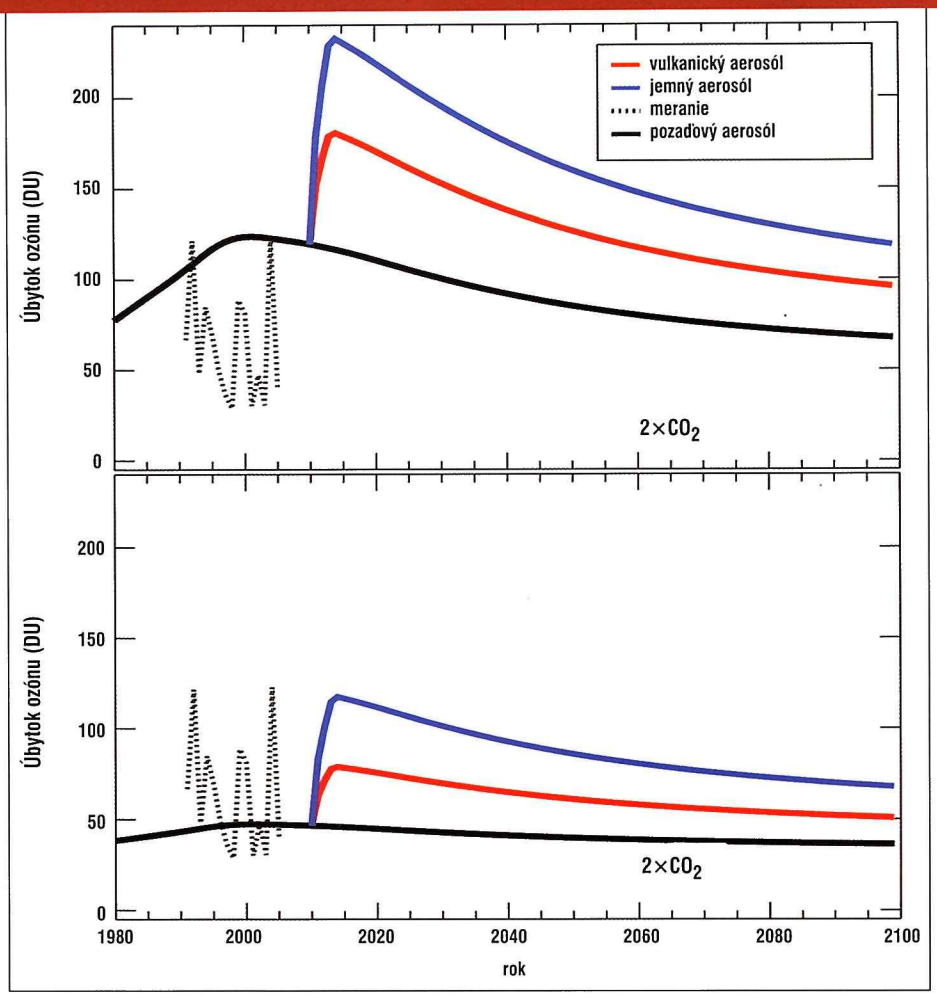
Odhady vzostupu hladiny mora sú stále založené na empirickom princípe a neexistuje zhoda v metodikách ich vyjadrenia. Modely nedokážu predvídať krátkodobé výkyvy teploty vzduchu, akým je aj neočakávané spomalenie vzostupu teploty od roku 1998. Problémom je odhad regionálnych zrážok. Súčasné modely neberú do úvahy vplyv dynamických procesov v ľadovcoch na zmeny hladiny mora. Uvoľňovania metánu z permafrostu a odhad rýchlosti tohto procesu v budúcnosti je stále veľkou neznámou.

Čisté uhlie alebo sulfáty v stratosfére?

Keďže globálna regulácia emisií skleníkových plynov nemá zatiaľ globálnu politickú podporu, zaujímavými sa javia rôzne prostriedky, ktoré by dokázali zmierniť alebo zastaviť globálne oteplenie rýchlo a účinne.

Ochladenie Zeme a jej atmosféry vstrekovaním aerosólu do stratosféry a odstránenie oxidu uhličitého zo splodín vznikajúcich pri horení fosílnych palív sú najčastejšie skloňované geoinžinierske aktivity, ktoré by mali šancu globálne oteplenie spomaliť.

Globálne ochladenie zaznamenané po výbuchu sopky Mt. Pinatubo bolo námetom na umelé zvyšovanie koncentrácie zlúčenín síry v spodnej stratosfére s cieľom navodiť podobné globálne zníženie teploty. Posledná správa o stave ozónosféry Zeme z roku 2011 uvádza odhady vplyvu takejto aktivity na celkový ozón. Počas nasledujúcich 20 rokov sa v stratosfére predpokladá ešte zvýšená koncentrácia látok antropogénneho pôvodu poškodzujúcich ozón. Ak by sa v tomto období dostalo do spodnej stratosféry také množstvo zlúčenín síry, ktoré by efektívne znížilo globálnu teplotu, malo by to výrazné nepriaznivé dopady. Pri zvýšenej tvorbe polárnych stratosférických oblakov v Arktíde modely pri chladnejších zimách predpovedajú výskyt situácií s hodnotami celkového ozónu v rozsahu 200 – 230 Dobsonových jednotiek, čo zodpovedá situáciám pri výskyte antarktických ozónových dier *(obr. 7)*. Obnova ozónosféry by sa oneskorila o 20 až 30 rokov. Po roku 2050, keď sa predpokladá takmer úplné odstránenie látok poškodzujúcich ozón zo stratosféry, by boli dopady vstrekovania aerosólov s obsahom síry do stratosféry na ozón miernejšie. Pri takomto zásahu by záležalo aj na tom, ako rýchlo a v akej zemepisnej šírke by sa zlúčeniny síry do stratosféry dostali (zvýšené množstvo aerosólu v tropickej stratosfére by vyvolalo oteplenie tejto vzduchovej vrstvy, zvýšenie koncentrácie vody a následne väčší úbytok ozónu).



Obr. 7. **Na obrázku je závislosť úbytku stratosférického ozónu vplyvom aktivácie halogénových uhľovodíkov na čiastočkách aerosólu od času pri dvoch scenároch vstrekovania zlúčenín síry do stratosféry. Červená čiara reprezentuje situáciu, ak by boli pumpované do stratosféry zlúčeniny síry vo forme veľkých vulkanických čiastočiek rýchlosťou 2 Tg (Teragramy)/rok od roku 2010 až po dosiahnutie koncentrácie 2,3 Tg. Modrá čiara reprezentuje pomalšie vstrekovanie menších, jemnejších čiastočiek so zlúčeninami síry rýchlosťou 1,5 Tg/rok. Čierna čiara predstavuje modelovaný úbytok ozónu pri pozaďových hodnotách aerosólu v stratosfére, bez cieleného dodávania sulfátov do vzduchu. Prerušovaná čiara predstavuje meraný úbytok ozónu. Horný obrázok zodpovedá studenej a dolný miernej arktickej zime (posúdenie arktických zím vychádzalo z 15-ročných meraní), pričom pri oboch scenároch sa v čase zdvojnásobenia koncentrácie CO_2 dosiahol rovnaký radiačný ochladzujúci účinok na planétu.**

Pre životné prostredie je spaľovanie uhlia najškodlivejší spôsob získavania energie. Uhlie sa však stáva ekonomicky zaujímavým zdrojom energie, pretože ťažba ropy a zemného plynu z podzemných ložísk je čoraz náročnejšia. Rast životnej úrovne zväčšujúcej sa populácie Číny a Indie znamená obrovské požiadavky na dostupnosť energie. Tá sa v súčasnosti získava hlavne spaľovaním uhlia. Kým v USA a v Európe spotreba uhlia výrazne nerastie, v rozvojových krajinách stúpa exponenciálne. Čína je v súčasnosti najväčším producentom CO_2. Z uhlia získava 80 % elektrickej energie. Aj keď sa emisie zlúčenín síry a ďalších škodlivín z tepelných uhoľných elektrární podarilo obmedziť, stále sa spaľovaním uhlia dostáva do vzduchu CO_2. Ak nechceme, aby sa tento plyn hromadil vo vzduchu, musí sa transformovať na inú zlúčeninu, alebo uskladniť hlboko v zemi. Separovanie CO_2 zo spalín je však stále priveľmi nákladným procesom, preto sa v súčasnosti v tepelných elektrárňach bežne nepoužíva. Ďalším problémom je uskladnenie tohto plynu. Hoci doposiaľ nedošlo k uvoľneniu väčšieho množstva CO_2 z experimentálnych podzemných úložísk pod morskou hladinou ani vo vyťažených ložiskách ropy a zemného plynu na pevnine, geológovia a ekológovia varujú pred takouto katastrofou. Bola by smrtiacou pre živé organizmy v jej okolí a uvoľnenie CO_2 do mora by spôsobilo výrazné okyslenie vody. Ak by sa vyvinul väčší ekonomický tlak na obmedzenie emisií CO_2 do vzduchu, je pravdepodobné, že výskum metód, ako získať z uhlia energiu efektívnejšie, lacnejšie a pri bezpečnom uskladnení CO_2, by prestal byť stratovým.

Globálne otepľovanie a konzumná spoločnosť

Súčasná konzumná spoločnosť si žiada peňažné vyjadrenie pozitívnych a negatívnych následkov globálneho otepľovania. Odhad ekonomických dopadov je však veľmi zložitý. Druhá časť poslednej správy IPCC uvádza odhad škôd pripadajúcich na tonu emisií uhlíka vo vzduchu v rozsahu od jednotiek po tisíce dolárov. Kým niekde klesnú náklady na kúrenie, v iných častiach sveta vzrastie dopyt po klimatizácii. Nie všetky dopady možno vyčísliť finančne a vplyv globálneho oteplenia nemožno oddeliť od iných zásahov do prirodzeného prostredia našej planéty. Na vyhynutí niektorých organizmov sa okrem globálneho oteplenia podieľa aj znečistenie, nadmerné využívanie prírodných zdrojov či rozšírenie iných inváznych druhov. Hoci globálne rastú úrody poľnohospodárskych plodín (dokonca viac, ako by sa očakávalo v súvislosti s rastom globálnej teploty vzduchu), lokálne sucho, záplavy či stres z vysokej teploty spôsobujú veľké medziročné kolísanie úrod a následne cien hlavných poľnohospodárskych komodít. V subtrópoch sa znižuje dostupnosť povrchovej aj podzemnej pitnej vody. Extrémne horúčavy, záplavy a následné rozšírenie infekcií, požiare a hlad vyvolaný neúrodou spôsobujú ťažko vyčísliteľné škody na zdraví a ľudských životoch.

Z miliónov ľudí, ktorých už v súčasnosti negatívne zasiahli následky zmeny podnebia v niektorej podobe, si len veľmi malá časť uvedomuje súvislosť medzi rastúcou koncentráciou skleníkových plynov, globálnym oteplením a nešťastím, ktoré ich postihlo. Väčšina populácie nepovažuje zmenu podnebia za problém, ktorý sa ich môže počas života osobne dotknúť a nevyvíja preto tlak na to, aby politická moc pristúpila k účinnej regulácii emisií skleníkových plynov. Naopak, cieľom našej spoločnosti je rast spotreby. To sa deje na úkor prírodných zdrojov. Energia z fosílnych palív je hlavnou hybnou silou spoločnosti. Jedným z následkov rastúcich nárokov na energie je globálne otepľovanie. Zdá sa, že súčasná globálna zmena klímy je zle načasovaná. Spoločenský systém založený na potrebe voľného obchodu bez regulácií nepraje globálnym iniciatívam obmedzujúcim produkciu skleníkových plynov, ktoré by mohli oteplenie planéty spomaliť bez vážnych vedľajších dopadov.

Súčasné spomalenie globálneho vzostupu teploty vzduchu, ktoré nevieme vedecky zdôvodniť, dokazuje, že naše vedomosti o klimatickom systéme sú stále nedostatočné. Zatiaľ nie je jasné, či sa tento jav spája s ochladením celého klimatického systému. Pri ďalšom neriadenom vypúšťaní skleníkových plynov do vzduchu budú možno v budúcnosti jediným riešením pre regulovanie globálnej teploty geoinžinierske aktivity. Alebo nezvratným zmenám podnebia na planéte zabráni účinnejšie nový spôsob uvažovania, ktorý nahradí filozofiu súčasnej konzumnej spoločnosti?

ANNA PRIBULLOVÁ

Odkazy:

Rising seas. http://ngm.nationalgeographic.com/2013/09/rising-seas/folger-text
Can coal ever be clean? http://ngm.nationalgeographic.com/2014/04/coal/nijhuis-text
Weather gone wild. http://ngm.nationalgeographic.com/2012/09/extreme-weather/miller-text
Billion dolars disasters. NOAA http://www.ncdc.noaa.gov/billions/time-series http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/papers/smith-and-katz-2013.pdf
Mysterious Siberian crater attributed to methane. http://www.nature.com/news/mysterious-siberian-crater-attributed-to-methane-1.15649
IPCC, Working group I contribution to the IPCC fifth assessment report (AR5), Climate change 2013: The physical science basis, 2013.
WMO (World Meteorological Organization), *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010*, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 52, 516 pp., ISBN: 9966-7319-6-2, Geneva, Switzerland, 2011.

Slovenská ústredná hvezdáreň a časopis Kozmos v spolupráci s OZ Fantázia a portálom *scifi.sk* vyhlasuje súťaž krátkych poviedok v žánri science-fiction. Zúčastniť sa môžu autori bez ohľadu na vek s dielom v slovenskom jazyku v rozsahu do 9 000 znakov, ktoré ešte nebolo publikované a nebolo zaslané do iných súťaží.

Adresa, na ktorú treba poslať poviedky a termín, bude uverejnená na stránkach:
www.cenafantazie.sk
a
www.scifi.sk

Súťaž bude vyhodnotená na jar. Výhercovia získajú nielen finančné ceny, ale aj možnosť publikovať dielo v Kozmose.

Ilustrácia Daniela Rapavá: Zo seriálu Bubliny

Róbert Dendis

O dokonalom mozgu

Sedím na svojej stoličke za mohutným bukovým stolom v patentovom úrade a s nechuťou pozerám na dlhočizný rad čakajúcich, začínajúci sa necelé dva metre pred mojím stolom a končiaci sa hádam niekde pred budovou úradu. *„Prečo práve ja mám vždy toľko roboty?“* myslím si v duchu a kútikom oka poškuľujem po kolegovi z oddelenia kontroly, koketujúcim s príťažlivou blondínou.

– Ďalší, prosím! – poviem unaveným a monotónnym, dlhoročnou úradníckou prácou pestovaným hlasom. Ku stolu podíde starší, úplne priemerne vyzerajúci muž.

– Dobrý deň! – pozdraví sa. – Volám sa Jan Medar.

– Máte dotazdník? – pýtam sa ho bez pozdravu, i keď dobre viem, že nik by tu nečakal bez vyplneného dotazníka. Podá mi papier, ktorý doteraz stískal v ruke. Beriem ho od neho pomalým, odstup si zachovávajúcim pohybom. Chvíľku sa robím, že očami behám po riadkoch, a myslím pritom na to, či dnes Eva prijme moje pozvanie na večeru.

– No ukážte, čo to tu máte! – vyzvem ho hneď potom, ako nadobudnem presvedčenie, že dnes mi to možno vyjde. Zohne sa, z ošúchanej igelitovej tašky vyberie tmavočiernu sklenenú guľu a s neskrývanou hrdosťou mi ju položí na stôl.

– Nazval som to Dokonalý mozog, – hovorí a čaká na moju reakciu. Dokonalý mozog! Musel som sa veľmi pretvarovať, aby sa mi na tvári neobjavil úškrn.

– Uhm. A ako to funguje? – opýtam sa ho bez najmenšieho náznaku záujmu. Akoby si vôbec nevšimol môj nezáujem, vysvetľuje:

– Tento prístroj, – ukáže na Dokonalý mozog, – je vrcholným dielom vedy a techniky ľudskej civilizácie. Zabezpečí ľudstvu dlhú existenciu, blahobyt a zdravie. Dokonalý mozog pozná odpovede na všetky otázky, pozná lieky na všetky choroby, vie na diaľku hýbať predmetmi, dokáže materializovať a dematerializovať hmotu...

– A nedá sa pomocou neho náhodou aj cestovať v čase? – očividne si ho doberám. On však so stále rovnakým zanietením pokračuje:

– Samozrejme! Keď nastane vhodný čas, naučí Dokonalý mozog ľudí nielen cestovať v čase, ale aj prekonávať obrovské vzdialenosti bez použitia vysokej rýchlosti...

„Prečo práve ja?“ pomyslím si znova. *„Prečo práve ja musím deň čo deň počúvať takéto nezmysly?“* A kútikom oka opäť zaškúlim na kolegu z kontroly a na jeho spoločníčku, ktorú oblbuje. Vzdychnem si.

– A odkiaľ to berie energiu? Funguje to na dvestodvadsať voltov, alebo nebodaj na baterky? – pýtam sa ho otrávene, v snahe ukončiť jeho monológ.

– Nie! Isteže nie! Dokonalý mozog potrebuje pre svoj chod jedine kozmickú energiu. No a tej je všade dosť! – odpovedá mi s úsmevom na tvári.

Vtedy mi trpezlivosť došla. – Pozrite sa pán... – rýchlo hľadám jeho meno v dotazníku, – ...pán Medar! Vyzerám azda ako človek, ktorý má čas počúvať tu tie vaše výmysly? Pozrite sa na ten zástup čakajúcich za vami! Viete koľko potrebných a užitočných vynálezov budem dnes ešte musieť zaregistrovať? Preto ma, prosím, neoberajte o môj drahocenný čas, a ak už nemáte nič dôležité, čo by ste mi povedali, tak... – a ukazujem smerom k východu.

Jeho tvár odrazu nadobudla smutný výraz. – Do poslednej chvíľky som dúfal, že pochopíte význam Dokonalého mozgu pre celé ľudstvo. Škoda, mýlil som sa. – A ako to dopovedal, rozplynul sa ako obláčik dymu. Zostal po ňom iba dotazník v mojich rukách.

– Videli ste to? Toho chlapa, čo sa rozplynul! – zvolám a postavím sa. Všetci sa na mňa prekvapene pozerajú. Keď zbadám výraz v ich očiach prikrčím sa a pomaly si sadnem. *„Už mi z tej roboty asi preskakuje! Mal by som si na niekoľko dní zobrať dovolenku. Možno sa mi podarí prehovoriť aj Evu! To by bolo fajn!“*

– Ďalší prosím! – vyzývam najbližšieho čakajúceho. Ku stolu pristúpi asi tridsať ročná žena.

– Chcete si dať niečo zaregistrovať? – pýtam sa jej a pritom pozorujem celkom slušné krivky jej tela.

– Áno! Zariadenie na rýchle prišívanie gombíkov, – odpovedá mi. *„Konečne niečo normálne!“* pomyslím si a kontrolujem dotazník, ktorý mi medzitým podala.

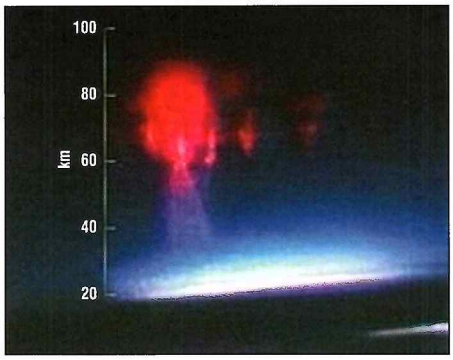
Škriatkovia v hornej

Medzi modrou oblohou a nekonečnou čierňavou vesmíru leží hraničné pásmo, o ktorom sa nedá povedať, že ho máme preskúmané. Ak sa uvažuje o prenose slnečnej aktivity, čo sme často robili (aj robíme), je potrebné poznať celú „cestu", kade vzruch prechádza. Predpokladáme, že najpravdepodobnejšie ide o elektricky viazaný prenos. Osvojil som si tento názor a obhajoval ho v rôznych debatách. Až sa ukázala spätná väzba týchto debát: syn ma upozornil na internetové video https://www.youtube.com/watch?v=vSCwiQWzMa0.

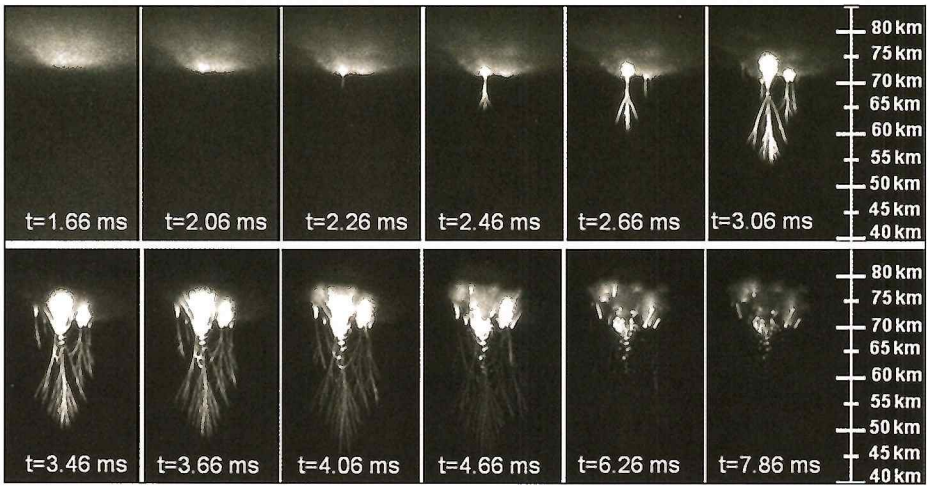
V programe „At the Edge of Space" televízia NOVA (US) priniesla divákom pôsobivú reportáž o prieskume hraničného pásma od stratosféry po ionosféru (cca 15 – 100 km), v ktorom sa vyskytujú už vo svojej podstate tajomné a príťažlivé úkazy ako sú: polárne žiary, záblesky meteorov a aj KRATUČKÝCH ZÁBLESKOV (okolo 5 tisícin sekundy) nad búrkovými oblakmi, ktoré volajú „sprites" (*obr. 1;* v angličtine sprite znamená škriatok; myslím, že by sme v slovenčine mohli používať jeho fonetický prepis *sprajt*. Aspoň v tomto článku budem tento termín používať).

Musím sa priznať, že dosiaľ som o týchto objektoch nepočul. A asi nie som sám. Ich reálnosť bola dokázaná čiernobielym fotografickým záznamom iba v roku 1989. V Minnesote sa mužovi menom Jack Winckler podarilo opisovaný jav náhodne nasnímať pri testovaní citlivej kamery. Prvú farebnú snímku sprajtu urobila dvojica stratosférických lietadiel „University of Alaska" už pri cielenom výskume sprajtov v roku 1994 *(obr. 2)*, keď sa podarilo určiť aj výšku, v ktorej sa objavujú (60 – 80 km).

Piloti stratosférických lietadiel pozorovali sprajty už skôr. Ronald Williams, pilot USAF z vyššie spomínaného TV programu, pozoroval tento úkaz jednej noci v roku 1973 pri prelete nad okom tajfúnu v Juhočínskom mori. Videl krátky záblesk výboja, ktorý smeroval nahor z vrchola búrkových oblakov. Hovorí, že keď po návrate o tom podával správu, nik mu neveril. Povedali mu, že výboj je vždy medzi niečím a nemôže ísť niekde do priestoru. (Presvedčili ho, takže ani sám sebe neveril.) Postupne, ako sa takéto správy množili, zaradili ich do akéhosi leteckého folklóru.



Obr. 2. **Prvý farebný obrázok sprajtu z roku 1994.**



Obr. 3. **Záznam vývoja sprajtu z vysokorýchlostnej kamery.**

Podľa Wikipedie (Sprite – ligthening) existuje v literatúre zmienka o pozorovaní takého javu už z roku 1730. Sporadicky sa neskôr objavovali správy o pozorovaní sprajtov najmenej od roku 1886, avšak ako sme už spomínali, prvý fotografický dôkaz ich existencie získali v roku 1989 (6. júla).

V súčasnosti hovoríme o **sprajtoch** ako o mohutných elektrických výbojoch, ktoré sa vyskytujú vysoko nad búrkovými oblakmi (cumulonimbus), prevažne vo výškach 50 – 90 km. Občas ich nesprávne nazývajú bleskami v hornej atmosfére. Pritom nejde v ich prípade o iskrový, ale o tlejivkový výboj.

Podľa vzhľadu zaradili (M. McHarg, US Air-Force Research Academy and NASA) sprajty do troch typov:

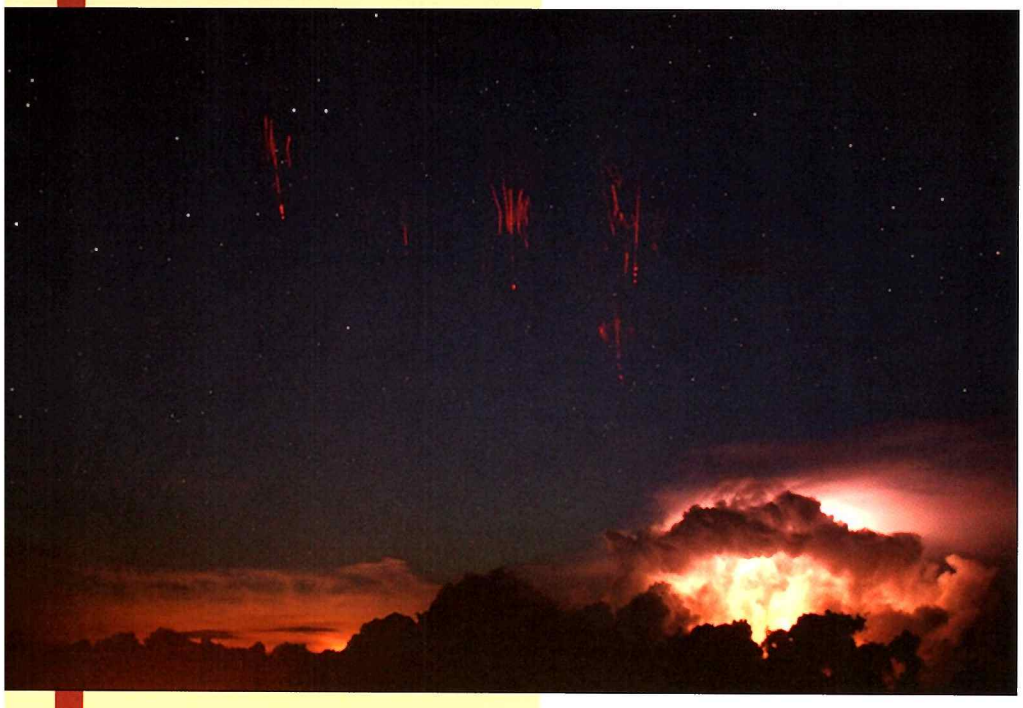
Sprajty typu **medúzy** – veľmi rozsiahle, s priemerom okolo 50 km.

Sprajty tvaru **mrkvy**

a sprajty typu **C** (stĺpcové); zatiaľ je málo pozorovaní.

Ich farba je oranžová až červenkastá (nenašiel som zmienku o spektre). Trvajú dlhšie ako blesky v troposfére, pričom nasledujú hneď po nich.

Obr. 1. **Fotografia sprajtov nad oblasťou búrok (zhotovená pravdepodobne z povrchu Zeme).**



atmosfére

Zo snímok vysokorýchlostnej kamery *(obr. 3)* vyplýva, že sprajty sú zložené zo zhlukov (bublín) ionizovanej hmoty s rozmerom 10 – 100 m, ktoré vznikajú vo výške okolo 80 km, potom smerujú nadol rýchlosťou, ktorá dosahuje až 10 % rýchlosti svetla. Po niekoľkých milisekundách sa k ním pridajú rozvetvenia zhlukov smerujúcich hore. Celkový horizontálny rozmer je okolo 50 km.

Počas búrok sa sporadicky vyskytujú ešte mnohé iné potvrdené aj nepotvrdené, preskúmané aj nepreskúmané úkazy, opis ktorých by vyžadoval väčší priestor. Čiastočne ich opíšeme pri *obr. 4.*

Elektrický obvod medzi povrchom Zeme a ionosférou je dobre opísaný vo Feynmanových prednáškach z fyziky. Vzhľadom na to, že tieto prednášky vyšli v roku 1963, o sprajtoch tam nemôže byť žiadna zmienka a obvod je neuzavretý. Sprajty predstavujú akýsi „missing link" pre tento problém.

Už v časoch raného skúmania elektriny sa zistilo, že medzi zemským povrchom a atmosférou existuje elektrické pole, pričom povrch je nabitý záporne. Plynný obal Zeme môžeme považovať za kondenzátor, ktorého jedna vodivá doska je povrch Zeme a druhá je vodivá ionosféra vo výške okolo 100 km nad zemským povrchom *(obr. 5)*. Napätie medzi myslenými doskami kolíše medzi 150 a 400 kV. Tento kondenzátor sa v oblastiach pekného počasia vybíja prúdom okolo 10^{-12} A na 1 m^2. Aj pri tak malom prúde by sa myslený kondenzátor vybil za pol hodiny, keby nebol neustále nabíjaný. Otázka obnovenia napätia bola riešená v prvej polovici 20. storočia.

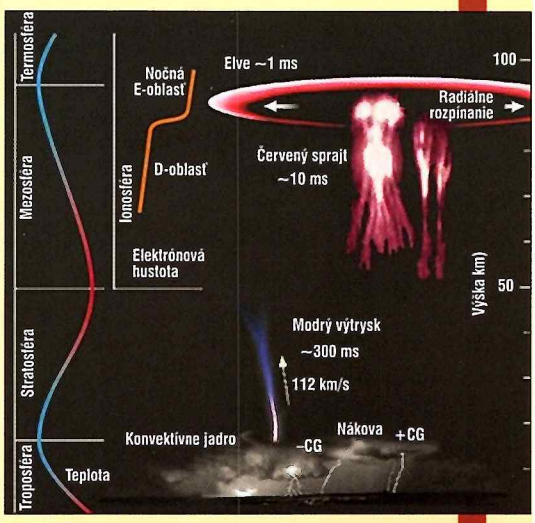
Priemerný denný priebeh intenzity poľa nad zemským povrchom má tvar podľa hornej časti *obr. 6.* Pritom je rovnaký na celej zemeguli, nezávisle na polohe. Vysvetľuje sa to tým, **že ionosféra sa nabíja v búrkach(!)** a denný priebeh množstva búrok, znázornený v spodnej časti *obr. 6* má takmer rovnaký priebeh. Búrky sa vyskytujú pravidelne nad tropickými džungľami – s maximom pri miestnom popoludní. V určitej výške nad povrchom má už ionosféra tak vysokú vodivosť, že nemôžu existovať vodorovné potenciálové rozdiely. Preto, hoci búrky nabíjajú ionosféru v trópoch, prejaví sa to pri meraní elektrického poľa aj v polárnych oblastiach, alebo na opačnej strane Zeme.

Sprajty predstavujú článok v reťazci úkazov, ktoré sprevádzajú každodenný priebeh výmeny nábojov medzi povrchom Zeme a ionosférou. Intenzita priebehu výmeny nábojov závisí od úrovne slnečnej aktivity, ako ukazujú niektoré prieskumy korelácií napr. medzi množstvom búrok a slnečnou aktivitou, alebo medzi globálnou oblačnosťou a úrovňou kozmického žiarenia.

Na internete som objavil aj amatérske snímky sprajtov. Urobil ich nedávno R. Halverson z Južnej Dakoty v USA – http://www.universetoday.com/114324/timelapse-sprites-gravity-waves-and-airglow/ – *(obr. 7)*.

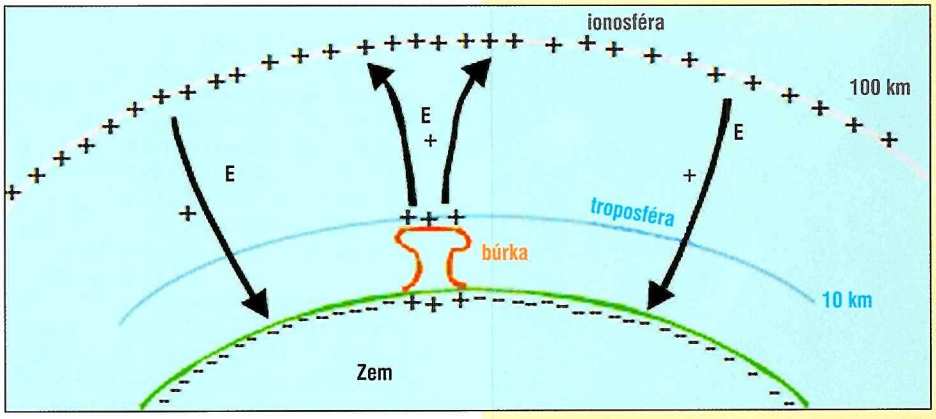
Zrejme ide o výber snímky z videozáznamu, lebo si neviem predstaviť ako by sa dal cielene nafotiť náhodný úkaz, ktorý trvá tisícinu sekundy.

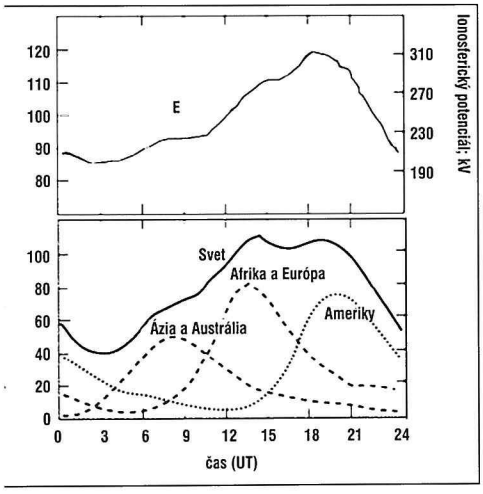
MILAN RYBANSKÝ



Obr. 4. **Úkazy od povrchu Zeme po E – vrstvu ionosféry . ELVE (Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations due to Electromagnetic Pulse Sources) – žiarenie v tvare tenkého lievanca, s priemerom okolo 400 km, ktoré trvá iba tisícinu sekundy. +CG a –CG sú blesky opačnej polarity.**

Obr. 5. **Elektrické pole atmosféry (podrobnosti v texte).**

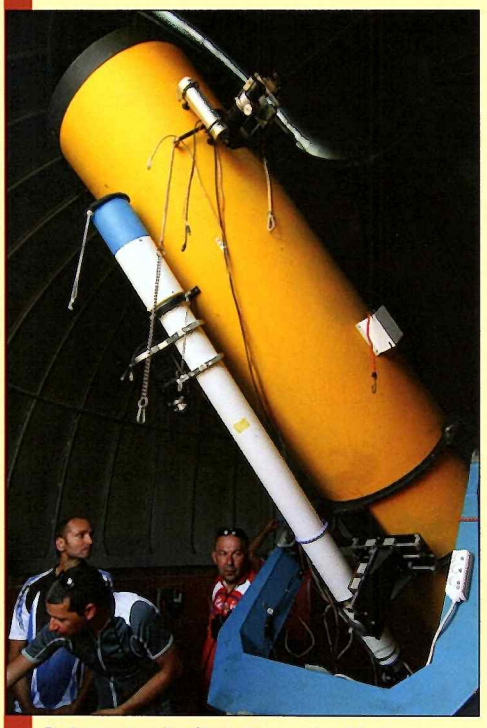




Obr. 6. **Denná variácia intenzity elektrického poľa pri zemskom povrchu a plochy búrok.**

Obr. 7. **Snímka sprajtu z povrchu Zeme.**

Pred štartom z Hvezdárne a Planetária v Prešove.



Pod oravskou šesťdesiatkou u pána Murína.

21. ročník ESA bol upršaný: putovanie v daždi – Nová Bystrica.

21. ročník Ebicykla Slovenských Astronómov

Kolo Tatry

Od 26. júla do 1. augusta 2014 na trase Partizánske – Michalovce – Kolonica – Prešov – Ždiar – Oravská Lesná – Kysucké Nové Mesto – Partizánske šliapali do pedálov nadšenci astronómie a cyklistiky. Okrem etapových miest navštívili aj poľské Zakopané. V 21. ročníku Ebicykla slovenských astronómov (ESA) prvý raz účastníci obišli Vysoké Tatry zo severnej strany. Preto tento ročník podujatia dostal aj pomenovanie *Kolo Tatry*. Niesol sa v znamení premenlivého počasia a dobrej nálady, aj napriek početným zdravotným problémom.

V prvej etape sa bicykle viezli z Partizánskeho do Michaloviec v sprievodnom vozidle a cyklisti v autobusoch a vo vlaku. Vo hvezdárni v Michalovciach ebicyklistov už očakávala pracovníčka hvezdárne. Večer sa uskutočnili pozorovania hlavným ďalekohľadom hvezdárne – refraktorom Coudé 150/2250.

Na úvod ebicyklistov čakala krátka, ale zaujímavá trasa do Kolonického sedla okolo Zemplínskej Šíravy smerom na Remetské Hámre, k prírodnej rezervácii Morské oko (609 m n. m.), ďalej cez Strihovské sedlo až na Vihorlatskú hvezdáreň. Tam čakalo na účastníkov prekvapenie: nik ich tam, napriek ohlásenému príchodu, nečakal! Nakoniec ich jeden pracovník previedol po hvezdárni a ukázal im ten slávny metrový ďalekohľad, ako aj planetárium. Nocovali v turistickej ubytovni v Stakčíne.

Ďalšia etapa smerovala zo Stakčína cez Humenné do Prešova. Keď už mali ebicyklisti Prešov na dohľad, na okraji mesta čakal na nich ebicyklista Šanky z miestnej hvezdárne. Po večeri a prechádzke ich zobral k ďalekohľadu a na strechu hvezdárne, odkiaľ sa dalo príjemne pokochať výhľadmi na nočné mesto.

Nasledujúce ráno Šanky nasmeroval cyklistov na cyklomagistrálu popri Toryse a vedľajšími cestami až do Sabinova. Ďalej do Lipan, cez Ľubotínsku pahorkatinu, Šarišské Dravce, Krásnu Lúku, Šambron, Starú Ľubovňu do Spišskej Belej. Zo Spišskej Belej, konkrétne od Belianskeho rybníka, viedla trasa krásnym 18,5-kilometrovým cyklochodníkom (okolo prírodnej rezervácie rašeliniska Belianske lúky) do Tatranskej kotliny a z nej do Ždiaru.

Ráno ebicyklistov zobudilo zubaté slniečko s predzvesťou pekného dňa. Čakala ich kráľovská etapa, ktorá ich previedla severnou stranou Tatier, cez Zakopané až na Oravu. Ráno sa začalo dlhým stúpaním na Tatranskú Javorinu. Po prechode hranice nasledovali ďalšie stúpania a sem-tam aj nejaký zjazd až do Zakopaného.

Zakopané opúšťali krátkym stúpaním a potom dlho-dlho viedla takmer rovná cesta až na slovenskú hranicu do Suchej Hory. Zjazdom došli do neďalekej Trstenej, odkiaľ pelotón pokračoval k Oravskej priehrade, ďalej okolo Námestova a cez Zákamenné až do Oravskej Lesnej.

V Oravskej Lesnej ich na prehliadku svojej súkromnej hvezdárne, v ktorej má amatérsky 61-cm zrkadlový ďalekohľad, pozval pán Murín. Na záver dňa sa účastníci premiestnili na kopec nad hvezdárňou do lesníckej chaty, kde im pán Murín zaistil prenocovanie.

Pri odchode z Oravskej Lesnej pršalo. Už po druhý raz ebicyklistom počasie nevyšlo v ústrety, aby si mohli v peknom počasí užiť krásy Oravy. Po rozlúčke s pánom Murínom sa vydali k vodnej nádrži Nová Bystrica – v daždi.

Značenou cyklocestou išli až do Krásna nad Kysucou, so zastávkou pri orloji v Starej Bystrici. Odtiaľ etapa pokračovala bočnými cestami až do cieľa – Kysuckého Nového Mesta.

Krásne vynovená hvezdáreň v Kysuckom Novom Meste ich už z diaľky vítala spolu s jej pracovníčkami, ktoré ich previedli nielen budovou, ale aj areálom, v ktorom sa nachádza veľa zaujímavých didaktických pomôcok a geopark. V tom čase sa prehnala Kysucami búrka, ktorá prekvapila iba posledných oneskorencov.

Posledný deň býva taký… no hektický. Každý sa už tak trocha ponáhľa domov. Etapa išla cez Žilinu, Rajecké Teplice, Fačkovské sedlo, Čičmany, sedlo nad Zliechovom, Nitrianske Rudno do Dolných Vestenic. Tam všetci zakotvili v reštaurácii Trokadero na poslednej zastávke tohtoročného ebicykla, kde sa aj rozlúčili, pretože niektorí zamierili rovno do svojich domovov, takže do hvezdárne v Partizánskom dorazila len malá skupinka účastníkov, ale čo je hlavné, šťastne a bez ujmy na zdraví.

V priemere ebicyklisti po trase najazdili asi 600 kilometrov za šesť dní.

Ján Horňák

Modré oko

7. októbra 2014 bolo v areáli Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejove slávnostne uvedené do prevádzky unikátne robotické observatórium Blue Eye 600. Robotické ďalekohľady sú v súčasnosti už vo svete pomerne bežné, no robotické observatórium je niečo nové.

Blue Eye 600 je výsledkom spolupráce firmy ProjectSoft HK a Astronomického ústavu UK za podpory Technologické agentury ČR. Od projektu až po konečnú inštaláciu uplynulo len 18 mesiacov a náklady na tento prototyp boli 18 miliónov korún. Keďže sa však jedná o prototyp, ďalšie prístroje už budú cenovo výhodnejšie, náklady poklesnú možno až na 50 %. Observatórium začalo testovaciu prevádzku a už teraz záujem prejavila Čína a India.

Robotické observatórium v Ondřejove.

Blue Eye 600 má optický systém Ritchey-Chrétien s priemerom primárneho zrkadla 600 mm a svetelnosťou 1:5. Ďalekohľad je umiestnený na mimoriadne rýchlej altazimutálnej montáži s presnosťou nájazdu 14´´ a umožňuje pohyb rýchlosťou až 90° za sekundu! Tieto parametre ho teda predurčujú aj na pozorovanie krátkotrvajúcich javov alebo rýchlo sa pohybujúcich objektov (gama záblesky, bolidy), ESA uvažuje aj o pozorovaní „kozmického smetia".

Termín observatórium (nie robotický ďalekohľad) je v tomto prípade správny. Celé zariadenie je umiestnené v špeciálnej odklopnej kupole, pri inštalácii nie sú potrebné náročné stavebné úpravy, ktoré zvyšujú náklady. Blue Eye je teda možné rozobrať a v priebehu niekoľkých dní inštalovať na inom mieste... Ďalekohľad má automatické vyhľadávanie pointačnej hviezdy, automatickú pointáciu a rotátor poľa, to všetko v užívateľskom rozhraní protokolu ASCOL. Riadenie zabezpečujú priemyselné komponenty PCL (Programmable Logic Controller) Beckhoff, ktoré sú podstatne spoľahlivejšie ako štandardné počítače. Pozorovateľovi je k dispozícii vysokocitlivá CCD kamera E2V 15×15 – 2×2k a sada fotometrických filtrov BVRI. So súčasnou kamerou je zorné pole 30×26´.

Ďalekohľad je diaľkovo ovládaný, môže pracovať úplne samostatne pomocou vopred pripraveného pozorovacieho programu a vzhľadom na svoje parametre je unikátny nielen v európskom meradle, patrí k svetovej špičke. Niečo podobné vo svete neexistuje. Samozrejmosťou sú moderné automatizované meteorologické čidlá. Okrem základných meteorologických prvkov (tlak, teplota, vlhkosť vzduchu, rýchlosť a smer vetra, zrážkomer), je tu aj detektor mrakov a „prvej kvapky", pyrgeometer a pod. Obloha je monitorovaná celooblohovou kamerou, pre prípad poruchy je tu telefónny komunikátor. Odklopná izolovaná kupola je ľahko demontovateľná, má vyhrievané hrany proti námraze a autonómny systém bezpečnosti.

Ako to všetko začalo

Majiteľa ProjecfSoftu a spolumajiteľa Blue Eye 600 Zdenka Bardona, pozná amatérska astronomická obec ako skvelého astrofotografa. Začínal hvezdárčiť ďalekohľadom z papierových trubiek, dnes má doma dve malé observatóriá, z ktorých jedno je diaľkovo ovládané.

Firma ProjectSoft v budúcom roku oslávi 25. výročie svojho založenia a má už za sebou niekoľko významných úspechov. Zautomatizovala 20 observatórií, kladné referencie z rôznych priemyselných odvetví a vedeckých inštitúcií sú z 30 krajín. Prvým významným astronomickým projektom bola kompletná robotizácia 2-m Perkovho ďalekohľadu v Ondřejove, kde sa napríklad, okrem iného, zlepšilo navádzanie z 300´´ na súčasných 6´´. Z piatich dvojmetrov firmy Carl Zeiss Jena robotizovali štyri (Terskol, Rozhen, Shamakhy). Inováciami prešiel však aj 1,54-m dánsky ďalekohľad na La Silla (ESO – Čile) alebo 1-m ďalekohľad ESA pre laserové satelitné komunikácie OGS (Optical Ground Station) na Kanárskych ostrovoch (Teide Observatory).

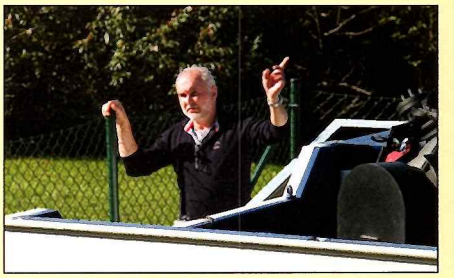
Blue Eye 600 je umiestnené na „radarovej lúke" v Ondřejove a bežný návštevník ani netuší, že za neveľkým oplotením, pod bielou kupolou sa ukrýva klenot astronomickej techniky.

Pavol Rapavý

Observatórium kľúčom symbolicky otvoril dánsky astronóm prof. J. Andersen, bývalý generálny tajomník IAU.

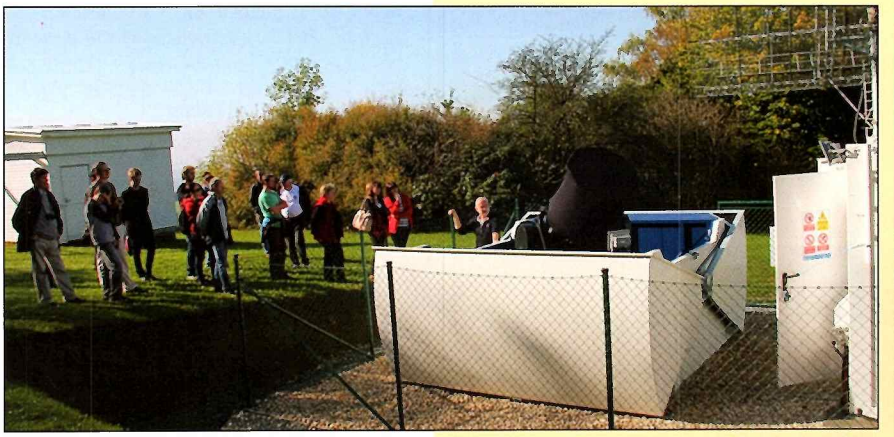
Pásku prestrihli Z. Bardon (ProjectSoft), prof. V. Karas (riaditeľ AsÚ AV ČR) a prof. V. Baumruk (prodekan MFF UK).

Meteorologické čidlá.



Šéfkonštruktér Z. Bardon predstavuje Modré oko.

Prvé svetlo – testovacia snímka M 31 z 3. 10. 2014.



Exkurzia Slovenského zväzu astronómov.

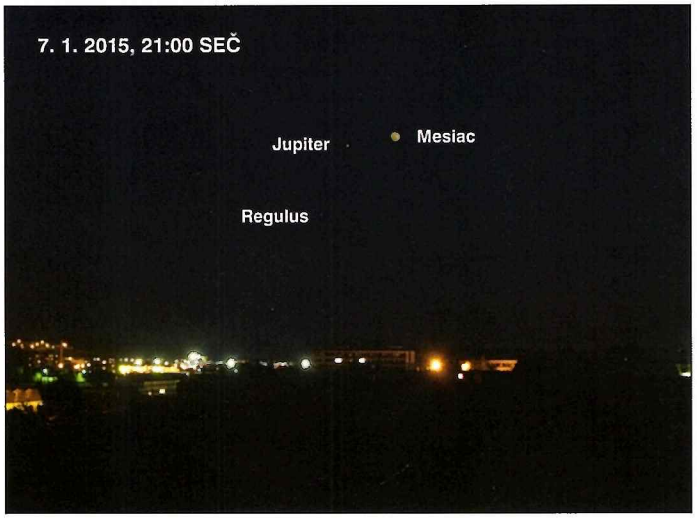
Foto: P. Rapavý (4×), Mgr. S. Kyselová (2×)

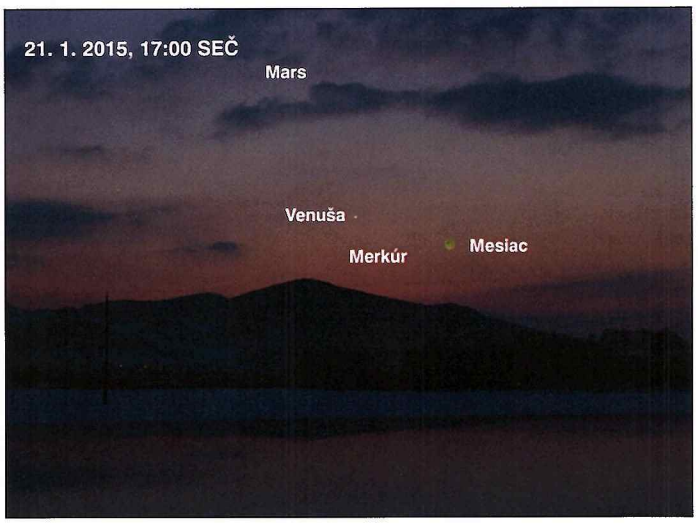
Pozorujte s nami * Pripravil Pavol Rapavý

December 2014 – január 2015

Všetky časové údaje sú v SEČ

Obloha v kalendári





Pred nami je obdobie s najdlhšími nocami, teploty klesajú pod bod mrazu. Odmenou je však tmavá, iskrivá obloha a dostatok času na pozorovania. Z planét sa v plnej kráse zase ukáže Merkúr a aj Venuša sa vymaňuje zo svetlého súmraku. Obloha ponúkne niekoľko konjunkcií a pri mesiacoch Jupitera si spomeňme na Galileiho nedokonalý ďalekohľad, ktorým ich objavil v roku 1610. Binokulármi asi uspejeme aj s kométami a slušné podmienky čakajú na pozorovateľov meteorov.

Prechody Veľkej červenej škvrny centrálnym poludníkom Jupitera

(Jupiterov systém II)

1. 12., 6:48	19. 12., 21:33	5. 1., 0:42	19. 1., 22:05
2. 12., 2:40	20. 12., 7:29	5. 1., 20:34	21. 1., 3:51
2. 12., 22:31	21. 12., 3:20	6. 1., 6:29	21. 1., 23:43
4. 12., 4:18	21. 12., 23:11	7. 1., 2:21	22. 1., 19:34
5. 12., 0:09	23. 12., 4:58	7. 1., 22:12	23. 1., 5:30
6. 12., 5:56	24. 12., 0:49	9. 1., 3:59	24. 1., 1:21
7. 12., 1:48	24. 12., 20:41	9. 1., 23:50	24. 1., 21:12
7. 12., 21:39	25. 12., 6:36	10. 1., 19:41	25. 1., 7:08
9. 12., 3:26	26. 12., 2:27	11. 1., 5:37	26. 1., 2:59
9. 12., 23:17	26. 12., 22:19	12. 1., 1:28	26. 1., 22:50
11. 12., 5:04	28. 12., 4:06	12. 1., 21:19	27. 1., 18:41
12. 12., 0:56	28. 12., 23:57	13. 1., 7:15	28. 1., 4:37
12. 12., 20:47	29. 12., 19:48	14. 1., 3:06	29. 1., 0:28
13. 12., 6:42	30. 12., 5:44	14. 1., 22:57	29. 1., 20:19
14. 12., 2:34	31. 12., 1:35	15. 1., 18:48	30. 1., 6:15
14. 12., 22:25	31. 12., 21:26	16. 1., 4:44	31. 1., 2:06
16. 12., 4:12	1. 1., 7:22	17. 1., 0:35	31. 1., 21:57
17. 12., 0:03	2. 1., 3:13	17. 1., 20:27	
18. 12., 5:50	2. 1., 23:04	18. 1., 6:22	
19. 12., 1:42	4. 1., 4:51	19. 1., 2:13	

Planéty

Merkúr je začiatkom decembra nepozorovateľný, uhlovo sa približuje k Slnku, 8. 12. je v hornej konjunkcii a súčasne aj najďalej od Zeme (1,451 AU). Po konjunkcii sa presunie na večernú oblohu a podmienky jeho viditeľnosti sa budú príjemne zlepšovať. V polovici poslednej decembrovej dekády zapadne na konci občianskeho súmraku ako objekt –0,8 mag, no na prelome rokov už v polovici nautického súmraku nám jeho nájdenie uľahčí jasná Venuša, ktorá bude 3° severozápadne. Najlepšie na tom bude v polovici mesiaca, pretože 14. 1. je v najväčšej východnej elongácii (18,9°), a tak s jasnosťou –0,7 mag bude ľahkým cieľom aj pre neskúsených pozorovateľov. Aj tu bude asistovať Venuši a oplatí sa sledovať ich vzájomnú zmenu polohy už od začiatku roka. Najbližšie, len 0,7°, budú 11. a 12. 1. a vytvoria tak skvelé spestrenie večerného súmraku. Po elongácii sa jeho viditeľnosť bude už rýchlejšie zhoršovať. Jeho fáza sa zmenšuje, jasnosť rýchlo klesá, v posledný januárový deň je v dolnej konjunkcii. Na prelome posledných dekád už bude mať 0 mag, no o týždeň neskôr už len 3,7 mag a zapadne len krátko po občianskom súmraku.

K Merkúru sa Mesiac zdanlivo priblíži 21. 1., a tak si večer vychutnáme jeho tenký kosáčik, od ktorého vľavo poteší Merkúr (0,5 mag) a kúsok vyššie aj jagavá Venuša (–3,9 mag).

Venuša (–3,9 mag) je na tom stále lepšie, uhlovo sa od Slnka vzďaľuje, a teda jej večerná viditeľnosť sa zlepšuje. Začiatkom decembra ešte zapadne krátko po Slnku, no na prelome rokov už začiatkom astronomického súmraku a koncom januára už počas noci dve hodiny po Slnku. Jej vzdialenosť od nás, ako aj fáza, sa mení len minimálne, a teda má počas oboch týchto mesiacov konštantnú jasnosť.

Konjunkcie s Mesiacom 23. 12. a 22. 1. sú nevýrazné, nastávajú pod obzorom, a aj to len vo vzdialenosti 5°. Skvelé zoskupenie s Merkúrom je opísané vyššie, a určite si ho nenechajte ujsť, podobne ako jej stretnutie s Neptúnom v prvých dňoch februára. Rozdiel jasností je síce značný, no v ďalekohľade s dostatočne veľkým zorným poľom ich uvidíme súčasne.

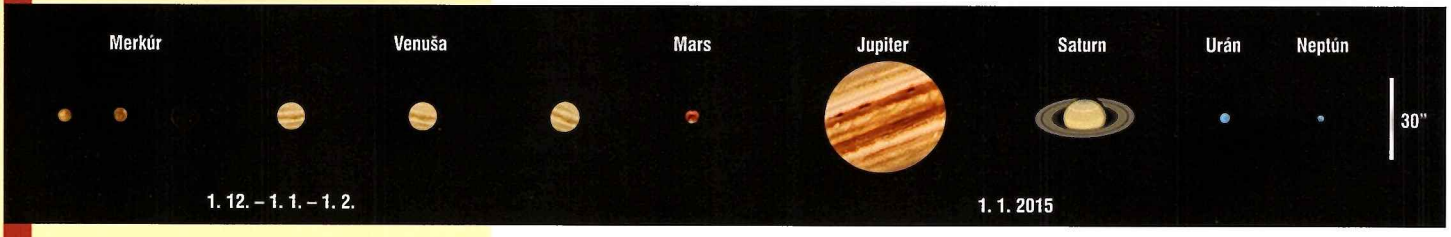
Mars (1,0 – 1,2 mag) sa zo Strelca presunie 4. 12. do Kozorožca a od 9. 1. je vo Vodnárovi. Jeho večerná viditeľnosť je takmer stabilná, zapadne až počas astronomickej noci a zaujme svojim červenkastým sfarbením. Od januára pekne skrášli západný obzor spolu s ním aj Merkúr a Venuša. 4. 12. bude len 15´ severne od guľovej hviezdokopy M 75 (8,5 mag), no zachytiť toto priblíženie fotograficky nebude najjednoduchšie. Keďže je od nás ďaleko (1,827 – 2,111 AU), jeho uhlový priemer je malý (5,1 – 4,4´´) a preto albedové útvary alebo jeho južnú polárnu čiapočku neuvidíme. 12. 12. je Mars v prísln a o mesiac neskôr je tam zimný slnovrat.

25. 12. a 23. 1. bude v konjunkcii s Mesiacom, no keďže tieto konjunkcie nastávajú už ráno, uhlovo ich večer uvidíme len vo vzdialenosti viac ako 7°. Pozornosti možno neujde konjunkcia Marsu s Neptúnom 20. 1.; obe planéty bude deliť len 13´.

Jupiter (–2,2 až –2,6 mag) je v západnej časti Leva a jeho vlastný pohyb medzi hviezdami sa spomaľuje. 9. 12. je v zastávke a začne sa pohybovať spätne. Jeho viditeľnosť sa zlepšuje, pretože sa blíži do svojej februárovej opozície. Začiatkom decembra vychádza 1,5 hodiny pred polnocou, no koncom januára už krátko po západe Slnka. Je to príležitosť pokochať sa už v triédri aspoň jeho štyrmi najjasnejšími mesiacmi. Ďalekohľad ukáže aj jeho sploštený kotúčik s výraznými tmavými rovníkovými pásmi, a ak si pozorovanie dobre naplánujeme, uvidíme aj známu červenú škvrnu.

7. 1. pred 405 rokmi namieril Galileo Galilei svoj malý a nedokonalý ďalekohľad na Jupiter a objavil jeho mesiace. Dnes máme už prístroje kvalitnejšie, no pozrime sa na Jupiter a spomeňme si na tento mimoriadne dôležitý objav.

Konjunkcie s Mesiacom, aj za prítomnosti Regula, nastanú 12. 12. a 8. 1., avšak uhlovo ďaleko od



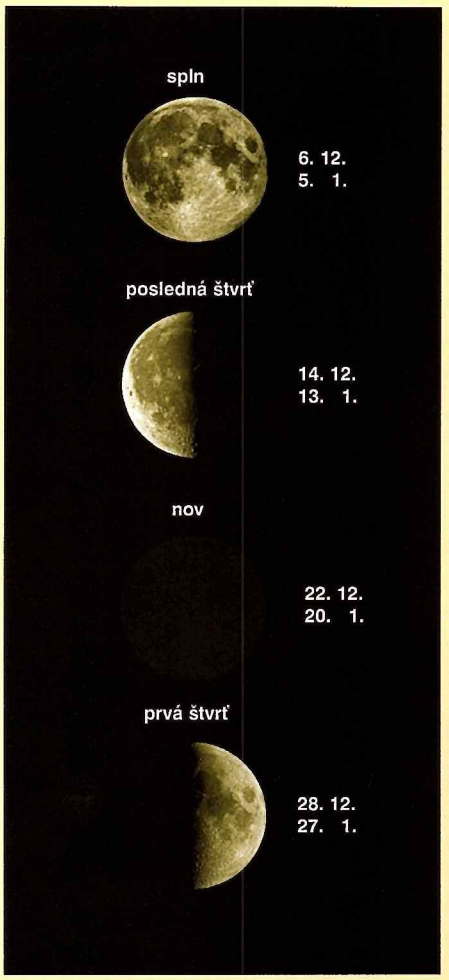
Zákryty hviezd Mesiacom (december 2014 – január 2015)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
2. 12.	17 32 9	D	2049	6,4	+80S	77	79	71
4. 12.	1 39 30	D	3503	5,7	+25S	133	0	–193
7. 12.	23 10 39	R	8510	6,4	+85N	293	104	–39
8. 12.	1 24 19	R	8622	5,7	+60S	258	99	–18
8. 12.	5 13 9	R	8867	6,5	+84S	282	8	–99
10. 12.	22 7 48	R	13246	5,7	+42S	241	42	165
11. 12.	21 51 6	D	14434	5,3	–82S	119	26	39
11. 12.	22 58 12	R	14434	5,3	+70S	271	50	89
13. 12.	2 20 45	R	15574	6,5	+30S	232	164	217
26. 12.	16 43 35	D	30765	6,2	+76N	53	62	9
27. 12.	21 1 28	D	31702	6,0	+86N	62	13	–37
29. 12.	17 30 31	D	1716	6,2	+55N	33	64	108
7. 1.	3 6 37	R	12934	6,4	+51S	259	79	–61
7. 1.	18 50 55	R	13905	6,5	+64N	321	17	–5
8. 1.	19 35 57	R	15020	6,3	+51N	334	17	–47
8. 1.	19 56 43	D	15068	4,9	–67N	92	10	88
8. 1.	21 0 27	R	15068	4,9	+86N	299	36	34
15. 1.	2 22 45	R	20643	5,8	+74N	304	35	26
25. 1.	19 52 40	D	1466	6,2	+29S	129	36	–214

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.

Fázy Mesiaca

spln	6. 12., 13:27	5. 1., 5:53
posledná štvrť	14. 12., 13:51	13. 1., 10:47
nov	22. 12., 2:36	20. 1., 14:14
prvá štvrť	28. 12., 19:31	27. 1., 5:48



Slnka, Mesiac bude vo veľkej fáze, no aj tak iste zaujmú.

Saturn (0,5 mag) sa z Váh presunie 17. 1. do Škorpióna, jeho viditeľnosť sa zlepšuje. Začiatkom decembra vychádza len počas nautického súmraku, no koncom januára už 2,5 hodiny po polnoci. Svoju januárovú púť skončí stupeň nad dvojhviezdou β Sco (2,6 + 4,5 mag). Bez ďalekohľadu ho uvidíme ako pokojne svietiaci žltkastý objekt, juhovýchodne si všimnime aj oranžový Antares. Ďalekohľad nám odhalí Saturnove mohutné prstence, ktoré pozorujeme zo severnej strany. Sú široko roztvorené, ich šírka sa mierne zväčšuje, dosiahne 14,7″. Za dobrých pozorovacích podmienok uvidíme aj tmavé Cassiniho delenie prstencov. Z mesiacov nájdeme Titan, ktorý má 8,8 mag a okolo 11 mag sú tam ešte Dione, Tethys, Rhea a Japetus.

Konjunkcie s Mesiacom nastanú 19. 12. a 16. 1. Výhodnejšia je však tá januárová.

Urán (5,8 – 5,9 mag) v Rybách je 22. 12. v zastávke a začne sa medzi hviezdami pohybovať v priamom smere (východne). Možnosti jeho pozorovania sa len mierne zhoršujú, začiatkom decembra zapadne 2 hodiny po polnoci, koncom januára 2 hodiny pred polnocou. Jeho uhlový priemer je 3,5″ a tak ho v ďalekohľade uvidíme ako malý zelenkastomodrý kotúčik. S mapkou hviezdnej oblohy sa ho však môžeme pokúsiť nájsť aj bez ďalekohľadu.

Nastane niekoľko tesných konjunkcií s Mesiacom. Najvhodnejšia je 2. 12., krátko pred západom Mesiaca uvidíme Urán 0,4° od južného okraja Mesiaca. 29. 12. nastane dokonca aj zákryt, no u nás už pod obzorom. 25. 1. bude zákryt aj u nás nad obzorom, no v dopoludňajších hodinách.

Neptún (7,9 – 8,0 mag) je vo Vodnárovi, možnosť na jeho nájdenie sa mierne zhoršuje. Začiatkom decembra je nad obzorom v prvej polovici noci, koncom januára zapadne po konci astronomického súmraku, asi 2 hodiny po Slnku. Jeho vlastný pohyb môžeme sledovať porovnaním s hviezdou σ Aqr (4,8 mag), ku ktorej sa 8. 1. priblíži na 0,5°.

V ďalekohľade ho uvidíme ako malinký kotúčik s priemerom 2″. Nevýrazné konjunkcie s Mesiacom nastanú 26. 12. a 23. 1., lepšie však na tom sú priblíženia s Marsom a Venušou, ktoré sú opísané vyššie.

Zimný slnovrat nastáva 22. 12. o 0:04. Poludňajšia výška Slnka je najnižšia (pre stred Slovenska 18°), noc najdlhšia a deň najkratší. Po tomto dátume sa bude poludňajšia výška pri kulminácii zvyšovať až do letného slnovratu 21. 6.

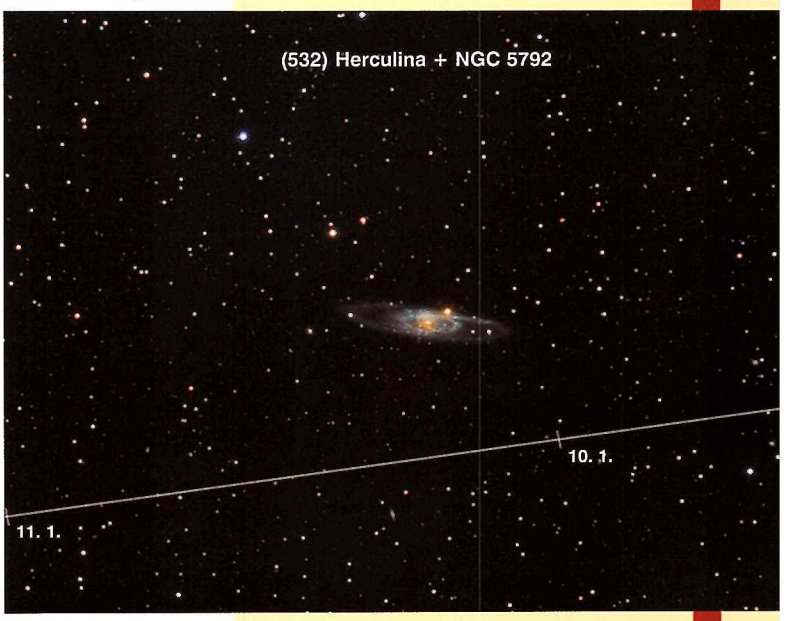
Trpasličie planéty

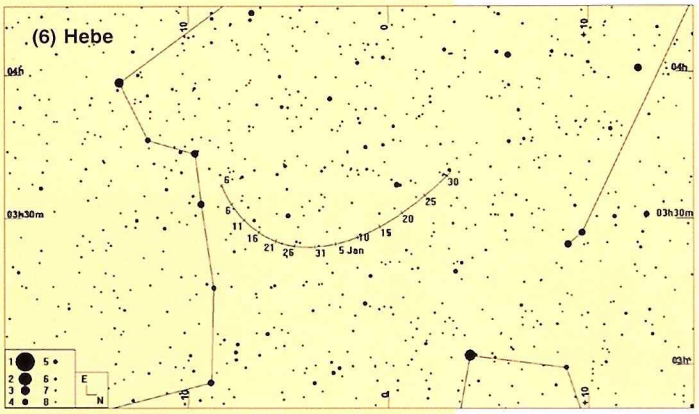
(1) Ceres (8,7 – 8,5 – 9,1 mag) sa presunie z Hadonosa do Strelca, 10. 12. je v konjunkcii so Slnkom, po ktorej sa dostane na rannú oblohu. Od polovice januára má už elongáciu väčšiu ako 20° a 30. 1. bude len 22′ južne od jasnej guľovej hviezdokopy M 22 (5,1 mag), avšak len nevysoko nad obzorom.

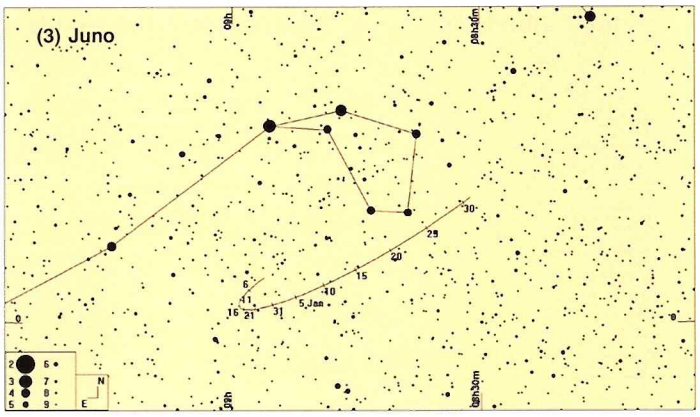
(134340) Pluto (14,4 mag) je v Strelcovi prakticky nepozorovateľný, pretože 4. 1. je v konjunkcii so Slnkom a o dva dni neskôr od nás aj najďalej (33,775 AU). Začiatkom decembra je ešte v elongácii 33°, na konci januára 26°, no to už na rannej oblohe. V ďalších mesiacoch sa budú podmienky zlepšovať.

Asteroidy

V opozícii budú jasnejšie ako 11 mag: (23) Thalia (3. 12.; 9,2 mag), (196) Philomena (10. 12.; 10,8 mag),





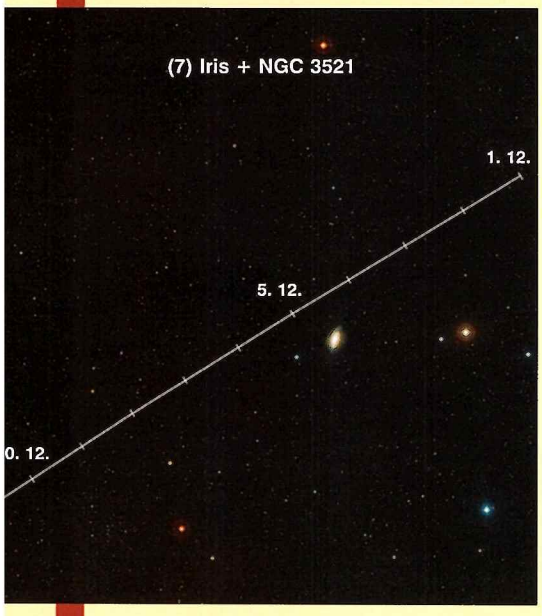


Efemerida asteroidu (3) Juno

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
1. 12.	$08^h56{,}1^m$	+01°21,9'	8,9	111,6
11. 12.	$08^h58{,}9^m$	+00°42,8'	8,8	120,4
21. 12.	$08^h58{,}5^m$	+00°25,0'	8,6	129,9
31. 12.	$08^h55{,}0^m$	+00°32,8'	8,5	140,0
10. 1.	$08^h48{,}9^m$	+01°08,7'	8,3	150,4
20. 1.	$08^h40{,}9^m$	+02°11,9'	8,2	160,0
30. 1.	$08^h32{,}1^m$	+03°37,8'	8,1	165,2

Efemerida asteroidu (6) Hebe

1. 12.	$03^h36{,}9^m$	–08°25,4'	8,2	147,4
11. 12.	$03^h29{,}7^m$	–07°18,6'	8,4	141,0
21. 12.	$03^h25{,}4^m$	–05°41,8'	8,6	133,3
31. 12.	$03^h24{,}4^m$	–03°44,0'	8,9	125,4
10. 1.	$03^h26{,}4^m$	–01°34,0'	9,1	117,6
20. 1.	$03^h31{,}2^m$	+00°41,4'	9,3	110,1
30. 1.	$03^h38{,}7^m$	+02°57,1'	9,5	103,0



(10) Hygiea (31. 12.; 10,1 mag), (346) Hermentaria (5. 1.; 10,7 mag), (69) Hesperia (14. 1.; 10,4 mag), (337) Devosa (22. 1.; 11,0 mag), (3) Juno (1. 2.; 8,2 mag), (71) Niobe (4. 2.; 10,6 mag), (89) Julia (5. 2.; 10,4 mag).

Najjasnejším asteroidom je (4) Vesta, ktorá je 11. 1. v konjunkcii so Slnkom, a teda možnosti jej pozorovania sú len začiatkom decembra. 5. 12. bude prechádzať popred difúznu hmlovinu Trifid, no tá zapadne už na konci nautického súmraku.

(3) Juno sa blíži do opozície, a tak koncom januára bude mať 8,1 mag, pod hlavou Hydry urobí elegantnú kľučku. Začiatkom decembra bude v Eridanovi tesne pod 8 mag aj (6) Hebe, do konca decembra zoslabne na 9,5 mag.

Kométy

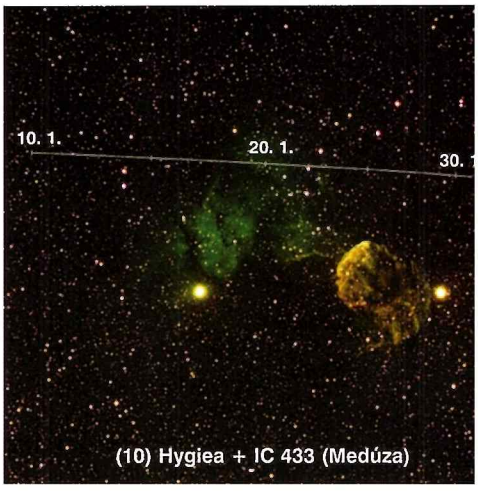
PANSTARRS (C/2012 K1) bude začiatkom decembra podľa nominálnej predpovede mať 8 mag, no od nás pozorovateľná nie je. Nájsť by sme ju mohli od polovice januára večer nízko nad obzorom, no to už bude mať pravdepodobne len 10,5 mag. Na prelome posledných januárových dekád, koncom občianskeho súmraku je vo výške 10°.

Efemerida kométy PanSTARRS (C/2012 K1)

Dátum	RA(2000)	D(2000)	mag	el.
10. 1.	$00^h07{,}2^m$	–30°53,8'	10,2	63,2
15. 1.	$00^h07{,}1^m$	–29°32,9'	10,4	59,1
20. 1.	$00^h07{,}5^m$	–28°18,6'	10,6	55,0
25. 1.	$00^h08{,}4^m$	–27°10,2'	10,8	51,1
30. 1.	$00^h09{,}7^m$	–26°07,1'	11,0	47,2

Efemerida kométy Lovejoy (C/2014 Q2)

26. 12.	$05^h46{,}0^m$	–29°54,6'	8,7	126,2
31. 12.	$05^h11{,}5^m$	–21°16,0'	8,4	130,7
5. 1.	$04^h35{,}9^m$	–10°01,3'	8,2	131,7
10. 1.	$04^h01{,}8^m$	+02°30,6'	8,1	127,4
15. 1.	$03^h31{,}0^m$	+14°18,3'	8,2	119,6
20. 1.	$03^h04{,}5^m$	+24°03,0'	8,4	110,9
25. 1.	$02^h42{,}5^m$	+31°34,4'	8,7	103,0
30. 1.	$02^h24{,}5^m$	+37°17,7'	8,9	96,2



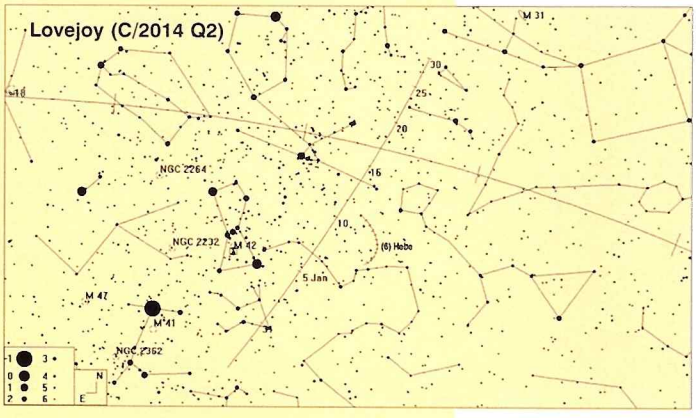
Lovejoy (C/2014 Q2) je začiatkom decembra nepozorovateľná, no už na prelome rokov má deklináciu –21°, jasnosť 8,4 mag a pomerne rýchlo sa presúva severozápadne. Maximum jasnosti 8,1 mag dosiahne 10. januára a vrcholí večer v Býkovi vo výške 45°. Keďže ju môžeme nájsť aj binokulármi, bude príjemným spestrením zimnej oblohy.

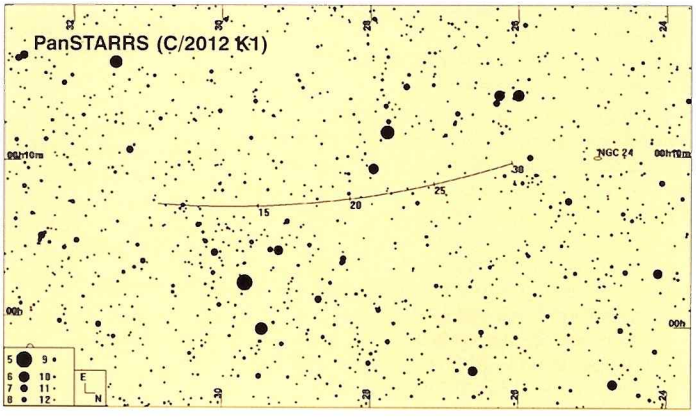
Siding Spring (C/2013 A1) prešla perihéliom 25. 10. a podľa ešte predperihéliových pozorovaní je asi o 1,5 mag slabšia ako predpoveď. Ak teda vývoj jasnosti bude takto pokračovať, už začiatkom decembra bude slabšia ako 12 mag.

Meteory

December a január sú pre pozorovateľov meteorov už tradične dobré mesiace napriek tomu, že teplota v noci klesá hlboko pod bod mrazu. V činnosti je niekoľko slabších meteorických rojov pri ktorých frekvencia nepresahuje 5 meteorov za hodinu. Najaktívnejšie sú Geminidy, Ursidy a Kvadrantidy.

Počas maxima Geminíd bude rušiť v druhej polovici noci Mesiac v poslednej štvrti, no to už radiant kul-





Meteorické roje (december 2014 – január 2015)

Roj	Aktivita	Max.	λ_{sol}	α [°]	δ [°]	v_{inf}	r	ZHR
Monocerotidy (MON)	27. 11. – 17. 12.	9. 12.	257°	100°	+08°	42	3,0	2
σ Hydridy (HYD)	3. 12. – 15. 12.	12. 12.	260°	127°	+02°	58	3,0	3
Geminidy (GEM)	4. 12. – 17. 12.	14. 12.	262,2°	112°	+33°	35	2,6	120
Koma Berenicidy (COM)	12. 12. – 23. 12.	16. 12.	264°	175°	+18°	65	3,0	3
dec Leo Minoridy	5. 12. – 4. 2.	20. 12.	268°	161°	+30°	64°	3,0	5
Ursidy (URS)	17. 12. – 26. 12.	22. 12.	270,7°	217°	+76°	33	3,0	10
Kvadrantidy (QUA)	28. 12. – 12. 1.	4. 1.	283,28°	230°	+49°	41	2,1	120

minuje, takže je možné pozorovať už od večera. Radiant má výšku nad obzorom 30° už o 20. hodine.

Ideálne sú na tom vianočné Ursidy s cirkumpolárnym radiantom a Mesiacom v nove. Materskou kométou je 8P/Tuttle, ktorá prešla perihéliom 29. 1. 2008, a s tým súvisia aj vyššie pozorované počty meteorov v rokoch 2006 – 2008. Podľa J. Vaubaillona s neveľkou pravdepodobnosťou môže byť pozorovaná vyššia frekvencia 23. 12. okolo 01:40, keď sa stretneme s vláknom meteoroidov uvoľnených z kométy v roku 1932.

Kvadrantidy svojou aktivitou nesklamú, aj keď pri tomto maxime bude Mesiac v splne. Priemerná frekvencia je 120 meteorov za hodinu, no je premenlivá v intervale asi 60 – 250. Meteory sú stredne rýchle a práve v maxime prevládajú tie jasnejšie. Aj keď má roj dlhšie trvanie, vyššie frekvencie sú len okolo pomerne ostrého maxima, ktoré dĺžka nepresahuje 12 hodín. Podľa dĺžky Slnka maximum nastane 4. 1. ráno pred 6. hodinou. Materským telesom roja je kométa 96 P/Macholtz a asteroid 2003 EH1 s obežnou dobou 5,5 roka.

Pavol Rapavý

Kalendár úkazov a výročí (december 2014 – január 2015)

dátum	SEČ	
3. 12.		90. výročie (1924) narodenia E. Salpetera
3. 12.		asteroid (23) Thalia v opozícii (9,2 mag)
6. 12.	13,4	Mesiac v splne
8. 12.	21,9	Merkúr v odslní (0,4667 AU)
8. 12.	6,9	Merkúr najďalej od Zeme (1,4512 AU)
8.12.	11,0	Merkúr v hornej konjunkcii
9. 12.		maximum meteorického roja Monocerotidy (ZHR 2)
9. 12.	7,8	Jupiter v zastávke, začne sa pohybovať spätne
10. 12.		asteroid (196) Philomela v opozícii (10,8 mag)
10. 12.		40. výročie (1974) štartu sondy Helios 1
12. 12.	0,3	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,4° severne)
12. 12.		maximum meteorického roja σ Hydridy (ZHR 3)
12. 12.	9,4	Mars v prísln (1,3812 AU)
12. 12.		100. výročie (1914) narodenia O. V. Dobrovoľského
13. 12.	0,0	Mesiac v odzemí (404 584 km)
13. 12.		110. výročie (1904) narodenia sira W. H. McCrea
13. 12.		290. výročie (1724) narodenia F. M. Aepinusa
14. 12.	13,9	Mesiac v poslednej štvrti
14. 12.		maximum meteorického roja Geminidy (ZHR 120)
15. 12.		180. výročie (1834) narodenia Ch. Younga
16. 12.		maximum meteorického roja Koma Berenicidy (ZHR 3)
19. 12.	21,9	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,0° južne)
20. 12.		110. výročie (1904) založenia observatória Mt. Wilson
20. 12.		maximum meteorického roja decembrové Leo Minoridy (ZHR 5)
20. 12.		80. výročie (1934) narodenia O. Hlada
22. 12.	0,1	zimný slnovrat, začiatok astronomickej zimy
22. 12.	2,6	Mesiac v nove
22. 12.	7,2	Urán v zastávke, začne sa pohybovať priamo
22. 12.		maximum meteorického roja Ursidy (ZHR 10)
22. 12.		65. výročie (1949) narodenia E. Markovej
23. 12.	4,1	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 5,5° južne)
24. 12.	17,7	Mesiac v prízemí (364796 km)
25. 12.	6,3	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 4,8° južne)
25. 12.		110. výročie (1904) narodenia G. N. Dubošina
26. 12.	13,8	konjunkcia Mesiaca s Neptúnom (Neptún 3,1° južne)
26. 12.		40. výročie (1974) štartu orbitálnej stanice Saľut 4
27. 12.	1,0	Venuša v odslní (0,7282 AU)
28. 12.	19,5	Mesiac v prvej štvrti
28. 12.		70. výročie (1944) narodenia L. Scheiricha
29. 12.	6,1	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,2° južne)
31. 12.		asteroid (10) Hygiea v opozícii (10,1 mag)
31. 12.		150. výročie (1864) narodenia R. G. Aitkena
31. 12.		150. výročie (1864) narodenia G. W. Ritcheya
1. 1.		80. výročie narodenia (1935) G.S. Vaiana
4. 1.	0,6	Pluto v konjunkcii so Slnkom
4. 1.	5,9	maximum meteorického roja Kvadrantidy (ZHR 120)
4. 1.	7,4	Zem v prísln (0,9832 AU)
5. 1.	5,9	Mesiac v splne
5. 1.		10. výročie (2005) objavu trpasličej planéty Eris
5. 1.		asteroid (346) Hermentaria v opozícii (10,7 mag)
6. 1.	6,9	Pluto najďalej od Zeme (33,7752 AU)
7. 1.		405. výročie (1610) Galileovho objavu mesiacov Jupitera
7. 1.		260. výročie narodenia (1755) S. Groonbridgea
7. 1.		30. výročie (1985) štartu kometárnej sondy Sakigake
8. 1.	6,3	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,6° severne)
8. 1.		120. výročie narodenia (1895) R. D. Thompsona
9. 1.	19,3	Mesiac v odzemí (405 411 km)
11. 1.	2,6	konjunkcia Merkúra s Venušou (Merkúr 0,7° severne)
11. 1.		150. výročie narodenia (1865) J. F. Hartmana
11. 1.		zimný slnovrat na Marse
11. 1.		215. výročie narodenia (1800) Š. A. Jedlika
13. 1.	10,8	Mesiac v poslednej štvrti
13. 1.		170. výročie narodenia (1845) F. F. Tisseranda
14. 1.	21,0	Merkúr v najväčšej východnej elongácii (18,9°)
14. 1.		asteroid (69) Hesperia v opozícii (10,4 mag)
16. 1.	13,8	konjunkcia Saturna s Mesiacom (Saturn 1,1° južne)
17. 1.		objekt Kuiperovho pásu (20000) Varuna v opozícii (20 mag)
19. 1.	11,9	konjunkcia Pluta s Mesiacom (Pluto 2,0° južne)
19. 1.		50. výročie (1965) štartu Gemini 2
20. 1.	1,4	konjunkcia Marsu s Neptúnom (Mars 0,2° južne)
20. 1.	14,2	Mesiac v nove
21. 1.	21,2	Mesiac v prízemí (359 642 km)
21. 1.	18,7	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 2,3° južne)
21. 1.	21,5	Merkúr v prísln (0,3075 AU)
21. 1.	4,9	Merkúr v zastávke, začne sa pohybovať spätne
22. 1.	3,6	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,7° južne)
22. 1.		asteroid (337) Devosa v opozícii (11,0 mag)
22. 1.		110. výročie narodenia (1905) V. Hartnera
23. 1.	0,6	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 3,2° južne)
23. 1.		85. výročie narodenia (1930) I. Molnára
23. 1.	4,0	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 3,0° južne)
25. 1.	11,8	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 0,3° severne)
27. 1.	5,8	Mesiac v prvej štvrti
27. 1.		150. výročie narodenia (1865) A. A. Čikina
28. 1.		110. výročie narodenia (1905) G. Kulina
29. 1.		80. výročie narodenia (1935) L. Kohoutka
29. 1.		70. výročie narodenia (1945) D. Kalmančoka
30. 1.	14,7	Merkúr v dolnej konjunkcii
1. 2.	18,9	konjunkcia Venuše s Neptúnom (Venuša 0,8° južne)
1. 2.	6,8	Merkúr najbližšie k Zemi (0,6554 AU)
1. 2.		asteroid (3) Juno v opozícii (8,2 mag)
4. 2.	0 ,2	Mesiac v splne
4. 2.	7,5	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 5,9° severne)
4. 2.		asteroid (71) Niobe v opozícii (10,6 mag)
5. 2.		asteroid (89) Julia v opozícii (10,4 mag)
6. 2.	7,5	Mesiac v odzemí (406 150 km)
6. 2.	8,8	Jupiter najbližšie k Zemi (4,3462 AU)
6. 2.	19,3	Jupiter v opozícii

Tabuľky východov a západov (december 2014 – január 2015)

Slnko

			Súmrak					
			Občiansky		Nautický		Astronomický	
	Vých.	Záp.	zač.	kon.	zač.	kon.	zač.	kon.
1. 12.	7:10	15:48	6:34	16:23	5:55	17:03	5:17	17:41
6. 12.	7:16	15:46	6:39	16:22	6:00	17:02	5:22	17:40
11. 12.	7:21	15:45	6:44	16:21	6:05	17:02	5:27	17:40
16. 12.	7:26	15:46	6:48	16:22	6:08	17:02	5:31	17:41
21. 12.	7:29	15:48	6:52	16:24	6:11	17:04	5:34	17:43
26. 12.	7:31	15:51	6:54	16:27	6:14	17:07	5:36	17:46
31. 12.	7:32	15:55	6:55	16:31	6:15	17:11	5:37	17:49
5. 1.	7:31	16:00	6:55	16:36	6:15	17:16	5:37	17:54
10. 1.	7:30	16:06	6:53	16:41	6:14	17:21	5:37	17:59
15. 1.	7:27	16:12	6:51	16:48	6:12	17:27	5:35	18:04
20. 1.	7:23	16:19	6:48	16:54	6:09	17:33	5:32	18:10
25. 1.	7:18	16:27	6:43	17:02	6:05	17:40	5:29	18:16
30. 1.	7:12	16:35	6:38	17:09	6:00	17:47	5:24	18:23

Mesiac

	Východ	Západ
1. 12.	13:05	1:00
6. 12.	16:12	6:44
11. 12.	20:56	10:19
16. 12.	0:59	12:28
21. 12.	6:20	15:43
26. 12.	10:09	21:37
31. 12.	12:46	2:24
5. 1.	16:44	7:08
10. 1.	21:45	9:43
15. 1.	1:52	12:00
20. 1.	6:46	16:40
25. 1.	9:45	23:04
30. 1.	12:53	3:26

Jupiter

	Východ	Západ
1. 12.	21:26	11:52
6. 12.	21:07	11:33
11. 12.	20:47	11:13
16. 12.	20:26	10:53
21. 12.	20:06	10:33
26. 12.	19:45	10:13
31. 12.	19:23	9:53
5. 1.	19:01	9:33
10. 1.	18:39	9:12
15. 1.	18:16	8:51
20. 1.	17:53	8:30
25. 1.	17:31	8:09
30. 1.	17:07	7:49

Merkúr

	Východ	Západ
1. 12.	6:52	15:31
6. 12.	7:16	15:35
11. 12.	7:38	15:42
16. 12.	7:58	15:52
21. 12.	8:14	16:07
26. 12.	8:26	16:26
31. 12.	8:34	16:48
5. 1.	8:37	17:12
10. 1.	8:35	17:35
15. 1.	8:25	17:51
20. 1.	8:05	17:52
25. 1.	7:34	17:30
30. 1.	6:55	16:45

Saturn

	Východ	Západ
1. 12.	6:03	15:21
6. 12.	5:47	15:03
11. 12.	5:30	14:45
16. 12.	5:13	14:26
21. 12.	4:56	14:09
26. 12.	4:39	13:51
31. 12.	4:22	13:33
5. 1.	4:05	13:15
10. 1.	3:48	12:56
15. 1.	3:31	12:38
20. 1.	3:13	12:20
25. 1.	2:55	12:01
30. 1.	2:37	11:43

Venuša

	Východ	Západ
1. 12.	8:00	16:17
6. 12.	8:11	16:21
11. 12.	8:20	16:27
16. 12.	8:28	16:35
21. 12.	8:34	16:45
26. 12.	8:38	16:56
31. 12.	8:39	17:09
5. 1.	8:39	17:23
10. 1.	8:37	17:37
15. 1.	8:34	17:52
20. 1.	8:29	18:07
25. 1.	8:23	18:22
30. 1.	8:17	18:37

Urán

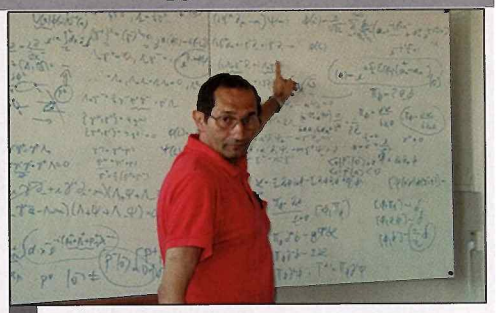
	Východ	Západ
1. 12.	13:24	2:12
6. 12.	13:04	1:52
11. 12.	12:44	1:32
16. 12.	12:24	1:12
21. 12.	12:04	0:52
26. 12.	11:45	0:33
31. 12.	11:25	0:13
5. 1.	11:06	23:50
10. 1.	10:46	23:31
15. 1.	10:26	23:12
20. 1.	10:07	22:53
25. 1.	9:48	22:34
30. 1.	9:29	22:15

Mars

	Východ	Západ
1. 12.	10:42	19:13
6. 12.	10:33	19:15
11. 12.	10:25	19:16
16. 12.	10:15	19:18
21. 12.	10:06	19:20
26. 12.	9:55	19:23
31. 12.	9:45	19:25
5. 1.	9:34	19:27
10. 1.	9:22	19:29
15. 1.	9:11	19:31
20. 1.	8:58	19:33
25. 1.	8:46	19:35
30. 1.	8:34	19:37

Neptún

	Východ	Západ
1. 12.	12:11	22:41
6. 12.	11:52	22:21
11. 12.	11:32	22:02
16. 12.	11:13	21:43
21. 12.	10:53	21:24
26. 12.	10:33	21:05
31. 12.	10:14	20:46
5. 1.	9:55	20:27
10. 1.	9:36	20:08
15. 1.	9:16	19:49
20. 1.	8:57	19:31
25. 1.	8:37	19:12
30. 1.	8:18	18:53



Za Igorom Kapišinským

Dňa 16. 9. 2014 sme sa v Bratislavskom krematóriu rozlúčili s Igorom Kapišinským. Igor, ktorý už roky mal ozaj vážne zdravotné problémy a ktorý sa už dlhšie cítil byť súčasťou Vesmíru, od nás vlastne neodišiel, iba, tak, ako povedal jeden zo smútočných rečníkov, ***„zmenil adresu“****. Veď z Vesmíru, ktorý je jedinečný, nie je vlastne kde odísť! Z Vesmíru sa neodchádza!*

Igor, chýbaš mi a budeš mi chýbať, aj keď diskusie s tebou mám hlboko vryté v srdci. Ty diskutovať o Bohu, o Vesmíre, o hmote nemusíš. Už jednoducho vieš. Odpočívaj v pokoji.

Vlado Bahýl, hvezdáreň Júlia, Zvolenská Slatina

RNDr. Igor Kapišinský, CSc. sa narodil 4. júla 1947 v Bratislave, kde navštevoval základnú školu. Neskôr sa s rodinou presťahoval do Košíc. Študoval na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach odbor matematika-fyzika, zároveň sa pokúšal študovať teológiu, no z politických dôvodov bol nakoniec nútený štúdium zanechať. Neskôr študoval na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave odbor fyzika so špecializáciou astronómia. Absolutórium pre potreby doktorskej práce z teológie získal na Rímskokatolíckej cyrilometodskej bohosloveckej fakulte po externom absolvovaní posledných dvoch ročníkov v roku 1974. Ako študent profesionálne hrával basketbal.

Od roku 1973 nepretržite pracoval v Astronomickom ústave SAV, venoval sa štúdiu medziplanetárnej hmoty. V roku 1975 získal na ústave titul RNDr. a v roku 1980 vedeckú hodnosť CSc. Zaoberal sa hlavne dynamikou kozmického prachu a mikrometeoroidov, na ktorú majú vplyv už aj negravitačné efekty. Na Slovensku založil tzv. laboratórnu astrofyziku (astronómia cez mikroskop) za účelom dokonalejšej analýzy chemických a fyzikálno-optických vlastností kozmických mikročastíc, v úzkej spolupráci s americkým NASA (najmä dodávky vzoriek kozmického materiálu). Svoje prevažne teoretické práce publikoval vo viacerých odborných časopisoch. Takmer 30 rokov bol riadnym členom 22. komisie Medzinárodnej astronomickej únie (IAU) a 10 rokov jediným členom 51. komisie IAU (Bioastronomy; Search for Extraterrestrial Life) na Slovensku.

Venoval sa popularizácii vedy a vedeckého myslenia. Bol spoluzakladateľom a dlhodobo sa angažoval v Spoločnosti pre podporovanie kritického myslenia (SPPKM). Bol riadnym členom Teologického fóra, ktoré združuje teológov i laikov liberálneho myslenia.

Popri vedeckej práci sa venoval aj prekladateľskej činnosti, najmä z angličtiny v oblasti fyziky a astrofyziky (špeciálne prác Stephena Hawkinga), za čo získal dve ceny Literárneho fondu (1994 a 2002), ako i cenu LF za najlepšiu vedeckú esej (1993). V roku 2008 bol spoluautorom s najväčšou kapitolou v knihe – monografii *Hmota – Život – Inteligencia*. Posledné dielo, ktoré preložil z angličtiny, bola Hawkingova kniha *Vesmír v orechovej škrupinke*.

Astrofilm 2014

Mesto Piešťany bolo v dňoch 15. až 17. októbra 2014 miestom konania 8. ročníka Medzinárodného filmového festivalu Astrofilm. Organizátori Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove, mesto Piešťany a MsKS Piešťany hostili na tomto podujatí astronómov profesionálov aj amatérov spolu s laickou verejnosťou.

Otvoreniu festivalu predchádzala vernisáž výstavy fotografií Nádhera neznámeho sveta, ktorej autorom je Ing. Róbert Barsa z Košíc. Návštevníci festivalu mohli počas troch festivalových dní obdivovať fotografie z kategórie astronomických snímok.

Tematika fotografie a fotografovania tvorila významnú časť programu. Pre návštevníkov boli k prehliadke vystavené víťazné práce 35. ročníka súťaže Astrofoto 2013 a v rámci workshopu prednášajúci Mgr. Peter Dolinský, Mgr. Karol Petrík

Autor výstavy fotografií Ing. Róbert Barsa.

a Ing. Róbert Barsa poodhalili zákulisie tvorby astronomickej fotografie: ako a čím fotografovať a ako spracovať nafotené snímky. O svoje znalosti sa podelili nielen so skúsenými astrofotografmi, ale zároveň vzbudili záujem o fotografovanie vesmíru u poslucháčov, na ktorých v tejto oblasti čakajú prvé výzvy.

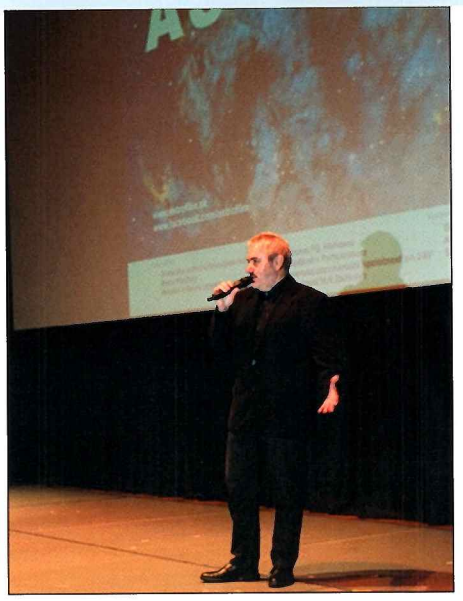
História, prítomnosť aj budúcnosť. Takto v skratke možno zhrnúť prezentácie, ktoré odzneli v priebehu festivalu.

Rok 2014 je Rokom M. R. Štefánika, ktorý bol vojakom, politikom a astronómom. Osobnosť tohto významného Slováka na seba priťahuje sústavnú pozornosť. Mgr. Mária Gallová vo svojej prezentácii predniesla známe fakty a aj skutočnosti, ktoré boli pre návštevníkov dosiaľ neznáme.

Je teória relativity geniálneho Alberta Einsteina vzdialená od nášho každodenného života? Skutočnosť, že myšlienky tejto teórie sú jeho súčasťou poslucháčom priblížil Mgr. Karol Petrík.

Vesmírne desatoro – 10 téz, ktorými v skratke priblížil poznanie o vesmíre predniesol doc. RNDr. Rudolf Gális, PhD.

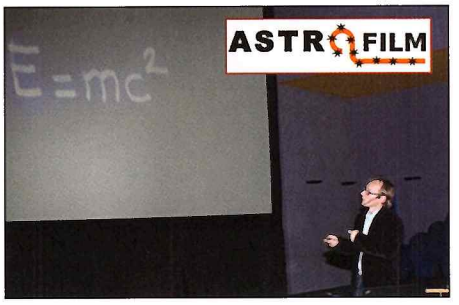
Vďaka astronómii, niekedy „len“ kvôli pozorovaniu astronomických úkazov, je možné spoznať



Gen. riaditeľ SÚH Mgr. Marián Vidovenec privítal návštevníkov festivalu.

rôzne krajiny sveta. Svoje zážitky a skúsenosti poslucháčom priblížil RNDr. Ladislav Hric, Csc.

Ťažiskom festivalu bola prehliadka filmov s astrotematikou. Návštevníci festivalu mali príležitosť dať svoj hlas filmu, ktorý ich zaujal. Svoje filmy na festival prihlásili Krajská hvezdáreň a planetárium M. Hella v Žiari nad Hronom, Hvezdáreň a planetárium v Prešove, filmársky krúžok Centra voľného času Domino v Košiciach a Planetárium v Ostrave. V záverečnom ceremoniáli boli vyhlásení víťazi.



Mgr. Karol Petrík počas prednášky.

Cenu diváka získal film Tomáša Buchera z filmárskeho krúžku CVČ Domino v Košiciach.

Cenu primátora mesta Piešťany získal film Mgr. Martina Vilášeka z Planetária v Ostrave.

Parafrázujúc slová N. Armstronga – malý krok pre človeka, ale veľký pre ľudstvo – je možné povedať, že v kolektívnom poznaní ľudstva sme pokročili o veľa krokov. Ale každý človek participuje na tomto poznaní postupne. Pre každého jednotlivca je najcennejšie poznanie získané vlastnou skúsenosťou. Astrofilm 2014 ponúkol možnosť posunúť sa v poznávaní vesmíru o ďalší krok každému návštevníkovi.

Mgr. PAVOL ĎURIŠ
Foto: Mgr. Peter Dolinský

Zomrel Ivo Volf

Prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., pôsobil na Univerzite v Hradci Králové a jeho odborným zameraním bola didaktika fyziky. Pre nás na Slovensku ale aj na celom svete bol známy preto, že od roku 1966 bol členom Ústredného výboru Fyzikálnej olympiády (ÚV FO) v Československu a od roku 1993 predsedom ÚV FO v Českej republike. Vo svete ho poznali v mnohých štátoch ako organizátora a mentora študentov, ktorí sa veľmi úspešne zúčastňovali na medzinárodných fyzikálnych olympiádach. My sme sa stretli s pánom profesorom v roku 2009 v Bratislave v rámci týždňa vedy a techniky a priznávam, že jeho slová počas veselej a neformálnej diskusie nás motivovali k tomu, aby sme pokračovali v našej Astronomickej olympiáde (AO), ktorej výsledky tiež hodnotil veľmi pozitívne. Preto nás nedávno veľmi citlivo zasiahla správa o jeho smrti. Po krátkej ale ťažkej chorobe skonal vo veku 76 rokov 5. októbra 2014.

Dr. Ladislav Hric, CSc., predseda AO na Slovensku

Kto je autorom Breviára fyzikálnej astronómie vydaného v roku 1760 v Trnave?

Je všeobecne známe, že v dejinách astronómie bol kedysi všeobecne prijímaný geocentrický obraz sveta podporovaný fyzikou podľa Aristotelových predstáv. Na uhorských univerzitách sa tieto myšlienky vyučovali ešte v prvej polovici 18. storočia. Heliocentrický obraz sveta bol síce uverejnený už v roku 1543, ale fyzikálne ho podstatne podporil až Isaac Newton vydaním svojich Matematických princípov prírodnej filozofie v roku 1687. Vo vede však musia teórie nutne po istý čas pretrvať, kým sú preverené a všeobecne prijaté. Podobne ako Kopernikova heliocentrická teória, aj Newtonova gravitačná teória sa do povedomia vedeckej obce a školskej výučby dostávala najskôr len pozvoľna. Aj na domácej pôde sa Newton objavil po prvý raz v učebnici až v roku 1718, tri dekády po vydaní Princípov. K jeho všeobecnému prijatiu nielen v Anglicku, ale aj na kontinente prišlo postupne až v priebehu druhej štvrtiny 18. storočia.

Situáciu u nás komplikoval aj fakt, že obe uhorské univerzity, tak trnavská, ako aj košická, boli v rukách jezuitov, a tí nemohli otvorene prijímať Kopernikove (a z toho dôvodu ani Newtonove) myšlienky až do roku 1757, keď katolícka cirkev oficiálne zrušila zákaz propagácie heliocentrizmu. O Newtonovej fyzike sa u nás začalo otvorene hovoriť onedlho nato. V roku 1760 vyšla v Trnave 117-stranová práca s názvom „Breviár fyzikálnej astronómie podľa Newtonových princípov napísaný scholastickou metódou pre potreby študujúcej mládeže" (lat. Astronomiae physicae juxta Newtoni principia breviarium, methodo scholastica, ad usum studiosae juventutis). Táto kniha je prvou knihou vydanou na Slovensku, v ktorej sa astronomické problémy riešia bezvýhradne pomocou newtonovskej fyziky a mechaniky. Kým práce predchádzajúcich autorov Michala Lipšica, Andreja Jaslinského či Andreja Adányiho zo 40. a 50. rokov 18. storočia spomínajú Kopernika a Newtona len ako konkurenčné, avšak nepravdivé hypotézy, táto práca sa hlási jednoznačne k Newtonovmu fyzikálnemu výkladu sveta. Meno jej autora však dlho zostávalo záhadou pre viacerých bádateľov, keďže nie je na titulnom liste uvedené. Viaceré bibliografie uvádzajú buď len toľko, že je práca anonymná, alebo je jej pravdepodobným autorom František Weiss, zriedkavo aj Anton Revický.

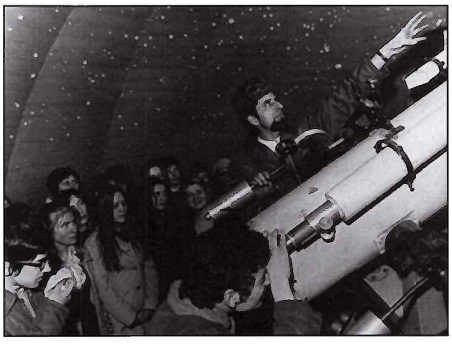
K autorstvu vtedajšieho riaditeľa trnavskej hvezdárne Františka Weissa sa kloní aj odborná obec – autori najnovších publikácií o pôvodnej Trnavskej univerzite a jej observatóriu. Breviár však nenapísali spomínaní dvaja jezuiti ani nikto z vtedajšej uhorskej vedeckej obce. Autorstvo môžeme s určitosťou pripísať francúzskemu fyzikovi Pierrovi Sigorgneovi. Ten totiž vydal dielo s rovnakým názvom v roku 1749 v Paríži. Po podrobnejšom preštudovaní oboch vydaní (teda parížskeho z roku 1749 a trnavského z roku 1760) som zistil, že až na drobné odchýlky v písaní termínov sú ich obsahy totožné. Pierre Sigorgne (1719 – 1809) bol francúzsky teológ, filozof, fyzik a talentovaný popularizátor vedy. Napísal niekoľko diel, v ktorých odmieta karteziánsku fyziku a propaguje fyziku podľa Isaaca Newtona. Z nich sú najznámejšie Institutions newtoniennes (1746) alebo Examen et refutation des leçons de physique expliquées par M. de Moliéres (1741). Sigorgne neskôr kritizoval aj Leibnizovu kozmológiu. Práve dielo Institutions newtoniennes zohralo kľúčovú úlohu pri prijímaní newtonovskej fyziky vo francúzskej vedeckej komunite.

Čo sa týka samotného breviára, je to zhrnutie fyziky podľa Newtona, ktoré sa vo forme učebnice rýchlo stalo populárnym na univerzitách vo Francúzsku a takisto v Nemecku či Taliansku. Giulio Carbonara ho v roku 1757 napokon aj do taliančiny preložil. V roku 1760 išlo teda na európske pomery už o celkom štandardnú učebnicu, ktorá sa dočkala vydania v danom roku aj v Uhorsku. Trnavské vydanie vyšlo anonymne pravdepodobne preto, že aj parížske vydanie je anonymné. Meno pôvodného autora jezuiti na Trnavskej univerzite pravdepodobne poznali, ale s istotou to môže potvrdiť až ďalší výskum.

Záujemcov o podrobnejšie štúdium breviára môžem odkázať na stránky Rakúskej národnej knižnice vo Viedni, pomocou ktorých sa dá dostať k obom verziám diela z pohodlia domova (parížske vydanie: *http://data.onb.ac.at/ABO/%2BZ178217802* a trnavské vydanie: *http://data.onb.ac.at/ABO/%2BZ183340002*). Znalosť latinčiny je nevyhnutná.

STANISLAV ŠIŠULÁK

75 ročný jubilant



Koncom augusta 2014 oslávil vzácne životné jubileum dlhoročný pracovník hlohovskej hvezdárne RNDr. Pavol Hazucha. Narodil sa 29.augusta 1939 v obci Skalité v okrese Čadca.

Po ukončení vysokoškolského štúdia začal učiť na Gymnáziu v Hlohovci a v roku 1961 zároveň spolupracovať s Hvezdárňou v Hlohovci pri vedení mládežníckych astronomických krúžkov a pracovať v rámci odbočky SAS pri SAV pri odborných pozorovaniach Slnka a zákrytov hviezd Mesiacom.

V roku 1972 pri vzniku Krajskej hvezdárne sa stal vedúcim pracovníkom, neskôr odborným pracovníkom v oblasti pozorovateľskej činnosti. Aktívne pracoval i na poli popularizácie astronómie formou astronomických seminárov, zrazov, praktík a vedenia astronomických krúžkov.

Aj po odchode do dôchodku stále aktívne pracuje ako externý pracovník na úseku popularizácie astronómie. Od roku 1984 vykonáva funkciu predsedu odbočky Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV.

Dr. Hazucha zasvätil už 53 rokov svojho plodného života hlohovskej i slovenskej astronómii, za čo mu patrí naše srdečné poďakovanie. Do ďalších rokov mu želáme veľa zdravia a všetko najlepšie.

Mgr. Jozef Krištofovič
riaditeľ HaP M. R. Štefánika v Hlohovci

Cesta Slnečnou sústavou a súhvezdiami

V poslednú septembrovú nedeľu usporiadala Hvezdáreň v Michalovciach 23. ročník tradičného zábavno-náučného podujatia Cesta Slnečnou sústavou a súhvezdiami, venovanú deťom od 3 do 12 rokov.

Deti v sprievode svojich rodičov prichádzali do michalovského lesoparku na Hrádku, kde prechádzali jednotlivými stanovišťami a plnili rôzne úlohy súvisiace s vesmírnymi objektmi.

Dievčatá zo Základnej umeleckej školy v Michalovciach namaľovali deťom podľa ich želania na tvár znamenia Zvieratníka a na terase deti skladali puzzle z náučných obrázkov. Tohtoročnou novinkou na podujatí bolo obrie koleso, alebo skôr valec, v ktorom sa deti mohli vyblázniť a pritom si uvedomiť gravitáciu aj odstredivú silu. Deti s tvorivým duchom, ktoré prišli na podujatie vo vesmírnych maskách, sa porote predviedli na terase pred hvezdárňou a tá vybrala štyri masky s najlepším nápadom a prevedením, ale odmenené boli všetky masky. Kupola na hvezdárni bola prístupná všetkým návštevníkom, ktorí si mohli pozrieť Slnko ďalekohľadom. V poslucháreni sa premietali rozprávky a počas podujatia dvakrát odznel blok zaujímavých rozprávaní z astronómie. Každé dieťa dostalo aj balíček sladkostí.

Podujatia sa zúčastnilo vyše 500 detí a aspoň toľko rodičov, ktorí ich na ceste sprevádzali, čiže viac než 1000 ľudí. Okrem hlavného organizátora, ktorým je Hvezdáreň v Michalovciach, pomohli aj vojaci z vojenského útvaru v Michalovciach a tiež dobrovoľníci z radov krúžkarov a ich priatelia, ktorí usmerňovali návštevníkov. Podujatie finančne podporilo aj mesto Michalovce. Poďakovanie patrí aj sponzorom, cukrárni Ivéria a cukrárni Sladký svet za krásne tortičky pre deti v maskách a tlačiarni Buraľ.

Mgr. Gabriela Kramáreková

Kométa C/2013 A1 (Siding Spring) minula Mars 19. októbra o 145 000 kilometrov. Je to tretina vzdialenosti Zem – Mesiac. V tom čase bola od Zeme vzdialená 240 miliónov kilometrov. Snímku zložili s fotografií, ktoré Hubblov vesmírny ďalekohľad exponoval počas 27 hodín v dňoch 18. a 19. októbra. Mars na snímke umiestnili tak, aby vzdialenosť zodpovedala polohe počas najväčšieho priblíženia kométy. Obe telesá delí 1,5 oblúkovej minúty, čo je 1/20 uhlového priemeru Mesiaca v splne. Jadro kométy je také malé, že ho HST nerozlíšil, ale koma, difúzny oblak obklopujúci kométu a prachový chvost sú jasne viditeľné. NASA ešte pred obletom kométy upravila dráhy sond krúžiacich okolo Marsu (Mars Odyssey, Mars Reconaissance Orbiter a MAVEN) tak, aby ich nepoškodil uvoľnený materiál pohybujúci sa vysokou rýchlosťou. Kométa Siding Spring je prvou kométou z Oorthovho oblaku, ktorú vedci študovali z takej blízkosti.

NASA Press Release